# 50 ปี บนเส้นทางสันติ เทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย

50 ปี
บนเส้นทางสันติ
เทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย

# 50 ปี บนเส้นทางสันติ เทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย

**สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)**

สงวนลิขสิทธิ์ : ห้ามคัดลอก ตัดตอน นำไปพิมพ์หรือทำซ้ำในรูปสิ่งพิมพ์หรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์อื่นใดโดยไม่ได้รับอนุญาต

พิมพ์ครั้งแรก 2553
จำนวน 2,000

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

50 ปีบนทางสันติ, 50 ปีเทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย.-- กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน), 2553.
208 หน้า.

1. พลังงานนิวเคลียร์. 2. สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ. 3. พลังงานนิวเคลียร์
I. ชื่อเรื่อง. 539.7
ISBN 978-616-12-0094-7

เจ้าของและผู้จัดพิมพ์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
9/9 หมู่ 7 ตำบลทรายมูล อำเภอ องครักษ์ นครนายก
โทรศัพท์ 0 3739 2901 ถึง 6 โทรสาร 0 3739 2913
เว็บไซต์ www.tint.or.th

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ
314-316 ถนนบำรุงเมือง เขตป้อมปราบ กรุงเทพฯ 10100
โทรศัพท์ 0 2223 3351, 0 2223 5548 โทรสาร 0 2621 2910

# อารัมภบท

นับย้อนอดีตกลับไปในวันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ.2505 ได้มีเหตุการณ์ที่เกี่ยวกับการพัฒนาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยที่สำคัญมากเหตุการณ์หนึ่งเกิดขึ้น นั่นคือ กลุ่มของนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรไทยได้ร่วมกันสร้างปฏิกิริยาฟิชชันของยูเรเนียมที่สามารถควบคุมได้สำเร็จเป็นครั้งแรกในประเทศไทยเมื่อเวลา 18.32 นาฬิกา เหตุการณ์ครั้งนั้นถือเป็นการที่ประเทศไทยได้เริ่มปักหมุดแห่งการนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์เข้ามาใช้ในประเทศอย่างเป็นทางการ โดยก่อนหน้านั้นหนึ่งปีได้มีการออกพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ.2504 และมีการก่อตั้งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ (หรือสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติในเวลานั้น) อันเป็นผลสืบเนื่องจากที่รัฐบาลไทยภายใต้การนำของจอมพล ป. พิบูลสงคราม ตัดสินใจรับเอานโยบายของประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์แห่งสหรัฐอเมริกาที่เสนอให้ทั่วโลกนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในด้านสร้างสรรค์ตามแผนการปรมาณูเพื่อสันติ (Atoms for Peace Plan) การตัดสินใจครั้งนั้นถือเป็นจุดเริ่มต้นที่นำไปสู่การนำเอาเทคโนโลยีที่ทันสมัยที่สุดของวิทยาการในยุคนั้นมาใช้ในประเทศ นับเป็นก้าวย่างที่สำคัญยิ่งทางด้านวิทยาศาสตร์และการใช้พลังงานของประเทศไทยที่สมควรจะต้องจดจารึกไว้ในหน้าประวัติศาสตร์เพื่อไม่ให้เลือนหายไปตามกาลเวลา จากห้วงเวลานั้นจนถึงบัดนี้นับเป็นเวลาถึงครึ่งศตวรรษทีเดียวที่พลังงานนิวเคลียร์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญ และช่วยผลักดันให้เกิดการพัฒนาก้าวหน้ากับประเทศชาติในด้านต่างๆ อย่างอเนกอนันต์ ทั้งทางด้านการแพทย์ ด้านเกษตรกรรม ด้านอุตสาหกรรม รวมไปถึงการนำไปใช้ในการบริหารจัดการด้านสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม แม้ว่าในสายตาของคนทั่วไป โทษภัยที่เกิดจากการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ทำลายล้างเมื่อครั้งอดีตอาจยังคงติดตรึงอยู่ในความรับรู้ของผู้คน และนำมาซึ่งความหวาดวิตกต่อการนำ

พลังงานด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์เข้ามาใช้อย่างเต็มรูปแบบ แต่คงปฏิเสธไม่ได้ว่าทุกวันนี้ผู้คนได้ใช้ประโยชน์ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้พลังงานนิวเคลียร์ในด้านต่างๆ อย่างมากมายอยู่ทุกเมื่อเชื่อวัน ทั้งโดยตรงและโดยอ้อม ตั้งแต่ปัจจัยขั้นพื้นฐานอย่างอาหารการกิน ไปจนถึงการบำบัดรักษาโรค การจัดหาแหล่งน้ำสำหรับบริโภคใช้สอย ผลิตภัณฑ์เพื่อการอุปโภคบริโภค วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้วิทยาการชั้นสูง สิ่งเหล่านี้ล้วนมีการพัฒนาก้าวหน้ามาอย่างต่อเนื่องโดยอาศัยวิทยาการทางด้านนิวเคลียร์เข้ามามีส่วนสำคัญทั้งสิ้น นับได้ว่าประโยชน์ที่ได้จากการใช้พลังงานนิวเคลียร์นั้นแทรกซึมอยู่ในทุกมิติของชีวิตประจำวันก็ว่าได้

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ซึ่งเป็นองค์กรหลักในปัจจุบันที่ทำงานเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้พลังงานนิวเคลียร์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของประเทศไทย จัดทำหนังสือเล่มนี้ขึ้นด้วยความตั้งใจที่จะรวบรวมเรื่องราว ตลอดจนคุณูปการในด้านต่างๆ ที่ได้จากการนำเอาเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาประยุกต์ใช้ในประเทศตลอดห้วงระยะเวลา 50 ปีที่ผ่านมา ด้วยเล็งเห็นว่านี่คือประวัติศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ช่วงสำคัญช่วงหนึ่งของประเทศไทยที่ควรจารึกและเผยแพร่ให้ประชาชนชาวไทยได้ทราบและตระหนักถึงคุณประโยชน์อันมากมายจากการนำพลังงานนิวเคลียร์เข้ามาใช้ในทางสร้างสรรค์และพัฒนาประเทศชาติ ทางสถาบันฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะมีส่วนสร้างความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องแก่ประชาชนทั่วไป อีกทั้งกระตุ้นให้เกิดพลังสร้างสรรค์ทั้งในเชิงนโยบายและในทางปฏิบัติเพื่อขับเคลื่อนประเทศไปตามทิศทางอันจะนำไปสู่การแพร่ขยายการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในทางสร้างสรรค์ในวงกว้างสืบต่อไป

# สารบัญ

## พลังงานแห่งจักรวาล


ดวงอาทิตย์ : แบบฉบับพลังงานนิวเคลียร์ 16
The Heart of the Matter 17
ปฏิกิริยานิวเคลียร์และธาตุกัมมันตรังสีฝีมือมนุษย์ 20
พลังงานนิวเคลียร์ยุคใหม่ : เมื่อมนุษย์เลียนแบบดวงอาทิตย์ 24

## บนทางสายสันติ


**Atoms for Peace** 28
ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ 31
ประเทศไทยขานรับ 34
ก้าวแรกบนทางสันติ 39
**ปฐมบทนิวเคลียร์ไทย** 42
สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ 44
เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรก 48
เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 53
นาทีประวัติศาสตร์ 55
ยกเครื่องเครื่องปฏิกรณ์ฯ 58
"งานของปรมาณู" 62
**รังสีสู้โรคร้าย** 64
ศิริราชกับความก้าวหน้าด้านรังสี 66
นายแพทย์ร่มไทรกับเวชศาสตร์นิวเคลียร์ 70
จุฬาฯ พัฒนาไม่หยุดยั้ง 73
**นวัตกรรมพืชพันธุ์ธัญญาหาร** 78
ข้าวและถั่วสายพันธุ์ใหม่ 80
"รุกขรังสี" ที่เกษตรศาสตร์ 81
อาหารปลอดเชื้อ ผักผลไม้ปลอดแมลง 85

**ขยายศักยภาพ ต่อยอดเทคโนโลยี** 92
จากห้องปฏิบัติการสู่สายพานการผลิต 94
สมบัติของชาติ แร่ธาตุของไทย 96
เปิดประตูสู่อดีต 98
ความลับในสายน้ำ 99
"เรื่องเล็กของคลองกระ" 100
**เส้นทางโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไทย** 102
เมื่ออ่าวไผ่ต้องหลีกทางให้อ่าวไทย 104
พิษวิกฤตเศรษฐกิจ 107
เดินหน้า "Go Nuke" ? 108

## เรื่องเล่าจากผู้ร่วมสร้างทาง


ศ. ดร. บุญรอด บิณฑสันต์ 112
มล. อนงค์ นิลอุบล 116
ศ. ดร. ระวี ภาวิไล 120
อาจารย์ วิทิต เกษคุปต์ 124
นายประจักษ์ ชินอมรพงษ์ 128
ผศ. ปรีชา การสุทธิ์ 132
ศ. ดร. สิรนุช ลามศรีจันทร์ 136
นายพูลสุข พงษ์พัฒน์ 140
นายปฐม แหยมเกตุ 144
นายมานิตย์ ซ้อนสุข 148
นายศักดา เจริญ 152

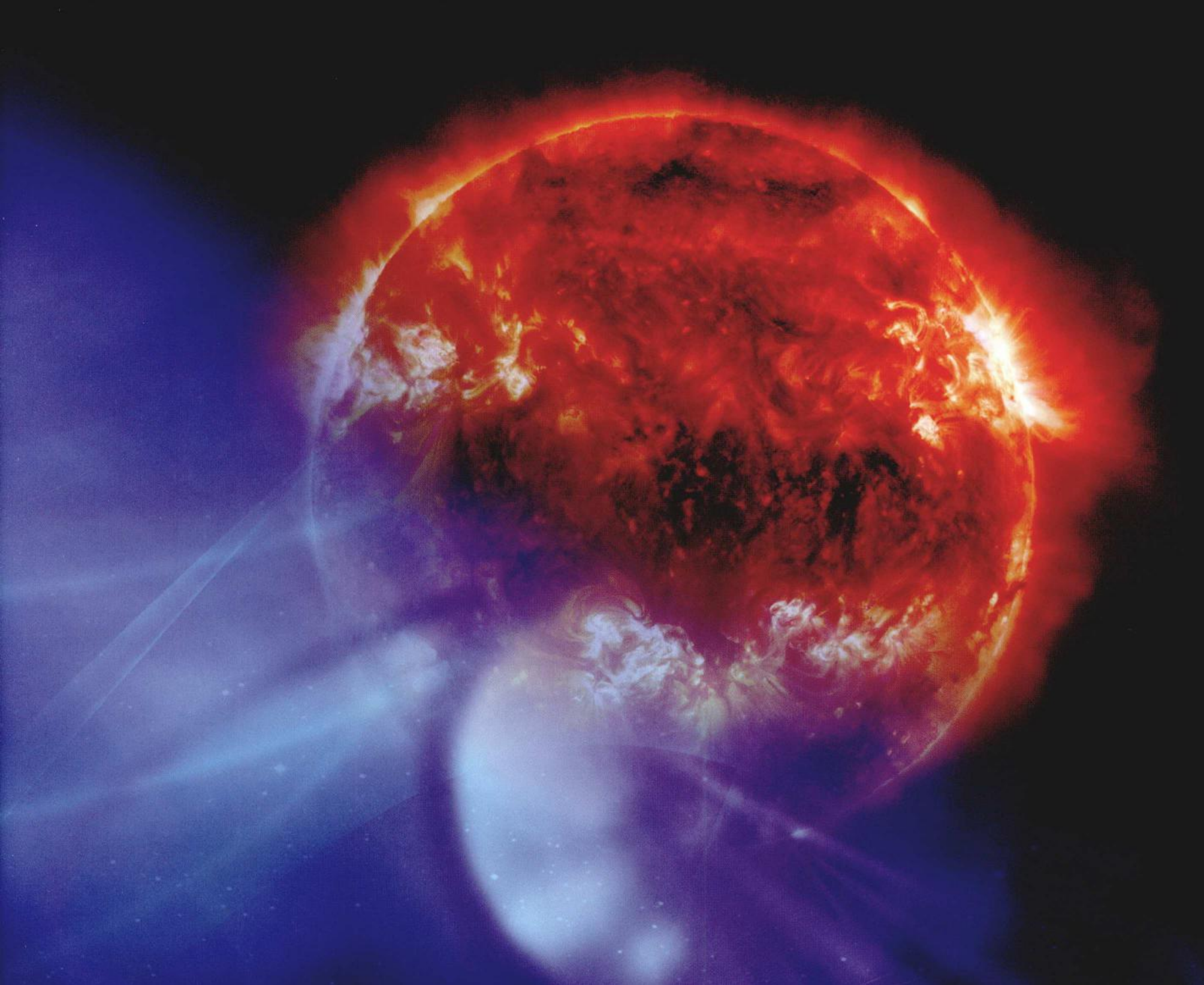
## เทคโนโลยี : รู้ใช้ ได้ประโยชน์


เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการแพทย์ 158
เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการเกษตร 166
เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่ออุตสาหกรรม 176
เทคโนโลยีนิวเคลียร์สารพัดประโยชน์ 182
การจัดการกากกัมมันตรังสี 191

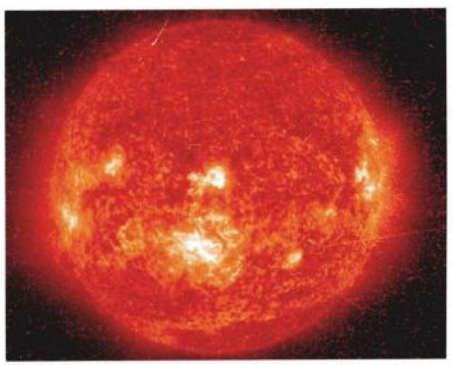
## อนาคตเทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย


อนาคตเทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย 202

พลังงานแห่งจักรวาล



เมื่อกล่าวถึง “นิวเคลียร์” คนทั่วไปมักนึกถึงวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งยากและไกลตัวเกินกว่าจะให้ความสนใจ ความจริงแล้ว นิวเคลียร์เป็นเรื่องใกล้ตัวอย่างที่เรานึกไม่ถึง เราได้รับพลังงานนิวเคลียร์จากสารกัมมันตรังสีอยู่ตลอดเวลา ในร่างกายเรามีสารกัมมันตรังสีหลายชนิด เช่น ในกระดูกมีสารกัมมันตรังสีพอโลเนียมและเรเดียม ในกล้ามเนื้อมีสารกัมมันตรังสีคาร์บอนและโพแทสเซียม ในปอดมีแก๊สเฉื่อยกัมมันตรังสีและทริเทียม นอกจากนั้นในชีวิตประจำวันของเรา เรายังได้รับรังสีจากสิ่งแวดล้อมและจากรังสีคอสมิกในอวกาศอีกด้วย



พลังงานนิวเคลียร์อันเกิดจากกระบวนการหลอมนิวเคลียสของแก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สฮีเลียมบนดวงอาทิตย์

## ดวงอาทิตย์ : แบบฉบับพลังงานนิวเคลียร์

เราอาจลืมไปแล้วว่าบทเรียนเรื่องระบบสุริยะสมัยเด็กๆ บอกเราว่าดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลางของระบบสุริยะ เป็นดาวฤกษ์ที่มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนแก๊สขนาดมหึมา มีแก๊สไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบหลักกว่าร้อยละ 90 ดวงอาทิตย์ส่องแสงสว่างและแผ่รังสีความร้อนออกมาจากตัวเอง

แสงแดดและความร้อนจากดวงอาทิตย์ซึ่งเป็นพลังแห่งชีวิตทั้งมวลบนโลกใบนี้ แท้ที่จริงคือพลังงานนิวเคลียร์อันเกิดจากกระบวนการหลอมนิวเคลียส (fusion) ของแก๊สไฮโดรเจนเป็นแก๊สฮีเลียมบนดวงอาทิตย์นั่นเอง นอกจากรังสีที่แผ่มายังโลกในรูปของแสงและความร้อนที่มนุษย์สัมผัสได้โดยตรงแล้ว ปฏิกิริยาดังกล่าวยังทำให้เกิดรังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่างๆ กัน เช่น รังสีอัลตราไวโอเลต รังสีแกมมา คลื่นวิทยุ รวมทั้งอนุภาคต่างๆ เช่น โปรตอน อิเล็กตรอน นิวตรอน อนุภาคแอลฟา และอนุภาคบีตา ฯลฯ ซึ่งมนุษย์สัมผัสไม่ได้โดยตรง กระบวนการหลอมนิวเคลียสนี้ทำให้อุณหภูมิที่ระดับพื้นผิวของดวงอาทิตย์สูงราว 6,000 องศาเซลเซียส ในขณะที่อุณหภูมิบริเวณใจกลางดวงอาทิตย์สูงถึง 15 ล้านองศาเซลเซียส ด้วยเหตุนี้จึงเรียกปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นบนดวงอาทิตย์ได้อีกอย่างหนึ่งว่ากระบวนการเทอร์โมนิวเคลียร์ (thermonuclear process)

ดวงอาทิตย์มีกำเนิดมากว่าห้าพันล้านปีแล้ว ในขณะที่นักวิทยาศาสตร์เพิ่งค้นพบและรู้วิธีนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้เมื่อราวร้อยกว่าปีมานี่เอง การใช้พลังงานนิวเคลียร์มีสองลักษณะ คือ การใช้พลังงานความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ และการใช้ประโยชน์จากรังสี

**2346-2351 (1803-8)**

*จอห์น ดอลตัน วางรากฐานทฤษฎีอะตอม*

**2438 (1895)**

*วิลเฮล์ม เรินต์เกน ค้นพบรังสีเอกซ์*

**2439 (1896)**

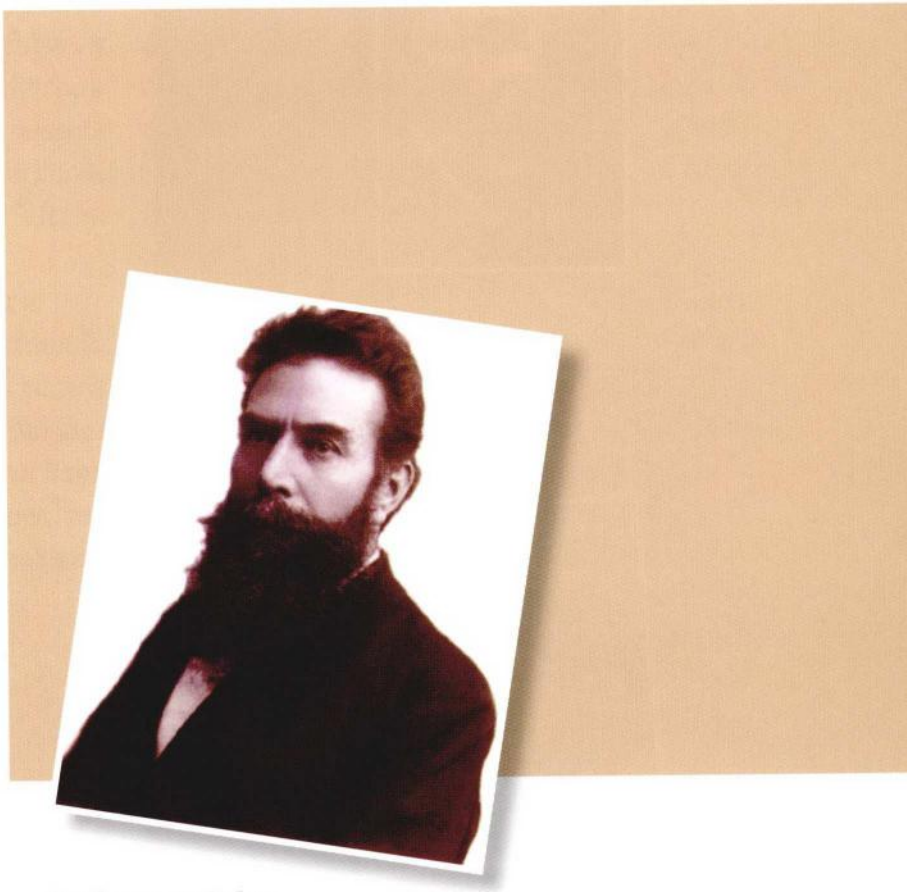
- *อองรี แบ็กเกอแรล พบการแผ่รังสีจากธาตุยูเรเนียม*
- *มารี/ปีแยร์ กูรี ศึกษา "กัมมันตภาพรังสี"*

# The Heart of the Matter

คำว่า "นิวเคลียร์" เป็นคำคุณศัพท์มาจากคำว่า "นิวเคลียส" หัวใจของพลังงานนิวเคลียร์คือนิวเคลียสซึ่งเป็นแกนกลางของอะตอม

ระหว่าง ค.ศ.1803-1808 จอห์น ดอลตัน (John Dalton) นักเคมีชาวอังกฤษได้เสนอทฤษฎีอะตอมที่ว่าสสารต่างๆ ในโลกล้วนเกิดจากอะตอมซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดมารวมเข้าด้วยกัน เขาพิสูจน์การมีอยู่ของอะตอมโดยทำการชั่งน้ำหนักธาตุต่างๆ เปรียบเทียบกับน้ำหนักของอะตอมไฮโดรเจน ทฤษฎีนี้ได้รับการยอมรับอยู่ระยะหนึ่ง จนกระทั่งนักวิทยาศาสตร์รุ่นต่อมา เริ่มมีความคิดว่าอะตอมอาจไม่ใช่คำตอบสุดท้าย ไมเคิล ฟาราเดย์ (Micheal Faraday) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษที่ศึกษาการแยกสลายด้วยไฟฟ้า (electrolysis) เป็นคนแรกๆ ที่คาดเดาถึงการมีอยู่ของอนุภาคลึกลับที่มีประจุไว้ในปี 1834

ในปี 1895 วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน (Wilhelm Conrad Roentgen) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมันค้นพบรังสีเอกซ์โดยบังเอิญขณะทำการศึกษาเรื่องรังสีในหลอดรังสีแคโทด หนึ่งปีถัดมานักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสชื่อออองรี แบ็กเกอแรล (Henri Becquerel) ค้นพบว่าธาตุยูเรเนียมปล่อยพลังงานหรือแผ่รังสีออกมาได้เองตามธรรมชาติและทำให้ฟิล์มรับแสงกลายเป็น



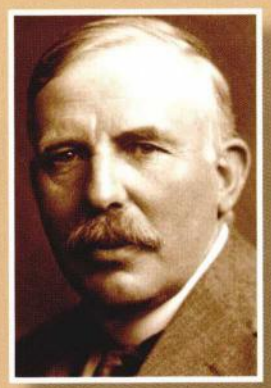
วิลเฮล์ม คอนราด เรินต์เกน
(ที่มา : http://imagine.gsfc.nasa.gov)

**2440 (1897)**

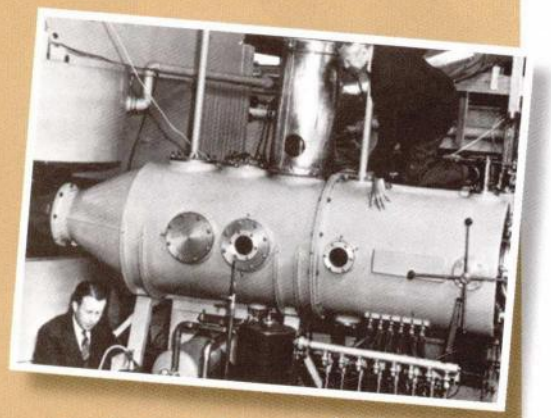
โจเซฟ จอห์น ทอมสัน ค้นพบอิเล็กตรอน

**2442 (1899)**

เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด ค้นพบรังสีแอลฟาและรังสีบีตา



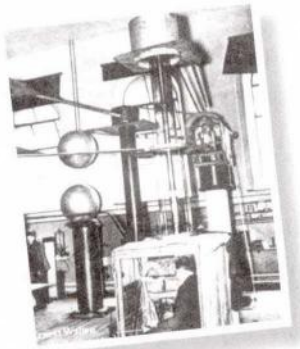
*เออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด*
*(ที่มา : http://i.dailymail.co.uk)*



*เออร์เนสต์ ลอว์เรนซ์ เตรียมทดสอบเครื่องไซโคลตรอน*
*ในห้องปฏิบัติการ ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก*
*เครดิตภาพ : Hulton-Deutsch Collection/Corbis*
*(ที่มา : http://www.pocketburgers.com)*

สีดำได้เช่นเดียวกับแสงแดด การค้นพบของเขาเป็นแรงบันดาลใจให้ มารี กูรี (Marie Curie) และปิแยร์ กูรี (Pièrre Curie) นักฟิสิกส์สามีภรรยาชาวฝรั่งเศสซึ่งลงมือศึกษาเรื่องนี้อย่างจริงจังและเรียกปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นว่า "กัมมันตภาพรังสี" (radioactivity) การค้นพบเหล่านี้กระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์ค้นคว้าวิจัยต่อยอดความรู้เรื่องกัมมันตภาพรังสีอย่างกว้างขวาง และตอกย้ำแนวความคิดที่ว่าน่าจะมีอนุภาคอื่นๆ อีกที่เล็กยิ่งไปกว่าอะตอม และในปี 1897 โจเซฟ จอห์น ทอมสัน (Joseph John Thomson) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษก็ได้พิสูจน์ว่ามีอนุภาคที่มีขนาดเล็กกว่าอะตอม (subatomic particle) และมีประจุลบอยู่จริงตามที่ฟาราเดย์กล่าวไว้ ทอมสันเรียกอนุภาคนั้นว่า "อิเล็กตรอน"

ความรู้เรื่องโครงสร้างอะตอมชัดเจนเป็นรูปเป็นร่างมากขึ้นในปี 1911 เมื่อเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด (Earnest Rutherford) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษซึ่งทำงานร่วมกับทอมสันที่ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์แคเวนดิช (Cavendish Physical Laboratory) แห่งมหาวิทยาลัยเคมบริดจ์พบว่าที่แก่นกลางของอะตอมมีนิวเคลียสและนิวเคลียสนี้มีอนุภาคที่มีประจุบวกซึ่งเขาเรียกชื่อในภายหลังว่า "โปรตอน" และโดยเหตุที่แก่นกลางนี้ห่อหุ้มด้วยอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบจำนวนเท่ากัน ประจุของอะตอมจึงเป็นกลาง

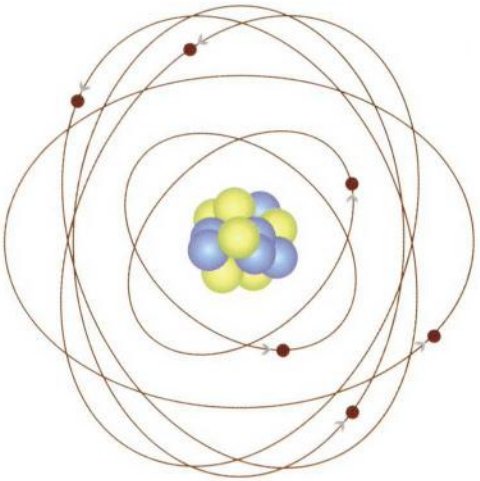


*เครื่องเร่งอนุภาคโปรตอนที่ค็อกครอฟต์และวอลตัน (ในภาพ)*
*ใช้ระดมยิงนิวเคลียสของลิเทียม*
*(ที่มา : http://www.daviddarling.info)*

**2443 (1900)**
*ปิแยร์ วิยาร์ ค้นพบรังสีแกมมา*

**2448 (1905)**
*แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ เสนอทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ*

**2454 (1911)**
*รัทเทอร์ฟอร์ด ค้นพบนิวเคลียสและโปรตอน*



โครงสร้างของอะตอมคาร์บอนประกอบด้วย โปรตอน นิวตรอนและอิเล็กตรอนอย่างละ 6 ตัว
(ที่มา : http://www.vtaide.com/png/atom.htm"www.vtaide.com/png/atom.htm)

อีกอร์ ตัมม์ ผู้สร้างเครื่องไทคาแมกร่วมกับอังเดรย์ ซาฮารอฟ
(ที่มา : http://th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physpicnobel.html"th.physik.uni-frankfurt.de/~jr/physpicnobel.html)

อังเดรย์ ซาฮารอฟ ผู้สร้างเครื่องไทคาแมกร่วมกับ อีกอร์ ตัมม์ ถ่ายภาพกับอลีนา บอนเนอร์ ภรรยา
(ที่มา : http://gulaghistory.org)

อีกเกือบสิบปีให้หลัง รัทเทอร์ฟอร์ดและนักวิทยาศาสตร์อีกสองคนคือ ดับเบิลยู. ดี. ฮาร์กินส์ (W.D. Harkins) ของสหรัฐอเมริกา และออร์เม แมสซัน (Orme Masson) แห่งออสเตรเลียต่างเสนอความเห็นว่าน่าจะมีอนุภาคที่เป็นกลางอยู่ในนิวเคลียส สมมุติฐานนี้ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นจริงโดยเจมส์ แชดวิก (James Chadwick) นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษในปี 1932 โดยการใช้อนุภาคแอลฟาระดมยิงธาตุเบริลเลียม (beryllium) จนเกิดอนุภาคที่ไม่มีประจุซึ่งเรียกชื่อในเวลาต่อมาว่า "นิวตรอน"

ระหว่าง ค.ศ.1920-1927 ฟรานซิส วิลเลียม แอสตัน (Francis William Aston) พบว่าหากทำให้นิวเคลียสที่มีมวลมากๆ แบ่งแยกออกเป็นนิวเคลียสขนาดเล็กลง หรือในทางกลับกันหากทำให้นิวเคลียสที่มีมวลน้อยมาหลอมรวมกันเป็นนิวเคลียสที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จะมีมวลส่วนหนึ่งแปลงเป็นพลังงาน ทั้งนี้อธิบายได้ด้วยสมการมวล-พลังงาน ($E=mc^2$) ที่แอลเบิร์ต ไอน์สไตน์ (Albert Einstein) กล่าวไว้ในทฤษฎีสัมพัทธภาพพิเศษ (Special Theory of Relativity) ของเขาตั้งแต่ ค.ศ.1905 ทฤษฎีที่ว่าพลังงานและมวลคือสิ่งเดียวกันและแปลงกลับไปกลับมาได้นี้จุดประกายให้นักวิทยาศาสตร์จำนวนมากพยายามค้นหาศักยภาพของพลังงานโดยวิธีแบ่งแยกนิวเคลียสของอะตอม

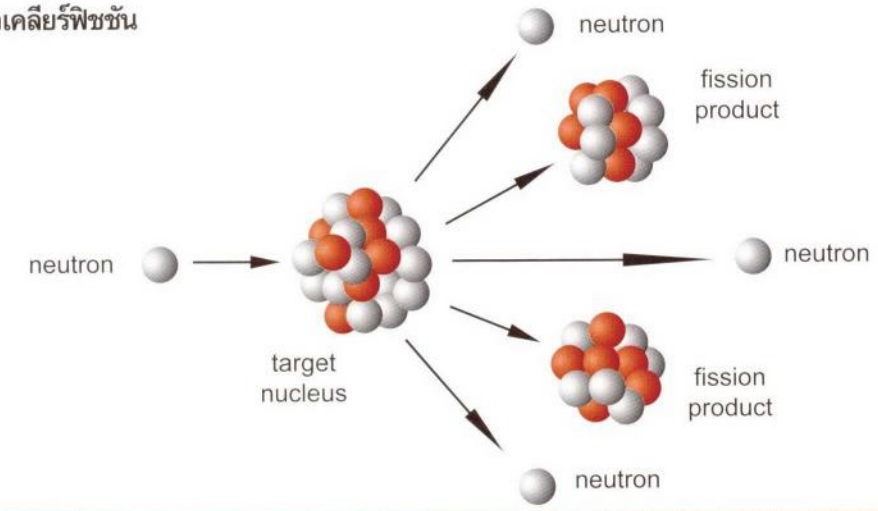
ถึงตอนนี้ นักวิทยาศาสตร์ก็ได้ไขปริศนาของอนุภาคลึกลับคืออิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน ซึ่งเป็นสามตัวต่อสำคัญที่ประกอบกันเป็นอะตอมและเข้าใกล้หัวใจของพลังงานนิวเคลียร์เข้าไปทุกขณะ

**2471 (1928)**

จอห์น ดี. ค็อกครอฟต์/เออร์เนสต์ วอลตัน สร้างเครื่องเร่งอนุภาคโปรตอน

**2474 (1930)**

เออร์เนสต์ ลอว์เรนซ์ สร้างเครื่องเร่งอนุภาคไซโคลทรอน




## ปฏิกิริยานิวเคลียร์และธาตุกัมมันตรังสีฝีมือมนุษย์

การค้นพบนิวตรอนทำให้วงการนิวเคลียร์ฟิสิกส์ในเวลานั้นคึกคักเป็นอย่างยิ่ง มีความเคลื่อนไหวต่างๆ เกิดขึ้นมากมายในหลายประเทศ ที่สำคัญได้แก่ การสร้างเครื่องเร่งอนุภาคโปรตอนและการระดมยิงนิวเคลียสของลิเทียม-7 ให้รวมตัวกับไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมของจอห์น ดี. ค็อกครอฟต์ (John D. Cockcroft) และเออร์เนสต์ ที. เอส. วอลตัน (Ernest T. S. Walton) การสร้างเครื่องเร่งอนุภาคที่เรียกว่าไซโคลทรอน (cyclotron) ของเออร์เนสต์ โอ. ลอว์เรนซ์ (Earnest O. Lawrence) และการสังเคราะห์ฟอสฟอรัส-30 ซึ่งถือเป็นธาตุกัมมันตรังสีขึ้นในห้องปฏิบัติการได้เป็นครั้งแรก โดยเฟรเดริกและอีแรน โซลีโย-กูรี (Frédéric and Irène Joliot-Curie) ซึ่งทำให้นักวิทยาศาสตร์พากันทำการทดลองใช้อนุภาคแอลฟาระดมยิงธาตุอื่นๆ ตามแนวการทดลองของทั้งคู่เป็นการใหญ่

จุดพลิกผันเกิดขึ้นในปี 1934 เมื่อ เอนริโก แฟร์มี (Enrico Fermi) คิดนอกกรอบ นักฟิสิกส์ชาวอิตาลีผู้นี้เลือกที่จะระดมยิงนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียมด้วยนิวตรอนซึ่งถูกหน่วงให้มีความเร็วลดลง เขาพบว่านิวตรอนที่เคลื่อนที่ช้าหรือเทอร์มัลนิวตรอน (thermal neutron) สามารถทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสได้ดีกว่านิวตรอนที่เคลื่อนที่เร็ว (fast neutron) ทั้งยังเชื่อว่าการระดมยิงยูเรเนียมด้วยนิวตรอนสามารถทำให้เกิดธาตุแทรนส์ยูเรเนียม (transuranium element) ได้ ออทโท ฮาน (Otto Hahn) ฟริตซ์ ชตราสส์มันน์ (Fritz Strassmann) และลีเซอ ไมท์เนอร์ (Lise Meitner) ร่วมกันทำงานวิจัยเพื่อต่อยอดการทดลองของแฟร์มีจนค้นพบวิธีทำให้นิวเคลียสของยูเรเนียมแบ่งแยกออกเป็นสองส่วนเป็นครั้งแรก พวกเขาตีพิมพ์การค้นพบนี้ในปี 1939 และเรียกปฏิกิริยานี้ว่าการแบ่งแยกนิวเคลียส หรือนิวเคลียร์ฟิชชัน (nuclear fission)

**2474 (1931)**

*ค็อกครอฟต์/วอลตัน แบ่งแยกนิวเคลียสของลิเทียมด้วยโปรตอนสำเร็จครั้งแรก*

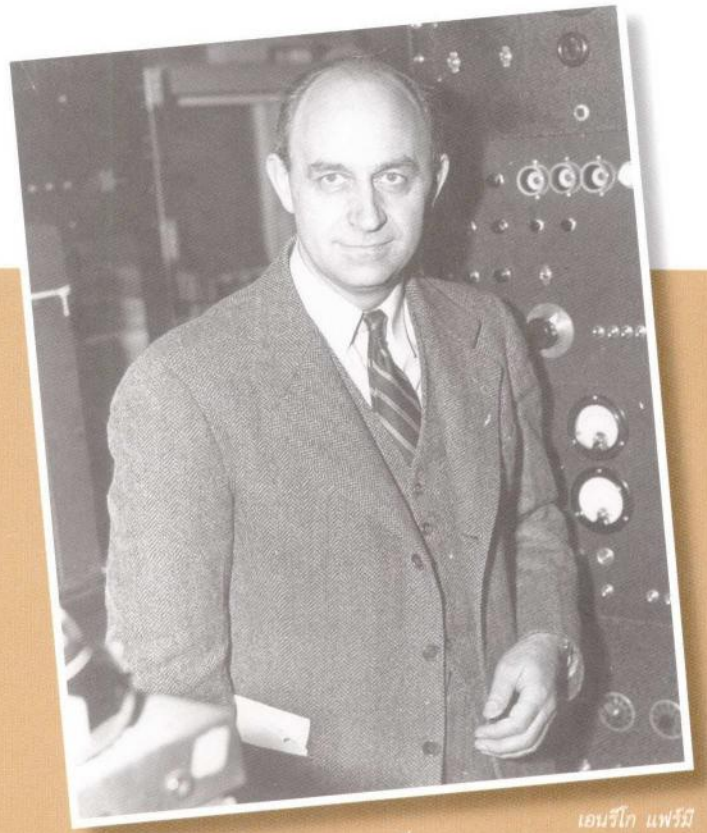
**2475 (1932)**

*เจมส์ แชดวิก ค้นพบนิวตรอน*

**2476 (1933)**

*ลีโอ ซิลาร์ด เสนอความคิดเรื่องปฏิกิริยาลูกโซ่ การแบ่งแยกนิวเคลียส*

*จุดพลิกผันเกิดขึ้นในปี 1934 เมื่อ เอนริโก แฟร์มี ตัดนอกกรอบ นักฟิสิกส์ชาวอิตาลีผู้นี้เลือกที่จะระดมยิงนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียมด้วยนิวตรอนซึ่งถูกหน่วงให้มีความเร็วลดลง เขาพบว่านิวตรอนที่เคลื่อนที่ช้าหรือเทอร์มัลนิวตรอนสามารถทำปฏิกิริยากับนิวเคลียสได้ดีกว่านิวตรอนที่เคลื่อนที่เร็ว*



*เอนริโก แฟร์มี*
*(ที่มา : http://www.atomicarchive.com)*

การที่นิวตรอน 2-3 อนุภาคถูกปลดปล่อยออกมาระหว่างเกิดการแบ่งแยกนิวเคลียส ในขณะที่นิวตรอนอีกจำนวนหนึ่งถูกหน่วงไว้ทำให้นักฟิสิกส์หัวกะทิอย่างแฟร์มี นีลส์ โบร์ (Niels Bohr) ชาวเดนมาร์ก และลีโอ ซิลาร์ด (Leo Szilard) ชาวฮังการีเชื่อว่าน่าจะมีวิธีควบคุมปฏิกิริยานี้ให้เกิดขึ้นต่อเนื่องแบบลูกโซ่ได้ (chain reaction) และเมื่อนั้น การที่มนุษย์จะนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ก็ไม่ใช่ฝันกลางวันของนักวิทยาศาสตร์อีกต่อไป

ที่มหาวิทยาลัยชิคาโก ทีมงานของแฟร์มีซึ่งประกอบด้วยนักฟิสิกส์ชั้นนำชาวยุโรปหลายคนที่ลี้ภัยนาซีเยอรมันมาอยู่ที่สหรัฐอเมริกา และนักฟิสิกส์ชาวอเมริกันได้เร่งระดมกำลังความคิดเพื่อออกแบบเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ (nuclear reactor) สำหรับสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ของยูเรเนียมโดยมีรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ให้การสนับสนุน เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรก

**2477 (1934)**

- *เฟรเดริก โจลิเย/อีแรน กูรี สร้างฟอสฟอรัส-30 กัมมันตรังสีในห้องปฏิบัติการ*
- *เอนริโก แฟร์มี/เอมีลีโอ เซอเกร สร้างไอโซโทปกัมมันตรังสีโดยใช้เทอร์มัลนิวตรอน*

**2482 (1938)**

*ฮันส์ เบเทอ/คาร์ล ฟรีดริช ไวซ์เซคเคอร์ ต่างเสนอความคิดเรื่องการหลอมนิวเคลียสของไฮโดรเจนบนดวงอาทิตย์*

ลีโอ ซิลาร์ด

นีลส์ โบร์

ของโลกที่พวกเขาสร้างขึ้นนี้มีชื่อว่า "ชิคาโกไพล์-1" มีส่วนประกอบหลักคือยูเรเนียมและแท่งแกรไฟต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงนิวตรอน การทดลองเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่ใต้อัฒจันทร์ของสนามกีฬามหาวิทยาลัยชิคาโกในวันที่ 2 ธันวาคม ค.ศ.1942 ทำให้มนุษย์สามารถควบคุมปฏิกิริยาลูกโซ่หรืออีกนัยหนึ่งพลังงานนิวเคลียร์ได้เป็นครั้งแรก ประวัติศาสตร์ของโลกและอนาคตของมนุษยชาติหลังจากนั้นจะถูกกำหนดด้วยสิ่งที่เกิดตามมาจากความสำเร็จครั้งนี้

ในทางหนึ่ง ความสำเร็จของชิคาโกไพล์-1 ได้นำไปสู่การสร้างลูกระเบิดนิวเคลียร์ภายใต้โครงการแมนแฮตตัน (Manhattan Project) ซึ่งเป็นการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันไปใช้เพื่อการทหารของสหรัฐอเมริกา และนำไปสู่การทิ้งระเบิดนิวเคลียร์ที่เมืองฮิโรชิมาและนางาซากิในที่สุด อีกทางหนึ่งชิคาโกไพล์-1 ได้กระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์เร่งพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์หลักคือการนำพลังงานนิวเคลียร์ที่มนุษย์สร้างขึ้นไปใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า ทีมนักวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีวอลเทอร์ ซินน์ (Walter Zinn) เป็นหัวหน้า สามารถประดิษฐ์เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ผลิตเชื้อเพลิงทดลอง (experimental breeder reactor, EBR-1) เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าได้สำเร็จในปี 1951

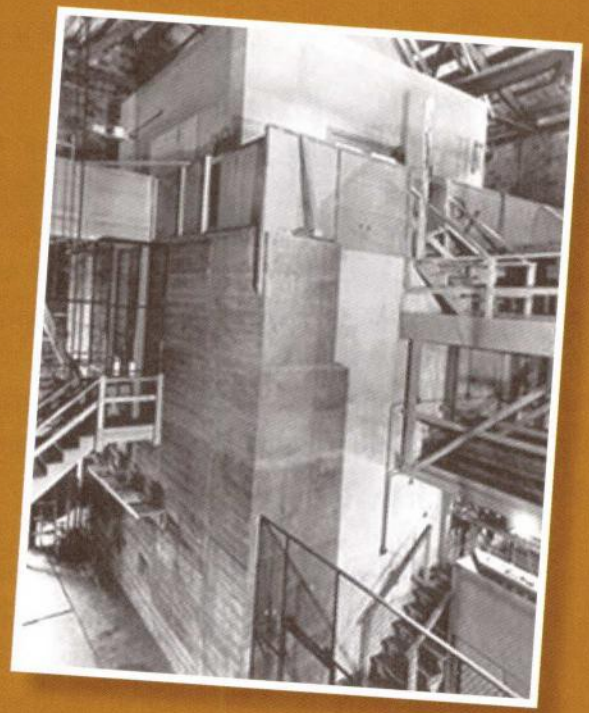
ในระหว่างที่นักวิทยาศาสตร์ส่วนหนึ่งมุ่งทำงานเพื่อบรรลุเป้าหมายในการทำให้เกิดการแบ่งแยกนิวเคลียสอย่างต่อเนื่อง นักวิทยาศาสตร์อีกส่วนหนึ่งได้ทุ่มเทศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างธาตุใหม่ๆ ที่หนักกว่ายูเรเนียมอย่างขะมักเขม้น พวกเขาสร้างธาตุที่ไม่ได้มีอยู่ในธรรมชาติขึ้นได้เป็นธาตุแรก และเรียกธาตุที่ 93 นี้ว่าเนปทูเนียม (neptunium) ตามติดมาด้วยการสร้างธาตุที่ 94 ธาตุใหม่ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ให้ชื่อว่าพลูโทเนียมนี้ (plutonium) นอกจากจะใช้ทำระเบิดนิวเคลียร์และเป็นแหล่งของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แล้ว ยังมีประโยชน์ต่อการค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับธาตุแทรนส์ยูเรเนียมในภายหลังเป็นอย่างมาก

**2481 (1938)**

- *ออทโท ฮาน/ฟริทซ์ ชตราสส์มันน์/ลิเซอ ไมท์เนอร์ ทดลองปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน*

**2483 (1940)**

- *เอดวิน แมกมิลแลน/ฟิลิป อะเบลสัน ระดมยิงนิวเคลียสของอะตอมยูเรเนียม-238 ได้พลูโทเนียม-239*



ชิคาโกไพล์-1 เตาปฏิกรณ์ปรมาณูเครื่องแรกของโลก
(ที่มา : www.anl.gov)

นักวิทยาศาสตร์ที่ทำงานในโครงการชิคาโกไพล์-1
(ที่มา : www.nucpros.com)

**2485 (1942)**

เกลน ที. ซีบอร์ก ใช้นิวตรอนระดมยิงนิวเคลียสของทอเรียม-232 ได้ยูเรเนียม-233

**2485 (1942)**

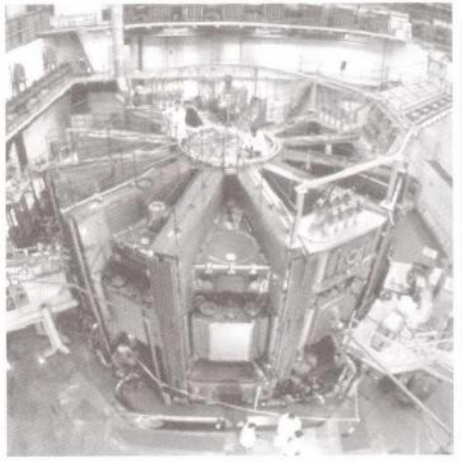
- สหรัฐอเมริกา เริ่มโครงการแมนแฮตตันเพื่อทดลองผลิตระเบิดนิวเคลียร์
- แฟร์มีและทีมนักวิทยาศาสตร์เดินเครื่องชิคาโกไพล์-1

**2494 (1951)**

อีกอร์ คัมม์/อังเดรย์ ซาฮารอฟ สร้างเครื่องโทคาแมก

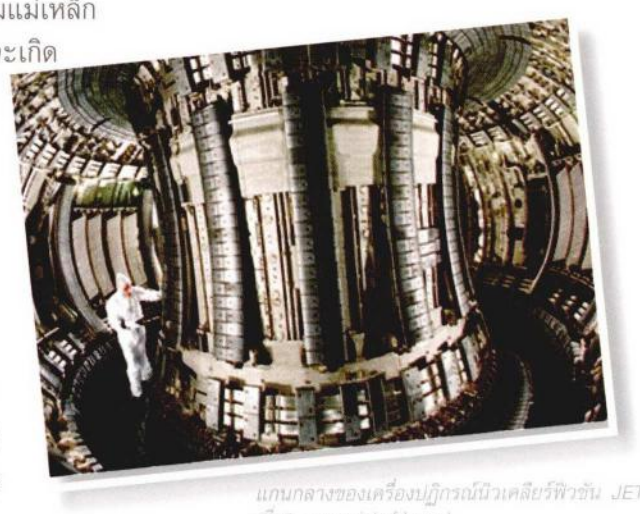
# พลังงานนิวเคลียร์ยุคใหม่ : เมื่อมนุษย์เลียนแบบดวงอาทิตย์

ย้อนกลับไปในปี 1929 โดย รอเบิร์ต แอตคินสัน (Robert Atkinson) และฟริตซ์ ฮูเทอร์แมนส์ (Fritz Houtermans) ได้เสนอความเห็นว่าปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันที่เกิดขึ้นในดาวฤกษ์น่าจะปลดปล่อยพลังงานออกมาด้วย ข้อสันนิษฐานนี้มีน้ำหนักมากขึ้นเมื่อนักฟิสิกส์ชาวอเมริกันเชื้อสายเยอรมันชื่อ ฮันส์ อัลเบรชท์ เบเทอ (Hans Albrecht Bethe) และนักดาราศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ คาร์ล ฟรีดริช ฟอน ไวซ์เซคเคอร์ (Carl Friedrich von Weizsäcker) ซึ่งต่างคนต่างทำการศึกษาแต่สรุปตรงกันในปี 1938 ว่าการหลอมนิวเคลียสของไฮโดรเจนเป็นฮีเลียมน่าจะเป็นต้นกำเนิดของพลังงานที่ไม่รู้จักหมดสิ้นของดวงอาทิตย์ แนวคิดในเรื่องนี้ทำให้นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่ามนุษย์น่าจะสามารถสร้างและควบคุมปฏิกิริยาเทอร์โมนิวเคลียร์ฟิวชันได้เช่นเดียวกับที่ประสบความสำเร็จมาแล้วกับการสร้างปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน



โทคาแมก 15 ที่สถาบันเคอร์ชาทอฟ (Kurchatov) ในมอสโก
(ที่มา : www.scienceclarified.com)

ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมปฏิกิริยาฟิวชันหลักๆ คือ เทคโนโลยี Inertial Confinement Fusion (ICF) ซึ่งเป็นการใช้แสงเลเซอร์ยิงเข้าไปในเม็ดเชื้อเพลิงให้มีพลังงานสูงพอที่จะเข้าหลอมรวมกัน และเทคโนโลยี Magnetic Confinement Fusion (MCF) ซึ่งใช้สนามแม่เหล็กเป็นตัวควบคุมพลาสมาที่มีอุณหภูมิมากกว่า 100 ล้านองศาเซลเซียสให้เสถียรเพียงพอที่จะเกิดฟิวชันได้ ในทางปฏิบัติในปัจจุบันนั้น MCF มีการพัฒนาไปไกล และศึกษาอย่างกว้างขวางกว่า



แกนกลางของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน JET
(ที่มา : www.jet.efda.org)

ก้าวสำคัญของการศึกษาวิจัยนิวเคลียร์ฟิวชันโดยใช้เทคโนโลยี MCF เกิดจากผลงานของ อีกอร์ เยฟเกนเยวิช ตัมม์ (Igor Yevgenyevich Tamm) และอังเดรย์ ซาฮารอฟ (Andrei Sakharov) นักฟิสิกส์ชาวโซเวียตซึ่งพัฒนาโทคาแมก (tokamak) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้สนามแม่เหล็กแบบวงแหวน (toroidal magnetic field) กักเก็บพลาสมาของดิวเทอเรียมและทริเทียมไว้ในภาชนะรูปร่างเหมือนโดนัท โทคาแมกสามารถทำให้พลาสมามีอุณหภูมิและความหนาแน่นสูงสุด และกักเก็บพลาสมาไว้ได้ยาวนานกว่าอุปกรณ์อื่นๆ จึงมีองค์ประกอบที่จำเป็นในการทำให้พลาสมาเกิดปฏิกิริยาฟิวชันอย่างต่อเนื่องได้ครบทุกประการ

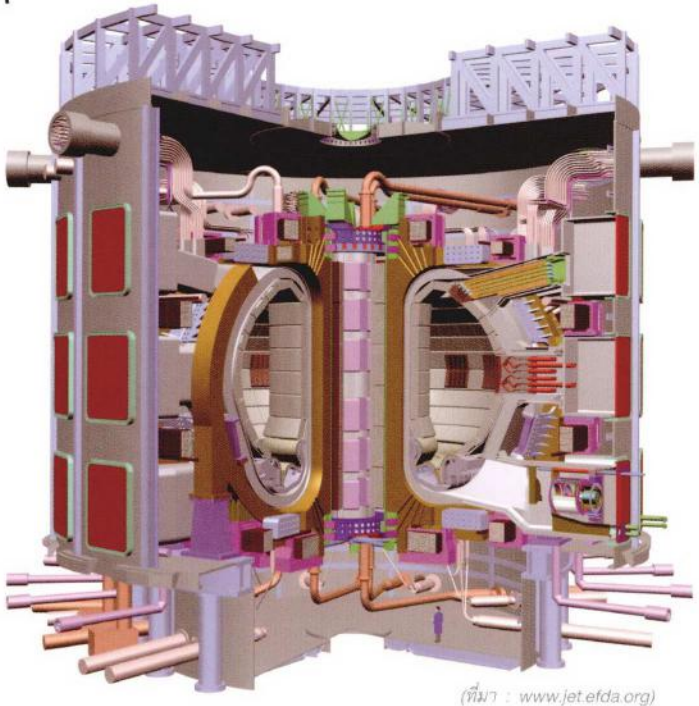
**2513 (1970)**

คณะมนตรีแห่งสหภาพยุโรปให้ความเห็นชอบต่อโครงการก่อสร้าง JET

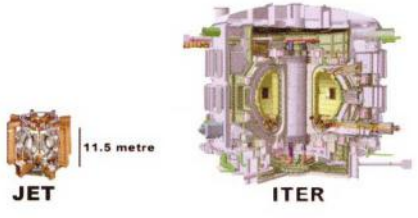
**2534 (1991)**

นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการควบคุมพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันครั้งแรก

**ITER**



(ที่มา : www.jet.efda.org)




เปรียบเทียบขนาดของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน JET (ซ้าย) กับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ฟิวชัน ITER (ขวา)
(ที่มา : www.jet.efda.org)

โทคาแมกของโซเวียตกลายเป็นต้นแบบของเครื่องมือวิจัยนิวเคลียร์ฟิวชันรุ่นต่อๆ มา รวมทั้ง JET (Joint European Torus) เครื่องโทคาแมกเครื่องใหญ่ที่สุดของโลกนี้ตั้งอยู่ที่ศูนย์วิทยาศาสตร์คัลแลม (Culham Scientific Centre) ในประเทศอังกฤษ JET เป็นเครื่องมือทดลองวิจัยนิวเคลียร์ฟิวชันที่ถูกสร้างเพื่อให้สมาคมยูราตอม (EURATOM) ของประเทศในยุโรปกว่า 20 ประเทศได้ใช้งานร่วมกันภายใต้ความตกลงว่าด้วยการพัฒนาปฏิกิริยาฟิวชันแห่งยุโรป (The European Fusion Development Agreement, EFDA)

แต่ JET กำลังจะถูกลบสถิติด้วย ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) ITER เป็นโครงการวิจัยโทคาแมกระดับโลกที่เกิดจากความร่วมมือของรัสเซีย สหรัฐอเมริกา สหภาพยุโรป จีน เกาหลีใต้ และอินเดีย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ของการสร้างเครื่องปฏิกรณ์พลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันเต็มรูปแบบ (full-scale fusion power reactor) ITER ซึ่งอยู่ภายใต้การกำกับดูแลของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency, IAEA) ได้รับการออกแบบให้กักเก็บพลาสมาได้ 840 ลูกบาศก์เมตร และผลิตพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันราว 500 เมกะวัตต์ได้ต่อเนื่องกว่า 400 วินาที และจะเป็นเครื่องปฏิกรณ์ฯ เครื่องแรกที่สามารถสร้างพลังงานได้มากกว่าพลังงานที่นำไปใช้ในการเดินเครื่อง การก่อสร้าง ITER เริ่มขึ้นในปี 2007 ณ ที่ตั้งในเมืองกาดาราเชอ (Cadarache) ประเทศฝรั่งเศส และคาดว่าจะเริ่มเดินเครื่องควบคุมพลาสมาได้ในปี 2016 หาก ITER ประสบความสำเร็จ เป้าหมายต่อไปคือการนำพลังงานนิวเคลียร์ฟิวชันไปใช้กับโรงไฟฟ้านิวเคลียร์สาธิตและการผลิตกระแสไฟฟ้าในเชิงพาณิชย์เพื่อเป็นพลังงานทางเลือกที่สะอาดและยั่งยืนในอนาคต

**2542 (1999)**
ก่อตั้ง EFDA

**2550 (2007)**
เริ่มการก่อสร้าง ITER

บนทางสายสันติ

# Atoms for Peace

เดือนสิงหาคม พ.ศ. 2488 (1945) อานุภาพอันร้ายแรงของระเบิดนิวเคลียร์ที่มนุษย์ไม่เคยรู้จักหรือพบเห็นมาก่อนทำลายล้างเมืองฮิโรชิมาและนางาซากิจนพินาศในพริบตา สงครามโลกครั้งที่สองปิดฉากลงด้วยการยอมจำนนของญี่ปุ่น เหลือไว้แต่เพียงซากปรักหักพัง ความทุกข์ทรมานของเหยื่อระเบิด และความทรงจำของผู้คนที่ยังคงหวาดผวาต่อพิษภัยของระเบิดนิวเคลียร์ แม้เวลาจะล่วงเลยมาแล้วหลายทศวรรษ

ด้วยตระหนักถึงอำนาจการทำลายล้างอย่างมหาศาลของพลังงานนิวเคลียร์ และด้วยปรารถนาที่จะเห็นการนำเอาศักยภาพของพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในทางที่สันติและสร้างสรรค์ ในวันที่ 8 เดือนธันวาคม 2496 (1953) ดไวต์ เดวิด ไอเซนฮาวร์ (Dwight David Eisenhower) ประธานาธิบดีแห่งสหรัฐอเมริกาในห้วงเวลานั้น จึงได้เสนอ “แผนการปรมาณูเพื่อสันติ” (Atoms for Peace Plan) ต่อที่ประชุมสมัชชาสหประชาชาติครั้งที่ 470 จุดมุ่งหมายของแผนการนี้คือการพัฒนาและการนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์ในทางพลเรือนเพื่อสันติสุขของมวลมนุษยชาติ โดยจัดให้มีหน่วยงานพลังงานนิวเคลียร์ที่อยู่ภายใต้สหประชาชาติ เป็นผู้กำกับดูแลในเรื่องนี้

*ประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์กล่าวสุนทรพจน์ว่าด้วยปรมาณูเพื่อสันติในที่ประชุมสมัชชาสหประชาชาติเมื่อ พ.ศ. 2496 (ที่มา : www.iaea.org)*

**2488 (1945)**

- *สหรัฐอเมริกา ทิ้งระเบิดนิวเคลียร์ที่ฮิโรชิมาและนางาซากิ*
- *กำเนิดสหประชาชาติ*

**2489 (1946)**

*สหรัฐอเมริกา จัดตั้งคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณู*

# ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ

ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ (International Atomic Energy Agency) หรือที่รู้จักกันในชื่อย่อว่าไอเออีเอ (IAEA) เป็นหน่วยงานพลังงานปรมาณูตามข้อเสนอว่าด้วยปรมาณูเพื่อสันติของประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ ถือกำเนิดเมื่อวันที่ 29 กรกฎาคม พ.ศ.2500 (1957) หลังจากที่ธรรมนูญของไอเออีเอได้รับการรับรองอย่างเป็นเอกฉันท์จากประเทศสมาชิกสหประชาชาติ 81 ประเทศในเดือนตุลาคม พ.ศ.2499 (1956) โดยมีสถานะเป็นทบวงการชำนัญพิเศษของสหประชาชาติ

ไอเออีเอมีสำนักงานใหญ่อยู่ ณ กรุงเวียนนา ประเทศออสเตรีย มีห้องปฏิบัติการอุทกวิทยาไอโซโทป (isotope hydrology) อยู่ที่อาคารสำนักงานใหญ่ ห้องปฏิบัติการระหว่างประเทศที่หมู่บ้านไซเบอร์สดอร์ฟ (Seibersdorf) ห่างจากกรุงเวียนนาไปทางตะวันออกเฉียงใต้ 35 กม. และห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมทางทะเล (Marine Environment Laboratories) ตั้งอยู่ในประเทศโมนาโก

ภารกิจหลักของหน่วยงานใหม่ซึ่งเป็นความหวังของประชาคมโลกว่าจะช่วยตรวจตราและกำกับดูแลกิจกรรมที่เกี่ยวกับนิวเคลียร์ของประเทศต่างๆ ได้แก่ ภารกิจด้านการพิทักษ์วัสดุนิวเคลียร์และพิสูจน์ยืนยันว่าวัสดุนิวเคลียร์นั้นๆ ไม่ได้ถูกนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์ทางทหาร (safeguards and verification) ภารกิจด้านความปลอดภัยและความมั่นคง (safety and security) และภารกิจด้านการถ่ายทอดวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ (nuclear science and technology)

*โรงแรมแกรนด์โฮเต็ลเป็นที่ตั้งของสำนักงานใหญ่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ เมื่อ พ.ศ.2511*
*(ที่มา: www.iaea.org)*

**2496 (1953)**

*ประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ประกาศแผนการปรมาณูเพื่อสันติ*

**2497 (1954)**

*สหรัฐอเมริกา สร้างเรือยูเอสเอสนอติลัส เรือดำน้ำพลังงานนิวเคลียร์ลำแรกของโลก*

แนวคิดของประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ในเวลานั้นคือให้ไอเออีเอเป็นเสมือนธนาคารวัสดุเกิดฟิชชัน (fissionable materials) เช่น ยูเรเนียม-235 ได้ หากประเทศที่มีวัสดุนิวเคลียร์สมทบทุนอย่างจริงใจแล้ว โดยทางอ้อมจึงเท่ากับเป็นการลดปริมาณของยุทธปัจจัยของแต่ละประเทศที่มีไว้เพื่อการสงคราม ในทางกลับกันวัสดุเกิดฟิชชันได้จากกองทุนนี้จะได้รับการจัดสรรให้แก่ประเทศที่ไม่มีเพื่อประโยชน์ในทางสร้างสรรค์ ทั้งนี้ไอเออีเอมีหน้าที่สอดส่องดูแลให้มั่นใจว่าวัสดุเหล่านี้จะไม่ถูกนำไปใช้ในทางทหารแต่มีวัตถุประสงค์เพื่อสันติอย่างแท้จริง

บทบาทที่สำคัญอีกด้านหนึ่งของไอเออีเอคือการให้ความช่วยเหลือในด้านอุปกรณ์และความรู้เกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์แก่ประเทศที่ต้องการ จัดส่งคณะผู้เชี่ยวชาญไปช่วยแนะนำและสำรวจในการจัดขอความช่วยเหลือของประเทศต่างๆ ให้ทุนการศึกษาแก่นักวิทยาศาสตร์จากประเทศสมาชิกเพื่อไปศึกษา อบรม ณ สถาบันของประเทศที่ก้าวหน้าในด้านนี้ ในขณะเดียวกัน ไอเออีเอยังรับผิดชอบวางข้อกำหนดในการใช้วัสดุกัมมันตภาพรังสีให้ประเทศสมาชิกปฏิบัติตามเพื่อความปลอดภัยร่วมกัน ตลอดจนพิจารณาวิธีจัดการของเสีย (waste disposal) ที่ไม่ต้องการแต่ยังแสดงสมบัติกัมมันตภาพรังสี เพื่อความปลอดภัยของประชาชนส่วนรวม

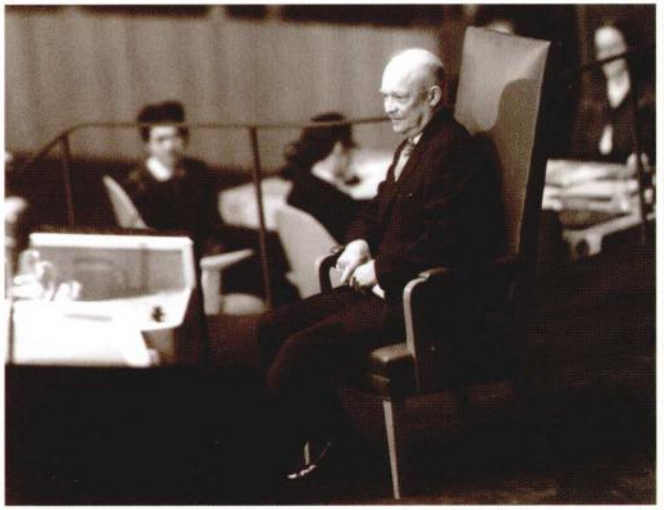
*สำนักงานใหญ่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศในปัจจุบันที่กรุงเวียนนา (ที่มา : npsglobal.org)*

**2497 (1954)**

*รัฐบาลไทยจัดตั้ง "คณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู"*

**2499 (1956)**

*จัดตั้งคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*



*หลังจากกล่าวสุนทรพจน์จบลง ประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ได้รับเสียงปรบมือแสดงความชื่นชมจากผู้ฟังในที่ประชุมสมัชชาสหประชาชาตินานถึงสิบนาทีเต็ม (ที่มา : www.iaea.org)*

**ข้อเสนอเกี่ยวกับปรมาณูเพื่อสันติ (Atoms for Peace)**

ความบางตอนจากถ้อยแถลงของประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ต่อที่ประชุมสมัชชาสหประชาชาติครั้งที่ 470

"ยุคปรมาณูก้าวรุดหน้าไปอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นที่พลเมืองโลกทุกคนจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเท่าทันพัฒนาการที่เกิดขึ้น รวมทั้งนัยยะอันสำคัญยิ่งของพัฒนาการดังกล่าวที่มีต่อเราทุกคน เห็นได้ชัดว่า หากประชาชนของโลกจำเป็นจะต้องใช้สติปัญญาในการแสวงหาสันติภาพร่วมกันแล้ว สิ่งที่พวกเขาจักต้องมีพร้อมคือข้อเท็จจริง อันสำคัญเกี่ยวกับความเป็นไปของทุกวันนี้

... รัฐบาลของประเทศหลักๆ ที่เกี่ยวข้องจักต้องเริ่มต้นส่งมอบยูเรเนียมปกติและวัสดุที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชันที่สะสมอยู่ในคลังอาวุธของตนให้แก่หน่วยงานปรมาณูสากลตั้งแต่บัดนี้ และดำเนินความร่วมมือนี้อย่างต่อเนื่อง เราคาดหวังว่าหน่วยงานดังกล่าวนี้จะก่อตั้งขึ้นภายใต้การดูแลขององค์การสหประชาชาติ...

...หน่วยงานพลังงานปรมาณูดังกล่าวอาจมีหน้าที่รับผิดชอบในการยึด เก็บรักษาและปกป้องวัสดุที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชันและวัสดุอื่นที่ได้รับบริจาค บรรดานักวิทยาศาสตร์ที่เปี่ยมไปด้วยอัจฉริยภาพของเราจะจัดหาสถานที่พิเศษที่มีความปลอดภัยเพื่อใช้เป็นธนาคารเก็บวัสดุที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชันที่สามารถต้านทานการโจรกรรมที่ไม่คาดคิดได้...

...หน้าที่ความรับผิดชอบทีม ความสำคัญอันใหญ่หลวงอีกประการหนึ่งของหน่วยงานพลังงานปรมาณูนี้คือ การคิดหาวิธีนำวัสดุที่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชันเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์เพื่อการสร้างสันติภาพของมนุษยชาติ บรรดาผู้เชี่ยวชาญจะถูกระดมมาร่วมกันหาวิธีประยุกต์ใช้พลังงานปรมาณูเพื่อตอบสนองความต้องการทางการเกษตร ทางการแพทย์และกิจกรรมอื่นๆ ในทางสันติ โดยมีจุดประสงค์จำเพาะประการหนึ่งซึ่งได้แก่ การผลิตพลังงานไฟฟ้าปริมาณมหาศาลให้แก่ดินแดนที่ขาดแคลนพลังงานไฟฟ้า

ด้วยเหตุนี้ ประเทศมหาอำนาจทั้งหลายจึงกำลังจะอุทิศกำลังบางส่วนของตนเองเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษยชาติ มิใช่เพื่อสร้างความหวาดหวั่นให้แก่มนุษยชาติ...

... ช่วงเวลาที่กำลังจะมาถึงข้างหน้านี้จะต้องมีการตัดสินใจครั้งสำคัญๆ มากมาย ไม่ว่าจะเป็นที่สมัชชาแห่งนี้ ที่เมืองหลวงของประเทศต่างๆ ที่กองบัญชาการทางทหารทั่วโลก หรือในหัวใจของผู้คนทุกหนแห่ง ไม่ว่าจะเป็นผู้ปกครองหรือผู้ใต้ปกครอง ข้าพเจ้าขอภาวนาให้การตัดสินใจที่จะเกิดขึ้นจงนำพาโลกใบนี้ออกจากความหวาดกลัวและก้าวไปสู่สันติภาพ..."

