

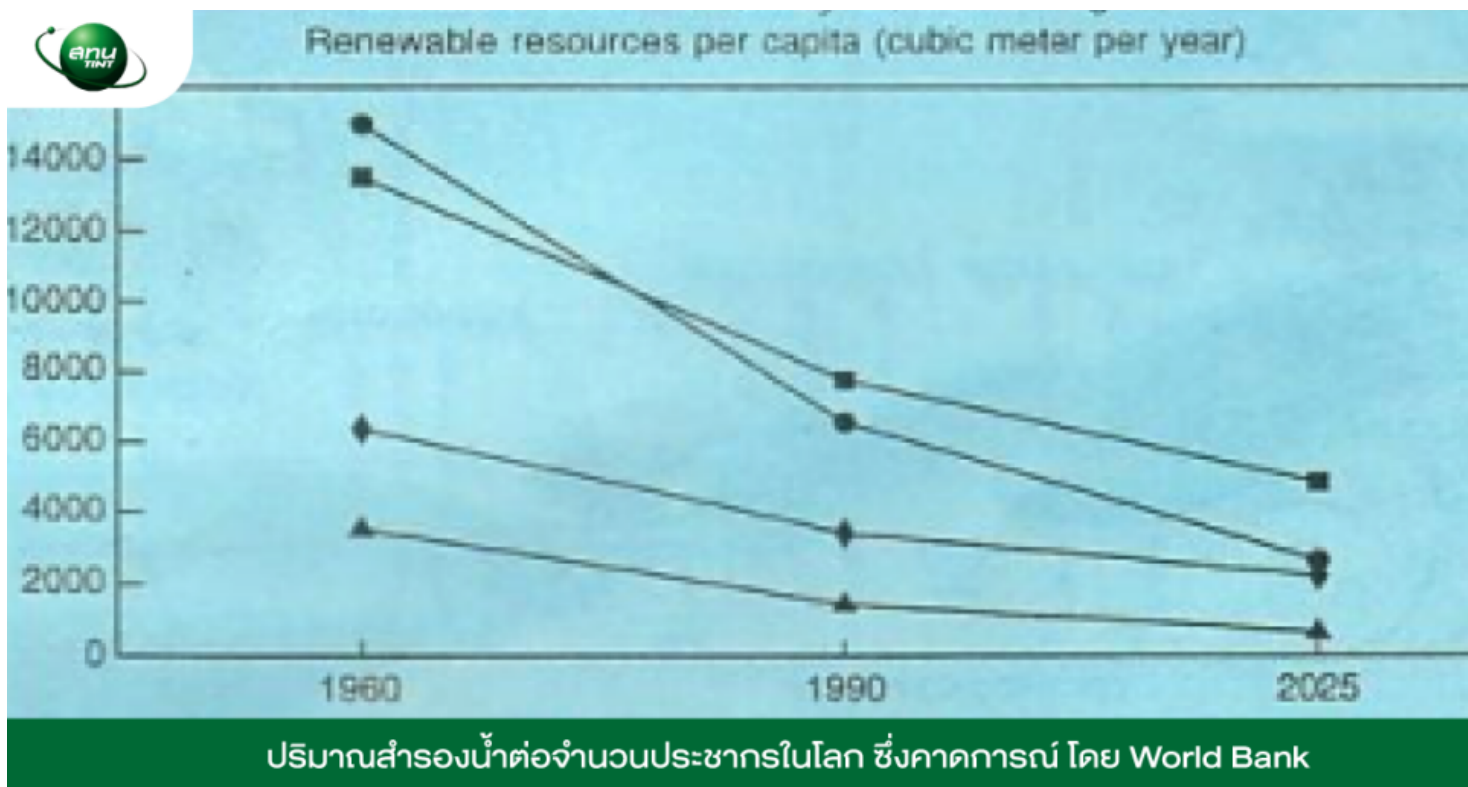
การใช้เทคนิคไอโซโทปในทางอุทกวิทยา

มานิตย์ ช้อนสุข สิรินาฏ เลหาะโรจนพันธ์ และเกียรติพงษ์ คำดี

ปัจจุบันโลกกำลังประสบภาวะขาดแคลนน้ำและการเสื่อมของแหล่งน้ำ เนื่องจากการขยายตัวทางอุตสาหกรรม เกษตรกรรม รวมทั้งการใช้น้ำเพื่อการอุปโภคบริโภค ทำให้ความต้องการน้ำจืดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว น้ำกำลังจะกลายเป็นสิ่งที่ล้ำค่า

