บทบรรณาธิการ

นักเทคนิคการแพทย์กับปัญหาอันเนื่องมาจากคุณภาพน้ำในการพัฒนาแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค ๑.

ขวัญชัย รัตนเสถียร Ph.D.*
เบ็ญจวรรณ รัตนเสถียร Ph.D.**
เกรียงศักดิ์ อิ่มใจ วท.ม.***

แหล่งน้ำในธรรมชาติที่ใช้เพื่อการอุปโภค บริโภค แบ่งได้เป็น น้ำบนดิน ได้แก่ น้ำตามแม่น้ำ ลำคลอง หนองบึง ตลอดจนน้ำฝนที่ตกลงมาตามธรรมชาติ และน้ำใต้ดิน ได้แก่ น้ำที่อยู่ใต้ผิวดิน เช่น น้ำที่ซึมจากการขุดบ่อตื้น และน้ำบาดาล น้ำทั้งสองชนิดในธรรมชาติย่อมจะต้องมีตะกอนแขวนลอย จุลินทรีย์ สารที่ละลายน้ำได้ อาจเป็นแร่ธาตุที่ซึมผ่านชั้นดินไปสู่แหล่งน้ำโดยขบวนการแพร่กระจาย หรือแร่ธาตุที่น้ำละลายชะล้างลงไปด้วย ในขณะที่น้ำกำลังซึมลงไปใต้ดิน

เนื่องจากน้ำใต้ดินได้ผ่านการกรองโดยธรรมชาติ ทำให้ตะกอนแขวนลอย และสิ่งมีชีวิต เช่น จุลินทรีย์ที่เป็นพิษเป็นภัยต่อผู้บริโภคมีน้อย จึงนิยมพัฒนามาใช้ในการอุปโภคบริโภคกันอย่างแพร่หลายทั้งวิธีเจาะบ่อบาดาล และขุดบ่อตื้น ปัญหาในการพัฒนาแหล่งน้ำจึงขึ้นอยู่กับวิธีการขุดเจาะสำรวจหาแหล่งน้ำและคุณภาพของน้ำอันได้แก่ สี กลิ่น รส อันเนื่องมาจากแร่ธาตุที่ละลายอยู่เป็นสำคัญ ปัญหาด้านคุณภาพน้ำนี้ นักเทคนิคการแพทย์น่าจะมีบทบาทเกี่ยวข้องด้วย

ถ้าหากสารพิษในน้ำเป็นพวกที่ทำให้น้ำมีสี กลิ่น และรส เช่นในภาคอิสานปรากฏว่ามีปริมาณคลอไรด์สูงเสียเป็นส่วนมาก บางบ่อสูงกว่า 0.2 % ทำให้น้ำมีรสเค็ม[1] ซึ่งสามารถลิ้มรสได้และอาจมีปัญหาอื่นทำให้ไม่สามารถจะใช้บริโภคได้ หรือปริมาณเหล็กของน้ำบ่อในภาคเหนือสูงทำให้เกิดสี เนื่องจากสนิมเหล็กในน้ำนั้น ทั้งยังมีกลิ่นไม่ชวนรับประทานก็จะเป็นตัวชี้ให้เห็นชัดว่าน้ำนั้นมีคุณภาพเลว ไม่เหมาะจะใช้ในการอุปโภค บริโภคได้ แต่ถ้าหากสารพิษในน้ำเป็นพวกที่มิได้ทำให้เกิดสี กลิ่น และรส แต่อย่างใดแล้ว ผู้บริโภคอาจไม่รู้ถึงอันตรายจากการใช้น้ำจากแหล่งนั้น ๆ โดยเฉพาะถ้าการวิเคราะห์คุณภาพน้ำมิได้กระทำสม่ำเสมอหรือการวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานไม่ดีพอ

ค่ามาตรฐานของน้ำที่จะใช้บริโภคได้ในประเทศไทย (ตารางที่ 1) ได้ถือตามหลักมาตรฐานสากล โดยระบุปริมาณของธาตุต่าง ๆ ที่ยอมให้มีอยู่ในน้ำที่ใช้ในการบริโภคแตกต่างกัน

---

* รองศาสตราจารย์ประจำ ภาควิชาเคมีคลินิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

** รองศาสตราจารย์ประจำ ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

*** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำ ภาควิชาเคมีคลินิค คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Bull Chiang Mai AMS
Vol 17, No 1, January 1984.