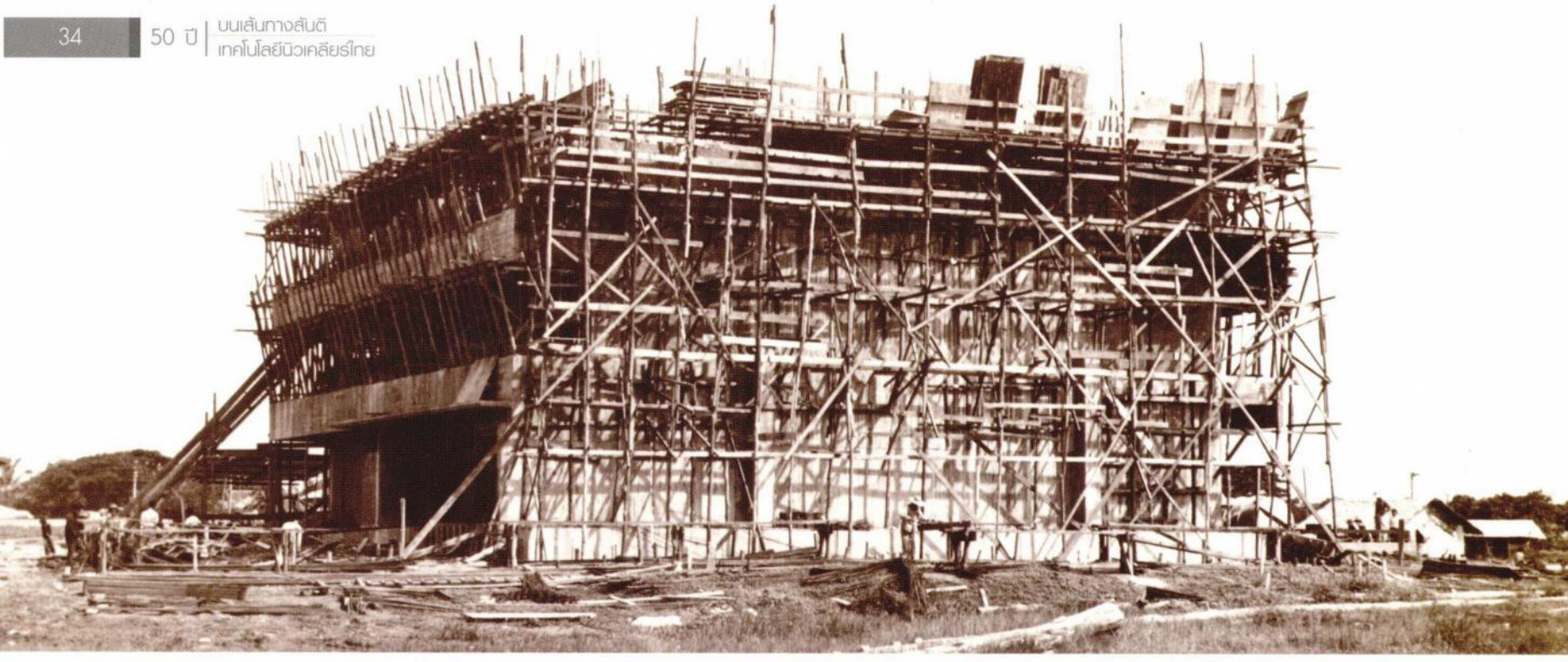
(ดัดแปลงจากเอกสารของศูนย์ปฏิบัติการไม่แพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์)

**2500 (1957)**

- *ก่อตั้งหน่วยการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ*
- *ไทยเป็นสมาชิกอันดับที่ 58*

**2501 (1958)**

*ไทยสั่งซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจากเคอร์ทิสส์ไรต์*



## ประเทศไทยขานรับ

ในเวลานั้นหลายประเทศได้ขานรับและร่วมสนับสนุนเจตนารมณ์ของประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์อย่างเต็มที่ รัฐบาลสหรัฐอเมริกาในฐานะที่เป็นผู้ริเริ่มแนวคิดและผู้นำด้านนิวเคลียร์ในขณะนั้นได้เร่งเดินหน้าผลักดันแผนการนี้อย่างแข็งขัน ด้วยการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในด้านต่างๆ แก่ประเทศที่ยังไม่มีความพร้อม ตลอดจนให้ทุนศึกษาดูงานแก่นักวิทยาศาสตร์ในหลายประเทศ เพื่อต่อยอดความรู้ทางด้านพลังงานนิวเคลียร์ก่อนจะกลับไปเป็นกำลังสำคัญในบ้านเมืองของตนต่อไป รัฐบาลสหรัฐอเมริกา ได้ส่งคณะผู้แทนเดินทางไปเยือนภูมิภาคต่างๆ ของโลก รวมทั้งเอเชียตะวันออกและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เพื่อเผยแพร่แนวคิดเรื่องปรมาณูเพื่อสันติ ประเทศไทยเป็นประเทศหนึ่งที่คณะผู้แทนของสหรัฐอเมริกาเข้าพบเพื่อเจรจาหารือแนวคิดนี้ด้วย

ในเดือนมกราคม พ.ศ.2497 ในสมัยรัฐบาลของจอมพล ป. พิบูลสงคราม (2495-2500) นายพจน์ สารสิน เอกอัครราชทูตไทยประจำกรุงวอชิงตัน (2495-2500) ได้โทรเลขแจ้งมายังกระทรวงการต่างประเทศว่าประเทศไทยเป็นประเทศแรกที่ได้รับเชิญให้เป็นผู้ได้รับประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ของสหรัฐอเมริกา ทั้งยังเสนอให้ทุนแก่นักวิทยาศาสตร์ไทยเพื่อให้เดินทางไปศึกษาเพิ่มเติมด้านพลังงานปรมาณูและนำความรู้กลับมาถ่ายทอดในประเทศของตนอีกด้วย

**2502 (1959)**

*คณะผู้แทนของไอเออีเอชุดแรกเดินทางมาไทยเพื่อให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ*

**2503 (1960)**

*มติ ครม. อนุมัติการก่อสร้างอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

หลังจากนั้นได้มีคณะกรรมการพลังงานปรมาณูผสมแห่งสหรัฐอเมริกา (The Joint Committee on Atomic Energy, JCAE) ของสภาคองเกรสสหรัฐอเมริกา เดินทางมายังประเทศไทยเพื่อปรึกษาหารือกับคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณูฝ่ายไทย ซึ่งตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 17 พฤศจิกายน 2497 โดยมีการประชุมหารือกันในเบื้องต้นระหว่างวันที่ 6-8 ธันวาคม 2497 ณ หอประชุมจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่ง พล.อ.ท. มุนี มหาสันทนะ เวชยันต์รังสฤษฎ์ ประธานกรรมการคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณูเป็นอธิการบดีอยู่ในขณะนั้น

นายพจน์ สารสิน

ดร. จ่าง รัตนะรัต อธิบดีกรมวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นกรรมการและเลขาธิการในคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณูได้กล่าวไว้ในการบรรยายทางวิทยุกระจายเสียง เมื่อวันที่ 7 ตุลาคม พ.ศ. 2498 ตอนหนึ่งว่า ในระหว่างที่คณะผู้แทนไทยซึ่งมี พล.ท. บัญญัติ เทพหัสดิน ณ อยุธยา รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมเป็นหัวหน้าคณะและ ดร. จ่าง ไปเยี่ยมชมสถานวิจัยพลังงานปรมาณูที่โอ๊กริดจ์ (Oak Ridge) สหรัฐอเมริกานั้น

พลอากาศโท มุนี มหาสันทนะ เวชยันต์รังสฤษฎ์

*"...สหรัฐอเมริกาได้เสนอจะขายเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบสระว่ายน้ำขนาดเดียวกับที่กำลังสร้างและทดลองเพื่อนำแสดงในการประชุมที่นครเจนีวาให้แก่ประเทศไทยด้วยเครื่องหนึ่ง เช่นเดียวกับที่เขาเสนอขายให้แก่ประเทศสมาชิกอื่นๆ ขององค์การสหประชาชาติ...*

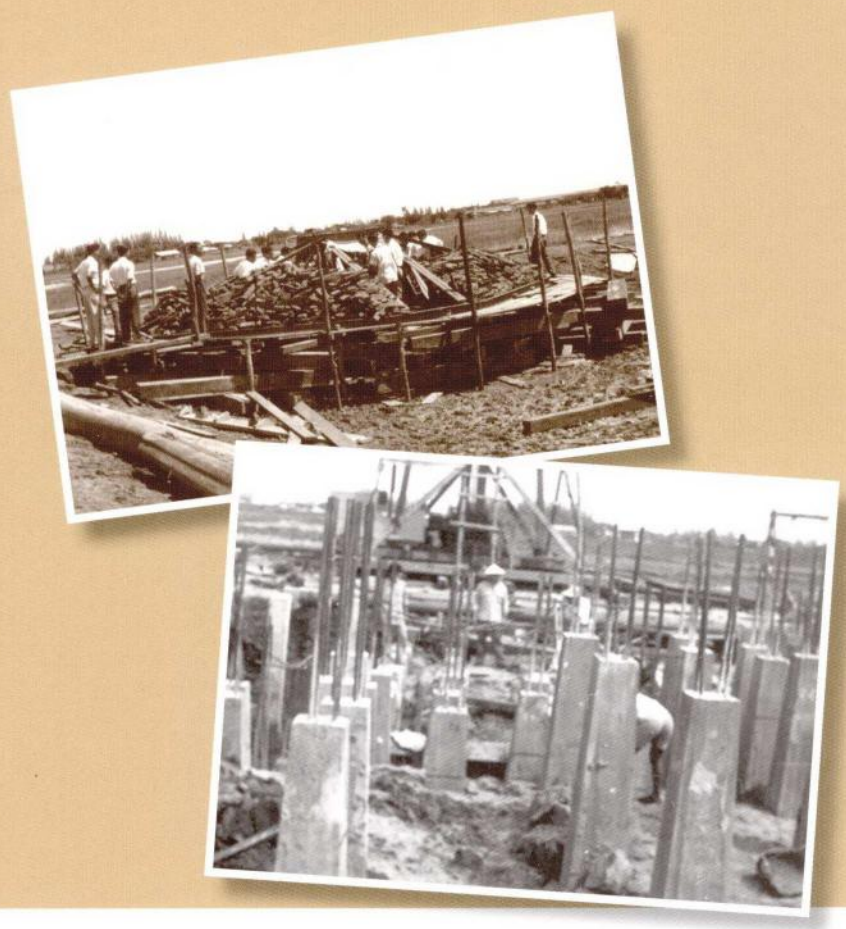
*"...ท่านรัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรมเห็นว่านักวิทยาศาสตร์ไทยควรจะมีเครื่องมือนี้ไว้ใช้ในการศึกษาและวิจัย เพื่อที่เราจะสามารถติดตามวิวัฒนาการของโลกในด้านนี้ไปได้ให้ทัดเทียมกับประเทศอื่น จึงได้โทรเลขติดต่อกับ ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ทันทีเพื่อขออนุมัติซื้อ และ ฯพณฯ นายกรัฐมนตรี ได้สั่งอนุมัติให้ตกลงซื้อได้ เพราะฉะนั้น จึงเป็นอันว่าประเทศไทยเราจะมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูไว้ใช้เพื่อประโยชน์ในการ*

*ศึกษาและวิจัยในไม่ช้านี้ และจะได้ติดตั้งที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยอันเป็นแหล่งกลางต่อไป ผู้ที่สนใจจะศึกษาและวิจัยก็จะได้มีโอกาสนำไอโซโทปรังสีที่ได้จากเครื่องปฏิกรณ์นี้ไปใช้ได้... นับว่าเป็นความก้าวหน้าที่สำคัญอีกก้าวหนึ่งในวงการวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย..."*

ในที่สุด รัฐบาลไทยกับรัฐบาลสหรัฐอเมริกาก็ได้บรรลุความตกลงว่าด้วยความร่วมมือเกี่ยวกับการพลังงานปรมาณูในทางสันติ การลงนามมีขึ้นเมื่อวันที่ 13 มีนาคม 2499 ณ ทำเนียบรัฐบาล ระหว่างตัวแทนฝ่ายไทยคือ พระเจ้าวรวงศ์เธอ กรมหมื่นนราธิปพงศ์ประพันธ์ รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ (2495-2501) และ พล.อ.ท. มุนี มหาสันทนะ เวชยันต์รังสฤษฎ์ ประธานคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู กับตัวแทนฝ่ายสหรัฐอเมริกา คือ จอห์น เอฟ. ดัลเลส (John F. Dulles) รัฐมนตรีว่าการกระทรวงการต่างประเทศ และลูอิส แอล. สเตราส์ (Lewis L. Strauss) ประธานคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณูแห่งสหรัฐอเมริกา (United States Atomic Energy Commission, USAEC) โดยมี จอมพล ป. พิบูลสงคราม นายกรัฐมนตรีของไทยเป็นสักขีพยานและประธานในพิธี สาระสำคัญของข้อตกลงที่มีร่วมกันคือ ทั้งสองฝ่ายจะร่วมมือกันเพื่อนำไปสู่การพัฒนาการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยจะมีการแลกเปลี่ยนข่าวสารกันในการสร้างเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย เพื่อเป็นประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งด้านการแพทย์ วิศวกรรม กสิกรรมและ อุตสาหกรรม เป็นต้น

*จอห์น ฟอสเตอร์ ดัลเลส (ซ้าย) หารือกับประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ (ขวา)*

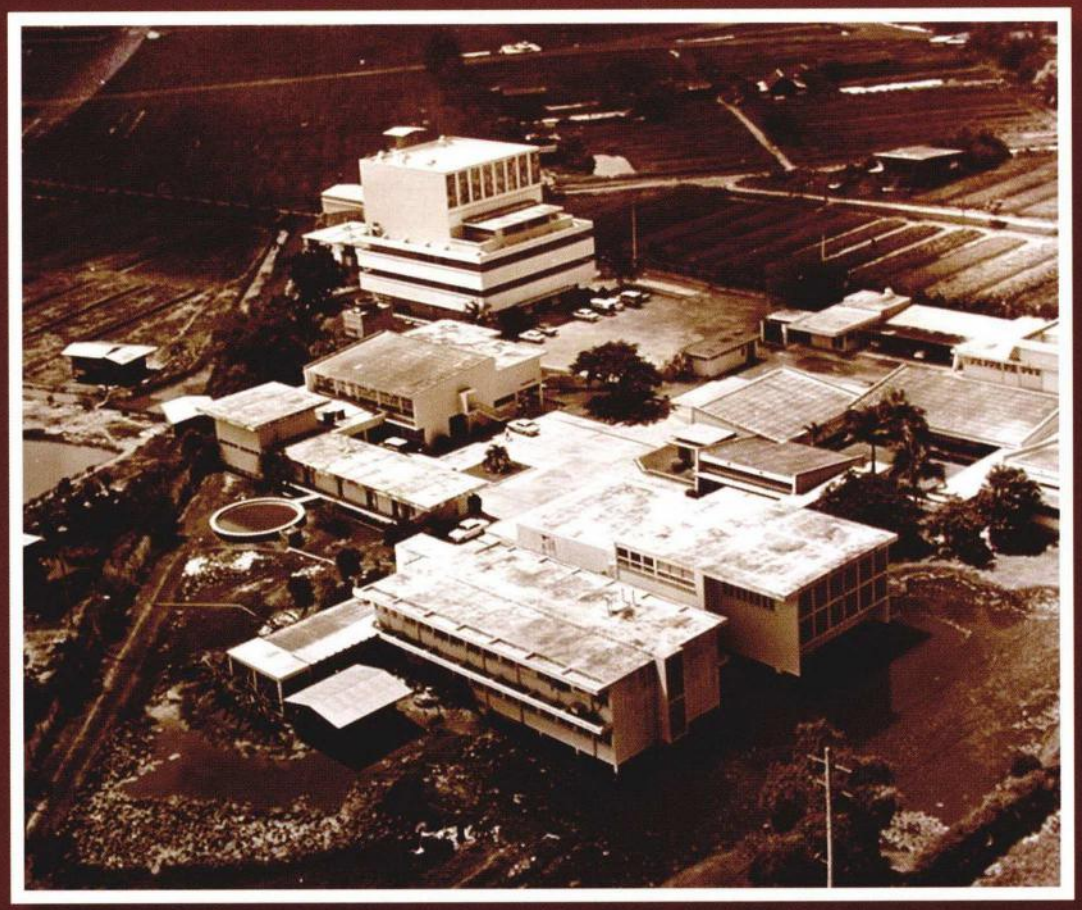
*ลูอิส แอล. สเตราส์ ประธานคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณูแห่งสหรัฐอเมริกา*



## คณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู

**(ตามมติคณะรัฐมนตรี วันที่ 17 พฤศจิกายน 2497)**

| | |
|---|---|
| 1. พล.อ.ท. มุนี มหาสันทนะ เวชยันต์รังสฤษฎ์ | ประธานกรรมการ |
| 2. ดร. จ่าง รัตนะรัต | กรรมการและเลขาธิการ |
| 3. ดร. พร ศรีจามร | กรรมการ |
| 4. ศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ | กรรมการ |
| 5. ศาสตราจารย์ เย็น สุนทรวิจารณ์ | กรรมการ |
| 6. ศาสตราจารย์ นายแพทย์ อำนวย เสมรสุต | กรรมการ |
| 7. พล.ต. ขุนปทุมโรคประหาร | กรรมการ |
| 8. พล.จ.ส. สถิตย์วิทยาศาสตร์ | กรรมการ |
| 9. นาวาเอก สมพันธ์ บุนนาค | กรรมการ |
| 10. นาวาอากาศเอก สวัสดิ์ ศรีสุข | กรรมการ |
| 11. นายวิชา เศรษฐบุตร | กรรมการ |
| 12. ดร. บุญรอด บิณฑสันต์ | กรรมการ |
| 13. ดร. เลื่อน บิณฑสันต์ | กรรมการ |
| 14. นายสมาน บุราวาส | กรรมการ |
| 15. นายระวี ภาวิไล | กรรมการ |
| 16. นายพิมล กลกิจ | กรรมการ |
| 17. ดร. สุขุม ศรีอัญญรัตน์ | กรรมการ |



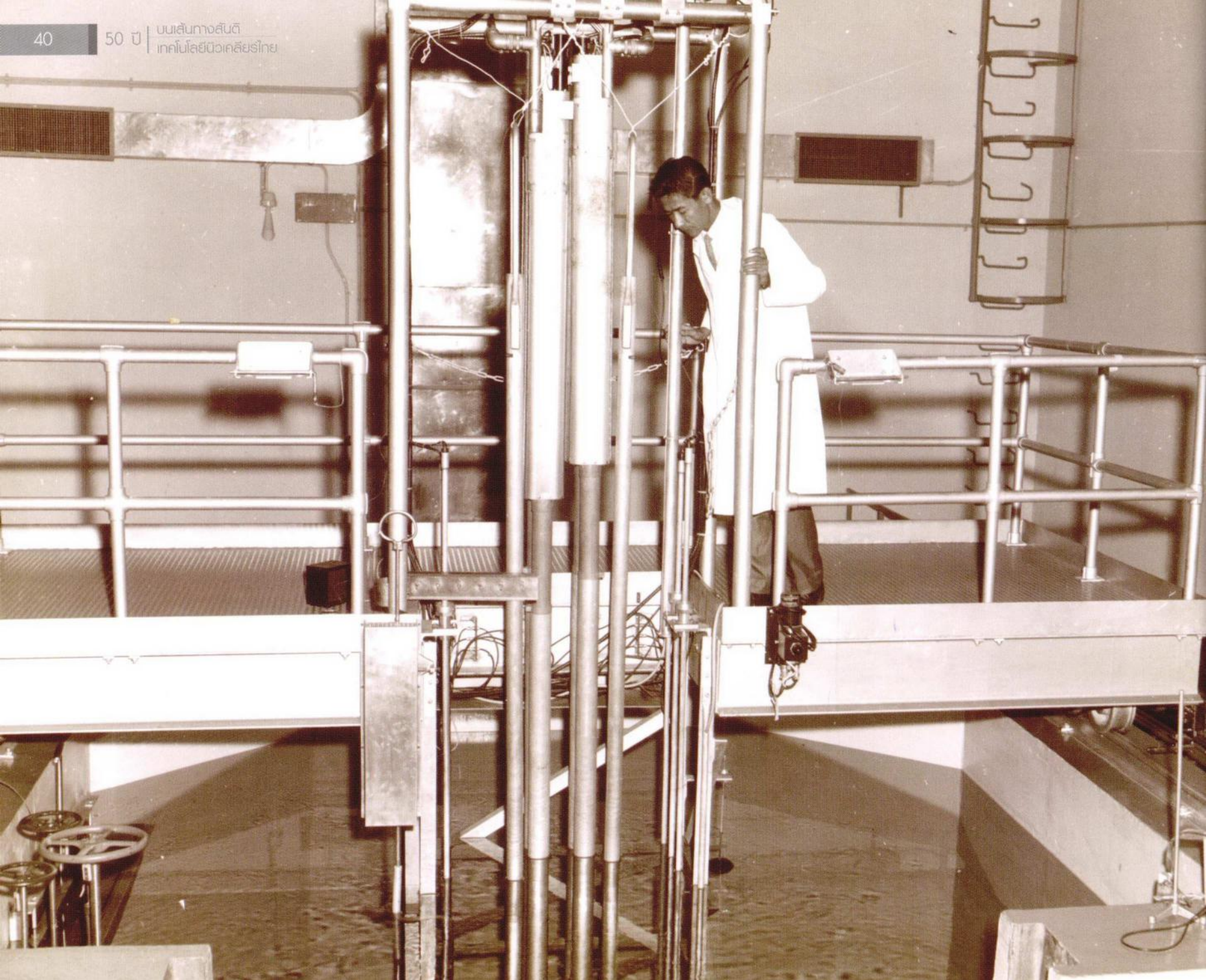
# ก้าวแรกบนเส้นทางสันติ

คณะรัฐมนตรีได้มีมติเมื่อวันที่ 21 เมษายน 2499 ให้แต่งตั้งคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติขึ้น เพื่อเป็นหลักในการติดต่อและประสานความร่วมมือกับสหรัฐอเมริกา และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศที่กำลังจะเกิดขึ้นต่อไป พร้อมกันนี้ยังได้มีการแต่งตั้งคณะอนุกรรมการขึ้นอีก 4 คณะ คือ อนุกรรมการว่าด้วยการวิจัย อนุกรรมการว่าด้วยการพลังงาน อนุกรรมการว่าด้วยไอโซโทปรังสีในการแพทย์และเภสัชกรรม และอนุกรรมการว่าด้วยการวิจัยการเกษตร

ประเทศไทยลงนามให้สัตยาบันสารรับรองธรรมนูญของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเมื่อวันที่ 15 ตุลาคม 2500 เป็นสมาชิกอันดับที่ 58 ของไอเออีเอ (นับแต่ปีที่ก่อตั้งจนถึงสิ้นปี 2552 ไอเออีเอมีสมาชิกรวมทั้งสิ้น 151 ประเทศ) หลังจากนั้นในปี 2502 ไอเออีเอได้ส่งคณะผู้แทนเบื้องต้น (IAEA Preliminary Mission) นำโดย ดร. วลาดิมีร์ กริโกรีเอฟ (Vladimir Grigorieff) มายังประเทศไทยเพื่อพิจารณาลู่ทางในการให้ความช่วยเหลือทางวิชาการด้านพลังงานปรมาณูแก่ไทยในฐานะรัฐสมาชิก

คณะผู้แทนชุดนี้ได้กล่าวไว้ในรายงานผลสำรวจความต้องการและความเป็นไปได้ของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ในประเทศไทยว่า ประเทศไทยมีการเริ่มต้นที่ดี โดยได้มีการวางแผนงานในภาพกว้างตลอดจนมีแผนการดำเนินงานและการเตรียมการต่างๆ เพื่อการฝึกอบรม การวิจัย การใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสีในทางการเกษตรและการแพทย์ ฯลฯ

รายงานกล่าวด้วยว่า โรงเรียนแพทย์ของโรงพยาบาลศิริราชและของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์มีเครื่องไม้เครื่องมือสำหรับการวิจัยที่ดี ทั้งยังก้าวหน้าอย่างมากด้วยการนำไอโซโทปกัมมันตรังสีมาใช้ในการวินิจฉัยโรคและการรักษา คณะผู้แทนได้ให้ความเห็นว่าน่าจะขยายโครงการวิจัยเกี่ยวกับการใช้ไอโซโทปกัมมันตรังสีนี้ออกไป และสนับสนุนให้แพทย์ไทยได้รับการอบรมเฉพาะทางในต่างประเทศ คณะผู้แทนยังมีความเห็นด้วยว่าควรจะมีการดำเนินแผนการระยะยาวเพื่อสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของไทยทางอากาศ เนื่องจากพบแร่โมนาไซต์อยู่ในหางแร่ในเหมืองดีบุกหลายแห่งและยังไม่มีการแยกแร่นี้มาใช้ประโยชน์



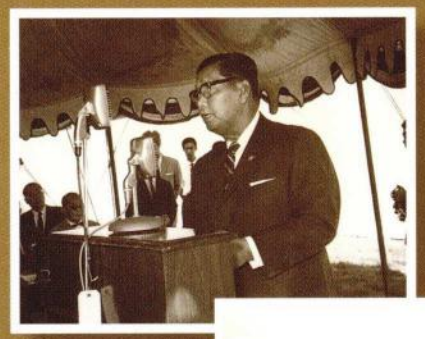
ในที่ประชุมสามัญสมัยที่ 4 ของไอเออีเอ ที่กรุงเวียนนา เมื่อเดือนกันยายน พ.ศ. 2504 ประเทศไทยได้รับเลือกให้เป็นหนึ่งในคณะกรรมการผู้ว่าการทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ และอยู่ในคณะกรรมการความช่วยเหลือทางวิชาการ (Technical Assistance Committee) ของคณะกรรมการผู้ว่าการฯ ด้วย

ในเดือนธันวาคม พ.ศ.2505 ประเทศไทยและไอเออีเอได้ร่วมกันเป็นเจ้าภาพจัดการประชุมกลุ่มศึกษาว่าด้วยการใช้ประโยชน์เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยสำหรับภูมิภาคเอเชียและตะวันออกไกล (IAEA Study Group Meeting Research Reactor Utilization) และเมื่อพลตรี พระเจ้าวรวงศ์เธอ กรมหมื่นนราธิปพงศ์ประพันธ์ รองนายกรัฐมนตรี ทรงเป็นประธานในพิธีเปิดอาคารปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่บางเขนในเดือนเดียวกันนั้น ดร. ซิกวาร์ด เอ็กคลุนด์ (Dr. Sigvard Eklund) ผู้อำนวยการไอเออีเอได้มากล่าวสุนทรพจน์เพื่อแสดงความยินดีกับฝ่ายไทยด้วย

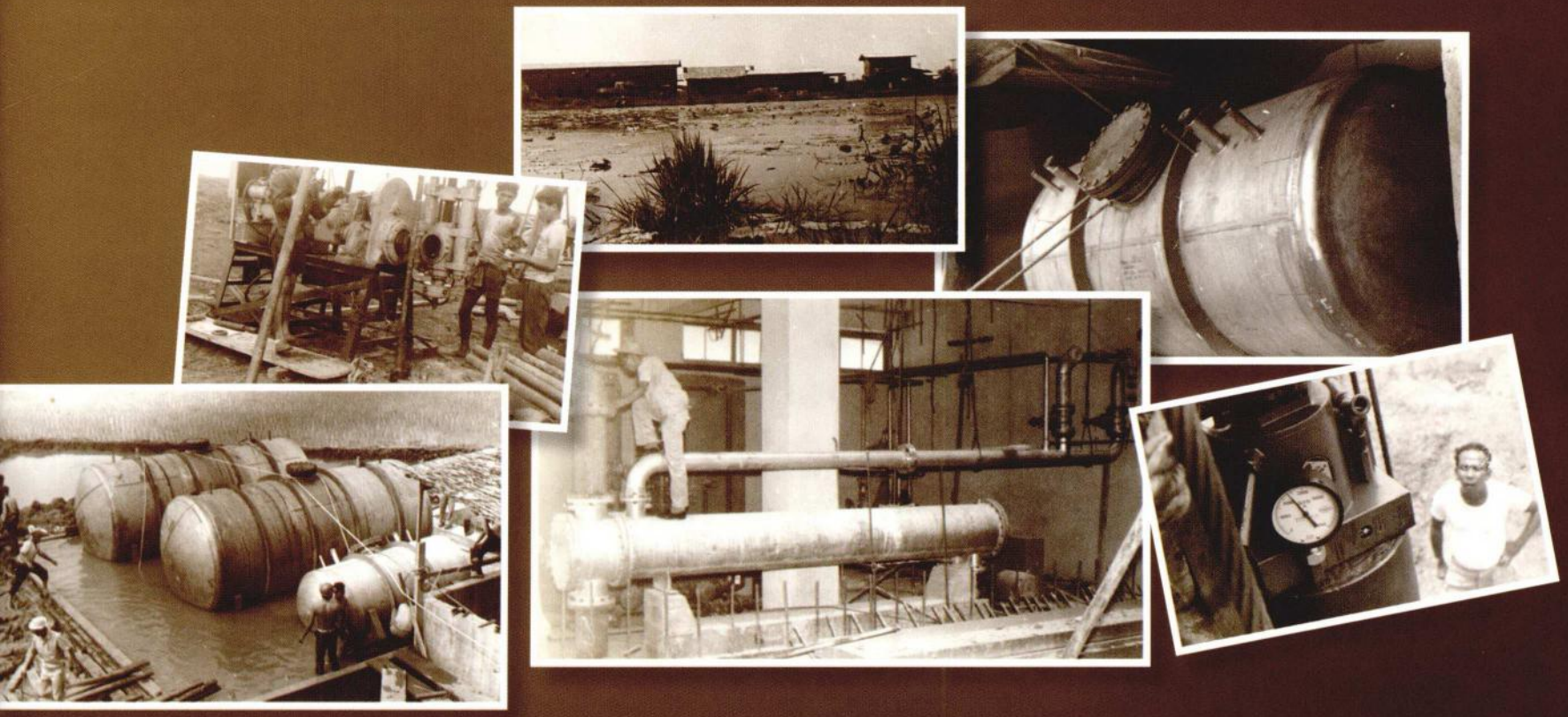
และในเดือนกันยายน พ.ศ.2507 รัฐบาลไทยก็ได้ลงนามในความตกลงไตรภาคีว่าด้วยวิธีการพิทักษ์ความปลอดภัย (Safeguards Transfer Agreement) กับไอเออีเอและรัฐบาลสหรัฐอเมริกา ซึ่งสำแดงรายการวัสดุนิวเคลียร์ (ยูเรเนียมและพลูโทเนียม) ที่ไทยได้รับจากสหรัฐอเมริกา เพื่อใช้ในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย

กล่าวได้ว่ารัฐบาลไทยในเวลานั้นมีความตื่นตัวในเรื่องการนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้ในประเทศ และได้ติดต่อร่วมมือกับทั้งสหรัฐอเมริกาและไอเออีเออย่างแข็งขัน

# ปฐมบทนิวเคลียร์ไทย



รัฐบาลไทยได้เตรียมการต่างๆ เพื่อวางรากฐานรองรับการพัฒนาที่จะเกิดขึ้นไว้อย่างเป็นขั้นเป็นตอน ใน พ.ศ.2501 รัฐบาลได้มอบหมายให้คณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ สั่งซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจากบริษัทเคอร์ทิสส์ไรท์ (Curtiss Wright Corporation) ซึ่งเสนอราคาตัวเครื่อง รวมทั้งการจัดส่งเจ้าหน้าที่มาบริการติดตั้ง คิดเป็นเงิน 469,460 ดอลลาร์อเมริกัน หรือคำนวณเป็นเงินไทยในเวลานั้นประมาณ 9.4 ล้านบาท เมื่อรวมกับตัวอาคารและอุปกรณ์ต่างๆ คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 14 ล้านบาท ในการนี้ทางรัฐบาลอเมริกาให้ความสนับสนุนแก่ประเทศไทยเป็นเงิน 350,000 ดอลลาร์อเมริกัน หรือประมาณ 7 ล้านบาท



# สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

ต่อมาในปี 2503 คณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้ว่าจ้างบริษัทประมวลก่อสร้าง ให้ทำการก่อสร้างอาคารเครื่องปฏิกรณ์ฯ ซึ่งเดิมมีแผนจะสร้างขึ้นในบริเวณจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แต่ต่อมาได้ย้ายไปสร้างในที่ดินของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์บนถนนศรีรับสุข ซึ่งตอนนั้นมีลักษณะเป็นทุ่งกว้างเรียกว่าทุ่งบางเขนแทน

หมุดหมายสำคัญในประวัติศาสตร์ของการนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาสู่ประเทศไทยคือการก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (Office of Atoms and Energy for Peace, OAEP) หรือเรียกในชื่อย่อว่า พ.ป.ส. ขึ้นเมื่อวันที่ 25 เมษายน 2504 เพื่อให้เป็นหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบ

*พระเจ้าวรวงศ์เธอ กรมหมื่นนราธิปพงศ์ประพันธ์ (ซ้าย) และเคนเนท ทอดด์ ยัง เอกอัครราชทูตสหรัฐอเมริกา (ขวา)*

**ภาพประดับหน้าอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 โดยศาสตราจารย์ แสงอรุณ รัตนกสิกร**

ภาพประดับหน้าอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 ทำจากกระเบื้องเคลือบดินเผาแทรกด้วยกระจกสีแบบที่ใช้บนหน้าบันตามโบสถ์วิหาร แบ่งเป็นภาพต่างๆ แปดชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด 2x5 เมตร เป็นความพยายามใช้ศิลปะเพื่อสื่อให้ประชาชนเกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในเรื่องของพลังงานนิวเคลียร์ ทั้งในแง่วิวัฒนาการแห่งการใช้พลังงาน แง่วิชาการที่แสดงให้เห็นว่าพลังงานนิวเคลียร์เป็นสิ่งที่จับต้องและรู้สึกไม่ได้ด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ จำเป็นต้องมีเครื่องจักรกลต่างๆ เป็นสื่อกลางระหว่างมนุษย์กับต้นกำเนิดพลังงาน และในแง่ศีลธรรมจรรยา ท่านได้ใช้ดอกบัวอันเป็นสัญลักษณ์ของศาสนาเป็นเครื่องเตือนว่า การใช้พลังงานอันมีอำนาจมหาศาลนี้จำเป็นต้องได้รับการควบคุมให้อยู่ภายในกรอบของมนุษยธรรมและมีจุดมุ่งประสงค์เพื่อประโยชน์สุขทางสันติของมนุษย์และมวลสัตว์โลกทั้งหลายเท่านั้น

**2497 (1954)**

*รัฐบาลไทยจัดตั้ง "คณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู"*

**2499 (1956)**

*จัดตั้งคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัดสำนักนายกรัฐมนตรี*

เกี่ยวกับกิจการพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศโดยตรง และเพื่อให้สอดรับกับการดำเนินนโยบายการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อสันติในระดับสากล อันนับว่าเป็นเรื่องสำคัญและเป็นเรื่องใหม่ในเวลานั้น

สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติมีที่ทำการอยู่ในบริเวณเดียวกับอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยที่บางเขน นอกจากจะเป็นหลักในการประสานความร่วมมือกับหน่วยงานเกี่ยวกับพลังงานนิวเคลียร์ในระดับสากลแล้ว ยังมีภารกิจสำคัญคือการวางมาตรการและปฏิบัติการต่างๆ เพื่อควบคุมดูแลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ การเก็บรักษาวัสดุกัมมันตรังสีและการจัดการกากกัมมันตรังสี การกำหนดเกณฑ์ปริมาณรังสีที่ประชาชนและผู้ปฏิบัติงานทางรังสีสามารถรับได้ และการเสนอแนะเกณฑ์ปริมาณรังสีและกัมมันตภาพรังสีสูงสุดในสิ่งอุปโภคบริโภค ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยแก่ผู้ใช้และประชาชน

**2501 (1958)**

*ไทยสั่งซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยจากเคอร์ทิสส์ไรต์*

**2502 (1959)**

*คณะผู้แทนของไอเออีเอชุดแรกเดินทางมาไทยเพื่อให้ความช่วยเหลือด้านวิชาการ*

ผู้ที่ดำรงตำแหน่งเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติคนแรกคือ พล.อ.จ. ดร. สวัสดิ์ ศรีศุข ในระยะเริ่มแรก สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติอยู่ภายใต้การกำกับของสำนักนายกรัฐมนตรี โครงสร้างหลักๆ ของสำนักงานพลังงานปรมาณูแห่งชาติในเวลานั้นประกอบด้วย

1. ส่วนควบคุมอันตรายจากการแผ่รังสี แบ่งเป็น 3 กอง คือ กองสุขภาพ กองขจัดกากกัมมันตภาพรังสี และกองการวัดกัมมันตภาพรังสี

2. ส่วนเครื่องปฏิกรณ์ฯ แบ่งเป็น 3 กอง คือ กองปฏิกรณ์ปฏิบัติ กองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และกองผลิตไอโซโทป

3. ส่วนการวิจัย แบ่งเป็น 3 กอง คือ กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กองฟิสิกส์ และกองเคมี

จนถึง พ.ศ. 2506 พ.ป.ส. จึงเปลี่ยนไปสังกัดกับกระทรวงพัฒนาการแห่งชาติ ก่อนจะเปลี่ยนไปสังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม ใน พ.ศ. 2515 และกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน (ชื่อขณะนั้น) ใน พ.ศ. 2522 จนเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม พ.ศ. 2545 ได้มีพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 กำหนดให้สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเปลี่ยนชื่อเป็น "สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ" (Office of Atoms for Peace, OAP) ขึ้นตรงต่อกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

*พล.อ.จ. ดร. สวัสดิ์ ศรีศุข*
*เลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติคนแรก*
*(พ.ศ. 2504-2518)*

**2503 (1960)**

*ครม. อนุมัติการก่อสร้างอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่ ม. เกษตรศาสตร์*

**รายนามคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ**
**(แต่งตั้งโดยมติคณะรัฐมนตรีเมื่อ พ.ศ. 2504)**

1. พล.อ.ท. มุนี มหาสันทนะ เวชยันต์รังสฤษฎ์ (ประธานกรรมการ)
2. ศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ
3. นายเพ็ง โสมนะพันธุ์
4. ศาสตราจารย์ นายแพทย์อำนวย เสมรสุต
5. พล.ร.ต. สมพันธุ์ บุนนาค ร.น.
6. นายอรุณ สรเทศน์
7. นายประดิษฐ์ เชี่ยวสกุล
8. นายปุ้ย โรจนบุรานนท์
9. นายเสกล บุณยัษฐิติ
10. นายจำลอง ทะรินสุต
11. นายประพฤทธิ์ ณ นคร

**2504 (1961)**

*ก่อตั้งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ สังกัดสำนักนายกฯ*

*ดร. สวัสดิ์ ศรีศุข (ซ้าย) นายพจน์ สารสิน (กลาง) และเคนเนท ยัง (ขวา)*

**สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ**

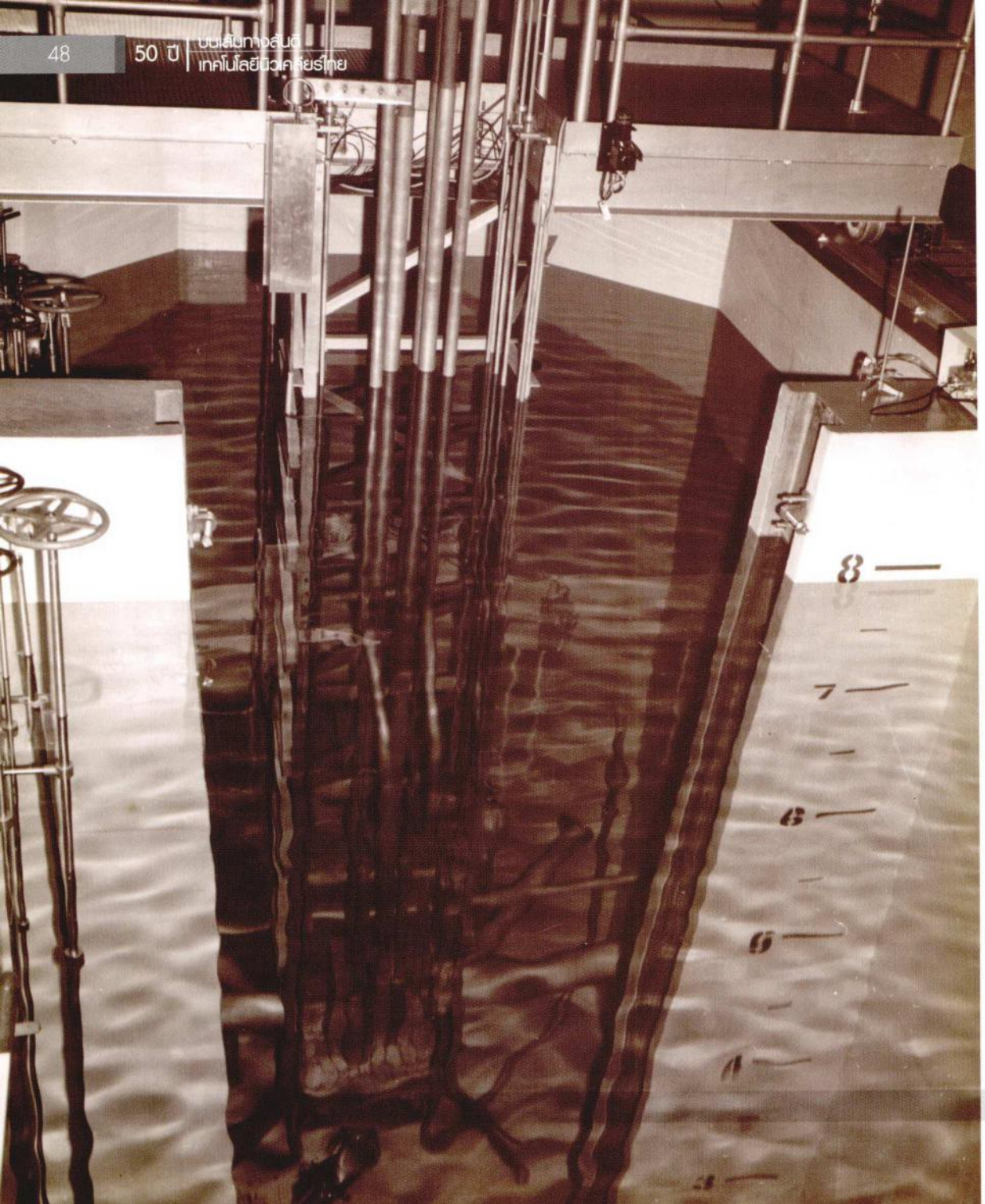
การเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างและอำนาจหน้าที่ครั้งสำคัญเกิดขึ้นเมื่อวันที่ 21 เมษายน 2549 ตามพระราชกฤษฎีกาจัดตั้งสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) พ.ศ. 2549 ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องตามหลักการของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศที่ให้แยกหน่วยงานที่ดูแลด้านนโยบายและความปลอดภัยออกจากหน่วยงานที่รับผิดชอบการวิจัยและพัฒนาการใช้ประโยชน์และการให้บริการทางเทคโนโลยีนิวเคลียร์ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติที่แยกตัวออกมาจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันตินี้อยู่ในกำกับของกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และมี ผศ. ดร. สมพร จองคำ เป็นผู้อำนวยการสถาบันคนแรก

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติรับผิดชอบดำเนินการด้านการวิจัย พัฒนา บริการและเผยแพร่การใช้ประโยชน์จากเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ทั้งด้านเกษตร อุตสาหกรรม การแพทย์และสิ่งแวดล้อม ทำหน้าที่บริหารจัดการการเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์และอุปกรณ์นิวเคลียร์และมีศูนย์ที่ให้บริการด้านรังสีและนิวเคลียร์แก่หน่วยงานภายนอกและเอกชน 5 ศูนย์ คือ ศูนย์บริการเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ศูนย์ไอโซโทปรังสี ศูนย์ฉายรังสี ศูนย์ฉายรังสีอัญมณี และศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี

ส่วนสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติทำหน้าที่กำกับดูแลการใช้พลังงานนิวเคลียร์ภายในประเทศให้เป็นไปอย่างถูกต้อง และเกิดความปลอดภัยสูงสุด ทั้งกับตัวผู้ใช้และประชาชนทั่วไป ออกใบอนุญาตการครอบครองวัสดุนิวเคลียร์และวัสดุที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ให้กับผู้ใช้วัสดุนิวเคลียร์ รวมถึงการส่งเจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจสอบการปฏิบัติงานของผู้ได้รับอนุญาตอยู่เสมอ นอกจากนี้ ยังมีการจัดตั้งข่ายงานเตือนภัยทางรังสีขึ้น โดยการติดตั้งชุดเครื่องวัดรังสีแกมมาเพื่อตรวจวัดรังสีในอากาศในทุกภาคของประเทศ เก็บตัวอย่างฝุ่นกัมมันตรังสี อากาศ ดิน น้ำ และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ทั่วประเทศเป็นประจำ เพื่อตรวจวัดรังสีที่ปนเปื้อนในธรรมชาติ และยังเป็นการเฝ้าระวังเหตุฉุกเฉินทางรังสีที่อาจเกิดอีกทางหนึ่งด้วย

**2505 (1962)**

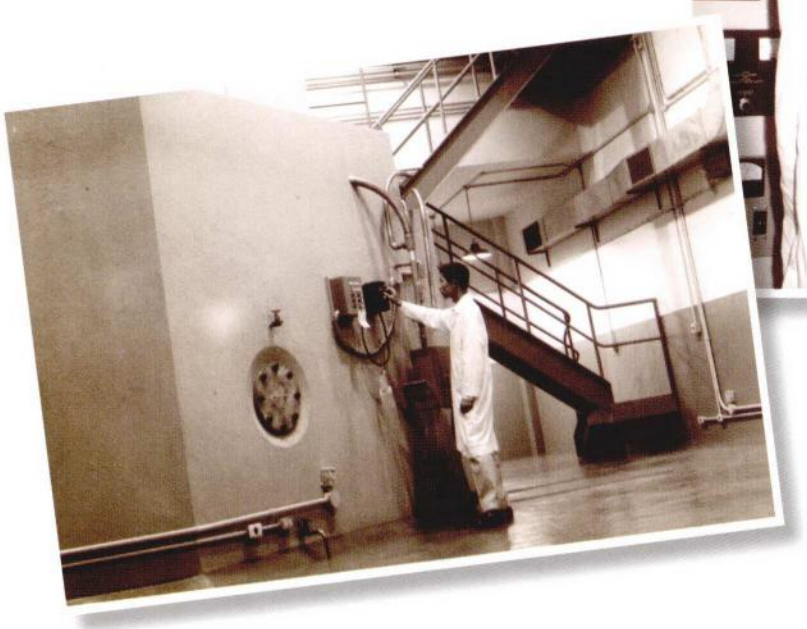
- *การก่อสร้างอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้วเสร็จ*
- *เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย 1 บรรลุสภาวะวิกฤต*
- *ไทยทำสัญญาเช่าซื้อวัสดุนิวเคลียร์*
- *นิทรรศการ "งานของปรมาณู"*



## เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรก

การก่อสร้างอาคารเพื่อรองรับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยแล้วเสร็จในปี พ.ศ.2505 อาคารนี้เป็นอาคารกักอากาศ สามารถป้องกันการฟุ้งกระจายของฝุ่นกัมมันตรังสี ซึ่งอาจเกิดจากเครื่องปฏิกรณ์หรือการทดลองต่างๆ โดยเหตุที่เครื่องปฏิกรณ์ฯ ได้รับการออกแบบให้แกนของเครื่องแช่อยู่ในน้ำ (swimming-pool หรือ pool-type reactor) นอกจากตัวอาคารด้วย จึงต้องมีการสร้างบ่อน้ำด้วย

บ่อน้ำดังกล่าวมีความยาว 12.5 เมตร กว้าง 6.5 เมตร ลึก 8.5 เมตร บรรจุน้ำได้ 245 ตัน วางอยู่บนเสาคอนกรีต 69 ต้น กำแพงบ่อหนา 2 ชั้น พื้นบ่อเป็นคอนกรีตหนา 93 เซนติเมตร ภายในทาด้วยสีซึ่งสามารถทนรังสีแรงสูงได้ ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแผ่รังสีจากแกนปฏิกรณ์ฯ น้ำยังช่วยควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป และทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงนิวตรอนช่วยให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างพอเหมาะ



**2506 (1963)**

*พ.ป.ส. อยู่ในสังกัดกระทรวงพัฒนาการแห่งชาติ*

**2509 (1966)**

*พ.ป.ส. ก่อสร้างโรงงานขจัดกากของเหลวกัมมันตรังสี*

ในขณะเดียวกัน สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ก็ได้ทำสัญญาเช่าซื้อวัสดุนิวเคลียร์พิเศษกับคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณูสหรัฐอเมริกา สองครั้ง ครั้งแรกในเดือนมกราคม พ.ศ.2505 เพื่อเช่าซื้อยูเรเนียม-235 ความเข้มข้นร้อยละ 90 น้ำหนักรวม 5.35 กิโลกรัม สำหรับใช้ทำแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และครั้งที่สองในเดือนกรกฎาคม ปีเดียวกัน เพื่อเช่าซื้อพลูโตเนียม 18 กรัมและยูเรเนียม-235 น้ำหนักรวม 3.68 กรัม สำหรับใช้ในห้องปฏิกิริยาฟิชชัน (fission chamber)

จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ นายกรัฐมนตรีในเวลานั้น (2502-2506) ได้ทำพิธีวางศิลาฤกษ์อาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูเมื่อวันที่ 9 เมษายน พ.ศ.2505 ส่วนพิธีเปิดอาคารนั้นมีขึ้นเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม ซึ่งเป็นเวลาเกือบสองเดือนภายหลังจากที่เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูบรรลุสภาวะวิกฤตเป็นครั้งแรก

**2511 (1968)**

*พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เสด็จ พ.ป.ส.*

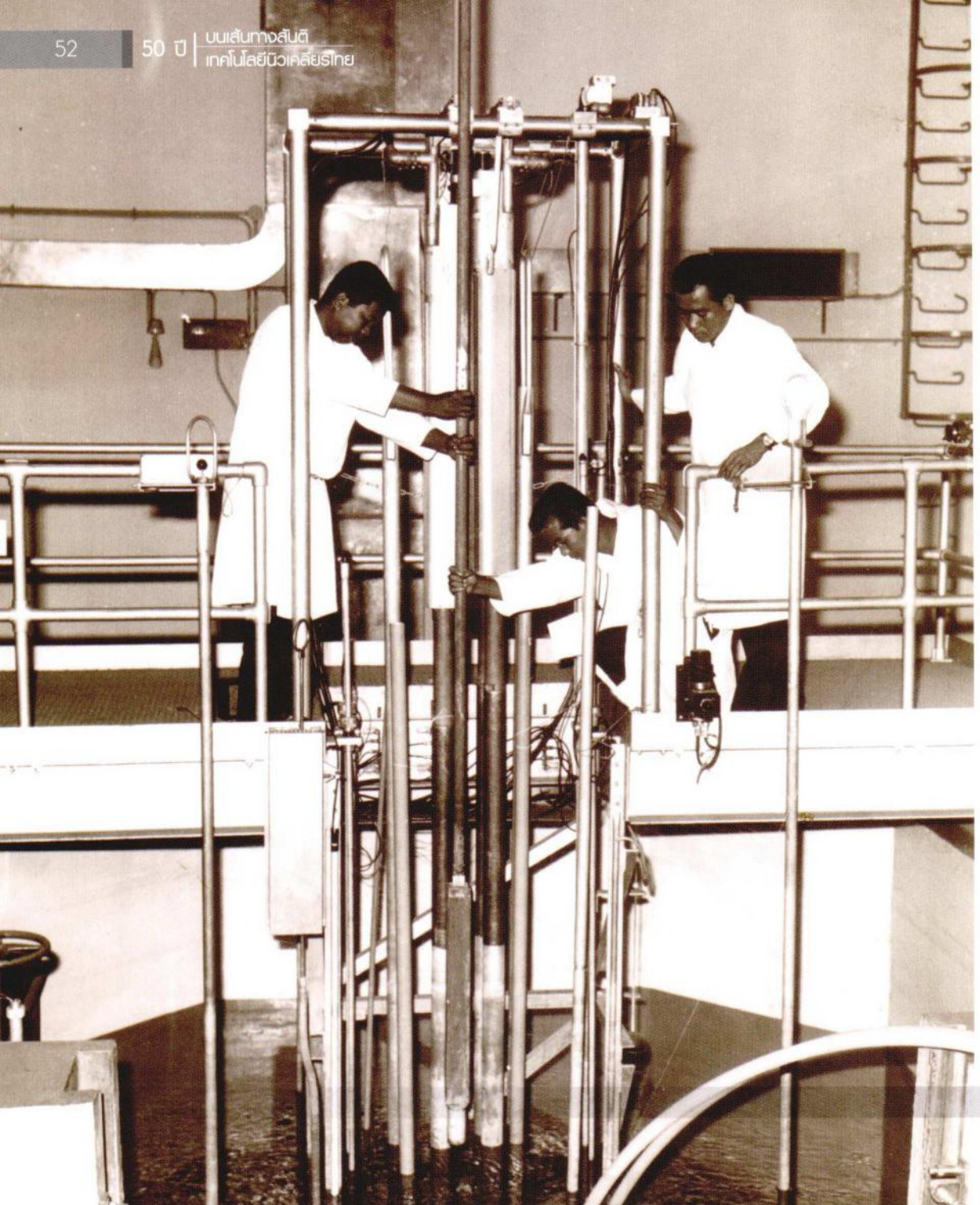
**ความบางตอนจากสุนทรพจน์ ในพิธีวางศิลาฤกษ์อาคารเครื่องปฏิกรณ์วิจัย-1 ของจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ นายกรัฐมนตรี วันจันทร์ที่ 9 เมษายน 2505**

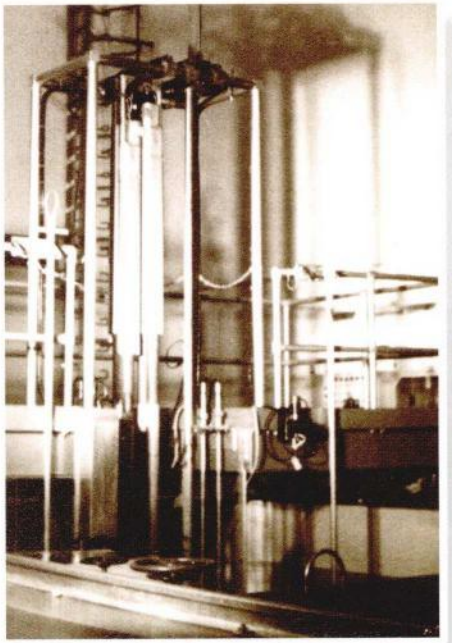
"...ข้าพเจ้ามีความยินดีอย่างยิ่ง ที่ได้มาประกอบพิธีวางศิลาฤกษ์อาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 อันเป็นอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแห่งแรกของประเทศไทยในวันนี้ พลังงานปรมาณูมีประโยชน์อย่างมหาศาลเพียงใด ข้าพเจ้าเชื่อว่าคงจะเป็นที่ทราบกันดีแล้ว มีปราชญ์ท่านหนึ่งกล่าวไว้อย่างคมคายว่า ความเจริญก้าวหน้าของมนุษยชาติ ในสมัยที่โคลัมบัสค้นพบทวีปอเมริกานั้น หากจะเปรียบเทียบเป็นความเร็ว ก็มีความเร็วเทียบได้เพียงเท่ากับเรือใบ แต่ครั้นตกมาในสมัยนี้ โลกมีความก้าวหน้าไปยิ่งกว่าเครื่องบินไอพ่นเสียอีก...

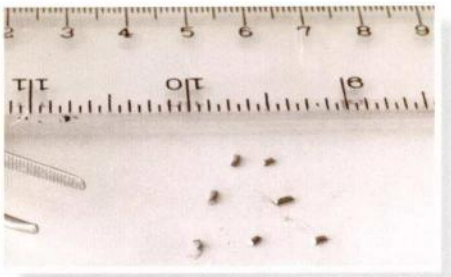
...สาเหตุที่ทำให้ความเจริญก้าวหน้าของมนุษยชาติต้องเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วเช่นนี้ ก็เนื่องมาจากการที่มนุษย์เรารู้จักนำเอาพลังงานปรมาณูมาใช้กันนั่นเอง อาจมีผู้คิดว่า เจตนาของรัฐบาลในการพยายามติดตามความก้าวหน้าในวิทยาการด้านปรมาณูนี้ จะเป็นการอาจหาญจนเกินไป ในเมื่อเรายังไม่มีผู้รู้ในทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์อย่างเพียงพอ ในเรื่องนี้ ข้าพเจ้าใคร่ขี้แจงว่าทางรัฐบาลก็ได้คิดกันอยู่เป็นอย่างมาก เพราะในการติดตั้งเครื่องปรมาณูนั้น จำต้องใช้เงินงบประมาณอยู่มิใช่น้อย และเราก็ยังมีงานด้านอื่นๆ ที่จะต้องใช้เงินอยู่อีกเป็นอันมาก แต่ในที่สุดเมื่อได้เล็งเห็นความสำคัญดังที่ข้าพเจ้าได้กล่าวมา ประกอบกับทางสหรัฐอเมริกา และทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ได้แสดงเจตจำนงจะให้ความช่วยเหลือในทางวิชาการและในด้านการเงินด้วยแล้ว รัฐบาลจึงได้ตัดสินใจกระทำลงไป ซึ่งท่านผู้มีเกียรติทั้งหลายจะเห็นแล้วว่า แม้รัฐบาลนี้จะมีความรักและสนใจในความก้าวหน้าทางวิชาการ และงานทางเทคนิคมากเพียงใด แต่เราก็มิได้รีบกระทำลงไป โดยที่ไม่ได้พิจารณาให้รอบคอบเสียก่อน ข้าพเจ้าคิดว่าเจตนาของรัฐบาลในเรื่องนี้ คงจะเป็นผลดีแก่ชาติบ้านเมืองในภายหน้าอยู่มิใช่น้อย..."

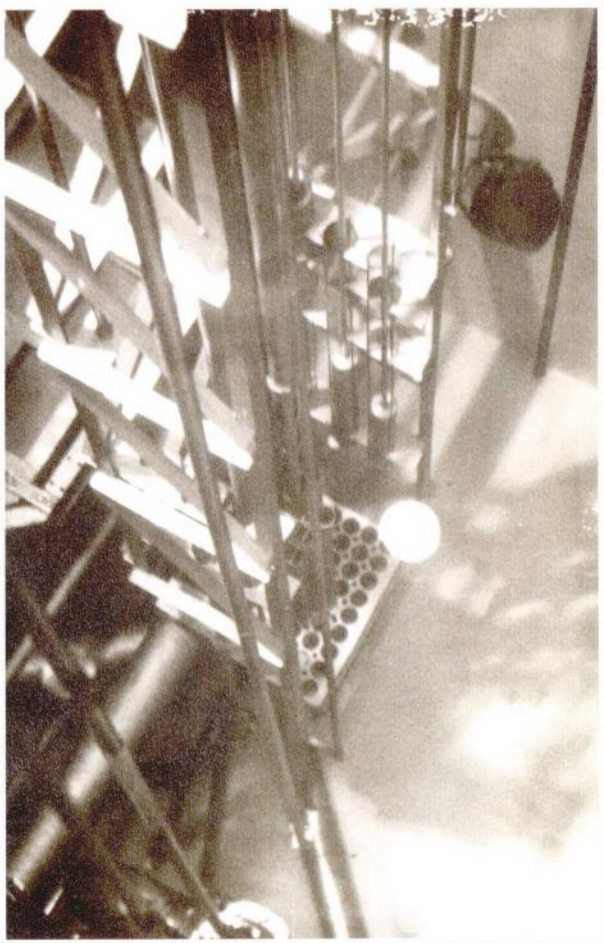
**2514 (1971)**

*พ.ป.ส. ก่อสร้างอาคารต้นกำเนิดรังสีแกมมาและติดตั้งเครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60*









# เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หรือเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู บางครั้งเรียกเตาปฏิกรณ์ปรมาณู (atomic furnace) เป็นอุปกรณ์ในการสร้างปฏิกิริยาลูกโซ่ ซึ่งจะมีการแบ่งแยกนิวเคลียสเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและสามารถควบคุมได้ แบ่งเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย (research reactor) ซึ่งเป็นเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่มุ่งนำรังสีที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ ส่วนความร้อนที่ได้ในชั้นแรกจะถูกส่งไปยังอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและลดอุณหภูมิลงด้วยระบบน้ำเย็น ก่อนจะถ่ายเทความร้อนที่เหลือสู่บรรยากาศต่อไป อีกประเภทหนึ่งคือเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง (power reactor) มุ่งใช้ประโยชน์จากความร้อนที่เกิดขึ้น โดยนำพลังงานความร้อนนั้นไปให้กำเนิดกำลังไฟฟ้า มีขนาดที่ใหญ่กว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยมาก เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ทั่วไปมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ แกนปฏิกรณ์ (reactor core) แท่งเชื้อเพลิง (fuel element) ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator) ตัวสะท้อนนิวตรอน (reflector) สิ่งกำบังรังสี (shield) สารทำความเย็น (coolant) และอุปกรณ์กลควบคุมปฏิกิริยา (control mechanism)

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่รัฐบาลไทยสั่งซื้อจากบริษัทเคอร์ทิสส์ไรท์ขนาด 1,000 กิโลวัตต์ (ความร้อน) หรือ 1 เมกะวัตต์ (ความร้อน) มีชื่อเรียกเป็นทางการว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 หรือเรียกย่อๆ ว่า ปปว.-1 (Thai Research Reactor-1, TRR-1) นับเป็นเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรกของเอเชียอาคเนย์

**2515 (1972)**

*สังกัดกระทรวงอุตสาหกรรม*

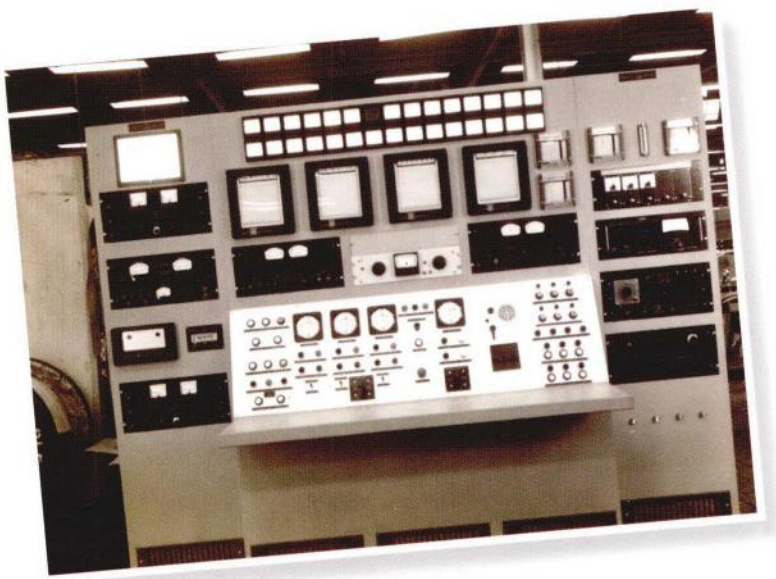
**2518 (1975)**

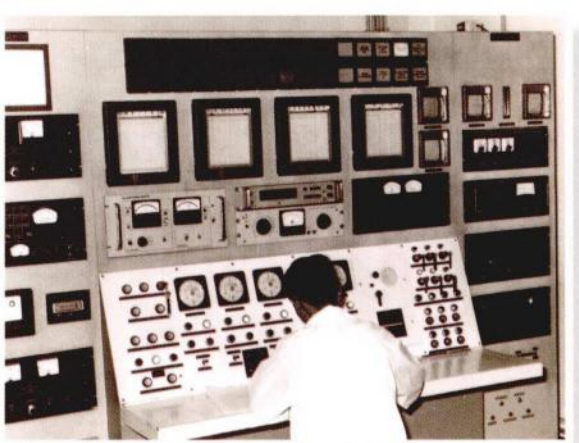
*สั่งซื้อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูใหม่จากเจเนอรัลอะตอมมิก*

ปปว.-1 ใช้ยูเรเนียมที่มีส่วนผสมของยูเรเนียม-235 ร้อยละ 90 เป็นเชื้อเพลิง มีลักษณะเป็นแผ่นแบนโค้งประกอบกันเป็นชุดเรียกว่า แท่งเชื้อเพลิง (fuel element) ใช้น้ำบริสุทธิ์ (de-mineralized water) เป็นตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator) และระบายความร้อน (coolant)

ปปว.-1 ทำงานโดยอาศัยหลักการของปฏิกิริยาฟิชชัน (fission) ซึ่งเกิดจากการใช้นิวตรอนกระแทกอะตอมยูเรเนียม-235 ให้แตกออก ในกระบวนการนี้จะมีนิวตรอน 2-3 อนุภาคหลุดออกมาด้วย และทำให้อะตอมอื่นของยูเรเนียม-235 แบ่งแยกอย่างต่อเนื่องเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) พร้อมทั้งปลดปล่อยพลังงานมหาศาลออกมาในรูปของรังสีและความร้อน อนุภาคนิวตรอนที่เกิดขึ้นขณะอะตอมแบ่งแยกจะมีความเร็ว 18,000,000 เมตรต่อวินาที ฉะนั้นจึงต้องลดความเร็วลงให้เหลือเพียง 2,200 เมตรต่อวินาที เพื่อให้นิวตรอนสามารถทำปฏิกิริยากับอะตอมอื่นๆ ของยูเรเนียม-235 ต่อไปได้ แท่งเชื้อเพลิงของ ปปว.-1 จึงได้รับการออกแบบให้แช่อยู่ในบ่อบรรจุน้ำบริสุทธิ์ซึ่งจะช่วยหน่วงให้นิวตรอนที่วิ่งไปมาลดความเร็วลงได้ ขณะเครื่องปฏิกรณ์ฯ กำลังทำงานจะเปล่งแสงสีม่วงซึ่งเรียกว่ารังสีเชอเรนคอฟ (Cerenkov radiation) ออกมา เนื่องจากอิเล็กตรอนที่เคลื่อนผ่านน้ำในบ่อมีความเร็วสูงกว่าความเร็วแสง

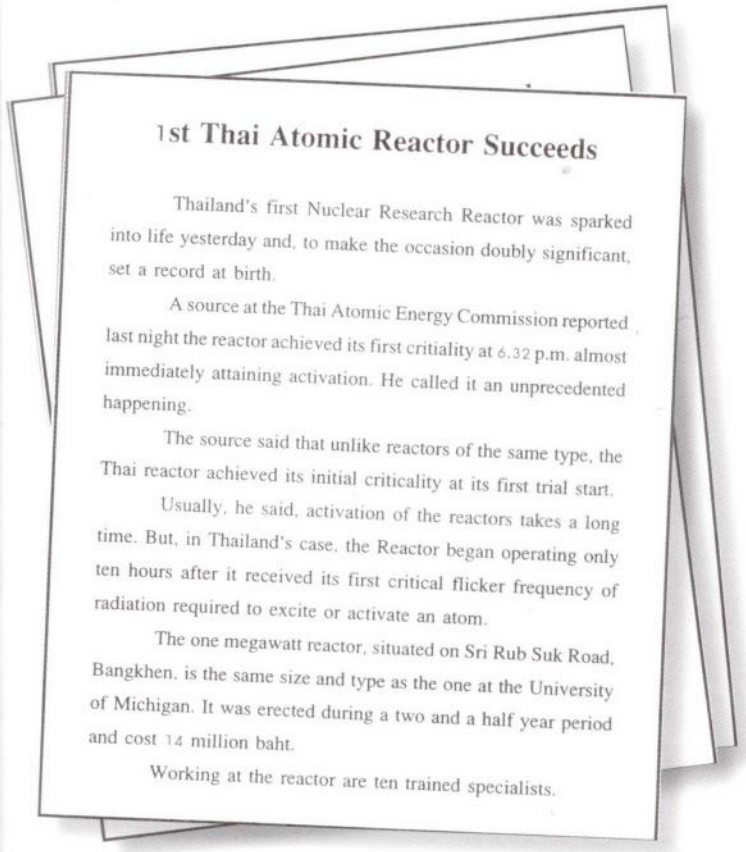
การควบคุมเครื่องปฏิกรณ์ฯ ทำได้โดยใช้แท่งควบคุมสี่แท่ง ในจำนวนนี้เป็นแท่งความปลอดภัย (safety rod) ทำด้วยเหล็กกล้ากันสนิมผสมโลหะโบรอนสามแท่ง อีกแท่งหนึ่งเป็นแท่งปรับระดับกำลัง (regulating rod) ทำด้วยเหล็กกล้ากันสนิม แท่งควบคุมเหล่านี้เคลื่อนขึ้นลงในระหว่างแถวของแท่งเชื้อเพลิงได้ และจะดูดนิวตรอนจากในเครื่องปฏิกรณ์ฯ เพื่อปรับระดับจำนวนนิวตรอนให้ได้ตามต้องการ ระบบความปลอดภัยของเครื่องปฏิกรณ์ฯ ถูกสร้างให้มีความไวต่อการเพิ่มนิวตรอนซึ่งเกิดขึ้นได้รวดเร็วมาก สามารถป้องกันได้โดยการหย่อนแท่งควบคุมลงไปทันที





**2520 (1977)**

- *ก่อสร้างอาคารวิจัยและพัฒนาวัสดุนิวเคลียร์*
- *เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว.-1/1 บรรลุสภาวะวิกฤต*



1st Thai Atomic Reactor Succeeds

Thailand's first Nuclear Research Reactor was sparked into life yesterday and, to make the occasion doubly significant, set a record at birth.

A source at the Thai Atomic Energy Commission reported last night the reactor achieved its first critiality at 6.32 p.m. almost immediately attaining activation. He called it an unprecedented happening.

The source said that unlike reactors of the same type, the Thai reactor achieved its initial criticality at its first trial start.

Usually, he said, activation of the reactors takes a long time. But, in Thailand's case, the Reactor began operating only ten hours after it received its first critical flicker frequency of radiation required to excite or activate an atom.

The one megawatt reactor, situated on Sri Rub Suk Road, Bangkhen, is the same size and type as the one at the University of Michigan. It was erected during a two and a half year period and cost 14 million baht.

Working at the reactor are ten trained specialists.

