

วิเชียร รัตนธงชัย

กลุ่มวิจัยและพัฒนานิวเคลียร์

สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

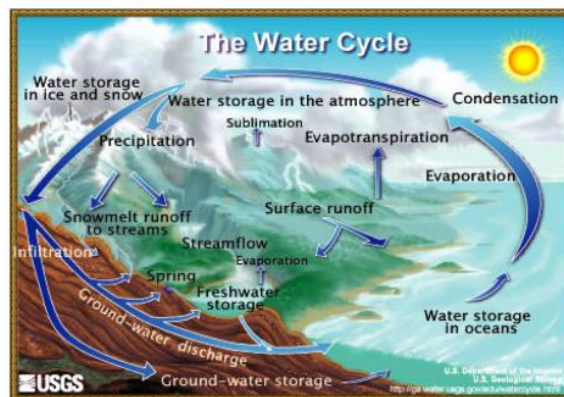
ภาวะการขาดแคลนน้ำของโลก

หลายประเทศทั่วโลกเริ่มมีความวิตกกังวลมากขึ้นเกี่ยวกับปัญหาการขาดแคลนน้ำและคุณภาพของน้ำ ตามรายงานขององค์การอาหารและการเกษตร (FAO) ความต้องการน้ำจืดทั่วโลกเพิ่มสูงขึ้นเป็น 2 เท่า ทุก ๆ 21 ปี และการใช้น้ำในภาคอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และการบำบัดน้ำเสีย ทำให้น้ำกลายเป็นทรัพยากรที่มีค่ามากขึ้นเรื่อย ๆ

ปัจจุบัน ทั่วโลกมีแหล่งน้ำสำหรับการใช้ต่อหัวของประชากรลดลง เหลือประมาณครึ่งหนึ่งของปี 1960 และตามประมาณการของธนาคารโลก คาดว่าจะลดลงครึ่งหนึ่งของปัจจุบันในปี 2025 เห็นได้ชัดว่า ถ้าไม่มีการจัดการทรัพยากรน้ำให้ดีขึ้น อาจกลายเป็นปัญหาต่อการเติบโตทางเศรษฐกิจ รวมทั้งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม

เพื่อแก้ปัญหาจากความกดดันเหล่านี้ ได้มีการใช้วิทยาศาสตร์นิวเคลียร์ในการพัฒนาชุดเครื่องมือวิเคราะห์ด้วยเทคนิคไอโซโทป ซึ่งสามารถใช้ร่วมกับเทคนิคที่ไม่ใช่นิวเคลียร์ สำหรับการพัฒนาและการจัดการแหล่งทรัพยากรน้ำได้ในทุกพื้นที่

เทคนิคไอโซโทปสามารถให้ข้อมูลที่มีประโยชน์ในด้านแหล่งที่มา การเคลื่อนที่ และปริมาณน้ำ ในสภาวะแวดล้อมที่แตกต่างกัน รวมทั้งน้ำในแม่น้ำและทะเลสาบ เทคนิคนี้สามารถใช้ในการประเมินปริมาณน้ำสำรองที่อยู่ใต้ผิวดินหรือน้ำใต้ดิน อุทกวิทยาไอโซโทป (Isotope hydrology) สามารถทำให้เห็นทิศทางการเดินของน้ำ และช่วยในการสร้างข้อกำหนดในการใช้ทรัพยากรที่มีค่าชนิดนี้



วัฏจักรของน้ำ (ภาพจาก www.usgs.gov)

ไอโซโทปคืออะไร และเราสามารถเรียนรู้อะไรได้จากไอโซโทป

- ไอโซโทปใช้วัดการเพิ่มเข้าของน้ำ
- ไอโซโทปช่วยติดตามแหล่งมลพิษ
- ไอโซโทปช่วยบอกแหล่งพลังงานหมุนเวียน
- ไอโซโทปช่วยติดตามภาวะโลกร้อน
- ไอโซโทปใช้เป็นหลักฐานการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ

ธาตุที่ประกอบด้วยอะตอมที่มีมวลต่างกัน เรียกว่า ไอโซโทป ในระหว่างที่มีการระเหยและการกลั่นตัวของน้ำ ความเข้มข้นของ ไอโซโทปออกซิเจนกับไฮโดรเจนที่รวมกันเป็นโมเลกุลของน้ำ จะค่อย ๆ มีการเปลี่ยนแปลงไปที่ละน้อย เครื่องมือสมัยใหม่สามารถใช้วัดการเปลี่ยนแปลงน้ำได้ด้วยความแม่นยำสูง

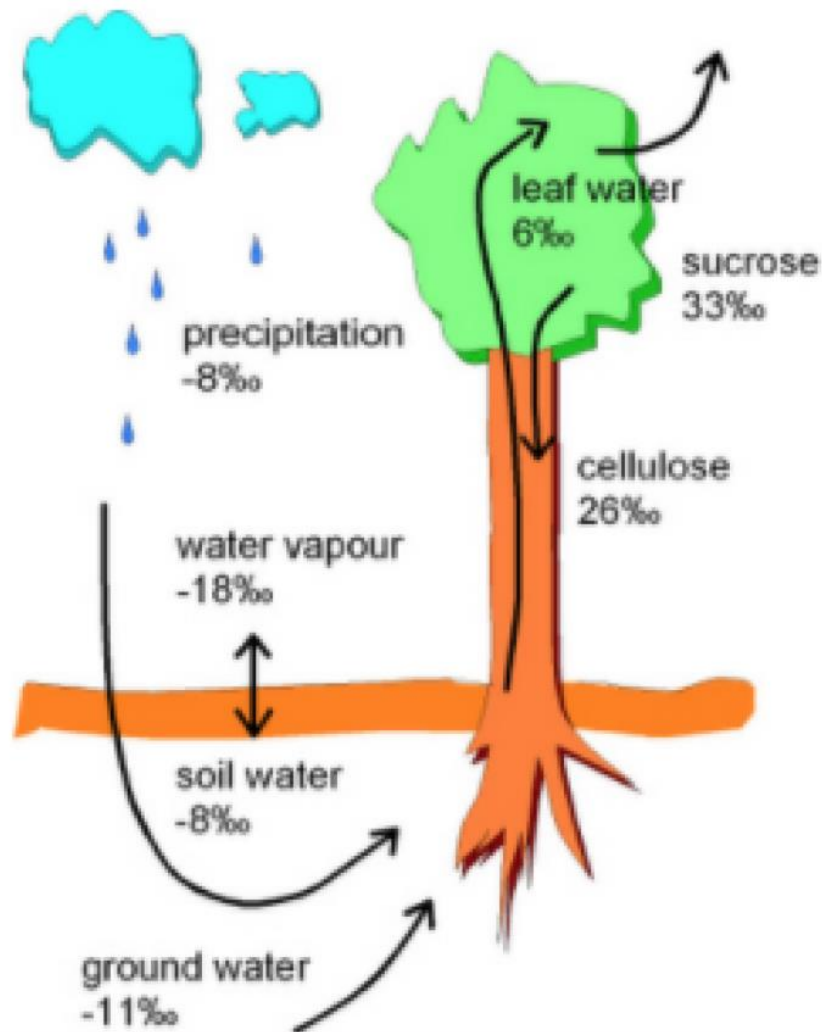
ประวัติและทิศทางเดินของน้ำ ในวัฏจักรของน้ำในแต่ละส่วน สามารถติดตามได้จากจำนวนของไอโซโทปที่หนักของไฮโดรเจน (2H) เรียกว่า ดิวเทอเรียม (deuterium) และออกซิเจน-18 (18O) ด้วยวิธีการนี้ น้ำในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน จะเหมือนกับมีลายพิมพ์นิ้วมือของไอโซโทป ซึ่งสามารถใช้บ่งบอกและติดตามแหล่งที่มาได้

ไอโซโทปบางชนิดมีกัมมันตภาพรังสี ซึ่งแสดงว่ามีการสลายกัมมันตรังสีไปตามเวลา ตัวอย่างเช่น ทริเทียม (tritium, 3H) และคาร์บอน-14 (14C) ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และมีอยู่ปริมาณเล็กน้อยแล้วในบรรยากาศ แต่การทดลองระเบิดปรมาณูในช่วงปี 1960 ทำให้มีการปล่อยแก๊สทริเทียมและคาร์บอน-14 ปริมาณมากออกสู่บรรยากาศ

