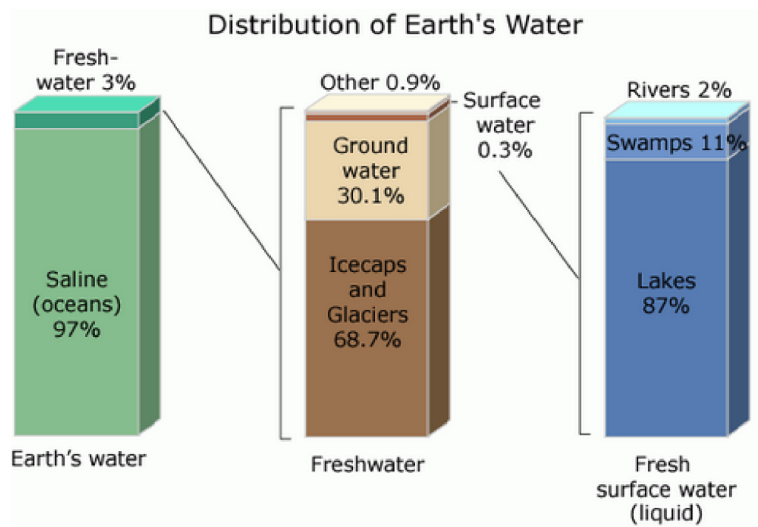


เครื่องวิเคราะห์ไอโซโทปของน้ำ

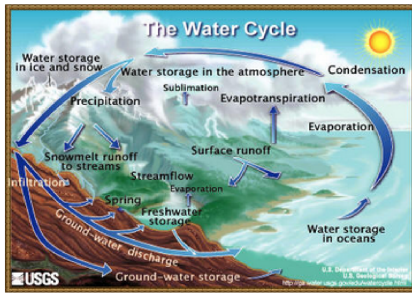
วิเชียร รตนธงชัย
กลุ่มวิจัยและพัฒนาชีวเคมี
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

น้ำเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งมีชีวิต และเป็นสิ่งที่เราพบเห็นทั่วไปในชีวิตประจำวัน ซึ่งมีทั้งสถานะที่เป็นของแข็งของเหลว และแก๊ส น้ำที่เรานำมาใช้งานส่วนใหญ่อยู่ในสถานะของเหลว พื้นผิวโลก 71% ปกคลุมด้วยน้ำประมาณ 1 360 000 000 ลูกบาศก์กิโลเมตร (km³) โดยเป็นน้ำในมหาสมุทรประมาณ 1 320 000 000 km³ (97.2%) เป็นพืดน้ำแข็ง (ice cap/sheet) และธารน้ำแข็ง (glacier) 25 000 000 km³ (1.8%) เป็นน้ำใต้ดิน 13 000 000 km³ (0.9%) เป็นน้ำจืดในแม่น้ำและทะเลสาบ 250 000 km³ (0.02%) และเป็นไอน้ำในอากาศ 13 000 km³ (0.001%) น้ำมีการเคลื่อนที่เป็นวัฏจักร โดยมีการระเหยเป็นไอขึ้นไปในอากาศ ตกกลับมาบนพื้นโลก แล้วไหลกลับลงไปในทะเล ประมาณ 36 เทระตัน (Tt) ต่อปี [1]



ปริมาณแหล่งน้ำทั่วโลก

น้ำมีสูตรโมเลกุลเป็น H₂O ประกอบด้วยไฮโดรเจน 2 อะตอม กับออกซิเจน 1 อะตอม ไฮโดรเจนมีไอโซโทปเสถียร 2 ไอโซโทป ได้แก่ โปรเทียม (protium : ¹H) 99.985% กับ ดิวเทอเรียม (Deuterium : ²H) 0.015% ส่วนออกซิเจนประกอบด้วยไอโซโทปเสถียร 3 ไอโซโทป ได้แก่ ¹⁶O (99.759%) ¹⁷O (0.037%) และ ¹⁸O (0.204%)



วัฏจักรของน้ำ



โมเลกุลของน้ำ

โมเลกุลของน้ำส่วนใหญ่ประกอบด้วยไอโซโทปที่เบากว่าของออกซิเจน (^{16}O) กับไฮโดรเจน (H) ได้แก่ H_2^{16}O (มวล = 18) ขณะที่น้ำบางส่วนประกอบด้วยไอโซโทปที่หนักกว่าของไฮโดรเจน (^2H หรือ D) และออกซิเจน (^{18}O) โดยอาจจะอยู่ในรูป HD^{16}O (มวล = 19) H_2^{18}O (มวล = 20) หรือ HD^{18}O (มวล = 21) ซึ่งมีมวลมากกว่าน้ำส่วนใหญ่ มวลที่แตกต่างกันนี้จะทำให้โมเลกุลของน้ำที่เบา ผ่านกระบวนการระเหยเป็นไอน้ำได้ดีกว่า ขณะที่น้ำที่มีมวลหนักกว่าจะกลั่นตัวเป็นน้ำได้ดีกว่า แหล่งน้ำแต่ละแห่งจึงมีสัดส่วนของไอโซโทปไฮโดรเจนกับออกซิเจนไม่เท่ากัน และสามารถนำข้อมูลของไอโซโทปในน้ำมาวิเคราะห์หาที่มาของแหล่งน้ำได้