จากการประเมินอย่างคร่าว ๆ ถึงอัตราส่วนแหล่งน้ำ ต่อจำนวนประชากรโลกพบว่า อัตราส่วนปัจจุบัน เหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปี ค.ศ. 1960 จากข้อมูลนี้ ธนาคารโลก (World Bank) จึงคาดการณ์ว่า ในปี ค.ศ. 2025 อัตราส่วนดังกล่าวจะลดลงมา เหลือเพียงครึ่งหนึ่งของค่าปัจจุบัน (ดูรูปที่ 1) ดังนั้น ถ้าปราศจากการจัดการแหล่งน้ำที่มีประสิทธิภาพ ก็จะทำให้เกิดปัญหาอย่างใหญ่หลวง ต่อการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ ทั้งยังส่งผลเสียต่อสุขภาพของมนุษย์และสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

ประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นนี้ กระตุ้นให้นักวิทยาศาสตร์ทำการศึกษาพัฒนา และนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ โดยการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคพิเศษซึ่งมีชื่อเรียกว่า เทคนิคไอโซโทป "Isotope techniques" เพื่อช่วยในการพัฒนา และการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ



ไอโซโทปต่าง ๆ ที่ประกอบอยู่ในน้ำ จะบอกอะไรเราได้บ้าง?

ธาตุประกอบด้วยอะตอมที่มีเลขมวลแตกต่างกันเรียกว่า "ไอโซโทป" โมเลกุลของน้ำหนึ่งโมเลกุลจะประกอบด้วย ออกซิเจน 1 อะตอม และ ไฮโดรเจน 2 อะตอม ในธรรมชาติเราจะพบออกซิเจน 2 ไอโซโทป ได้แก่ ออกซิเจน-16

(^{16}O) และ ออกซิเจน-18 (^{18}O) ส่วน ไฮโดรเจนจะพบได้ 3 ไอโซโทปคือ ^1H (ไฮโดรเจน) ^2H (ดิวเทอเรียม) และ ^3H (ทริเทียม) โดยปกติแต่ละไอโซโทปจะมีสัดส่วนที่คงตัวค่าหนึ่ง ๆ แต่เมื่อนำมีการเปลี่ยนแปลงสถานะตามธรรมชาติ เนื่องจากเกิดการระเหยและการควบแน่น ความเข้มข้นของไอโซโทปออกซิเจนและไฮโดรเจน ในโมเลกุลของน้ำ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ทำให้น้ำจากแหล่งต่าง ๆ เช่น น้ำทะเล น้ำฝน น้ำบาดาล มีอัตราส่วนไอโซโทปที่แตกต่างกันไป จากการพัฒนาอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่ทันสมัย (isotope ratio mass spectrometer) ทำให้เราสามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงของไอโซโทปเหล่านี้ได้อย่างแม่นยำ