*หนังสือพิมพ์ลงข่าวความสำเร็จในการเดินเครื่อง ปปว.-1*

# นาทีประวัติศาสตร์

ผู้ที่ได้รับมอบหมายหน้าที่ควบคุมการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 ได้แก่ นาวาโท ไกรวุฒิ สุขกิจบำรุง นาวาอากาศตรี หม่อมราชวงศ์ โสภาคย์พงศ์ เกษมสันต์ นาวาอากาศตรี ปุณมี ปุณศรี นายวงศักดิ์ มาลัยพันธ์ และนายวิชัย หโยดม สามท่านแรกเป็นวิศวกรนิวเคลียร์จากกองทัพเรือและกองทัพอากาศ ส่วนอีกสองท่านเป็นอาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทั้งห้าท่านได้รับการฝึกอบรมภายใต้โครงการความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทยและสหรัฐอเมริกา เพื่อรับผิดชอบภารกิจในการเดินเครื่อง ปปว.-1 โดยเฉพาะ ตั้งแต่การคำนวณ การใส่แท่งเชื้อเพลิงยูเรเนียม การวัดระดับรังสี และการดูแลควบคุมความปลอดภัย จนกระทั่งสามารถบรรลุสภาวะวิกฤต

วันที่ 27 ตุลาคม พ.ศ.2505 ณ ห้องปฏิบัติการในอาคารเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่บางเขน ทีมงานเริ่มปฏิบัติการบรรจุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แท่งแรกเมื่อเวลาประมาณ 10 น. โดยค่อยๆ หย่อนแท่งเชื้อเพลิงลงไปในเตาปฏิกรณ์ฯ ทีละแท่งๆ ระหว่างที่ใส่เชื้อเพลิงแต่ละแท่งนี้ ความร้อนจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทีมงานจึงต้องคอยใช้แท่งควบคุมปฏิกิริยาสอดเข้าไปในระหว่างแท่งเชื้อเพลิงเพื่อควบคุมนิวตรอนให้อยู่ในระดับที่ต้องการ เมื่อปรับจำนวนนิวตรอนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมได้แล้ว จึงยกแท่งควบคุมออก ซึ่งเป็นจังหวะที่รังสีจะแผ่กระจายออกมา ทีมงานจึงต้องทำงานอย่างระมัดระวัง เมื่อบรรจุเชื้อเพลิงเข้าไปหนึ่งแท่ง จะต้องหยุดตรวจสอบกันทีหนึ่ง แล้วจึงค่อยบรรจุแท่งเชื้อเพลิงแท่งใหม่ลงไป โดยมีจำนวนแท่งเชื้อเพลิงที่จะต้องบรรจุทั้งหมด 14 แท่ง

ปรากฏว่าเมื่อถึงเวลาเที่ยงเศษๆ ทางทีมงานเพิ่งบรรจุแท่งเชื้อเพลิงได้เพียง 8 แท่ง จึงต้องหยุดพักรับประทานอาหาร และเริ่มบรรจุกันใหม่ในตอนบ่าย ยิ่งบรรจุแท่งเชื้อเพลิงในแกนปฏิกรณ์เพิ่มขึ้น ยิ่งต้องใช้ความระมัดระวังกันยิ่งขึ้น เพราะไม่ทราบว่าจะถึงสภาวะวิกฤตเมื่อใด หลังจากบรรจุเชื้อเพลิงแท่งที่ 13 เรียบร้อย เครื่องมือก็เตือนว่าใกล้จะถึงสภาวะวิกฤตเต็มทีแล้ว ฝ่ายควบคุมการเดินเครื่อง

*มล. อนงค์ นิลอุบล ผู้อำนวยการกองเคมีเมื่อแรกตั้ง พ.ป.ส.*

จึงตัดสินใจใช้แท่งเชื้อเพลิงเพียงครึ่งจำนวนของแท่งที่เต็มบรรจุเป็นแท่งต่อไป และ ณ เวลา 18.32 นาฬิกา เครื่อง ปปว.-1 ก็บรรลุสภาวะวิกฤต รวมน้ำหนักของยูเรเนียม-235 ที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง 2.7 กิโลกรัม และใช้เวลาเพียงแปดชั่วโมงครึ่งในการเดินเครื่องเข้าสู่สภาวะวิกฤต

แสงเรืองรองสีฟ้าอมม่วงส่องประกายอยู่โดยรอบเครื่อง ปปว.-1 เสมือนดั่งเป็นการประกาศชัยชนะของนักวิทยาศาสตร์ไทยที่สามารถเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูจนบรรลุสภาวะวิกฤตได้สำเร็จในการปฏิบัติการครั้งแรกเลยทีเดียว ยิ่งไปกว่านั้น ประเทศไทยยังเป็นประเทศแรกในบรรดาประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่ประสบความสำเร็จในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูอีกด้วย นับเป็นความตื่นเต้นและความภาคภูมิใจของนักวิทยาศาสตร์ไทยและคนไทยทั้งประเทศโดยแท้

*นายวิชัย หโยดม (ซ้าย)*

นายวิชัย หโยดม ได้บันทึกความทรงจำเกี่ยวกับการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูไว้ในเอกสารฉบับเดียวกันว่า *"ผมได้ร่วมไปดูการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูที่ไต้หวัน ปรากฏว่าในการติดเครื่องครั้งแรกนั้น เขาใช้เวลาถึง 2 วัน (มีการพักให้คนได้นอนด้วย มิได้ทำงาน 48 ชั่วโมง) ที่ช้ามากเพราะเขาเริ่มทดลองจากการใช้แท่งเชื้อเพลิงเพียง 1 แท่ง ของไทยเรานั้นเริ่มทดลองเช้าพอบ่ายแก่ๆ ก็ติดเครื่องได้แล้ว การติดเครื่องครั้งแรกสำเร็จนี้ดูเป็นเรื่องสำคัญต้องมีการดื่ม (เหล้า) ฉลอง ไม่ว่าไต้หวันหรือไทย"* (เอกสาร 30 ปี พ.ป.ส. ปีที่พิมพ์ 2535)

ส่วนหม่อมหลวงอนงค์ นิลอุบล อดีตผู้อำนวยการกองเคมี ซึ่งเป็นผู้สังเกตการณ์และคอยเอาใจช่วยทีมควบคุมการเดินเครื่องรำลึกถึงความสำเร็จในการเดินเครื่อง ปปว.-1 ว่า *"...เหตุการณ์ครั้งนั้นนับเป็นประวัติศาสตร์ของวงการวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ขณะนั้น พลอากาศจัตวา สวัสดิ์ ศรีศุข เป็นเลขาธิการ ดีใจมากรีบโทรศัพท์ไปรายงานพลอากาศโท พระเวชยันตรังสฤษฏ์ ประธานคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติทันที..."* (เอกสาร 30 ปี พปส. ปีที่พิมพ์ 2535)

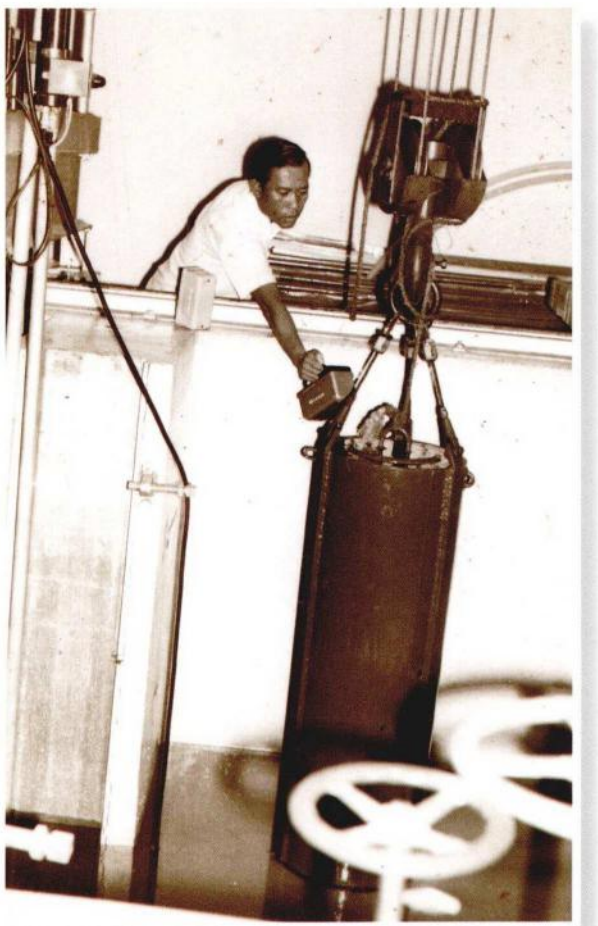
การเดินเครื่อง ปปว.-1 นั้น ในระยะแรกจะเริ่มเดินเครื่องในระดับต่ำกว่า 100 วัตต์ก่อน เพื่อตรวจสอบเครื่องมือและทดสอบค่าตัวเลขต่างๆ ว่าถูกต้องตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ ต่อมาเมื่อทุกอย่างเรียบร้อยดีและเจ้าหน้าที่คุ้นเคยกับการเดินเครื่องและการใช้ประโยชน์จากเครื่องแล้ว จึงเพิ่มกำลังเครื่องให้สูงขึ้นจนเต็มกำลังของเครื่องคือ 1,000 กิโลวัตต์เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2506

# ยกเครื่องเครื่องปฏิกรณ์ฯ

หลังจากที่ ปปว.-1 ปฏิบัติภารกิจมาได้เป็นเวลา 12 ปี 8 เดือน ทางทบวงการพลังปรมาณูระหว่างประเทศเห็นว่าเครื่องปฏิกรณ์ ปปว.-1 ใช้ยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นถึงร้อยละ 90 (high enrichment) ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่เสี่ยงต่อการถูกลักลอบนำไปใช้ผลิตอาวุธนิวเคลียร์ ในขณะที่เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยนั้นไม่มีความจำเป็นต้องใช้ยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นขนาดนี้ ประกอบกับเป็นเครื่องรุ่นนี้เป็นชนิดที่ไม่มีอะไหล่สำรองเพราะบริษัทผู้ผลิตได้เลิกกิจการไปแล้ว จึงเสนอให้ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติพิจารณาเปลี่ยนเครื่องปฏิกรณ์ฯ เสียใหม่

เหตุผลสำคัญอีกประการหนึ่งคือ ก่อนหน้านั้น นายวิทิต เกษคุปต์ ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญประจำกองสุขภาพได้ทำการวัดระดับรังสีแท่งเชื้อเพลิงพบว่ามีแก๊สที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (fission product) เพิ่มสูงขึ้น โดยปกติแก๊สซึ่งมีกัมมันตรังสีนี้จะสลายเป็นของแข็งละลายอยู่ในบ่อน้ำ และมีบางส่วนลอยขึ้นสู่ผิวน้ำ จากการตรวจพบว่ามีแท่งเชื้อเพลิงที่มีสภาพไม่สมบูรณ์อยู่ห้าแท่ง จึงทำการเคลื่อนย้ายออกจากบ่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ ต่อมา แก๊สดังกล่าวเริ่มมีปริมาณเพิ่มขึ้นอีก อีกทั้งแกนปฏิกรณ์ฯ เดิมมีแท่งเชื้อเพลิงไม่เพียงพอ

ด้วยเหตุผลข้างต้น จึงได้มีการทำสัญญาสั่งซื้อและติดตั้งระบบเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูรุ่นใหม่กับบริษัทเจเนอรัลอะตอมมิก (General Atomic) ของสหรัฐอเมริกา ในวันที่ 14 กันยายน 2518 โดยทำการติดตั้งในบ่อเครื่องปฏิกรณ์เดิมในอาคารปฏิกรณ์เดิมและใช้ชื่อว่าเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1/ปรับปรุงครั้งที่ 1 (Thai Research Reactor-1/Modification 1) หรือเรียกย่อๆ ว่า ปปว.-1/1 (TRR-1/M1) ทำงานด้วยระบบทริกามาร์ก III (2MW Steady State/2,000 MW Pulsing TRIGA MARK III) ซึ่งทำงานในลักษณะให้กำลังสม่ำเสมอได้สูงถึง 2,000 กิโลวัตต์ (ความร้อน) และทำงานแบบทวีกำลังได้สูงสุดถึง 2 ล้านกิโลวัตต์ เนื่องจากใช้เชื้อเพลิงยูเรเนียม-235 ที่มีความเข้มข้น

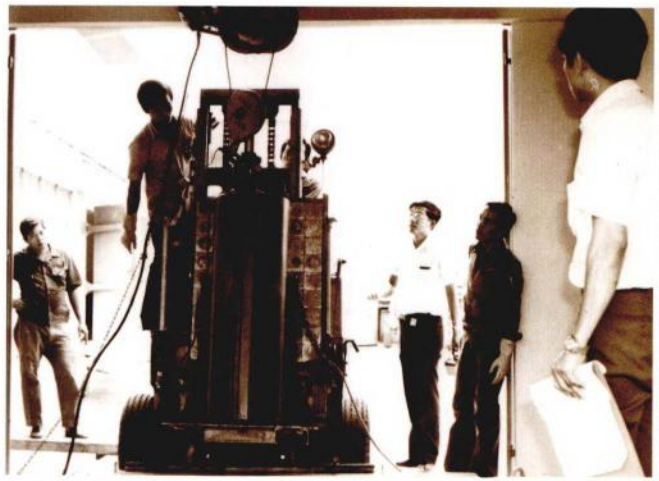


น.ต. ม.ร.ว. โสภาคย์พงศ์ เกษมสันต์ วัดระดับรังสีของแท่งเชื้อเพลิงก่อนนำออกจากบ่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

**2529 (1986)**

*ก่อสร้างอาคารขจัดกากกัมมันตรังสีใหม่*

*นายประจักษ์ ชินอมรพงษ์ (ขวาสุด) วิศวกรผู้ควบคุมการเคลื่อนย้ายแท่งเชื้อเพลิง*



*นายดำรง ปานจินดา (ซ้ายสุด) นายช่างผู้สร้างภาชนะขนย้ายแท่งเชื้อเพลิง และนายวิทิต เกษคุปต์ (ที่สามจากขวา) ผู้ดูแลความปลอดภัย*

**2530 (1987)**

*ก่อสร้างอาคารปฏิบัติการนิวเคลียร์อุตสาหกรรมและห้องปฏิบัติการรังสีสูง*

## การแผ่รังสีเชเรนคอฟ (Cerenkov radiation)

ไม่มีอนุภาคใดที่สามารถจะเคลื่อนไปในสุญญากาศได้เร็วกว่าแสง แต่ในวัตถุตัวกลางแสงกลับเคลื่อนไปได้ช้าลง เพราะเกิดอันตรกิริยากับสนามไฟฟ้าของอะตอมในตัวกลาง ดังนั้น อนุภาคพลังงานสูงอื่นๆ ก็อาจเคลื่อนไปในวัตถุบางชนิดได้เร็วกว่าแสงก็ได้ โดยในวัตถุที่เป็นฉนวนไฟฟ้า หากมีอนุภาคที่มีประจุ เคลื่อนผ่านด้วยความเร็วที่สูงกว่าความเร็วของแสงในวัตถุนั้น อนุภาคนั้นสามารถแผ่รังสีแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา เป็นรูปกรวยรอบทิศทางที่อนุภาคนั้นเคลื่อนไป และมองเห็นได้เป็นแสงเรืองสีฟ้าเมื่อวัตถุตัวกลางนั้นโปร่งใส ซึ่งตามปกติพบเห็นได้ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ หรือเครื่องฉายรังสีแบบสระน้ำ (ความเร็วของแสงในน้ำเหลือเพียง 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วในสุญญากาศ) ปรากฏการณ์นี้ได้ชื่อตามชื่อของนักวิทยาศาสตร์ชาวรัสเซีย พาเวล อะเลกเซเยวิช เชเรนคอฟ (Pavel Alexsejevich Cerenkov) ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์นี้ได้เป็นคนแรก

การขนย้ายแท่งเชื้อเพลิงไปไว้ในบ่อเก็บที่สร้างขึ้นใหม่

เพียงร้อยละ 20 จึงต้องใช้แท่งเชื้อเพลิงถึง 100 แท่งในขณะที่ ปปว.-1 ซึ่งใช้ยูเรเนียมความเข้มข้นสูงใช้แท่งเชื้อเพลิงเพียง 14 แท่ง

ในการเคลื่อนย้ายแท่งเชื้อเพลิงเดิมออกจากบ่อก่อนทำการติดตั้งแกนปฏิกรณ์ใหม่นั้น นายประจักษ์เป็นผู้รับผิดชอบวางแผนการเคลื่อนย้าย ตั้งแต่การถอดแท่งเชื้อเพลิงและดึงขึ้นจากบ่อใส่ในภาชนะสำหรับขนย้าย (transport container) จนกระทั่งนำลงไปไว้ในบ่อน้ำซึ่งสร้างขึ้นใหม่ ในขณะที่นายวิทิตเป็นผู้รับผิดชอบวางมาตรการควบคุมความปลอดภัยโดยเฉพาะการทำงานในบ่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ ซึ่งประกอบด้วยการถอดโครงสร้างต่าง ๆ ออก การทำความสะอาดและทาสีบ่อ การปรับปรุงพื้นบ่อซึ่งเป็นคอนกรีต

หลังจากทำการเคลื่อนย้ายแท่งเชื้อเพลิงเดิมและการปรับปรุงบ่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ เรียบร้อยแล้ว จึงเป็นขั้นตอนของการบรรจุแท่งเชื้อเพลิงใหม่ ผู้รับผิดชอบในการเดินเครื่อง ปปว.-1/1 ประกอบด้วย น.ท. ไกรวุฒิ สุขกิจบำรุง เลขาธิการ พ.ป.ส. (2518-2523) น.ต. ม.ร.ว. โสภาคย์พงศ์ เกษมสันต์ (รองเลขาฯ) และ ร.อ. รัตนะ พุ่มเล็ก (ผู้อำนวยการกองปฏิกรณ์ปฏิบัติ) มีนายประจักษ์ ชินอมรพงษ์ เป็นวิศวกรผู้บรรจุแท่งเชื้อเพลิงลงในแกนเครื่องทีละแท่ง นายประจักษ์เริ่มลงมือบรรจุแท่งเชื้อเพลิงแท่งแรกเมื่อเวลา 9.55 น. ของวันที่ 7 พฤศจิกายน 2520 และเมื่อบรรจุแท่งเชื้อเพลิงแท่งที่ 67 เครื่อง ปปว.-1/1 ก็บรรลุสภาวะวิกฤต นายประจักษ์ได้ทำการบรรจุแท่งเชื้อเพลิงต่อไปจนถึงแท่งที่ 99 และ น.ต. ม.ร.ว. โสภาคย์พงศ์ บรรจุแท่งเชื้อเพลิงแท่งที่ 100 อันเป็นแท่งสุดท้าย เป็นอันเสร็จสมบูรณ์เมื่อเวลา 21.41 น. รวมเวลาในการปฏิบัติการทั้งสิ้น 11 ชั่วโมง

**2534 (1991)**

*พ.ป.ส. ก่อสร้างศูนย์วิจัยนิวเคลียร์แห่งใหม่ที่ อ. องครักษ์ จ. นครนายก*

นายวิทิต เกษคุปต์ ได้ย้อนความหลังถึงเหตุการณ์การเปลี่ยนแกนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในครั้งนั้นว่า *"...จำได้ว่าคุณประจักษ์เป็นผู้มีบทบาทมากในด้านปฏิบัติการ พวกเราได้ทำการขนย้ายแท่งเชื้อเพลิงและอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีรังสีสูงจากบ่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ ไปที่บ่อเก็บ ตลอดจนการทำความสะอาดบ่อด้วยความปลอดภัย เรียบร้อย จากนั้นก็ประกอบแกนเครื่องปฏิกรณ์ฯ ใหม่ โดยมีฝรั่งจากบริษัทผู้ผลิตมาควบคุมการติดตั้งคนหนึ่งหรือสองคนนี้ และจำได้ว่าพอหย่อนแท่งเชื้อเพลิงแท่งสุดท้ายลงแล้วเริ่มเดินเครื่อง ช่วงนี้ทุกคนที่อยู่ในห้องควบคุมเงียบกริบ ตาจ้องที่แผงควบคุม จนกระทั่งฝรั่งผู้เดินเครื่องตะโกนออกมาว่า 'ลูกเล็กของเราเกิดแล้ว' ... ทุกคนในห้องก็ร้องไชโย ตบมือ จับมือกัน จากนั้นไม่ทราบใครเอาแชมเปญมาเปิดแล้วรินใส่แก้ว ทุกคนมองมาที่ผมเพราะรับผิดชอบด้านการป้องกันรังสีอยู่ ผมเห็นว่าเป็นการฉลองลูกเกิดใหม่และแชมเปญก็เปิดเทลงแก้วแล้ว ก็เลยยิ้มและบอกว่าขอให้ดื่มฉลองได้ภายในห้องควบคุมเท่านั้นนะ..."*

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ทั้งเครื่อง ปปว.-1 และเครื่อง ปปว.-1/1 ปฏิบัติการด้วยความราบรื่นปลอดภัย ไม่มีอุบัติเหตุแต่อย่างใดนับเนื่องจากอดีตมาจนปัจจุบัน ตลอดช่วงสี่ทศวรรษของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเรื่อยมาจนยุคของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติในทศวรรษที่ห้า เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเป็นเครื่องมือหลักในการวิจัยทางด้านนิวเคลียร์เทคโลยี การผลิตสารไอโซโทปกัมมันตรังสีเพื่อประโยชน์ทางการแพทย์ ซึ่งเริ่มมาตั้งแต่ปี 2507 การวิจัยสารไอโซโทปกัมมันตรังสีตัวใหม่ๆ การวิจัยเรื่องการฉายรังสีพลอยและอัญมณี ทั้งยังเป็นอุปกรณ์ประกอบการศึกษาและฝึกอบรมในสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมนิวเคลียร์ในประเทศไทยด้วย

**ประโยชน์จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1**

1. การศึกษาวิจัยทางด้านนิวเคลียร์ฟิสิกส์ (nuclear physics) อันได้แก่ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากนิวตรอนเมื่อชนนิวเคลียสของธาตุต่างๆ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในขั้นต่อไป

2. งานวิเคราะห์ธาตุโดยใช้เทคนิคการอาบนิวตรอน (neutron activation analysis, NAA) เพื่อวิเคราะห์หาชนิดและปริมาณของธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในตัวอย่างแร่ เช่น แร่ดีบุก แร่พลวง แร่ยูเรเนียม เพื่อการค้นหาแหล่งแร่ การวิเคราะห์ตัวอย่างอาหารที่บริโภค เช่น ข้าว ผัก ผลไม้ เพื่อการหาธาตุที่เป็นมลพิษที่มีอยู่ในตัวอย่างการวิเคราะห์อวัยวะต่างๆ ของมนุษย์ เช่น เล็บ เส้นผม เลือด และปัสสาวะ เพื่อใช้ในการศึกษาสมุฏฐานของโรค

3. งานผลิตไอโซโทปรังสี (radio-isotope production) เพื่อใช้ในทางการแพทย์ โดยการใช้รังสีจากไอโซโทปรังสี เช่น ไอโอดีน-131 และเทคนีเชียม-99 เอ็ม สำหรับการวินิจฉัยโรค และการบำบัดรักษาโรคมะเร็งและเนื้องอก เป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีการใช้ไอโซโทปรังสีทางด้านการเกษตร เช่น การใช้ไอโซโทปรังสีฟอสฟอรัส-32 สำหรับศึกษาการเจริญเติบโตของพืช

4. งานถ่ายภาพวัสดุโดยใช้นิวตรอน (neutron radiography) เพื่อการถ่ายภาพดูลักษณะภายในของวัสดุว่าเป็นโพรง มีฟองอากาศ มีรอยร้าว รอยรั่ว หรือไม่ โดยไม่ทำให้ชิ้นงานบุบสลาย

5. การเปลี่ยนสีของอัญมณีด้วยการอาบรังสีนิวตรอน เพื่อเพิ่มมูลค่า โดยรังสีนิวตรอนจะไปทำปฏิกิริยากับธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในอัญมณี ซึ่งจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพ ทำให้มีสีสันสวยงามขึ้น เช่น เพชร จากเดิมที่ไม่มีสีจะเปลี่ยนเป็น สีฟ้าหรือสีเขียว ไข่มุก จะเปลี่ยนเป็นสีเทาหรือสีน้ำตาล โทแพซ จากเดิมที่ไม่มีสี จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือสีฟ้า ทัวร์มาลีน จากเดิม ที่ไม่มีสี จะเปลี่ยนเป็นสีชมพูหรือสีแดง

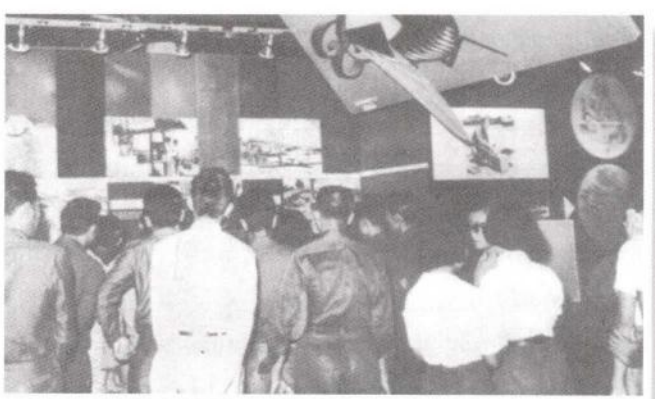
6. งานฝึกอบรมการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (reactor operation) สำหรับวิศวกร เพื่อให้เข้าใจระบบความปลอดภัยในระดับต่างๆ ของการเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

# "งานของปรมาณู"

หากไม่นับระเบิดนิวเคลียร์ในสงครามโลกครั้งที่สองและและอาวุธนิวเคลียร์ในช่วงสงครามเย็นแล้ว ก็แทบจะกล่าวได้ว่านิวเคลียร์และเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 เป็นเรื่องล้ำยุคที่ประชาชนคนไทยส่วนใหญ่ไม่เคยได้ยินได้ฟังมาก่อน การให้ข่าวสารข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนี้จึงมีความสำคัญยิ่งต่อการสร้างความเข้าใจและการยอมรับในหมู่ประชาชนในเวลานั้น

ด้วยเหตุนี้ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จึงจัดงานแสดงเพื่อเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับนิวเคลียร์ขึ้นเป็นครั้งแรก ณ สวนลุมพินี โดยใช้ชื่องานว่า "งานของปรมาณู" (Atoms at Work) งานแสดงครั้งนี้จัดขึ้นหลังจากที่ทีมงานนักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการเดินเครื่อง ปปว.-1 จนสามารถบรรลุสภาวะวิกฤตไม่ถึงหนึ่งเดือน พ.ป.ส. ได้รับการสนับสนุนจากรัฐบาลอย่างแข็งขันและมีการเตรียมการล่วงหน้าเป็นเวลานาน ยิ่งไปกว่านั้น พ.ป.ส. ยังได้รับความร่วมมือจากคณะกรรมาธิการพลังงานปรมาณูแห่งสหรัฐอเมริกา (USAEC) ซึ่งส่งคณะเจ้าหน้าที่และผู้เชี่ยวชาญรวม 12 คน เดินทางมายังประเทศไทยเพื่อติดตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยขนาดย่อมและสาธิตการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูในงานนี้โดยเฉพาะ

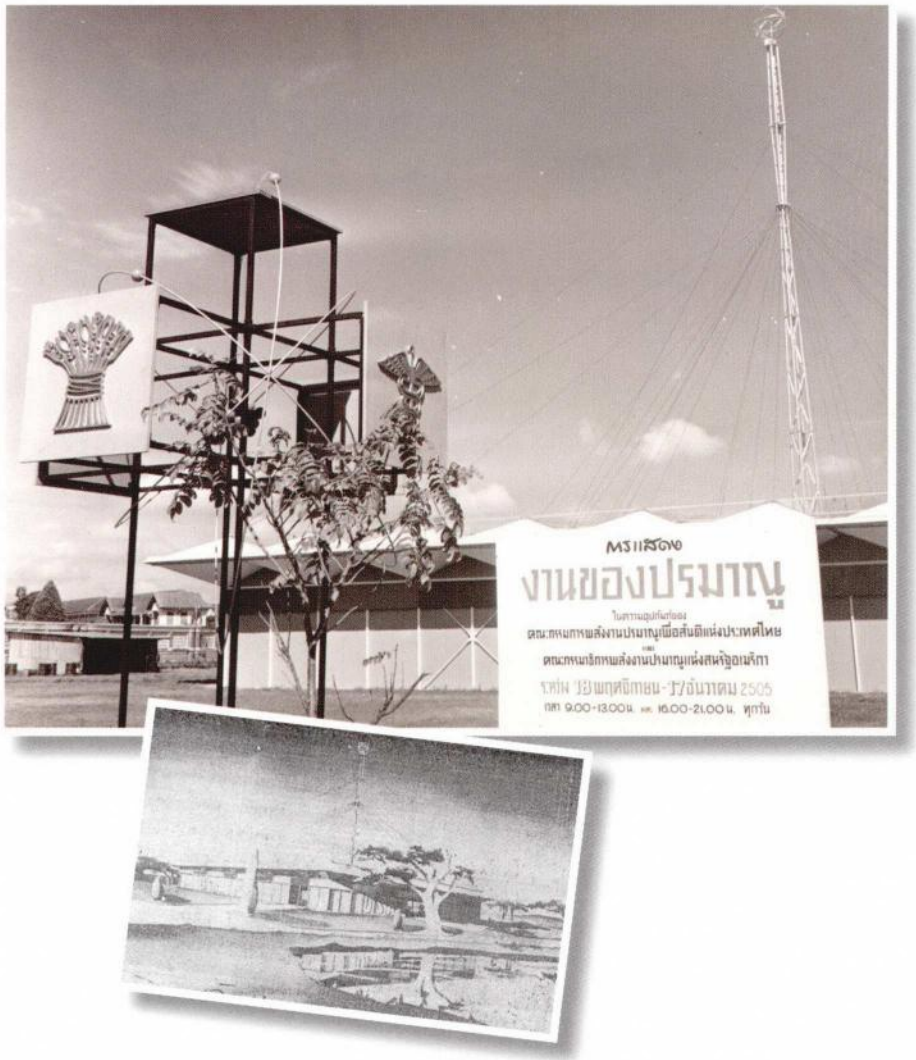
*(จากซ้ายไปขวา) กรมหมื่นนราธิปพงศ์ประพันธ์ ดร. สวัสดิ์ ศรีสุข จอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ นายกรัฐมนตรี และเคนเนท ทอดด์ เอกอัครราชทูตสหรัฐอเมริกา ขณะชมงาน ด้านหลังของภาพเป็นแผนผังแสดงกรรมวิธีผลิตกำลังไฟฟ้าด้วยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู*



*"งานของปรมาณู" เปิดให้เข้าชมโดยไม่ต้องเสียค่าผ่านประตูตั้งแต่ วันที่ 19 พฤศจิกายน จนถึง 20 ธันวาคม 2505 เป็นเวลานานถึง 1 เดือนเต็ม มีผู้เข้าชมงานรวมทั้งสิ้น 140,000 คน*

**2549 (2006)**

*ก่อตั้งสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ*




ก่อนงาน พล.อ.จ. ดร. สวัสดิ์ ศรีศุข เลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติขณะนั้น พร้อมด้วยผู้จัดงานฝ่ายสหรัฐฯ ได้จัดแถลงข่าวและเชิญผู้สื่อข่าวชมการแสดงรอบปฐมทัศน์ด้วย บริเวณที่จัดแสดงซึ่งอยู่ตรงทางเข้าด้านหลังพระบรมรูปรัชกาลที่ 6 แบ่งการแสดงนั้นแบ่งออกเป็นสองส่วน คือ ส่วนสถาบันวิทยาศาสตร์สำหรับนักวิทยาศาสตร์ นักศึกษา และนักเรียนมัธยม นักวิทยาศาสตร์ไทยจะมีโอกาสทดลองใช้เครื่องอุปกรณ์ทางนิวเคลียร์ต่างๆ ฝึกการใช้เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูสำหรับห้องวิทยาศาสตร์ กับเครื่องฉายรังสีแกมมา ส่วนประเภทประชาชน มุ่งเน้นให้ประชาชนทั่วไปทราบถึงการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เช่น การผลิตพลังงานไฟฟ้า อุตสาหกรรม การเกษตร การแพทย์ แสดงให้เห็นการใช้รังสีเรดิโอไอโซโทปฆ่าเชื้อโรคที่เกิดจากแมลงเพื่อเพิ่มผลผลิต การตรวจวินิจฉัยโรคและการบำบัดรักษา ตลอดจนความก้าวหน้าทางเคมีและธรณีวิทยาอีกด้วย ซึ่งผู้ชมจะได้รับทราบจากการบรรยาย การชมภาพยนตร์ ซินีมาสโกป แบบจำลองและภาพ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งถือว่าเป็นโอกาสและประสบการณ์ที่หาได้ยากยิ่ง

# รังสีสู้โรคร้าย

อันที่จริง จุดเริ่มของการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ของประเทศไทยนั้นสามารถนับย้อนกลับไปได้เกินกว่าครึ่งศตวรรษ โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์จากรังสีในทางการแพทย์ซึ่งถือได้ว่าทันสมัยเป็นอย่างยิ่ง แพทย์ไทยหลายคนได้รับทุนเพื่อไปศึกษาดูงานเกี่ยวกับการใช้รังสีจากประเทศที่มีความก้าวหน้าทางด้านนี้อย่าง สหรัฐอเมริกา แคนาดา อังกฤษ เยอรมนี จนมีความรู้ความเชี่ยวชาญ เมื่อกลับมายังบ้านเกิดเมืองนอน

*ศาสตราจารย์ นายแพทย์ หลวงพิณพากย์พิทยาเภท (พิณ เมืองแมน)*
*บิดาแห่งรังสีวิทยาของประเทศไทย*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*

ท่านเหล่านี้ได้ทุ่มเททำงานโดยไม่เห็นแก่ความเหนื่อยยากลำบาก เพื่อปูทางวางรากฐานที่แข็งแกร่งให้แก่งานด้านรังสีวินิจฉัย รังสีรักษา และเวชศาสตร์ของไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่โรงพยาบาลศิริราชและโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ และแพทย์รุ่นต่อจากนั้นอีกหลายท่านก็ได้สืบสานงานในด้านรังสี สร้างความเจริญก้าวหน้าให้แก่วงการแพทย์ของไทยจนเป็นที่ยอมรับในระดับสากล

## ศิริราชกับความก้าวหน้าด้านรังสี

เทคโนโลยีทางรังสีที่วงการแพทย์ไทยนำมาใช้ในประเทศไทยในลำดับแรกคือเทคโนโลยีด้านรังสีวินิจฉัย (diagnostic radiology) โดยเริ่มจากการที่โรงพยาบาลศิริราชได้ทำการตรวจวินิจฉัยผู้ป่วยด้วยการถ่ายภาพเอกซเรย์เป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ.2471 หรือราว 34 ปี หลังการค้นพบรังสีเอกซ์ และ 34 ปี ก่อนที่ประเทศไทยจะมีเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยเครื่องแรก ผู้บุกเบิกงานด้านรังสีวินิจฉัยและก่อตั้ง "แผนกเอกซเรย์วิทยา" ของโรงพยาบาลศิริราชคือ นายแพทย์พิณ เมืองแมน แพทย์ไทยคนแรกที่ศึกษาวิชารังสีวิทยาจากมหาวิทยาลัยฮาร์วาร์ด สหรัฐอเมริกา นายแพทย์พิณได้จัดซื้อเครื่องเอกซเรย์ด้วยเงินที่ได้รับการอุดหนุนจากพระยาอรรถการประสิทธิ์ (อัลเฟรด คุณะดิลก) และได้ลงมือประกอบชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องเองจนสำเร็จใช้งานได้

ในปี 2472 นายแพทย์อำนวย เสมรสุต ได้มาเป็นกำลังสำคัญของนายแพทย์พิณ ในแผนกเอกซเรย์วิทยา เนื่องจากทั้งแผนกมีเพียงหัวหน้าและผู้ช่วย ทั้งสองจึงต้องทำงานทุกอย่างตั้งแต่ถ่ายภาพ ล้างฟิล์ม อ่านฟิล์ม เขียนรายงาน รวมไปถึงงานทำความสะอาด นอกจากนั้นยังเป็นอาจารย์สอนวิชาเอกซเรย์วิทยาซึ่งจัดเป็นวิชาใหม่ทันสมัย เป็นที่สนใจของนักศึกษาแพทย์อย่างมากในเวลานั้น

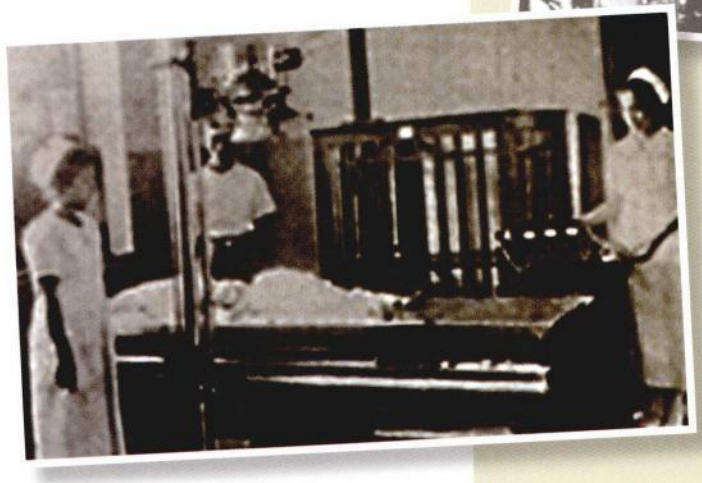
**2471 (1928)**

- นพ. พิณ เมืองแมน ก่อตั้งแผนกเอกซเรย์วิทยา รพ. ศิริราช
- รพ. ศิริราชตรวจวินิจฉัยผู้ป่วยด้วยการถ่ายภาพเอกซเรย์

**2472 (1929)**

รพ. ศิริราชเริ่มบริการรังสีรักษา

นายแพทย์พิณ เมืองแมน (ซ้าย) และนายแพทย์อำนวย เสมรสุต (ขวา)
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)

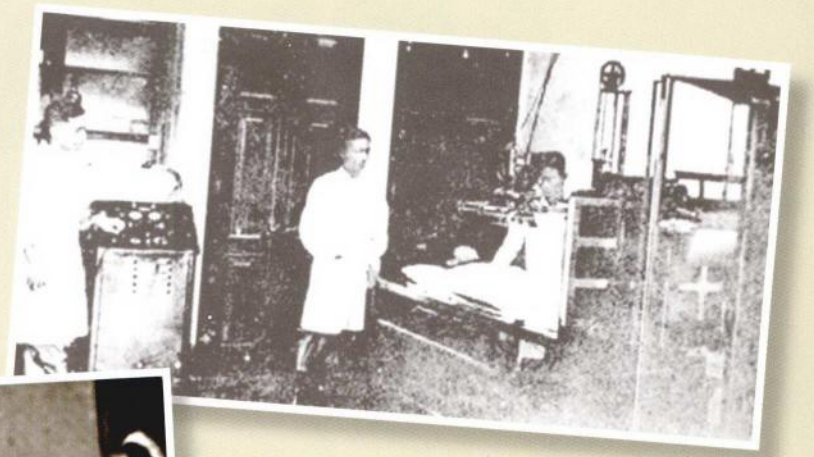


การถ่ายภาพเอกซเรย์ผู้ป่วยเด็กครั้งแรกที่ศิริราช
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)

**2477 (1934)**

รพ. จุฬาฯ เปิดแผนกแสงรัศมี

เครื่องเอกซเรย์เครื่องแรกของ รพ. ศิริราชนี้ *"...เป็นเครื่อง เคลลิเคิตต์ (Kellekoette) แบบสายอากาศ (aerial type) 30 มิลลิแอมแปร์ 120 กิโลโวลต์ จัดไฟตรงด้วยมอเตอร์ (motor rectification) ไม่มี shockproof เวลาเปิดเครื่องจึงมีเสียงดัง และต้องคอยระวังอันตรายจากไฟฟ้า (electrical shock) ซึ่งอาจเกิดจากการช็อกได้ เครื่องนี้นอกจากใช้ในการตรวจ ยังใช้ในการรักษาโรคผิวหนังด้วย โดยมีผู้ป่วยวันละ 3-4 คน ในเดือนแรกๆ มีพนักงานประจำ 1 คน ซึ่งทำหน้าที่เป็นแพทย์ เสมียน พนักงานวิทยาศาสตร์และพยาบาลพร้อมอยู่ในตัวเสร็จ..."*



เครื่องเอกซเรย์ของศิริราชสมัยเริ่มแรก
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)

**2480 (1937)**

นพ. อำนวย เสมรสุต รักษาผู้ป่วยโรคมะเร็งด้วยเรเดียม

*ตึกรังสีวิทยา ในโรงพยาบาลศิริราช ปัจจุบันรื้อไปแล้ว*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)*

**2490 (1947)**

*แผนกแสงรัศมีเปลี่ยนชื่อเป็นแผนกรังสี*

**2494 (1951)**

*รพ. จุฬาฯ เปิดให้บริการรักษามะเร็ง*

*ศาสตราจารย์ นายแพทย์อำนวย เสมรสุต นายกสมาคมต่อต้านโรคมะเร็งแห่งประเทศไทย นำคณะกรรมการสมาคมเข้าเฝ้า สมเด็จพระเจ้าลูกยาเธอ เจ้าฟ้าวชิราลงกรณ์ เมื่อวันที่ 26 ธันวาคม 2512*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*

หนึ่งปีหลังจากเปิดให้บริการตรวจวินิจฉัยโรคด้วยเครื่องเอกซเรย์ โรงพยาบาลศิริราชได้เริ่มใช้เอกซเรย์รักษาโรคผิวหนัง พ.ศ.2472 จึงนับเป็นปีแรกของการรักษาโรคด้วยรังสีในประเทศไทย เป็นก้าวเล็กๆ ของรังสีรักษา (radiation therapy) ก่อนจะไปสู่ก้าวกระโดดที่สำคัญในปี 2478 เมื่อทางโรงพยาบาลเริ่มใช้รังสีรักษาโรคมะเร็งด้วยเครื่องเอกซเรย์ชนิดลึกเครื่องแรกของไทยซึ่งจัดซื้อด้วยเงินจำนวน 16,000 บาท ที่พระองค์เจ้าจุลจักรพงษ์ มีพระกรุณาประทานให้แก่โรงพยาบาล ศาสตราจารย์ นายแพทย์ไพรัช เทพมงคล สมาคมรังสีรักษาและมะเร็งวิทยาแห่งประเทศไทยบันทึกไว้ใน "ประวัติรังสีรักษาโรงพยาบาลศิริราช" ว่าเครื่องเคลเลกเนตต์ (Kelleknett) 10 มิลลิแอมแปร์ 230 กิโลโวลต์นี้ ทำให้ *"วงการแพทย์ทั้งโรงพยาบาลศิริราช และจุฬาลงกรณ์ (ที่เป็นโรงเรียนแพทย์ซึ่งมีเพียง 2 แห่งเท่านั้น) ตื่นเต้นกันอีกครั้งเพราะเป็นอีกก้าวหนึ่งที่ขยายขอบเขตของการใช้เอกซเรย์จากการวินิจฉัยโรคมาเป็นการรักษาโรคมะเร็งเป็นแห่งแรกในประเทศไทย"*

**2498 (1955)**

- รพ. จุฬาฯ ติดตั้งเครื่องโคบอลต์-60 เครื่องแรกของไทย
- นพ. ร่มไทร ก่อตั้งหน่วยปฏิบัติการและวิจัยเรดิโอไอโซโทป รพ. ศิริราช
- รพ. ศิริราช ติดตั้งเครื่องโคบอลต์-60 เครื่องแรก

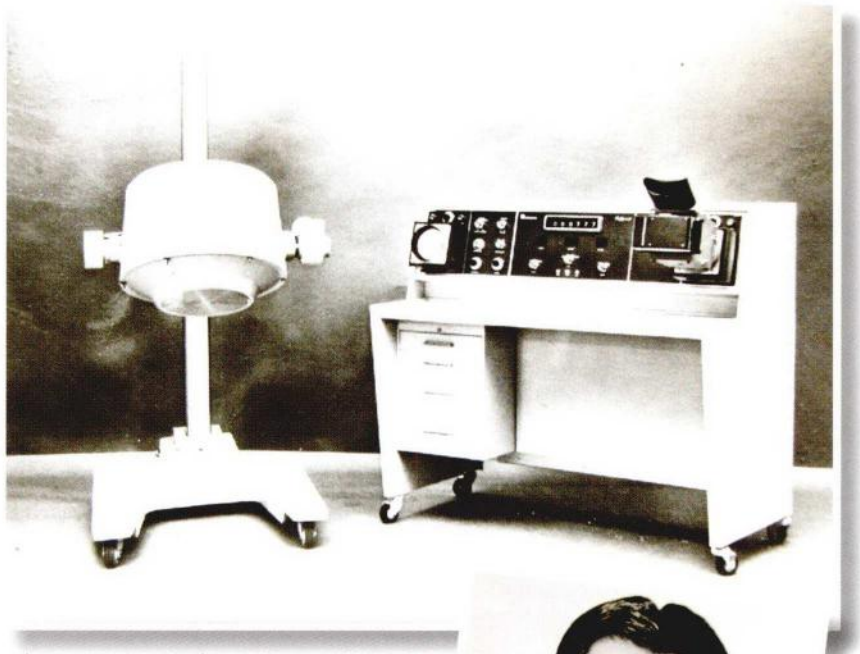
**2502 (1959)**

นอร์แมน วีลล์ ช่วยวางรากฐานด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ให้ รพ. จุฬาฯ

ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเทคนิคการใช้แร่เรเดียมรักษาโรค โดยการฝังแร่ สอดใส่แร่ วางแร่ และฉายรังสีขึ้นในต่างประเทศ นายแพทย์อำนวยซึ่งได้ทุนไปศึกษาวิชารังสีวิทยาและดูงานด้านรังสีรักษาอยู่ที่ประเทศอังกฤษได้จัดซื้อแร่เรเดียมจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้รักษาโรคมะเร็งที่โรงพยาบาลศิริราช เมื่อกลับจากต่างประเทศแล้ว นายแพทย์อำนวยได้ใช้เรเดียม-226 รักษาผู้ป่วยโรงมะเร็งเป็นครั้งแรกเมื่อปี 2480 ท่านได้เร่งวางรากฐานงานด้านรังสีรักษาในประเทศไทยและเผยแพร่เทคนิคการใช้แร่เรเดียมรักษาผู้ป่วยโรคมะเร็ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งมะเร็งปากมดลูกออกไปอย่างกว้างขวาง ทั้งยังเป็นผู้ริเริ่มก่อตั้งรังสีวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย (2505) สมาคมต่อต้านโรงมะเร็งแห่งประเทศไทย (2505) และสถาบันมะเร็งแห่งชาติ (2507) อีกด้วย

## นายแพทย์ร่มไทร กับเวชศาสตร์นิวเคลียร์

ความก้าวหน้าครั้งสำคัญอีกครั้งหนึ่งเกิดขึ้นใน พ.ศ.2498 เมื่อนายแพทย์ร่มไทร สุวรรณิก เปิดห้องปฏิบัติการและวิจัยเรดิโอไอโซโทป (เปลี่ยนชื่อเป็นหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในปี 2512) ในแผนกรังสีวิทยา โรงพยาบาลศิริราช โดยการสนับสนุนจากนายแพทย์พิณ ในการนี้นายแพทย์ร่มไทร ได้ใช้ความพยายามเจรจากับรัฐบาลสหรัฐอเมริกา จนกระทั่งได้รับเครื่องโคบอลต์บอมบ์จากรัฐบาลสหรัฐอเมริกา เป็นของขวัญ และได้นำเครื่องโคบอลต์บอมบ์ซึ่งเป็นเครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60 กำลังแรง 1,200 คูรี ผลิตโดยบริษัทพิกเกอร์ (Picker) เครื่องนี้มาติดตั้งไว้ที่ห้องปฏิบัติการและวิจัยเรดิโอไอโซโทปที่เพิ่งจัดตั้งขึ้น



*เครื่องแกมมาคาเมรา เครื่องแรกในประเทศไทย*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*

*ศาสตราจารย์เกียรติคุณ นายแพทย์ร่มไทร สุวรรณิก*
*บิดาแห่งเวชศาสตร์นิวเคลียร์*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*

**2504 (1961)**

*ก่อตั้งภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ม. เชียงใหม่*

**2505 (1962)**

- *ก่อตั้งรังสีวิทยาสมาคมแห่งประเทศไทย*
- *ก่อตั้งสมาคมต่อต้านโรงมะเร็ง*

นอกจากเครื่องโคบอลต์บอมบ์ข้างต้นแล้ว นายแพทย์ร่มไทร ยังเป็นผู้ริเริ่มนำเอาเครื่องมือทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ที่ทันสมัยอื่นๆ มาใช้งานในโรงพยาบาล อาทิ ใช้เครื่องตรวจวัดกัมมันตรังสีทั่วร่างกาย (total body counter) ในการวิจัยหาปริมาณธาตุเหล็กและไอโอดีนที่ร่างกายดูดจากอาหาร ซึ่งเป็นวิธีที่สะดวกรวดเร็วกว่าวิธีอื่น ใช้กล้องถ่ายภาพรังสีแกมมา (scinti-camera) บันทึกภาพอวัยวะและระบบต่างๆ ของร่างกาย เช่น สมอง ตับ ไต ปอด เพื่อการตรวจวินิจฉัย ทำให้ห้องปฏิบัติการและวิจัยเรดิโอไอโซโทปสามารถขยายบริการให้หลากหลายและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

นายแพทย์ร่มไทร เป็นผู้เริ่มใช้ไอโซโทปรังสีคนแรกในประเทศไทย โดยใช้ทองกัมมันตรังสี (radio gold) ในการรักษามะเร็งรังไข่ขั้นสุดท้าย ใช้ไอโอดีนกัมมันตรังสี (radio iodine) ในการตรวจและรักษาความผิดปกติของต่อมไทรอยด์ และใช้ฟอสฟอรัสกัมมันตรังสี (radio phosphorous) รักษาโรคทางเลือด เป็นการขยายการใช้ไอโซโทปรังสีกับการตรวจรักษาโรคอื่นๆ นอกเหนือจากมะเร็ง ในระยะแรกนั้นไทยต้องสั่งซื้อไอโซโทปรังสีจากต่างประเทศทั้งหมด การติดต่อเป็นไปด้วยความยากลำบากเพราะเป็นเรื่องที่ไม่เคยมีมาก่อนในประเทศไทยเวลานั้น นายแพทย์ร่มไทรได้ใช้ความอุตสาหะพยายามจนในที่สุดได้ มร. โทนี ซึ่งทำงานอยู่ที่บริติช เคาน์ซิล ช่วยประสานงานติดต่อกับ ราดิโอเคมีกัลเซ็นเตอร์ อเมอร์แชม (Radiochemical Centre Amersham) ผู้ผลิตรายใหญ่ที่สุดของโลก ในขณะนั้น การนำเข้าไอโซโทปรังสีจึงทำได้สะดวกคล่องตัวขึ้นกว่าเดิมมาก

ภายหลัง นายแพทย์ร่มไทร ในฐานะประธานคณะอนุกรรมการพลังงานปรมาณูในกิจการแพทย์ ของคณะกรรมการพลังงานปรมาณู

**ศูนย์ไอโซโทปรังสี**

เดิมคือกองผลิตไอโซโทปรังสีในสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เริ่มทดลองผลิตไอโอดีน-131 และเทคนีเชียม-99 เอ็ม ในระดับห้องปฏิบัติการด้วยวิธีอาบรังสีจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยตั้งแต่ พ.ศ. 2507 ในปี 2509 กองไอโซโทปผลิตไอโอดีน-131 ได้ราว 600 มิลลิคูรี และได้ขยายปริมาณการผลิตจนสามารถผลิตได้ประมาณ 14,000 มิลลิคูรีในปี 2517 ถึงกระนั้นก็ยังไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติจึงได้ขอความช่วยเหลือจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเพื่อขยายกำลังการผลิตสารไอโซโทปรังสีหลัก ๆ คือไอโอดีน-131 และเทคนีเชียม-99 เอ็ม ภายใต้โครงการ "Radioisotope Production Facility" มีระยะเวลาดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ.2525 ถึง 2529 ซึ่งทำให้กองผลิตไอโซโทปมีความสามารถในการผลิตไอโอดีน-131 ได้สัปดาห์ละ 1 คูรี โดยได้เพิ่มการผลิตจนกระทั่งผลิตได้เต็มกำลังการผลิตที่ 5-6 คูรีต่อสัปดาห์ใน พ.ศ.2551

ด้วยความช่วยเหลือที่ได้รับในโครงการเดียวกันนี้ กองผลิตไอโซโทปยังได้ติดตั้งตู้ผลิตเทคนีเชียม-99 เอ็มซึ่งทำให้ผลิตเทคนีเชียม-99 เอ็ม ได้ 2 คูรีต่อสัปดาห์ อย่างไรก็ตามความสามารถในการผลิตสารไอโซโทปรังสีทั้งสองชนิดยังคงไม่ทันกับความต้องการที่เพิ่มสูงขึ้นทุกปี โดยเฉพาะอย่างยิ่งความต้องการใช้ไอโอดีน-131 ที่เพิ่มจากประมาณ 1 คูรีต่อสัปดาห์ในปี 2517 เป็น 11 คูรีต่อสัปดาห์ในปี 2551 เนื่องจากความจำกัดของท่ออาบรังสีของสารตั้งต้นและขีดจำกัดในการเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ ทำให้กองผลิตไอโซโทปยุติการผลิตเทคนีเชียม-99 เอ็ม ลงในพ.ศ.2540 ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตไอโอดีน-131 และสารไอโซโทปตั้งต้นอื่นๆ เช่น ซามาเรียม-153 แทน

กองผลิตไอโซโทปได้รับความช่วยเหลือจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศมาเป็นระยะๆ ที่สำคัญคือโครงการจัดตั้งห้องปฏิบัติการทางเรดิโออิมมูโนแอสเซย์ ระหว่างพ.ศ.2529–2534 ความร่วมมือทางวิชาการเกี่ยวกับการพัฒนาสารเภสัชรังสีเพื่อการใช้ทางคลินิก (Development of Radiopharmaceuticals for Clinical Use) ระหว่างพ.ศ.2548-2549 และยังมีโครงการวิจัยสารเภสัชรังสีชนิดใหม่ที่มีผลต่ออวัยวะเป้าหมายอย่างเฉพาะเจาะจง (target-specific radiopharmaceutical) ด้วย

กองผลิตไอโซโทปเปลี่ยนชื่อเป็นศูนย์ไอโซโทปรังสีใน พ.ศ.2549 โดยเป็นหน่วยงานในสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ นอกจากศูนย์ไอโซโทปจะผลิตสารเภสัชรังสีแล้ว ยังผลิตสารรังสีเพื่อกิจการด้านอุตสาหกรรม การเกษตร การศึกษาวิจัยทางวิทยาศาสตร์ หรือประโยชน์เฉพาะทางอื่นๆ เช่น การถนอมอาหาร การหาอายุวัตถุโบราณ

**2506 (1963)**

- *พ.ป.ส. เริ่มผลิต Na-24 และ K-42 ป้อนให้หน่วยไอโซโทปแผนกรังสี รพ. จุฬาฯ*
- *รพ. ศิริราช ติดตั้งเครื่องเรดิลิเนียสแกนเนอร์เครื่องแรก*

เพื่อสันติ และคณะอนุกรรมการฯ ได้สนับสนุนให้สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเริ่มโครงการผลิตสารไอโซโทปรังสีเพื่อใช้ในงานรังสีวินิจฉัย รังสีรักษาและเวชศาสตร์นิวเคลียร์ในประเทศไทย จนสามารถผลิตโซเดียม-42 (Na-24) และโพแทสเซียม-42 (K-42) ป้อนให้หน่วยไอโซโทปแผนกรังสีวิทยาของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ใน พ.ศ.2506 ต่อมาได้เริ่มผลิตไอโอดีน-131 สำหรับใช้ในการตรวจและรักษาโรคเกี่ยวกับต่อมไทรอยด์ ตามมาด้วยการผลิตไอโซโทปรังสีและสารเภสัชรังสีอีกหลายชนิด สามารถลดการนำเข้าลงได้มาก ทั้งยังมีราคาถูกลง ทำให้ผู้ป่วยที่ยากจนมีโอกาสรับการรักษาด้วยวิธีนี้เพิ่มขึ้น

นายแพทย์ร่มไทร ได้ทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับต่อมไทรอยด์อย่างลึกซึ้ง และเป็นผู้ที่ทุ่มเทเวลาเกือบทั้งชีวิตให้แก่การวิจัยด้านคอพอกและโรคขาดสารไอโอดีนของคนไทยในหลายจังหวัดภาคเหนือ และนำงานวิจัยไปประยุกต์ใช้จริงในพื้นที่จังหวัดแพร่ น่าน อุตรดิตถ์ และแม่ฮ่องสอน ท่านได้ริเริ่มวิธีตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ด้วยไอโอดีน-131 ซึ่งได้ผลถูกต้องแม่นยำกว่าวิธีการตรวจทางห้องวิทยาศาสตร์ที่ใช้กันอยู่ในเวลานั้น ทำให้วิธีนี้แพร่หลายไปสู่โรงพยาบาลอื่น ๆ ด้วย การใช้ไอโอดีน-131 รักษาคอพอกเป็นพิษได้ผลดีโดยเฉพาะอย่างยิ่งในผู้ป่วยที่กลับมาเป็นอีกหลังผ่าตัดและผู้ป่วยที่แพ้ยาหรือมีโรคแทรกซ้อน นายแพทย์ร่มไทรยังได้คิดประดิษฐ์เครื่องผสมไอโอดีนในเกลือเพื่อแจกจ่ายให้ชาวบ้านในท้องที่ที่มีไอโอดีนในสภาพแวดล้อมต่ำได้บริโภค โดยเฉพาะในกลุ่มหญิงมีครรภ์และเด็ก เพราะการขาดสารไอโอดีนนอกจากจะทำให้เป็นคอพอกแล้วยังมีผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญาด้วย

นพ. ร่มไทร ก่อตั้งวิทยาลัยรังสีแพทย์แห่งประเทศไทย พ.ศ.2535 ต่อมาได้รับพระมหากรุณาธิคุณโปรดเกล้าฯ ยกขึ้นเป็นราชวิทยาลัยรังสีแพทย์แห่งประเทศไทย พ.ศ.2540

*ศ.พญ. ฤดี ปลีหจินดา (ขวา) และ ศ.นพ. สุธี ณ สงขลา (ซ้าย) ซึ่งได้เป็นหัวหน้าสาขาวิชาเวชศาสตร์นิวเคลียร์ต่อจาก ศ.นพ. ร่มไทร สุวรรณิก (ยืน) ตามลำดับ*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*

**2507 (1964)**

- *ก่อตั้งสถาบันมะเร็งแห่งชาติ*
- *จุฬาติดตั้งเครื่องถ่ายภาพรังสีชนิดแถวเครื่องแรก*

**2508 (1965)**

*พ.ป.ส. เริ่มผลิตไอโอดีน-131 สำหรับตรวจ/รักษาต่อมไทรอยด์*

# จุฬาฯ พัฒนาไม่หยุดยั้ง

พัฒนาการที่คู่ขนานไปกับพัฒนาการของการใช้รังสีที่โรงพยาบาลศิริราช เกิดขึ้นที่โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ นับแต่นายแพทย์พิณ เมืองแมน ได้รับเชิญให้ดำรงตำแหน่งที่ปรึกษากิตติมศักดิ์ของ "หมวดแสงรัศมี" เมื่อ พ.ศ.2477 นายแพทย์พิณยังเป็นรังสีแพทย์เพียงผู้เดียวของโรงพยาบาลจนกระทั่งแพทย์หญิงคุณตะวันสุรวงศ์ บุนนาค สำเร็จการศึกษาวิชารังสีวิทยาจากเบอร์ลิน ประเทศเยอรมนี ได้มาเป็นรังสีแพทย์ประจำคนแรกของโรงพยาบาลเมื่อ พ.ศ.2482

หมวดแสงรัศมีได้เปลี่ยนชื่อเป็นแผนกรังสีวิทยาเมื่อมีการก่อตั้งคณะแพทยศาสตร์ขึ้นในปี 2490 ในปีนั้นทางโรงพยาบาลได้จัดซื้อเม็ดแร่เรเดียมและเครื่องมือสอดใส่แร่เพื่อใช้ในการรักษามะเร็งอวัยวะสตรี ใน พ.ศ.2494 หน่วยรังสีรักษาของแผนกรังสีวิทยาเริ่มให้การรักษาผู้ป่วยมะเร็งด้วยเครื่องแมกซินาร์ 400 (Maxinar 400) ซึ่งเป็นเครื่องเอกซเรย์สำหรับรักษา หลังจากนั้นจึงได้มีการติดตั้งเครื่องสำหรับรักษาโรคมะเร็งชนิดตื้นและเครื่องรักษามะเร็งที่ลึกลงไปใต้ผิวหนัง

*ศ.พญ. คุณตะวันสุรวงศ์ บุนนาค*

*ศ.พญ. คุณตะวันสุรวงศ์ (ที่สี่จากซ้าย) พร้อมด้วย ศ.พญ. พิศมัย อร่ามศรี (ที่ห้าจากขวา) ต้อนรับ ศ. รอลสตัน แพเทอร์สัน (Ralston Paterson ยืนกลาง) ผู้เขียน Text Book of Radiotherapy of Malignant Disease เมื่อครั้งเยือน รพ. จุฬาลงกรณ์ พ.ศ. 2500 (ที่มา : ศ.นพ. ไพรัช เทพมงคล "ประวัติรังสีรักษาในโรงพยาบาลศิริราช" มะเร็งวิวัฒน์ มค.-มิย. 2552)*

**2514 (1971)**

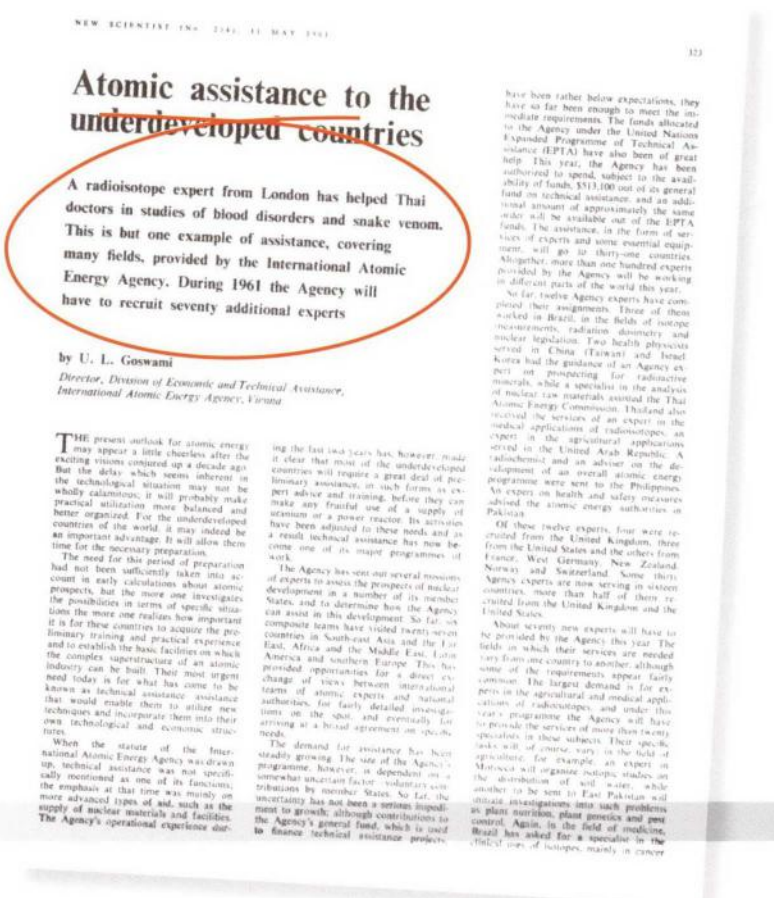
- *ห้องปฏิบัติการและวิจัยเรดิโอ รพ. ศิริราช เปลี่ยนชื่อเป็นหน่วยเวชศาสตร์นิวเคลียร์*
- *ก่อตั้งภาควิชารังสีวิทยา รพ. รามาธิบดี*
- *ก่อตั้งสาขารังสีรักษา คณะแพทยศาสตร์ ม. ขอนแก่น*

งานด้านรังสีรักษาและรังสีวินิจฉัยของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ขยายตัวออกไปอย่างรวดเร็ว ได้มีการจัดซื้อและติดตั้งเครื่องไม้เครื่องมือที่ทันสมัยเพิ่มขึ้นมาตลอด ทำให้สามารถตรวจรักษาโรคได้หลากหลายขึ้นเป็นลำดับ ในระหว่างปี 2494-2495 ทางโรงพยาบาลเริ่มให้บริการตรวจวินิจฉัยการทำงานของอวัยวะภายใน เช่น หลอดเลือดแดง ระบบทางเดินอาหาร และระบบทางเดินปัสสาวะ ฯลฯ ด้วยการฉีดสารทึบรังสีและตรวจเอกซเรย์ด้วยเครื่องเอกซเรย์พร้อมกล้องส่องตรวจทางรังสี (fluoroscopy)

ความพร้อมของเครื่องมือและบุคลากรทางการแพทย์ทำให้โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เป็นผู้นำในการรักษาผู้ป่วยด้วยเทคนิคใหม่ๆ หลายอย่าง อาทิ การตรวจเอกซเรย์ความผิดปกติของหัวใจด้วยการสวนหัวใจเป็นครั้งแรก โดยนายแพทย์สมาน มันตราภรณ์ (2495) การตรวจหลอดเลือดทางรังสี (aortography) ครั้งแรก (2499) โดยการเจาะผ่านทางขาหนีบ (translumbar puncture) การตรวจวินิจฉัยหลอดเลือดในระบบพอร์ทัล (portal system) โดยการเจาะฉีดสารทึบแสงเข้าในม้าม (percutaneous splenic portography) เพื่อถ่ายภาพทางรังสีเป็นครั้งแรก (2500) เป็นต้น

ความสนับสนุนช่วยเหลือจากต่างประเทศทั้งในรูปของเครื่องมือและผู้เชี่ยวชาญเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีส่วนสำคัญอย่างมากต่อความเติบโตของแผนกรังสีวิทยาของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ เมื่อการรักษาโรคมะเร็งด้วยรังสีพัฒนาเป็นการใช้สารไอโซโทปโคบอลต์-60 (cobalt-60 teletherapy) แทนเครื่องเอกซเรย์ สหสมาคมกาชาดจันทร์แดงแห่งสหภาพโซเวียตได้บริจาคเครื่องโคบอลต์-60 แบบ T-CO-400-1 ขนาดเล็ก (500 คูรี) หรือที่เรียกว่าโคบอลต์บอมบ์ให้แก่สภากาชาดไทย (2501) นับเป็นเครื่องโคบอลต์เครื่องแรกในประเทศไทยและเป็นประโยชน์ต่อการรักษาผู้ป่วยของโรงพยาบาลและต่อการเรียนการสอนของโรงเรียนแพทย์ในเวลานั้นเป็นอย่างมาก

ใน พ.ศ.2507 รัฐบาลแคนาดาได้บริจาคเครื่องเทราทรอน 80 (Theratron 80) ซึ่งเป็นโคบอลต์-60 ขนาด 6,000 คูรีที่มีประสิทธิภาพสูงมากให้แก่โรงพยาบาล ปีเดียวกันนั้นไอเออีเอได้ส่งผู้เชี่ยวชาญฟิสิกส์ด้านการแพทย์มาช่วยจัดตั้งหน่วยฟิสิกส์สำหรับโรงพยาบาล (hospital physics) ตลอดจนฝึกอบรมแพทย์และนักฟิสิกส์ของโรงพยาบาลด้วย ต่อมาในปี 2517 พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ พระราชทานเครื่องโคบอลต์เอลโดราโด 78 (Eldorado 78) ขนาด 6,000 คูรีให้ทางโรงพยาบาลหนึ่งเครื่องเพื่อให้สามารถบริการผู้ป่วยโรคมะเร็งที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น



NEW SCIENTIST [No. 2541, 31 MAY 1973]

323

# Atomic assistance to the underdeveloped countries

**A radioisotope expert from London has helped Thai doctors in studies of blood disorders and snake venom. This is but one example of assistance, covering many fields, provided by the International Atomic Energy Agency. During 1961 the Agency will have to recruit seventy additional experts**

by U. L. Goswami

*Director, Division of Economic and Technical Assistance, International Atomic Energy Agency, Vienna*

THE present outlook for atomic energy may appear a little cheerless after the exciting visions conjured up a decade ago. But the delay which seems inherent in the technological situation may not be wholly calamitous; it will probably make practical utilization more balanced and better organized. For the underdeveloped countries of the world, it may indeed be an important advantage. It will allow them time for the necessary preparation.

The need for this period of preparation had not been sufficiently taken into account in early calculations about atomic prospects, but the more one investigates the possibilities in terms of specific situations the more one realizes how important it is for these countries to acquire the preliminary training and practical experience and to establish the basic facilities on which the complex superstructure of an atomic industry can be built. Their most urgent need today is for what has come to be known as technical assistance: assistance that would enable them to utilize new techniques and incorporate them into their own technological and economic structures.

When the statute of the International Atomic Energy Agency was drawn up, technical assistance was not specifically mentioned as one of its functions; the emphasis at that time was mainly on more advanced types of aid, such as the supply of nuclear materials and facilities. The Agency's operational experience during the last two years has, however, made it clear that most of the underdeveloped countries will require a great deal of preliminary assistance, in such forms as expert advice and training, before they can make any fruitful use of a supply of uranium or a power reactor. Its activities have been adjusted to these needs and as a result technical assistance has now become one of its major programmes of work.

The Agency has sent out several missions of experts to assess the prospects of nuclear development in a number of its member States, and to determine how the Agency can assist in this development. So far, six composite teams have visited twenty-seven countries in South-east Asia and the Far East, Africa and the Middle East, Latin America and southern Europe. This has provided opportunities for a direct exchange of views between international teams of atomic experts and national authorities, for fairly detailed investigations on the spot, and eventually for arriving at a broad agreement on specific needs.

The demand for assistance has been steadily growing. The size of the Agency's programme, however, is dependent on a somewhat uncertain factor: voluntary contributions by member States. So far, the uncertainty has not been a serious impediment to growth; although contributions to the Agency's general fund, which is used to finance technical assistance projects, have been rather below expectations, they have so far been enough to meet the immediate requirements. The funds allocated to the Agency under the United Nations Expanded Programme of Technical Assistance (EPTA) have also been of great help. This year, the Agency has been authorized to spend, subject to the availability of funds, $513,100 out of its general fund on technical assistance, and an additional amount of approximately the same order will be available out of the EPTA funds. The assistance, in the form of services of experts and some essential equipment, will go to thirty-one countries. Altogether, more than one hundred experts provided by the Agency will be working in different parts of the world this year.

So far, twelve Agency experts have completed their assignments. Three of them worked in Brazil, in the fields of isotope measurements, radiation dosimetry and nuclear legislation. Two health physicists served in China (Taiwan) and Israel. Korea had the guidance of an Agency expert on prospecting for radioactive minerals, while a specialist in the analysis of nuclear raw materials assisted the Thai Atomic Energy Commission. Thailand also received the services of an expert in the medical applications of radioisotopes, an expert in the agricultural applications served in the United Arab Republic. A radiochemist and an adviser on the development of an overall atomic energy programme were sent to the Philippines. An expert on health and safety measures advised the atomic energy authorities of Pakistan.

Of these twelve experts, four were recruited from the United Kingdom, three from the United States and the others from France, West Germany, New Zealand, Norway and Switzerland. Some thirty Agency experts are now serving in sixteen countries, more than half of them recruited from the United Kingdom and the United States.

About seventy new experts will have to be provided by the Agency this year. The fields in which their services are needed vary from one country to another although some of the requirements appear fairly common. The largest demand is for experts in the agricultural and medical applications of radioisotopes, and under this year's programme the Agency will have to provide the services of more than twenty specialists in these subjects. Their specific tasks will, of course, vary in the field of agriculture, for example, an expert on Morocco will organize isotopic studies on the distribution of soil water, while another to be sent to East Pakistan will initiate investigations into such problems as plant nutrition, plant genetics and pest control. Again, in the field of medicine, Brazil has asked for a specialist in the clinical use of isotopes, mainly in cancer

2530 (1987)

*พ.ป.ส. เปิดศูนย์ควบคุมคุณภาพเนื้อเยื่อชีวภาพปลอดเชื้อด้วยรังสีแกมมา*

ส่วนความก้าวหน้าด้านเวชศาสตร์นิวเคลียร์ของโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์นั้น มีการก่อตั้งหน่วยไอโซโทปส์ ภายใต้แผนกรังสีวิทยาเมื่อ พ.ศ.2502 โดยทางโรงพยาบาลได้รับความช่วยเหลือจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ซึ่งได้ส่งนายนอร์แมน วีลล์ (Norman Veall) ผู้เชี่ยวชาญการใช้สารไอโซโทปกัมมันตรังสีในทางการแพทย์ซึ่งรู้จักสนิทสนมกับนายแพทย์ร่มไทร สุวรรณิก มาให้คำแนะนำ จัดหาเครื่องมือ วางโครงงาน และช่วยเหลือในการปฏิบัติงาน ตลอดจนช่วยสอนแพทย์ในโรงพยาบาลอยู่ชั่วระยะหนึ่ง

324

**Atomic assistance to the underdeveloped countries** *continued*

diagnosis and treatment, while an expert needed in Iceland will assist in establishing routine diagnostic and therapeutic services, such as radioiodine measurements, cardiac output measurements, diagnosis of pernicious anaemia and tumour localization.

Another subject of considerable interest to a number of countries is the exploitation of indigenous reserves of nuclear raw materials, and several experts will be required this year to help them in prospecting or in the more advanced phases of actual production. For example, Ceylon needs a geologist with special experience in urano-thorianite exploration and development; it is proposed to carry out a survey for radioactive minerals over the whole of that country except the north-west coastal belt where the chances of uranium occurrence are small. Argentina, on the other hand, has asked for an expert on the continuous methods of uranium oxide or uranium metal production. The Argentine Atomic Energy Commission has a small experimental laboratory for physical concentration of uranium ores and two pilot plants for the production of yellow cake; there is also a small plant for uranium metal production. The Commission now intends to develop metal production on an industrial scale, and the Agency expert will be called upon to carry out the necessary studies and laboratory work up to the stage of plant and process design.