ออกไปขึ้นอยู่กับความเป็นพิษของแร่ธาตุนั้น ๆ จะเห็นได้ว่าพวก ปรอท, สารหนู, ตะกั่ว, ไซยาไนด์, แมงกานีส, ทองแดง และฟลูออไรด์ จะมีในน้ำเหล่านี้ไม่ได้เลย หรือถ้ามีก็ถูกกำหนดให้มีได้ในปริมาณที่ต่ำมาก

มีผู้เคยบันทึกอาการโรคฟลูออไรด์เป็นพิษในโรงพยาบาลนครเชียงใหม่[2] แต่ยังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัดว่าอะไรคือที่มาของความผิดปกติ และจากการวิเคราะห์อาหารพบว่ามีค่าฟลูออไรด์อิออนสูงมากในใบเมี่ยงที่ชาวเหนือนิยมรับประทาน คณะผู้ดำเนินการวิจัย ขณะนั้นจึงได้สรุปว่า โรคฟลูออไรด์เป็นพิษนี้อาจเกิดมาจากการที่ชาวเหนือนิยมบริโภคเมี่ยง[3] แต่ในอาฟริกาและอินเดียพบว่าโรคนี้เกิดมาจากมีฟลูออไรด์เจือปนอยู่ในน้ำค่อนข้างสูง[4,5,6] การศึกษาเกี่ยวกับน้ำในระยะแรกพบว่าการกระจายของระดับฟลูออไรด์ในน้ำดื่มของภาคเหนือนั้นส่วนใหญ่พบว่า มีระดับไม่ใคร่สูง (7,8) ต่อมาภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับธรณีเคมีของน้ำพุร้อนในภาคเหนือพบว่าในน้ำพุร้อนทั่ว ๆ ไปมีปริมาณฟลูออไรด์ในระดับค่อนข้างสูง[9,10,11,12] จึงได้เริ่มทำการสำรวจ การกระจายของฟลูออไรด์เข้าไปในระบบน้ำดื่มโดยอาศัยข้อมูลสำหรับสถานที่สำรวจ จากที่อยู่ของคนไข้ฟลูออไรด์เป็นพิษที่เข้ารับการรักษาตัวในโรงพยาบาลเป็นหลัก

จากการสำรวจการกระจายของฟลูออไรด์, คลอไรด์ ไนเตรทและโซเดียมอิออน ในอำเภอสันกำแพงและสารภี จังหวัดเชียงใหม่ อำเภอเมือง จังหวัดลำพูน พบว่าบริเวณที่มีฟลูออไรด์สูงหลายแห่ง[13] มิได้มีลักษณะบ่งชี้ว่าเกี่ยวข้องกับแหล่งน้ำพุร้อนแต่อย่างใด ตลอดจนลักษณะน้ำที่ชาวบ้านในละแวกนั้นใช้ดื่มกัน ก็ไม่ได้แสดงลักษณะอันอาจเป็นพิษเป็นภัย เนื่องจากการมีปริมาณฟลูออไรด์สูงกว่าระดับปกติ มิได้แสดงออกมาในรูปสี กลิ่น และรส แต่สังเกตได้ว่าน้ำบริเวณที่มีระดับฟลูออไรด์สูงนั้นจะมีน้ำพุธรรมชาติ ซึ่งไหลขึ้นมาเองจากบ่อบาดาล น้ำที่ไหลขึ้นมาเองนี้มีอุณหภูมิระหว่าง 28 - 38°C ซึ่งจัดได้ว่ามีอุณหภูมิค่อนข้างสูง แต่ส่วนประกอบทางเคมีอื่น ๆ จะอยู่ระหว่างน้ำบาดาลตามธรรมชาติและน้ำพุร้อน (ตารางที่ 2) แสดงให้เห็นว่าจะต้องมีการแพร่กระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดินตามรอยแตกรอยแยกใต้พื้นดิน โดยมีคลื่นแผ่นดินไหว ซึ่งมีศูนย์กลางอยู่ในบริเวณนั้นเป็นตัวบังคับ[14] ดังแสดงในรูปที่ 1