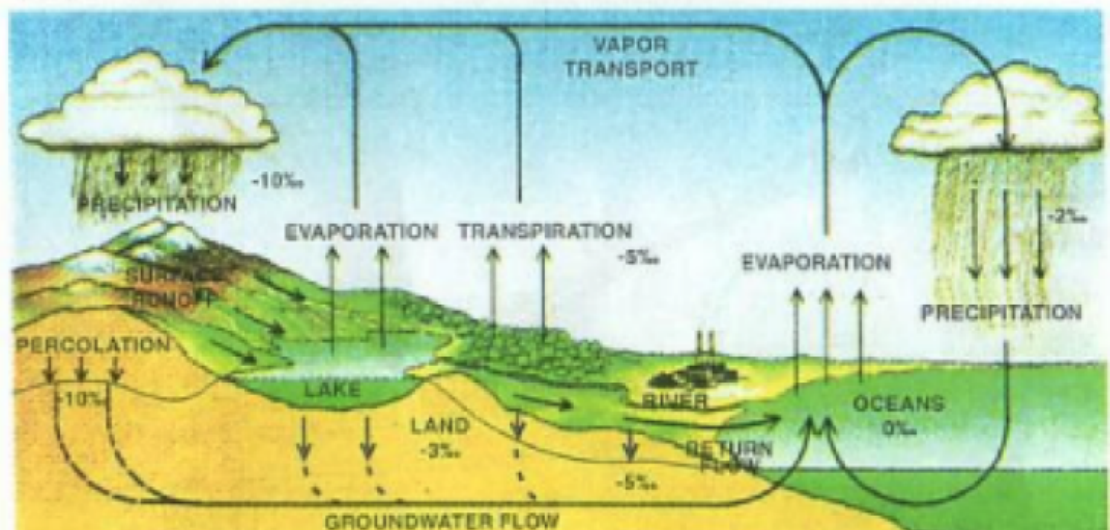
วัฏจักรทางอุทกวิทยาของน้ำสามารถศึกษาโดยติดตามไอโซโทปที่หนักของไฮโดรเจน (^2H) เรียกว่า ดิวเทอเรียม และออกซิเจน (^{18}O) น้ำที่อยู่ในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันก็จะมีอัตราส่วนไอโซโทปที่แตกต่างกัน ซึ่งเป็นเสมือนลายนิ้วมือ สามารถที่จะพิสูจน์และติดตามหาแหล่งกำเนิดของน้ำได้

รูปที่ 2 วัฏจักรน้ำในธรรมชาติที่ทำให้เกิดความแตกต่างของอัตราส่วนไอโซโทปเสถียร

ไอโซโทปในธรรมชาติบางชนิดเป็นไอโซโทปรังสี ซึ่งสามารถที่จะเกิดการสลายกัมมันตรังสีได้ เช่น ทริเทียม และคาร์บอน-14 (^{14}C) ซึ่งมีอยู่เป็นปริมาณน้อยมาก ส่วนใหญ่ ทริเทียมและคาร์บอน-14 ในบรรยากาศเกิดจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ในปี 1960 ไอโซโทปเหล่านี้ จะปนอยู่ในน้ำบาดาล โดยการแทรกซึมของน้ำฝนหรือน้ำจากผิวดิน โดยคาร์บอนนั้นมักจะพบอยู่ในรูปของสารประกอบคาร์บอเนต เราสามารถที่จะตรวจสอบไอโซโทปรังสีเหล่านี้ได้ด้วยอุปกรณ์เฉพาะทางที่มีความไวสูง จากครึ่งชีวิตและปริมาณของไอโซโทปรังสีเหล่านี้ ซึ่งจะถูกนำมาคำนวณค่าเป็นอายุ หรือช่วงเวลาที่น่าสนใจถูกกักอยู่ในแหล่งนั้น ๆ ซึ่งจะบ่งบอกถึงอัตราการเข้ามาแทนที่ ซึ่งเท่ากับอัตราการเคลือ



Fig. 2: The hydrological cycle - a schematic representation of the movement of water both above and below the earth's surface. The figure indicates approximate oxygen-18 values [expressed in the delta (δ) notation in parts per thousand (‰) deviation from the standard mean ocean water]. The oxygen-18 values change through environmental processes and can be used to trace the pathway and history of water.



วัฏจักรน้ำในธรรมชาติที่ทำให้เกิดความแตกต่างของอัตราส่วนไอโซโทปเสถียร

ที่ของน้ำที่เข้ามาเติมเต็มได้

เทคนิคไอโซโทปยังสามารถที่จะประเมินผลภาวะของน้ำบาดาล โดยศึกษาการเคลื่อนของมลพิษจากน้ำผิวดิน การศึกษาแหล่งเติมน้ำบาดาลจะสามารถบ่งชี้สภาวะการปนเปื้อนว่ามาจากธรรมชาติ อุตสาหกรรม เกษตรกรรม หรือมาจากบ้านเรือน เพื่อการวางแผนป้องกันก่อนที่จะเกิดปัญหา