These are a few examples of the kind of projects for which expert assistance is needed. It is a healthy sign that countries are entering the atomic energy field aware of the importance of adequate measures for radiation protection, and a number of requests have been received for health physicists, radiobiologists and experts in monitoring and dosimetry. Other subjects in which expert advice or practical assistance is needed include electronics, nuclear engineering, metallurgy, reactor design, radiochemistry and nuclear and other branches of physics. In most cases, the experts will have the task of planning, initiating or organizing research programmes, training local personnel and advising on the selection and use of equipment and technical supplies.

Inevitably, most of the experts will have to be sought from the few advanced countries which have already had considerable experience of atomic energy work. The area is severely restricted, and because of the increasing demand for scientists and technicians within these countries themselves the task of recruitment is not easy. Many of the experts whose services would be valuable to the Agency would probably find work in their own countries more attractive than an assignment abroad for a variety of reasons, the most important, perhaps, being the immeasurably better scientific facilities available in the technologically advanced nations.

Nevertheless, a short-term assignment under a technical assistance project may not be entirely unrewarding. Apart from the attraction of working in a new set of circumstances, such an assignment is likely to offer a scientist a much greater share of responsibility than he can normally expect to enjoy on an advanced and well-established centre of work. He would have an opportunity of independent planning and organization, perhaps of influencing decisions of policy and the shape of major programmes. On the scientific plane, he is likely to have before him a wider area of investigation, a broader complex of problems, which in some cases may not be an unwelcome change after years of extreme specialization.

Some of the features of this type of work can be illustrated by a project in Thailand for which the Agency secured the services of a British expert, Mr Norman Veall, of Guy's Hospital, London. Mr Veall went to Thailand in February, 1959, on a six-month assignment to assist in the establishment of isotope applications in diagnosis and clinical research. He found on his arrival that the scientific work could be considerably advanced by some simple yet essential improvements in the physical arrangements and facilities. For example, he found that delays due to import formalities made it almost impossible to obtain radioisotope supplies as and when needed; apart from holding up urgent investigations, this also led to considerable wastage due to radioactive decay. It was largely due to Mr Veall's efforts that the formalities were simplified and prompt supplies ensured. Even at the scientific level, he found that a good deal could be achieved by a little guidance to the medical workers already engaged in isotope applications and by some reorganization of the existing procedures of work.

Apart from introducing such procedural refinements and technical variations, the Agency expert applied himself to the intensive development of investigations into certain specific problems which appeared especially important in the local situation. He found, for instance, that the widespread incidence of faulty haemoglobin synthesis (other blood disorders in Thailand represented

A test in which some of the patient's red blood cells have been labelled with radiochromium and re-injected. *Termsri Chomnijarukij of Thailand's School of Medical Technology and Norman Veall, IAEA expert, are measuring the uptake of radiochromium in the patient's spleen with the aid of gamma ray counter (Photographic U.N.)*

NEW SCIENTIST No. 234, 11 MAY 1961

an important practical clinical problem, and several local haematologists were interested in investigating these cases with radioactive chromium. A scheme was therefore evolved under which several groups of workers were to carry out these studies. After a preliminary seminar and a practical demonstration, Mr Veall visited each of the individual groups and carried out further demonstrations in their own laboratories. Technical problems were discussed at regular meetings. In view of the large number of patients who undergo splenectomy as treatment for haemolytic anaemia, facilities were set up for carrying out body surface counts to determine in advance whether or not an individual patient might benefit from this operation. This work is now being conducted on a routine basis at the two main hospitals in Bangkok, and the results of this research were reported in an interesting paper by a Thai doctor at a recent international symposium in Bangkok on the role of isotopes in the study of tropical endemic diseases.

Mr Veall was also called upon to give advice or guidance on a number of other research projects. He was asked, for example, whether or not it would be possible to label snake venom for research purposes. It appeared that radioiodine-labelled venom would be useful for basic immunological studies, as well as for assay work arising in the routine production of anti-venene. Besides, it could possibly be used in animal experiments on the distribution and mode of action of snake venoms. Radioiodine-labelled cobra venom was therefore prepared and the first tests showed that there was no detectable effect on the potency of the labelled material as indicated by toxicity tests on rats. Mr Veall suggested to the Agency that it might be worthwhile to keep a stock of uniformly labelled venom synthetically prepared material to be derived from [illegible] which could be of particular interest to [illegible] particularly concerned with the problems, such as India and Brazil.

Mr Veall's work has given a considerable impetus to the medical applications of isotopes in Thailand, and his activities there have been followed up by another British expert, Mr J. D. Pearson, also of Guy's Hospital, who went to Thailand in May, 1960, under the Agency's technical assistance programme. It is this type of patient, unobtrusive work that can lay a proper foundation for the development of the peaceful applications of atomic energy in the underdeveloped areas of the world.

Electrical Aids in Industry

**Factory Heating-1**

Data Sheet **No. 18**



*บทความจากวารสาร New Scientist ฉบับวันที่ 11 พฤษภาคม ค.ศ.1961 รายงานการทำงานของนอร์แมน วีลล์ (หินหลัง) ผู้เชี่ยวชาญด้านรังสีไอโซโทปที่ไอเออีเอส่งมาช่วยไทย*

เครื่องเอกซเรย์คลื่นเสียงความถี่สูง
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)

เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)

งานในระยะเริ่มแรกของหน่วยไอโซโทปส์เป็นการตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ และรักษาผู้ป่วยโรคต่อมไทรอยด์เป็นพิษด้วยไอโอดีนกัมมันตรังสี (radioactive iodine) ตรวจหาสาเหตุโรคน้ำในช่องปอดด้วยฟอสฟอรัสกัมมันตรังสี (radioactive phosphorous) การใช้โบรมีนกัมมันตรังสี (radioactive bromine) การตรวจหาของเหลวที่อยู่นอกเซลล์ (extra-cellular fluid) ในคนปกติ และการตรวจหาเซลล์เม็ดเลือดแดงโดยใช้กัมมันตรังสีโครเมียม

กิจการของหน่วยไอโซโทปขยายตัวอย่างรวดเร็ว ใน พ.ศ.2506 จึงต้องย้ายสถานที่ไปอยู่ที่ตึกสวัสดิ์-ล้อม โอสถานุเคราะห์ ซึ่งมีเนื้อที่ใช้สอยมากขึ้น ทำให้สามารถขยายงานทั้งด้านการตรวจรักษาและการวิจัยมากขึ้น ในปีถัดมาทางหน่วยได้เริ่มใช้ทองคำกัมมันตรังสี (radioactive gold) ชนิดเม็ดในการรักษามะเร็งของช่องปาก กระเพาะอาหาร และกระเพาะปัสสาวะ และใช้ไอโอดีนกัมมันตรังสีในการรักษามะเร็งของต่อมไทรอยด์ ในเวลาไล่เลี่ยกันนั้นเอง ทางหน่วยยังได้ติดตั้งเครื่องถ่ายภาพรังสีชนิดแถว (rectilinear scanner) เครื่องแรกสำหรับใช้ในการตรวจไทรอยด์และตับด้วย

**2535 (1992)**

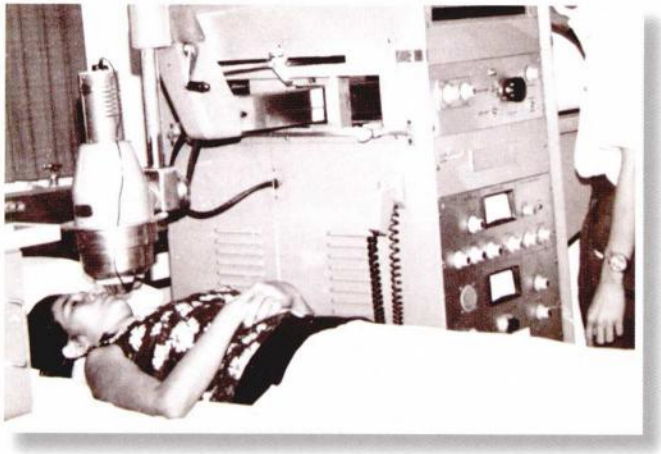
*ก่อตั้งวิทยาลัยรังสีแพทย์*

**2540 (1997)**

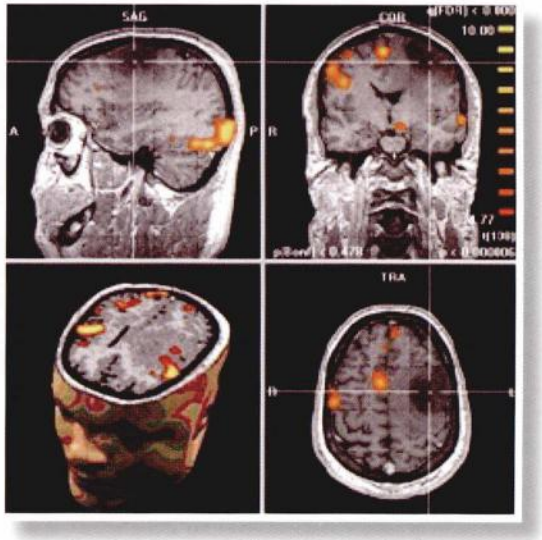
*เปลี่ยนชื่อเป็นราชวิทยาลัยรังสีแพทย์แห่งประเทศไทย*

กล่าวได้ว่าโรงพยาบาลศิริราชและโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ ซึ่งมีโรงเรียนแพทย์อยู่ในสังกัดเป็นผู้นำในการใช้ประโยชน์จากรังสีทั้งในด้านรังสีวินิจฉัย รังสีรักษา และเวชศาสตร์นิวเคลียร์มาโดยลำดับ วิทยาการด้านนี้ได้แพร่หลายไปสู่โรงเรียนแพทย์และโรงพยาบาลอื่นๆ ในเวลาต่อมา ดังจะเห็นได้จากการเปิดภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ.2504 ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลรามาธิบดี เมื่อ พ.ศ.2514 และ สาขารังสีรักษา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในเวลาไล่เลี่ยกัน

ในขณะเดียวกัน เทคนิคและเครื่องมือทางการแพทย์ทั้งในทางรังสีวินิจฉัย รังสีรักษา เวชศาสตร์นิวเคลียร์ พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ปัจจุบันโรงพยาบาลของรัฐและเอกชนขนาดใหญ่สามารถให้บริการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องมือทันสมัย อาทิ ภาพถ่ายรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์หรือซีที (computed tomography, CT) การสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็กหรือเอ็มอาร์ไอ (magnetic resonance imaging, MRI) เครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมาหลายระนาบหรือสเปกต์ (Single Photon Emission Computed Tomography, SPECT) และเครื่องถ่ายภาพรังสีจากอนุภาคโพซิตรอนหลายระนาบหรือเพต (Positron Emission Tomography, PET) และรักษาด้วยเทคนิคก้าวหน้า เช่น การฉายรังสีแบบปรับความเข้มหรือไอเอ็มอาร์ที (Intensity modulated radiation therapy, IMRT) เพื่อรักษามะเร็ง การใส่แร่ 3 มิติ หรือรังสีรักษาระยะใกล้ 3 มิติ (3D brachytherapy) เพื่อรักษามะเร็งปากมดลูก



*เครื่องเรดิลิเนียสแกนเนอร์เครื่องแรกในเมืองไทย ใช้ตรวจไทรอยด์และอวัยวะอื่น ๆ เริ่มใช้ในปี 2506*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)*




*ภาพภายในกะโหลกศีรษะจากเครื่องตรวจคลื่นสะท้อนในสนามแม่เหล็ก*
*(ที่มา : www.unmc.edu)*

# นวัตกรรมพืชพันธุ์ธัญญาหาร

# ข้าวและถั่วสายพันธุ์ใหม่

การฉายรังสีข้าวในประเทศไทยเริ่มต้นในปี 2508 โดยนายปรีชา ขัมพานนท์ ผู้ชำนาญด้านพันธุศาสตร์ สถาบันวิจัยข้าว กรมวิชาการเกษตร ได้ร่วมกับสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ทำการฉายรังสีเมล็ดข้าว จนกระทั่งคัดเลือกได้ข้าวพันธุ์ใหม่ คือ กข-6 กข-10 และ กข-15 ซึ่งมีความต้านทานโรคและแมลงเพิ่มขึ้นและให้ผลผลิตสูง กรมวิชาการเกษตรได้นำพันธุ์ข้าวใหม่นี้ไปส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกอย่างแพร่หลายและเป็นต้นแบบของการปรับปรุงพันธุ์ข้าวอีกมากมายหลายสายพันธุ์ในเวลาต่อมา

นายปรีชา ขัมพานนท์ (ซ้าย)

การใช้รังสีแกมมาเหนี่ยวนำให้เกิดการแปรปรวนในพันธุกรรมเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชเศรษฐกิจที่ประสบความสำเร็จอย่างมากในเวลาต่อมา คือการปรับปรุงพันธุ์พืชตระกูลถั่ว โดยศาสตราจารย์ ดร. สุมินทร์ สมุทคุปติ์ ดร. สุมินทร์ เริ่มศึกษาวิจัยการใช้รังสีก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ในถั่วเหลืองพื้นเมืองเพื่อให้มีผลผลิตสูงขึ้นมาตั้งแต่ พ.ศ.2511 ขณะเป็นอาจารย์อยู่ที่คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ต่อมาท่านได้ร่วมกับคณะทำงานถั่วเหลืองนานาชาติ ศึกษาวิจัยจนสามารถสร้างสายพันธุ์ถั่วเหลืองอีกหลายสายพันธุ์ โดยเฉพาะถั่วเหลืองพันธุ์ดอยคำ ที่มีความต้านทานต่อโรคราสนิมถั่วเหลืองและให้ผลผลิตสูงกว่าสายพันธุ์อื่น

ศาสตราจารย์ ดร. สุมินทร์ สมุทคุปติ์

ระหว่างที่เป็นหัวหน้าภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทปในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (2524–2529) ดร. สุมินทร์ ได้สนับสนุนโครงการปรับปรุงพันธุ์ถั่วแดงหลวงโดยการกลายพันธุ์ของภาควิชารังสีฯ จนสามารถสร้างสายพันธุ์ที่มีความทนทานต่อโรคได้จำนวนหลายสายพันธุ์ โครงการวิจัยถั่วที่สูงของมูลนิธิโครงการหลวงได้รับงานวิจัยนี้ไปดำเนินการต่อ นอกจากนี้ ดร. สุมินทร์ ยังได้ปรับปรุงสายพันธุ์ถั่วขาวโดยใช้รังสีเพื่อสร้างถั่วขาวสายพันธุ์ใหม่ให้มูลนิธิโครงการหลวงนำไปปลูกเป็นพืชเสริมหรือทดแทนพืชถั่วแดงหลวงในกรณีที่ราคาถั่วแดงตกต่ำด้วย

**2498 (1955)**

*ทดลองฉายรังสีข้าวเมล็ดพันธุ์นางมล เอส-4/เมล็ดพันธุ์ข้าวตาแห้ง ที่สหรัฐอเมริกา*

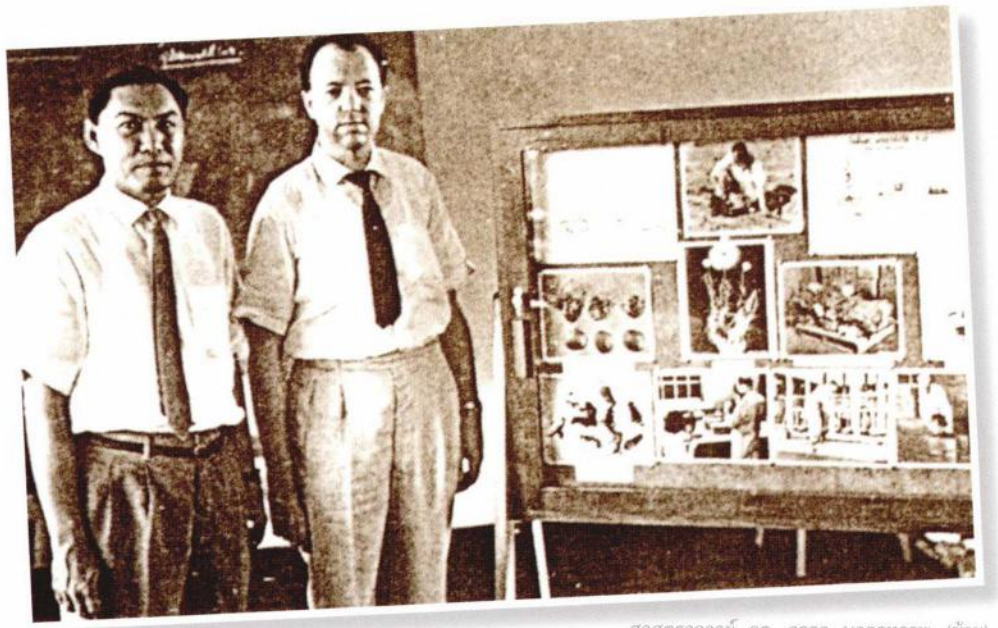
**2503 (1960)**

*ดร. อรรถ นาครทรรพ ก่อตั้งหน่วยพลังงานปรมาณู ม. เกษตรศาสตร์*

# "รุกขรังสี" ที่เกษตรศาสตร์

การนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์ด้านการเกษตรมาใช้ในประเทศไทยอย่างจริงจังเริ่มขึ้นเมื่อ ศาสตราจารย์ ดร. อรรถ นาครทรรพ ซึ่งได้รับทุนจากองค์การบริหารวิเทศกิจฯ ไปศึกษาดูงานด้านนี้ในสหรัฐอเมริกา กลับมาก่อตั้งหน่วยพลังงานปรมาณูขึ้นในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เมื่อ พ.ศ. 2503 (เปลี่ยนสถานภาพเป็นภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทปใน พ.ศ.2524) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อสันติในทางเกษตรและชีววิทยา พร้อมทั้งให้การศึกษา อบรม แก่อาจารย์ข้าราชการ และนิสิตของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตลอดจนถึงบุคลากรของกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ด้วย

ด้วยความช่วยเหลือจากคณะกรรมการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ศาสตราจารย์ ดร. อรรถ และนายอินทรี จันทร์สถิตย์ อธิการบดีในเวลานั้นได้ร่วมกันผลักดันการก่อสร้างเรือนรุกขรังสี (gamma radiation greenhouse) ขึ้นในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จนสามารถเปิดใช้งานได้สำเร็จใน พ.ศ.2505 ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ยังได้ส่งผู้เชี่ยวชาญด้านการใช้ไอโซโทปรังสีทางการเกษตรมาประจำอยู่ที่มหาวิทยาลัยด้วย นับเป็นเรือนรุกขรังสีแห่งแรกและแห่งเดียวในประเทศไทย และเป็นเครื่องมืออันสำคัญในการค้นคว้าวิจัยการปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยเทคนิคการกลายพันธุ์ (mutation) อยู่จน พ.ศ.2526



*ศาสตราจารย์ ดร. อรรถ นาครทรรพ (ซ้าย)*

**2505 (1962)**

*ม. เกษตรศาสตร์ สร้างเรือนรุกขรังสี*

**2506 (1963)**

*พ.ป.ส. วิจัยการฉายรังสีอาหารด้วยโคบอลต์-60*

**2508 (1965)**

*กรมวิชาการเกษตรและ พ.ป.ส. ฉายรังสีปรับปรุงพันธุ์ข้าว*

**2511 (1968)**

*ดร. สุมินทร์ สมุทคุปติ์ เริ่มวิจัยการใช้รังสีปรับปรุงพันธุ์ถั่วเหลือง*

ภายหลังมีการก่อสร้างอาคารหอพักติดกับเรือนรุกขรังสี ทำให้เรือนรุกขรังสีต้องปิดใช้งานไปในปี 2526 เพื่อความปลอดภัยของผู้อาศัยในหอพัก ระหว่างปี 2530-2540 ดร. สุมินทร์ สมุทคุปต์ และดร. สิรนุช ลามศรีจันทร์ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป ได้เป็นกำลังสำคัญในการติดต่อของบประมาณจากรัฐบาลและขอความช่วยเหลือจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ผ่านสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จนสามารถสร้างอาคารฉายรังสีแกมมาขึ้นแทนการสร้างเรือนรุกขรังสี เนื่องจากทุกฝ่ายเห็นพ้องต้องกันว่าอาคารฉายรังสีเป็นอาคารปิดที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและแสงสว่างให้เหมาะสมกับการฉายรังสีเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยง (in vitro culture) ของพืชได้ดีกว่า และไม่จำเป็นต้องมีพื้นที่กว้างขวางห่างไกลชุมชนอย่างเรือนรุกขรังสี จึงสามารถสร้างในวิทยาเขตบางเขนเพื่อให้อาจารย์และนิสิตของมหาวิทยาลัยใช้ประโยชน์ได้เต็มที่ และสะดวกต่อเจ้าหน้าที่ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ที่ต้องมาตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

ในที่สุดศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ก็เสร็จสมบูรณ์และเปิดทำการใน พ.ศ.2540 ศูนย์แห่งนี้ติดตั้งเครื่องฉายรังสีแบบโครนิกที่มีต้นกำเนิดรังสีเป็นโคบอลต์-60 กำลังแรงรวมกัน 800 คูรีแบ่งเป็น 3 ชุด (200, 200 และ 400 คูรี) หนึ่งเครื่อง และเครื่องฉายรังสีแบบเฉียบพลัน (acute irradiation) ที่มีต้นกำเนิดรังสีแกมมาเป็นซีเซียม-137 กำลังแรงรวมกัน 4,500 คูรี อีกหนึ่งเครื่องไว้ที่อาคารฉายรังสี

**เรือนรุกขรังสี**

เรือนรุกขรังสีมีลักษณะเป็นเรือนกระจกติดตั้งโคบอลต์-60 กำลังแรง 20 คูรี เป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาสำหรับฉายรังสีแบบโครนิก (chronic irradiation) ให้พืชที่กำลังเจริญเติบโตได้รับในปริมาณน้อยๆ แต่เป็นเวลานานต่อเนื่อง ต่อมาในปี 2508 ได้เปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีเป็นธาตุซีเซียม-137 กำลังแรง 100 คูรี ค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างรวมทั้งค่าต้นกำเนิดรังสีมูลค่า 303,300 บาท

*เรือนรุกขรังสีก่อนมีการก่อสร้างหอพักอาเซียน*

ภายในศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาฯ ม. เกษตรศาสตร์

ศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาฯ ของมหาวิทยาลัยเกษตรและสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เป็นสองหน่วยงานที่มีบทบาทสำคัญซึ่งทำให้การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยการฉายรังสีของไทยก้าวหน้าไปอย่างมาก พืชอื่นๆ นอกจากข้าวและถั่วเหลืองที่หน่วยงานทั้งสองประสบความสำเร็จในการเหนี่ยวนำให้กลายพันธุ์มีทั้งไม้ดอกไม้ประดับ เช่น เบญจมาศ ปทุมมา ชิงแดง พุทธรักษา บัว และกล้วยไม้ ไม้ผล เช่น มังคุด แตงโม และพืชไร่ เช่น ถั่วเขียว กระเจี๊ยบ

นอกจากนี้ยังมีการปรับปรุงพันธุ์หม่อนร่วมกับสถาบันวิจัยหม่อนไหม กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พันธุ์หญ้าที่ใช้เลี้ยงโคร่วมกับกรมปศุสัตว์ ปรับปรุงพันธุ์ไม้ผลเมืองหนาวร่วมกับโครงการเกษตรที่สูง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เกษตรกรได้นำพันธุ์กลายเหล่านี้ไปต่อยอดขยายผลจนเกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจได้สำเร็จเป็นอย่างดี

## อาหารปลอดเชื้อ ผักผลไม้ปลอดแมลง

งานศึกษาและวิจัยการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์เพื่อส่งเสริมการเกษตรและการส่งออกผลผลิตทางการเกษตรเป็นงานที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติทำมาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับอาหารฉายรังสีระดับห้องปฏิบัติการจากต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 อันเกิดจากความริเริ่มของ พล.จ.อ. สวัสดิ์ ศรีศุข ที่เริ่มดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ.2506 เป็นการศึกษาถึงระดับรังสีต่างๆ ที่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์และแมลงในอาหาร ลดการเน่าเสียของผลผลิตทางการเกษตร และชะลอการสุกของผลไม้ ผลการวิจัยพบว่าการฉายรังสีสามารถยืดอายุปลาทูและกุ้งให้เก็บได้นานโดยคุณภาพไม่เปลี่ยนแปลง (2509) ยับยั้งการงอกของมันฝรั่ง (2513) และหอมหัวใหญ่ ซึ่งสำนักงานได้ทดลองฉายรังสีในเชิงพาณิชย์ด้วย (2516 และ 2530) และสามารถควบคุมเชื้อราและกำจัดแมลงในมะขามหวาน (2536-2537)

*ดอกไม้กลายพันธุ์จากการฉายรังสี (บนลงล่าง) ปทุมมา พุทธรักษา เบญจมาศ*

**2525 (1982)**

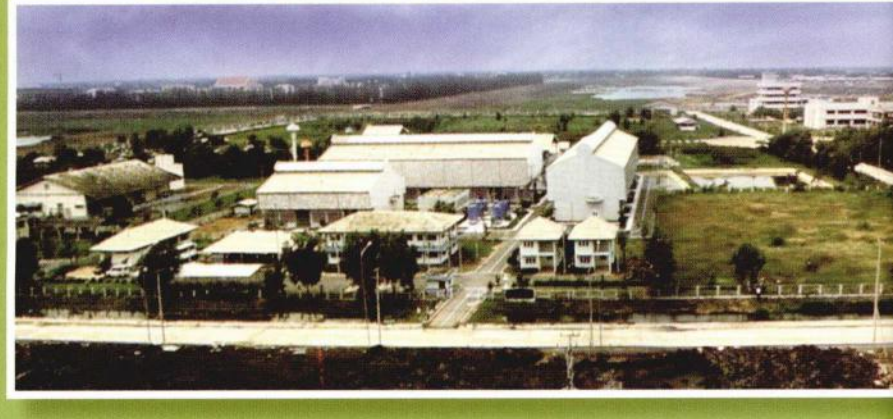
*โครงการควบคุมและกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิค SIT ระยะที่ 1 ตอยอย่างยาง*

ใน พ.ศ.2513 ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศได้มอบเครื่องฉายรังสีที่มีต้นกำเนิดรังสีแกมมาจากโคบอลต์-60 ขนาด 30,000 คูรีให้แก่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ จึงทำให้สามารถดำเนินงานงานวิจัยต่างๆ ได้กว้างขวางขึ้น ในภายหลังได้มีการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีใหม่ เป็นโคบอลต์-60 ขนาดความแรง 48,000 คูรี

ใน พ.ศ.2517 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้ทำการทดลองฉายรังสีเพื่อทำลายเชื้อโรคท้องร่วงซัลโมเนลลาในแหนม ซึ่งต่อมามีการนำผลงานวิจัยของสำนักงานไปต่อยอดในเชิงพาณิชย์ จนสามารถนำแหนมฉายรังสีออกวางจำหน่ายได้ในปี 2529 ในระหว่างนั้นทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติยังได้ฉายรังสีกุ้งแช่แข็ง (2527) เนื้อไก่แช่แข็ง (2528) เพื่อลองตลาดด้วย

ใน พ.ศ.2526 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติจึงเริ่มศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐกิจในการสร้างโรงงานฉายรังสีอาหารและผลิตผลทางการเกษตร โครงการนี้ได้รับความช่วยเหลือจากองค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศของรัฐบาลแคนาดา (Canadian International Development Agency, CIDA) ทั้งในด้านเครื่องมือ ต้นกำเนิดรังสี การถ่ายทอดเทคโนโลยี และความช่วยเหลือด้านวิชาการ รวมทั้งการทดลองนำอาหารฉายรังสีของไทยบางชนิดไปวางจำหน่ายในแคนาดา หลังจากที่ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตรเปิดดำเนินการใน พ.ศ.2532 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติสามารถขยายขอบเขตการศึกษาวิจัยและพัฒนาการใช้รังสีถนอมอาหารให้ครอบคลุมอาหารหลากหลายขึ้น ตลอดจนขยายบริการฉายรังสีแกมมาให้แก่หน่วยงานทั้งของภาครัฐและภาคเอกชนด้วย

*พืชและอาหารฉายรังสี (บนลงล่าง) เนื้อกุ้ง เนื้อไก่ มะขาม เครื่องเทศ มันฝรั่ง และหอมหัวใหญ่*

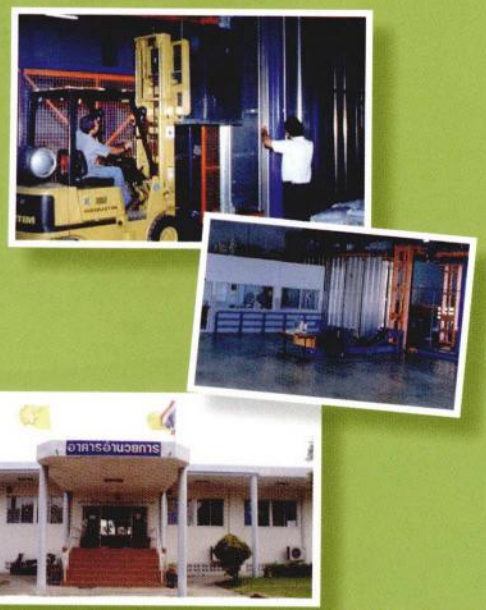


**2532 (1989)**

*พ.ป.ส. เปิดศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตร*

**ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตร**

ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตรตั้งอยู่ที่ เทคโนธานี ตำบลคลองห้า อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี เป็นโรงงานตัวอย่างสำหรับกิจการฉายรังสีอาหารแห่งแรกของประเทศไทย ใช้โคบอลต์-60 ความแรงรังสี 450,000 คูรี เป็นต้นกำเนิดรังสี ขณะไม่ใช้งานต้นกำเนิดรังสีจะถูกเก็บไว้ในบ่อน้ำซึ่งฝังลึกลงไปในดินประมาณ 7.50 เมตร โครงสร้างของบ่อน้ำได้รับการออกแบบเป็นพิเศษและแยกออกจากตัวอาคารฉายรังสีเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ หากเกิดแผ่นดินไหว ตัวอาคารอาจแตกร้าว แต่บ่อน้ำเก็บต้นกำเนิดรังสีจะไม่เป็นอันตราย ตัวอาคารฉายรังสีเป็นผนังคอนกรีตหนาประมาณ 2 เมตร ทั้งผนังอาคารและบ่อน้ำได้รับการออกแบบให้รองรับการใช้งานกับโคบอลต์-60 ขนาดความแรงสูงสุดถึง 5,000,000 คูรี ใน พ.ศ. 2549 ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตรได้เปลี่ยนชื่อเป็นศูนย์ฉายรังสี (Thai Irradiation Center, TIC) และย้ายมาสังกัดอยู่กับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ เครื่องฉายรังสีที่ใช้ปัจจุบันเป็น Carrier Type Gamma Irradiator รุ่น JS 8900 IR-155




*ศูนย์ฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตรของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ*

**2534 (1991)**

- *โครงควบคุมและการกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิค SIT ระยะที่ 2 ตอยอ่างทอง*
- *โครงการควบคุมกำจัดหนอนใยผักด้วยเทคนิค SIT*

ผลไม้ไทยเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีรสชาติอร่อยและได้รับความนิยมไปทั่วโลก แต่ผลไม้ไทยหลายชนิดกลับถูกกีดกันทางการค้าจากสหรัฐอเมริกา เนื่องจากมีโรคและแมลง การส่งออกของประเทศไทยไปสหรัฐอเมริกาในปี 2549 มีมูลค่ารวมทั้งสิ้น 19,454 ล้านดอลลาร์อเมริกัน แต่ไม่มีผลไม้ของไทยเลย ขณะที่ในปีเดียวกันนั้นประเทศไทยส่งออกผลไม้ไปประเทศต่างๆ ทั่วโลกรวมมูลค่า 1,814 ล้านดอลลาร์อเมริกัน ใน พ.ศ. 2550 หน่วยบริการตรวจสอบสุขภาพพืชและสัตว์ (Animal and Plant Health Inspection Service - APHIS) กระทรวงเกษตรสหรัฐได้ให้การรับรองและอนุญาตให้นำเข้าผลไม้ซึ่งผ่านการฉายรังสีจากไทยรวมหกรายการ ได้แก่ ลิ้นจี่ ลำไย มะม่วง มังคุด สับปะรด และเงาะ เข้าไปจำหน่ายในสหรัฐอเมริกาได้ โดยผลไม้ที่จะส่งออกนี้จะต้องผ่านกระบวนการตรวจสอบและฉายรังสีโดยสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติซึ่งสามารถในการตรวจสอบและฉายรังสีโคบอลต์-60 ระดับ 400 เกรย์ ได้สูงสุดวันละ 40 ตัน ด้วยเหตุนี้ กระทรวงพาณิชย์จึงมีความหวังว่าไทยจะสามารถส่งผลไม้ไปจำหน่ายในสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มขึ้น ซึ่งจะช่วยสร้างรายได้ให้เกษตรกรไทยและนำเงินตราเข้าประเทศได้อีกเป็นจำนวนมาก

APHIS Factsheet

Plant Protection and Quarantine — November 2007

**Questions and Answers: Importing Irradiated Fruit from Thailand into the United States**

**Q. When did the U.S. Department of Agriculture (USDA) publish the final rule to allow litchis longans, mangoes, mangosteens, pineapples, and rambutans from Thailand into the United States?**

**A.** USDA's Animal and Plant Health Inspection Service (APHIS) published the final rule in the *Federal Register* on June 21, 2007. Under Title 7 of the Code of Federal Regulations, Part 319.56-47, the final rule allows, under certain conditions, the importation of six fruits—litchi, longan, mango, mangosteen, pineapple, and rambutan—from Thailand into the United States.

**Q. What are the requirements for exporting the six fruits to the United States?**

**A.** To ensure plant pests of quarantine significance do not enter the United States through the importation of these fruits, APHIS preclearance officers in Thailand inspect fruit shipments for pests prior to export. If no pests are detected, a shipment is authorized to be treated prior to export with specified doses of irradiation at an APHIS-certified facility. If, however, pests of quarantine significance are found during a preclearance inspection, the shipment is refused treatment and is not eligible for export to the United States.

Fruit must be packed in pest proof boxes and be safeguarded after treatment to prevent reinfestation. It must also be accompanied by a phytosanitary certificate issued by the national plant protection organization (NPPO) of Thailand with an additional declaration certifying that the treatment and inspection of the fruit were made in accordance with U.S. import regulations. Longans and litchis are required to be packed in marked boxes indicating their prohibition for import into and distribution within Florida.

**Q. How do I begin the process of importing litchis, longans, mangoes, mangosteens, pineapples, and/or rambutans from Thailand?**

**A.** To begin importing litchi, longan, mango, mangosteen, pineapple, and rambutan from Thailand, you must first apply for an APHIS permit. You can apply for a permit online via APHIS' ePermits system at www.aphis.usda.gov/permits by completing the Plant Protection and Quarantine (PPQ) Form 587 for fresh fruits and vegetables. ePermits is a Web-based tool that allows you to apply for a permit, check its status, and view it online.

As an alternative, you can also submit an application to PPQ's Permit Services unit. The address is: Permit Services, USDA–APHIS–PPQ, 4700 River Road, Unit 133, Riverdale, MD 20737. The permit application form is available online at http://www.aphis.usda.gov/ or by calling (877) 770-5990. The permit to import any of the six fruits from Thailand is valid for 1 year from its issuance date.

**Q. Are there any other requirements for importing these fruits from Thailand?**

**A.** Yes. In addition to USDA requirements, the Food and Drug Administration (FDA) and the Department of Homeland Security's (DHS) Customs and Border Protection (CBP) have specific requirements for importing litchi, longan, mango, mangosteen, pineapple, and rambutan from Thailand. For information about FDA's requirements, please e-mail industry@fda.gov. For information on CBP's requirements, please visit www.cbp.gov. You may also contact an international customs broker who will help you with inspection and shipping logistics as well as the various agency approvals.

**Q. What happens when my shipment arrives in the United States?**

**A.** When your fruit arrives at a U.S. port of entry, CBP inspectors will verify three documents accompanying the shipment to ensure it was properly treated and inspected:

- PPQ Form 203—Foreign Site Certificate of inspection—signed by an APHIS officer in the exporting country;
- Phytosanitary certificate issued by Thailand's NPPO to certify that the shipment has been treated; and
- APHIS import permit, verifying that the shipment has been authorized by USDA to be imported into the United States.

If these entry requirements are not met, the shipment will be prohibited entry. In addition, CBP inspectors may further inspect precleared commodities at the port of first arrival.

*คู่มือในการนำเข้าผลไม้ฉายรังสีจากไทยหกชนิดที่หน่วยบริการตรวจสอบสุขภาพพืชและสัตว์ กระทรวงเกษตร สหรัฐอเมริกา จัดทำขึ้นเมื่อเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2550*

2540 (1997)

น. เกษตรศาสตร์ เปิดศูนย์บริการฉายรังสีทางการเกษตรและวิจัยเทคโนโลยีนิวเคลียร์

**Q. When traveling, can I carry fresh litchis, longans, mangoes, mangosteens, pineapples, and/or rambutans from Thailand to the United States in my personal baggage?**
**A.** No. The rule only applies to commercial shipments of irradiated fruit from Thailand. Individuals traveling from Thailand to the United States cannot bring these fruits, even if they have been treated, in their personal baggage. The fruit must enter the United States via commercial channels (air or ship) where quarantine security can be assured. Boxes of fruit leaving that chain of custody are prohibited entry into the United States.

**Q. Can I send litchis, longans, mangoes, mangosteens, pineapples, and/or rambutans from Thailand to the United States through the mail?**
**A.** No. As stated above, these fruits can only be commercially shipped to the United States. The fruit must be sent directly from the irradiation facility to its means of commercial conveyance (air or ship) and then exported directly to the United States. This ensures a strict chain of custody in the event [illegible] exported fruit shows signs of pest infestation.

**Q. Why haven't these fruits from Thailand been allowed into the United States until now?**
**A.** APHIS approved the use of irradiation as a quarantine treatment for imported fruits and vegetables in October 2002. In January 2006, APHIS published another rule approving a minimum generic dose (400 gray) of irradiation for imported fruits and vegetables. Until the availability of this generic dose, the pests associated with the six fruits from Thailand could not be mitigated with any other APHIS-approved treatment.

**Q. What is food irradiation?**
**A.** [illegible]diation involves briefly exposing food to ionizing energy for a specific length of time in order to destroy or sterilize bacteria, microorganisms, or other pests of concern. Food is irradiated in a special processing facility and never comes in direct contact with the energy source. It is important to note that irradiation does not necessarily kill all pests; it will, however, sterilize them, rendering them incapable of reproducing or emerging from host to adult. Thus, there may be instances where you will see insects on fruit, however, if they have been treated, they are not harmful to you or the fruit.

**Q. How does the process of irradiation affect pests?**
**A.** The energy waves produced during the irradiation process physically breaks the molecular structure of the pests' DNA, killing or sterilizing them. However, at specified doses, the structure of the atom is not affected.

**Q. Is it safe to eat irradiated fruits and/or vegetables?**
**A.** Yes. The FDA has evaluated the safety of this technology over the last 40 years. The FDA has found irradiation to be safe under a variety of conditions and has therefore approved its use for many foods. The agency determined that the process is safe and effective in decreasing or eliminating harmful bacteria, insects, and parasites. In certain fruits and vegetables, it inhibits sprouting and delays ripening, which allows for a longer shelf life.

Food irradiation is currently used in over 50 countries to control plant pests and is approved by the World Health Organization, the American Medical Association, and many other organizations around the world. Although food irradiation has been in existence since the 1950s, scientists have just recently begun focusing on its ability to control harmful pests and diseases associated with fruits and vegetables.

**Q. How do I know if my food has been irradiated?**
**A.** The FDA requires that irradiated foods include labeling with either the statement, "treated with radiation" or "treated by irradiation" along with the international symbol for irradiation, called the Radura.

**Q. Where can I find out more information on this subject?**
**A.** To learn more about imports of litchi, longan, mango, mangosteen, pineapple, and rambutan from Thailand into the United States, please visit the APHIS Web site at www.aphis.usda.gov and click on the Irradiated Fruits from Thailand hot issues link.

The U.S. Department of Agriculture (USDA) prohibits discrimination in all its programs and activities on the basis of race, color, national origin, age, disability, and where applicable, sex, marital status, familial status, parental status, religion, sexual orientation, genetic information, political beliefs, reprisal, or because all or part of an individual's income is derived from any public assistance program. (Not all prohibited bases apply to all programs.) Persons with disabilities who require alternative means for communication of program information (Braille, large print, audiotape, etc.) should contact USDA's TARGET Center at (202) 720–2600 (voice and TDD). To file a complaint of discrimination, write to USDA, Director, Office of Civil Rights, 1400 Independence Avenue, S.W., Washington, D.C. 20250–9410, or call (800) 795–3272 (voice) or (202) 720–6382 (TDD). USDA is an equal opportunity provider and employer.

United States Department of Agriculture • Animal and Plant Health Inspection Service • **Safeguarding American Agriculture**

การเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันเป็นขั้นตอนหนึ่ง
ของเทคนิค SIT เพื่อควบคุมแมลงวันผลไม้

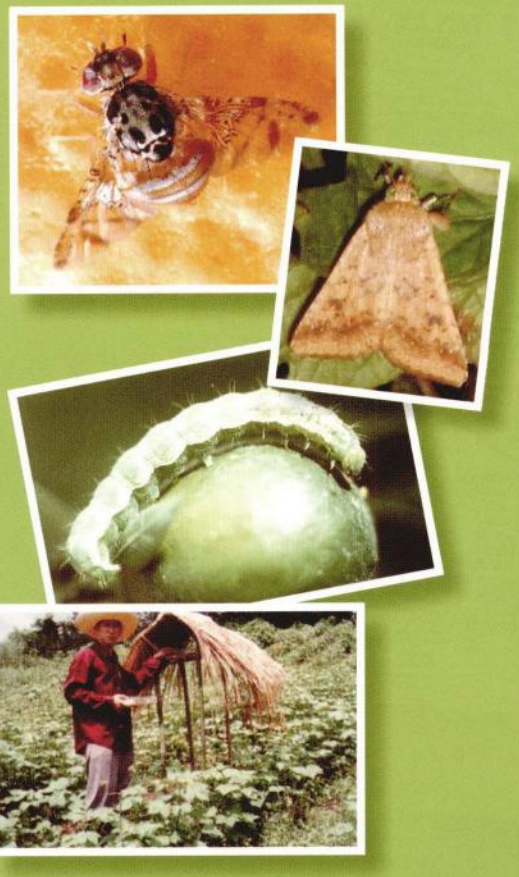


โครงการกำจัดแมลงวันผลไม้โดยวิธีควบคุมด้วยเทคนิคชั่นปลอดเชื้อ ณ ศูนย์ฯ

ผลงานวิจัยสำคัญชิ้นหนึ่งของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติคือการควบคุมและกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการใช้แมลงวันที่เป็นหมันด้วยรังสี (Sterile Insect Technique, SIT) ซึ่งเริ่มขึ้นในปี 2513 จากการทดลองใช้เทคนิคนี้ในพื้นที่ทดลองโครงการหลวงเกษตรที่สูง ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่ ระหว่าง พ.ศ.2528-2434 ทำให้ได้ผลผลิตท้อ สาลี่ พลับ ที่มีคุณภาพดีขึ้น ใน พ.ศ.2534 กลุ่มส่งเสริมและพัฒนาเทคโนยีรังสี สำนักพัฒนาคุณภาพสินค้าเกษตร กรมส่งเสริมการเกษตร จึงได้นำเทคนิคนี้ไปดำเนินการในพื้นที่จังหวัดอื่นๆ เช่น ราชบุรี ระยอง นครราชสีมา และพิจิตร ได้ผลสำเร็จเป็นอย่างดี

ต่อมากรมส่งเสริมการเกษตรได้ปรับเปลี่ยนการดำเนินการให้เหมาะสมต่อการขยายพื้นที่ให้เป็นอาณาเขตควบคุมแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้าง (Area-wide Integrated Control of Fruit Flies) โดยกำหนดเขตนำร่องควบคุมแมลงวันผลไม้ด้วยการใช้แมลงวันผลไม้ที่เป็นหมันจากการฉายรังสีในพื้นที่ปลูกไม้ผลเพื่อการส่งออกของปี 2546 ไว้ที่พื้นที่จังหวัดพิจิตรและราชบุรี ครอบคลุม 42,500 ไร่ การดำเนินการครั้งนี้ได้รับความร่วมมือจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ และสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ซึ่งดำเนินโครงการเขตควบคุมแมลงวันผลไม้ในพื้นที่กว้างโดยมีพื้นที่สาธิตอยู่ที่อำเภอเมืองจังหวัดนครนายก และอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี

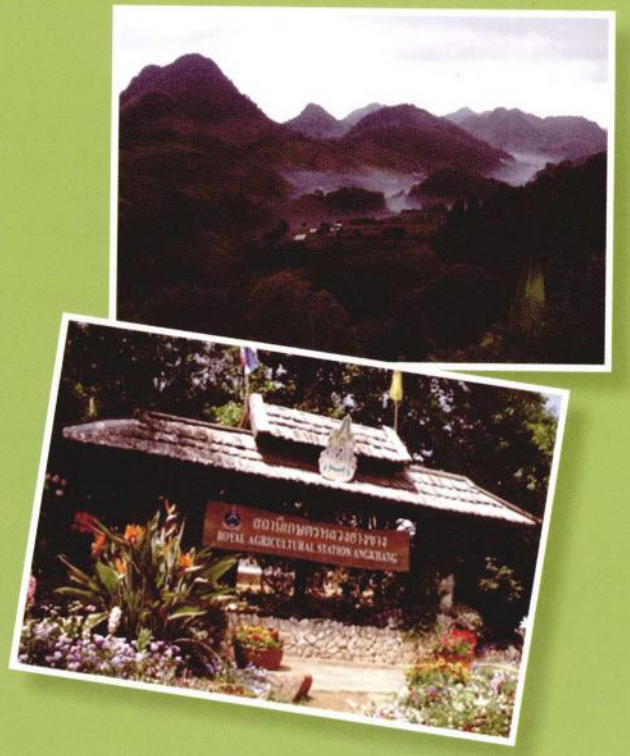
สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติยังใช้เทคนิคนี้ในการควบคุมและกำจัดหนอนผักที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ และหนอนเจาะสมอฝ้ายที่ศูนย์วิจัยพืชไร่อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ระหว่าง 2535-2547 สามารถลดการใช้ยาฆ่าแมลงลงได้มาก ปริมาณสารพิษตกค้างในผักและสิ่งแวดล้อมจึงมีน้อยลงด้วย



2550 (2007)

*สหรัฐอเมริกาอนุญาตให้นำเข้าผลไม้ฉายรังสีหกชนิดจากไทย*

ผลงานวิจัยสำคัญชิ้นหนึ่งของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ คือการควบคุมและกำจัดแมลงวันผลไม้ด้วยเทคนิคการใช้แมลงวันที่เป็นหมันด้วยรังสี (Sterile Insect Technique, SIT) ซึ่งเริ่มขึ้นในปี 2513 จากการทดลองใช้เทคนิคนี้ในพื้นที่ทดลองโครงการหลวงเกษตรที่สูง ดอยอ่างขาง




โครงการหลวงเกษตรที่สูง ดอยอ่างขาง

# ขยายศักยภาพ ต่อยอดเทคโนโลยี

รังสีและเทคโนโลยีนิวเคลียร์มีบทบาทที่น่าอัศจรรย์ในแวดวงต่าง ๆ มากมาย เช่น อุตสาหกรรม โบราณคดี ธรณีวิทยา และสิ่งแวดล้อม แต่ผู้คนทั่วไปไม่ค่อยได้รับรู้ การประยุกต์ใช้รังสีและเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในกิจกรรมเหล่านี้มีพื้นฐานจากงานศึกษาวิจัยที่อาศัยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัยของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเป็นเครื่องมือ

และเป็นผลสืบเนื่องจากความร่วมมือกับทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือทางวิชาการแก่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการให้ทุนแก่บุคลากรของสำนักงานไปฝึกอบรมดูงานในต่างประเทศ นักวิทยาศาสตร์หลายคนได้กลับมาเป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาองค์ความรู้และวางรากฐานงานด้านรังสีและเทคนิคทางนิวเคลียร์ ทำให้สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติสามารถเผยแพร่ความรู้และการใช้ประโยชน์ในเรื่องนี้ให้หน่วยงานของรัฐและเอกชนนำไปประยุกต์ใช้ในกิจการหลายๆ ด้านได้สำเร็จเป็นอย่างดี

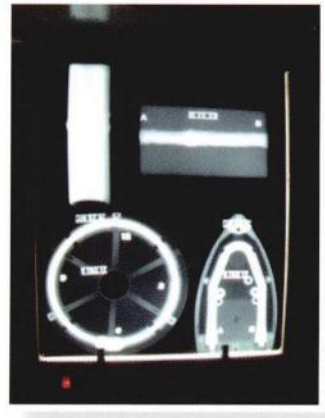
## จากห้องปฏิบัติการสู่สายพานการผลิต

การใช้ประโยชน์จากรังสีด้านอุตสาหกรรมในระยะแรกได้แก่การฉายรังสีเพื่อการปลอดเชื้อเวชภัณฑ์ ภายหลังจากที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติประสบความสำเร็จในการฉายรังสีเพื่อยับยั้งการงอกในมันฝรั่งและหอมหัวใหญ่ พล.อ.จ. สวัสดิ์ ศรีศุข เลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติคนแรก จึงมีดำริให้นำเทคนิคการฉายรังสีอาหารมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ทางการแพทย์ โดยได้รับความช่วยเหลือทางวิชาการจากทบวงการพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ในการวิจัย และพัฒนาการฉายรังสีเพื่อฆ่าเชื้อ เวชภัณฑ์ เครื่องมือแพทย์ ถุงมือยาง และอื่นๆ จนสามารถถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวสู่ภาคเอกชน คือโรงงานฆ่าเชื้อเวชภัณฑ์ด้วยรังสีของบริษัทเอกชนอเมริกัน เคนดอลล์-แกมมาตรอน (Kendall-Gammatron) ซึ่งเปิดดำเนินการใน พ.ศ. 2526

อุปกรณ์ทางรังสีที่ทำหน้าที่ควบคุมความหนาของกระดาษในกระบวนการผลิตกระดาษ

การตรวจสอบล้อเครื่องบินโดยเทคนิคการถ่ายภาพรังสี

ชิ้นงานที่นำมาตรวจสอบ



ชิ้นงานที่เห็นจากฟิล์มถ่ายภาพรังสี

**2512 (1969)**

*พ.ป.ส. ร่วมกับไอเออีเอจัดอบรมการถ่ายภาพรังสี*

**2515 (1972)**

*พ.ป.ส. เริ่มให้บริการตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยการถ่ายภาพรังสี*

ในระยะต่อมา ดร. มนูญ อร่ามรัตน์ อดีตผู้อำนวยการกองปฏิกรณ์ปฏิบัติ ได้ริเริ่มนำรังสีมาใช้ในการควบคุมน้ำหนักและความหนาของกระดาษ โดยได้ร่วมกับบริษัทสยามคราฟต์จัดสร้างโรงงานต้นแบบที่ใช้เทคนิคนี้ในการผลิตกระดาษขึ้นที่อำเภอบ้านโป่ง ราชบุรี เทคนิคนี้ยังใช้ควบคุมความหนาของวัสดุอื่น ๆ เช่น แผ่นเหล็ก แผ่นอลูมิเนียมได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วย

ใน พ.ศ.2512 ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้ร่วมกับผู้เชี่ยวชาญจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ จัดการฝึกอบรมและสาธิตการถ่ายภาพรังสี ซึ่งมีทั้งการถ่ายภาพรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรังสีนิวตรอน (radiography) ซึ่งเป็นเทคนิคหนึ่งของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (non-destructive testing, NDT) ให้แก่บุคลากรของสถาบันต่างๆ ทั้งภาครัฐบาลและเอกชนเป็นครั้งแรก ปรากฏว่าได้รับความสนใจและมีความต้องการใช้บริการถ่ายภาพรังสีในวงการอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นทุกที ดังนั้นใน พ.ศ.2515 ทางสำนักงานฯ จึงเริ่มให้บริการการตรวจสอบโดยไม่ทำลายโดยการถ่ายภาพรังสีแก่หน่วยงานต่างๆ อย่างจริงจัง

การฉายรังสีอัญมณีเป็นเทคนิคอย่างหนึ่งในการปรับปรุงคุณภาพอัญมณีให้มีสีสันสวยงาม และมีราคาสูงขึ้น รังสีที่ใช้ในการฉายรังสีอัญมณี คือรังสีแกมมา รังสีอิเล็กตรอน และรังสีนิวตรอน สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้เผยแพร่เทคนิคและให้บริการฉายรังสีอัญมณีแก่ผู้ผลิตอัญมณีมานานกว่า 20 ปีแล้ว โดยอาศัยองค์ความรู้ที่นายวัลลภ บุญคง อดีตรองเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้ศึกษาค้นคว้าและรวบรวมไว้ตั้งแต่ยังเป็นผู้อำนวยการกองฟิสิกส์ เทคนิคการฉายรังสีใช้ได้ดีกับโทแพซ บริษัทเอกชนไทยที่ประสบความสำเร็จในการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในเชิงพาณิชย์คือบริษัทสยามบลูโทแพซ

**สมาคมตรวจสอบโดยไม่ทำลายแห่งประเทศไทย**
(Thai Society for Non-Destructive Testing)

เดิมคือชมรมการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ก่อตั้งขึ้นเมื่อ พ.ศ.2527 โดยความริเริ่มของ ดร. มนูญ อร่ามรัตน์ อดีตเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ (พ.ศ.2547-2549) ในขณะที่เป็นผู้อำนวยการกองปฏิกรณ์ปฏิบัติ ชมรมได้ทำหน้าที่เผยแพร่ความรู้และให้คำแนะนำ ตลอดจนฝึกอบรมเทคนิคต่างๆ เกี่ยวกับการตรวจสอบโดยไม่ทำลายแก่บุคลากรทั้งจากภาครัฐและเอกชนอย่างแข็งขัน แต่กิจกรรมต่างๆ ต้องหยุดชะงักไประยะหนึ่ง จนกระทั่ง พ.ศ. 2535 จึงได้เริ่มดำเนินการอีกครั้งเพราะมีผู้ให้ความสนใจเนื่องจากเห็นประโยชน์และความสำคัญของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ดร. สุชาติ มงคลพันธุ์ อดีตเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติซึ่งเป็นนายกสมาคม ขณะนั้น จึงเร่งจัดตั้งเป็นสมาคม โดยใช้สถานที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเป็นที่ทำการชั่วคราว จนสามารถจัดตั้งเป็นสมาคมตรวจสอบโดยไม่ทำลายแห่งประเทศไทยได้สำเร็จเมื่อ พ.ศ.2537 นอกจากสมาคมจะทำงานเผยแพร่วิชาการแล้ว ยังจัดให้มีการทดสอบและออกใบรับรองความรู้ความสามารถด้านการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย ตลอดจนเป็นศูนย์กลางของสมาชิกในการแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นความรู้ทางวิชาการและติดต่อประสานงานกับหน่วยงาน ชมรมหรือสมาคมอื่นๆ ทั้งในและต่างประเทศด้วย

**2516 (1973)**

- *รัฐบาลพิจารณาแผนการขุดคลองกระด้วยระเบิดนิวเคลียร์*
- *พ.ป.ส. ให้บริการตรวจวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยวิธีอาบนิวตรอน*

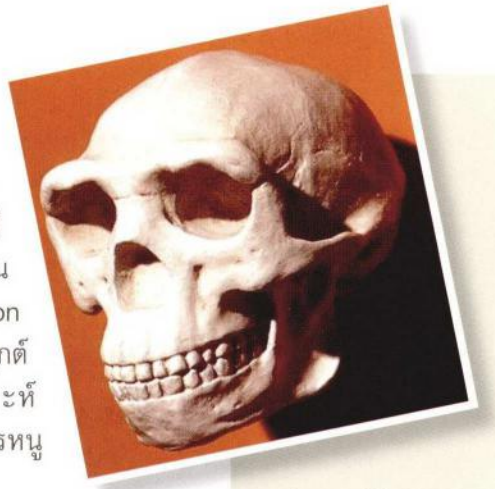
# สมบัติของชาติ แร่ธาตุของไทย

กองเคมีซึ่งมีหม่อมหลวง อนงค์ นิลอุบล เป็นผู้อำนวยการกองและกองฟิสิกส์ซึ่งมีนายวัลลภ บุญคงเป็นผู้อำนวยการกองได้ร่วมมือกันศึกษาและพัฒนากรรมวิธีวิเคราะห์แร่โดยการอาบนิวตรอน (neutron activation analysis, NAA) มาตั้งแต่ระยะแรกที่เริ่มเดินเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย-1 เทคนิคนี้มีประโยชน์มากในการประเมินคุณภาพของแร่เศรษฐกิจ เพราะสามารถวิเคราะห์ชนิดและปริมาณธาตุในแร่ได้แม่นยำและรวดเร็ว ผลงานศึกษาวิจัยของกองเคมีและกองฟิสิกส์ ทำให้สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติสามารถให้บริการตรวจวิเคราะห์แร่ธาตุด้วยวิธีอาบนิวตรอน ควบคู่ไปกับการเรืองรังสีเอกซ์ (X-ray fluorescence, XRF) และการเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD) แก่หน่วยงานภายนอกมาตั้งแต่ พ.ศ. 2516

เทคนิคทางนิวเคลียร์ซึ่งสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติเป็นผู้บุกเบิกนี้มีประโยชน์อย่างมากในการค้นหาแหล่งแร่ เช่น ดีบุก ฮิวมิไนต์ (huminite) แทนทาไลต์ (tantalite) วุลแฟรไมต์ (wolframite) โมนาไซต์ (monazite) การวิเคราะห์แร่ช่วยให้กรมทรัพยากรธรณีควบคุมปริมาณและราคาในการส่งออกแร่ได้ถูกต้องเหมาะสม เป็นการช่วยปกป้องผลประโยชน์ทางเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศชาติ

แร่บางชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่โมนาไซต์ มีธาตุยูเรเนียมและทอเรียมซึ่งใช้ทำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และธาตุหายาก (rare earth element) มูลค่ามหาศาล 15 ธาตุ สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต เช่น ทำเลนส์แว่นตา เคลือบปีกเครื่องบิน ทำไฟเบอร์ ที่มีความแข็งแรงทนทานสูง หากนำมาแปรสภาพด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสมจะสามารถแยกธาตุต่างๆ ที่มีอยู่ในแร่ออกมาได้ ด้วยเหตุนี้ในปี 2538 สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติจึงได้เปิดศูนย์วิจัยและพัฒนาธาตุหายาก (Rare Earth Research and Development Center) ขึ้นเพื่อเป็นโรงงานนำร่องในการแปรสภาพแร่โมนาไซต์ซึ่งมีอยู่มากในประเทศไทย โดยแยกผลผลิตธาตุหายากที่มีคุณค่าสูงสำหรับนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม และผลพลอยได้ธาตุวัสดุนิวเคลียร์สำหรับนำไปใช้ในการศึกษาวิจัยด้านเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ของประเทศ

เทคนิควิเคราะห์อีกวิธีหนึ่งที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติวิจัยและพัฒนาขึ้นโดยอาศัยเครื่อง ปปว.-1 คือการวิเคราะห์โดยวัดรังสีทันทีจากปฏิกิริยาระหว่างธาตุกับนิวตรอน (prompt gamma-ray neutron activation ananlysis, PGNAA) วิธีนี้เป็นการประยุกต์วิธีวิเคราะห์แร่ธาตุมาใช้ในการวิเคราะห์สารพิษ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม สารหนู ที่ปนเปื้อนในอาหาร หรือในสิ่งแวดล้อม



ลักษณะกะโหลกของโฮโมอิเรกตัส
(ที่มา : www.dbtechno.com)

**2518 (1975)**

*เริ่มการวิจัย พัฒนา และแปรสภาพแร่โมนาไซต์*

**2520 (1977)**

- *ขยายโครงการสกัดแร่โมนาไซต์ในระดับกึ่งโรงงานตัวอย่าง*
- *เริ่มโครงการพัฒนาวัสดุนิวเคลียร์*

ดีบุก

โมนาไซต์

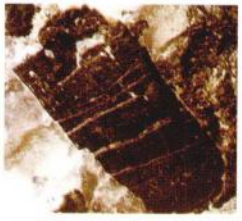
อิลเมไนต์

บาสเนไซต์

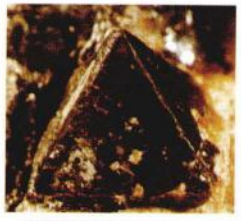
ซีโมไทม์

การ์เนต

โวลฟราไมต์


แอลลาไนต์

เซอร์คอน


ไพโรคลอร์

เพอรอฟสไกต์

**มนุษย์เกาะคา**

ระหว่าง พ.ศ.2541-2544 ทีมสำรวจทางโบราณคดีซึ่งประกอบด้วยนายสุรพงษ์ พิมพ์จันทร์ นายสมพร จองคำ นายชาญชัย อัศววินิจกุลชัย และนางสาวศศิพันธ์ ณ สงขลา จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ นายสมศักดิ์ ประมาณกิจ และนายวัฒนา ศุภวรรณ จากพิพิธภัณฑ์และห้องปฏิบัติการเรืองก่อนประวัติศาสตร์ สุด แสงวิเชียร คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยามหิดล ได้ขุดพบซากดึกดำบรรพ์ในชั้นหินบริเวณหน้าถ้ำตะก้า บ้านหาดปู่ด้าย ตำบลนาแส่ง อำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง ซากดึกดำบรรพ์ที่พบประกอบด้วยชิ้นส่วนกะโหลกด้านหน้าเหนือกระบอกตาและฟันหน้าด้านซ้าย และยังพบซากดึกดำบรรพ์ของสัตว์โบราณอีกจำนวนหนึ่งในบริเวณถ้ำผาหนาม ซึ่งอยู่ใกล้กับถ้ำตะก้าด้วย ทางสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้นำซากดึกดำบรรพ์ที่พบไปตรวจสอบด้วยวิธีอาบนิวตรอน (NAA) และวิธีเรืองรังสี (XRF) เพื่อหาอายุและวิเคราะห์องค์ประกอบ ในเบื้องต้นสันนิษฐานว่าเป็นกะโหลกและฟันของโฮโมอิเรกตัส (homo erectus) ซึ่งมีชีวิตอยู่ในสมัยไพลสโตซีน (Pleistocene Epoch) และเป็นต้นกำเนิดของมนุษย์โบราณ ต่อมาตัวอย่างซากดึกดำบรรพ์ที่ขุดพบนี้ได้รับการตรวจสอบและยืนยันจาก ดร. ฟิลลิป วี. โทเบียส และปรมาจารย์ด้านวิวัฒนาการของมนุษย์ที่มหาวิทยาลัยวิตวอเตอส์แรนด์ (Witwatersrand) ประเทศแอฟริกาใต้ว่าเป็นซากดึกดำบรรพ์ของมนุษย์โบราณสายพันธุ์โฮโมอิเรกตัสอายุประมาณ 500,000 ปี นับว่าเก่าแก่ที่สุดที่พบในประเทศไทย ส่วนซากดึกดำบรรพ์อื่น ๆ ที่พบเป็นของเสือเขี้ยวดาบ ไฮยีนา หมีแพนดายักษ์ ซึ่งมีชีวิตอยู่ในสมัยไพลสโตซีนเช่นกัน การค้นพบนี้นอกจากจะเป็นการพบครั้งแรกโดยคนไทยยังเป็นการพบซากดึกดำบรรพ์ของโฮโมอิเรกตัสในเอเชียที่อยู่นอกประเทศจีน (มนุษย์ปักกิ่ง, 2472) และอินโดนีเซีย (มนุษย์ชวา, 2431) เป็นครั้งแรกอีกด้วย

**2521 (1978)**

- *ก่อสร้างโรงงานระดับห้องทดลองเพื่อวิจัย พัฒนาและแปรสภาพโมนาไซต์*
- *พ.ป.ส. เริ่มให้บริการตรวจหาอายุทางธรณีและโบราณคดีด้วยวิธีคาร์บอน-14*

# เปิดประตูสู่อดีต

เทคนิคทางนิวเคลียร์อย่างหนึ่งที่มีประโยชน์มากในการศึกษาทางโบราณคดี คือเทคนิคการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 พล.อ.จ. สวัสดิ์ ศรีศุข เลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติได้มอบหมายให้นายชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ซึ่งไปฝึกอบรมการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ที่ประเทศนิวซีแลนด์ ด้วยทุนจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ดำเนินการจัดตั้งห้องปฏิบัติการกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ร่วมกับนายมานิตย์ ช้อนสุข ทั้งสองช่วยกันออกแบบสร้างระบบและเครื่องอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมี จนห้องปฏิบัติการนี้สามารถให้บริการหาอายุจากตัวอย่างโบราณคดีและธรณีวิทยาแก่หน่วยงานต่าง ๆ เช่น กรมศิลปากร กรมพัฒนาที่ดิน กรมทรัพยากรธรณีได้ตั้งแต่ พ.ศ. 2521 ห้องปฏิบัติการได้ใช้วิธีคาร์บอน-14 กำหนดอายุตัวอย่างมากมาย อาทิ ถ่านซึ่งขุดพบจากบ้านคูเมือง อำเภออินทร์บุรี จังหวัดสิงห์บุรี ถ่านและกระดูกจากเตาเผาโบราณที่อำเภอศรีสัชนาลัย จังหวัดสุโขทัย ถ่าน กระดูกสัตว์ ไม้โลงศพโบราณ ไม้โครงสร้างปราสาท และไม้แกะสลักจากแหล่งขุดค้นในจังหวัดพะเยา เชียงราย แม่ฮ่องสอน บุรีรัมย์ ตัวอย่างวัตถุโบราณจากบ้านเชียง จังหวัดอุดรธานี ตัวอย่างเปลือกหอยจากจังหวัดสุราษฎร์ธานี และนครศรีธรรมราช ถ่านพืชจากพัทลุงและพังงา เป็นต้น

ตัวอย่างโครงกระดูกและเครื่องใช้ที่พบในแหล่งโบราณคดีบ้านเชียง
(ที่มา : www.udonok.com)

**2524 (1981)**

โครงการจัดตั้งโรงงานแปรสภาพแร่โมนาไซต์ได้รับการบรรจุไว้ในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 5

**2527 (1984)**

ก่อตั้งชมรมตรวจสอบโดยไม่ทำลาย

# ความลับในสายน้ำ

เดิมทีนั้นสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติยังไม่มีการนำเทคนิคไอโซโทปมาใช้กับการศึกษาเรื่องน้ำ ต่อมาการกองน้ำบาดาลกรมทรัพยากรธรณีซึ่งศึกษาวิจัยความสัมพันธ์ระหว่างการใช้น้ำบาดาลกับการทรุดตัวของกรุงเทพฯ แต่ต้องส่งตัวอย่างน้ำบาดาลไปวิเคราะห์ในต่างประเทศ ได้ขอความร่วมมือจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติให้ช่วยวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำให้ นายมานิตย์ ช้อนสุข จึงได้ปรับปรุงห้องปฏิบัติการกำหนดอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 เพื่อให้สามารถวิเคราะห์น้ำบาดาลได้ ดร. มนูญ อร่ามรัตน์ รองเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติในเวลานั้นได้ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้อย่างมาก และติดต่อขอเครื่องแยกมวลซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย (isotope ratio mass spectro-meter) จากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศมาติดตั้ง ห้องปฏิบัติการนี้จึงกลายเป็นห้องปฏิบัติการเฉพาะทางเรื่องน้ำที่สมบูรณ์แบบ สามารถหาที่มาและกำหนดอายุของน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากการศึกษาน้ำบาดาลในหลายพื้นที่ เช่น แอ่งเชียงใหม่ แอ่งหาดใหญ่ ทุ่งกุลาร้องไห้ ห้องปฏิบัติการนี้ได้ให้ความร่วมมือกับการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทยใช้ไอโซโทปเทคนิคตรวจสอบการซึมและการรั่วของน้ำในเขื่อนน้ำพุง จังหวัด สกลนคร และเขื่อนบางลาง จังหวัด ยะลา (2544) ใช้เทคนิคไอโซโทปในโครงการ Assessment of Trends in Freshwater Quality Using Environmental Isotopes and Chemical Techniques for Improved Resources Management (2550-2551) และโครงการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแอ่งน้ำซีตอนบนและแอ่งน้ำน่านตอนล่าง (2550-2553)

*ดร. มนูญ อร่ามรัตน์ รองเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติในเวลานั้นได้ให้ความสำคัญกับเรื่องนี้อย่างมาก และติดต่อขอเครื่องแยกมวลซึ่งเป็นอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย (isotope ratio mass spectro-meter) จากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศมาติดตั้ง ห้องปฏิบัติการนี้จึงกลายเป็นห้องปฏิบัติการเฉพาะทางเรื่องน้ำที่สมบูรณ์แบบ*

*การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินเพื่อวิเคราะห์ไอโซโทปของน้ำ ได้รับความช่วยเหลือจากไอเออีเอ*
*(ที่มา : www.iaea.org)*

*เครื่อง Isotope ratio mass spectrometer (IRMS)*
*(ที่มา : www.ainse.edu.au)*

**2537 (1994)**

*เปลี่ยนชื่อเป็นสมาคมตรวจสอบโดยไม่ทำลายแห่งประเทศไทย*

**2538 (1995)**

*พ.ป.ส. เปิดศูนย์วิจัยและพัฒนาธาตุหายาก*

# "เรื่องเล็กของคลองกระ"

ระเบิดนิวเคลียร์มีอานุภาพในการทำลายสูงดังที่ทั่วโลกประจักษ์มาแล้วในสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่ในทางกลับกัน หากเรานำระเบิดนิวเคลียร์มาใช้ในทางสันติ อานุภาพมหาศาลนั้นก็สามารถทำงานที่เป็นประโยชน์ได้ เช่น ขุดเจาะหลุมขนาดใหญ่ ขุดโพรงในชั้นหินลึกใต้ดินเพื่อกระตุ้นแหล่งน้ำมันหรือแก๊สธรรมชาติ ขุดอ่างเก็บน้ำ ทำท่าเรือน้ำลึก ตัดช่องเขา และขุดคลอง