จากการเก็บตัวอย่างปัสสาวะของเด็กนักเรียนอายุระหว่าง 5-15 ปี ที่พักอยู่ในบริเวณนี้ พบว่ามีการขับถ่ายฟลูออไรด์ออกมาในปริมาณค่อนข้างสูงและตรวจพบว่ามีผลึกของแคลเซียมออกซาเลท แคลเซียมคาร์บอเนต แคลเซียมฟอสเฟต และแคลเซียมฟลูออไรด์ ในปัสสาวะประมาณ 70 % ของตัวอย่างทั้งหมดที่ตรวจพบว่ามีการขับถ่ายฟลูออไรด์ออกมาสูงกว่า 3 ส่วน ในล้านส่วน และส่วนใหญ่แสดงอาการของโรคฟลูออโรซิส ระยะเริ่มแรกโดยปรากฏที่ฟัน ทำให้น่าสงสัยว่านอกจากโรคฟลูออไรซิสแล้ว การดื่มน้ำที่มีปริมาณฟลูออไรด์ค่อนข้างสูงยังอาจเป็นสาเหตุของโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะและโรคนิ่วในไตอีกด้วย

ตารางที่ 1 ตารางแสดงมาตรฐานน้ำดื่มสำหรับประเทศไทย

ลักษณะทางกายภาพ	เหมาะสม	อนุโลม
สี	5 หน่วย Pt-Co	50 หน่วย Pt-Co
ความขุ่น	5 หน่วย Pt-Co	20 หน่วย Pt-Co
พีเอช	7.0 - 8.5	6.5 - 8.2

ลักษณะทางเคมี					
เหล็ก	ต้องไม่เกิน	0.5	ส่วนในล้านส่วน	7	ส่วนในล้านส่วน
แมงกานีส	"	0.5	"	0.5	"
ทองแดง	"	1.0	"	1.5	"
สังกะสี	"	5.0	"	15.0	"
ซัลเฟต	"	200.0	"	250.0	"
คลอไรด์	"	200.0	"	600.0	"
ฟลูออไรด์	"	1.0	"	1.5	"
ไนเตรท	"	45.0	"	45.0	"
ความกระด้างสุทธิ	"	300.0	"	500.0	"
ความกระด้างนอกจากคาร์บอเนต	"	200.0	"	250.0	"
ของแข็งที่ละลายสุทธิ	"	750.0	"	1500.0	"
สารพิษ					
อาเซนิก	ต้องไม่มีเลย			0.05	ส่วนในล้านส่วน
ไซยาไนด์	"			0.002	"
ตะกั่ว	"			0.05	"
ปรอท	"			0.001	"

การแพร่กระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดิน ทำให้สารพิษในน้ำดื่มน้ำใช้มีปริมาณสูง เช่นนี้ ปรากฏว่าผู้บริโภคมิได้มีความรู้เรื่องนี้เลย อาจเป็นเพราะไม่มีสี กลิ่น และรส ชวนสงสัย หรือการตรวจสอบคุณภาพน้ำ ในระยะเริ่มแรกไม่พบสาเหตุผิดปกตินี้ หรือพบแต่มิได้เผยแพร่ให้ประชาชนผู้ใช้ทราบถึงโรคภัย อันอาจเกิดขึ้นได้ เนื่องจากประชาชนในบริเวณนั้นได้บริโภคน้ำเหล่า