ถึงแม้เทคนิคไอโซโทปจะไม่สามารถใช้ค้นหาตำแหน่งของแหล่งน้ำใต้ดิน ยังต้องใช้ความรู้ทางธรณีวิทยาและ ธรณีฟิสิกส์ แต่เทคนิคนี้สามารถให้ค่าเบื้องต้นของการไหล และต้นกำเนิดของน้ำ เป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง ในการประเมินการขุดเจาะบ่อบาดาล และนักอุทกวิทยา สามารถที่จะนำข้อมูลเหล่านี้ สร้างแบบจำลองทาง คณิตศาสตร์ เพื่อการจัดการน้ำบาดาลอย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนั้น เรายังสามารถนำไปใช้ในการศึกษา เกี่ยวกับสภาวะโลกร้อน โดยติดตามไอโซโทปของคาร์บอน ใน แก๊สเรือนกระจก (greenhouse gas) ที่มาจากกิจกรรมของมนุษย์ ไอโซโทปของไนโตรเจนและกำมะถัน จะช่วย อธิบายการเกิดแก๊สพิษ และฝนกรดจากอุตสาหกรรม ไอโซโทปของออกซิเจน และไฮโดรเจนในน้ำ จะใช้บ่งชี้ อุณหภูมิของอากาศ ความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและจำนวนของน้ำฝน อีกทั้งยังใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลง ของ บรรยากาศในโลกยุคต่างๆ โดยการศึกษา น้ำ ที่มาจากแหล่งที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นเวลานานล้านปี อาทิบริเวณ ขั้วโลก

อนึ่ง เทคนิคไอโซโทปยังใช้ในการศึกษาแหล่งความร้อนใต้พิภพ เพราะเมื่อน้ำฝนเคลื่อนที่ลึกลงไปใน เปลือกโลก น้ำก็จะมีอุณหภูมิสูงขึ้น บางครั้งก็จะไหลออกมาที่ผิวโลกกลายเป็นน้ำพุร้อน ซึ่งในหลายประเทศ แหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนใต้พิภพ ถูกนำมาใช้ประโยชน์โดยการเจาะและควบคุมแหล่งกำเนิด หรือการใช้ น้ำ ร้อนเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า เทคนิคไอโซโทป สามารถใช้หาต้นกำเนิด และทิศทางการไหลของของไหล ของน้ำ ร้อนใต้พิภพ เนื่องจากน้ำที่มาจากแหล่งความร้อนใต้พิภพ จะมีอัตราส่วนไอโซโทปของ ออกซิเจน 18 และ ดิวเท รียม ที่แตกต่างจากแหล่งน้ำอื่น ๆ ดังนั้น ข้อมูลเหล่านี้ ก็จะถูกใช้เพื่อช่วยเหลือ ในการค้นหาต้นกำเนิดแหล่ง พลังงานความร้อนใต้พิภพได้อีกทางหนึ่ง

นอกจากนั้น หากเปรียบเทียบเทคนิคไอโซโทปกับวิธีการอื่น ๆ ที่ใช้เพื่อการติดตามและพิสูจน์ความสัมพันธ์ในการ ประเมินแหล่งกำเนิดและการจัดการทรัพยากรน้ำแล้ว ยังเป็นเทคนิคที่มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าอีกด้วย