ราว พ.ศ.2516 รัฐบาลไทยมีความคิดที่ใช้ระเบิดนิวเคลียร์ขุดคลองน้ำลึกบริเวณคลองกระ จังหวัดระนอง เพื่อย่นระยะทางการเดินเรือระหว่างทะเลอันดามันและอ่าวไทย ช่วยให้เรือสินค้าหรือเรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ไม่ต้องเสียเวลาแล่นอ้อมคาบสมุทรมลายูผ่านช่องแคบมะละกา ความคิดในการขุดคลองกระไม่ใช่ความคิดใหม่ แต่ข้อเสนอให้รัฐบาลใช้ระเบิดนิวเคลียร์ในการขุดคลองแทนที่จะใช้ระเบิดทั่วไปครั้งนี้สร้างความสนใจและความกังวลใจในหมู่ประชาชนไม่น้อย

ความคิดที่จะขุดคลองกระมีมาตั้งแต่สมัยรัชกาลที่ 5 แล้ว แต่เหตุการณ์บ้านเมืองที่เปราะบางในยุคที่เจ้าอาณานิคมยุโรปแข่งขันกันแผ่ขยายอิทธิพลในเอเชียอาคเนย์ทำให้ความสนใจในเรื่องนี้ลบเลือนไป ในปี 2478 นายปรีดี พนมยงค์ ในฐานะรัฐมนตรีกระทรวงมหาดไทย (2478) ซึ่งสนใจศึกษาเรื่องนี้มาโดยตลอดได้เสนอความคิดนี้ต่อพระยาพหลพลพยุหเสนา นายกรัฐมนตรีในเวลานั้น ด้วยเล็งเห็นว่าจะเป็นประโยชน์ในการแก้ปัญหาเศรษฐกิจของชาติ แต่ติดขัดในเรื่องการจัดหาเงินทุนในการก่อสร้างและปัญหาเรื่องการแก้ไขสนธิสัญญาที่ไม่เสมอภาคกับต่างประเทศ นายปรีดีกล่าวถึงความคิดและข้อกังวลนี้ไว้ใน "บันทึกข้อเสนอเรื่องขุดคลองกระ" ถึงนายกสมาคมหนังสือพิมพ์แห่งประเทศไทย ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2501

**2541-44 (1998-2001)**

*ค้นพบและตรวจสอบซากดำดำบรรพ์ของ "มนุษย์เกาะคา"*

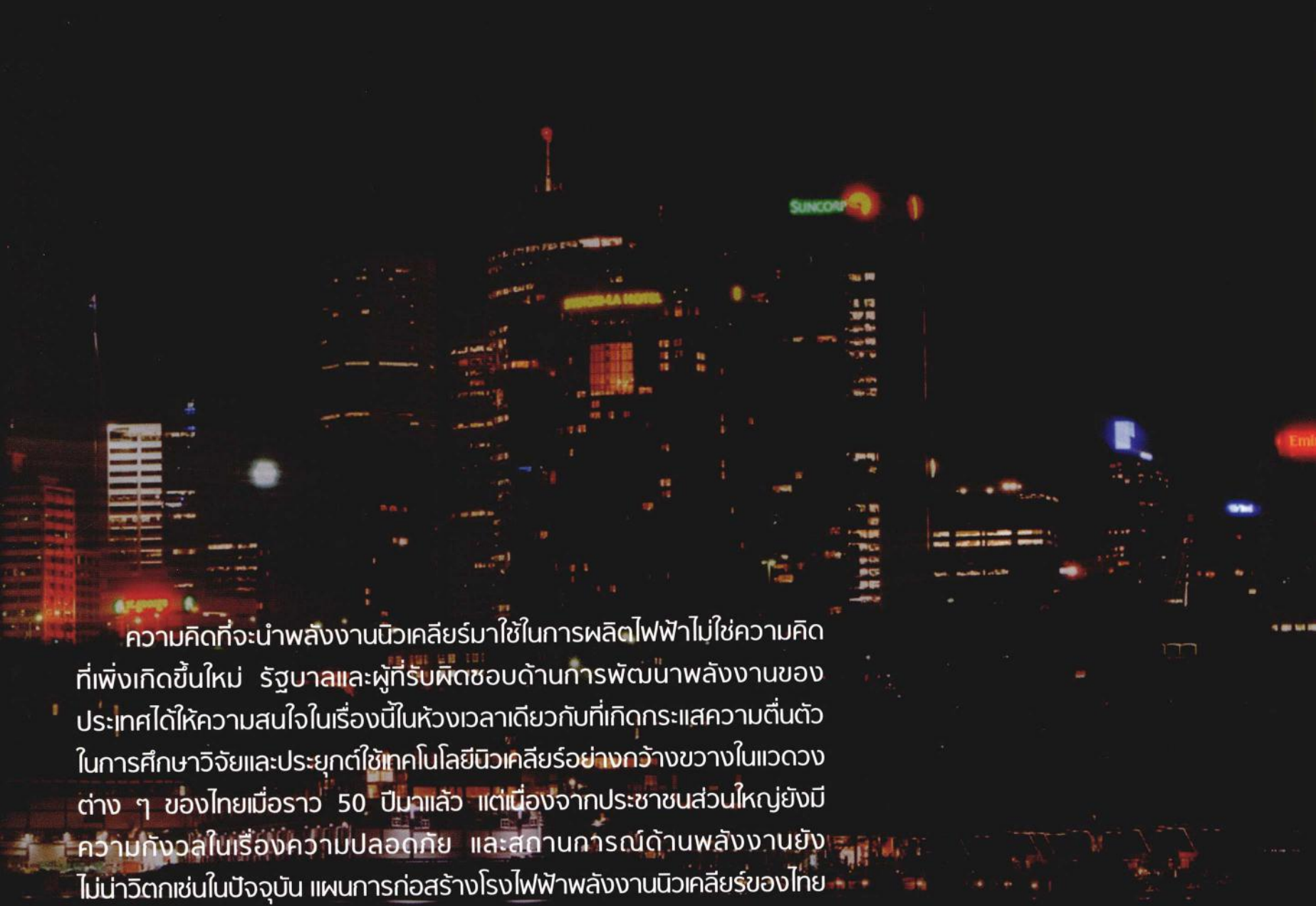
พล.อ.จ. สวัสดิ์ ศรีศุข อดีตเลขาธิการสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้ระบุไว้ในข้อเขียนเรื่อง "การเสนอใช้ระเบิดนิวเคลียร์ประกอบการสร้างคลองกระ" ในปี 2516 ว่า รัฐบาลในเวลานั้นได้มอบหมายให้ห้องปฏิบัติการลอว์เรนซ์ลิเวอร์มอร์ (Lawrence Livermore Laboratory) ในสหรัฐอเมริกาทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้ระเบิดนิวเคลียร์ขุดคลองนี้ ทีมงานของลอว์เรนซ์ลิเวอร์มอร์ได้ประเมินค่าจำนวนระเบิดและปริมาณกัมมันตรังสีที่จะเกิดขึ้นรวมทั้งค่าข้อมูลอื่นๆ เช่น การสั่นสะเทือน และแจ้งว่าสามารถประกอบระเบิดนิวเคลียร์ซึ่งเมื่อระเบิดแล้วปริมาณกัมมันตรังสีจะลดลงได้อีกสิบเท่า

รายงานการศึกษาของฝ่ายที่เสนอความคิดนี้เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขุดคลองที่มีขนาดร่องน้ำกว้าง 650 ฟุต ลึก 110 ฟุต สำหรับเรือบรรทุกน้ำมันระวางขับน้ำห้าแสนตันแล่นทางเดียว หากใช้วิธีขุดปกติจะมีค่าใช้จ่ายราวหกพันล้านดอลลาร์อเมริกัน กินเวลานาน 12 ปี แต่หากใช้วิธีขุดด้วยระเบิดนิวเคลียร์ โดยขุดเฉพาะส่วนกลางของแนวคลองที่เป็นเขาและหินระยะทางประมาณ 45 กิโลเมตร (ที่เหลือขุดด้วยเทคนิคที่ใช้กันทั่วไป) จะมีค่าใช้จ่ายราว 3.8 พันล้านดอลลาร์อเมริกัน และกินเวลาราวแปดปี

ในแง่ผลกระทบที่จะเกิดจากการใช้ระเบิดนิวเคลียร์ประกอบในการขุดคลองกระ ดร. สวัสดิ์ สรุปไว้ว่า *"ในหลักการนั้นสามารถดำเนินการเพื่อมิให้ประชาชนได้รับอันตรายจากการแผ่รังสี และปริมาณรังสีที่ประชาชนจะได้รับในกรณีที่กลับคืนสู่ภูมิลำเนาเดิมนั้นน้อย ซึ่งยังห่างไกลจากเกณฑ์ปกติที่ใช้เป็นหลักปฏิบัติกันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน ปัญหาอยู่ที่การอพยพประชาชน อยู่ที่ความยินยอมและความพอใจของประชาชนที่จะไปอยู่ที่อื่นอย่างถาวรหรืออย่างชั่วคราว อยู่ที่ความเข้าใจเรื่องโดยตลอดซึ่งทั้งหมดนี้อยู่ที่การดำเนินการของรัฐ"*

ท้ายที่สุด ดร. สวัสดิ์ ได้ให้ความเห็นว่าหากมีการใช้ระเบิดนิวเคลียร์ประกอบการก่อสร้างคลอง จะมีประเด็นที่ต้องพิจารณาอีกหลายด้าน และประเด็นเหล่านี้มีความเกี่ยวโยงกันอย่างซับซ้อน และทิ้งท้ายไว้ว่า *"ปรมาณูนั้นเล็กอยู่แล้ว เรื่องปรมาณูนั้นเป็นเรื่องเล็กของเรื่องคลองกระ"*

เส้นทางโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไทย




ความคิดที่จะนำพลังงานนิวเคลียร์มาใช้ในการผลิตไฟฟ้าไม่ใช่ความคิดที่เพิ่งเกิดขึ้นใหม่ รัฐบาลและผู้ที่รับผิดชอบด้านการพัฒนาพลังงานของประเทศได้ให้ความสนใจในเรื่องนี้ในห้วงเวลาเดียวกับที่เกิดกระแสความตื่นตัวในการศึกษาวิจัยและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์อย่างกว้างขวางในแวดวงต่าง ๆ ของไทยเมื่อราว 50 ปีมาแล้ว แต่เนื่องจากประชาชนส่วนใหญ่ยังมีความกังวลในเรื่องความปลอดภัย และสถานการณ์ด้านพลังงานยังไม่น่าวิตกเช่นในปัจจุบัน แผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ของไทยจึงถูกชะลอเวลาออกไปหลายครั้ง

# เมื่ออ่าวไผ่ต้องหลีกทางให้อ่าวไทย

ความเคลื่อนไหวในเรื่องนี้เริ่มขึ้นใน พ.ศ. 2509 เมื่อการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) เสนอโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ต่อรัฐบาลของจอมพลถนอม กิตติขจร รัฐบาลจึงตั้งคณะอนุกรรมการนิวเคลียร์ขึ้นเพื่อศึกษาความเหมาะสมของโครงการ และมีการสำรวจสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับตั้งโรงไฟฟ้าในพื้นที่หลายแห่ง จนกระทั่ง พ.ศ.2512 คณะรัฐมนตรีได้มีมติให้ใช้ที่ดินของรัฐที่อ่าวไผ่ จังหวัดชลบุรี เป็นสถานที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ การตัดสินใจดังกล่าวได้รับความเห็นชอบจากทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศหรือไอเออีเอด้วย ใน พ.ศ.2515 รัฐบาลได้ให้ความเห็นชอบกับโครงการที่กำหนดให้ใช้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำเดือด (boling water reactor, BWR) ขนาด 600 เมกะวัตต์ ในการสร้างปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเพื่อผลิตความร้อน

เมื่อประเด็นเรื่องสถานที่ตั้งและเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ผ่านการอนุมัติจากรัฐบาลแล้ว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ จึงได้เตรียมการที่จำเป็นสำหรับการก่อสร้างและการดำเนินงานโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขั้นต่อไป นั่นคือ สั่งจองเชื้อเพลิงยูเรเนียมจากองค์กรบริหารการวิจัยและพัฒนาด้านพลังงานของสหรัฐอเมริกา (Energy Research and Development Administration, ERDA) เตรียมความพร้อมด้านบุคลากรโดยให้เข้ารับการอบรมเกี่ยวกับการวางแผนและการปฏิบัติงานในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ที่จัดโดยไอเออีเอ พร้อมกับเจ้าหน้าที่จากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และเตรียมเปิดประมูลการก่อสร้างโรงไฟฟ้า

สืบเนื่องจากการที่ประเทศไทยมีโครงการจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ทำให้ต้องมีการสร้างวิศวกรและนักวิทยาศาสตร์ด้านนิวเคลียร์เพื่อรองรับภารกิจที่จะเกิดขึ้นอย่างเร่งด่วน นอกจากการส่งเจ้าหน้าที่ไปฝึกอบรมดูงานในต่างประเทศแล้ว ที่สำคัญได้มีการจัดตั้งภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ในคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2515 เพื่อผลิตนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรและปริญญาโทด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์ วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์และเทคโนโลยีอย่างจริงจัง ผู้เชี่ยวชาญจากสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติคือ นายวิชัย หโยดม ยังได้รับเป็นอาจารย์พิเศษสอนวิชาฟิสิกส์เครื่องปฏิกรณ์ (reactor physics) และนายวิทิต เกษคุปต์ สอนวิชาฟิสิกส์สุขภาพ (health physics) ร่วมกับคณาจารย์ของคณะวิศวกรรมด้วย

อย่างไรก็ตาม แม้งบลงทุนประจำปี 2520 เพื่อการสำรวจและเตรียมการก่อสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์วงเงิน 11.425 ล้านบาท ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ จะได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีตามมติเมื่อวันที่ 14 กันยายน 2520 แต่เนื่องจากมีการคัดค้านจากประชาชนในพื้นที่ ประจวบกับมีการสำรวจพบแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทย ใน พ.ศ.2521 รัฐบาลจึงตัดสินใจเลื่อนโครงการออกไปโดยไม่มีกำหนด

**2509 (1966)**

*กฟผ. เสนอโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ต่อรัฐบาล*

**2510 (1967)**

*ผู้เชี่ยวชาญไอเออีเอศึกษาความเหมาะสมของที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

*อ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี*

**2512 (1969)**

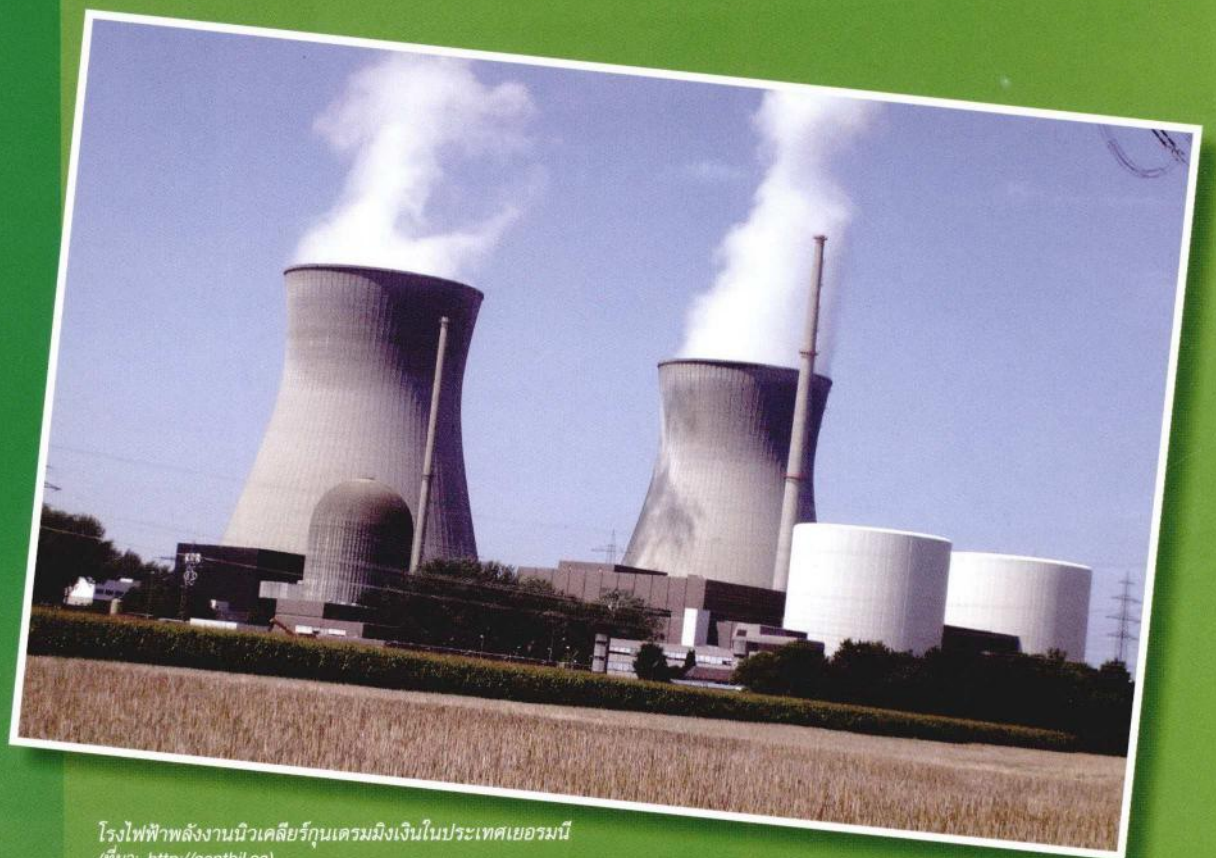
*รัฐบาลเห็นชอบให้ใช้อ่าวไผ่ ศรีราชา เป็นที่ตั้งโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

**2514 (1971)**

*ก่อตั้งภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ*

**ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

ใน พ.ศ.2511 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย การพลังงานแห่งชาติ และสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้ปรึกษาหารือกับศาสตราจารย์พิเศษ ปัตตะพงศ์ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อให้ช่วยจัดการอบรมวิศวกรของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ให้มีความรู้พื้นฐานด้านโรงไฟฟ้าปรมาณู เป็นการเตรียมบุคลากรเพื่อรองรับการดำเนินงานของโรงไฟฟ้าปรมาณูที่รัฐบาลไทยในเวลานั้นมีโครงการจะก่อสร้างต่อมา ศาสตราจารย์ สุวรรณ์ แสงเพ็ชร ได้รับมอบหมายให้เป็นผู้อำนวยการจัดการอบรม โดยใช้สถานที่ในการฝึกอบรม 3 แห่งคือ ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ ที่การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ และที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ความสำเร็จของการฝึกอบรมทำให้ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเสนอแนะให้ประเทศไทยจัดตั้งหลักสูตรการสอนวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ในระดับที่สูงกว่าปริญญาตรีเป็นการถาวร ดังนั้นทางจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติจึงได้มีการประชุมตกลงร่วมกันให้คณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นผู้ดำเนินโครงการ และให้คณะวิทยาศาสตร์เป็นฝ่ายสนับสนุน ใน พ.ศ. 2514 ไอเออีเอได้ส่งศาสตราจารย์ มอร์ตัน อี. แวกส์ (Prof. Morton E. Wacks) จากมหาวิทยาลัยแอริโซนา สหรัฐอเมริกา มาช่วยจัดทำหลักสูตรวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีของประเทศไทย โดยตั้งเป็นหน่วยวิชาอยู่ในแผนกวิศวกรรมสุขาภิบาล แบ่งเป็นสองหลักสูตรคือ หลักสูตรประกาศนียบัตรชั้นสูง และหลักสูตรปริญญา ก่อนจะแยกมาเป็นหน่วยวิชาอิสระ และแผนกวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีใน พ.ศ. 2518 มีศาสตราจารย์สุวรรณ แสงเพ็ชร เป็นหัวหน้าแผนกวิชา ต่อมาได้เปลี่ยนชื่อมาเป็นภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีดังในปัจจุบันนี้



*โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์กุนเดรมมิงเงินในประเทศเยอรมนี*
*(ที่มา: http://senthil.ca)*

**2517 (1974)**

*กฟผ. เตรียมซื้อเชื้อเพลิงยูเรเนียมจากสหรัฐอเมริกา*

**2519 (1976)**

*กฟผ. เตรียมเปิดประมูลก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

## พิษวิกฤตเศรษฐกิจ

ใน พ.ศ. 2525 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ร่วมกับสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ และคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการศึกษาทบทวนความเหมาะสมของสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้าใหม่ โดยได้ขอความช่วยเหลือด้านผู้เชี่ยวชาญจากรัฐบาลอิตาลี ผลการศึกษาพบว่าสถานที่เดิมที่อ่าวไผ่ไม่เหมาะสมที่จะเป็นที่ก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อีกต่อไป เนื่องจากมีประชากรหนาแน่น และได้ทำการสำรวจหาพื้นที่ใหม่ที่เหมาะสม โดยจะต้องเป็นพื้นที่ที่มีประชากรน้อย มีแหล่งน้ำเพื่อระบายความร้อน ไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดแผ่นดินไหว ในเบื้องต้นได้คัดเลือกพื้นที่ที่มีความพร้อมทั้งในแง่ประชากรและลักษณะทางธรณีวิทยาไว้แปดแห่ง บริเวณชายฝั่งทะเลรอบอ่าวไทยและทะเลอันดามันในแถบจังหวัดชลบุรี เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี สงขลา และกระบี่ แต่ละแห่งมีพื้นที่ประมาณ 20-150 ตารางกิโลเมตร

การศึกษาความเหมาะสมของพื้นที่เป้าหมายเพื่อคัดให้เหลือจำนวนน้อยลง และการศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการยังคงดำเนินต่อไปในระหว่าง พ.ศ. 2525-2535 ในขณะเดียวกันสภาพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติได้บรรจุโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ไว้ในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 7 (2535-2539) ใน พ.ศ. 2535 คณะรัฐมนตรีได้มีมติตามคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) เห็นชอบแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (Power Development Plan) พ.ศ.2535-2549 ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ซึ่งกำหนดให้มีการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์สองแห่ง กำลังผลิตติดตั้งแห่งละ 1,000 เมกะวัตต์ ภายใน พ.ศ.2549

คณะรัฐมนตรียังได้มีมติเมื่อวันที่ 1 มิถุนายน พ.ศ. 2536 มอบหมายให้สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เตรียมแผนงานวิจัยความปลอดภัยและปรับบทบาทสำนักงานฯ ให้เป็นหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยในกรณีที่ประเทศไทยจะมีการพัฒนาก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในอนาคต โดยจัดทำแผนการวิจัยเรื่องความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม ปรับปรุงด้านกฎหมายและแผนประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้เข้าใจเกี่ยวกับการใช้พลังงานนิวเคลียร์ผลิตไฟฟ้าในอนาคต

อย่างไรก็ตาม คณะอนุกรรมการในคณะกรรมการศึกษาความเป็นไปได้ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในประเทศไทยซึ่งคณะรัฐมนตรีแต่งตั้งขึ้นในปี 2539 เพื่อศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์และโครงสร้างพื้นฐานได้มีผลสรุปการศึกษาใน พ.ศ.2541 ว่า เนื่องจากสภาวการณ์เศรษฐกิจของประเทศไม่เอื้ออำนวย ประกอบกับความต้องการไฟฟ้าของประเทศเพิ่มขึ้นในอัตราที่ต่ำกว่าการคาดการณ์มาก อันเนื่องมาจากวิกฤตเศรษฐกิจ อีกทั้งมีการค้นพบแหล่งพลังงานใหม่ๆ ในประเทศ และสามารถนำเข้าพลังงานจากประเทศเพื่อนบ้านได้ จึงเห็นสมควรให้เลื่อนการตัดสินใจสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ออกไปอีกห้าปีเป็นอย่างน้อย

**2520 (1977)**

*ครม. อนุมัติงบลงทุนเพื่อเตรียมการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

**2521 (1978)**

- *สำรวจพบแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทย*
- *รัฐบาลเลื่อนโครงการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

**2535 (1992)**

*คณะรัฐมนตรีเห็นชอบแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า (2535-2549)*

# เดินหน้า "Go Nuke"?

ในสภาวการณ์ปัจจุบันซึ่งนับวันประเทศไทยจะต้องเผชิญความเสี่ยงต่อความมั่นคงด้านพลังงานเพิ่มขึ้น และขีดความสามารถในการผลิตไฟฟ้ามีแนวโน้มที่จะไม่เพียงพอต่อความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต ประกอบกับปัญหาโลกร้อนที่เกิดจากแก๊สเรือนกระจก ทำให้แผนการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ถูกนำกลับมาพิจารณาอีกครั้ง

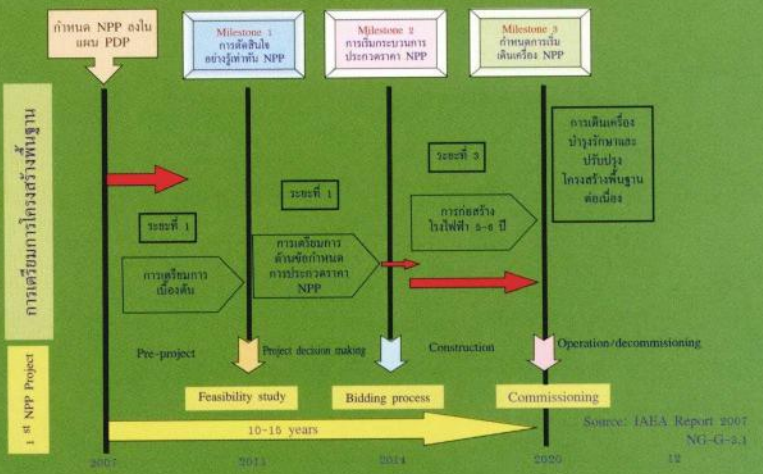
ในปี 2550 คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพช.) ได้อนุมัติแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (Power Development Plan 2007) ระยะเวลา 15 ปี (พ.ศ.2550-2564) แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าฉบับนี้กำหนดให้ประเทศไทยมีโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เดินเครื่องใน พ.ศ.2563 และ 2564 จำนวนสี่โรง มีกำลังการผลิตติดตั้งรวมกัน 4,000 เมกะวัตต์

กระทรวงพลังงานได้จัดตั้งคณะกรรมการประสานงานเพื่อเตรียมการจัดตั้งโครงสร้างพื้นฐานพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์ พร้อมทั้งจัดตั้งสำนักพัฒนาโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (สพน.) ขึ้นเพื่อรองรับแผนการดำเนินงานก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ด้วย แผนการจัดตั้งโครงสร้างพื้นฐานเพื่อการผลิตไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Nuclear Power Infrastructure Establishlment Plan, NPIEP) กำหนดขั้นตอนต่างๆ ในการดำเนินการไว้ดังนี้

แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้า 2010 (พ.ศ.2553-2573) ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ที่ได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2553 กำหนดให้ประเทศไทยมีกำลังการผลิตไฟฟ้าในช่วง พ.ศ.2553-2573 จากแหล่งต่าง ๆ รวมทั้งสิ้น 54,625 เมกะวัตต์ โดยในจำนวนนี้จะเป็นไฟฟ้าจากโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์รวม 5,000 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจากแผนเดิม 1,000 เมกะวัตต์

| ระยะที่ | ช่วงเวลา (ปี) | กิจกรรม |
|---|---|---|
| 0.1 | 2550 | เตรียมการขั้นต้นเพื่อศึกษา |
| 1 | 2551-2553 (3) | เตรียมเริ่มโครงการ / ศึกษาความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อมกฎหมายและสนธิสัญญา เทคโนโลยีที่ตั้ง การพัฒนาบุคลากร และการสร้างความรู้ความเข้าใจกับประชาชน |
| 2 | 2554-2556 (3) | ตัดสินใจว่าจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์หรือไม่ (Go Nuke) / จัดทำโครงการเพื่อขออนุมัติ /ออกแบบ / ออกกฎหมาย/จัดตั้งองค์กรกำกับดูแล / กำหนดสถานที่ตั้ง |
| 3 | 2557-2662 (6) | ก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ |
| 4 | 2563-2564 (2) | เดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ |

แผนการดำเนินการโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ (Milestones for NPP)



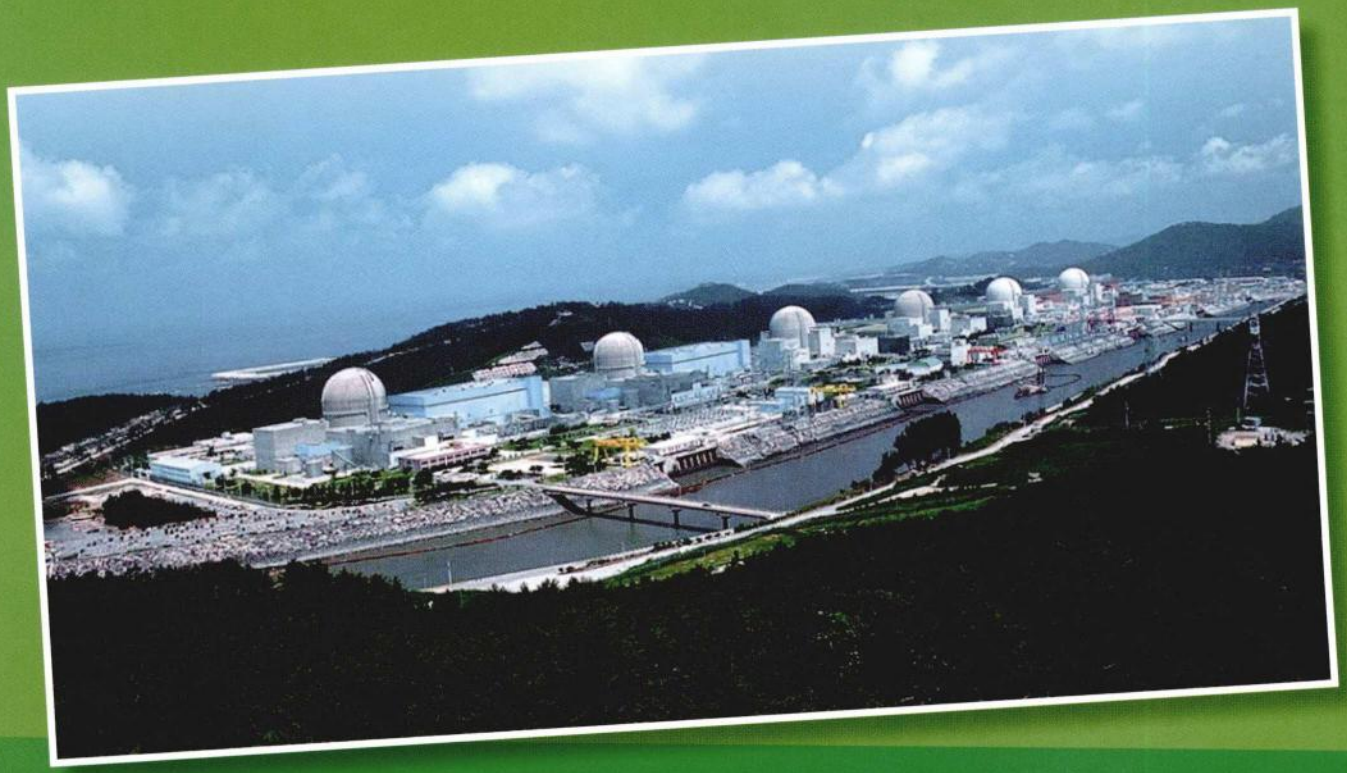

*(ที่มา : ผศ.ดร. ปรีชา การสุทธิ์, "ทางเลือกพลังงานไทยในอนาคต")*

**2536 (1993)**

*มติ ครม. ให้ พ.ป.ส. เป็นหน่วยงานกำกับดูแลความปลอดภัยในการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

**2539 (1996)**

*ครม. แต่งตั้งคณะกรรมการศึกษาความเป็นไปได้ของการก่อสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*



*โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ยองกวาง (Yonggwang) ในเกาหลีใต้ มีกำลังการผลิต 5,900 เมกะวัตต์*
*(ที่มา : www.koreascience.or.kr)*

**2541 (1998)**

*คณะกรรมการฯ ให้เลื่อนการสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์*

**2550 (2007)**

*กพช. เห็นชอบแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย (2550-2564)*

# เรื่องเล่าจากผู้ร่วมสร้างทาง

*"ผมเป็นคนหนึ่งในคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู ตอนนั้นผมเพิ่งกลับมาจากนอก หลังสงคราม กำลังดำเนินการหลายอย่างให้รัฐบาลความจริงเขาตั้งใจใช้ผมด้านสร้างชื่อน แต่ผมรู้สึกว่าผมมีความรู้ทางด้านปรมาณูจากความสนใจ เป็นนักวิทยาศาสตร์ เลยมีความรู้มากกว่าคนธรรมดาหน่อย..."*

## ศาสตราจารย์ ดร. บุญรอด บิณฑสันต์ (95)

*อดีต : กรรมการในคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู*
*หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
*รัฐมนตรีทบวงมหาวิทยาลัย*
*ผู้ว่าการประปานครหลวง*

"ผมเป็นคนหนึ่งในคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู ตอนนั้นผมเพิ่งกลับมาจากนอก หลังสงคราม กำลังดำเนินการหลายอย่างให้รัฐบาล ความจริงเขาตั้งใจใช้ผมด้านสร้างเขื่อน แต่ผมรู้สึกว่าผมมีความรู้ทางด้านปรมาณูจากความสนใจเป็นนักวิทยาศาสตร์ เลยมีความรู้มากกว่าคนธรรมดาหน่อย เขาคงหาคนที่สนใจเรื่องนี้และรู้งานทางด้านนี้ เขาอยากจะขยายเครื่องปรมาณู จึงหาคนที่เกี่ยวข้องสหรัฐมีความรู้ทางด้านนี้สูงกว่าคนอื่น เขาก็ดีที่ไม่ได้ปิดบัง จึงเกิดเป็นองค์กรต่างๆ มากมาย เขาเดินทางเข้ามาเป็นคราวๆ บางคราวก็มาหกคน บางคราวก็นับไม่ถ้วน มันเป็นความรู้ใหม่ คนที่รู้มากรู้จริงก็ตั้งตัวเป็นคนรู้ เรื่องปรมาณูเป็นเรื่องใหม่ ดังนั้นจึงมีหลายกลุ่ม ในแต่ละประเทศก็มีกลุ่มที่เขามีความรู้อย่างนู้นอย่างนี้ รัฐบาลไทยเองก็ตั้งหน่วยนี้ขึ้น เมื่อผมอยู่ในคณะกรรมการนี้ก็ถูกส่งไปประเทศต่างๆ ที่มีคณะกรรมการแบบนี้ขึ้น สวิตเซอร์แลนด์ ยุโรป จะนำความรู้มาถึงกัน เขาไม่เก็บไว้เว้นแต่จะเป็นพิษเป็นภัยกับประเทศของเขา ฉะนั้นก็จะมีโรงเรียนมีคณะกรรมการ แม้ปัจจุบันก็น่าจะเคยได้ยิน ไอเออีเอ ซึ่งทำหน้าที่คล้ายตรวจสอบสอนคนให้รู้

ผมเคยเป็นโฆษกของรัฐบาลไทย พอสงครามจบ เขาก็รู้สึกว่าปรมาณูมีความสำคัญมาก พอได้ความรู้จากเอกสารผมก็เอามาพูดออกอากาศให้คนทั่วไปรู้และเข้าใจ ไม่ให้เป็นสิ่งเลื่อนลอย ตอนนั้นคนไทยไปเข้าใจว่าเป็นสิ่งลึกลับ เป็นภูตผีปีศาจไปเสีย ผมเองก็เริ่มพูดทางทีวีตอนเช้าว่าปรมาณูเป็นยังไงเพื่อให้คนไทยพอรู้เรื่อง ตอนนั้นคนไทยมีความรู้ทางด้านปรมาณูน้อยมาก ฉะนั้นเราควรเริ่มด้วยการกระจายเสียงทางวิทยุ เริ่มออกวิทยุหลังสงครามได้ไม่นาน จำปีไม่ได้ พูดถึงปรมาณูในแง่ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร มีพิษสงอย่างไร ใช้เป็นอาวุธที่ทำให้ญี่ปุ่นยอมแพ้ คือคนไทยเราตอนนั้นไม่มีความรู้เลยว่าปรมาณูนี้ไปทำอะไร คืออะไร ผมก็เป็นเพียงนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาเผยแพร่ให้คนไทยได้รู้จัก ปรมาณูมีสองอย่างอย่างแรกเป็นอย่างที่นิวเคลียร์แบ่งแยก อีกอย่างเป็นนิวเคลียร์รวมตัว ทั้งสองอย่างต่างกัน อิทธิพลก็ต่างกัน คนไทยยังไม่รู้เรื่องนี้ จึงเป็นหน้าที่ของพวกอาจารย์ทางวิทยาศาสตร์ที่ควรเผยแพร่แต่ไม่มีใครทำ ผมจึงรับอาสาทำโดยไม่ได้ค่าตอบแทนใดๆ แค่อยากให้คนไทยได้รู้บ้าง แล้วก็ผมพอมีเวลาก็เลยออกอากาศตอนเช้า"

"ผมเองศึกษามาเรื่องไฟฟ้า การสร้างพลังน้ำ ก็คือการสร้างเขื่อนนั่นแหละ ที่ผมพูดตอนนั้นมีตำแหน่งเป็นหัวหน้าแผนกไฟฟ้า หลังสงครามเสร็จ ปัญหาเรื่องปรมาณูแยกตัวหรือรวมตัวไม่ค่อยมีคนรู้ เราอาจจะเรียนวิทยาศาสตร์กันมาแต่ก้าวไปไม่ถึง สสารทุกสิ่งทุกอย่างเป็นของซึ่งเวลาจะเกิดการรวมตัวก็ปล่อยพลัง การแยกตัวก็ปล่อยพลัง แรกๆ นักวิทยาศาสตร์ก็ไม่เคยนำความคิดนี้มาทำเป็นอาวุธสำหรับประหัตประหารกันในสงครามโลก ต่อมานักวิทยาศาสตร์ที่มารวมตัวกันในสหรัฐเผอิญมีความรู้ทางด้านนี้จึงนำมาใช้ตอนนั้นเยอรมันก็ดี ญี่ปุ่นก็ดี ยังไม่เคยคิดที่จะเอาพลังนี้มาใช้ในการทำสงคราม เมื่อเป็นความลับในครั้งนั้น สหรัฐไปทดลองสร้างลูกระเบิดปรมาณูสองชนิด เป็นปรมาณูรวมตัวและปรมาณูแยกตัวอีกชนิดหนึ่ง ฉะนั้นต่างฝ่ายต่างก็เก็บเป็นความลับ สหรัฐรู้และได้ทดลองทำระเบิดเงียบๆ สิ่งของทุกอย่างเกิดจากการรวมตัวของโมเลกุล อนูเล็กๆ จะรวมตัวกันขึ้น จะมีตารางตั้งแต่ A ถึง Z ว่าอะไรรวมกับอะไรออกมาเป็นอะไร เป็นพื้นฐานซึ่งนักศึกษาวิทยาศาสตร์รู้ว่าโมเลกุลประกอบขึ้นอย่างนี้

แต่เราก็ไม่รู้ลึกซึ้งไปกว่านั้นจนกระทั่งเกิดระเบิดพวกนี้ มีอาจารย์สอนผมระหว่างที่ผมเรียนที่ฮาร์เวิร์ดว่ามีการรวมตัว มีการแยกตัว ทุกสิ่งทุกอย่างประกอบขึ้นด้วยโมเลกุลชนิดต่างๆ คล้ายกับว่าถ้าอย่างนี้รวมตัวกันจะกลายเป็นอะไร ความรู้นี้เป็นความรู้เบื้องต้นของนักวิทยาศาสตร์ ทำให้ผมรู้เรื่องพวกนี้ แต่พวกเราไม่รู้ว่าเมื่อมันแยกตัวมันจะปล่อยพลัง ก่อนที่ความลับเรื่องนี้จะถูกเผยแพร่ เรารู้เพียงว่าทุกสิ่งทุกอย่างในโลกนี้ประกอบด้วยสสาร ไม่ว่าจะเป็นไม้หรือลม เมื่อรวมตัวกันก็เกิดเป็นธาตุชนิดต่างๆ กัน แต่เราไม่เคยรู้ว่าก่อนที่มันจะรวมตัวมันก็จะผลิตพลังงานออกมามหาศาล ผมก็ทำโดยที่ไม่ได้รับการมอบหมายอะไร ผมแค่รู้สึกว่าเรามีความรู้ในเรื่องนี้น้อย เรียกว่าอาสาสมัครตัวเอง มาพูดวิทยุตอนเช้าหลังสงครามจบใหม่ๆ จึงคิดว่าเรามาให้ประชาชนได้เข้าใจพื้นฐาน... คนไทยยังไม่ค่อยรู้เรื่อง เป็นของใหม่ เมื่อเรารู้ก็คิดว่าประชาชนอยากฟัง จึงสละเวลาเช้ามาพูดทางวิทยุ ราวแปดโมงเช้าถึงแปดโมงครึ่ง พูดทุกวันจนคนรอฟังเพราะเป็นเรื่องใหม่ๆ คนก็สนใจ พูดอยู่ประมาณหนึ่งปี... "

*"ดิฉันเริ่มงานที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติในปี 2503 โอนย้ายมาจากกรมชลประทาน มาทำงานรับราชการอยู่ที่นี่ประมาณยี่สิบสามปีได้ ตอนที่ข้าไปเริ่มงาน ก็เรียกว่าข้ามาทำงานกับสำนักงานพลังงานปรมาณูตั้งแต่ต้น เพราะเพิ่งตั้งขึ้นใหม่ ๆ ตอนนั้นคนไม่ค่อยชอบ เพราะพากลัวรังสีปรมาณูกัน..."*

## หม่อมหลวง อนงค์ นิลอุบล (92)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองเคมี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*

"พื้นฐานของดิฉันเรียนมาทางด้านวิทยาศาสตร์เคมี ตอนที่เข้าไปจบใหม่หรือเปล่าจำไม่ได้ แต่ดิฉันได้ไปทำงานที่อเมริกาด้านพลังงาน ครูคนแรกที่สอนดิฉันที่เมืองไทยมาจากแคนาดาชื่อมิสเตอร์ชิลด์ แปลว่าโล่กำบัง การทำงานด้านรังสีต้องระมัดระวังตัว อย่าเข้าใกล้รังสี รังสีจะมีความแรงของมัน มีสารรังสีเรียกเรดิโอไอโซโทปหรือเรดิโอเอลีเมนต์ เวลาเราจะเข้าไปทำงานกับสิ่งเหล่านี้ต้องมีเครื่องมือที่คอยวัดเพื่อบอกว่าเรารับรังสีไปแล้วเท่าไหร่ในแต่ละครั้งที่เราเข้าทำงาน

อย่างเหตุการณ์ในวันที่นักวิทยาศาตร์ของเราเดินเครื่องปรมาณูเครื่องแรก ดิฉันก็มีส่วนร่วมอยู่ด้วย ทุกคนต้องสวมเสื้อคลุม ติดฟิล์มแบดจ์ (film badge) ไว้คอยวัดรังสี มีนักวิทยาศาสตร์ไทยที่อยู่ช่วยกันทำงานจนสำเร็จ ประมาณ 5-6 คน มีเด็ก ๆ กองฟิสิกส์อยู่ 2-3 คน มีผู้เชี่ยวชาญชาวต่างชาติอีก 2 คน เป็นชาวแคนาดาคนหนึ่งเป็นเจ้าของเครื่องที่เขาต้องมาควบคุม อีกคนเป็นชาวอเมริกันที่เข้ามาดูแล ช่วงนั้นก็เลยเวลาเลิกงานไปมากแล้ว คืนนั้นพอรู้ว่ามันเวิร์กก็ไม่ได้นอนกันเลย ดื่มแชมเปญฉลองกันเลย มิสเตอร์โรเบิร์ต บาร์ยาร์ด เป็นชาวอเมริกันที่เก่งเรื่องนิวเคลียร์ฟิสิกส์ที่ดิฉันเรียกว่าบ็อบ บาร์ยาร์ด แอบมากระซิบให้เตรียมไว้ ตอนนั้นพวกเราตื่นเต้นยินดีกันใหญ่ และตอนที่เครื่องเดินแล้วดิฉันเป็นคนเอาธาตุไปอาบรังสี ธาตุแรกน่าจะเป็นโพแทสเซียม เป็นสารเคมีที่อยู่ในผักผลไม้ ที่เลือกใช้ตัวนี้เพราะมันหาง่าย แล้วก็ไอโอดีน เอามาใช้ประโยชน์ในทางยา มาทำไอโอดีนรังสี แล้วก็แคลเซียม

ในยุคนั้นถือว่าเป็นยุคปรมาณู เป็นวิชาที่ทันสมัย แล้วก็ยากยิ่งกว่าวิชาเคมีในแขนงอื่นๆ ดิฉันเป็นนักเรียนเก่าอิสราเอลคนแรกๆ เลยนะคะ ดิฉันไปอยู่อิสราเอลเป็นเวลาหนึ่งปี ได้ทุนของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศไปฝึกอบรมทางด้านนิวเคลียร์เคมี ฝึกทำงานวิจัย โดยใช้ประโยชน์จากรังสีปรมาณู จากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูของประเทศอิสราเอล เมื่อ พ.ศ.2507 ต่อมาหันมาฝึกอบรมและศึกษาต่อ

เรื่องปรมาณูที่ประเทศต่างๆ ได้เดินทางไปดูงานพลังงานปรมาณู ทั้งในแถบยุโรป อังกฤษ ฝรั่งเศส เดนมาร์ก สวีเดน นอร์เวย์ เยอรมัน ญี่ปุ่น รวมทั้งทางออสเตรเลีย และนิวซีแลนด์ เรื่อยมา

งานที่สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติช่วงแรกๆ เป็นงานผลิตไอโซโทปรังสี เราผลิตให้กับที่ต่างๆ ส่วนใหญ่เป็นโรงพยาบาล หรือหน่วยงานต่างๆ ตามที่มีออร์เดอร์เข้า ตรวจวัด ควบคุม คุณภาพและปริมาณของไอโซโทปรังสีชนิดต่างๆ มีงานวิเคราะห์ดินนาดินไร่ และส่วนของต้นข้าวที่ปลูกในภาคต่างๆ หาความสัมพันธ์ระหว่างดินและข้าว วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ในดิน อย่างเช่น โซเดียม แมงกานีส สังกะสี ทองแดง ทำร่วมกับกรมการข้าวด้วย ช่วงนั้นดิฉันมีที่ดินสำหรับทดลองปลูกข้าวเป็นหลายร้อยไร่เลยทีเดียว

พอมาช่วงหลัง งานส่วนใหญ่เป็นงานนิวตรอน จากที่ได้เดินทางไปศึกษาและดูงานปรมาณูเพื่อสันติในหลายประเทศ ได้เดินทางไปหลายแห่ง ได้เห็นมาจากหลายๆ ที่ พอกลับมาก็เลยมาคิดค้น เอาขี้ผึ้งแกะเขม่าดินปืนที่ฝ่ามือผู้ต้องหาแล้วเอามาอาบรังสีนิวตรอนช้า เพื่อพิสูจน์หาหลักฐาน เวลาทำงานดิฉันจะต้องประสานกับกรมตำรวจ ตรวจวิเคราะห์พวกเขม่าดินปืน วิเคราะห์เส้นผมในคดีต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นงาน neutron activation การวัด delayed neutron การหาอายุวัตถุโบราณ และงานวิจัยไม้ชุบพลาสติกอาบรังสี ตำแหน่งสุดท้ายที่ พ.ป.ส. ดิฉันเป็นผู้อำนวยการกองเคมี ดูแลงานกองเคมี ดิฉันลาออกจากราชการก่อนเกษียณอายุหกเดือน ในปี 2521

"ดิฉันก็ขอฝากทิ้งท้ายว่า พลังงานปรมาณูนั้นก็มีทั้งด้านที่ให้ประโยชน์มหาศาล แล้วก็ด้านที่เป็นโทษและเป็นพิษเป็นภัยได้อย่างมากมาย แต่ถ้าหากว่ารู้จักที่จะหยิบยกเอาแง่มุมดีๆ ขึ้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ก็จะทำให้เกิดในสิ่งที่เรียกว่าเป็นคุณมากกว่าโทษ เพราะฉะนั้นก็ขึ้นอยู่ที่ว่า เราจะเลือกใช้อย่างไร"

"ตอนนั้นคือรัฐบาลสมัย จอมพล ป. พิบูลสงคราม พ.ศ.2497 สิ่งที่ผมได้รับรู้ตอนที่ทางคณะทำงานด้านปรมาณูของสหรัฐอเมริกาเข้ามา คือว่า ทางสหรัฐได้ใช้อะตอมบอมบ์กลุ่มฮิโรชิมาหนึ่งลูก และอีกลูกที่นางาซากิ ทำให้ญี่ปุ่นต้องยอมแพ้ มีคนตายจำนวนมาก..."

## ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล (85)

*อดีต : กรรมการในคณะกรรมการเกี่ยวกับพลังงานปรมาณู*
*อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ ศาสตราจารย์สาขาวิชาดาราศาสตร์*
*นายกสมาคมดาราศาสตร์*
*ผู้อำนวยการธรรมสถานจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*
*ศิลปินแห่งชาติ (วรรณศิลป์)*

"ตอนนั้นคือรัฐบาลสมัยจอมพล ป. พิบูลสงคราม พ.ศ.2497 สิ่งที่ผมได้รับรู้ตอนที่ทางคณะทำงานด้านปรมาณูของสหรัฐอเมริกาเขาเข้ามา คือว่า ทางสหรัฐได้ใช้อะตอมบอมบ์ถล่มฮิโรชิมาหนึ่งลูก และอีกลูกที่นางาซากิ ทำให้ญี่ปุ่นต้องยอมแพ้ มีคนตายจำนวนมาก ซึ่งรายละเอียดเรื่องนี้เราอาจหาอ่านที่ไหนก็ได้ ผู้ที่เป็นประธานาธิบดีของสหรัฐอเมริกา ในตอนนั้นคือประธานาธิบดีทรูแมน และเป็นผู้ตัดสินใจให้ไปทิ้งระเบิดคือ ลิตเติลบอยและแฟตแมน หลังจากทิ้งบอมบ์แล้วก็ชนะสงคราม ญี่ปุ่นทำสัญญายอมแพ้ ผู้ที่เป็นประธานาธิบดีคนต่อมาคือไอเซนฮาวร์ เขาเคยเป็นแม่ทัพในช่วงสงครามโลกจึงเกิดความรู้สึกว่าอเมริกาใช้นิวเคลียร์บอมบ์ หรือตอนนั้นเรียกว่าอะตอมบอมบ์ ในการทำลายล้างมนุษย์ จึงอยากเปลี่ยนแนวคิดของชาวโลกใหม่ว่าขณะที่มีการสร้างระเบิดปรมาณู มีการทำลายล้างกัน แต่พลังงานนี้ก็ยังสามารถนำไปใช้เพื่อประโยชน์อื่นในทางสันติได้ ฉะนั้นไอเซนฮาวร์จึงสร้างแนวคิดพลังงานปรมาณูเพื่อสันติภาพขึ้น ในการนี้ไอเซนฮาวร์ซึ่งตอนนั้นเป็นประธานาธิบดีแล้วจึงส่งคณะนักวิทยาศาสตร์เป็นทูตทางนิวเคลียร์ไปยังประเทศต่างๆ ทั่วโลก คนเหล่านี้เดินทางไปทั่วโลก ที่มาทางตะวันออกก็ได้แก่ประเทศไทย ซึ่งตอนนั้นประเทศไทยเป็นประเทศเอกราชและมีคณะรัฐมนตรีปกครองประเทศ เราได้รับการติดต่อว่าทางอเมริกาจะช่วยเหลือให้เราเรียนรู้ในเรื่องการพัฒนาพลังงานปรมาณูเพื่อใช้ในทางสันติภาพได้ เพราะฉะนั้นเวลาสหรัฐส่งผู้แทนมาบอกว่าใช้ประโยชน์พลังงานปรมาณูในทางสันติได้ คนก็สนใจกันมากขึ้น

เวลานั้นผมเป็นรุ่นเด็ก คนอื่นที่เข้าร่วมการประชุมอย่างพลอากาศโทมุนี มหาสันทนะเวชยันตรังสฤษฎ์ เป็นอธิการบดีด้วย ในตอนนั้น มีจัดการประชุมระหว่างคณะเจ้าหน้าที่ของสหรัฐกับเจ้าหน้าที่ของไทยที่มีการแต่งตั้งตัวแทนขึ้นเข้าร่วมประชุม คนที่แต่งตั้งคณะกรรมการคือหลวงพิบูล (จอมพล ป. พิบูลสงคราม) จัดประชุมกันที่จุฬาฯ ในที่ประชุมพูดพูดคุยเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด ตอนนั้นผมเป็นอาจารย์สอนอยู่ที่จุฬาฯ ด้วย สอนหลังจากกลับมาจากออสเตรเลียซึ่งผมไปเรียนมาทางด้านฟิสิกส์ และที่เขาแต่งตั้งให้ผมเข้าไปเกี่ยวข้องด้วยเพราะผมมีความรู้ทางฟิสิกส์ หลายคนที่เขาแต่งตั้งเป็นคนที่มีความรู้ทางฟิสิกส์และเป็นอาจารย์ในคณะวิทยาศาสตร์ เช่น อาจารย์พิมล กลกิจ ผม และอาจารย์สุขุม (ดร. สุขุม ศรีธัญญรัตน์) เราสามคนเป็นอาจารย์ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

ส่วนคุณรอด (ดร. บุญรอด บิณฑสันต์) และคุณเลื่อน (ดร. เลื่อน บิณฑสันต์) เป็นวิศวะตอนนั้นที่เกษตรเพิ่งเริ่มตั้งเป็นมหาวิทยาลัยแต่ยังไม่มีการสอนด้านฟิสิกส์ แล้วก็คุณเย็น สุนทรวิจารณ์ (ศาสตราจารย์เย็น สุนทรวิจารณ์) เป็นอาจารย์ฟิสิกส์เหมือนกัน เข้าใจว่าคุณเย็นเป็นหัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ ที่ตอนนั้นเป็นแค่แผนก ส่วนอาจารย์แถบ (ศาสตราจารย์ ดร. แถบ นีละนิธิ) เป็นอาจารย์สอนด้านเคมี และเป็นคณบดีคณะวิทยาศาสตร์ แล้วยังมีทหาร เช่น ขุนปทุม (พล.ต. ขุนปทุมโรคประหาร) คงเป็นทหารแพทย์ พลจัตวาขุนสถิต วิทยาศาสตร์ อาจจะอยู่กรมวิทยาศาสตร์ มีอาจารย์ สวัสดิ์ ศรีศุข (พล. อ.จ. สวัสดิ์ ศรีศุข) อยู่กองทัพอากาศ พูดง่ายๆ คือเอาทหารและอาจารย์ที่มีความรู้ทางฟิสิกส์เข้ามา ดร. จ่าง (ดร. จ่าง รัตนะรัต) ยศตอนนั้นคืออธิบดีกรมวิทยาศาสตร์ ถูกตั้งเป็นเลขาธิการคณะกรรมการฝ่ายไทยเพื่อต้อนรับคณะกรรมการจากสหรัฐที่จะมา...

... ต่อมาทางรัฐบาลส่งตัวผมไปเรียนเกี่ยวกับปฏิกรณ์ปรมาณู เขาส่งไปเป็นรุ่นๆ รุ่นผมส่งไปสองคน ที่ไปด้วยกันผมกับคือ ดร. เลื่อน บิณฑสันต์ ไปพร้อมกัน ไปอยู่ที่เดียวกัน รุ่นนั้นไปด้วยกันสองคน สำเร็จการอบรมทางนิวเคลียร์ฟิสิกส์ จาก International School of Nuclear Science and Engineering ที่ Argonne National Laboratory รัฐอิลลินอยส์ สหรัฐอเมริกา...

... ตอนที่ผมไม่อยู่ เวลานั้นเขามีการตั้งกิจการด้านนิวเคลียร์ขึ้นในเมืองไทยแล้ว มีคนที่เป็นเจ้าหน้าที่ที่ตั้งขึ้นเพื่อทำงานคือสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติปัจจุบัน ตอนนั้นเกษตรอยู่นอกเมือง เขาไม่อยากให้สร้างในเมือง สิ่งที่ผมจำได้อีกอย่างก็คือว่ารูปร่างของตึกและการตกแต่งตัวตึก ซึ่งเดี๋ยวนี้ก็ยังอยู่อย่างนั้น

ตัวตึกเขาให้อาจารย์สถาปัตย์คนหนึ่งชื่อ แสงอรุณ รัตกสิกร (ศาสตราจารย์แสงอรุณ รัตกสิกร) เป็นผู้ออกแบบทั้งข้างนอกและข้างใน แสงอรุณก็ทำดีนะ ข้างนอกสวยงามดี ข้างในก็คงจะต้องมีความรู้มากพอที่จะกำหนดให้ของไหนอยู่ที่ไหน ต่อมาก็เอาเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมาใส่ เป็นเครื่องที่ใช้น้ำเป็นตัวถ่ายเทความร้อน คิดว่าเป็นเครื่องแรกของภูมิภาคแถบนี้... ”

*"ผมเองอยู่ในส่วนของงานวัดรังสี ที่ดูแลเรื่องความปลอดภัย มีการวัดรังสีในอากาศ วัดรังสีในน้ำ... ที่แท่งเชื้อเพลิงจะมีแก๊สที่เป็น fission product พวกแก๊สนี่เวลาสลาย จะกลายเป็นของแข็ง ละลายอยู่ในน้ำในบ่อ อาจจะมีบางส่วนที่ทะลุน้ำขึ้นมา..."*

## วิทิต เกษคุปต์ (72)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองสุขภาพ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*

"... ที่เราตรวจพบได้จะเป็นพวกซีเซียม-138 กับรูบิเดียม-88 ซึ่งมันติดกระดาษฝุ่น กระดาษกรอง เวลาเราตรวจอากาศ คือว่าเราจะให้มันผ่านแผ่นกรองฟิลเตอร์ แล้วเราก็เอาฟิลเตอร์เข้าไปวัด แล้วเราก็ไปดู peak ปรากฏว่าเจออยู่สอง peak คือ รูบิเดียม-88 กับซีเซียม-138 ซึ่งเป็น daughter product ของแก๊สซีนอน-138 กับคริปตอน-88 แต่ปริมาณที่ตรวจวัดได้ถือว่าอยู่ในระดับต่ำกว่า เป็นค่าที่ถือว่าปลอดภัย... ก็เดินเครื่องมาเรื่อยๆ จนกระทั่งปี 2515 ปรากฏว่าปริมาณนี่สูงขึ้น ผมก็ทำเรื่องเข้าไปเสนอให้คณะอนุกรรมการรักษาความปลอดภัยเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

...ทางคณะอนุกรรมการฯ พอทราบว่าสองตัวนี้สูงขึ้น เลยคิดว่าอย่างนี้ไม่ดีแน่ ตกลงให้กองปฏิกรณ์ปฏิบัติกับกองฟิสิกส์ และอีกหลายๆ กอง ทำการวัดว่าเกิดอะไรขึ้นกับเชื้อเพลิงทั้งหมดที่มีอยู่ใน core ผมก็สร้างเครื่องมือวัดความสมบูรณ์ของแท่งเชื้อเพลิงแต่ละแท่ง เราทำกันเอง ไม่ได้จ้างคนอื่น ดีไซน์เครื่องขึ้นมาแล้วให้ทางช็อปของสำนักงานฯ สร้างขึ้น แล้วก็ดำเนินการทดสอบ ปรากฏว่ามีอยู่ห้าแท่ง ซึ่งมันไม่สมบูรณ์ คณะอนุกรรมการฯ เลยบอกให้เปลี่ยน เอาแท่งเชื้อเพลิงใหม่ใส่เข้าไปใหม่ เอาแท่งเชื้อเพลิงเดิมออกมาวางไว้อยู่ในบ่อใหญ่

เสร็จแล้วหลังจากนั้นก็เดินเครื่องไปเรื่อยๆ แล้วเราก็วัด ปริมาณก็ลด ปรากฏว่าพอมาถึงประมาณ ปี 2517 คือสองสามปีให้หลัง เอ๊ะ มันเริ่มสูงขึ้นมาอีก เลยไปเสนอในคณะอนุกรรมการฯ อีกว่า ตอนนี้เรามีปัญหาเกี่ยวกับแท่งเชื้อเพลิงใหม่ของเรามีไม่พอเหลืออยู่ไม่กี่แท่ง แต่จำเป็นที่เราจะต้องทำต่อไป เราก็ต้องทำต่อ เราก็หาวิธีเอาพลาสติกคลุม ตอนแรกบ่อเล็ก ตอนหลังก็บ่อใหญ่ด้วย เอาหมดเลย พอคลุมเสร็จแล้วก็ปรากฏว่า มันก็กันแก๊สได้ ก็ลดลงมา แล้วในช่วงนั้นช่วงที่มีการคลุม มีการตกลงกับคณะอนุกรรมการฯ ว่าสมควรที่จะต้องเปลี่ยน core เพราะอันที่หนึ่ง บริษัทที่สร้างเครื่องก็เจ๊งไปแล้ว ไม่มีแล้ว สองบริษัทที่จะสร้างเชื้อเพลิงใหม่ก็ไม่มี หาลำบาก แล้วอันที่สาม ความเข้มข้นของยูเรเนียมมันสูง 90 กว่าเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นเกรดที่สูง...

คืออยู่ใน weapon grade เอามาทำอาวุธได้ คณะอนุกรรมการฯ ก็เลยตัดสินใจว่าสมควรจะต้องเปลี่ยน core มีการตกลงของบประมาณสั่งซื้ออะไรต่างๆ ในที่สุดก็จัดการเปลี่ยน core แล้วในการเปลี่ยน core นั้น ก็เริ่มมีผมที่รับผิดชอบความปลอดภัยในการเปลี่ยน core แล้วก็มีคุณประจักษ์เป็นวิศวกรใหญ่ในการดำเนินงาน ภายใต้การควบคุมของหม่อมราชวงศ์ โสภาคย์พงศ์ เกษมสันต์

เวลาย้ายแท่งเชื้อเพลิง วิธีการก็คือนำ container ลงไปในบ่อ ซึ่งน้ำมันก็สูง แล้วก็ยกแท่งเชื้อเพลิงออกจากน้ำทีละแท่งใส่ใน container แล้วก็ปิดฝา พอปิดฝาแล้วก็ใช้เครนยกขึ้นมาเหนือบ่อ แล้วทางพวกผมก็จะใช้น้ำฉีดทำความสะอาด ให้น้ำที่ติดกับ container มันหมดไป แล้วก็มีการเช็คดูว่าไม่มี contaminate ไม่มีเปรอะเปื้อน แล้วก็ยกลงมาข้างล่าง พอมาข้างล่างก็เอามาตั้งใน forklift ซึ่ง forklift นี่รู้สึกจะมีกำแพงตะกั่วนิดหน่อย แล้วขับออกจากตึกเครื่องปฏิกรณ์ออกประตูใหญ่ ไปถึงบ่อแล้วก็เอาหย่อนลงไป พอลงบ่อปั๊บ ก็เปิด ทำใต้น้ำนะ ไม่ใช่อยู่บนอากาศ เพราะว่าน้ำจะเป็นการป้องกันรังสี เราตักมาวางอยู่ใน rack แล้วปิด แล้วก็ยกขึ้นแล้วก็ทำให้มันแห้งให้มันสะอาด แล้วก็หมุนกลับมารอรับใหม่... ในเรื่องของความปลอดภัยทุกคนที่ปฏิบัติงานจะมี film badge แล้วก็มี pocket dosimeter ซึ่งจะสามารถตรวจดูได้ทุกเวลาว่าตัวเองได้รับรังสีเท่าไหร่ ๆ...

... เราคิดเองทำเองทั้งหมดเลย ก็ปรึกษาหารือกันว่าจะทำอะไรยังไงต่างๆ มีการคำนวณอย่างนั้นอย่างนี้ อย่างการตรวจความรั่วซึมผิดปกติของแท่งของเชื้อเพลิงผมอ่านจากบทความของอินเดียเขามีการทำกัน เราก็ดูๆ แล้วก็เออ เราก็พอจะทำได้ เราก็ใช้เป็นไกด์ในการดีไซน์ พอดีไซน์ออกมาแล้วเราจะตรวจอะไรอย่างไรขั้นตอนเหล่านี้เราก็คิดเอง วิศวกรวิทยาศาสตร์ไทยเราเก่งนะ ถ้าปล่อยให้ solve ปัญหาเองเดี๋ยวก็ออก แล้วเราก็ทำเองหมดนะสร้างเครื่องมือจากช็อปที่มี...

ผมมีความคิดว่า ความสามารถของพวกเราก็ใช้ได้พอตัวนะ ในการที่จะ solve ปัญหาต่างๆ ซึ่งก็มักจะโต้เถียงในบางประเด็นที่มีคนตั้งคำถามว่า คนไทยจะคุมได้เหรอ ผมเลยตอบไปเลยว่าถ้าไม่เชื่อฝีมือคนไทย แล้วเมืองไทยเจริญได้อย่างไร ต้องเชื่อฝีมือกัน แล้วก็การศึกษาเราก็สูงในการที่จะ apply เรื่องเหล่านี้ ผมก็ภูมิใจในตัวเอง คุณประจักษ์ และพวกเพื่อนๆ ที่ทำงานมาด้วยกันก็หวังว่ารุ่นน้องๆ ก็คงดำเนินการไปด้วย ต้องต่อสู้ว่าเราต้องทำได้"

ในการเปลี่ยน core นั้น หัวหน้าในฐานการดำเนินงาน คือหม่อมราชวงศ์ โสภาคย์พงศ์ เกษมสันต์ รองลงมาเป็น คุณรัตนะ พุ่มเล็ก... ก่อนกำหนดจะเปลี่ยน ต้องมีการวางแผนว่า จะทำอย่างไร หนึ่ง จะจัดการเกี่ยวกับแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้วยังไง จะจัดการกับน้ำยังไง จะจัดการกับบ่อยังไง แท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว มีรังสีสูง จะเก็บยังไงเพื่อความปลอดภัย..."

## ประจักษ์ ชินอมรพงษ์ (72)

*อดีต : วิศวกรนิวเคลียร์ กองปฏิกรณ์ปฏิบัติ*
*ผู้ควบคุมงานการเปลี่ยนเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย*

"ทั้งทางด้านความร้อน เพราะยังไงๆ ตัวมันเองก็ยังมีความร้อน หนึ่ง ความร้อน สอง ป้องกันรังสียังไง เพราะฉะนั้นจึงมีการตัดสินใจว่า จะต้องทำบ่อเก็บเชื้อเพลิง สร้างบ่อขึ้นมาใหม่ และอยู่ใกล้ติดกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ที่ดูข้างนอกเหมือนโรงรถแต่ข้างในเป็นบ่อน้ำ อันนั้นเป็นบ่อสำหรับเก็บแท่งเชื้อเพลิงที่ใช้แล้ว แต่เนื่องจากไม่กี่แท่งมันก็บ่อไม่ใหญ่ นั่นเป็นการตัดสินว่าจะเก็บไว้ที่ไหนก็มีการออกแบบสร้างบ่อ

อันที่สองคือจะขนย้ายอย่างไร ในการขนย้ายนั้นก็ต้องมีภาชนะในการขนย้าย transport container ตัวภาชนะขนย้ายนี่ผมเป็นคนออกแบบเอง... ผมออกแบบมาแล้วคนที่ดำเนินการสร้างคือนายดำรง (คุณดำรง ปานจินดา กองอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์) คือสร้าง container ตามที่ผมออกแบบ ต้องคำนึงว่ารังสีแรงขนาดไหน เพราะฉะนั้นความหนาตรงกลางที่จะใส่แท่งเชื้อเพลิงต้องมีรัศมีขนาดไหน แท่งวางยังไง ตะกั่วหนาเท่าไหร่ แล้วทำตะกั่วอย่างเดียว มันไม่แข็งแรง เพราะฉะนั้นต้องหุ้มด้วยเหล็ก...

เพราะฉะนั้นเราก็ได้ transport container เราก็มีบ่อเก็บ หลังจากนั้นแล้ว เนื่องจากช่วงระยะเวลาที่จะตัดสินใจเปลี่ยนเครื่องใหม่กับการลงมือเปลี่ยนตัวเครื่องใหม่จริงๆ ห่างกันนานหลายเดือนทีเดียว เพราะฉะนั้นปริมาณรังสีของน้ำในบ่อ มันลดไปเยอะแล้ว เมื่อตัดสินใจเซ็นสัญญาที่จะซื้อของ General Atomic ก็มีการส่งข้าราชการไปฝึกอบรมเกี่ยวกับการเปลี่ยนเครื่องปฏิกรณ์ฯ สองคน หนึ่งคือผู้อำนวยการกอง คือคุณรัตนะ พุ่มเล็ก คนที่สองคือผม ไปฝึกอบรมที่ General Atomic เกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู TRIGA ตัวใหม่โดยเฉพาะ เพราะในการ operate จะได้มี license ในการ operate มาด้วย เพราะว่าตามปกติแล้วการ operate เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูต้องมีความรู้ทางด้านนี้...

พอถึงเวลาที่จะส่งตัวเครื่องเข้ามา เราทำการตรวจเช็คว่า ภายในบ่อนั้นรังสีลดลงไปมากแล้ว ซึ่งในการวัดนั้นทางด้าน health physics คือคุณวิทิตเป็นคนทำ ปรากฏว่าก็ลดลงไปมากแล้ว หมายความว่าตั้งแต่เราหยุดงานจนกระทั่งถึงระยะเวลาหนึ่ง มีการขนถ่ายแท่งเชื้อเพลิงไปไว้ในบ่อเล็กจนหมด ช่วงนี้ water treatment ของเรา คือตัวที่ทำความสะอาดน้ำในบ่อ ก็ยังทำงานอยู่ตลอดเวลา เพราะฉะนั้นพวกฝุ่น ของที่มีรังสี ก็ถูกกักไว้ในเรซิน อยู่ใน heat exchanger room เกือบหมดแล้ว ทาง health physics บอกว่าปลอดภัยแล้ว หลังจากนั้นเราก็สูบน้ำออกไปเก็บไว้ในบ่อเก็บ... ทางคุณวิทิตก็ลงไปวัดรังสีของโครงสร้างของแกนปรมาณูแล้ว ปรากฏว่ามีรังสีสูง แต่ว่าไม่ถึงกับเป็นอันตรายมากมายนัก เพราะฉะนั้นก็ได้มีการกำหนดว่า ผู้ที่จะลงไปทำงานอย่างใกล้ชิดนั้น มีการคำนวณว่าแต่ละคนที่ลงไปทำงานนั้น ที่ได้รับรังสีคำนวณตามพิกัดสูงสุดแล้ว ชั่วโมงละเท่าไหร่ เพราะฉะนั้นตั้งเป็นกฎว่าคนหนึ่งทำงานไม่เกินกี่ชั่วโมง...