การวิเคราะห์ไอโซโทปของธาตุส่วนใหญ่ใช้เทคนิค Isotope Ratio Mass Spectrometry ซึ่งใช้อุปกรณ์ที่มีราคาสูงและต้องการการบำรุงรักษาสูง แต่การที่ไอโซโทปในน้ำมีมวลที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้มีสมบัติการดูดกลืนแสงเลเซอร์ที่แตกต่างกัน จนสามารถใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีเลเซอร์ (Laser Spectroscopy) มาวิเคราะห์สัดส่วนของไอโซโทปแต่ละชนิดในน้ำได้

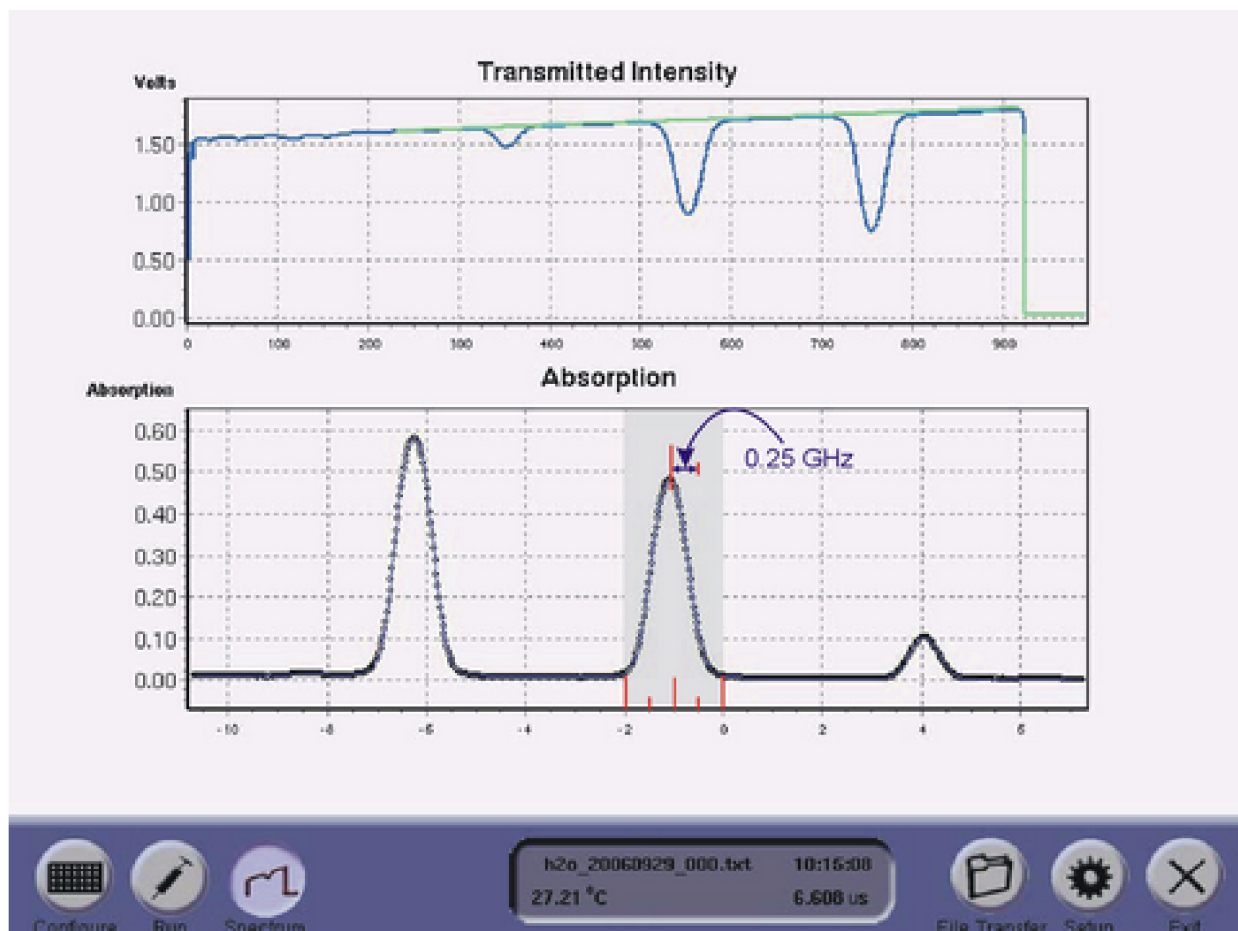


Autosampler



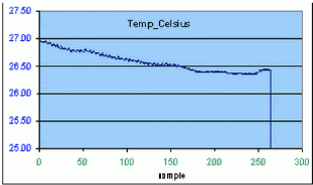
Laser Instruments

เครื่องวิเคราะห์สัดส่วนไอโซโทปของน้ำด้วยแสงเลเซอร์ ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรกทำหน้าที่ดูดตัวอย่างน้ำอัตโนมัติ (Autosampler) ครั้งละ 1 ไมโครลิตร ซึ่งบรรจุในขวดขนาด 1 มิลลิลิตร ส่งไปยังส่วนที่สอง ที่เป็นระบบวิเคราะห์การดูดกลืนแสงเลเซอร์ เครื่องวิเคราะห์ไอโซโทปของน้ำสามารถทำงานแบบอัตโนมัติ โดยดูดตัวอย่างน้ำ เพื่อวัดซ้ำตัวอย่างละ 6 ครั้ง ใช้เวลาในการวัดตัวอย่างละ 246 วินาที ผลการวัดจะบันทึกเก็บไว้ในไฟล์ ซึ่งรายงานข้อมูลอุณหภูมิของเครื่องวัด จำนวนโมเลกุลน้ำต่อปริมาตรของตัวอย่าง สัดส่วน $\text{HDO}/\text{H}_2\text{O}$ สัดส่วน $\text{H}_2^{18}\text{O}/\text{H}_2\text{O}$ สัดส่วน D/H และสัดส่วน $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$

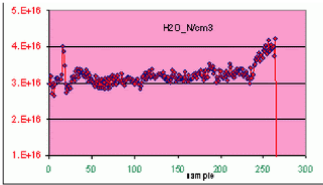


สเปกตรัมของเลเซอร์ (Laser Spectrum) ของตัวอย่างน้ำ

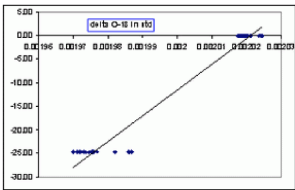