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำบาดาล น้ำพุร้อน และน้ำบาดาลที่ได้รับอิทธิพลของน้ำพุร้อนแพร่กระจายเข้ามาในแหล่งกักเก็บในเขต อ.สันกำแพง จ.เชียงใหม่ และอ.เมือง จ.ลำพูน เดือน มกราคม พ.ศ. 2523

ผลวิเคราะห์	น้ำบาดาล สหกรณ์สันกำแพง	น้ำพุร้อน โป่งฮอม	น้ำบาดาลที่ได้รับอิทธิพลของน้ำพุร้อน สถานีวิทยุ ลำพูน	บ้านเหมืองกวัก	สหกรณ์สันกำแพง2
อุณหภูมิ °C	28.5	101	37	29	29
pH	7.4	8.2	7.6	7.65	9.3
Total dissolved solid (mg/l)	680	840	1180	920	1080
Total alkalinity (mg/l as $CaCO_3$)	413	312	425	369	217
Acidity (mg/l as $CaCO_3$)	0.20	0.0	0.0	0.0	0.0
Hardness (mg/l as $CaCO_3$)	364	20.8	17.6	29.2	65.3
Sulphide (mg/l as H_2S)	0.65	38.6	0.0	0.17	0.42
Ca (mg/l)	146	8.3	7	8	26
Na (mg/l)	11	150	146	140	100
K (mg/l)	0.7	15.0	5.9	7.6	4.3
Si (mg/l)	10.2	81.2	14.4	12.5	10.5
Fe (mg/l)	33	2.0	0.16	0.17	0.1
F^- (mg/l)	<1	13	8.3	9.6	12.0
Cl^- (mg/l)	10	30	74	27	30
No_3^- (mg/l)	9.8	12	2.7	2.4	24
Co_3^- (mg/l)	565	271	368	498	249
SO_4^- (mg/l)	1.4	1.6	9.2	0	1.5

นี้มาเป็นเวลานาน จึงเป็นการยากที่จะแนะนำมิให้บริโภคน้ำนั้น โดยมิได้ชี้แนะวิธีแก้ไขหรือแนะนำวิธีลดปริมาณสารพิษนั้นลง เพราะการแพร่กระจายนี้เป็นบริเวณกว้าง กินเนื้อที่หลายตำบล และน้ำในบริเวณล้วนแล้วแต่มีปัญหาดังกล่าวทั้งสิ้นไม่มากก็น้อย คณะผู้ทำการวิจัยเรื่องการค้นหาสาเหตุโรค

ฟลูออไรด์เป็นพิษเองก็ยังไม่สามารถจะหาวิธีการที่ดี เหมาะสมที่จะแนะนำให้ประชาชนใช้ในการเตรียมน้ำก่อนที่จะบริโภคได้ในขณะนี้ กล่าวโดยสรุปการกระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำน้ำใต้ดินที่ใช้ในการอุปโภค บริโภคตามรอยเลื่อน หรือรอยแตกใต้ดิน มีผลทำให้เกิดการแพร่กระจายของสารพิษที่ไม่มีสี กลิ่น และรส เข้าสู่ระบบน้ำใต้ดินโดยที่ผู้ใช้มิได้ระมัดระวัง หรือมีความรู้เกี่ยวกับเรื่องนี้ มีผลให้ผู้บริโภคเกิดการสะสมฟลูออไรด์ จากน้ำที่บริโภคเป็นเหตุให้เกิด โรคฟลูออไรด์เป็นพิษ และยังน่าสงสัยว่าจะเป็นสาเหตุของโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะและในไตอีกด้วย การแพร่กระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดินควบคุมโดยขบวนการทางธรรมชาติ เช่น โดยคลื่นแผ่นดินไหว จึงไม่สามารถจะควบคุมมิให้เกิดการแพร่กระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำที่ใช้บริโภคได้ ผู้บริโภคจึงจำเป็นจะต้องหามาตราการที่จะขจัดสารพิษเหล่านี้ให้มีปริมาณลดต่ำจึงจะใช้บริโภคได้โดยไม่เป็นพิษเป็นภัย