หลังจากที่ถอดเอาเชื้อเพลิงออกไปแล้วเอาโครงต่างๆ ออกแล้ว ก็มีการซ่อมบ่อ แล้วก็ทาสีใหม่ เพราะผนังไม่มีปัญหา แต่ที่มีปัญหาก็คือพื้นบ่อ เข้าใจว่าเกิดจากผลของรังสีและการแช่อยู่ในน้ำ ทำให้คอนกรีตที่เราเทไว้มันนิ่ม คือมันไม่แข็งเหมือนคอนกรีตธรรมดา เหยียบแล้วรู้สึกมันนุ่มเท้า แต่ไม่ถึงกับจม ก็มีการแก้ไขปรับปรุงกันจนสมบูรณ์แบบ...

ฝรั่งมาดู มาเช็คว่าพอใจ ก็มาวางโครงของเครื่องปฏิกรณ์ฯ อะไรต่างๆ... เช็คว่าทุกอย่างถูกต้องแล้ว โครงต่างๆ อุปกรณ์เสริมที่จำเป็นต่างๆ พอเขาตรวจแล้ว ทุกอย่างเรียบร้อย ถึงเอาน้ำใส่ เอาน้ำใส่เสร็จ เราก็กำหนดเวลาที่จะเติมแท่งเชื้อเพลิง มีการเริ่มใส่แท่งเชื้อเพลิงตั้งแต่ตอนเช้าเลย ผู้ที่ใส่แท่งเชื้อเพลิงคือผม มีกำหนดใส่ทั้งหมด 100 แท่ง ผมใส่ทั้งหมด 99 แท่ง แล้วผู้อำนวยการกองใส่เป็นคนสุดท้าย... ”

*"สมัยก่อนยังไม่เรียกพลังงานนิวเคลียร์ เราเรียกว่าพลังงานปรมาณู ซึ่งเริ่มถูกนำมาใช้ในทางสันติหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ที่อเมริกาทิ้งระเบิดปรมาณูที่ฮิโรชิมาและนางาซากิ ประธานาธิบดีไอเซนฮาวร์ประกาศว่าควรจะนำมาใช้ในทางสันติ จุดแรกที่ข้ามาเปิดตัวในเมืองไทย..."*

## ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ์ (72)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองขจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*

"เป็นการแสดงนิทรรศการที่สวนลุมฯ เรียกว่า 'อะตอมส์แอตเวิร์ก' (Atoms at Work) ไม่ได้เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เสียทีเดียวหรอก แต่คล้ายเป็นเครื่องตัวอย่างที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ เคลื่อนย้ายได้ จึงนำไปจัดแสดง ตอนผมไปดูยังเป็นเด็กอยู่เลย รู้สึกจะเป็นเครื่องแอล 77 ปี 05 เป็นเครื่องเล็กๆ ขนาดย่อม สำหรับจัดแสดงว่าพลังงานนิวเคลียร์นำไปใช้ประโยชน์ได้ ทำให้มีรังสีออกมาได้

ตอนนั้นคนก็ไม่ค่อยรู้จักกันหรอก มาเริ่มตื่นตัวก็ตอนที่เริ่มสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยหรือที่เราเรียก ปปว.-1 เพราะว่ารัฐบาลไทยไปลงนามข้อตกลงระหว่างรัฐบาลไทยกับอเมริกาเรื่องการนำพลังงานปรมาณูมาใช้ในทางสันติ คือถ้าไม่มีข้อตกลงก็เอาเชื้อเพลิงมาไม่ได้ เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกที่เราใช้จะใช้ยูเรเนียมที่เสริมสมรรถนะเป็น 93 เปอร์เซนต์ และเชื้อเพลิงที่ใช้ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในสมัยนั้นเรียกว่าเช่าซื้อ ไม่ได้เป็นสมบัติของประเทศ และตามข้อตกลงกับสหรัฐอเมริกาคือเชื้อเพลิงที่เราใช้เสร็จแล้วจะต้องคืนให้กับสหรัฐ ดังนั้นจึงเรียกว่าเช่าซื้อ และมีการสร้างตึกสำหรับติดตั้ง ตึกที่สร้างก็สร้างโดยบริษัทประมวลก่อสร้าง รากฐานแข็งแรงมาก

จริง ๆ แล้วเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่สร้างขึ้น เดิมจะสร้างกันที่ของจุฬาฯ และส่งบุคลากรต่างๆ ไปเรียนที่ต่างประเทศ เรียนปริญญาโทปริญญาเอก เพื่อกลับมาเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กัน แต่สุดท้ายก็ต้องย้ายไปที่ทุ่งบางเขน สมัยนั้นเป็นสมัยรัฐบาลจอมพลสฤษดิ์ ธนะรัชต์ ท่านให้ไปสร้างขึ้นที่พื้นที่ชายธงของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ตอนนั้นยังเป็นถนนลูกรังชื่อถนนศรีรับสุข

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่สร้างก็เพื่อการวิจัย คือวิจัยเอารังสีมาใช้ประโยชน์ ให้ความร้อนที่เกิดขึ้นถูกระบายทิ้งไป...

ประมาณสามสิบปีที่แล้ว ตอนนั้นกระทรวงพลังงานยังไม่เกิด หน่วยงานหลักๆ มีแต่ พ.ป.ส. เท่านั้นเอง ทางการไฟฟ้า ริเริ่มโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ขึ้นมา เป็นความร่วมมือระหว่างการไฟฟ้า กับ พ.ป.ส. และทางภาควิชานิวเคลียร์ของจุฬาฯ ตอนนั้นเราจัดอบรมให้ความรู้เรื่องนิวเคลียร์เบื้องต้นให้พวกวิศวกร อบรมเจ้าหน้าที่ที่จะต้องเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ พอต่อมามีค้นพบแก๊สธรรมชาติในอ่าวไทย โครงการนี้เลยชะงักไป ผมทำอยู่ระยะสั้นเท่านั้นเอง เพราะโครงการยังไม่มีอะไรมาก แล้วสมัยก่อนนี้พระราชบัญญัติเรื่องสิ่งแวดล้อมก็ยังไม่มี...

หลังจากที่มีการริเริ่มโครงการโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ในครั้งแรกราวสิบห้าปี ประมาณปี 2539-2540 มีการริเริ่มโครงการขึ้นมาใหม่อีก แต่เกิดเหตุการณ์ทางเศรษฐกิจ การเงินของเราไม่ดีเลยต้องเลิก โครงการก็พับไปอีก จนมาเริ่มใหม่อีกครั้งเมื่อปี 2550 ที่เริ่มจริงๆ คือ ฝ่ายที่จัดหาพลังงานของการไฟฟ้าฯ ตอนนี้มีกระทรวงพลังงานแล้ว การไฟฟ้าฝ่ายผลิตอยู่ในส่วนของกระทรวงพลังงาน กระทรวงพลังงานเป็นฝ่ายจัดหาพลังงาน มีการตั้งเป็นคณะกรรมการขึ้นมาหลายชุด คือโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ เป็นโครงการใหญ่ระดับชาติที่ต้องร่วมมือกันหลายฝ่าย ผมเองอยู่ในส่วนเรื่องของความปลอดภัย โครงการยังไม่ได้เริ่ม ต้องมีการศึกษาก่อนถึงความเป็นไปได้ แล้วถึงจะเสนอรัฐบาล ตอนนี้โครงการเองถือว่าอยู่ในระหว่างศึกษา แล้วถึงยื่นให้รัฐบาลเป็นฝ่ายตัดสินใจปีหน้า..."

"เดิมเรือนเก่าที่มีมาตั้งแต่ปี 2505 เป็นแกมมาการีนเฮาส์ ชื่อเรือนรุกขรังสี เวลาเราจะฉายรังสีเราก็เอาต้นไม้ที่จะฉายรังสีข้ามาฉายข้างใน หลังจากฉายรังสีแล้วเราก็เอามาทำข้างนอก มาเลิกใช้ปี 2526 ก่อนที่จะมาเกิดศูนย์นี้ เป็นแกมมาการีนเฮาส์ สมัยนั้นเป็นสมัยที่เทคโนโลยีพึ่งเริ่ม..."

## ศาสตราจารย์ ดร. สิรนุช ลามศรีจันทร์ (68)

*อดีต : หัวหน้าภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์*
*หัวหน้าศูนย์บริการฉายรังสีแกมมาและวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*

"คือในปี 2505 เป็นปีที่การใช้งานเรื่องรังสีเข้ามาอยู่ในประเทศไทยประมาณปีนั้น ทางมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีการก่อสร้างเรือนนี้ขึ้นมา เป็นการฉายรังสีแบบโครนิก นี่คือสิ่งที่จะให้เตือนประวัติศาสตร์ประเทศไทยของเรา แต่น่าเสียดายมันต้องถูกรื้อไปเสียแล้ว...

ศาสตราจารย์ ดร. อรรถ นาครทรรพ ท่านเป็นหัวหน้าหน่วยพลังงานปรมาณู เป็นเจ้านายของอาจารย์ เป็นคนที่รับอาจารย์เข้ามา อาจารย์เข้ามาประมาณปี 2511 มาอยู่กับท่าน ช่วงแรกจะใช้โคบอลต์-60 ก่อน กำลังแรงแค่นี้คูรีน้อยมาก แล้วต่อมาสักห้าปี ได้เปลี่ยนเป็นซีเซียม-137 งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นเรื่องของการทดลองหาปริมาณรังสีที่เหมาะสมกับพืชต่างๆ ที่เรานำไปวางฉายรังสี... ตอนนั้นในภูมิภาคนี้ไม่มีเครื่องฉายรังสีแบบโครนิกนี้ แล้วมาเลเซียเอง ซาราวัก เป็นเกาะ ไม่มีเครื่องฉายรังสีต้องมาฉายที่เรา แล้วเราก็ให้บริการ อาจารย์จำได้แม่นเลยเป็นมาเลเซียที่มาฉายรังสีมีบันทึกเลย เขามาฉายพริกไทย ปรับปรุงพันธุ์พริกไทย หลังจากนั้นในช่วงนั้นเราก็สร้างทีมงานวิจัย ส่งคนไปเรียนต่างประเทศ แล้วรับลูกน้องเข้ามาเพิ่ม

ต่อมาศาสตราจารย์ ดร. อรรถ ท่านเกษียณไป คนที่เข้ามาแทนคือท่านศาสตราจารย์ ดร. สุมินทร์ สมุทคุปติ์ ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป ท่านเป็นคณบดี ท่านดึงพวกเราเข้าสู่การปรับปรุงพันธุ์พืชแบบพืชไร่ ท่านทำพันธุ์ถั่วเหลือง ตอนนั้นตัวอาจารย์เองได้ดอกเตอร์แล้วกลับมาจากอเมริกา... ตอนหลังอาจารย์สุมินทร์เลยดึงเข้ามาหาถั่วเหลือง แล้วตัวอาจารย์เองเป็นหัวหน้าโครงการ ตัวอาจารย์กับทีมของเราได้พันธุ์ดอยคำออกมา แล้วอาจารย์ได้พันธุ์ถั่วเหลือง ถั่วแดง คืออาจารย์กระโดดเข้าสู่พืชไร่โดยตรงเลย ท่านก็ผลักดันให้เราทำงานวิจัยกันมากขึ้น ตัวท่านเองก็ทำงานให้โครงการหลวง ไปเป็นที่ปรึกษาให้กับโครงการหลวงเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชตระกูลถั่ว

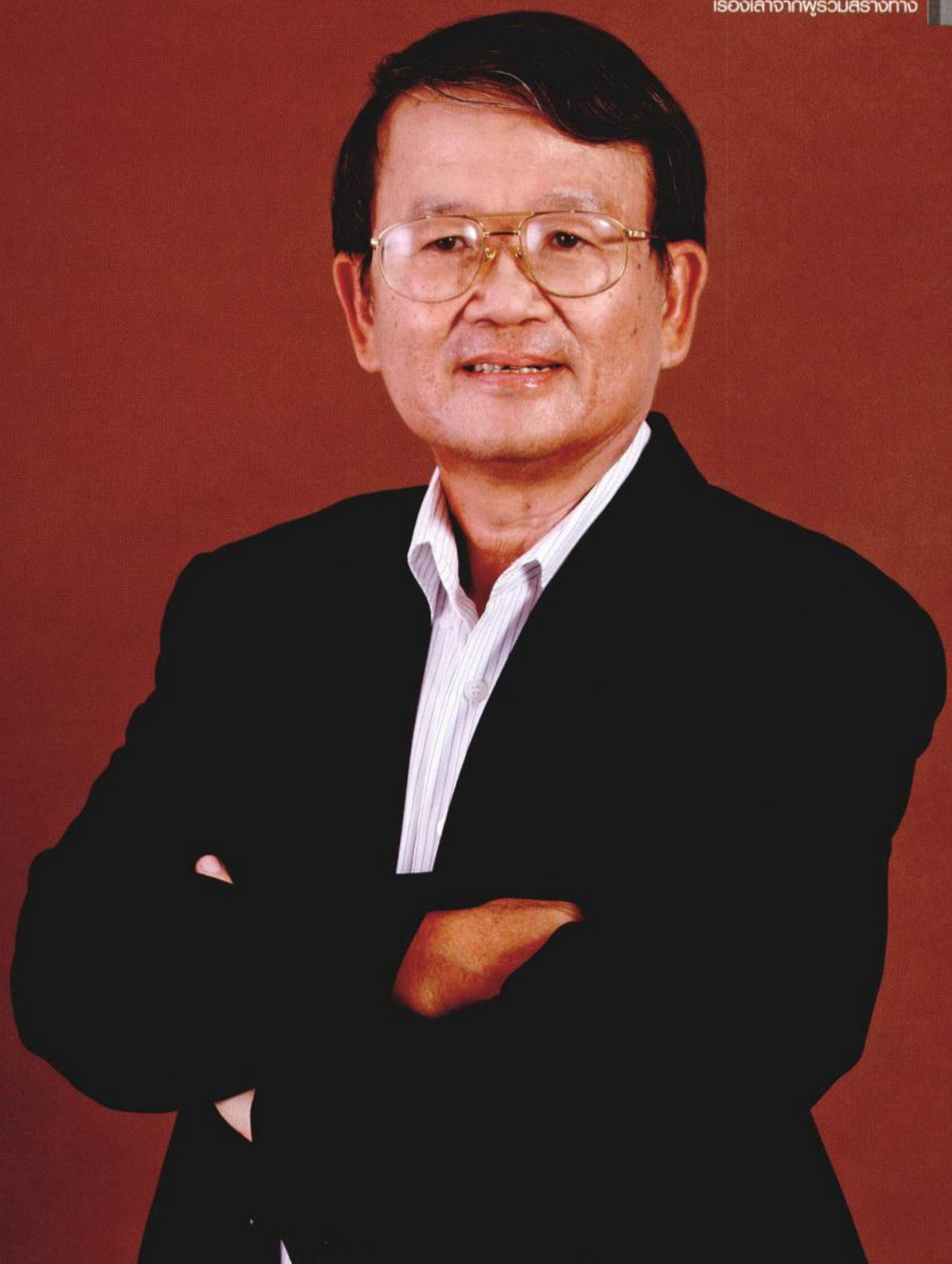
ท่านต่อมาคืออาจารย์ ปรีชา ขัมพานนท์ ท่านเป็นหัวหน้าทีมวิจัยพันธุ์ข้าว กข-6 กข-15 กข-10 เป็นเจ้าของงานวิจัยเรื่องปรับปรุงพันธุ์ข้าว เป็นนักวิชาการของกรมการข้าว กระทรวงเกษตร ทำร่วมกับกรมการข้าว ฉายรังสีแกมมาที่ พ.ป.ส. ทำตั้งแต่สมัยเป็นกรมข้าว ฉายรังสีมาตั้งแต่ปี 2508 แต่มาออกพันธุ์เอาในช่วงนี้ สองตัวนี้คือ กข-6

กับ กข-15 มาจากข้าวหอมมะลิ ฉายรังสีแกมมาทั้งคู่ กข-10 เป็นข้าวเหนียว คือดูจากตัวเลข ถ้าเลขคู่จะเป็นข้าวเหนียว เลขคี่ก็เป็นข้าวเจ้า กข ก็คือกรมการข้าว และที่พูดถึงท่านเพราะคนมักจะลืม แต่ว่าท่านให้สิ่งที่สำคัญที่สุดกับประเทศไทย คือพันธุ์ข้าว กข ตอนนี้ท่านเกษียณไปนานมากแล้ว จนบัดนี้พันธุ์ข้าวยังอยู่ ตั้ง 25 เปอร์เซนต์ ของพื้นที่ปลูกข้าวทั้งประเทศ ในช่วงที่อาจารย์ปรีชาออกพันธุ์ต่าง ๆ เหล่านี้มา เป็นช่วงที่ตัวอาจารย์เองเริ่มสอนหนังสือ คือเปิดสอนวิชา mutation breeding ท่านก็มาสอนให้ฟรี ตัวอาจารย์เองอาจจะมีทฤษฎีมา แต่ท่านเอาประสบการณ์จากงานวิจัยมาสอนอาจารย์ต่ออีกทีหนึ่ง

ตอนที่เรือนรุกขรังสีหยุดใช้งานก็มีการพยายามผลักดันให้ย้ายไปตั้งที่วิทยาเขตกำแพงแสน ใช้เวลาเป็นสิบปีก็ไม่ประสบผลสำเร็จ พอมาปี 2537 อาจารย์จึงได้เขียนโครงการขอความช่วยเหลือไปยังไอเออีเอ และได้รับการสนับสนุนจากทาง พ.ป.ส. แล้วเป็นหัวหน้าโครงการเอง เขาให้ทุนมาสามโครงการ ให้ไปอบรมดูงาน ส่งผู้เชี่ยวชาญมาให้คำแนะนำ มีการออกแบบ ส่งเจ้าหน้าที่ไปดูงาน... แล้วตอนหลังเขาให้เครื่องมือฉายรังสี ให้ต้นกำเนิดรังสี ให้ผู้เชี่ยวชาญมา แต่ว่าประเทศไทยเราต้องออกค่าก่อสร้างเอง เพราะฉะนั้นเป็นโอกาส มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์จัดหาสถานที่ ทางกระทรวงเกษตรฯ ให้งบประมาณก่อสร้าง ให้ห้องแล็บ ให้เครื่องมือมาเท่าที่ให้ได้... ได้รับอนุมัติจัดตั้งเป็นศูนย์ฉายรังสีและวิจัยเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในวันที่ 6 มกราคม 2540

หลังจากนั้นเราต้องการให้ศูนย์ฉายรังสีมีคนมาชม มีเด็กมาเรียน ให้คนเข้ามาใช้ จัดประชุมอะไรต่างๆ คือเนื่องจากเราต้องการให้เทคโนโลยีนี้ไปถึงคนทุกระดับ เราทำการวิจัยปรับปรุงพันธุ์พุทธรักษา ที่เลือกพุทธรักษาเพราะเห็นได้ง่ายเวลาที่มีการกลายพันธุ์ออกมาแล้ว แล้วออกดอกทั้งปี... เราทำงานวิจัยร่วมกับกรมส่งเสริมการเกษตรด้วย เอาเกษตรกรเข้ามาประเมินพันธุ์วิจัยของเราด้วย หลังจากเราได้ยอดแล้ว พอเราได้ยอดพันธุ์มา เราก็ฆ่าเชื้อ จับใส่ขวดให้ขยายพันธุ์ในขวด ในเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยง แล้วเราก็เอาฉายรังสี ฉายรังสีเสร็จแล้วเอามาขยายพันธุ์ในห้องเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อขยายพันธุ์ตามขั้นตอน ขยายพันธุ์เพื่อที่จะให้มันเกิดการกลายพันธุ์ แล้วมันเกิดเป็นทั้งต้น เพราะว่าเราเวลาเราฉายรังสี รังสีมันจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเพียงเซลล์เดียว เราจะทำอย่างไรให้เซลล์ที่เปลี่ยนที่เราต้องการนี่มันขยายออกมา มันขึ้นอยู่กับชนิดของพืชด้วยไม่ใช่ว่าพืชทุกชนิดจะกลายพันธุ์ได้ง่าย..."

"ตัวผมเองสนใจด้านโรงไฟฟ้าปรมาณูด้านการใช้พลังงานทางด้านฟิวชัน แต่ตอนนั้นไม่มี มีแต่ปรมาณูฟิชชัน ตอนนั้นเขาอยากได้คนทำงานด้านความปลอดภัยทางด้านรังสีมาช่วยงานมาก ผมเลยมาเริ่มทำงานนั้นตั้งแต่ปี 2514 เป็นต้นมา ก็มาเป็นนักวิทยาศาสตร์ชั้นตรี อยู่กองสุขภาพ ภาษาอังกฤษเรียกว่า health physics..."



## พูลสุข พงษ์พัฒน์ (61)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองสุขภาพ*

*รองเลขาธิการ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*

"มีคนอยู่ประมาณ 15 คน จะดูแลทั้งการออกใบอนุญาต ความปลอดภัยของสถานที่ทำงาน ดูแลการปฏิบัติตามกฎหมาย ติดตามผล อำนวยความปลอดภัยทางด้านรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมด้วย มีหน้าที่ตรวจสอบ ตรวจวัดรังสีในอากาศบริเวณที่ทำงานว่ามีระดับรังสีสูงไหม โดยเฉพาะในเครื่องปฏิกรณ์ทั้งอาคาร รวมทั้งในแล็บ คือดูแลทั้งสำนักงาน เพื่อประเมินว่าปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงานไหม

การจะรู้ว่าปลอดภัยหรือไม่ต้องดูว่าระดับรังสีที่แผ่มาจากเครื่องปฏิกรณ์มาถึงตำแหน่งที่เขายืนอยู่แรงเท่าไหร่ มีรังสีฟุ้งในอากาศหรือไม่ สมัยก่อนเป็นเครื่องเก่าซึ่งจะมีส่วนที่รังสีฟุ้งในอากาศด้วย เราต้องตรวจวัด เก็บขี้ฝุ่น เก็บอากาศ แก๊สจะดูดจับในถ่านชาร์โคล จากนั้นเอามาวัดรังสีและคำนวณว่ามีความเข้มข้นเท่าไหร่ คำนวณเป็นปริมาณรังสีแล้วปลอดภัยไหม เพื่อให้คนทำงานมั่นใจ... หน้าที่ของผมตอนนั้นคือดูแลว่าต้องทำงานกี่ชั่วโมง ขั้นตอนเป็นอย่างไร บริเวณที่ทำงานมีรังสีแรงขนาดไหน ควรทำงานได้กี่ชั่วโมง บางทีไม่เกินสองชั่วโมง บางทีไม่เกินห้าชั่วโมง ซึ่งคนปกติจะทำงานได้เจ็ดชั่วโมง เราคอยดูว่าปลอดภัยไหม ของทุกอย่างมีทั้งประโยชน์และโทษ อยู่ที่เราจะนำประโยชน์มาใช้อย่างไรให้ปลอดภัย...

รังสีส่วนใหญ่เราใช้ประโยชน์ในทางการแพทย์มานานแล้ว ส่วนทางด้านอุตสาหกรรมระยะหลังเราก็หันมาใช้งานมากขึ้น ส่วนใหญ่อยู่ในรูปของการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย... ตอนที่ผมเข้ามา ยังไม่แพร่หลาย แต่ทหารต้องใช้ เช่น ปีกเครื่องบิน ใบพัดเฮลิคอปเตอร์ พวกนี้ต้องตรวจสอบ โครงสร้างเฮลิคอปเตอร์ เขาจะส่งอุปกรณ์มาให้ตรวจสอบ หรือของโรงไฟฟ้า อุปกรณ์พวกอุตสาหกรรมยานยนต์ ในที่สุดเราเห็นว่าถ้าเราให้บริการแค่ที่เดียวคงไม่ทันการพัฒนา เราจึงมีการสอน ตั้งเป็นชมรมการตรวจสอบโดยไม่ทำลาย เราสอนภาคเอกชน เอกชนก็รวมตัวตั้งเป็นชมรมขึ้นมา ตอนผมเข้ามาทำงานยังไม่มีชมรม จากนั้นสี่ห้าปีเกิดเป็นชมรมที่ภาคเอกชนตั้งกัน จากนั้นอีกสัก

สามสี่ปี ผมมาร่วมกับท่านเลขาฯ สุชาติ (สุชาติ มงคลพันธุ์) คุณวิรัช ศรีเพ็ชรดี ผอ. กองปฏิกรณ์ปฏิบัติ ตั้งเป็นสมาคม เชิญภาคเอกชนเข้ามา จัดฝึกอบรม แล้วภาคเอกชนไปจัดให้บริการคนอื่นต่อและมีการรับรองทั้งในประเทศและต่างประเทศ ตอนแรกเรียกกันว่าชมรมเอ็นดีที (NDT) เป็นชมรมที่ไม่ค้ากำไร แรก ๆ เราสนับสนุนเรื่องงบประมาณและสถานที่ ต่อมาภาคเอกชนมาเป็นสมาชิกและเข้ามาเป็นกรรมการดำเนินการด้วย จากนั้นชมรมก็ค่อย ๆ ขยายตัวไปและกลายเป็นสมาคมแทน ตอนนี้นายกสมาคมก็เป็นภาคเอกชน ซึ่งเห็นชัดว่ามีการพัฒนา ตอนนั้นเราเห็นว่าถ้าเราทำเองทั้งหมดก็จะไม่ทันด้วย และภารกิจนี้น่าจะเป็นภาคเอกชนเป็นผู้ให้บริการ โดยเรามีหน้าที่สนับสนุน ส่งเสริมและควบคุมการให้บริการอย่างมีคุณภาพมากกว่า เน้นความปลอดภัยของผู้ผลิต...

ทุกวันนี้ผมมองว่า ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีนิวเคลียร์ในบ้านเราถือว่าก้าวหน้าไปมาก... สิ่งที่ขาดตามความเห็นของผมคือน่าจะมีการศึกษาวิจัยเครื่องปฏิกรณ์ให้มากขึ้น เรามีการศึกษาวิจัยการใช้ประโยชน์ค่อนข้างมาก บางอย่างมากเกินไปเมื่อเทียบกับชาติอื่นในเอเชียด้วยซ้ำไป แต่กับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูมีไม่มากเท่าที่ควร ซึ่งหากจะสร้างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ก็ทำให้เราต้องพึ่งต่างชาติ แต่อย่างน้อยก็ควรรู้จักคิดเอง ทำเอง เอาแค่ว่ารู้จักสร้างวัสดุอุปกรณ์บางส่วนด้วยตัวเองได้ พัฒนาให้มันดีขึ้น น่าจะมุ่งเน้นการวิจัยด้านนี้มากกว่านี้ ก่อนหน้านั้นคนเราไม่พอแต่ตอนนี้มีพอ มีงานวิจัย ตีพิมพ์ผลงานวิจัยแข่งกับต่างประเทศบ้าง

ผมเห็นความเจริญก้าวหน้ามาตลอดห้าสิบปี คิดว่าการใช้นิวเคลียร์ต้องคำนึงเรื่องความปลอดภัยเป็นสำคัญ ความปลอดภัยไม่ได้อยู่ที่กฎระเบียบ แต่เป็นเรื่องของความเข้าใจและการยึดถือเป็นทัศนคติที่เน้นการป้องกันเป็นหลัก ถ้าป้องกันความปลอดภัยของตัวเองไม่ได้ก็ทำให้คนอื่นไม่ได้ ต้องเน้นต้องสร้างตรงนี้... "

"ในด้านการจัดการกาก เนื่องจากตอนที่เราสร้างสำนักงาน ในปี 2504 เราได้รับความช่วยเหลือจากทางสหรัฐอเมริกา ต่อมา ได้รับความร่วมมือจากองค์การปรมาณูระหว่างประเทศ ทำให้เรามี เครื่องมือที่สามารถนำมาใช้เป็นเทคนิคในการจัดการกาก ตอนนั้น มีเครื่องบำบัดของเสีย บำบัดน้ำทิ้ง ติดตั้งโดยบริษัทญี่ปุ่น ประมาณ ปี 2508 แล้วก็ใช้ประโยชน์เรื่อยมา..."

## ปฐม แหยมเกตุ (61)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองขจัดกากกัมมันตรังสี*
*เลขาธิการ สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*

"...จริงๆ แล้วกากรังสีของบ้านเรา หรือว่าขยะกัมมันตรังสีมันไม่ได้มีมาก พออยู่ต่อๆ มาเราก็สร้างเตาเผา เป็นเตาเผาที่เราสร้างในประเทศเพื่อการลดปริมาตรของเสีย เดิมทีใส่ถังไว้เฉยๆ มันไม่ได้มีเยอะแยะอะไร แต่มันไม่ค่อยเหมาะสม บางอย่างที่ติดไฟได้ จึงเอามาเผา คือดูว่าอันไหนที่เผาได้เราก็เผา เตาตอนแรกเป็นเตาสามัญ ต่อมาจึงว่าจ้างให้สร้างเตาที่มีคุณภาพสูงขึ้น คือเป็นเทคโนโลยีต่างชาติ แต่เทคโนโลยีพวกนี้เราเรียนรู้กันหมด ดังนั้นจึงสร้างโดยฝีมือคนไทย

สำหรับในบ้านเราถือว่าไม่มีกากรังสีรุนแรง เพราะฉะนั้นส่วนมากเราใช้วิธีเก็บกักไว้เฉยๆ ถ้าเป็นของแข็งเราก็ผนึกไว้ วิธีการที่จะลดปริมาตรของของแข็งให้มีขนาดเล็กลง หรือไม่ก็ใช้วิธีที่เรียกว่าลดความเข้มของรังสีแล้วก็ปล่อยทิ้ง เรียกว่า ไดลูชัน (dilution) โดยหลักการแล้วสารรังสีที่ตั้งทิ้งไว้มันจะสลายของมันเองอยู่แล้ว เพราะฉะนั้นก็จะใช้วิธีปล่อยทอดระยะเวลาแล้วค่อยทิ้งไป ทอดระยะมันก็จะสลายไป สารที่เป็นหลักของนิวเคลียร์ตอนนี้ เราใช้โคบอลต์-60 ซึ่งครึ่งชีวิตมันห้าปี พอห้าปีมันจะหมดไปครึ่ง พออีกห้าปีมันก็หมดไปอีกครึ่ง ไปเรื่อยๆ อย่างนี้...

จริงๆ แล้วที่นี่เรารับจัดการกากจากทั่วประเทศ อย่างถ้าเป็นของโรงพยาบาลซึ่งเป็นของรัฐบาลเราไม่เก็บค่าใช้จ่าย แต่ถ้าเป็นเอกชนเราจะเก็บค่าใช้จ่าย ปกติเราเป็นหน่วยงานราชการ และเราบริการฟรีถ้าเป็นหน่วยงานราชการด้วยกัน แต่ถ้าเป็นหน่วยงานเอกชนเราต้องคิดเงิน การคิดเงินเราคิดตามปริมาณรังสี เรามีโรงเก็บ รังสีบางอย่างเช่น โคบอลต์-60 ถ้าอยู่ในภาชนะของมันแล้วรังสีจะน้อย เพราะมันมีตะกั่วคอยหุ้ม แต่ถ้าหากมันเปลือยออกมารังสีจะสูงมาก แล้วเรารู้ว่ารังสีมันอันตรายเราก็ป้องกันตัวเอง ส่วนใหญ่การป้องตัวเองก็ไม่ยากอะไร เราใช้เวลาให้สั้นที่สุดในการทำงานกับรังสีเท่าที่จะทำได้ เรารู้ว่าสารรังสีที่จะเกิดอันตรายในระยะสั้น ระยะยาวเป็นอย่างไร เราก็จำกัดเวลาในการทำงาน แล้วสารรังสีนั้นถ้าอยู่เฉยๆ มันก็จะแผ่รังสีอยู่ตลอดเวลา ถ้าเราเอาไปใส่ในถ้ำตะกั่วที่เป็นภาชนะบรรจุ

มันจะถูกป้องกันไว้ นี่คือวิธีป้องกันอันตรายอย่างหนึ่ง ถ้าเป็นรังสีแรงๆ ส่วนใหญ่เป็นแท่ง ที่เป็นแก๊สก็มี เราจะเก็บอยู่ในภาชนะปิดคือไม่ให้มันรั่วออกมา ถ้าเป็นแก๊สส่วนใหญ่ครึ่งชีวิตจะสั้น จะปล่อยทิ้งระยะหนึ่งแล้วเราค่อยปล่อยออกไป เรียกว่า ดีเลย์ (delay) คือทอดเวลาทำให้เจือจาง แล้วเราก็ปล่อยออกไปในอากาศ

เดิมทีไม่มีกฎระเบียบเรื่องการจัดการกาก การจัดการกากเป็นส่วนหนึ่งของเรื่องระบบความปลอดภัยเท่านั้นเอง ไม่ได้อยู่ในกฎหมาย ตอนหลังมีการแก้กฎหมายใหม่ ทุกวันนี้ใช้กฎหมายใหม่ที่ออกเป็นประกาศกระทรวงในราชกิจจานุเบกษา ให้รัดกุมขึ้น และเนื่องจากกากในประเทศเราไม่ได้มีรังสีสูงอย่างในต่างประเทศ แล้วการใช้งานอย่างมากก็เป็นในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งมีหน่วยงานเอกชนที่รับผิดชอบอยู่แล้ว อีกส่วนหนึ่งก็คือการใช้งานในโรงพยาบาล ซึ่งมีหน่วยงานที่เกี่ยวกับกิจการทางการแพทย์คอยดูแลอยู่ เพราะฉะนั้นก็จะมีการดูแลกันอยู่หลายขั้นตอนอยู่เพราะฉะนั้นกากรังสีในบ้านเราที่ทาง สทน. ทำอยู่ ก็ถือว่าอยู่ในปริมาณหนึ่งเท่านั้นเอง ไม่ได้มีอะไรมากมาย

สิ่งที่ผมอยากฝากไว้คือ ในแวดวงนักวิชาการไทยส่วนใหญ่จะทำงานกันแบบเฉพาะตัว คือเขามีความภาคภูมิใจในงานที่เขาทำ แต่ปัญหาคือเราขาดการทำงานร่วมกัน ความตั้งใจจริง ๆ ของผมคืออยากจะให้หน่วยงานนี้ให้มีการสื่อสารสัมพันธ์กัน คือจริง ๆ แล้วผมอยากให้ข้าราชการไทยทำงานร่วมกันทั้งประเทศ ทำงานด้วยกันได้ คือไม่ได้จำกัดอยู่แต่งานเฉพาะหน้า คือแต่ละหน่วยงานมักจะคิดถึงแต่โครงการในหน่วยงานของตัวเอง คือเฉพาะในสาขาของตัวเอง ผมอยากให้คิดถึงงานในโครงการใหญ่ จัดเป็นวาระแห่งชาติขึ้นมา ซึ่งอันนี้ผมขยายความถึงงานทางด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยด้วย”

*"ช่วงที่ผมมาอยู่ตอนนั้นประมาณปี 2515 งานที่ทำเกี่ยวกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ส่วนใหญ่คืองานวิเคราะห์หาปริมาณธาตุต่างๆ จากตัวอย่างดิน ตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างพืช เป็นต้น โดยวิธี neutron activation analysis..."*

## มานิตย์ ซ้อนสุข (60)

*อดีต : หัวหน้าโครงการวิจัยเคมีและวัสดุศาสตร์*
*สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*
*รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ*

"ตอนนั้นเข้าใจว่ามีนักวิทยาศาสตร์ราว 9 คน ท่านหม่อมหลวงอนงค์ท่านก็ให้โค้ดเป็น CH1 CH2 CH3 คือย่อมาจาก chemistry CH1 คือตัวท่าน แล้วรองลงไปเรื่อยๆ การทำงานเมื่อก่อนเป็นแบบพี่สอนน้อง

ตอนแรกเข้ามาอยู่กองเคมี และเนื่องจากว่าวิชาพวกนี้ไม่เคยเรียนในมหาวิทยาลัย เราก็เรียนรู้จากพี่ๆ ส่วนมากเราจะทำงานวิจัยคือวิเคราะห์เรื่ององค์ประกอบด้วยวิธี neutron activation analysis แล้วเราเข้าไปทำงานโดยนำตัวอย่างเข้าไปในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู ซึ่งมีสองวิธี วิธีหนึ่งคือใช้ระบบลมส่งตัวอย่างเข้าไป อีกวิธีหนึ่งคือเข้าไปที่สะพานแล้วหย่อนตัวอย่างลงไป... งานแรกที่เข้าไปทำเขาจะสอนวิธีวัดหาจำนวนนิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ หลังจากนั้นเราก็มาเรียนรู้วิธีการคำนวณอะไรต่างๆ ซึ่งพี่ๆ เขาจะสอนให้ แล้วผมก็เป็นลูกมือของหม่อมหลวงอนงค์ในการวิเคราะห์อลูมิเนียมในน้ำ ท่านก็จะนั่งอยู่ที่ห้องวัด แต่เนื่องจากอลูมิเนียมมี half life สั้นมาก ต้องวิ่งเข้าไปอาบรังสีแล้วก็วิ่งออกมา half life แค่ห้านาที เราก็ต้องวิ่งขึ้นวิ่งลงอยู่นั่นเอง เพราะเราเป็นเด็ก...

ต่อมาหม่อมหลวงอนงค์ให้ผมไปเรียนเรื่องการอัดพลาสติกโดยใช้รังสีจากท่านอาจารย์สมเกียรติ ตรีทอง ขณะเดียวกันทางจุฬาฯ เปิดภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี ผมเลยเรียนต่อที่นั่นด้วย ผมเลือกทำวิทยานิพนธ์เรื่องไม้อัดพลาสติก... ตอนที่ผมทำวิทยานิพนธ์ ผมกับอาจารย์ชยากริต ศิริอุปถัมภ์ ทำงานอยู่ด้วยกัน อาจารย์กลับจากนิวซีแลนด์ ไปเรียนเรื่องการหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 ผมไปช่วยเลยได้เรียนรู้ไปด้วย เพราะต้องทำระบบสูญญากาศ ทำเครื่องแก้ว สำหรับวิเคราะห์ เปลี่ยนแก๊สเปลี่ยนคาร์บอนในตัวอย่างให้เป็นสารประกอบพวกเบนซีน มีการสังเคราะห์ทางเคมี ต้องออกแบบเครื่องไม้เครื่องมือต่าง ๆ ก็มาช่วยกันทำ ทำให้ผมได้รู้เทคนิคนี้ไปด้วย หลังจากนั้นอาจารย์ชยากริตก็โอนไปจุฬาฯ แต่งานนี้ผมรู้แล้ว สามารถทำต่อได้...

ช่วงนั้นประมาณปี 2518-2519 ยังอยู่ในกองเคมีแต่แยกส่วนออกมา ไม่ได้แยกออกมาเป็นแผนกใหม่ สมัยก่อนเป็นห้องปฏิบัติการจากกองแยกเป็นฝ่าย ตอนนั้นมีสองฝ่ายคือเรดิโอเคมี เกี่ยวกับสารเคมีวิเคราะห์ และเรดิเอชันเคมี งานไม้อัดพลาสติกที่ผมทำเราเรียกว่าเรดิเอชันเคมี งานคาร์บอน-14 เราเรียกว่าเรดิโอเคมี ผมเลยได้ทำสองงาน หลังจากนั้นก็ทำงานเกี่ยวกับคาร์บอน-14 ค่อนข้างมากและทำมาเรื่อย ส่วนใหญ่จะใช้ประโยชน์ในด้านโบราณคดี ธรณีวิทยา เช่น หาระดับน้ำทะเลในอดีต ส่วนใหญ่ทางหน่วยงานราชการจะส่งตัวอย่างเข้ามาให้วิเคราะห์ เพราะมีที่เดียวที่ทำได้...

จากนั้นผมได้เริ่มทำงานทางด้านเคมีรังสี เริ่มนำเคมีรังสีมาประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการปรับปรุงคุณภาพของน้ำยางพารา ผมได้ทุนไปเรียนที่อังกฤษทางด้านเคมีรังสี ประมาณสองปี ในเชิงทฤษฎี แต่พอกลับมาเครื่องไม้เครื่องมือไม่มี จึงทำคาร์บอน-14 ต่อ แล้วก็ radiation processing คือการนำรังสีมาประยุกต์ใช้ในหลายๆ เรื่อง เช่น การปรับปรุงคุณภาพยางพารา การเคลือบผิวด้วยรังสีหรือ coating เช่น เทคนิคการอาบมันใช้รังสีทำให้สารเคมีที่เคลือบแห้งเร็ว อีกอันหนึ่งคือการใช้รังสีฆ่าเชื้อให้เป็นประโยชน์ทางการแพทย์ ผมได้รับมอบหมายให้เป็นผู้ประสานงานกับผู้เชี่ยวชาญของทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศเพื่อนำเทคโนโลยีเข้ามาเผยแพร่โดยการจัดสัมมนา จัดอบรม ส่งคนไปฝึกอบรมที่ต่างประเทศ เป็นต้น

ผมทำมาเรื่อยจนสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แยกตัวออกจากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ จึงเริ่มหันมาทำงานด้านบริหารมากขึ้น แต่ด้วยความที่เราเคยทำงานวิจัยและทำงานด้านประสานงานมาก่อน ทำให้เรารู้ scope งานกว้างๆ ของงานวิจัย ท่านมนูญ (ดร. มนูญ อร่ามรัตน์) ขอให้ช่วย set up ห้องปฏิบัติการไอโซโทปไฮโดรโลยี... ถ้าจะสร้างห้องปฏิบัติการนี้ สิ่งที่สำคัญที่สุดในการสร้างคือเราต้องมีเครื่องแยกมวลที่เรียกว่า mass spectrometer ท่านมนูญเลยติดต่อทบวงการฯ ให้ช่วยเรา เราได้งบจากรัฐบาลจึงไปซื้อเครื่องนี้มา มีประโยชน์มากในการ identify แหล่งที่มา เช่น น้ำมาจากที่ไหนบ้าง จากน้ำฝน จากน้ำบาดาล จากทะเลสาบ ... มีคนส่งตัวอย่างน้ำเข้ามาให้เราวิเคราะห์ เป็นการทำวิจัยร่วมกับกรมน้ำบาดาล

ผมอยากให้เห็นว่าบ้านเรามีใช้เทคโนโลยีนี้มาตั้งนานแล้ว ราวหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 แต่คนไม่ให้ความสนใจกัน จนทุกวันนี้ มองในแง่ของการใช้งานเทคโนโลยีนิวเคลียร์ เดี๋ยวนี้คนส่วนใหญ่เข้าใจและยอมรับมากขึ้น คือช่วงก่อนอาจจะกลัว เมื่อช่วงสิบปีที่แล้ว แต่ช่วงหลังๆ ทุกคนเห็นความจำเป็น แต่ยังห่วงเรื่องความปลอดภัย ห่วงเรื่องคน แต่คนเริ่มเรียนรู้เรื่องเทคโนโลยีแล้ว รู้เรื่องรังสีมากขึ้น เมื่อก่อนกลัวก็ไม่ฟังเลย อาจเป็นเพราะคนรุ่นใหม่มีการศึกษา แต่ว่าถ้าเป็นเรื่องที่เกี่ยวกับใกล้ตัวเขาก็ยังระวังอยู่"

## ศักดา เจริญ (58)

*อดีต : ผู้อำนวยการกองไอโซโทป*
*ปัจจุบัน : รองผู้อำนวยการฝ่ายบริหาร*
*สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ*

"ผมเริ่มทำงานที่ศูนย์ไอโซโทปรังสี -- เมื่อก่อนเรียกกองไอโซโทป -- ราวปี 2516 งานไอโซโทประยะแรกๆ ส่วนใหญ่เป็นงานทดลองวิจัย หลังจากที่วิจัยได้สารบางตัวแล้ว เราก็ส่งให้โรงพยาบาลเอาไปใช้ ซึ่งช่วงแรกๆ มีผลิตไม่กี่ตัว ตัวหลักๆ คือ ไอโอดีน-131 กับ เทคนีเชียม-99 เอ็ม แล้วก็สารประกอบของไอโอดีน-131 บางตัว เช่น ไอโอดีน-131 ฮิปพิวแรน (hippuran) และไอโอดีน-131 โรสเบงกอล (rose bengal) ทำในลักษณะแล็บสเกล (lab scale) มากกว่า เครื่องไม้เครื่องมืออุปกรณ์ส่วนใหญ่ไม่ได้มีอะไรมาก..."

"เนื่องจากเป็นงานทดลองวิจัย เวลาทำจริงๆ ก็ใช้ตู้ควันคือ fume hood ธรรมดา แล้วเราก็ซื้อตะกั่วมาเพื่อใช้กำบังรังสี ที่แพงหน่อยเป็นกระจกตะกั่วซึ่งสามารถกำบังรังสีได้ สามารถมองเห็นภายในได้ เอามากั้นไว้ในตู้ควันเวลาทำงาน มือกลเหมือนทุกวันนี้ก็ไม่มี บางทีต้องใช้มือล้วงเข้าไป แค่ช่วงที่ผลิตใหม่ๆ เนื่องจากเป็นการทดลอง กำลังรังสียังไม่สูงมาก ยังทำได้อยู่

คนของกองไอโซโทปตอนนั้นมีอยู่น้อย ไม่ถึงสิบคน แต่ละคนทำทุกอย่าง อย่างผมทำตั้งแต่เริ่ม process จนจบเลย อย่างผมผลิตเทคนีเชียม-99 เอ็ม ก็จะทำตั้งแต่เตรียมสารตั้งต้น เอาเข้าไปอาบรังสีในเครื่องปฏิกรณ์เอง ได้เวลาเสร็จก็ remove ออกมาเอง ผลิตเอง QC เองเสร็จ บางทีก็ติดรถไอโซโทปนำไปส่งให้ด้วยเสร็จสรรพ คนเดียวครบวงจรหมดเลย เนื่องจากคนเราไม่มี แล้วเราก็ทำกันมาตลอด มันก็ดีอย่างเพราะคนรุ่นแรกๆ จะทำเป็นหมดทุกเรื่อง...

ตอนแรกที่เราทำ เรายังทำน้อยเนื่องจากเราทำในลักษณะแล็บสเกล เช่น เทคนีเชียม-99 เอ็ม เราส่งอยู่ไม่เท่าไร เป็นร้อยมิลลิคูรีเท่านั้น ตอนนั้นที่พอจะผลิตมากหน่อยก็มีไอโอดีน-131 เป็นตัวหลัก หลังจากที่คิดว่าถ้าอยู่อย่างนี้คงไม่ได้แล้ว เราจึงขอความช่วยเหลือไปที่ทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศ ขอผู้เชี่ยวชาญมาช่วย เขาก็ให้ความช่วยเหลือมาจัดซื้อตู้ hot cell ที่เป็นตู้ผลิตไอโอดีน-131 ทบวงการฯ กับรัฐบาลไทยออกเงินกันคนละครึ่ง ได้ตู้ผลิตอย่างที่ในต่างประเทศเขาใช้กันเลย เป็นตู้ตะกั่วอย่างดี มีระบบอะไรอย่างครบถ้วน มีมือกลใช้ ประมาณสมัยที่ท่านสุชาติเป็น ลปส. (สุชาติ มงคลพันธุ์ เลขาธิการ พ.ป.ส. พ.ศ. 2531-2533) เราทำส่งให้โรงพยาบาลหลัก ๆ ใช้งานได้ อย่างเช่น ศิริราช จุฬาฯ พระมงกุฎฯ รามาฯ... ส่วนตัวอื่นๆ ยังคงผลิตในระดับแล็บสเกล...

หลังจากนั้นมาสักระยะถึงเขียนโครงการขอความช่วยเหลือจากทบวงการฯ อีก คราวนี้ขอชุดผลิตเทคนีเชียม-99 เอ็ม ระยะหลัง เราขอผู้เชี่ยวชาญจากทบวงการฯ มาช่วยเราพัฒนาปรับปรุงห้องปฏิบัติการเราหลายๆ ส่วน ไม่ว่าจะเป็นด้านผลิต ด้านควบคุมคุณภาพ รวมทั้งส่งคนของเราไปฝึกอบรมต่างประเทศด้วย... หลังจากนั้นก็พัฒนาขึ้นมาเรื่อยๆ แล้วก็ปรับปรุงแล็บแล้วก็รับเจ้าหน้าที่เข้ามาเพิ่ม งานก็ขยายเพิ่มขึ้นเรื่อยจากที่เราผลิตอยู่ไม่กี่ตัว ปัจจุบันนี้เรามี product ทั้งหมดอยู่ประมาณยี่สิบกว่าชนิด ตัวหลักๆ เราสามารถผลิตให้โรงพยาบาลได้ แต่บางชนิดก็ไม่พอเพียง เพราะความต้องการเพิ่ม คนไข้เพิ่ม อุปกรณ์ที่มีคือเครื่องปฏิกรณ์ฯ

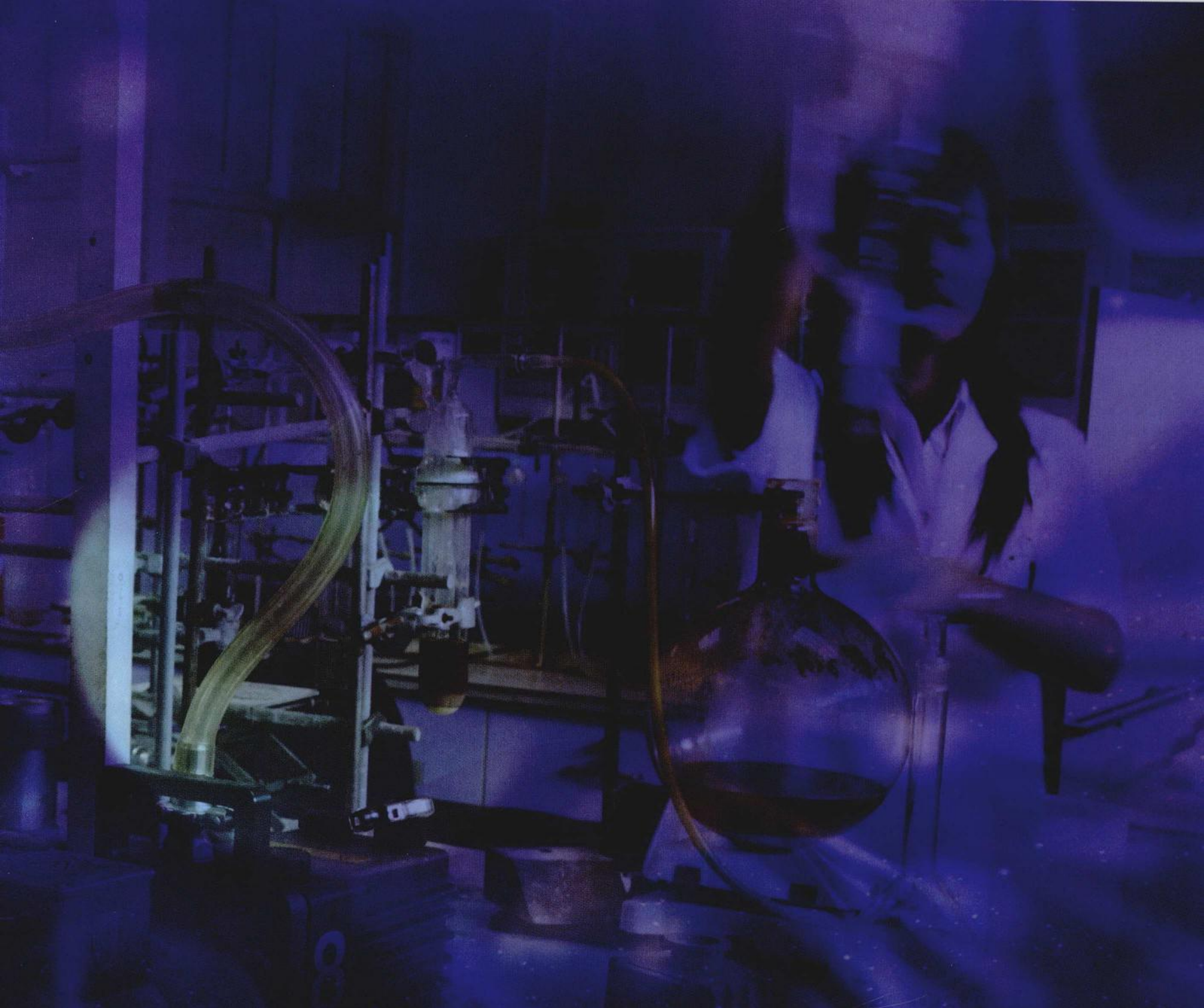
ก็ค่อนข้างเก่า 40 กว่าปีแล้ว กำลังค่อนข้างน้อย การที่จะผลิตจำนวนมาก ๆ ก็ค่อนข้างลำบาก...

...ทุกอย่างเราใช้มาตรฐานสากลหมดเลย คือมาตรฐานของ US Pharmacopoeia คือมาตรฐานตามหลักเภสัชของอเมริกา และมาตรฐาน European Pharmacopoeia คือมาตรฐานตามหลักเภสัชของยุโรป... พูดถึงการผลิต เนื่องจากเป็นสารรังสี จะต้องมีระบบป้องกันเยอะแยะไปหมด อย่างตู้ผลิตต้องเป็นระบบ negative pressure คือมีระบบระบายอากาศ pressure ข้างใน (ตู้) ต้องต่ำกว่าข้างนอก เพราะฉะนั้นไอหรือสารข้างในจะ leak ออกข้างนอกไม่ได้ จะดูดเข้าอย่างเดียว เรามีระบบระบายอากาศของตัวตู้ผลิตอยู่ ในทำนองเดียวกันในห้องผลิต pressure ต้องน้อยกว่าข้างนอกห้อง ฉะนั้นโอกาสที่จะมี accident อะไรก็จะไม่หลุดไปข้างนอก ทีนี้ระบบระบายอากาศอาจดูดสารรังสีออกไปด้วย ฉะนั้นก่อนเข้าสู่บรรยากาศ จะต้องผ่านฟิลเตอร์อีกประมาณ 3-4 ชั้น... ก่อนปล่อยสู่ปล่อง มีระบบวัดว่ามีอะไรหลุดรอดไปบ้าง คนทำก็เหมือนกัน ต้องมีระบบป้องกัน ต้องมี film badge วัดว่าโดนรังสีอะไรบ้าง...

...ปกติเราผลิตขึ้นมาแล้ว ก่อนเอาใช้กับคนไข้ ต้องใช้กับสัตว์ทดลองก่อน ว่าของที่เราผลิตขึ้นเมื่อฉีดเข้าไปแล้ว ไปตรงตามที่ต้องการไหม ไปอวัยวะนั้นไหม... ฉีดสารนี่เข้าไปในหนู ต้องฆ่าหนู แล้วต้องแยกอวัยวะทุกส่วนไปวัดว่าแต่ละส่วน uptake ไปเท่าไร ส่วนที่เราต้องการ มันไปตรงตามนั้นเปอร์เซ็นต์ไหม... หมอเอาไปทดลองใช้แล้วต้องส่งผลให้เราด้วย... กว่าจะใช้กับคนได้ โดยปกติแล้ว 2-3 ปี ที่เราทำนี่เรียกว่าทำ bio-distribution เพราะเป็นยาฉีด ฉีดในสัตว์ทดลองเพื่อดูการกระจายของยาว่าไปที่อวัยวะส่วนใดบ้างในตัวสัตว์...

...เราได้ช่วยวงการแพทย์ด้านนิวเคลียร์มาหลายปีแล้ว ที่สำคัญเราก็ได้สร้างความมั่นใจให้กับแพทย์ผู้ใช้กับคนไข้ว่า product ของเราได้มาตรฐานตามหลักสากลและใช้งานได้ผลดี การวิจัยพัฒนาก็ทำอยู่ตลอดเวลา เราวิจัยเองด้วยและร่วมวิจัยกับประเทศในภูมิภาคและระดับทั่วโลกภายใต้ความร่วมมือกับทบวงการพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศบ้าง กับญี่ปุ่นบ้าง เกาหลีบ้าง เราไม่ได้หยุดนิ่งในการพัฒนาเทคโนโลยีทางการแพทย์ด้านไอโซโทปรังสี ถ้าจะมองจากจุดเริ่มแรก นับแต่ที่ผมทำงานเมื่อปี 16 ก็เรียกได้ว่าเป็นอีกระดับหนึ่งแล้วพัฒนาขึ้นมาค่อนข้างมาก..."

# เทคโนโลยี : รู้ใช้ ได้ประโยชน์



# เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการแพทย์

บทบาทในทางสร้างสรรค์ของพลังงานนิวเคลียร์มีมากมาย เพียงแต่คนส่วนใหญ่อาจไม่ได้รับรู้ว่ามีการใช้ประโยชน์จากนิวเคลียร์อยู่แล้วในชีวิตประจำวัน ประโยชน์สำคัญด้านหนึ่งที่มีมานานนับตั้งแต่มีการค้นพบรังสีคือประโยชน์ในทางการแพทย์ ซึ่งเป็นการประยุกต์เอาความสามารถในการส่องผ่านวัตถุของรังสี หรือสมบัติในการสลายของสารกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิต (half life หรือระยะเวลาที่สารกัมมันตรังสีใช้ในกระบวนการการสลายกัมมันตรังสีจนเหลือครึ่งหนึ่งของกัมมันตภาพตั้งต้น) แตกต่างกันมาใช้ในการตรวจวินิจฉัยและการบำบัดรักษาโรค

ลองจินตนาการภาพความเป็นไปในโรงพยาบาล จะเห็นว่าในการตรวจรักษาผู้ป่วย บุคลากรทางการแพทย์ทั้งหลายต้องใช้เครื่องไม้เครื่องมือ ไม่ว่าจะเป็น ถุงมือ หน้ากาก เข็มฉีดยา สำลี ฯลฯ ซึ่งแท้จริงแล้วได้ผ่านการฉายรังสีเพื่อปรับปรุงคุณภาพหรือเพื่อทำให้ปลอดเชื้อมาแล้วทั้งสิ้น เช่นเดียวกับสารอาหารที่คนไข้ได้รับทางหลอดเลือด ผ้าปิดแผลผู้ป่วยไฟไหม้ ผู้ป่วยที่ต้องได้รับการปลูกถ่ายผิวหนังเทียม ต้องใช้ผิวหนังเทียมที่ผ่านการเก็บรักษาให้คงคุณภาพไว้ด้วยรังสี ผู้ป่วยที่ต้องรับการเปลี่ยนเส้นเลือดก็ต้องใช้เส้นเลือดเทียมที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยรังสีเช่นกัน การตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์ที่เรารู้จักกันดี ก็เป็นการใช้สมบัติของรังสีมาช่วยค้นหาความผิดปกติภายในร่างกาย จะเห็นได้ว่าเราใช้ประโยชน์จากรังสีและสารกัมมันตรังสีมากมาย โดยอาจแบ่งเป็นสามประเภทตามวัตถุประสงค์ของการใช้ประโยชน์คือ 1. ด้านรังสีวินิจฉัย 2. ด้านรังสีรักษา และ 3. ด้านรังสีเพื่อการปลอดเชื้อ

**รังสีวินิจฉัย (diagnostic radiology)**

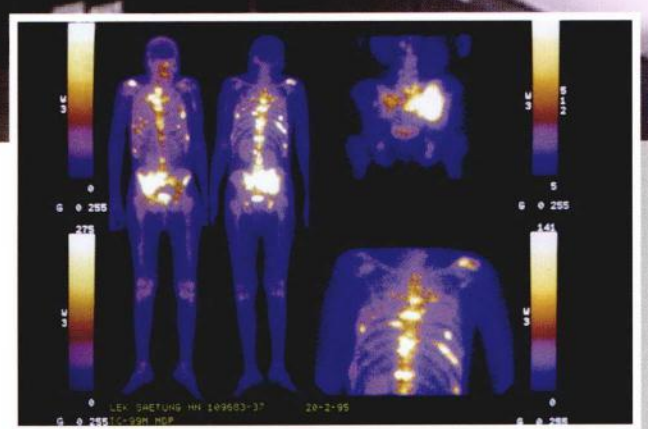
รังสีวินิจฉัยเป็นการฉายรังสีที่มีสมบัติในการทะลุผ่านได้ดีผ่านร่างกายผู้ป่วยหรือของเหลวจากผู้ป่วยเพื่อตรวจวิเคราะห์ความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อหรืออวัยวะที่อยู่ภายใน เทคนิคสำคัญๆ ที่ใช้กันมากในปัจจุบันได้แก่

**1. เอกซเรย์ (x-ray)**

เอกซเรย์เป็นเทคนิคการฉายรังสีเอกซ์ หรือที่เรียกกันว่า "ถ่ายเอกซเรย์" เพื่อตรวจหาความผิดปกติของอวัยวะต่างๆ ในร่างกาย เช่น ปอด กระดูก หรือกระเพาะอาหาร การใช้ประโยชน์จากรังสีเอกซ์ด้วยวิธีนี้ อาศัยสมบัติในการส่องทะลุผ่านสิ่งกีดขวางของรังสี นำมาส่องไปยังอวัยวะนั้นๆ เมื่อรังสีทะลุผ่านร่างกายไปยังฉาก (แผ่นฟิล์ม) ด้านหลัง จะเกิดเป็นภาพโครงร่างของอวัยวะนั้น ซึ่งผู้เชี่ยวชาญจะสามารถอ่านผลภาพเอกซเรย์และระบุได้ว่าอวัยวะนั้นเป็นปกติหรือมีความผิดปกติหรือไม่อย่างไร

ปัจจุบันการถ่ายภาพเอกซเรย์มีความก้าวหน้าไปมาก เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามารถสร้างภาพถ่ายอวัยวะแบบตัดตามขวางของลำตัวและนำมาประกอบเข้าเป็นภาพสามมิติของอวัยวะหรือเนื้อเยื่อนั้นๆ เทคนิคนี้เรียกว่าการถ่ายภาพรังสีส่วนตัดอาศัยคอมพิวเตอร์ (computed axial tomography, CAT) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่าซีทีสแกน ช่วยให้การวินิจฉัยโรคและค้นหาที่มาของโรคทำได้อย่างรวดเร็ว แม่นยำยิ่งขึ้น

เครื่อง PET/CT เป็นเทคโนโลยีการวินิจฉัยด้วยภาพชั้นสูง
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล)



ภาพจากเครื่องสแกนคอมพิวเตอร์แสดงการกระจายของมะเร็งกระดูก
(ที่มา : www.iaea.org)

การสร้างภาพเอกซเรย์คอมพิวเตอร์สามมิติ
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)

นอกจากนี้มีการพัฒนาการตรวจทางรังสีพิเศษ เช่น อัลตราซาวนด์ (ultrasonography) ที่ใช้คลื่นเสียงความถี่สูง การสร้างภาพด้วยเรโซแนนซ์แม่เหล็กหรือเอ็มอาร์ไอ (magnetic resonance imaging, MRI) เป็นการสร้างภาพโดยส่งคลื่นวิทยุเข้าไปในสนามแม่เหล็กแล้วทำการตรวจวัดการเรียงตัวของอนุภาคโปรตอนที่เปลี่ยนแปลงไป เป็นวิธีที่ช่วยให้เห็นความแตกต่างของเนื้อเยื่อปกติและเนื้อเยื่อที่เป็นโรคได้ชัดเจนกว่าภาพที่ได้จากการตรวจด้วยคอมพิวเตอร์แบบอื่นๆ

**2. เรดิโออิมมูโนแอสเซย์ (radioimmunoassay, RIA)**

เทคนิคเรดิโออิมมูโนแอสเซย์เป็นการนำเอาเลือด ฮอร์โมน ปัสสาวะ หรือของเหลว จากร่างกายคนไข้มาติดฉลากไอโซโทปกัมมันตรังสีเพื่อนำไปตรวจหาปริมาณสารที่ต้องการวิเคราะห์ เช่น นำเม็ดเลือดขาวมาติดฉลากอินเดียม-111 เพื่อตรวจหาแหล่งอักเสบของร่างกาย ตรวจการอุดตันของไขสันหลัง ตรวจมะเร็งเต้านม รังไข่ ลำไส้ นำเลือดมาติดฉลากไอโอดีน-125 เพื่อตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์ หรือตรวจหาตัวบ่งชี้มะเร็ง (tumor

*การเอกซเรย์หลอดเลือด*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)*

marker) เทคนิคนี้ยังใช้ตรวจหาระดับยาเสพติดในเลือดหรือปัสสาวะได้ดีอีกด้วย ข้อดีของวิธีนี้คือ ทำให้ผู้ป่วยไม่ได้รับรังสีโดยตรง จึงเป็นการตรวจวินิจฉัยโรคที่มีความปลอดภัยสูง และวิธีนี้ยังเป็นที่นิยมมากขึ้น เพราะนอกจากจะให้ผลที่ถูกต้องแม่นยำสูงแล้ว ยังมีความสะดวกรวดเร็ว และยังง่ายต่อการตรวจแบบเฉพาะเจาะจงอีกด้วย

**3. เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (nuclear medicine)**

เป็นการตรวจวินิจฉัยโรคโดยใช้ตัวนำพาสารกัมมันตรังสี หรือที่เรียกว่า "สารเภสัชรังสี" (radiopharmaceuticals) เข้าสู่ร่างกายผู้ป่วยโดยการฉีดหรือการกลืน ซึ่งแพทย์จะติดตามการเคลื่อนที่ของสารเภสัชรังสีนับตั้งแต่เข้าสู่ร่างกายจนกระทั่งถูกขับออกจากร่างกายด้วยเครื่องมือวัดรังสี เมื่อตัวยาเคลื่อนที่ไปถึงอวัยวะส่วนใด ก็จะแผ่รังสีแกมมาออกมาจากอวัยวะส่วนนั้น ซึ่งกล้องรังสีแกมมา (gamma camera) จะถ่ายภาพเก็บไว้ ผลจากภาพที่แสดงให้เห็นการกระจายตัวของรังสีจะช่วยให้แพทย์วินิจฉัยได้ว่าอวัยวะนั้นๆ มีความผิดปกติหรือไม่

เทคนิคนี้สามารถวินิจฉัยพยาธิสภาพได้มากมาย อาทิ เส้นเลือดในสมองแตก โรคลมชัก โรคพาร์กินสัน กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด เนื้องอก มะเร็ง โรคของต่อมไทรอยด์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ตัวนำพาสาร เช่น เมทิลีนไดฟอสฟอเนต (methylene diphosphonate) ฟลูออโรดีออกซีกลูโคส (fluorodeoxyglucose)

ตัวอย่างการรักษาทางเวชศาสตร์นิวเคลียร์ที่ได้ผลดีคือ การกินน้ำแร่ เช่น ไอโอดีน-131 เพื่อรักษามะเร็งต่อมไทรอยด์ การฉีดสารละลายฟอสฟอรัส-32 เพื่อรักษาภาวะเม็ดเลือดแดงมากเกินไป หลังจากให้สารกัมมันตรังสีแก่ผู้ป่วยแล้ว แพทย์จะให้ผู้ป่วยพักในที่ที่จัดไว้ให้โดยเฉพาะ เพื่อป้องกันไม่ให้ส่งผลไปถึงคนที่อยู่รอบข้าง นอกจากนี้ข้าวของเครื่องใช้ของผู้ป่วย เช่น เสื้อผ้า จานชามช้อนส้อมต่างๆ รวมทั้งปัสสาวะที่ถูกขับจากร่างกายผู้ป่วยจะถูกแยกไว้ต่างหาก เพื่อรอให้รังสีสลายแล้วจึงนำไปจัดเก็บหรือทิ้งได้ตามปกติ

เครื่องเอกซเรย์คลื่นเสียงความถี่สูง
(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)

เทคนิคนี้สามารถวินิจฉัยพยาธิสภาพได้มากมาย อาทิ เส้นเลือดในสมองแตก โรคลมชัก โรคพาร์กินสัน กล้ามเนื้อหัวใจขาดเลือด เนื้องอก มะเร็ง โรคของต่อมไทรอยด์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้ตัวนำพาสาร

**ตัวอย่างสารเภสัชรังสีเพื่อวินิจฉัยโรค**

- เทคนีเชียม-99 เอ็ม (technetium-99m) ใช้สำหรับตรวจทางเดินน้ำดี ไต ต่อมน้ำเหลือง
- แทลเลียม-201 (thallium-201) นำมาตรวจสภาพหัวใจเมื่อทำงานเต็มที่ ตรวจการไหลของเลือดที่ไปเลี้ยงหัวใจ และตรวจสภาพกล้ามเนื้อหัวใจ
- แกลเลียม-67 (gallium-67) ใช้สำหรับตรวจหาการอักเสบต่าง ๆ ที่มีการติดเชื้อและเกิดฝีหนอง เช่น ในช่องท้อง ตรวจมะเร็งต่อมน้ำเหลือง
- ไอโอดีน-123 (iodine-123) ใช้เพื่อตรวจการทำงานของต่อมไทรอยด์
- คริปตอน-81 เอ็ม (krypton-81m) ใช้ในการตรวจการทำงานของหัวใจ
- ทองคำ-195 เอ็ม (gold-195m) ใช้สำหรับตรวจการไหลเวียนโลหิต

## รังสีรักษา (radiotherapy)

การใช้รังสีในการบำบัดโรคที่สำคัญคือเนื้องอกและมะเร็ง โดยใช้วิธีการฉายรังสีในกรณีที่เนื้องอกหรือมะเร็งอยู่ลึกลงไปในร่างกาย การวางสารกัมมันตรังสีในกรณีที่อยู่ที่ผิวหนัง หรือการสอดใส่สารกัมมันตรังสีเข้าไป เช่น ในโพรงมดลูก เทคนิคที่สำคัญ ๆ ได้แก่

### 1. เทเลเทราพี (teletherapy)

เป็นการรักษาด้วยรังสีระยะไกล โดยฉายรังสีที่มีพลังงานสูงจากเครื่องกำเนิดรังสีหรือจากต้นกำเนิดรังสีแบบปิดผนึก (sealed source) ไปยังบริเวณของร่างกายที่แพทย์กำหนดไว้ เพื่อหยุดยั้งการเติบโตของเนื้องอกหรือมะเร็ง ปริมาณของรังสีและระยะเวลาในการฉายรังสีเพื่อรักษาผู้ป่วยแต่ละคนขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของแพทย์ ในการฉายรังสีผู้ป่วยจะไม่มีความรู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างใด เพียงแต่บางคนอาจมีผลข้างตามมา เช่น มีอาการคลื่นไส้อาเจียน ผมร่วง เป็นต้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอาการและระยะของโรค รวมถึงระยะเวลาในการฉายรังสีประกอบกัน

### 2. การฝังแร่ (brachytherapy)

การฝังแร่เป็นการรักษาด้วยรังสีระยะใกล้ โดยให้ต้นกำเนิดรังสีอยู่ใกล้กับบริเวณก้อนเนื้อมะเร็ง เพื่อก้อนเนื้อดังกล่าวจะได้รับรังสีในปริมาณสูงและเซลล์มะเร็งถูกทำลายได้โดยง่าย ขณะเดียวกันบริเวณใกล้เคียงที่เป็นเนื้อเยื่อปกติจะได้รับปริมาณรังสีน้อย ปัจจุบันนิยมใช้แร่อิริเดียม-192 (Iridium-192) เป็นต้นกำเนิดรังสี อิริเดียม-192 เป็นสารกัมมันตรังสีขนาดเล็ก มีขนาดเพียง 0.9 มิลลิเมตร บรรจุในถังเก็บขนาดกะทัดรัด ปลอดภัยในการใช้ทางการแพทย์ตามมาตรฐานสากล เทคนิคการฝังแร่ใช้มากในการรักษามะเร็งปากมดลูก มะเร็งโพรงมดลูก มะเร็งโพรงจมูก มะเร็งต่อมลูกหมาก รวมทั้งมะเร็งของอวัยวะ เช่น ปอด ลำไส้ใหญ่ หลอดอาหาร