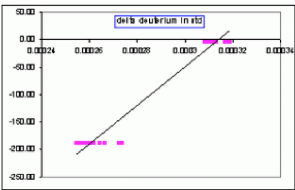
สัดส่วนไอโซโทปไฮโดรเจนและออกซิเจนในตัวอย่างน้ำ สามารถหาได้โดยการคำนวณเทียบกับสารมาตรฐาน โดยรายงานผลการวิเคราะห์เป็นค่าของเดลตา (δ) คือ δ (^2H) และ δ (^{18}O) ในหน่วย permil (‰) ซึ่งมีค่าเป็นลบ เนื่องจากมีปริมาณน้อยกว่าสารมาตรฐาน



อุณหภูมิขณะวัดตัวอย่างแต่ละครั้ง



จำนวนโมเลกุลน้ำของการวัดแต่ละครั้ง



กราฟเปรียบเทียบปริมาณ δ (^2H) และ δ (^{18}O) ในสารมาตรฐาน

ผลการวิเคราะห์ค่าเดลตาของไอโซโทป ^{18}O และ ^2H ในตัวอย่างน้ำ



Sample Name	$\delta^{18}\text{O}$ Reportable Value (permil)	$\delta^{18}\text{O}$ Standard Deviation (permil)	$\delta^2\text{H}$ Reportable Value (permil)	$\delta^2\text{H}$ Standard Deviation (permil)
CM1-1	-8.01	0.10	-62.81	1.20
CM2	-7.25	0.12	-55.15	0.92
CM3-1	-6.61	0.25	-50.46	1.01
CM3-2	-7.21	0.10	-52.30	0.52
CM4-1	-8.17	0.04	-57.90	0.99
CM4-2	-8.04	0.23	-58.96	1.61
CM18	-6.85	0.18	-50.34	1.07
CM19	-7.04	0.20	-50.62	1.63
CM20	-6.83	0.09	-49.25	1.05
CM25	-4.52	0.13	-43.58	0.40
CM26	-5.75	0.15	-47.41	1.06
CM27	-6.49	0.09	-49.50	1.07

ผลการวิเคราะห์ค่าเดลตาของไอโซโทป ^{18}O และ ^2H ในตัวอย่างน้ำ

เอกสารอ้างอิง

1] www.usgs.gov

หมายเหตุ

บทความนี้เป็นข้อมูลจากการฝึกอบรมหลักสูตร Installing and Using the Los Gatos Research Laser Instrument for Water Stable Isotope Analysis, 10-14 December 2007, IAEA, Vienna, Austria.