ปัญหาของการพัฒนาแหล่งน้ำบาดาลในภาคอีสาน มักจะเกิดจากน้ำบาดาลที่พัฒนาเจาะขึ้นมาใช้งานมีเกลือละลายอยู่มากเกินไป ทำให้รสเค็ม หรือกร่อย ไม่เหมาะสำหรับการบริโภค รสชาดของน้ำอันเนื่องมาจากเกลือละลายอยู่นี้ ยังน่าสงสัยว่า ก่อให้เกิดอันตรายแก่ผู้บริโภคอย่างใด-หรือไม่ ทางภาคเหนือของประเทศไทย จากการศึกษาสภาพธรณีเคมีคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำพุร้อนตลอดจนการกระจายของน้ำพุร้อนในแหล่งต่าง ๆ พบว่าระหว่างการหมุนเวียนของน้ำพุร้อนขึ้นมาสู่ผิวดิน มีการกระจายของน้ำพุร้อนซึ่งมีสารพิษในอัตราค่อนข้างสูง เข้าสู่ระบบการหมุนเวียนของน้ำใต้ดินที่ได้พัฒนาขึ้นมาใช้งานเป็นบริเวณกว้าง ตามรอยเลื่อนหรือรอยแตกใต้ดิน ที่มีความสัมพันธ์กับแหล่งน้ำพุร้อน ซึ่งกระจัดกระจายทั่วไปในจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน เชียงราย แพร่ น่าน ลำปาง และแม่ฮ่องสอน เนื่องจากสารพิษเหล่านี้ไม่ทำให้กลิ่นและรสของน้ำผิดไปแต่อย่างใด โดยเฉพาะอย่างยิ่งฟลูออไรด์อิออน อันเป็นต้นเหตุของโรคฟลูออไรด์เป็นพิษ เพราะการสะสมสารพิษจากการบริโภคน้ำเหล่านี้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งปรากฏผลในลักษณะของโรคกระดูกในผู้สูงอายุและโรคฟันในเด็ก นอกจากนี้คณะผู้ทำการวิจัยเรื่องการค้นหาสาเหตุของโรคฟลูออไรด์เป็นพิษในภาคเหนือ ยังได้ตรวจพบผลึกสารประกอบแคลเซี่ยมค่อนข้างสูงในปัสสาวะของเด็กนักเรียน อายุระหว่าง 5-15 ปี ที่บริโภคน้ำเหล่านี้เป็นประจำอีกด้วย การค้นพบเช่นนี้สอดคล้องกับการที่มีผู้วิเคราะห์พบว่าฟลูออไรด์เป็นส่วนประกอบหนึ่งของก้อนนิ่ว จึงเป็นที่เข้าใจว่า นอกเหนือจากโรคฟลูออไรด์เป็นพิษนี้แล้วน้ำเหล่านี้ยังอาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคนิ่วในกระเพาะปัสสาวะ และนิ่วในไตได้อีก[13]

การแพร่กระจายของน้ำพุร้อนเข้าสู่ระบบน้ำใต้ดิน เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ ที่ไม่สามารถจะควบคุมหรือป้องกันได้โดยวิธีการใด ๆ ดังนั้นจึงน่าจะทำการตรวจสอบคุณภาพในแหล่งน้ำบาดาลอย่างละเอียด และหาทางขจัดฟลูออไรด์ให้มีปริมาณต่ำลง หากจะพัฒนาไปใช้เป็นแหล่งน้ำเพื่อการบริโภค

แนวทางแก้ไขปัญหาโดยการขจัดฟลูออไรด์จากแหล่งน้ำดื่ม[13]