ไอโซโทปเหล่านี้สามารถไหลลงไปกับน้ำฝน ลงไปอยู่ในน้ำใต้ดินซึ่งสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือพิเศษที่มีสภาพไวสูง ถ้ารู้ครึ่งชีวิตของไอโซโทปรังสี ก็สามารถนำผลการวัดปริมาณไอโซโทปเหล่านี้ มาแสดงอายุหรือเวลาที่ถูกกักเก็บอยู่ของน้ำใต้ดิน เวลาที่ถูกกักเก็บอยู่ของน้ำจะแสดงถึงอัตราการเสริมชดเชย (replenishment rate) และอัตราการเคลื่อนที่ของน้ำใต้ดิน

โดยสรุป เทคนิคไอโซโทป:

- สามารถบอกแหล่งที่มาและอายุของแหล่งน้ำ
- สามารถใช้ประมาณอัตราการผสมของแหล่งน้ำ
- สามารถใช้หาที่มาและสัดส่วนการเสริมชดเชยของน้ำ และ
- สามารถแสดงอัตราเร็วของการไหลของน้ำใต้ดิน



กระบวนการทางธรรมชาติ ทำให้น้ำแต่ละส่วนมีปริมาณไอโซโทปออกซิเจน-18 แตกต่างกัน (ภาพจาก www.psi.ch)

เทคนิคไอโซโทปไม่สามารถใช้หาแหล่งน้ำใต้ดิน ในเบื้องต้นจึงเป็นหน้าที่ของนักธรณีวิทยาและนักธรณีฟิสิกส์ในการค้นหาแหล่งน้ำ และในแหล่งน้ำบางแห่ง ไอโซโทปสามารถใช้ชี้บอกในเบื้องต้น ถึงทิศทางการไหลและแหล่งที่มาของน้ำ ข้อมูลเหล่านี้มีความสำคัญต่อการขุดหาน้ำใต้ดิน ข้อมูลของไอโซโทปปรังสี กับไอโซโทปที่ไม่มีรังสีหรือไอโซโทปเสถียร เมื่อรวบรวมเข้า กับข้อมูลด้านอื่น จะทำให้มีความรู้ความเข้าใจต่อระบบน้ำใต้ดินมากขึ้น นักอุทกวิทยา (Hydrologist) สามารถนำไปใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการจัดการน้ำ และใช้ในการวางยุทธศาสตร์สำหรับการพัฒนาที่ยั่งยืน

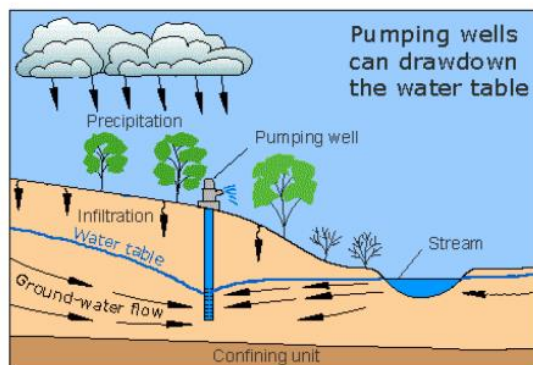
การเคลื่อนที่ของน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน สามารถตรวจสอบได้ด้วยสารติดตาม โดยปล่อยสารติดตามลงไปใต้น้ำ แล้วตรวจวัดที่บางจุดในระบบน้ำ สารที่ใช้มีหลายชนิด เช่น เกลือแกง หรือสี แต่ในการใช้งานส่วนใหญ่ วิธีที่ให้ผลดี และให้สภาพไวต่อการตรวจวัด คือการใช้ไอโซโทปรังสี เช่น การใช้ ^3H หรือ ไอโอดีนกัมมันตรังสี (^{131}I) ที่ผลิตขึ้นมา