กิจกรรมทางอุทกวิทยาไอโซโทป (isotope hydrology) ในประเทศไทย

- การประยุกต์ใช้เทคนิคคาร์บอน 14 ในการหาอายุน้ำบาดาล
- การพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์เทียม ในน้ำบาดาลโดยการเพิ่มความเข้มข้น
- การหาอายุน้ำบาดาลแอ่งกรุงเทพฯ
- การใช้เทคนิคไอโซโทปในการศึกษาน้ำบาดาลแอ่งเชียงใหม่
- การประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำนายการไหลของน้ำใต้ดิน ในพื้นที่ปนเปื้อนสารหนู อ. ร่อนพิบูลย์ จ.นครศรีธรรมราช
- การใช้เทคนิคไอโซโทปศึกษาการปนเปื้อนน้ำบาดาล ในชุมชนและอุตสาหกรรมของแอ่งหาดใหญ่
- การใช้เทคนิคไอโซโทปในการศึกษาระบบน้ำบาดาลในทุ่งกุลาร้องไห้และพื้นที่ใกล้เคียง
- การตรวจสอบ และวิเคราะห์การรั่วซึมของเขื่อน
- Assessment of Trends in Freshwater Quality Using Environmental Isotopes and Chemical Techniques for Improved Resources Management (โครงการใหม่ในปี พ.ศ. 2550-2551)
- การใช้เทคนิคไอโซโทปช่วยในการจัดการทรัพยากรน้ำบาดาล แอ่งน้ำชืดอนบน และแอ่งน่านตอนล่าง (โครงการใหม่ในปี พ.ศ. 2550-2553)

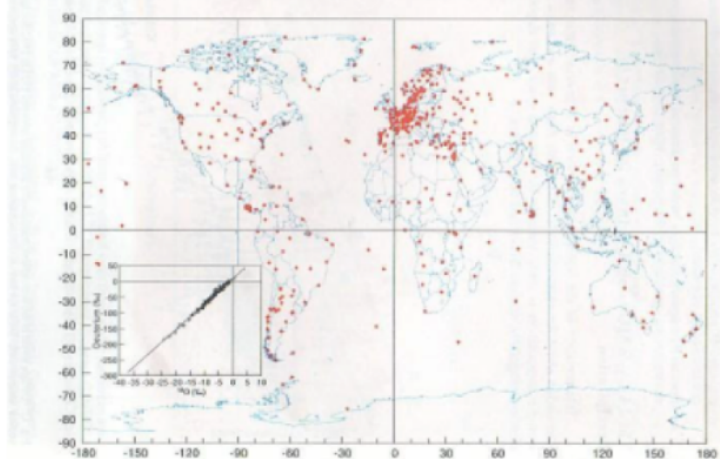
การสนับสนุนจากทบวงการประมาณระหว่างประเทศ

ได้มีการวิจัยทั่วโลกและการประยุกต์ใช้เทคนิคไอโซโทปที่เป็นไปได้ และเกิดความสะดวกในการที่จะเสนอความแม่นยำ นับตั้งแต่ปี 1950 เป็นต้นมา ห้องปฏิบัติการทางด้านอุทกวิทยาไอโซโทปของทบวงการปรมาณูระหว่างประเทศ ได้มีหน้าที่ในการบุกเบิกขีดเกล้าและขยายเทคนิคนี้ กิจกรรมที่สำคัญของห้องปฏิบัติการ

- ตรวจวัดไอโซโทปของ H-2 H-3 C-13 C-14 และ O-18 ในน้ำและสารตั้งต้นของสิ่งแวดล้อมตัวอื่น ๆ
- พัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ใหม่ ๆ ผลิตและสนับสนุนการผลิตสารมาตรฐานเพื่อการวิเคราะห์
- กิจกรรมทางด้านไอโซโทปและการวิเคราะห์ทางเคมีสำหรับหน่วยงานวิจัย
- โครงการความร่วมมือ และ เครือข่ายไอโซโทปของน้ำฝนทั่วโลก
- โครงการการวิเคราะห์เปรียบเทียบกันระหว่างองค์กรนานาชาติ (intercomparison test)
- ให้การสนับสนุนในการพัฒนา การวิเคราะห์ ในฐานะสมาชิก ให้การฝึกอบรมทางอุทกวิทยาไอโซโทป และเทคนิคการวิเคราะห์ทางเคมี



Fig. 13: Monthly composite samples of rain and snow are collected at stations around the world and analysed for ^{18}O , ^3H and ^2H . The Agency's laboratory in Vienna performs part of the analyses of the large numbers of samples while the remainder are analyzed in Member States. (Figure insert shows the relationship of ^{18}O and ^2H in precipitation worldwide, on which interpretation of hydrological processes are based).



สถานีตรวจวัดปริมาณไอโซโทปในน้ำ ทั่วโลก ทำให้ได้ข้อมูลในภาพรวมเพื่อใช้ในการอ้างอิง