ดังได้กล่าวแล้วว่าสาเหตุหลักของการเกิดโรคฟลูออไรด์เป็นพิษในภาคเหนือมาจากฟลูออไรด์ในน้ำดื่ม ฉะนั้นการกำจัดฟลูออไรด์ซึ่งมีปริมาณมากเกินไปในแหล่งน้ำดื่มจึงมีความสำคัญมากในการช่วยลดอัตราการเสี่ยงของประชากรต่อการเกิดโรคฟลูออไรด์เป็นพิษ โดยเฉพาะปัญหาการเกิดสีหรือรอยด่างที่ฟัน อย่างไรก็ตามปัจจัยสำคัญประการหนึ่งของขบวนการขจัดฟลูออไรด์ออกจากแหล่งน้ำดื่มคือการขจัดออกแต่เพียงบางส่วนเพื่อให้เหลือปริมาณของฟลูออไรด์ในน้ำดื่มในระดับที่เหมาะสมสำหรับการป้องกันโรคฟันผุ ซึ่งโดยทั่วไปนิยมหรือแนะนำให้มีฟลูออไรด์อยู่ในน้ำดื่มในระดับประมาณ 1 ส่วนในล้านส่วน ขบวนการซึ่งอาจใช้ในการขจัดฟลูออไรด์อาจแบ่งได้หลายรูปแบบซึ่งมีความเหมาะสมแตกต่างกันไป การศึกษาวิธีการขจัดฟลูออไรด์ทางห้องปฏิบัติการให้ผลต่าง ๆ เช่น

<u>การต้ม</u> แม้จะมีรายงานบางแห่งว่าสามารถลดระดับของฟลูออไรด์ได้[15] แตกจากการศึกษาของเราพบว่าไม่สามารถลดระดับฟลูออไรด์ได้มากนัก บางกรณีอาจเพิ่มอีกด้วย

<u>การกลั่น</u> การกลั่นเป็นวิธีการทางห้องปฏิบัติการอย่างหนึ่งซึ่งใช้ประโยชน์ได้ดีมากพอควรสำหรับการทำความบริสุทธิ์สารละลาย ในการศึกษาครั้งนี้ใช้เครื่องกลั่นทางห้องปฏิบัติการเพื่อศึกษาส่วนประกอบของน้ำกลั่น ซึ่งเมื่อมีระดับฟลูออไรด์เริ่มต้นตั้งแต่ 1-100 ส่วนในล้านส่วน จะมีฟลูออไรด์ในน้ำกลั่นที่ได้ออกมาต่ำกว่า 1 ส่วนในล้านส่วน ดังนั้นจึงน่าจะเป็นวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ได้