ไอโซโทปใช้วัดปริมาณน้ำเสริมชดเชย

การเสริมชดเชยของน้ำใต้ดินเป็นหัวข้อสำคัญอันหนึ่งของการจัดการทรัพยากร และไอโซโทปก็สามารถใช้ช่วยหาได้ทั้งพื้นที่และอัตราการไหลเสริมชดเชยของน้ำใต้ดิน พื้นที่สามารถหาได้จากการวัดความเข้มข้นของ ^2H กับ ^{18}O และหาความสัมพันธ์ของทั้งสองไอโซโทป กับระดับความลึกพื้นดินที่สามารถซึมผ่านลงไป อัตราการไหลเสริมชดเชยสามารถวัดได้

จากการติดตามระดับของไอโซโทปรังสีทริเทียม (tritium) ในดิน ที่ความลึกต่าง ๆ กัน มีหลายกรณีที่พบว่าทริเทียมสูงที่ระดับความลึกหนึ่ง ซึ่งแสดงให้เห็นระยะทางในการเคลื่อนที่ของน้ำที่ตกลงมาพร้อมกับทริเทียมตั้งแต่ปี ค.ศ. 1963

มีการประยุกต์ใช้วิธีการหาพีคของทริเทียม (tritium peak method) อยู่ทั่วโลก ในสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกัน ในพื้นที่อากาศมีความชื้นสูง ซึ่งมีอัตราการซึมผ่านสูง การปล่อยทริเทียมที่ผลิตขึ้น (artificial tritium) สามารถใช้เป็นสารติดตามเพื่อหาอัตราการเสริมชดเชยของแหล่งน้ำ การใช้ทริเทียมร่วมกับข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม สามารถใช้วัดการเคลื่อนที่ของสารพิษ เช่น ไนเตรต หรือยาฆ่าแมลงจากแหล่งเกษตรกรรม

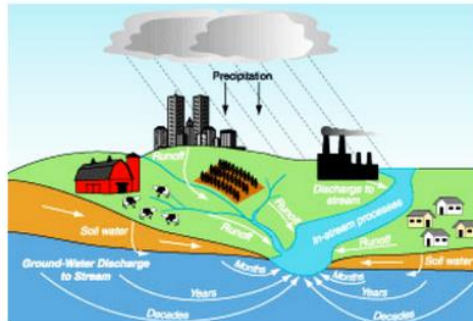


ที่มาของแหล่งน้ำใต้ดิน (ภาพจาก www.usgs.gov)

ไอโซโทปช่วยติดตามแหล่งมลพิษ

มลภาวะของน้ำผิวดิน สามารถแก้ไขได้โดยใช้วิธีการป้องกันร่วมกับการควบคุม แต่ปัญหาจะรุนแรงมากขึ้นถ้ามลพิษนั้นเข้าสู่ น้ำใต้ดิน มลภาวะที่เกิดกับน้ำใต้ดินจะยังคงอยู่เป็นร้อยหรือเป็นพันปี ซึ่งจะมีความยุ่งยากมากหากไม่มีการทำให้สะอาด

เทคนิคไอโซโทปสามารถใช้ประเมินความเปราะบางของน้ำใต้ดินต่อมลภาวะจากผิวดิน โดยการหาความเร็วในการเคลื่อนที่ และที่มาของแหล่งน้ำใต้ดิน การหาแหล่งที่มาของมลพิษ เช่น จากธรรมชาติ อุตสาหกรรม การเกษตร หรือจากแหล่งชุมชน เทคนิคไอโซโทปสามารถหามลพิษที่เพิ่งจะเริ่มมีขึ้น ทำให้ใช้เป็นสัญญาณเตือนได้ก่อนตัวชี้วัดทางเคมีและทางชีววิทยา



ที่มาของมลพิษของน้ำใต้ดิน (ภาพจาก www.usgs.gov)

ไอโซโทปช่วยค้นหาแหล่งพลังงานหมุนเวียน

เมื่อน้ำฝนไหลลึกลงไปได้ผิวดิน จะได้รับความร้อนทำให้มีอุณหภูมิสูง และถูกเก็บอยู่ในแอ่งลึกเป็นแหล่งพลังงานความร้อนใต้ดิน (geothermal energy resource) น้ำร้อนนี้บางครั้งจะไหลกลับขึ้นสู่ผิวดิน เป็นน้ำพุร้อนหรือกีย์เซอร์ (geyser) ในหลายประเทศมีการนำแหล่งพลังงานความร้อนใต้ดินชนิดนี้มาใช้ โดยการขุดลงไปสู่อ่างน้ำ และใช้น้ำร้อนในการผลิตไฟฟ้า