## รังสีเพื่อการปลอดเชื้อ (radiosterilization)

เป็นการทำลายจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อนในผลิตภัณฑ์ด้วยรังสี เช่น รังสีแกมมาจากไอโซโทปโคบอลต์-60 หรือรังสีจากลำอิเล็กตรอนพลังงานสูง เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพดีกว่าการปลอดเชื้อด้วยแก๊สหรือความร้อนสูง ผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ที่นิยมทำให้ปลอดเชื้อด้วยการฉายรังสีแบ่งเป็นสามประเภท ได้แก่

**ตัวอย่างการใช้สารรังสีเพื่อการรักษา เช่น**

- รังสีโปรตอน ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งในระดับตื้นของร่างกาย เช่น ลูกตา
- รังสีนิวตรอน ใช้ในการรักษาโรคมะเร็งและเนื้องอกในส่วนลึกของร่างกาย
- โคบอลต์-60 ใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง
- เม็ดทองคำ-198 ใช้ในการรักษามะเร็งผิวหนัง
- ลวดแทนทาลัม-182 ใช้ในการรักษามะเร็งปากมดลูก

**1. เวชภัณฑ์ (medical device)**

โดยทั่วไปแล้ว เครื่องมือที่ใช้ในการรักษาและเครื่องมือที่ใช้ในห้องปฏิบัติการชันสูตรโรคที่เป็นโลหะมักใช้วิธีผ่านความร้อนสูงเพื่อทำให้ปลอดเชื้อ เช่น การต้ม หรือนึ่งเครื่องมือผ่าตัด อย่างไรก็ตาม ยังมีอุปกรณ์ทางการแพทย์อีกหลายชนิดที่ทำจากยางหรือพลาสติกซึ่งไม่ทนความร้อน เช่น ถุงมือ สายสวน ชุดให้เลือด สำลี ผ้ากอซ พลาสเตอร์ปิดแผล หรือผลิตภัณฑ์ชนิดที่ใช้ครั้งเดียวแล้วทิ้ง เช่น เข็มเย็บแผล เข็มและกระบอกฉีดยา อุปกรณ์เหล่านี้ต้องผ่านกระบวนการปลอดเชื้อด้วยรังสีทั้งสิ้น

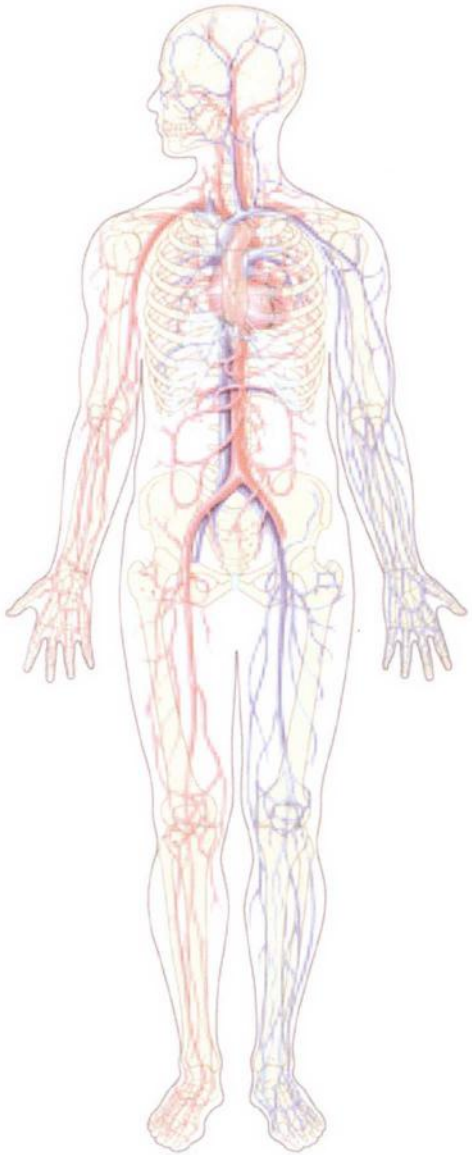
**2. เภสัชภัณฑ์ (pharmaceutical product)**

เป็นผลิตภัณฑ์ทางเภสัชกรรมที่ต้องผ่านการปลอดเชื้อด้วยรังสีเพื่อให้พร้อมและสะดวกในการใช้งาน ตัวอย่างเช่น ยาปฏิชีวนะ วิตามิน สเตียรอยด์ ฮอร์โมน เกลือแร่ สารป้องกันเลือดแข็งตัว ยาเฉพาะที่ เช่น ยาหยอดตา สารที่ใช้ในการวินิจฉัยโรค ยาสมุนไพร รวมทั้งวัตถุดิบที่ใช้ในการเตรียมยาซึ่งไม่จำเป็นต้องปลอดเชื้อแต่สามารถใช้การฉายรังสีเพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ให้เหลืออยู่ในปริมาณที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายได้

**3. เนื้อเยื่อ (biological tissue)**

ตามปกติแล้วแต่ละโรงพยาบาลจะมีการเก็บรักษาเนื้อเยื่อจากอวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกายไว้ในคลังเนื้อเยื่อ เพื่อนำมาใช้ในเวลาที่ต้องการ เช่น รักษาบาดแผลจากไฟไหม้ ปลูกถ่ายอวัยวะ เช่น ผิวหนัง ถุงน้ำคร่ำ เยื่อหุ้มสมอง เนื้อเยื่อชีวภาพเหล่านี้จะต้องนำมาทำให้ปลอดเชื้อด้วยการฉายรังสีก่อนนำไปเก็บรักษาเพื่อรอการใช้งานต่อไป

นอกจากนี้ยังมีการใช้งานรังสีในเชิงการแพทย์ด้านอื่น ๆ เช่น ฉายรังสีแกมมาสำหรับการเตรียมวัคซีน โดยเฉพาะวัคซีนที่ได้จากเชื้อเป็นซึ่งต้องทำให้อ่อนกำลังลงเพื่อลดความรุนแรงของเชื้อให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อโรค แต่ยังสามารถกระตุ้นให้เกิดการสร้างภูมิคุ้มกันขึ้นในร่างกายผู้ป่วย



## ความปลอดภัยในการทำงานกับรังสี

เนื่องจากรังสีมีทั้งคุณและโทษ การทำงานกับรังสีจึงต้องมีมาตรการป้องกันอย่างเข้มงวด การนำรังสีมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ก็เช่นกัน ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีเอกซ์ในการตรวจหรือรักษาผู้ป่วยโดยเฉพาะรังสีแพทย์และเจ้าหน้าที่รังสีเทคนิคซึ่งต้องสัมผัสกับผู้ป่วยและเครื่องมือทางรังสีตลอดเวลา จะต้องป้องกันอันตรายจากการรับรังสีมากเกินไปอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานานๆ โดยการสวมเสื้อตะกั่ว ยืนหลังฉากตะกั่ว หรือใส่ปลอกคอตะกั่ว ในระหว่างการทำงาน รังสีแพทย์และเจ้าหน้าที่รังสีเทคนิคยังอาจแขวนตลับสีฟ้าซึ่งบรรจุฟิล์มวัดปริมาณรังสี (film badge) อยู่ตลอดเวลาในระหว่างการทำงาน เพื่อตรวจวัดปริมาณรังสีที่ได้รับไม่ให้เกินค่ามาตรฐาน สารเภสัชรังสี เช่น โคบอลต์-60 ที่นำมาใช้รักษามะเร็งจะต้องบรรจุไว้ในภาชนะตะกั่วชนิดที่หนากว่าปกติมาก และเก็บไว้ในห้องที่หุ้มตะกั่วโดยรอบอีกชั้นหนึ่งเพื่อป้องกันการรั่วไหลของรังสี

*เครื่องเอกซเรย์เคลื่อนที่และเสื้อตะกั่วป้องกันรังสี*
*(ที่มา : ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล)*

# เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่อการเกษตร

ประเทศไทยจัดเป็นอู่ข้าวอู่น้ำชั้นนำของโลก ผลผลิตจากภาคเกษตรและสินค้าเกษตรแปรรูปไม่ว่าจะเป็นข้าวหอมมะลิ ผักผลไม้เมืองร้อน หรืออาหารทะเลและเนื้อสัตว์แช่แข็ง ไม่เพียงแต่จะเลี้ยงประชาชนคนไทยทั้งประเทศ แต่ยังส่งออกไปเลี้ยงประชากรของโลกอีกด้วย ความสะอาดปลอดภัยของอาหารจึงเป็นสิ่งสำคัญ เทคโนโลยีนิวเคลียร์เป็นทางเลือกใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการทำลายจุลินทรีย์ในอาหารและแมลงในผักผลไม้ ทั้งยังมีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์พืชให้มีความต้านทานโรคและให้ผลผลิตสูง

**การฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตร (food irradiation)**

การฉายรังสีอาหารและผลิตผลการเกษตรเป็นการใช้รังสีชนิดก่อไอออน (ionizing radiation) เพื่อวัตถุประสงค์ต่อไปนี้คือ

1. เพื่อลดจำนวนจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคซึ่งปนเปื้อนในอาหาร เช่น แหนม เนื้อไก่แช่แข็ง ปลาป่น

2. เพื่อยืดอายุการเก็บรักษาพืชหัว (root crop) โดยทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดการเน่าเสีย เนื้อสัตว์ปีกที่ผ่านการฉายรังสีจะสามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นานขึ้น สตรอเบอร์รี่ฉายรังสี สามารถเก็บไว้ในตู้เย็นได้นาน 2-3 สัปดาห์ ในขณะที่สตรอเบอร์รี่ที่ไม่ได้ฉายรังสีขณะจะเก็บไว้ได้ไม่กี่วัน

3. เพื่อชะลอการสุกของผลไม้ วิธีนี้ใช้ได้ผลเฉพาะผลไม้ที่ต้องนำมาบ่มหรือปล่อยทิ้งให้สุกก่อน เช่น มะม่วงอกร่อง มะม่วงทองดำ กล้วยหอม

4. เพื่อยับยั้งการงอกระหว่างการเก็บรักษา ช่วยลดการสูญเสียอาหารในพืชหัว อย่างหอมหัวใหญ่ มันฝรั่ง หรือชะลอการบานของดอกเห็ดหลังการเก็บเกี่ยว

5. เพื่อทำลายและยับยั้งและการแพร่พันธุ์ของแมลง ทำได้สองลักษณะคือ นำอาหารหรือผลิตภัณฑ์ เช่น ข้าวสาร ถั่วเขียว ถั่วเหลือง

อาหารที่ผ่านการฉายรังสี

มะขามหวาน ที่มีแมลงปนเปื้อนไปรับรังสีโดยตรง หรือนำแมลงจำนวนมากมาฉายรังสีให้เป็นหมัน เมื่อแมลงนั้นผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติ ไข่แมลงจะไม่ฟักเป็นตัว เป็นการลดประชากรแมลงในรุ่นถัดไป

เนื่องจากการฉายรังสีเป็นกระบวนการแบบเย็น (cold process) ไม่จำเป็นต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิ หรือการเปลี่ยนแปลงสมบัติของอาหาร จึงไม่เปลี่ยนสมบัติทางสัมผัสของอาหารนั้น ๆ เช่น แอปเปิลฉายรังสีจะยังคงมีชุ่มฉ่ำและความกรอบอยู่เหมือนเดิม เนื้อสดและเนื้อแช่แข็งสามารถนำมาฉายรังสีได้ โดยไม่จำเป็นต้องทำให้สุก นอกจากนั้น คลื่นพลังงานสูงจากการฉายรังสีจะทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ไม่ต้องการ โดยไม่มีรังสีตกค้างอยู่ในอาหาร

ข้อดีที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการฉายรังสีคือ สามารถฉายรังสีอาหารหรือผลิตผลการเกษตรที่บรรจุหีบห่อเรียบร้อยแล้ว จึงช่วยป้องกันการปนเปื้อนที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง การฉายรังสีอาหารทำได้กับอาหารที่อยู่ในบรรจุภัณฑ์ทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ ในสภาพแช่เยือกแข็งหรือที่อุณหภูมิห้องก็ได้ จึงสามารถปรับเปลี่ยนและดัดแปลงได้ง่าย การแช่เยือกแข็งอาหารก่อนการฉายรังสีทำให้เกิดสภาวะไร้ออกซิเจน โอกาสที่อาหารจะเสื่อมสภาพเนื่องจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidative degradation) จึงไม่มี การฉายรังสีอาหารยังเป็นวิธีการเดียวที่มีรายงานว่าสามารถทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรคอย่างเชื้อซัลโมเนลลา (salmonella) ในอาหารแช่เยือกแข็งได้

ผลไม้ไทยเป็นผลไม้เมืองร้อนที่มีรสชาติอร่อยและได้รับความนิยมไปทั่วโลก แต่ผลไม้ไทยหลายชนิดถูกกีดกันทางการค้า เนื่องจากมีโรคและแมลงที่ปนเปื้อนไปกับผลไม้ จึงเกิดปัญหาในการส่งออกที่นำความเสียหายมาให้แก่ผู้ประกอบการและเกษตรกร การฉายรังสีสามารถกำจัดเชื้อโรค ไข่แมลง และแมลงในผลไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ผลไม้ส่งออกมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับตามมาตรฐานสากล กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาซึ่งเป็นตลาดสำคัญของไทยได้ให้การรับรองและอนุญาตให้ผลไม้ที่นำเข้ามาฉายรังสีที่ปริมาณ 400 เกรย์ หกชนิดจากไทย ได้แก่ เงาะ ลิ้นจี่ สับปะรด มะม่วง ลำไย มังคุด สร้างรายได้ให้เกษตรกรไทยและนำเงินตราเข้าประเทศในแต่ละปีเป็นจำนวนมาก

### กฎหมายเกี่ยวกับการฉายรังสีอาหาร

ใน พ.ศ. 2526 คณะกรรมาธิการอาหารสากลร่วมระหว่างองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ/องค์การอนามัยโลก (Joint Food and Agriculture Organization/World Health Organization Codex Alimentarius Commission) ประกาศรับรองอาหารฉายรังสีว่ามีความปลอดภัยและเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการถนอมอาหาร มาตรฐานสำหรับอาหารฉายรังสี (Codex General Standard for Irradiated Foods) กำหนดให้ใช้ปริมาณรังสีในการถนอมรักษาอาหารสูงสุดไม่เกิน 10 กิโลเกรย์ โดยแสดงปริมาณรังสีที่อาหารได้รับด้วยโดซิมิเตอร์ซึ่งเป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีคล้ายสติกเกอร์ไว้บนบรรจุภัณฑ์ บางประเทศกำหนดให้ระบุบนฉลากอาหารว่า "ฉายรังสี"หรือ "ถนอมรักษาโดยการฉายรังสี" ("Irradiated", "Treated with Radiation", "Radura", "Protected by Ionization" หรือ "Treated by Irradiation") บางประเทศอาจกำหนดให้ต้องติดทั้งฉลากและแสดงเครื่องหมายราดูรา (radura) คู่กันเสมอ

*เครื่องหมายราดูรา (radura) บนบรรจุภัณฑ์อาหารฉายรังสี*

### การตรวจสอบการปนเปื้อนในอาหาร

การปนเปื้อนของเชื้อโรคในอาหารเป็นต้นเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดอาหารเป็นพิษและอาการท้องร่วง ตลอดจนทำให้เจ็บป่วยและมีปัญหาสุขภาพอื่นๆ ตามมา นอกจากนี้ในการส่งออก หากตรวจพบว่าอาหารนั้นมีการปนเปื้อนด้วยเชื้อโรค หรือตรวจสอบพบความเป็นพิษจากโลหะหนักในอาหารก็จะถูกทำลายทิ้งหรือถูกส่งกลับทันที ทำให้ต้องเสียหายเป็นมูลค่าไม่น้อยและยังเสียภาพลักษณ์ เสียชื่อเสียงของประเทศอีกด้วย

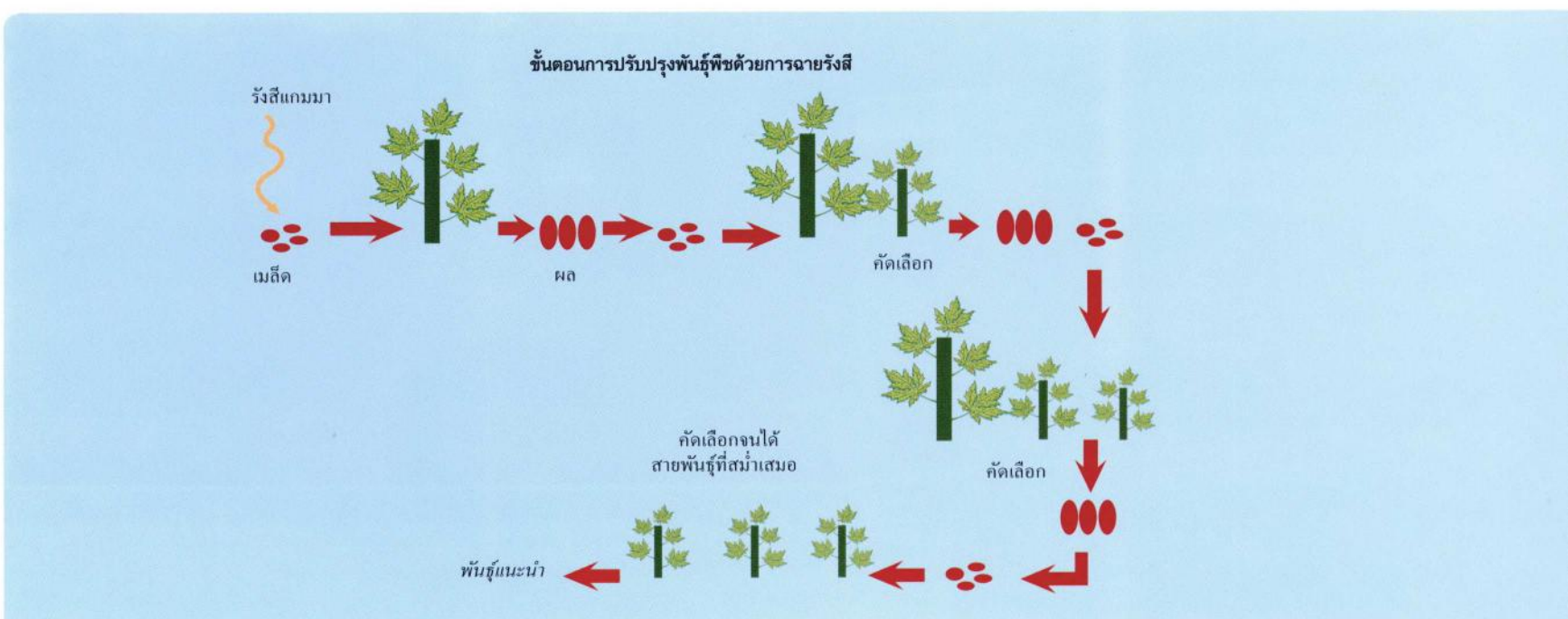
ปัจจุบัน การตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อโรค ยาฆ่าแมลง และสารพิษอื่นๆ ในผักผลไม้และอาหารสามารถทำได้ด้วยการวิเคราะห์เชิงก่อกัมมันตภาพรังสีด้วยนิวตรอน หรือเรียกอีกอย่างว่าการวิเคราะห์โดยการอาบนิวตรอน (neutron activation analysis, NAA) ซึ่งเป็นเทคนิคที่สามารถวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยถึงหนึ่งในล้านส่วนได้อย่างสะดวกและแม่นยำ และมีสภาพไวสูง โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนทางเคมี และยังสามารถตรวจสอบกลับไปถึงแหล่งที่มาของวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตอาหารได้อีกด้วย

การวิเคราะห์เชิงก่อกัมมันตภาพรังสีด้วยนิวตรอนมีประโยชน์มากในการตรวจหาเชื้อซัลโมเนลลาซึ่งเป็นสาเหตุของท้องร่วงที่มักพบในผลิตภัณฑ์อาหารสดและแช่แข็ง อาทิ ไก่ หมู ปู ปลา กุ้ง ปลาหมึก หรือแม้กระทั่งกะปิ เครื่องเทศ

## การใช้รังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืช

การใช้รังสีในการปรับปรุงพันธุ์พืชเป็นการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมของพืชด้วยรังสี เช่น รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ รังสีนิวตรอน ในอัตราที่เร็วกว่าหรือมากกว่าการเปลี่ยนแปลงเองตามธรรมชาติ เมื่อนำพืชหรือส่วนของพืชมาฉายรังสี พลังงานจากรังสีจะถูกถ่ายเทไปยังเซลล์พืช และเหนี่ยวนำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นกับองค์ประกอบภายในเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารพันธุกรรมหรือยีนซึ่งเป็นตัวกำหนดลักษณะต่างๆ ของพืช ทำให้พืชมีลักษณะต่างไปจากเดิม หรือที่เรียกว่าเกิดการกลายพันธุ์ การใช้รังสีสามารถใช้ได้กับส่วนขยายพันธุ์ต่าง ๆ ของพืช เช่น ใบ กิ่ง ตา เหง้า ไหล เนื้อเยื่อพืช ฯลฯ แต่ที่นิยมมากคือเมล็ด เนื่องจากมีจำนวนมาก หาง่าย สะดวกต่อการฉายรังสีและขนส่ง

การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสีสามารถทำให้เกิดลักษณะใหม่ๆ ที่เป็นการพัฒนาสายพันธุ์พืชให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้น เช่น ทนทานต่อภัยแล้ง ทนต่อปัญหาน้ำท่วม มีความแข็งแรงทนทานต่อแมลงศัตรูพืชและโรคต่างๆ ได้ดี นอกจากนี้ยังส่งผลให้ได้ผลิตผลที่เพิ่มจำนวนขึ้น อีกทั้งยังสามารถปรับปรุงในเรื่องรสชาติ สี หรือรูปทรงให้ตอบสนองความต้องการของท้องตลาดได้ดีขึ้น ตัวอย่างพืชที่นำมาปรับปรุงพันธุ์ เช่น



**การปรับปรุงพันธุ์พืชด้วยรังสี มีขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้**

1. การเลือกพันธุ์ที่ใช้ ควรเลือกพันธุ์ที่มีลักษณะส่วนใหญ่ดีอยู่แล้ว แต่ต้องการปรับปรุงลักษณะบางประการให้ดีขึ้น เช่น เพิ่มความต้านทานโรค หรือปรับปรุงให้ไม่ไวต่อช่วงแสง ผลิตผลสูงขึ้น

2. การหาปริมาณรังสีที่เหมาะสม เพื่อให้เกิดการกลายพันธุ์มาก แต่ไม่ถึงขนาดทำให้พืชทดลองนั้นตายหมด ปริมาณรังสีที่ใช้ในพืชแต่ละชนิด ก็แตกต่างกันไป

3. การปลูกรักษาต้นที่ 1 (M1) คือต้นที่เจริญจากเมล็ดหรือส่วนของพืชที่ฉายรังสีต้องดูแลเป็นอย่างดี เพื่อให้เหลือรอด และสามารถเก็บเกี่ยวเมล็ด หรือส่วนของพืชไว้ปลูกในรุ่นต่อไปได้ ในรุ่นนี้อาจพบลักษณะบางอย่าง เช่น ใบบิดเบี้ยวหงิกงอหรือเป็นด่าง ซึ่งลักษณะเหล่านี้เป็นผลจากรังสี แต่หากรุนแรง ก็อาจทำให้ต้นตายในเวลาต่อมา

4. การปลูกและการคัดเลือกต้นกลายพันธุ์ในรุ่นที่ 2 (M2) ถ้าเป็นพวกที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด ก็เก็บแบบแยกต้นหรือเก็บรวบรวมแล้วปลูก หรือหากเป็นกิ่งก็ตัดกิ่งไปชำใหม่ ในรุ่นนี้ จะพบความแปรปรวนมาก และอาจพบลักษณะการกลายพันธุ์ที่เห็นเด่นชัด แต่บางลักษณะอาจเห็นไม่ชัด ต้องเก็บเมล็ด หรือส่วนของพืชนั้น ปลูกทดสอบในรุ่นต่อไปจนถึงรุ่นที่ 5 หรือ 6 แล้วทดสอบพันธุ์ที่ได้ ก่อนที่จะแนะนำเป็นพันธุ์ส่งเสริม

## ข้าว

อาหารหลักของคนไทยและสินค้าออกอันดับหนึ่งของประเทศ มีการนำข้าวมาปรับปรุงสายพันธุ์ด้วยการฉายรังสีให้เกิดการกลายพันธุ์เป็นสายพันธุ์ใหม่ๆ เช่น พันธุ์ กข-6 ซึ่งได้จากการนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ฉายรังสีแกมมาขนาด 200 เกรย์ คัดเลือกจนได้พันธุ์ข้าวเหนียวที่ผลผลิตสูงกว่าพันธุ์เดิมถึงร้อยละ 23 มีความต้านทานต่อโรคไหม้และโรคใบจุดสีน้ำตาล พันธุ์ กข-10 ได้จากการนำข้าว กข-1 อาบด้วยอนุภาคนิวตรอนเร็วขนาด 10 เกรย์ คัดเลือกจนได้พันธุ์ข้าวเหนียวเมล็ดยาวขึ้น ต้นเตี้ย ผลผลิตสูง คุณภาพในการหุงต้มดีขึ้น ค่อนข้างทนทานต่อโรคไหม้ และพันธุ์ กข-15 ได้จากการนำข้าวขาวดอกมะลิ 105 ฉายรังสีแกมมาขนาด 150 เกรย์ คัดเลือกจนได้พันธุ์ข้าวเจ้าหอมเหมือนพันธุ์เดิม ต้นเตี้ยกว่า ผลผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 4.6 ทนแล้งได้ดี

*แปลงเปรียบเทียบผลผลิตในฤดูนาปรัง ของสถานีทดลองข้าวคลองหลวง ระหว่างข้าวขาวดอกมะลิ 105 (ซ้าย) กับพันธุ์กลายที่คัดเลือกไว้ (200-17) พบว่าพันธุ์กลายออกดอกเร็ว ไม่ไวต่อแสง ส่วนข้าวขาวดอกมะลิ 105 (KDML 105) นั้นเพิ่งเริ่มออกดอกและมีจำนวนน้อย*

### บัวหลวง

เดิมทีบัวหลวงพันธุ์ไทยจะมีเพียงสีชมพูและสีขาวเท่านั้น แต่นักวิจัยไทย นำโดยนายวิชัย ภูริปัญญาวานิช จากสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ นางสาววรนุช ละอองศรี สังกัดองค์การสวนพฤกษศาสตร์สมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ และ ดร. เสริมลาภ วสุวัต ผู้เชี่ยวชาญเรื่องบัวของไทยได้ร่วมกันวิจัยและพัฒนาสายพันธุ์บัวหลวงสีเหลืองสด ที่มีถิ่นกำเนิดในรัฐฟลอริดาและรัฐมิชิแกน ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งไม่สามารถปลูกได้ในเขตร้อน โดยนำเหง้าบัวมาผ่านการฉายรังสีแกมมา ในขนาด 10 เกรย์ จนได้ออกมาเป็นบัวหลวงสีเหลืองสายพันธุ์อเมริกาที่ปลูกได้ในประเทศไทย ถือเป็นความสำเร็จรายแรกในเอเชียเขตร้อน

ต่อมา มีการนำบัวสีเหลืองสายพันธุ์อเมริกาที่ผ่านการปรับปรุงพันธุ์จนสามารถปลูกได้ในเมืองไทยไปผสมพันธุ์กับบัวหลวงสีชมพูของไทยอีกครั้งหนึ่ง จนได้เป็นสายพันธุ์บัวหลวงที่มีคุณลักษณะพิเศษ โดยที่ดอกบัวจะสามารถเปลี่ยนสีสันได้ถึงสามสี คือ ขณะเป็นดอกตูมจะมีสีเขียว เมื่อเริ่มผลิบานจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู ในที่สุดก็เปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อเริ่มจะโรย บัวหลวงสายพันธุ์ใหม่ที่ได้ออกมานี้ มีชื่ออย่างไพเราะว่า "จันทร์โกเมน"

บัวหลวงสายพันธุ์ใหม่ จันทร์โกเมน

### เห็ดฟาง

เห็ดฟางเป็นเห็ดที่มีรสอร่อย ให้คุณค่าทางอาหารสูง และปลูกได้ไม่ยาก ถึงกระนั้นก็ยังไม่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการของตลาด เนื่องจากเห็ดฟางมีความแปรปรวนทางพันธุกรรมและเชื้อมีความเสื่อมค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีการนำมาปรับปรุงสายพันธุ์เห็ดฟางด้วยการฉายรังสีแกมมา ทำให้เกิดสายพันธุ์ใหม่ที่ให้ผลผลิตสูง และมีคุณภาพดีกว่าสายพันธุ์ดั้งเดิม

แตงโมกลายพันธุ์ (ซ้าย) ผิวผลไม่มีลาย ได้จากการฉายรังสีแกมมาเมล็ดแตงโมพันธุ์ห้วยทรายทอง ซึ่งมีผิวผลลาย (ขวา) ด้วยรังสีในปริมาณ 200 เกรย์ ที่ศูนย์ศึกษาพัฒนาอันเนื่องมาจากพระราชดำริ ห้วยทราย จ.เพชรบุรี

นอกจากนี้ ยังมีการใช้รังสีเพื่อปรับปรุงพันธุ์พืชชนิดอื่นๆ อีกมาก เช่น ใช้รังสีแกมมาปรับปรุงพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวให้ต้านทานโรคไวรัสเส้นใบเหลือง การใช้รังสีชักนำให้เกิดการกลายพันธุ์ในแตงโมและสบู่ดำ และการปรับปรุงพันธุ์ไม้ดอกไม้ประดับ เช่น พุทธรักษา ปทุมมา เบญจมาศ เป็นต้น

**การฉายรังสีเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืช**

แมลงศัตรูพืชเป็นปัญหาใหญ่ที่นำความเสียหายมาสู่ผลิตผลทางการเกษตร สร้างความเดือดร้อนให้เกษตรกร และทำให้สูญเสียรายได้ปีละไม่น้อย การกำจัดแมลงด้วยสารเคมีนอกจากจะทำให้เกิดสารตกค้างที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมแล้ว เมื่อใช้ไปสักระยะหนึ่ง แมลงจะพัฒนาความต้านทานต่อพิษของสารเคมีนั้น ดังนั้น จึงมีความพยายามที่จะหาเทคโนโลยีอื่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ทางเลือกหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการจัดการแมลงศัตรูพืชโดยไม่ใช่สารเคมีก็คือ เทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน (sterile insect technique, SIT)

หลักการของเทคนิคการใช้แมลงที่เป็นหมัน คือการใช้แมลงชนิดเดียวกัน ควบคุมแมลงชนิดเดียวกัน เพื่อไม่ให้มีจำนวนประชากรของแมลงชนิดนั้นๆ มากจนเป็นอันตรายต่อผลิตผลการเกษตร วิธีการคือจะต้องเพาะเลี้ยงแมลงศัตรูพืชในห้องทดลองให้ได้จำนวนมาก และทำให้แมลงเหล่านั้นเป็นหมันด้วยการฉายรังสี หลังจากนั้นจึงปล่อยแมลงที่เป็นหมันไปผสมพันธุ์กับแมลงชนิดเดียวกันในธรรมชาติ ไข่ที่เกิดจากการผสมพันธุ์จะไม่สามารถฟักออกเป็นตัวหนอนได้

จากการติดตามผลการปล่อยแมลงที่เป็นหมันในรุ่นพ่อแม่ โดยการทำเครื่องหมายด้วยผงสีสะท้อนแสง และจับแมลงกลับด้วยกับดักกาวเหนียวสีเหลือง เพื่อหาอัตราส่วนระหว่างแมลงฉายรังสีกับแมลงธรรมชาติ พบว่าแมลงรุ่นใหม่ในธรรมชาติลดจำนวนลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ยังพบแมลงตัวห้ำและแมลงตัวเบียนซึ่งเป็นแมลงที่ช่วยกำจัดแมลงศัตรูพืชมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้สมดุลทางนิเวศกลับคืนมาอีกด้วย

*แมลงศัตรูพืชที่ผ่านการฉายรังสี*

*(ขวา) ลักษณะใบและฝักของกระเจี๊ยบเขียวที่เป็นโรคเส้นใบเหลือง ทำให้ฝักมีสีเหลือง*
*(ซ้าย) ต้น B-21-6-2-1 กระเจี๊ยบเขียวสายพันธุ์กลายที่แสดงลักษณะต้านทานโรคเส้นใบเหลือง*

เทคนิคดังกล่าวใช้ได้ผลดีในการควบคุมหนอนใยผักในแปลงกะหล่ำปลีที่สถานีทดลองเกษตรที่สูงเขาค้อ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ซึ่งต่อมาได้มีการขยายผลโดยวิธีฉายรังสีให้แมลง “เป็นหมันไม่สมบูรณ์” ในรุ่นพ่อแม่ แล้วปล่อยไปผสมพันธุ์กับแมลงในธรรมชาติเพื่อให้เกิดรุ่นลูกที่มีความเป็นหมันเพิ่มขึ้น การผ่าหนอนเพศผู้วัยสุดท้ายที่จับได้ในแปลงทดลองเพื่อติดตามผลพบว่าแมลงที่เป็นหมันในรุ่นลูกจะมีโครโมโซมผิดปกติ เทคนิคนี้ยังถูกนำไปใช้ในการควบคุมและกำจัดหนอนเจาะสมอฝ้าย โดยปล่อยแมลงที่ถูกทำให้เป็นหมันในแปลงทดลองฝ้าย ศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์ อำเภอตากฟ้า จังหวัดนครสวรรค์ ปรากฏว่าประสบผลสำเร็จเป็นอย่างดีเช่นกัน

*การเพาะเลี้ยงหนอนแมลงวันผลไม้ที่ศูนย์วิจัยนิวเคลียร์ อำเภอองครักษ์ จังหวัดปทุมธานี*

**การผลิตโปรตีนไหมจากผงไหม**

แต่ละปีในประเทศไทย มีการผลิตเส้นไหม 1,300-1,400 ตัน มีรังไหมและเศษเส้นไหมเหลือทิ้งราว 300 ตัน ด้วยเทคนิคเชิงนิวเคลียร์ ประเทศไทยสามารถนำเศษเหลือจากกระบวนการผลิตเส้นไหมนี้มาสกัดเป็นผงไหม หมุนเวียนมาใช้ประโยชน์และเพิ่มคุณค่าให้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกมากมาย ผงไหมที่สกัดจากกาวไหมเรียกว่าซีริซิน (sericin) มีสีเหลืองทอง ส่วนผงไหมที่สกัดจากเส้นใยไหมเรียกว่าไฟบรอยน์ (fibroin)

ผงไหมพันธุ์ไทยมีคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่าผงไหมต่างประเทศคือ มีกรดอะมิโนถึง 18 ชนิด ขณะที่ผงไหมต่างประเทศมีกรดอะมิโน 16 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่าผงไหมไทยมีสารช่วยป้องกันผิวแห้งและลดแอลกอฮอล์ในตับมากกว่าสามเท่า มีสารช่วยความจำ ช่วยกระตุ้นการเต้นของหัวใจมากกว่าสองเท่า มีสารช่วยลดการเจริญของไวรัสและต้านเชื้อไวรัสมากกว่าถึงสี่เท่า

สถาบันหม่อนไหมแห่งชาติเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระนางเจ้าสิริกิติ์ พระบรมราชินีนาถ ได้ร่วมมือกับสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ทำการทดลองผลิตผงไหมชนิดละลายน้ำได้ (silk peptide) จากผงไหมพันธุ์ไทย โดยนำเศษไหมที่เหลือใช้ไปฉายรังสีแกมมาที่ระดับรังสี 300 กิโลเกรย์ เป็นเวลาประมาณ 6 วัน รังสีจะทำให้โมเลกุลของไหมที่เกาะกันแน่นแบ่งแยกออกจากกัน และมีผลให้ความเหนียวลดลง เส้นไหมเปื่อยยุ่ย ทำให้บดละเอียดได้ง่าย ผงไหมที่ผลิตได้มีอนุภาคขนาด 25-50 ไมครอน มีความสามารถในการละลายน้ำร้อยละ 99.8 มีลักษณะเบาฟู ดูดซับความชื้นจากอากาศได้ยาก มีสารปนเปื้อนประเภทโลหะหนักน้อยกว่าผงไหมที่ผลิตจากที่อื่น

ผงไหมที่ผลิตได้ด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์นี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นในทางการแพทย์ เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางและผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ เนื่องจากมีสารต้านอนุมูลอิสระอยู่สูง ช่วยรักษาแผลให้หายเร็วขึ้น ช่วยขจัดเชื้อจุลินทรีย์ชนิดที่ทำให้เกิดโรคผิวหนังบางอย่างได้ ช่วยรักษาปริมาณน้ำในผิวหนัง ช่วยกำจัดสิ่งสกปรกในเซลล์และยังช่วยยืดอายุเซลล์ได้อีกด้วย ประโยชน์ที่เด่นชัดอีกประการหนึ่งของผงไหมคือใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เพื่อเพิ่มคุณค่าเติมความอร่อยและความน่ากินให้กับอาหารนั้นๆ เช่น นำมาผสมในไส้กรอก กุนเชียง บะหมี่ ลูกชิ้น ไปจนถึง โยเกิร์ต และไอศกรีม เป็นต้น

*ผงไหมพันธุ์ไทยมีคุณสมบัติที่โดดเด่นกว่าผงไหมต่างประเทศ คือมีกรดอะมิโนถึง 18 ชนิด ขณะที่ผงไหมต่างประเทศมีกรดอะมิโน 16 ชนิด เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว พบว่าผงไหมไทยมีสารช่วยป้องกันผิวแห้งและลดแอลกอฮอล์ในตับมากกว่าสามเท่า มีสารช่วยความจำ ช่วยกระตุ้นการเต้นของหัวใจมากกว่าสองเท่า มีสารช่วยลดการเจริญของไวรัสและต้านเชื้อไวรัสมากกว่าถึงสี่เท่า*

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติยังได้เดินหน้าทดลองวิจัยการใช้ผงไหมกับผลิตผลด้านการเกษตร โดยได้ฉีดสารละลายโปรตีนไหมกับข้าวหอมปทุมธานี ในบริเวณพื้นที่ 2 ไร่ เปรียบเทียบกับข้าวหอมปทุมธานีที่ไม่ได้ฉีดสารละลายโปรตีนไหม ในพื้นที่ 10 ไร่ ที่ อำเภอโพธิ์ทอง จังหวัดอ่างทอง ซึ่งเป็นข้าวที่ปลูกในแปลงติดกัน มีคันนาติดกัน เริ่มปลูกในวันเดียวกัน และปฏิบัติเช่นเดียวกันทุกขั้นตอน ต่างกันที่การฉีดพ่นสารละลายไหมเท่านั้น ผลการทดลองปรากฏว่า ข้าวหอมปทุมธานี แปลงที่ฉีดสารละลายโปรตีนไหม ให้สภาพต้นข้าวที่แข็งแรง ใบเขียว และตั้งตรงกว่าต้นข้าวที่ไม่ได้ฉีด ออกรวงและเก็บเกี่ยวได้เร็วกว่าประมาณ 7 วัน และโดยเฉลี่ยแล้วให้ผลผลิตเพิ่มขึ้นราวร้อยละ 38.75 ต่อไร่

นอกจากนี้ยังมีการทดลองใช้โปรตีนจากผงไหมกับผลิตผลทางการเกษตรอื่นๆ พบว่า มังคุดที่พ่นสารละลายโปรตีนไหมจะให้ผลขั้วเขียวร้อยละ 80 ทั้งยังสามารถรักษาความเขียวและสดได้นานถึง 3-4 สัปดาห์ที่อุณหภูมิห้อง ลองกองที่พ่นสารละลายโปรตีนไหมจะติดช่อได้ดี ไม่หลุดร่วงง่าย กล้วยไม้ที่พ่นสารละลายโปรตีนไหมมีช่อดอกมากขึ้น โดยแต่ละช่อดอกมีจำนวนดอกมากกว่าเดิม ก้านดอกยาวกว่าเดิม เมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยไม้ที่ไม่ได้พ่นสารละลายไหม การทดลองใช้โปรตีนไหมเบื้องต้นกับมันสำปะหลังพบว่ามันสำปะหลังมีใบดกและเขียวสด ลำต้นสมบูรณ์ ทนต่อเพลี้ยแป้ง และลงหัวได้เร็วขึ้น

เครื่องสำอางผสมโปรตีนจากผงไหม

โปรตีนไหมในรูปสารละลายใช้ฉีดพ่นพืชผลทางการเกษตร

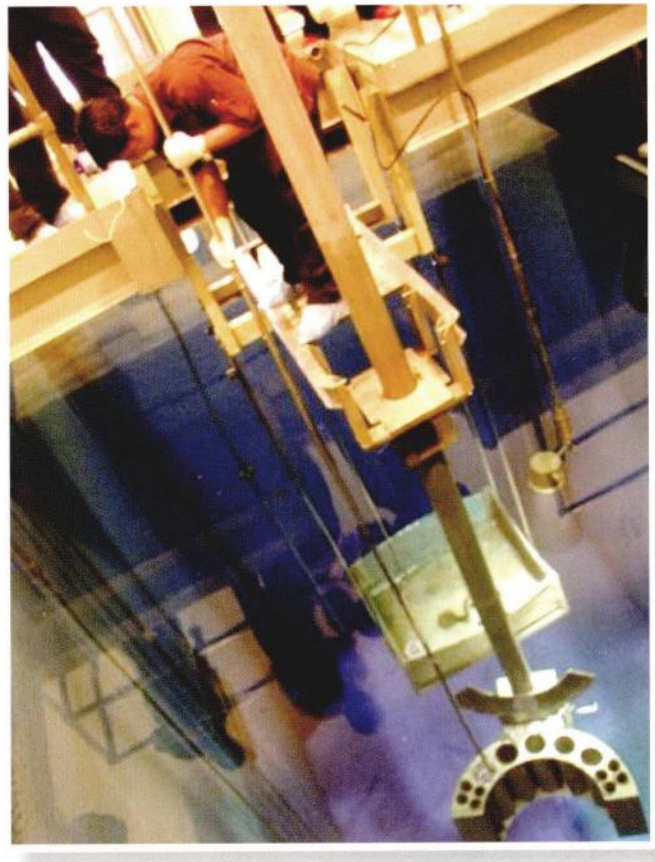
# เทคโนโลยีนิวเคลียร์เพื่ออุตสาหกรรม

ปัจจุบันอุตสาหกรรมจำนวนมาก อาทิ อุตสาหกรรมการผลิตอัญมณี อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมปิโตรเคมี อุตสาหกรรมท่อและถังความดันสูง อุตสาหกรรมเครื่องบิน เลือกใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์เป็นตัวช่วยสำคัญในการปรับปรุงหรือควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือเป็นเครื่องมือตรวจสอบความสมบูรณ์ ความพร้อมใช้งานของชิ้นส่วนหรือตรวจหาความเสียหายของโครงสร้าง เนื่องจากเทคโนโลยีนิวเคลียร์ได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีประสิทธิภาพ แม่นยำ สะดวก ทั้งยังมีต้นทุนน้อยกว่าวิธีการอื่นๆ ในหลายๆ กรณี เทคโนโลยีที่นำมาใช้แทบทั้งหมดเป็นการใช้ประโยชน์จากรังสี ซึ่งมีที่ใช้หลัก ๆ ดังต่อไปนี้

**การเพิ่มคุณค่าอัญมณี**

อัญมณีและเครื่องประดับเป็นสินค้าส่งออกที่มีความสำคัญหนึ่งในห้าลำดับแรกของไทย แต่เดิมนั้นผู้ผลิตอัญมณีใช้วิธีปรับปรุงคุณภาพของอัญมณี เช่น ทับทิม พลอย ไพลิน บุษราคัม ด้วยความร้อนจากการเผาหรือที่เรียกว่าการหุงพลอย เพื่อให้ได้พลอยที่มีสีสันตรงกับลักษณะของพลอยที่ดี คืออาจให้มีสีเข้มขึ้น จางลง หรือสีกระจายสม่ำเสมอทั่วทั้งเม็ด ทำให้ดูใสกระจ่างขึ้น ทั้งนี้นอกจากจะเป็นการสนองตอบความต้องการของตลาดแล้ว ยังช่วยให้อัญมณีนั้นมีมูลค่าเพิ่มขึ้นด้วย

ปัจจุบัน อุตสาหกรรมอัญมณีหันมาใช้กรรมวิธีการฉายรังสีอัญมณีเป็นทางเลือก ซึ่งได้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น โทแพซ (topaz) ซึ่งเป็นอัญมณีที่มีสีฟ้าอ่อนหรือใสไม่มีสี เมื่อนำไปฉายรังสีนิวตรอนจะกลายเป็นสีฟ้าเข้ม อีกทั้งไม่เปลี่ยนสีไม่ว่าจะอยู่ในแสงสว่างนานเพียงใด ทำให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นราวกะรัตละ 5-30 เท่า



*การอาบโทแพซด้วยรังสีนิวตรอนจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย*

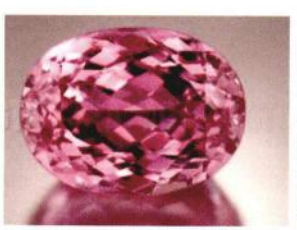
ทัวร์มาลีน (tourmaline) จากเดิมที่เป็นหินชนิดสีชมพูใส หลังจากนำมาผ่านการฉายรังสีแกมมา จะได้ทัวร์มาลีนสีชมพูเข้ม ถึงแดง นอกจากนี้ผู้ผลิตอัญมณียังนิยมนำอัญมณีชนิดอื่นๆ เช่น เพชร ไข่มุก ควอตซ์ เพทาย หรืออะความารีน ไปผ่านการฉายรังสีด้วยเช่นกัน

รังสีที่นิยมนำมาใช้เพิ่มคุณค่าอัญมณีมีสามชนิดคือ รังสีแกมมา อิเล็กตรอนพลังสูง และรังสีนิวตรอน รังสีแกมมาเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากไอโซโทปโคบอลต์-60 อัญมณีที่ถูกฉายด้วยรังสีแกมมาจะมีเพียงสีเท่านั้นที่เปลี่ยนไป คือทำให้มีสีสันสวยงามยิ่งขึ้น แต่จะไม่ก่อให้เกิดไอโซโทปรังสีใด ๆ ภายในเนื้ออัญมณี อิเล็กตรอนพลังงานสูงให้ปริมาณรังสีดูดกลืนมากกว่ารังสีแกมมา ส่งผลให้ผิวของอัญมณีมีสีสันที่สวยสดกว่า แต่เนื่องจากเป็นความร้อนเฉพาะที่สูงมาก อาจทำให้อัญมณีแตกร้าวได้ ดังนั้นจึงต้องมีการระบายความร้อนด้วยน้ำ ในขณะที่รังสีนิวตรอนมีอานุภาพทะลุทะลวงได้ดีกว่าอิเล็กตรอน อัญมณีที่นำมาฉายแสงจึงได้รับรังสีอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงกว่า การฉายรังสีด้วยนิวตรอนจะก่อให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์กับธาตุต่างๆ ในอัญมณี แตกต่างกันไปตามชนิดของอัญมณี จึงต้องปล่อยไว้ให้ไอโซโทปรังสีสลายกัมมันตรังสีจนอยู่ในระดับที่ปลอดภัย คือไม่เกิน 2 นาโนคูรีต่อกรัม ตามมาตรฐานสากล

**การเปลี่ยนแปลงของสีอัญมณีเมื่อฉายรังสี**

| อัญมณี | การเปลี่ยนแปลง |
|---|---|
| เบริลและอะความารีน | จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง สีฟ้าถึงสีเขียว สีจางเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินเข้ม (maxixe) * |
| คอรันดัม | จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ** สีชมพูเป็นสีพัดพาราชา ** (padparadscha) |
| เพชร | จากไม่มีสีหรือสีจาง ๆ เปลี่ยนเป็นสีฟ้า เขียว ดำ เหลือง น้ำตาล ชมพู หรือแดง |
| ไข่มุก | สีจะเปลี่ยนเข้มขึ้นเป็นสีเทา น้ำตาล ฟ้า หรือ ดำ |
| ควอตซ์ | จากไม่มีสี เหลือง หรือขาวขีด เปลี่ยนเป็นสีควัน แอมิทีสต์ และแอมิทีสต์-ซิทริน |
| สปอดูมีน และคุนไซต์ | เปลี่ยนเป็นสีเหลืองหรือเขียว |
| โทแพซ | จากไม่มีสี เปลี่ยนเป็นสีเหลือง ** ส้ม ** น้ำตาล ** หรือฟ้า |
| ทัวร์มาลีน | จากไม่มีสีหรือสีจางเปลี่ยนเป็นสีเหลือง ** น้ำตาล ** ชมพู ** แดง หรือสองสี เขียว - แดง ** สีฟ้า เปลี่ยนเป็นสีม่วง |
| เชอร์คอน (เพทาย) | จากไม่มีสีเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลถึงสีแดง |

** สีจางไปเมื่ออยู่ในแสงสว่าง*
*** อาจจางเมื่ออยู่ในแสงสว่าง อาจมีศูนย์กลางของสี (color centers) อย่างน้อยสองศูนย์ในอัญมณีอย่างหนึ่งเป็นแบบที่จะจางไป และอีกอย่างหนึ่งเป็นแบบไม่จาง*



*คุนไซต์*

*ควอตซ์*

*สกายบลูโทแพซ*

*สวิสบลูโทแพซ*

## การตรวจสอบโดยไม่ทำลายด้วยวิธีถ่ายภาพรังสี

การตรวจสอบโดยไม่ทำลาย (non-destructive testing, NDT) เป็นวิธีการตรวจสอบชิ้นส่วนวัสดุ ผลิตภัณฑ์ หรือโครงสร้างต่างๆ เพื่อหาจุดบกพร่องชำรุดเสียหาย หรือเพื่อทดสอบความแข็งแรง ทนทาน ในกระบวนการผลิต หรือในการซ่อมบำรุงตามปกติ โดยไม่จำเป็นต้องใช้วิธีดึง ดัด โค้ง อัด กระแทก (destructive testing) ซึ่งทำให้ตัวอย่างที่ทดสอบเสียหายไม่สามารถนำไปใช้ได้อีก นอกจากการตรวจสอบด้วยสายตาแล้ว ยังมีวิธีตรวจสอบโดยไม่ทำลายอีกหลายวิธี เช่น ตรวจสอบด้วยคลื่นเสียงความถี่สูง (ultrasonic testing) การตรวจสอบด้วยอนุภาคแม่เหล็ก (magnetic particle testing) การตรวจสอบด้วยสารแทรกซึม (penetrant testing) การตรวจสอบด้วยกระแสวน (eddy current testing) ส่วนวิธีที่อาศัยเทคนิคเชิงนิวเคลียร์คือการถ่ายภาพรังสี (radiography)

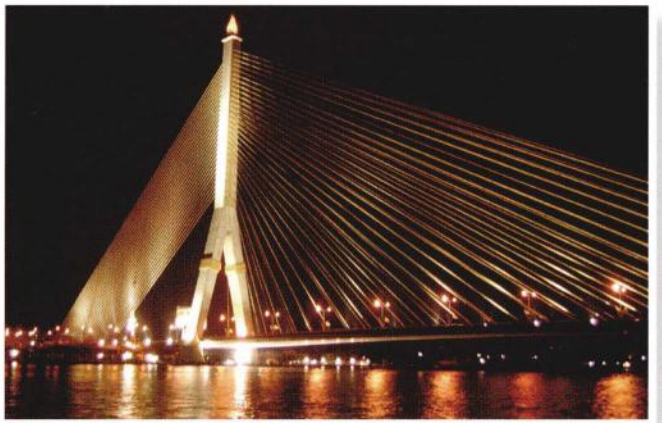
*การถ่ายภาพรังสีช่วยตรวจหารอยรั่วซึมของท่อและโครงสร้างต่าง ๆ ของหอกลั่น*

*การตรวจสอบหารอยแตกร้าวของท่อส่งน้ำมันด้วยรังสี*

*เครื่องถ่ายภาพรังสีแกมมา*

การถ่ายภาพรังสีใช้หลักการเดียวกับการฉายรังสีเอกซ์ทางการแพทย์ คือ ให้รังสีผ่านตัวกลางหรือผลิตภัณฑ์ไปตกกระทบลงบนแผ่นฟิล์ม แล้ววิเคราะห์ผล บริเวณที่ตัวกลางมีความหนาแน่นมาก รังสีจะผ่านไปยังฟิล์มได้น้อย เมื่อนำฟิล์มไปล้างจะเห็นเป็นสีจางหรือสีขาว ในทางกลับกัน บริเวณที่รังสีทะลุผ่านได้มาก เช่น รูรั่วต่างๆ จะปรากฏเป็นสีเข้มหรือดำ รังสีที่นำมาใช้ได้แก่ รังสีเอกซ์และรังสีแกมมา ข้อดีของการถ่ายภาพรังสีคือ สะดวก สามารถฉายรังสีทะลุผ่านวัสดุทึบแสงได้ทุกชนิดและยังเก็บฟิล์มไว้เป็นหลักฐานได้อีกด้วย

การถ่ายภาพรังสีมีประโยชน์มากสำหรับอุตสาหกรรมการผลิตและงานด้านวิศวกรรม โดยเฉพาะด้านที่เกี่ยวข้องกับการเชื่อมต่อโลหะตั้งแต่ขนาดเล็กจนถึงขนาดใหญ่ ไม่ว่าจะเป็น ถังความดัน ท่อส่งแก๊ส สะพานลอย เครื่องจักรขนาดใหญ่ โครงสร้างอาคารสูง จนถึงอุตสาหกรรมรถยนต์ เรือเดินสมุทร และเครื่องบิน



**การปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์**

ในชีวิตประจำวันของเรานั้น เราใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ที่ทำจากพอลิเมอร์มากมาย ไม่ว่าจะเป็นสายไฟ สายเคเบิล ท่อยางรัดสายไฟ ยางรถยนต์ โฟม รวมทั้งผลิตภัณฑ์พลาสติกขึ้นรูปต่างๆ เช่น กล่องบรรจุอาหาร ขันน้ำ ถ้วยน้ำ ผลิตภัณฑ์ที่ทุกคนคุ้นเคยดีเหล่านี้มีที่มาจากพอลิเมอร์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยเทคโนโลยีนิวเคลียร์

การนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์มาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของพอลิเมอร์ โดยเฉพาะพลาสติกซึ่งเป็นพอลิเมอร์สังเคราะห์ที่ใช้กันแพร่หลาย สามารถทำได้โดยการนำพอลิเมอร์มาฉายด้วยรังสี ซึ่งพลังงานจากต้นกำเนิดรังสี เช่น รังสีแกมมา หรือ ลำอิเล็กตรอนจะถูกถ่ายโอนไปสู่พอลิเมอร์ พลังงานนี้

*การถ่ายภาพรังสีมีประโยชน์มากในการตรวจสอบความสมบูรณ์ของโครงสร้างขนาดใหญ่*

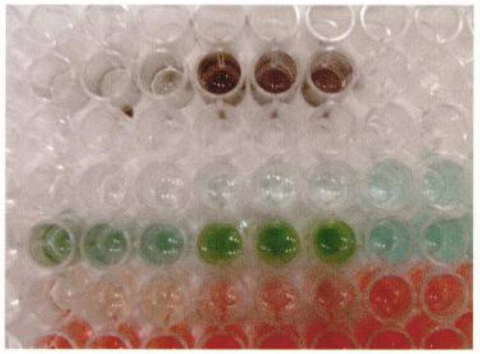
สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือมีความเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของพอลิเมอร์ กล่าวคือ การเชื่อมโยงข้าม (cross linking) จะช่วยปรับปรุงสมบัติต่างๆ ของพอลิเมอร์ให้ดีขึ้น อาทิ ความแข็งแรง ความเหนียว ความทนทานต่อสารเคมี การต่อมอนอเมอร์ (grafting) ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพื้นผิวของพอลิเมอร์ และการทำให้แตกสลาย (degradation) ซึ่งช่วยให้การขึ้นรูปพอลิเมอร์ทำได้ง่ายขึ้น

พอลิเมอร์ที่มีโครงสร้างเปลี่ยนแปลงจากการฉายรังสีนี้นำไปประยุกต์ใช้ได้มากมายในทางอุตสาหกรรม เช่น การฉายรังสีท่อยางรัดสายไฟที่จะหดตัวเมื่อได้รับความร้อน เพิ่มความเหนียว ความทนทานให้อุปกรณ์จำพวกสายไฟหรือสายเคเบิล จึงใช้งานได้ยาวนาน การฉายรังสีไม้เนื้ออ่อนอัดสารมอนอเมอร์ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงให้แก่ไม้ การฉายรังสีน้ำยางธรรมชาติ ช่วยให้ได้กาวที่เหนียวขึ้น หรือใช้ทำยางพลาสติก หากเป็นน้ำยางธรรมชาติผสมสารเคมี การฉายรังสีจะทำให้เกิดการจับตัวกันของพอลิเมอร์เป็นแผ่นยาง (rubber vulcanization) ส่วนการฉายรังสีเพื่อให้พอลิเมอร์จับตัวเป็นร่างแหสามมิติ ทำให้ผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติกและโฟมคงทนต่อความร้อนมากขึ้น

การฉายรังสีพอลิเมอร์ที่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงข้ามจะทำให้ได้พอลิเมอร์เจล หรือที่เรียกว่าซูเปอร์เจล ซึ่งมีโครงสร้างเป็นรูพรุน จึงมีความสามารถในการดูดซับในลักษณะเดียวกับการดูดซับของเหลวของผ้าอ้อมเด็ก นักวิจัยพบว่าเมื่อใช้พอลิเมอร์เจลผสมกับสารแรงตึงผิวฉีดพ่นบนผนังอาคารอิฐหรือคอนกรีตที่เปรอะเปื้อนสารกัมมันตรังสี พอลิเมอร์เจลจะดูดซับสารกัมมันตรังสีบนผิวผนังและเก็บกักไว้ในโครงสร้างของอนุภาคนาโน นับเป็นเทคนิคที่ทันสมัยและมีประโยชน์ในการทำความสะอาดอาคารสำคัญๆ ที่เปรอะเปื้อนกัมมันตรังสีโดยไม่ต้องทุบทำลาย

การใช้รังสีปรับปรุงสมบัติของพอลิเมอร์เป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพสูง และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมเนื่องจากไม่ต้องใช้สารเคมีหรือสารเร่งปฏิกิริยา ขั้นตอนการทำไม่ยุ่งยากเพราะทำได้ที่อุณหภูมิห้อง ในบรรยากาศปกติ และทุกสถานะของตัวอย่าง อีกทั้งค่าใช้จ่ายไม่สูงจนเกินไป

เม็ดพอลิเมอร์



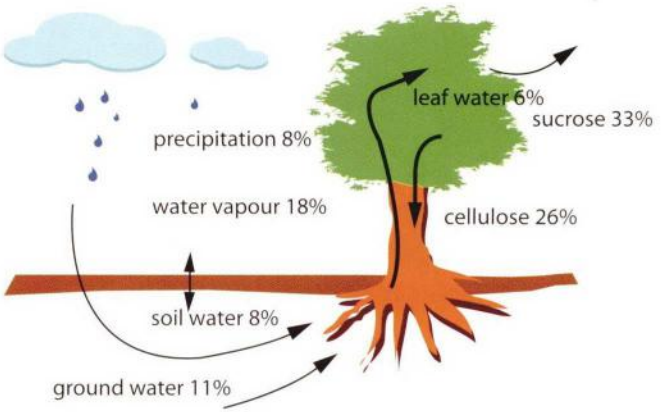
ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์

**สารพัดประโยชน์ของเทคโนโลยีนิวเคลียร์**

- ใช้วัดระดับของไหล สารเคมีต่างๆ ในกระบวนการผลิตในโรงงานเส้นใยสังเคราะห์
- ใช้ตรวจสอบระดับเศษไม้ในหม้อนึ่งภายใต้ความดันสูง ในการผลิตไม้อัดแผ่นเรียบ
- ควบคุมการไหลผ่านของส่วนผสมในการผลิตปูนซีเมนต์
- ใช้วัดและควบคุมความหนาแน่นของเนื้อยางที่เคลือบบนแผ่นผ้าใบเพื่อผลิตยางรถยนต์
- วัดความหนาแน่นของน้ำปูนกับเส้นใยหินในกระบวนการผลิตกระเบื้องกระดาษ
- วัดความหนาแน่นในการดูดสินแร่ในทะเล เพื่อคำนวณหาปริมาณแร่ที่ดูดผ่าน
- วัดและควบคุมความหนาแน่นของน้ำโคลนที่จะใช้ในการขุดเจาะอุโมงค์ส่งน้ำใต้ดิน
- ควบคุมกระบวนการผลิต ผลิตภัณฑ์เครื่องแก้วให้มีความหนาสม่ำเสมอ
- วัดหาปริมาณสารตะกั่วหรือธาตุก๋ามะถันในผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียม
- ควบคุมน้ำหนักของกระดาษต่อหน่วยพื้นที่ในอุตสาหกรรมผลิตกล่องกระดาษ
- ใช้ขจัดประจุไฟฟ้าสถิตบนแผ่นฟิล์ม ฟิล์มภาพยนตร์ หลอดแก้วที่ใช้บรรจุเวชภัณฑ์
- ใช้ตรวจสอบการรั่วซึมในการผนึกแน่นวงจรไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
- ใช้ตรวจสอบและถ่ายรอยเชื่อมโลหะ หาความสึกหรอโดยวิธีไม่ทำลายชิ้นงาน
- ใช้ในการสำรวจหาแหล่งน้ำมันใต้ดิน ความชื้นใต้ดิน ฯลฯ
- ใช้ทำสีเรืองแสง
- ใช้วัดหาปริมาณเถ้าของลิกไนต์

# เทคโนโลยีนิวเคลียร์สารพัดประโยชน์

นอกจากการประยุกต์ใช้ในทางการแพทย์ การเกษตร อุตสาหกรรม ดังได้กล่าวมาแล้ว ยังมีการนำเทคโนโลยีนิวเคลียร์ไปใช้ประโยชน์ในแวดวงต่างๆ อีกมากมายยิ่งนับวัน ก็ยิ่งดูเหมือนว่านักวิทยาศาสตร์จะค้นพบประโยชน์ใหม่ๆ ของพลังแห่งอะตอมนี้เพิ่มขึ้น ประโยชน์เด่นๆ ที่จะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่ ประโยชน์ในการจัดการทรัพยากรน้ำ การจัดการด้านสิ่งแวดล้อม การหาอายุโบราณวัตถุและซากดึกดำบรรพ์ การผลิตกระแสไฟฟ้า




*กระบวนการทางธรรมชาติ ทำให้น้ำแต่ละส่วนมีปริมาณไอโซโทปออกซิเจน-18 แตกต่างกัน (ที่มา : www.psi.ch)*

## การจัดการทรัพยากรน้ำ

ปัญหาประชากรโลกที่มีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างมาก ปัญหาน้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม ปัญหาภัยแล้ง ส่งผลให้เกิดปัญหาการขาดแคลนน้ำและปัญหาคุณภาพของน้ำตามมา รายงานขององค์การอาหารและการเกษตร (FAO) ระบุว่าความต้องการน้ำจืดทั่วโลกจะเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าทุก ๆ 21 ปี ในขณะที่ธนาคารโลกประมาณการว่าปัจจุบันทั่วโลกมีแหล่งน้ำสำหรับการใช้ต่อหัวของประชากรลดลงเหลือประมาณครึ่งหนึ่งของ พ.ศ. 2503 และเมื่อถึง พ.ศ. 2568 จะมีแหล่งน้ำลดลงเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่ในปัจจุบัน น้ำจึงกลายเป็นทรัพยากรมีค่าที่หายากขึ้นทุกที หากขาดการจัดการที่มีประสิทธิภาพแล้ว การขาดแคลนน้ำกินน้ำใช้อาจนำไปสู่ปัญหาด้านอื่นๆ อีกมากมาย ไม่ว่าจะเป็นปัญหาด้านสุขภาพอนามัย ปัญหาในการพัฒนาเศรษฐกิจ หรือปัญหาสิ่งแวดล้อม และยังอาจนำไปสู่การแย่งชิงทรัพยากรน้ำด้วย

เทคนิคไอโซโทปช่วยในการพัฒนา
และจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ

การเก็บตัวอย่างน้ำฝน
(ที่มา : www.fotosearch.com)

เทคนิคไอโซโทป (isotope techniques) เป็นเทคนิคพิเศษเพื่อช่วยในการพัฒนาและการจัดการทรัพยากรน้ำให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถวิเคราะห์และตรวจสอบองค์ประกอบของน้ำร่วมกับเทคนิคทางธรณีวิทยาและธรณีฟิสิกส์เพื่อติดตามหาแหล่งต้นกำเนิดของน้ำ เช่น แหล่งน้ำใต้ดิน แหล่งน้ำเติมเต็มน้ำบาดาล ใช้ตรวจสอบอายุการสะสมของน้ำบาดาล ความเสี่ยงในการปนเปื้อนของสารพิษ การรุกล้ำของน้ำเค็ม การเคลื่อนที่ของมลพิษจากน้ำผิวดินซึ่งจะช่วยชี้ว่าการปนเปื้อนของน้ำนั้นเกิดจากธรรมชาติ อุตสาหกรรม การเกษตร หรือเป็นน้ำจากครัวเรือน ทำให้สามารถวางแผนป้องกันล่วงหน้าได้

การใช้เทคนิคไอโซโทปในทางอุทกวิทยาเป็นการติดตามดิวเทอเรียมและออกซิเจน ($^{18}O$) ซึ่งเป็นไอโซโทปที่หนักของไฮโดรเจน ($^{2}H$) ที่อยู่ในโมเลกุลของน้ำด้วยเครื่องมือวัด (isotope ratio mass spectrometer) เมื่อน้ำมีการเปลี่ยนแปลงสถานะตามธรรมชาติ เนื่องจากเกิดการระเหยและการควบแน่น ความเข้มข้นของไอโซโทปออกซิเจนและไฮโดรเจนในโมเลกุลของน้ำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทำให้น้ำจากแหล่งต่างๆ เช่น น้ำทะเล น้ำฝน น้ำบาดาล มีอัตราส่วนไอโซโทปที่แตกต่างกันไป จำนวนของไอโซโทปจึงเปรียบเสมือนลายพิมพ์นิ้วมือที่ช่วยให้บ่งชี้แหล่งที่มาหรือสืบหาแหล่งกำเนิดของน้ำได้

ไอโซโทปตามธรรมชาติบางชนิดที่สลายกัมมันตรังสีได้และมีอยู่ในปริมาณน้อยมาก ได้แก่ ทริเทียม ($^{3}H$) และคาร์บอน-14 ($^{14}C$) จะแทรกซึมไปกับน้ำฝนหรือซึมลงจากผิวดินไปปะปนอยู่ในน้ำบาดาล การตรวจสอบและวัดปริมาณไอโซโทปเหล่านี้ ทำให้สามารถคำนวณอายุหรือเวลาที่ถูกกักเก็บอยู่ของน้ำใต้ดิน อัตราการเสริมชดเชย (replenishment rate) ของน้ำ และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดินได้

มลพิษที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ เช่น จากโรงงาน ไร่นา ปศุสัตว์ ที่อยู่อาศัย ย่อมส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำใต้ดิน เทคนิคไอโซโทปช่วยหาความเร็วในการเคลื่อนที่และบอกที่มาของแหล่งน้ำได้ เพื่อประเมินความเปราะบางของน้ำใต้ดินต่อมลภาวะจากผิวดิน เทคนิคไอโซโทปสามารถค้นหาแหล่งมลพิษที่เพิ่งจะเริ่มเกิดขึ้น จึงใช้เป็นสัญญาณเตือนได้ก่อนตัวชี้วัดทางเคมีและทางชีววิทยา

**อุทกวิทยาไอโซโทป (isotope hydrology)**

กิจกรรมทางด้านอุทกวิทยาไอโซโทปในประเทศไทย มีอาทิ

- การประยุกต์ใช้เทคนิคคาร์บอน-14 ในการหาอายุน้ำบาดาล
- การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ทริเทียมในน้ำบาดาลโดยการเพิ่มความเข้มข้น
- การหาอายุน้ำบาดาลแอ่งกรุงเทพฯ
- การใช้เทคนิคไอโซโทปในการศึกษาน้ำบาดาลแอ่งเชียงใหม่
- การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายการไหลของน้ำใต้ดินในพื้นที่ปนเปื้อนสารหนู อ.ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
- การใช้เทคนิคไอโซโทปศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาล ในชุมชนและอุตสาหกรรมของแอ่งหาดใหญ่
- การใช้เทคนิคไอโซโทปในการศึกษาระบบน้ำบาดาลในทุ่งกุลาร้องไห้และพื้นที่ใกล้เคียง
- การตรวจสอบ และวิเคราะห์การรั่วซึมของเขื่อนน้ำพุง
- Assessment of Trends in Freshwater Quality Using Environmental Isotopes and Chemical Techniques for Improved Resources Management
- การใช้เทคนิคไอโซโทปช่วยในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาลแอ่งน้ำซีตอนบนและแอ่งน่านตอนล่าง

*เทคนิคไอโซโทปช่วยค้นหาแหล่งความร้อนใต้พิภพ (ที่มา : www.clipmass.com)*

นอกจากนี้ เทคนิคไอโซโทปยังเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาแหล่งความร้อนใต้พิภพ (geothermal energy resource) ซึ่งเกิดจากการที่น้ำฝนไหลซึมจากผิวดินลงไปสะสมเป็นแอ่งลึกอยู่ใต้เปลือกโลก ยิ่งลึกลงไปมาก ก็ยิ่งได้รับความร้อนเพิ่มจนมีอุณหภูมิสูงมาก การใช้ไอโซโทป $^{18}O$ และ $^{2}H$ รวมทั้งการใช้ตัวตามรอย (artificial tracer) สามารถค้นหาแหล่งกำเนิดและทิศทางการไหลของน้ำจากแหล่งความร้อนใต้พิภพ หาผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ และช่วยในการหาตำแหน่งในการขุดเจาะบ่อ การสำรวจและการผลิตพลังงานความร้อนจากใต้ดิน รวมทั้งการเติมน้ำเย็นลงไปทดแทน เพื่อยืดเวลาในการใช้แหล่งน้ำใต้ดิน

**การจัดการสิ่งแวดล้อม**

เทคนิคไอโซโทปมีบทบาทในการศึกษาปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน การติดตามไอโซโทปของคาร์บอนในแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแก๊สมีเทนซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์มีประโยชน์มากในการศึกษาเกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน (global warming) การวิเคราะห์ไอโซโทปของไนโตรเจนและกำมะถัน ช่วยอธิบายการเกิดแก๊สพิษและฝนกรดจากอุตสาหกรรม การวิเคราะห์ไอโซโทปของออกซิเจนกับไฮโดรเจนในน้ำสามารถบ่งชี้ตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิของอากาศที่ผิวโลก ความชื้นสัมพัทธ์ และปริมาณน้ำฝน อีกทั้งยังใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศในโลกยุคต่างๆ โดยการศึกษาน้ำที่มาจากแหล่งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลานับล้านปี เช่น บริเวณขั้วโลก