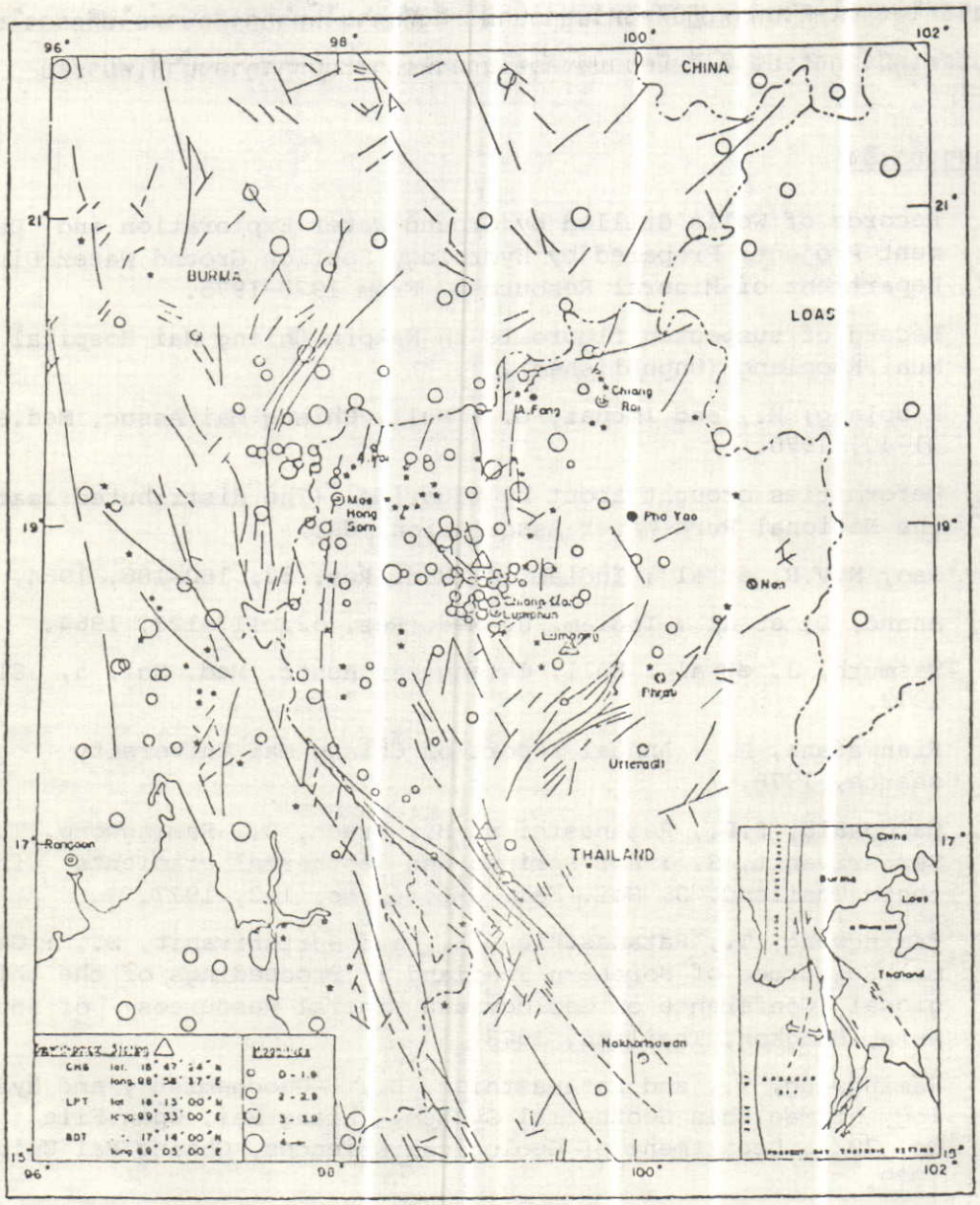
<u>การกรอง</u> เป็นเทคนิคซึ่งใช้ในการแยกหรือทำความบริสุทธิ์สารละลายได้ ทั้งนี้โดยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของสารที่ต้องการแยกกับตัวกลางในเครื่องมือกรอง เป็นสำคัญในการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่เน้นหนักถึงวิธีการทางห้องปฏิบัติการ เครื่องกรองแบบการค้าเป็นหลัก คือ การกรองด้วยเครื่องกรองแบบแลกเปลี่ยนอิออนใช้ได้ผลดี แต่เครื่องกรองแบบการค้ามักมิได้ออกแบบมาเพื่อขจัดอิออนลบหรืออาจมีปัญหาด้านเอาฟลูออไรด์ออกไปจากเครื่องกรอง เพราะมันมีความสามารถในการจับแทนที่อิออนลบตัวอื่นได้สูงมาก ประกอบกับราคาค่อนข้างแพงจึงมิน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับชาวชนบททั่วไป, การศึกษาอย่างคร่าว ๆ โดยการผ่านตัวอย่างน้ำซึ่งมีฟลูออไรด์ประมาณ 5 ส่วนในล้านส่วนไปบนหม้อกรองแบบพื้นบ้าน ซึ่งประกอบด้วย ถ่าน หิน อิฐ และทราย พบว่าสามารถลดระดับฟลูออไรด์ลงไปได้มากพอควรจนเหลือฟลูออไรด์ในน้ำกรอง ประมาณ 0.8 - 2.0 ส่วนในล้านส่วน ฉะนั้นวิธีการที่น่าจะได้รับการศึกษาอย่างละเอียดเพื่อนำไปเผยแพร่ใช้งานได้ดีต่อไป