เทคนิคไอโซโทปสามารถใช้หาแหล่งกำเนิด และทิศทางการไหลของน้ำใต้ดิน จึงช่วยในการจัดการแหล่งพลังงาน

ไอโซโทป ^{18}O และ ^2H รวมทั้งการใช้สารติดตาม (artificial tracers) สามารถหาผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ และช่วยในการหาตำแหน่งในการขุดเจาะบ่อ การสำรวจและการผลิตพลังงานความร้อนจากใต้ดิน รวมทั้งการเติมน้ำเย็นลงไปทดแทน เพื่อยืดเวลาในการใช้แหล่งน้ำใต้ดิน

ไอโซโทปใช้ตรวจสอบภาวะโลกร้อน

การเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และแก๊สมีเทน (CH_4) ในชั้นบรรยากาศ อาจจะทำให้เกิดภาวะโลกร้อน ซึ่งเป็นผลมาจากปรากฏการณ์เรือนกระจก (greenhouse effect) เทคนิคไอโซโทปสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ เพื่อแก้ไข ปรากฏการณ์ทางสิ่งแวดล้อมที่ซับซ้อนนี้

การวิเคราะห์ไอโซโทปของคาร์บอน ช่วยอธิบายว่าเกิดอะไรขึ้นกับเรือนกระจกของแก๊ส CO_2 และ CH_4 ในบรรยากาศที่มนุษย์สร้างขึ้น ไอโซโทปของไนโตรเจนกับซัลเฟอร์ สามารถเปิดเผยความเกี่ยวพันกันระหว่าง ออกไซด์ที่เกิดจากภาคอุตสาหกรรมกับ

ฝนกรด ไอโซโทปของออกซิเจนกับไฮโดรเจนในน้ำ สามารถใช้บอกตัวแปรที่เกี่ยวกับสภาพอากาศ เช่น อุณหภูมิของอากาศที่ผิวโลก ความชื้นสัมพัทธ์ และ แลະปริมาณฝนที่ตกลงมา

ไอโซโทปเป็นหลักฐานเรื่องการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

องค์ประกอบของไอโซโทปในน้ำ สามารถใช้เป็นข้อมูลของสภาพภูมิอากาศที่ผ่านมา ตัวอย่างเช่น การวัดคาร์บอนกัมมันตรังสีในน้ำใต้ดินในทะเลทราย Syrian ใช้แสดงอายุของน้ำใต้ดิน ตั้งแต่ช่วงเวลาไม่นานมานี้จนถึง 40,000 ปีมาแล้ว ปริมาณของดิวเทอเรียมในแหล่งน้ำนี้ แสดงให้เห็นว่าอากาศเมื่อนานมาแล้วเย็นกว่าในปัจจุบัน

การที่มีทะเลสาบน้ำจืดมากมายไหลลงสู่ Dead Sea Valley เมื่อ 20,000 ปีมาแล้ว ยืนยันได้จากปริมาณดิวเทอเรียมที่บันทึกไว้ แสดงให้เห็นว่าช่วงเวลาที่มีสภาพอากาศเย็นที่สุด ในช่วงเวลา 40,000 ปีมาแล้ว เป็นเวลาที่มีปริมาณน้ำมากที่สุด ไอโซโทปได้แสดงให้เห็นว่าปัจจุบันไม่มีน้ำเสริมขดเซยเพิ่มอีก และไม่มีน้ำใต้ดินเพิ่มเติมด้วย ข้อมูลเหล่านี้ จึงมีความสำคัญต่อการวางยุทธศาสตร์การจัดการทรัพยากรน้ำ

ถอดความจาก Isotopes in Water and Environmental Management.htm

เว็บไซต์ <http://www.iaea.org/Publications/Booklets/Isotopes>