นอกจากนี้ ยังมีการนำเทคนิคทางนิวเคลียร์อื่นๆ ไปใช้ประโยชน์ในด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม เป็นต้นว่า ใช้รังสีแกมมาฆ่าเชื้อโรคในน้ำทิ้งจากชุมชนและโรงพยาบาลเพื่อป้องกันโรคระบาด หรือใช้ฆ่าเชื้อโรคในขยะและตะกอนก่อนนำไปใช้ทำปุ๋ย ใช้รังสีอิเล็กตรอนในการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์

($SO_2$) และ ไนโตรเจนไดออกไซด์ ($NO_2$) ซึ่งเป็นแก๊สพิษจากปล่องควันโรงงานอุตสาหกรรมและการเผาถ่านหิน ใช้เทคนิคตัวตามรอยทางรังสีเพื่อศึกษามลพิษในสิ่งแวดล้อม

อุตสาหกรรมบางประเภททำให้เกิดมลพิษและฝนกรด

## การหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14

สิ่งมีชีวิตทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นมนุษย์ พืช หรือสัตว์ เมื่อยังมีชีวิตอยู่นั้น จะมีไอโซโทปรังสีคาร์บอน-14 ต่อน้ำหนักของธาตุคาร์บอนทั้งหมดที่ได้สมดุลเป็นค่าคงที่ และเมื่อสิ่งมีชีวิตตายลง จะไม่มีการรับเอาคาร์บอน-14 เพิ่มเติมอีก ทำให้ปริมาณคาร์บอน-14 ที่มีอยู่ลดลงไปเรื่อยๆ อันเนื่องมาจากการสลายลดลงไปตาม "ครึ่งชีวิต"

ด้วยเหตุนี้ เราจึงสามารถคำนวณหาเวลาตั้งแต่สิ่งมีชีวิตตายลงจนถึงปัจจุบัน (ปี) โดยการวัดการสลายกัมมันตภาพรังสีของคาร์บอน-14 วิธีนี้สามารถหาอายุได้ในช่วง 200 ถึง 50,000 ปี และตัวอย่างที่นำมาหาอายุด้วยวิธีนี้ได้จะต้องมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ไม้ ถ่าน เปลือกหอย กระดูก และพีต (peat) ส่วนหิน แก้ว เครื่องปั้นดินเผา ซึ่งไม่ใช่สิ่งมีชีวิต ไม่สามารถหาอายุด้วยวิธีนี้ได้

การหาอายุโดยวิธีคาร์บอน-14 มีประโยชน์มากต่องานด้านโบราณคดี เพราะช่วยหาอายุโบราณวัตถุที่ขุดพบตามแหล่งโบราณสถานต่าง ๆ และให้ข้อมูลเกี่ยวกับมนุษย์ก่อนประวัติศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในงานสำรวจทางธรณีวิทยาควอเทอร์นารี (Quaternary Geology) โดยเฉพาะอย่างยิ่งการทำแผนที่ลำดับชั้นตะกอนซึ่งจะเป็นแนวทางในการค้นหาแหล่งแร่ที่มีค่าทางเศรษฐกิจ ในทำนองเดียวกันการหาอายุด้วยวิธีนี้สามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำทะเลในอดีต ซึ่งเป็นประโยชน์ในการสำรวจแหล่งทรัพยากร หรือให้ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงชายฝั่งทะเลเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการชายฝั่งทั้งในแง่การใช้ประโยชน์และการป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

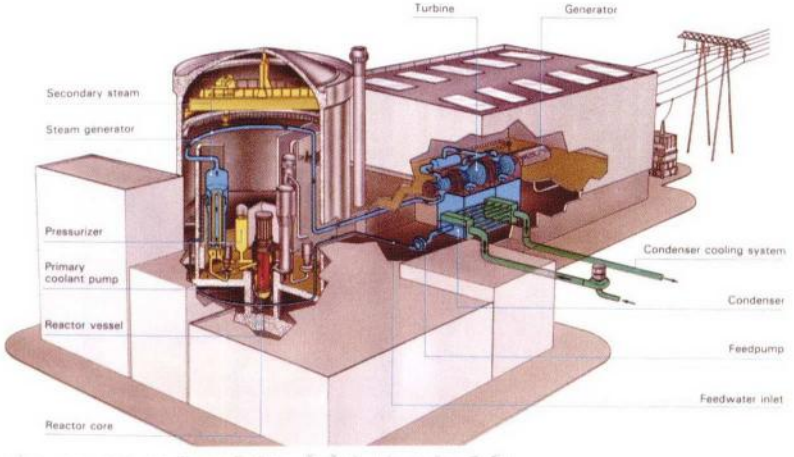
ภาพเนกาทีฟของผ้าห่อศพแห่งเมืองตูริน ที่เชื่อกันว่าเป็นผ้าห่อพระศพของพระเยซูภายหลังสิ้นพระชนม์ ใน พ.ศ.2531 (1988) มีการนำตัวอย่างจากผ้าลินินผืนนี้ไปทดลองหาอายุด้วยวิธีคาร์บอน-14 พบว่าน่าจะมีอายุราว 600 ปี
(ที่มา : http://shrouduniversity.com)

นอกเหนือจากการหาอายุของสิ่งมีชีวิตในอดีตด้วยวิธีคาร์บอน-14 แล้ว เรายังตรวจสอบอายุโบราณวัตถุหรือวัตถุอื่นๆ ที่เกิดตามธรรมชาติได้ด้วยการคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างไอโซโทปรังสีโพแทสเซียม-40 ในโพแทสเซียมตามธรรมชาติ กับอาร์กอน-40 ที่เกิดจากการสลายของโพแทสเซียม-40 และหาอัตราการสลายของโพแทสเซียม-40 ด้วยการวัดรังสี วิธีนี้เหมาะกับการหาอายุของโบราณวัตถุที่มีอายุย้อนกลับไปในช่วงระหว่าง 100,000 ปี ถึง 4,000 ล้านปีที่ผ่านมา ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นชากดึกดำบรรพ์ หินชนิดต่างๆ และตะกอนของเถ้าถ่านภูเขาไฟ

## โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์

โลกกำลังประสบปัญหาด้านพลังงาน จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นและการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่เป็นไปอย่างรวดเร็วกระตุ้นให้เกิดการใช้พลังงานอย่างฟุ่มเฟือย โดยเฉพาะอย่างยิ่งพลังงานไฟฟ้าซึ่งอาศัยเชื้อเพลิงจากชากดึกดำบรรพ์ เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ และถ่านหินในการผลิต

*ส่วนประกอบของโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์*



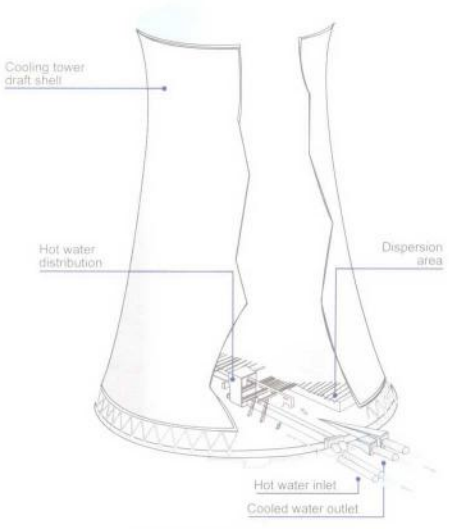

(ที่มา : รศ. พล.ต. ดร. ชัยณรงค์ เชิดชู, "โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์")

แต่เชื้อเพลิงเหล่านี้กำลังมีปริมาณลดลงอย่างมากจนถึงจุดที่อาจเกิดความขาดแคลนขึ้นในเวลาอีกไม่นาน ยิ่งไปกว่านั้น เชื้อเพลิงชากดึกดำบรรพ์ยังเป็นตัวการสำคัญที่ทำให้เกิดแก๊สเรือนกระจก ต้นเหตุหนึ่งของภาวะโลกร้อนที่มนุษย์กำลังเผชิญอยู่และทวีความรุนแรงขึ้นทุกขณะ ด้วยเหตุนี้หลายๆ ประเทศจึงเห็นว่าพลังงานนิวเคลียร์น่าจะเป็นแหล่งพลังงานทางเลือกสำหรับการผลิตไฟฟ้าที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดในเชิงเศรษฐกิจในเวลานี้

*โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เมืองลิงเก้น (Lingen) เยอรมนี*
(ที่มา : www.fotosearch.com)

โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ต่างจากโรงไฟฟ้าทั่วไปตรงที่อาศัยความร้อนจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน แทนที่จะอาศัยถ่านหิน น้ำมัน หรือแก๊สธรรมชาติ เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อน ด้วยเหตุนี้โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จึงประกอบด้วยสองส่วนหลัก ได้แก่ ส่วนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งมีแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์แช่อยู่ในน้ำภายในโครงสร้างที่ปิดสนิท

*หอทำความเย็น*

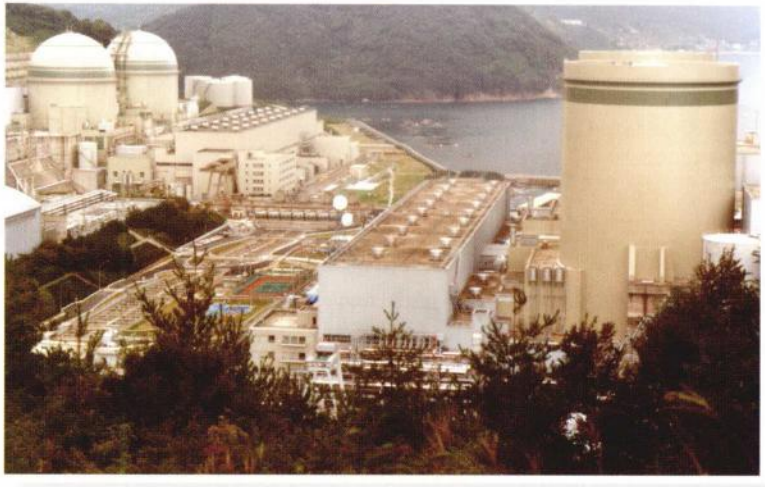



CROSS-STREAM COOLING TOWER

(ที่มา : วศ. พล.ต. ดร. ชัยแบวงศ์ เธียรฐ, "โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์")

และส่วนผลิตไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยกังหันและเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นส่วนที่นำไอน้ำจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ไปหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า และเป็นส่วนที่เหมือนกับโรงไฟฟ้าทั่วไป ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์ฯ จะปลดปล่อยความร้อนมหาศาลซึ่งอาจนำไปต้มน้ำให้เดือดเป็นไอน้ำสำหรับนำไปใช้โดยตรง หรือนำความร้อนจากน้ำไปถ่ายเทให้กับน้ำอีกระบบหนึ่งให้เดือดเพื่อนำไอน้ำที่ได้ไปหมุนกังหันผลิตไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับว่าเป็นโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่ได้รับการออกแบบมาอย่างไร

ส่วนประกอบอื่นๆ นอกจากนี้ ได้แก่ อาคารเครื่องอุปกรณ์และหอทำความเย็น (cooling tower) สำหรับทำหน้าที่ลดอุณหภูมิของไอน้ำที่ผ่านออกมาจากการขับกังหันของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อให้ควบแน่นกลับเป็นของเหลวและส่งกลับคืนเข้าสู่เครื่องกำเนิดไอน้ำ



*โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เมืองทาคาฮามะ (Takahama) ประเทศญี่ปุ่น*
*(ที่มา : www.iaea.org)*

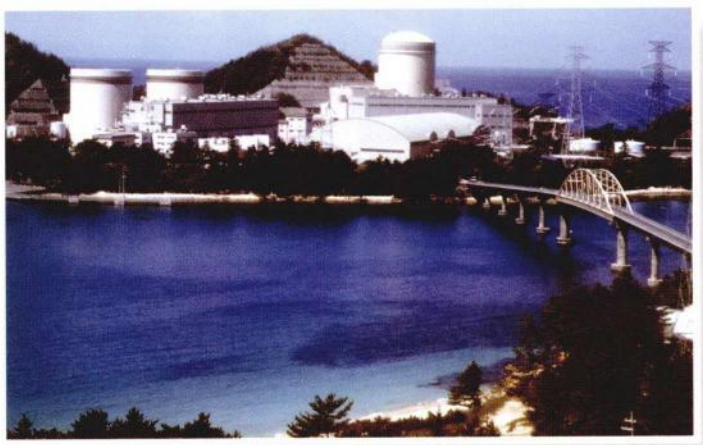
เนื่องจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ก่อให้เกิดพลังงานจะไม่มีการลุกไหม้ของเชื้อเพลิง ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาเรื่องมลภาวะจากฝุ่นควัน เขม่า หรือเถ้าถ่าน อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลพิษในระหว่างขั้นตอนการผลิตไฟฟ้าด้วย ในเชิงเศรษฐกิจ แม้ว่าการลงทุนสร้างโรงไฟฟ้าในระยะเริ่มต้นจะใช้เงินทุนมหาศาล แต่เมื่อเทียบในระยะยาวแล้ว จัดว่ามีต้นทุนต่อหน่วยการผลิตกระแสไฟฟ้าที่ต่ำที่สุดในขณะนี้ นอกจากนี้ยังใช้เชื้อเพลิงในปริมาณที่น้อยมาก การเติมเชื้อเพลิงแต่ละครั้ง สามารถผลิตพลังงานไฟฟ้าต่อเนื่องเป็นระยะเวลามากกว่าหนึ่งปี จึงมีเสถียรภาพสูงในแง่ของอุปทานและราคา

จากการคาดการณ์เกี่ยวกับสถานการณ์พลังงานของโลก พ.ศ.2552 ของสำนักงานสารสนเทศด้านพลังงานของสหรัฐอเมริกา พบว่าประเทศในเอเชียที่ไม่ใช่สมาชิกองค์การความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organization for Economic Cooperation and Development,

OECD) มีอัตราการเติบโตของการผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์สูงสุด คือเฉลี่ยร้อยละ 7.8 ต่อปี ในห้วงเวลาระหว่าง พ.ศ.2549-2573 โดยเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.9 ในประเทศจีน ร้อยละ 9.9 ในอินเดีย ส่วนประเทศรัสเซียมีอัตราการเติบโตเฉลี่ยที่ร้อยละ 3.5 ต่อปี ในขณะที่ประเทศสมาชิกในยุโรปมีอัตราการเติบโตลดลงเล็กน้อย

อย่างไรก็ตาม อุปสรรคสำคัญในการขยายจำนวนโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการผลิตไฟฟ้าให้ทันกับความต้องการของโลก คือความวิตกกังวลในเรื่องการจัดการกากกัมมันตรังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งการจัดการแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้ว (nuclear spent fuel) ซึ่งยังคงมียูเรเนียม-235 ยูเรเนียม-238 และพลูโทเนียมอยู่ด้วย แท่งเชื้อเพลิงที่ผ่านการใช้งานแล้วเมื่อย้ายออกจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ใหม่ ๆ จะยังมีความร้อนและมีระดับรังสีสูง ต้องเก็บไว้ในบ่อน้ำหลังจากทิ้งไว้ 1-2 ปีให้เย็นลง อาจนำกลับไปใช้ในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ได้อีก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องปฏิกรณ์ฯ หรืออาจส่งเข้ากระบวนการแปรสภาพซ้ำ (reprocessing) เพื่อแยกยูเรเนียมและพลูโทเนียมออกมา ส่วนกากกัมมันตรังสีที่เหลือจะต้องผ่านกระบวนการเพื่อความปลอดภัยสำหรับการเก็บรักษาในระยะยาว

การคัดค้านการสร้างโรงงานไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ยังอาจเกิดจากสาเหตุอื่นๆ อาทิ ความไม่มั่นใจในความปลอดภัยของตัวโรงงาน ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และความวิตกว่าโรงงานที่ผลิตยูเรเนียมเสริมสมรรถนะเพื่อโครงการต่างๆ ในทางพลเรือนอาจลักลอบผลิตยูเรเนียมที่มีความเข้มข้นสูงในระดับที่ใช้ทำอาวุธนิวเคลียร์



*โรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ที่เมืองมิฮามะ (Mihama) ประเทศญี่ปุ่น (ที่มา : www.iaea.org)*

**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์มีสามแบบหลัก ๆ คือ**

1. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำเดือด (boiling water reactor, BWR) ระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบวงจรเดียวความดันภายในหม้อปฏิกรณ์ประมาณ 6-9 ล้านปาสกาล อุณหภูมิน้ำประมาณ 285 องศาเซลเซียส ไอน้ำจะถูกส่งไปกังหันโดยตรงเพื่อผลิตไฟฟ้า

2. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบความดันสูง (pressurized water reactor, PWR) ระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบสองวงจร ความดันภายในหม้อปฏิกรณ์ประมาณ 15.6 ล้านปาสกาล อุณหภูมิน้ำสูง ประมาณ 315 องศาเซลเซียสแต่ไม่เดือดเป็นไอเนื่องจากถูกควบคุมด้วยเครื่องอัดความดัน น้ำร้อนจะถูกส่งไปยังเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อทำให้น้ำในอีกวงจรหนึ่งเดือดไอน้ำจะถูกส่งไปยังกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า

3. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบใช้น้ำมวลหนัก (pressurized heavy water reactor, PHWR หรือ CANDU) หรือระบบผลิตไอน้ำเป็นแบบสองวงจร แต่ใช้น้ำมวลหนัก (heavy water, D2O) แทนน้ำธรรมดา น้ำมวลหนักในท่อเชื้อเพลิงมีความดันประมาณ 10 ล้านปาสกาล มีอุณหภูมิสูงประมาณ 310 องศาเซลเซียส แต่ไม่เดือดเป็นไอเนื่องจากถูกควบคุมด้วยเครื่องอัดความดันน้ำร้อน จะถูกส่งไปยังเครื่องผลิตไอน้ำเพื่อทำให้น้ำในอีกวงจรหนึ่งเดือด ไอน้ำจะถูกส่งไปยังกังหันเพื่อผลิตไฟฟ้า

## พัฒนาการของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

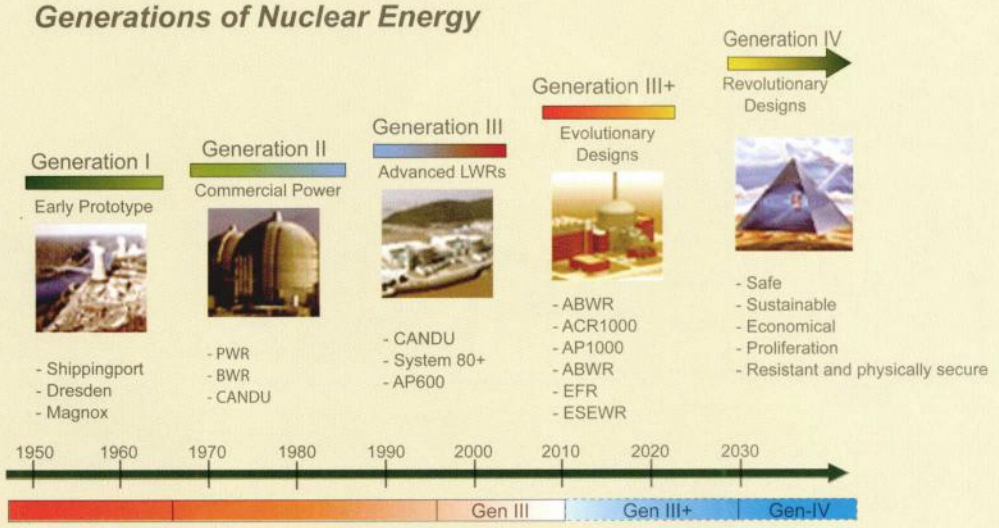
นับตั้งแต่สหรัฐอเมริกาสร้างชิคาโกไพล์-1 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลกในพ.ศ. 2485 เป็นต้นมา ประเทศที่มีความก้าวหน้าด้านนิวเคลียร์ในยุโรป ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาก็เร่งศึกษาวิจัยและสร้างเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ได้สำเร็จมากมาย เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เหล่านี้สามารถแบ่งกลุ่มตามยุคสมัยและเทคโนโลยีที่ใช้ได้เป็นสี่ยุค (generation) คือ

**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 1**

เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์เชิงพาณิชย์ต้นแบบที่ทยอยออกมาใช้ในช่วงทศวรรษ 1950 และ 1960 ในสหรัฐอเมริกา มีการพัฒนาเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำอัดความดัน (pressurized water reactor, PWR) หรือเรียกอีกอย่างว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลเบา (light-water reactor, LWR) ซึ่งหน่วงความเร็วนิวตรอนด้วยน้ำธรรมดา และเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำเดือด (boiling water reactor, BWR) ในแคนาดามีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์แบบน้ำมวลหนัก (heavy-water reactor, HWR) หรือแคนดู (CANDU ย่อมาจาก Canada Deuterium Uranium) ใช้ยูเรเนียมธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิงและใช้น้ำมวลหนักเป็นทั้งตัวหล่อเย็นและตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน ส่วนรัสเซีย อังกฤษ และฝรั่งเศสก็มีการพัฒนาเทคโนโลยีเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละประเทศด้วย

**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 2**

เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในเชิงพาณิชย์ที่เริ่มพัฒนามาตั้งแต่ในยุคที่ 1 และทยอยออกมาใช้ในช่วงทศวรรษ 1970 และ 1980 และยังมีการใช้งานกันอยู่ในปัจจุบันนี้ ในยุคที่ 2 เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ไม่ได้มีจำกัดอยู่ในประเทศผู้บุกเบิกด้านนิวเคลียร์ แต่มีกระจายทั่วไปในยุโรปเช่น ฝรั่งเศส เยอรมนี และอิตาลี ในยุโรปตะวันออกซึ่งได้เทคโนโลยีมาจากรัสเซีย รวมทั้งในเอเชีย เช่น ญี่ปุ่น ไต้หวัน เกาหลี และอินเดีย เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในยุคที่ 2 ที่ใช้กันส่วนใหญ่เป็นแบบ LWR ซึ่งมีสองแบบ คือ PWR (ร้อยละ 65 ทั่วโลก) และ BWR (ร้อยละ 23 ทั่วโลก) และอีกแบบหนึ่งคือ HWR หรือ CANDU ของแคนาดา




*เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคต่าง ๆ*
*(ที่มา : www.ne.doe.gov)*

**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 3**

เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ปรับปรุงจากยุคที่ 2 นำมาออกแบบใน 2 แนวทาง โดยแนวทางแรก เป็นการออกแบบ ที่เน้นด้านความปลอดภัยเชิงแพสซีฟ เรียกว่า การออกแบบเชิงแพสซีฟ (passive-design) ซึ่งหากเกิดความผิดปกติระหว่างเดินเครื่องแล้ว ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ หรือเครื่องมือ ไปสั่งหรือควบคุมแก้ไขเหตุการณ์ แต่จะใช้หลักธรรมชาติ เช่น ความโน้มถ่วง (gravity) การพาแบบธรรมชาติ (natural convection) หรือความต้านทานต่ออุณหภูมิสูง (resistance to high temperature) มาทำให้เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์หยุดการทำงานได้เอง

อีกแนวทางหนึ่ง เป็นการออกแบบเชิงก้าวหน้าหรือขั้นสูง (advanced design) เน้นการพัฒนาศักยภาพของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่มีใช้อยู่ให้สูงขึ้นมากที่สุด ซึ่งบางทีก็ผนวกเอาการออกแบบเชิงแพสซีฟเข้าไว้ด้วย ตัวอย่างเช่น เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขั้นสูงแบบน้ำเดือด (advanced boiling water reactor, ABWR) และเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขั้นสูงแบบน้ำอัดความดัน (advanced pressurized water reactor, APWR)

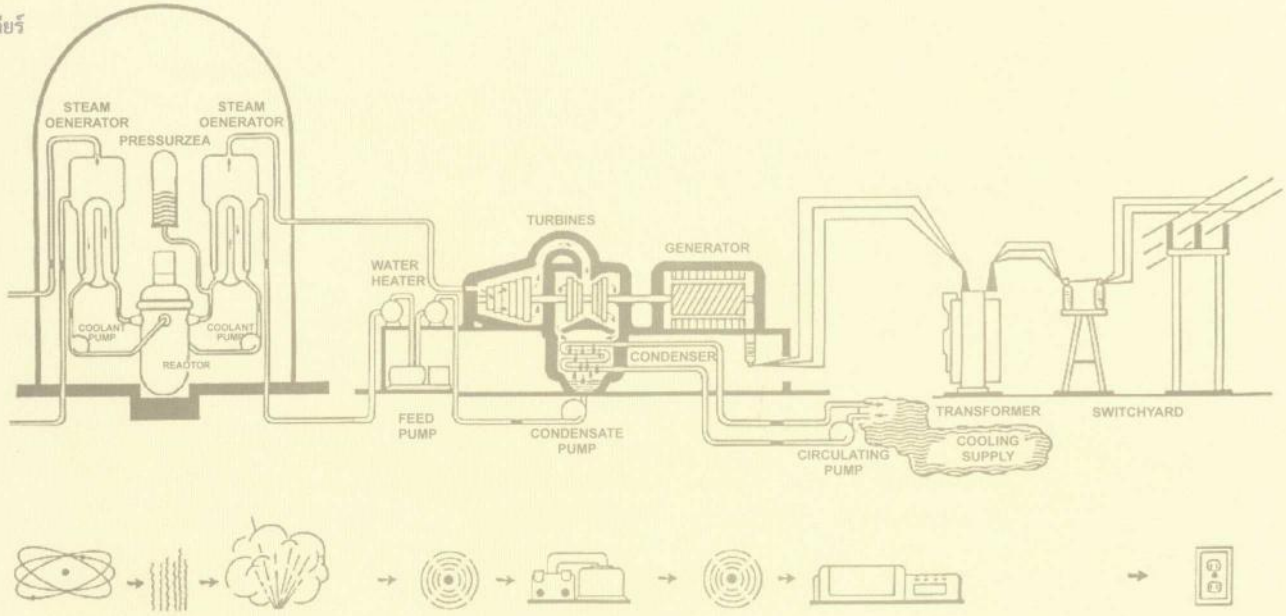
**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 3+**

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่จะมีใช้ในอนาคตตั้งแต่ประมาณ ค.ศ. 2010 เป็นแบบที่พัฒนากันมาตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1990 และในปัจจุบันยังอยู่ในขั้นออกแบบและทดลองใช้งานอยู่ มีคุณลักษณะเป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ระบายความร้อนด้วยแก๊สอุณหภูมิสูง (high-temperature gas-cooled) ซึ่งสามารถใช้เชื้อเพลิงที่มีทอเรียมเป็นพื้นฐานได้ คุณลักษณะที่สำคัญในเครื่องปฏิกรณ์ยุค 3+ คือ การออกแบบเป็นมอดูลที่ทำให้ต้นทุนต่ำลงและใช้เวลาก่อสร้างสั้นลงมาก คุณลักษณะประการนี้และการออกแบบเชิงแพสซีฟน่าจะเป็นแนวทางสำหรับเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ในยุคที่ 4 ต่อไป

**เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ยุคที่ 4**

เป็นเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่จะมีใช้กันได้ในอนาคตน่าจะตั้งแต่ประมาณ ค.ศ. 2030 โดยเป็นที่คาดหวังกันว่าจะมีความประหยัดสูง รวมไว้ด้วยสมรรถนะด้านความปลอดภัย มีกากเชื้อเพลิงน้อยที่สุด และปลอดจากการนำไปใช้ในการแพร่ขยายอาวุธนิวเคลียร์

**การผลิตไฟฟ้าด้วยพลังงานนิวเคลียร์**




ปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่ให้กำเนิดความร้อน (ซึ่งต้มน้ำให้เดือดเป็นไอไปหมุนกังหันซึ่งเชื่อมกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า)
ที่มา : กฤช พรหมสาขา, ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมนิวเคลียร์

# การจัดการกากกัมมันตรังสี

ในสภาวการณ์ปัจจุบันที่ทั่วโลกมีการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์เพิ่มขึ้น ย่อมมีกากกัมมันตรังสีเพิ่มขึ้น ดังนั้นโอกาสที่กัมมันตรังสีจะหลุดรอดสู่สภาพแวดล้อมจนเกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตโดยตรงหรือปนเปื้อนในอากาศ ในดิน ในน้ำ และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารย่อมมีมากขึ้นตามไปด้วย การจัดการกับกากกัมมันตรังสีที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ที่ใช้วัสดุนิวเคลียร์และรังสี โดยเฉพาะอย่างยิ่งกากเชื้อเพลิงจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์จึงเป็นประเด็นที่ถกเถียงกันมากที่สุดประเด็นหนึ่งในปัจจุบัน

**กากกัมมันตรังสี**

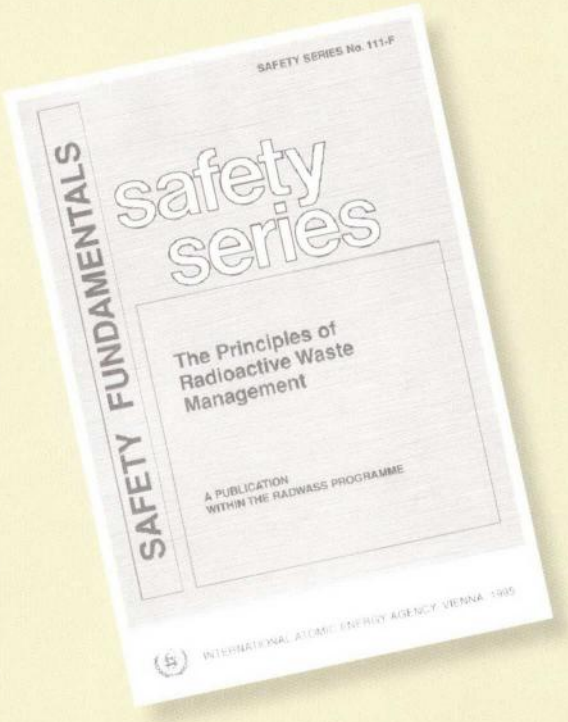
กากกัมมันตรังสีหมายถึงวัสดุกัมมันตรังสีที่เลิกใช้งานแล้วหรือของเสียที่เปรอะเปื้อนที่ประกอบหรือปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสีในระดับความแรงรังสีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดว่าปลอดภัย เป็น “ขยะ” ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์จากวัสดุนิวเคลียร์ในกิจการต่างๆ การจัดการกากกัมมันตรังสีซึ่งมีทั้งของแข็ง ของเหลว และแก๊สเป็นการดำเนินการ รวบรวม คัดแยก บำบัด และแปรสภาพเพื่อการเก็บรักษาชั่วคราว ก่อนทำการเก็บทิ้งอย่างถาวรในที่ที่ปลอดภัย ทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายทางรังสีที่อาจเกิดขึ้นกับสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมในภายหลัง

อย่างไรก็ตาม การจัดการกากกัมมันตรังสีไม่ใช่การทำลายสารกัมมันตรังสีให้หมดสิ้นไป ทั้งนี้เพราะวิธีการทางเคมีหรือฟิสิกส์ทั่วไปไม่สามารถทำลายกัมมันตภาพรังสีได้ ส่วนวิธีการทางนิวเคลียร์นั้นยังมีขั้นตอนยุ่งยากและต้นทุนสูงเกินไป การจัดการกากกัมมันตรังสีในปัจจุบันจึงจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการสลายตามธรรมชาติของสารกัมมันตรังสีเป็นสำคัญ

## หลักการในการจัดการกากกัมมันตรังสี

การจัดการกากกัมมันตรังสีจะต้องยึดถือหลักการต่อไปนี้เป็นแนวทางปฏิบัติ

- หลักการที่ 1 : พิทักษ์สุขภาพมนุษย์ (Principle 1 : Protection of human health) จะต้องมีมาตรการเพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน และป้องกันมิให้ประชาชนและสิ่งแวดล้อม ได้รับผลกระทบจากกากกัมมันตรังสี ทั้งนี้ตามข้อกำหนดของคณะกรรมาธิการระหว่างประเทศว่าด้วยการป้องกันรังสี (International Commission on Radiological Protection, ICRP) ผู้ปฏิบัติงานทางรังสี สามารถรับรังสีได้โดยเฉลี่ย 20 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี คือใน 5 ปี ไม่เกิน 100 มิลลิซีเวิร์ต ส่วนประชาชนทั่วไปสามารถรับรังสีได้ 1 มิลลิซีเวิร์ตต่อปี
- หลักการที่ 2 : พิทักษ์สิ่งแวดล้อม (Principle 2 : Protection of the environment) วิธีจัดการกากกัมมันตรังสี โดยการระบายสู่สิ่งแวดล้อมจะต้องอยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย หรือขีดจำกัดที่อนุญาตให้ปล่อยได้ (authorized limits) การดำเนินการทั้งหมดจะต้องไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หรือไม่ทำให้สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงสภาพไปจากเดิม
- หลักการที่ 3 : ป้องกันผลกระทบต่อประเทศเพื่อนบ้าน (Principle 3 : Protection beyond national borders) การจัดการกากกัมมันตรังสีต้องมิให้เกิดผลกระทบต่อประเทศเพื่อนบ้าน และต้องใช้มาตรฐานการดำเนินงานในระดับเดียวกับที่ใช้ในประเทศของตน ทั้งต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดโดยองค์กรสากล เช่น ไอเออีเอ หรือ ไอซีอาร์พี
- หลักการที่ 4 : พิทักษ์มนุษยชนรุ่นหลัง (Principle 4 : Protection of future generations) การจัดการกากกัมมันตรังสีระดับสูงและมีครึ่งชีวิตยาว โดยการฝังใต้ดินหรือในชั้นธรณีวิทยาโครงสร้างแบบธรรมชาติ หรือร่วมกับโครงสร้างทางวิศวกรรม ต้องมีกระบวนการสำรวจสถานที่ การเฝ้าระวัง และวิเคราะห์ความปลอดภัยต่อสิ่งแวดล้อมและประชาชน โดยมีหลักการว่าผลกระทบที่ยินยอมให้อนุชนรุ่นต่อไปได้รับ จะต้องไม่มากกว่าเกณฑ์ที่ยินยอมให้ประชาชนปัจจุบันรับได้
- หลักการที่ 5 : ไม่ผลักภาระให้อนุชนรุ่นหลัง (Principle 5 : Burden on future generations) ผู้ก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีรุ่นปัจจุบันต้องมีความรับผิดชอบในการพัฒนาเทคโนโลยีและดำเนินการต่าง ๆ เพื่อการจัดการกากกัมมันตรังสีอย่างปลอดภัย โดยไม่ผลักภาระให้คนรุ่นต่อไปต้องแก้ปัญหาในอนาคต
- หลักการที่ 6 : จัดให้มีกฎหมายและหน่วยงานกำกับดูแลที่ชัดเจน (Principle 6 : National legal framework) ประเทศที่ใช้เทคโนโลยีนิวเคลียร์ต้องผลักดันให้มีกฎหมายเกี่ยวกับการจัดการกากกัมมันตรังสี จัดตั้งองค์กรกำกับดูแลที่รับผิดชอบในการควบคุม กำกับดูแล ออกกฎหมาย วางกฎระเบียบ รวมทั้งแนวปฏิบัติ ในทุกขั้นตอนของการจัดการกากกัมมันตรังสี




- หลักการที่ 7 : การควบคุมให้เกิดกากกัมมันตรังสีน้อยที่สุด (Principle 7 : Control of radioactive waste generation) การทำงานจะต้องมีมาตรการที่รัดกุมในทุกขั้นตอน เพื่อให้มีกากกัมมันตรังสีเกิดขึ้นทั้งปริมาณ และค่ากัมมันตภาพรังสีน้อยที่สุดเท่าที่จะกระทำได้
- หลักการที่ 8 : ความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างการก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีกับการจัดการกากกัมมันตรังสี (Principle 8 : Radioactive waste generation and management interdependencies) ขั้นตอนต่าง ๆ ในการจัดการกากกัมมันตรังสีมีความสัมพันธ์และมีผลกระทบซึ่งกันและกัน ในขณะเดียวกันก็มีความเชื่อมโยงกับการก่อให้เกิดกากกัมมันตรังสีด้วย ผู้ที่รับผิดชอบในการจัดการกากและผู้ก่อให้เกิดกากจะต้องตระหนักในปฏิสัมพันธ์นี้ เพื่อจะได้ทำให้เกิดความสมดุลระหว่างความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการจัดการกากกัมมันตรังสีโดยรวม
- หลักการที่ 9 : ความปลอดภัยในสถานปฏิบัติการจัดการกากกัมมันตรังสี (Principle 9 : Safety of facilities) ต้องศึกษาผลกระทบของทำเลที่ตั้งต่อการปฏิบัติงาน การออกแบบก่อสร้าง และกิจกรรมต่าง ๆ มีแผนป้องกันอุบัติเหตุ มีการประกันคุณภาพของการดำเนินงาน รวมทั้งมีการฝึกอบรมและพัฒนาบุคลากรและมีการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## แหล่งที่มาของกากกัมมันตรังสี

กากกัมมันตรังสีส่วนใหญ่เกิดขึ้นในวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel cycle) โดยเกิดขึ้นในทุกขั้นตอนตั้งแต่การทำเหมืองแร่ การแต่งแร่ และการทำแร่ยูเรเนียมให้บริสุทธิ์ ไปจนถึงขั้นตอนการประกอบแท่งเชื้อเพลิง การเดินเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ และการสกัดแท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วเพื่อนำไปใช้ใหม่ กากส่วนที่เหลือมาจากการประยุกต์ใช้ประโยชน์ของวัสดุกัมมันตรังสีในกิจกรรมต่างๆ (radioisotope applications) ซึ่งมีอยู่ในปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับกากกัมมันตรังสีจากวัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ กากเหล่านี้มาจากวัสดุกัมมันตรังสีที่ใช้ในศูนย์วิจัย สถาบันการศึกษา จากโรงพยาบาลหรือสถาบันทางการแพทย์ โรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

เราอาจแบ่งกากกัมมันตรังสีตามระดับความเข้มของกัมมันตรังสีที่มีเหลือตกค้างอยู่ภายหลังการใช้งานได้เป็นสามประเภทคือ

1. กากกัมมันตรังสีระดับสูง เป็นกลุ่มกากกัมมันตรังสีทั้งที่เป็นของแข็งและของเหลวที่ได้จากการกำจัดกากเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ และกากกัมมันตรังสีอื่น ๆ ซึ่งจัดว่ามีปริมาณรังสีตกค้างอยู่เป็นปริมาณมาก

2. กากกัมมันตรังสีระดับรังสีปานกลาง เป็นกากกัมมันตรังสีชนิดที่เหลือจากการปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตรังสี เช่น เศษโลหะ กากตะกอนที่ได้จากการบำบัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นของเหลว สารแลกเปลี่ยนไอออน และต้นกำเนิดรังสีใช้แล้ว

*บ่อเก็บเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้ว*
*(ที่มา : www.world-nuclear.org)*

3. กากกัมมันตรังสีระดับต่ำ เป็นกากกัมมันตรังสีที่เกิดจากการปฏิบัติงานอันเกี่ยวเนื่องจากสารกัมมันตรังสี โดยอาจเป็นอุปกรณ์ต่างๆ อย่างเช่น ถุงมือ เสื้อผ้า หรืออุปกรณ์ที่ทำจากกระดาษ

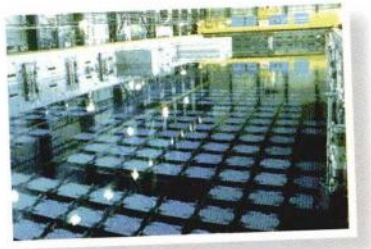
**2C4D**

การจัดการกากกัมมันตรังสีต้องคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และที่สำคัญคือปริมาณกัมมันตรังสี โดยทั่วไปแล้วแนวทางในการจัดการกากที่ยึดถือปฏิบัติกันคือแนวทาง 2C4D ได้แก่

1. การทำให้เข้มข้น แล้วเก็บรวบรวม (concentrate and contain) วิธีนี้เหมาะกับกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตปานกลางและครึ่งชีวิตยาว และยังเหมาะกับกากที่เป็นของเหลว โดยนำมาผ่านกรรมวิธีทำให้ตกตะกอนเคมี ซึ่งกากรังสีจะสะสมรวมกันอยู่ในลักษณะของแข็งที่มีความเข้มข้นของรังสีสูง จากนั้นจึงนำไปเก็บในที่ที่เหมาะสมต่อไป

2. การทำให้เจือจางแล้วระบายทิ้ง (dilute and disperse) วิธีนี้เป็นหลักการที่ตรงกันข้ามกับวิธีแรก เหมาะกับกากกัมมันตรังที่มีครึ่งชีวิตปานกลางและครึ่งชีวิตยาวนานเช่นกัน ใช้จัดการกากชนิดที่เป็นของเหลวและแก๊ส โดยนำกากไปผ่านขบวนการบำบัดที่ทำให้สารรังสีนั้นเจือจางลงจนถึงระดับที่มีความปลอดภัยและไม่เกิดอันตรายก่อนระบายสู่แหล่งน้ำสาธารณะทั่วไป หากยังมีตะกอนที่มีความเข้มข้นทางรังสีสูงก็สามารถรวบรวมนำไปเก็บทิ้งยังแหล่งที่เหมาะสมต่อไป

3. การเก็บทอดระยะเวลาและปล่อยให้สารกัมมันตรังสีสลายไปเอง (delay and decay) วิธีนี้นับว่าเป็นวิธีการเดียวที่สามารถทำลายสภาพความเป็นกัมมันตรังสีให้หมดไปได้ เป็นวิธีที่เหมาะสำหรับจัดการกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตสั้น ทั้งนี้เนื่องจากสารกัมมันตรังสีโดยทั่วไปนั้นเมื่อทอดระยะไว้ประมาณ 8 ช่วงครึ่งอายุจะมีกัมมันตรังสีเหลืออยู่น้อยมาก



บ่อเก็บเชื้อเพลิงใช้แล้ว

การลดปริมาตรกากด้วยการบดอัด

การผนึกกากในปลอกซิเมนต์
(ที่มา : http://std.kku.ac.th)

**การขจัดกากของแข็งกัมมันตรังสี**

กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูงเป็นออกไซด์ของธาตุต่างๆ จากโรงงานแปรสภาพซ้ำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel reprocessing plant) การขจัดกากจะใช้วิธีแปรสภาพกากให้เป็นวัสดุที่คงทนต่อปฏิกิริยาเคมี เช่น แก้ว หรือ เซรามิก จากนั้นจึงบรรจุผลิตภัณฑ์กาก (waste product) ที่ได้จากการแปรสภาพลงในภาชนะที่เหมาะสม และเก็บไว้รอการทิ้งโดยถาวรต่อไป

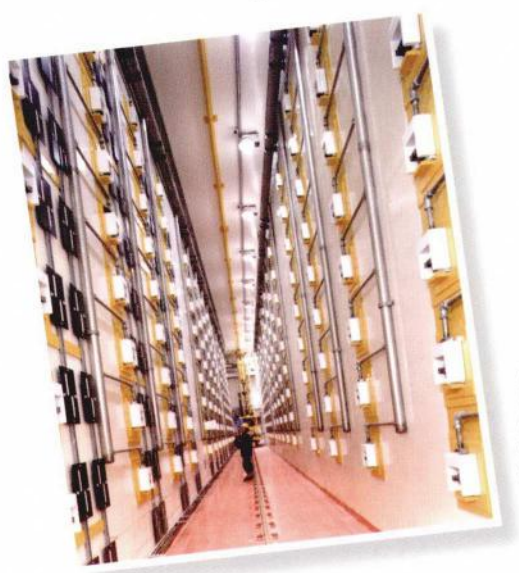
สำหรับกากกัมมันตรังสีระดับรังสีต่ำและปานกลาง เช่น กากตะกอนเข้มข้นจากการต้มระเหย กากของเหลวจากกระบวนการตกตะกอนเคมีของกากของเหลว และกากของเหลวจากสารแลกเปลี่ยนไอออนที่ใช้แล้ว เนื่องจากกากประเภทนี้ยังมีความชื้นและไม่คงทนต่อสภาพแวดล้อม การแปรสภาพกากจึงใช้วิธีผนึกในปูนซีเมนต์ (cementation) หรือวิธีผนึกในสารบิทูเมน (bituminization)

ส่วนกากของแข็งจากการใช้งานทางรังสีทั่วไป เช่น ภาชนะเศษกระดาษ ซากสัตว์ทดลอง จะใช้วิธีลดปริมาตรของกากด้วยการเผาทำลาย บดอัด บดตัด หลอมละลาย (โลหะ) กากของแข็งที่ทำการลดปริมาตรลงแล้ว จะเก็บรวบรวมไว้และนำไปแปรสภาพให้เหมาะสม เพื่อนำไปเก็บหรือทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ โดยไม่ก่อให้เกิดมลภาวะทางรังสีต่อสภาวะแวดล้อม

**การขจัดกากของเหลวกัมมันตรังสี**

กากของเหลวกัมมันตรังสีที่มีระดับรังสีสูง (104-106 Ci/m3) ส่วนใหญ่เป็นสารละลายจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ หรือผลิตภัณฑ์จากโรงงานแปรสภาพซ้ำเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ มักบำบัดด้วยการต้มระเหย (evaporation) แล้วเก็บไว้ในภาชนะที่คงทน รอจนสารรังสีบางส่วนสลายลงบ้าง จากนั้นจึงนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ของแข็ง เช่น ผนึกให้เป็นแก้ว (vitrification) ต่อไป

ส่วนกากของเหลวระดับรังสีต่ำและปานกลาง (10-6-1 Ci/m3) มักอยู่ในรูปสารละลายของน้ำ เช่น น้ำทำความสะอาดอุปกรณ์ น้ำทำละลายสารเคมีในห้องปฏิบัติการ ใช้วิธีรวบรวมกากของเหลวไว้จนกระทั่งมีปริมาณมากพอสำหรับการดำเนินการแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นการทอดระยะเวลาให้สารกัมมันตรังสีที่มีอายุสั้นๆ สลายหมดไป และประหยัดค่าใช้จ่าย วิธีการดำเนินการขจัดกากของเหลวมีหลายวิธี เช่น การตกตะกอนเคมี การต้มระเหย และการดูดจับด้วยสารแลกเปลี่ยนไอออน



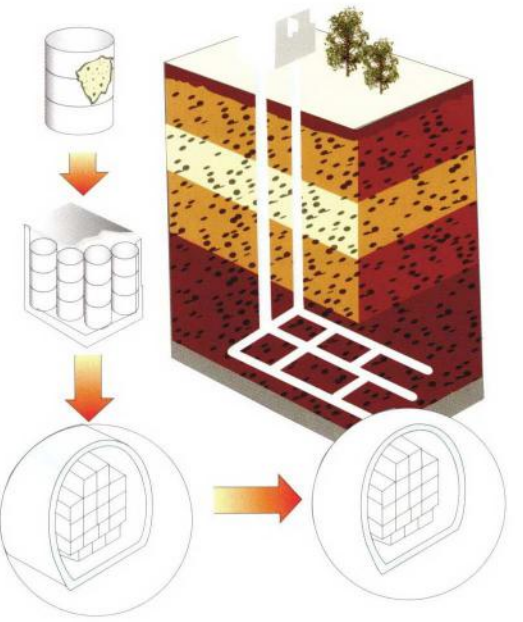
*โรงงานคืนสภาพเชื้อเพลิงที่มาจากโรงไฟฟ้าพลังงานนิวเคลียร์ ที่เซลลาฟิลด์ (Sellafield) ประเทศอังกฤษ (ที่มา : www.iaea.org))*

### การขจัดกากกัมมันตรังสีที่เป็นไอหรือแก๊ส

กากกัมมันตรังสีที่อยู่ในสถานะของแก๊สนั้นมีอยู่สองลักษณะ คือ ไอสาร/ฝุ่นละออง ที่ปนเปื้อนด้วยสารกัมมันตรังสี (aerosol) และแก๊สกัมมันตรังสี (radioactive gas) การบำบัดกากที่เป็นไอหรือฝุ่นละอองนั้นทำได้โดยวิธีกรองกากในอากาศด้วยระบบกรองพิเศษ ซึ่งมักใช้ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal) เป็นตัวดูดจับสารกัมมันตรังสี ส่วนกากที่เป็นแก๊สกัมมันตรังสีนั้นจำเป็นต้องอาศัยกรรมวิธีเฉพาะ เช่น เทคนิคการดูดจับ การสกัดแยกด้วยวิธีกลั่นเย็น การแพร่ ในการบำบัด

หลังจากการกรองหรือสกัดแยกแก๊สด้วยวิธีต่างๆ ดังกล่าวแล้ว ชุดเครื่องกรองจะกลายเป็นที่สะสมของสารกัมมันตรังสี ซึ่งจะต้องนำไปบำบัดเป็นกากของแข็งต่อไป ส่วนแก๊สที่สกัดแยกเอาไว้ก็บรรจุใส่ท่อหรือถังแก๊ส เพื่อนำไปทิ้งโดยถาวรต่อไป

*ขั้นตอนการเก็บกากกัมมันตรังสีระดับสูงแบบถาวร*



### การเก็บรักษาและการทิ้งกากโดยถาวร

กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการบำบัดแล้วบางชนิดจะถูกนำไปแปรสภาพก่อนนำไปเก็บรักษาหรือทิ้งโดยถาวร เพื่อให้อยู่ในภาวะที่คงทนต่อสภาพแวดล้อม กากที่เป็นเถ้าจากการเผาขยะรังสี กากที่ผ่านการลดปริมาตรด้วยเครื่องอัดกาก กากที่เป็นเรซินใช้งานแล้ว และกากจากการบำบัดของเหลวกัมมันตรังสีจะถูกแปรสภาพด้วยการนำไปผ่าน

**สิ่งที่ควรคำนึงในการเลือกสถานที่ที่ปลอดภัยสำหรับทิ้งกากกัมมันตรังสีแบบฝังดินตื้น**

- สภาพทางธรณีวิทยา จะต้องไม่เป็นพื้นที่ที่มีดินเหลว หรืออาจเกิดดินถล่มได้ ไม่เป็นพื้นที่ที่มีหินพรุน และหลีกเลี่ยงสถานที่ที่อาจมีน้ำพุร้อน
- สภาพน้ำใต้ดิน ต้องเป็นแหล่งที่มีน้ำใต้ดินลึกมากกว่า 10 เมตรขึ้นไป
- สภาพแหล่งน้ำ ต้องอยู่ห่างจากแม่น้ำลำธาร และห่างจากอ่างเก็บน้ำไม่น้อยกว่า 1 กิโลเมตร
- สภาพภูมิอากาศ ต้องหลีกเลี่ยงจากบริเวณสภาพภูมิอากาศที่มีฝนตกหนัก หรืออาจเกิดน้ำท่วมขึ้นได้
- ลักษณะภูมิประเทศ จะต้องไม่มีความลาดชันของพื้นที่มากกว่าห้าองศา อีกทั้งไม่เป็นเนินเขาสลับซับซ้อน เพราะจะเป็นการยากต่อการปรับพื้นที่
- ต้องเป็นบริเวณที่อยู่ห่างจากแหล่งชุมชน เพื่อความปลอดภัยและไม่ให้เกิดผลกระทบในทางรังสีต่อประชาชน
- ต้องไม่เป็นแหล่งเกษตรกรรม หรือแหล่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติอื่นใด
- ต้องไม่เป็นบริเวณที่เคยมีปรากฏการณ์แผ่นดินไหวสูงกว่า 8 ริกเตอร์

กระบวนการบำบัดกาก เช่น ผนึกกากในเนื้อปูนซีเมนต์ ผนึกกากมันตรังสีในสารบิทูเมน (bituminization) หรือผสมกากกัมมันตรังสีกับสารเคมีให้กลายสภาพเป็นแก้วเหลวหรือเซรามิกที่เสถียรมากๆ เช่น แก้วและเซรามิก (vitrification) ทั้งนี้การเลือกวิธีแปรสภาพขึ้นอยู่กับชนิดและองค์ประกอบของกากมันตรังสีนั้นๆ รวมไปถึงคำนึงถึงเหตุผลทางเศรษฐกิจของการจัดการกากนั้นๆ

กากกัมมันตรังสีที่ผ่านการแปรสภาพแล้วจะถูกนำไปกำจัดทิ้งด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

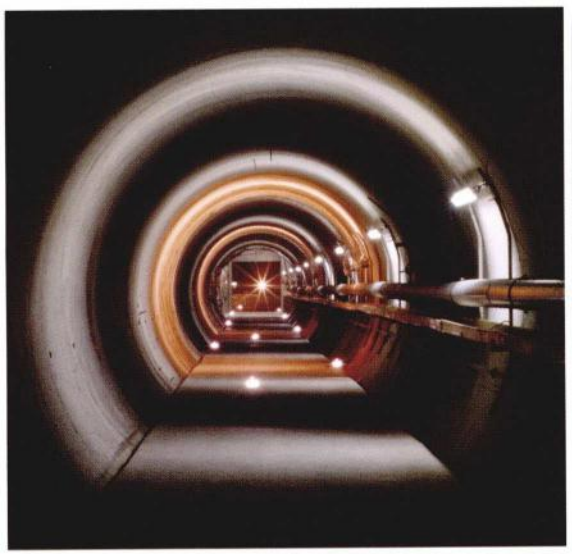
**การทิ้งกากแบบฝังดิน** สามารถทำได้สองวิธีคือ การทิ้งกากฝังดินแบบตื้น (shallow land burial) เป็นวิธีการที่ใช้กับกากกัมมันตรังสีของแข็งที่มีความแรงรังสีต่ำและมีครึ่งชีวิตสั้น (ไม่เกิน 30 ปี) ที่ฝังกากแบบนี้อาจเป็นหลุมดินหรือเป็นบ่อที่มีโครงสร้างแข็งแรง (engineered structure) อีกวิธีหนึ่งคือการทิ้งกากแบบฝังดินลึก (deep underground disposal) เหมาะกับกากกัมมันตรังสีที่มีครึ่งชีวิตยาวและมีระดับความแรงรังสีสูง จำเป็นต้องการแยกกากให้อยู่ห่างไกลจากสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด

**การทิ้งกากด้วยการนำทิ้งทะเล** อาจเป็นการทิ้งผลิตภัณฑ์กากที่ผนึกสนิทแล้วลงสู่ท้องทะเลโดยตรง หรือฝังกากลงใต้ก้นทะเลลึก ทั้งนี้ต้องเป็นไปตามกฎเกณฑ์ข้อตกลงนานาชาติว่าด้วยการทิ้งกากสารอันตรายลงสู่ท้องทะเล (The London Dumping Convention) ปัจจุบันนี้ประเทศต่างๆ ทั่วโลกพยายามละเว้นการทิ้งกากวิธีนี้ เพราะเชื่อกันว่าสุดท้ายแล้วก็จะส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศ ซึ่งจะมีผลย้อนคืนมาสู่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ในที่สุด

**การทำลายกากถาวรด้วยวิธีอื่นๆ** เช่น การฝังกากลงในน้ำแข็ง การทำลายกากโดยวิธีนิวเคลียร์ และการนำกากไปทิ้งในอวกาศ อย่างไรก็ตาม ในปัจจุบันยังไม่มีการนำเทคนิคการทิ้งกากเช่นที่ว่านี้มาใช้ในทางปฏิบัติ

เจ้าหน้าที่ตรวจวัดระดับกัมมันตรังสี

เจ้าหน้าที่ตรวจวัดระดับกัมมันตรังสี
ในกากกัมมันตรังสี
(ที่มา : www.fotosearch.com)



*อุโมงค์เก็บเชื้อเพลิงใช้แล้วที่ห้องปฏิบัติการหินใต้ดินกริมเซล (Grimsel Underground Rock Laboratory) สวิตเซอร์แลนด์ (ที่มา : www.iaea.org)*

**ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสี**

การจัดการกากกัมมันตรังสีในประเทศไทยเกิดขึ้นเมื่อมีการออกพระราชบัญญัติพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ.2504 พระราชบัญญัติฉบับนี้กำหนดให้จัดตั้งกองขจัดกากกัมมันตรังสีขึ้น โดยมีฐานะเป็นหน่วยงานหนึ่งของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ เพื่อรับผิดชอบดูแลด้านการขจัดกากกัมมันตรังสีในประเทศ ในระยะแรกนั้นกากกัมมันตรังสีส่วนใหญ่เกิดจากการปฏิบัติงานของสำนักงานเอง แต่ครั้นเวลาผ่านไปมีการใช้สารรังสีในกิจกรรมต่างๆ ของหน่วยงานราชการและเอกชนเพิ่มขึ้น กองขจัดกากกัมมันตรังสีจึงมีภารกิจในการจัดการกากกัมมันตรังสีเพิ่มขึ้นด้วย

ด้วยเหตุนี้ กองขจัดกากกัมมันตรังสีจึงได้เร่งพัฒนาบุคลากรควบคู่ไปกับการขยายขีดความสามารถในการจัดการกากกัมมันตรังสี โดยได้จัดสร้างโรงงานขจัดกากกัมมันตรังสีขนาดห้าลูกบาศก์เมตร (2509) สร้างอาคารเก็บกากรังสีชั่วคราว (2513) และสร้างเตากากกัมมันตรังสีขนาด 15 กิโลกรัมต่อชั่วโมง (2529)

ต่อมาเมื่อมีการปรับโครงสร้างของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ โดยแยกออกเป็นสองหน่วยงานคือสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติและสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) กองขจัดกากกัมมันตรังสีได้ถูกโอนมาอยู่ในความรับผิดชอบของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ ใช้ชื่อว่าศูนย์จัดการกัมมันตรังสี มีหน้าที่ให้บริการด้านการจัดการกากกัมมันตรังสี ตลอดจนให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการกากกัมมันตรังสีให้แก่หน่วยงานและองค์กรต่างๆ ต้องปฏิบัติหน้าที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานกัมมันตรังสีเพื่อให้สามารถจัดการกากกัมมันตรังสีได้อย่างถูกต้องเหมาะสม และเกิดความปลอดภัยอย่างสูงสุดในการจัดการกับกากกัมมันตรังสี

ศูนย์จัดการกากกัมมันตรังสีให้บริการต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. บริการเก็บรวบรวมกากกัมมันตรังสี
   - กากต้นกำเนิดรังสีปิดผนึก
   - กากของแข็งกัมมันตรังสี
   - กากของเหลวกัมมันตรังสี
2. บริการวิเคราะห์น้ำทิ้งทางรังสี
   - วิเคราะห์กัมมันตภาพรังสีในน้ำทิ้ง
3. บริการชำระล้างความปนเปื้อนทางรังสี
   - การซักล้างชุดปฏิบัติงานทางรังสี
   - การตรวจวัดความปนเปื้อนทางรังสีบนพื้นที่
   - การชำระล้างความปนเปื้อนทางรังสีบนพื้นที่
4. บริการถ่ายทอดเทคโนโลยีด้านการจัดการกากกัมมันตรังสี
5. บริการขนส่งกากกัมมันตรังสี

# อนาคตเทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย

"เท่าที่ผ่านมา ถือได้ว่าไทยเราเองประสบความสำเร็จในการใช้นิวเคลียร์อย่างมากมายมหาศาล อันดับแรกเลย เราทุกคนคงเคยไปฉายเอกซเรย์เพื่อตรวจดูอวัยวะภายใน หรือสิ่งต่างๆ ที่หมอศิริราชทำมาก่อนนานแล้ว ที่รู้จักกันดีคือ การฝังแร่เพื่อรักษาโรค ทางการแพทย์รุดหน้ามาก่อนในเรื่องปรมาณู..."

## พศ.ดร. สมพร จองคำ (59)

*ผู้อำนวยการสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ*

"หลังจากนั้นสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติจึงเอามาทำต่อในภาพรวม เช่น ในด้านเกษตร ได้ทำงานร่วมกับกรมการข้าว ข้าวที่เรากินทุกวันนี้แหละ ข้าว กข-5 กข-15 กข-105 เอาข้าวมาฉายรังสี ได้เป็นข้าวพันธุ์ใหม่มา เราอาจจะไม่รู้จักนิวเคลียร์ แต่ข้าวที่เรากินทุกเม็ดผ่านการปรับปรุงพันธุ์ด้วยนิวเคลียร์มาแล้ว นอกจากข้าว ก็มีถั่วเหลือง หรือดอกบัวใหม่ ๆ อย่างพันธุ์สีเหลือง ส่วนทางมหาวิทยาลัยเกษตรจะมีดอกพุทธรักษา เป็นต้น ในระดับโลก เขาก็มีการใช้งานทางด้านการแพทย์ การเกษตร การอุตสาหกรรม ทางทรัพยากร แม้กระทั่งทางด้านสิ่งแวดล้อมหรือโบราณคดี เขาจะพัฒนาเครื่องมือใหม่ๆ ศาสตร์ใหม่ๆ ทางด้านนิวเคลียร์ขึ้นมา เขาจะไม่ย่ำอยู่กับที่...

และอีกด้านหนึ่งที่จะเป็นอนาคตคือ การใช้โรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบฟิวชัน ทุกวันนี้ทั่วโลกมีโรงไฟฟ้านิวเคลียร์แบบฟิชชันใช้อยู่ 440 โรง ตอนนี้พัฒนาถึงขั้นที่สี่ที่เรียกว่า Generation 4 หรือ G4 แล้ว ส่วนบ้านเรายังไม่มี บ้านเราโชคไม่ดีนิดเดียว ตอนนั้นปี 2520 เกือบจะมีแล้วที่อ่าวไผ่ ผมมาเรียนปริญญาโทเพื่อที่จะไปเดินเครื่อง เสียดายเหมือนกัน ตอนนั้นเกาหลีมีเท่ากันกับเรา แต่ตอนนี้เกาหลีเขาไปไกลแล้ว เขาขายโรงไฟฟ้า ของเรายังไม่มีเลย โรงไฟฟ้า Generation 4 จะเป็นโรงไฟฟ้า multipurpose คือใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น หนึ่งให้ไฟฟ้า สองทำน้ำเค็มให้เป็นน้ำจืด สามสามารถผลิตไฮโดรเจน ซึ่งต่อไปไฮโดรเจนจะเป็นพลังงานอนาคต สี่ผลิตไอโซโทปอย่างที่เราส่งโรงพยาบาลทุกวันนี้ ห้า ผลิตเซมิคอนดักเตอร์ สารกึ่งตัวนำที่เราใช้ในมือถือ โทรทัศน์... อังกฤษกำลังพัฒนาอยู่ บ้านเราถ้าสร้างก็จะเป็น Generation 3

การพัฒนาทางด้านนิวเคลียร์ของเรา ควรจะเน้นเป็นตัวของตัวเองด้านหนึ่ง คือจะเป็นตัวของตัวเองหมดเลยคงไม่ได้ เพราะทุกอย่างเดี๋ยวนี้เป็นเน็ตเวิร์กกันหมดแล้ว อย่างที่เราทำคือที่ สทน. ทำไม่ได้อยู่คนเดียว เราจะร่วมมือกับสภาความร่วมมือทางนิวเคลียร์ในภูมิภาคเอเชีย (Forum for Nuclear Cooperation in Asia, FNCA) เป็นวงเล็กมีสิบประเทศ คือ ออสเตรเลีย เวียดนาม ไทย เกาหลี ญี่ปุ่น จีน มาเลเซีย อินโดนีเซีย ฟิลิปปินส์ บังคลาเทศ เป็นวงหนึ่งจะทำการศึกษาวิจัยกันประมาณสิบหัวข้อ ทั้งด้านการแพทย์ ด้านเกษตร สิ่งแวดล้อม ทรัพยากร อะไรทั้งหลายเราถึงกันหมด เราเป็นเพื่อนกันหมด ยกหูคุยกันได้ เป็นความร่วมมือกันในระดับภูมิภาคนี้ วงที่สองอยู่ภายใต้ไอเออีเอจะมี 140 ประเทศ แต่ของเราจะอยู่ในวงเล็กแค่ 17 ประเทศ เป็นความร่วมมือเกี่ยวกับการวิจัย พัฒนาและฝึกอบรม ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ (Regional Cooperative Agreement for Research, Development and Training related to Nuclear Science and Technology, RCA) ขยายจาก 10 เป็น 17 ประเทศ (ในเอเชียตะวันออกและออสเตรเลีย) ไปจนถึงอินเดีย ปากีสถาน...

อุปสรรคในการพัฒนาด้านเทคโนโลยีนิวเคลียร์ของไทย คือการที่ผู้บริหารประเทศไม่เห็นความสำคัญ คือเรื่องนี้ต้องเอามาเป็นวาระแห่งชาติ เพราะเป็นประโยชน์จริงๆ ฉะนั้นถึงต้องเอามาเป็นวาระแห่งชาติ ไม่ใช่เอาไปฝากให้สำนักงานปรมาณูฯ ทำหรือ สทน. ทำ อย่างโรงไฟฟ้านิวเคลียร์นี่ต้องเป็นวาระแห่งชาติ จะไปให้การไฟฟ้าฝ่ายผลิตฯ ทำฝ่ายเดียวไม่ได้ ที่เป็นอุปสรรคใหญ่อีกอย่างเลยคือคนกลัว คนกลัวเพราะไม่รู้ เลยต่อต้าน แถมยังมีเรื่องกฎหมายที่ไม่พร้อม พอเริ่มจากความกลัวความไม่รู้ เลยทำให้เป็นไปทุกระดับเลย แม้แต่ระดับผู้บริหารประเทศก็ไม่รู้ ไม่รู้ก็กลัว ไม่อุดหนุน ประเทศไทยเลยไม่ก้าว เพราะฉะนั้นจะทำอย่างไร ต้องทำประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนได้รู้ได้เข้าใจ อย่างที่เราทำอยู่ทุกวันนี้ ว่านิวเคลียร์เป็นอย่างนี้นะ น้ำที่เราดื่มก็เป็นนิวเคลียร์มีรังสี ห้องที่เราอยู่ก็มีรังสี ใช้วิธีนี้บอกประชาชนให้เข้าใจ สอนเด็กให้เข้าใจ เข้าไปในระบบการศึกษา ซึ่งเราก็เข้าไปช่วยได้บ้างแล้วนะในระยะยี่สิบปีหลังมานี้ เพราะฉะนั้นเรื่องเร่งด่วนที่สุดคือการให้ความรู้ สอนประชาชนให้เข้าใจ ในทุกระดับ ไปจนถึง

นักการเมือง และให้ตระหนักว่านิวเคลียร์มีโทษจริง แต่ก็มีประโยชน์มหาศาล

เพราะฉะนั้นสิ่งที่อยากฝากถึงรัฐบาล สิ่งที่คาดหวังคือ อยากให้เรื่องนี้เป็นเรื่องระดับชาติ น่าจะเป็นนโยบายแห่งชาติ เพราะประเทศชาติเราได้ผลประโยชน์ ไม่ว่าทางด้านเศรษฐกิจ สังคม เฉพาะเรื่องนิวเคลียร์มากมายมหาศาล ทุกวันนี้ที่เราส่งออกอะไรต่ออะไรเป็นเรื่องเกี่ยวกับนิวเคลียร์ทั้งนั้น อย่างส่งออกข้าวสารทุกกระสอบทุกเม็ดที่ลงเรือไปจะต้องมีใบเซอร์ (certificate) ที่เราตรวจและประทับตราให้ติดไปกับเรือด้วย ไม่อย่างนั้นเข้าประเทศไม่ได้ ข้าวสาร น้ำตาลทราย มันสำปะหลัง กุ้งแช่แข็ง หรือแม้แต่อาหารกระป๋องก็ตาม สินค้าส่งออกประมาณ 70 กว่าชนิด ส่งออกไปทั่วโลก 25 ประเทศ ทั้งหลายเหล่านี้มีมูลค่าต่อปีสี่หมื่นล้านบาทนับว่าไม่น้อย ซึ่งต้องมีใบเซอร์จากเราแนบไปด้วย เป็นการรับประกันคุณภาพสินค้าว่าไม่มีรังสีเกิน ปลอดรังสีไม่งั้นเขาก็ไม่รับ ไม่รวมกับอาหารฉายรังสีและผลิตผลทางการเกษตรอีกประมาณ 50 ชนิด โดยเฉพาะผลไม้ที่ส่งออกไปอเมริกา นี่ก็คือตัวอย่างหนึ่งของนิวเคลียร์ที่เป็น background อยู่เบื้องหลังซึ่งคนไม่รู้ เพราะฉะนั้นจึงอยากให้ผลักดันนโยบายเกี่ยวกับนิวเคลียร์ให้เป็นวาระแห่งชาติ..."

# 50 ปี บนเส้นทางสันติ เทคโนโลยีนิวเคลียร์ไทย


**ที่ปรึกษา**

| | |
|---|---|
| ผศ. ดร. สมพร จองคำ | ผู้อำนวยการ สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) |
| นาย มานิตย์ ช้อนสุข | รองผู้อำนวยการวิชาการ |
| นาย ศักดา เจริญ | รองผู้อำนวยการบริหาร |

**ขอขอบคุณ**

ศาสตราจารย์ ดร. บุญรอด บิณฑสันต์
ศาสตราจารย์ ดร. ระวี ภาวิไล
คุณหญิง หม่อมหลวง อนงค์ นิลอุบล
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ปรีชา การสุทธิ์
นาย วิทิต เกษคุปต์
นาย ประจักษ์ ชินอมรพงษ์
ศาสตราจารย์ ดร. สิรนุช ลามศรีจันทร์
นาย ปฐม แหยมเกตุ
นาย พูลสุข พงษ์พัฒน์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ภาควิชารังสีวิทยา คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
สมาคมนิวเคลียร์แห่งประเทศไทย

**คณะผู้จัดทำ**

| | |
|---|---|
| ปณิธา รื่นบรรเทิง | หัวหน้าโครงการ |
| สุรศักดิ์ พงศ์พันธุ์สุข | บรรณาธิการวิชาการ |
| ศิริวรรณ สุขวิเศษ | รวบรวมและเรียบเรียง |
| ปรียารัตน์ ไล่ห์วิสุทธิ์ มาอินทร์ | บรรณาธิการ |
| สาคร มงคล | บรรณาธิการศิลป์ |
| วิชิต ก้องเสียงสังฆ์ | ช่างภาพ |
| ประมวล เกษร | ผู้ช่วยช่างภาพ |
| รุ่งฤทัย พุ่มมา | รูปเล่ม |
| วิโรจน์ นาคะ | รูปเล่ม |
| อติโรจน์ นิธิดิษยพัฒน์ | ภาพประกอบ |
| ณัฏฐิณี ฉันทโรจน์ศิริ | พิสูจน์อักษร |
| ณฐิตา ฉันทโรจน์ศิริ | พิสูจน์อักษร |

"The discovery of nuclear chain reactions
need not bring about the destruction of mankind
any more than did the discovery of matches..."

Albert Einstein (1953)

ISBN 978-616-12-0094-7

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
9/9 หมู่ที่ 7 ต.ทรายมูล อ.องครักษ์ จ.นครนายก 26120
โทร. 0 3739 2901 โทรสาร. 0 3739 2913