<u>การเติมสารเคมี</u> เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งใช้ได้สำหรับการกำจัดฟลูออไรด์ออกไปจากน้ำดื่ม สารเคมีที่น่าจะนำมาใช้ได้ดีคือ ออกไซด์ของแคลเซียม และแมกนีเซียม แต่วิธีการนี้น่าจะ

เป็นวิธีที่ใช้งานได้ดีในทางปฏิบัติสำหรับชาวบ้าน สิ่งที่น่าจะได้ทำการศึกษาต่อไปคือการใช้สารเคมีหรือวัสดุเคมีจากธรรมชาติ ซึ่งมีความคงตัวดีในการพัฒนาระบบการกรองน้ำที่เหมาะสม

เอกสารอ้างอิง

1. Records of Wells drilled by Ground Water Exploration and Development Project. Prepared by Hydrology Section Ground Water Division, Department of Mineral Resources. From 1970-1975.
2. Record of suspected fluorosis in Nakorn Chiang Mai Hospital by Dr. Muni Keoplang (Unpublished).
3. Keoplang, M., and Imchai, G. : Bull. Chiang Mai Assoc. Med.Sci. 2, 31-40, 1976.
4. Deformities brought about by fluoride (The distributed leaflet by the National Pure Water Association, UK.)
5. Rao, N.V.R. et al : Indiam. J. Med. Res. 52, 180-186, 1964.
6. Anand, D. et al : Indiam. J. Med. Res. 52, 117-123, 1964.
7. Yasmuth, J. et al : Bull. Chiang Mai Assoc. Med. Sci. 5, 81 - 84, 1972.
8. Rianwatana, P. : Annual report of Chiang Mai University on Research, 1978.
9. Macdonald, S.B., Ratanasthi n, B., Breen, D., Ramingwong, T., and Sertsrivanit, S. : Hot springs and geothermal gradients in Northern Thailand. J. Sci. Fac. CMU. 4, No. 1-2, 1977.
10. Ramingwong, T., Ratanasthien, B., and Sertsrivanit, S., : Geothermal Resources of Northern Thailand : Proceedings of the third Regional Conference on Geology and Mineral Resources of Southeast Asia, Bangkok, Thailand, 1978.
11. Ramingwong, T., and Ratanasthien, B., : Geochemistry and Hydrogeology of Mae Chan Geothermal System, Chiang Rai, Open File Report No. 79/2, Department of Geological Sciences, Chiang Mai University 1979.
12. Ramingwong, T., Ratanasthien, B., Wattananikorn, K., Tantisukrit, C., Lerdthusnee, S., Thanasutipitak, T., and Pitragool, S. : Phase I Final Report on Geothermal Resources of Northern Thailand, submitted to the Electricity Generating Authority of Thailand, 1980.
13. ขวัญชัย รัตนเสถียร, เบ็ญจวรรณ รัตนเสถียร, เกรียงศักดิ์ อิ่มใจ, มุนี แก้วปลั่ง, ไพโรจน์ สภาวจิตร และอุทัยวรรณ กาญจนกมล : รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ "การค้นหาสาเหตุของโรคฟลูออโรซีสเป็นพิษในภาคเหนือของประเทศไทย" เสนอต่อคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กุมภาพันธ 2524.



รูปที่ 1 แสดงศูนย์กลางแผ่นดินไหวในภาคเหนือ (ดวงดาวแสดงตำแหน่งน้ำพุร้อน)

14. Ratanasthien, B., and Ramingwong, T. : The intrusion of thermal water into domestic ground water systems in the areas of San Kampaeng and Lampon. Open File Report No. 8010-4,Department of Geological Sciences, Chiang Mai University, 1980.

15. Singh, A., Jolly, S.S., Bansal, B.C., and Mather, C.C. : Endemic fluorosis. Medicine 42, 229, 1963.