หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การอภิปรายผลการวิจัย

เมื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณ-เรเดียม-226 จากผลที่วิเคราะห์ได้ในตารางที่ 3.1 พบว่า ในตัวอย่างส่วนใหญ่ อาทิเช่น ตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำป่าสัก (บริเวณภาคเหนือ), แม่น้ำปิง, แม่น้ำระยอง, แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน เป็นต้น ความแรงรังสีรวมอัลฟาจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณเรเดียม-226 ในอัตราส่วนประมาณ 25:1 ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้จะมีประโยชน์อย่างมากต่อการคาดคะเนปริมาณเรเดียม-226 ในสารตัวอย่างกล่าวคือ จากการนับความแรงรังสีรวมอัลฟาแต่เพียงอย่างเดียว สามารถนำมาใช้เป็นดรรชนีบอกให้ทราบว่า ในตัวอย่างนั้นจะมีเรเดียม-226 ปะปนอยู่หรือไม่ โดยไม่จำเป็นต้องวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 ซึ่งเมื่อพิจารณาในลักษณะของงานประจำแล้ว พบว่า ทำให้ลดขั้นตอนของการปฏิบัติงานลงไปได้มาก, ประหยัดเวลาในการวิเคราะห์, สารเคมีและวัสดุอื่น ๆ ทั้งยังเป็นการสะดวกและรวดเร็วอีกด้วย

จากผลของการทดลองยังพบว่า มีบางตัวอย่างที่สามารถนับความแรงรังสีรวมอัลฟาได้ แต่วิเคราะห์ไม่พบเรเดียม-226 เช่น ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแม่น้ำชี ในกรณีนี้อาจอธิบายได้ว่า ความแรงรังสีรวมอัลฟาที่นับได้มาจากเรดิโอไอโซโทปตัวอื่นที่ปลดปล่อยอนุภาคอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำนั้นมีปริมาณน้อยกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของวิธีวิเคราะห์ เช่นกันมีบางตัวอย่างที่นับความแรงรังสีรวมอัลฟาไม่ได้ แต่วิเคราะห์พบเรเดียม-226 เช่น ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแม่น้ำพอง, แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง, แม่น้ำบางปะกง, อ่างเก็บน้ำ-บางประชัน, แม่น้ำปราณบุรี เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจาก ค่าแบคกราวนด์ของเครื่อง-นับรังสีรวมอัลฟามีค่าสูงมาก จนไม่อาจนับรังสีรวมอัลฟาได้ แต่กรรมวิธีวิเคราะห์

เรเดียม-226 นั้น เป็นการแยกเรเดียม-226 ออกอย่างบริสุทธิ์ก่อน โดยวิธีทาง-เรดิโอเคมี จึงมีความไว (sensitivity) สูงกว่าขีดจำกัดต่ำสุดของการนับรังสีรวมอัลฟา

เนื่องจากตัวอย่างน้ำที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้เก็บจากแหล่งน้ำทั่วประเทศ ฉะนั้นเพื่อประโยชน์ในการศึกษาเปรียบเทียบถึงความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณ-เรเดียม-226 ในน้ำจากแหล่งน้ำในภาคเดียวกันและในแต่ละภาค จึงได้จัดรวมกลุ่มแหล่งน้ำให้อยู่ในภาคเดียวกัน คือ ภาคเหนือ, ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, ภาค-ตะวันออก, ภาคกลาง, ภาคตะวันตก และภาคใต้ โดยแสดงช่วงสูงสุด-ต่ำสุด และค่าเฉลี่ยของความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ไว้ในตารางที่ 4.1 อย่างไรก็ตาม การจัดรวมกลุ่มกำหนดจากจังหวัดที่แม่น้ำสายนั้น ๆ ไหลผ่าน และมีแม่น้ำอยู่เป็นจำนวนมากที่ไหลผ่านหลายจังหวัด บางจุดของสถานีเก็บตัวอย่างจึงไม่อยู่ในจังหวัดเดียวกัน ทำให้แม่น้ำสายเดียวกันอาจอยู่คนละภาคได้ สำหรับ-ความแรงรังสีรวมอัลฟาที่มีค่ามากที่สุด ได้แก่ ภาคตะวันออก ที่แม่น้ำบางปะกง จังหวัดฉะเชิงเทรา มีค่าเท่ากับ 2.587 $\pm$ 1.670 พิโคคูรีต่อลิตร ส่วนปริมาณ-เรเดียม-226 ที่มีค่ามากที่สุด ได้แก่ ภาคใต้ ในน้ำบ่อประจำบ้าน ตำบลฉลอง จังหวัดภูเก็ต มีค่าเท่ากับ 0.532 $\pm$ 0.035 พิโคคูรีต่อลิตร ดังรายละเอียด ที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ 4.3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณา ผลการวิเคราะห์ความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำภายใน-ประเทศ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 พบว่า มีค่าไม่สูงมากนักและเมื่อนำมา-เปรียบเทียบกับค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ที่มีผู้รายงานไว้ในต่างประเทศ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และ 4.5 จะเห็นว่า มีค่าไม่-แตกต่างกัน และค่าสูงสุดของความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ที่วิเคราะห์ได้ยังมีค่าต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดสูงสุดของความแรงรังสีรวมอัลฟา และ ปริมาณเรเดียม-226 ที่ US.EPA และองค์การอนามัยโลก (WHO) อนุญาตให้-มีอยู่ได้ในมาตรฐานน้ำดื่ม ซึ่งมีค่าเท่ากับ 15 และ 3 พิโคคูรีต่อลิตร ตามลำดับ (31, 68) อันเป็นตัวเลขที่ยอมรับกันว่า ไม่มีอันตรายต่อสุขภาพทั่วไป ฉะนั้น-

ตารางที่ 4.1 ช่วงความแรงรังสีรวมอัลฟ่าและปริมาณเรเดียม-226 พร้อมค่าเฉลี่ยของแต่ละแหล่งน้ำในแต่ละภาค

ภาค	ชื่อแหล่งน้ำ	ช่วงความเข้มข้นเป็นพิโคคูรีต่อลิตร		ค่าเฉลี่ยเป็นพิโคคูรีต่อลิตร	
		ความแรงรังสีรวมอัลฟ่า	เรเดียม-226	ความแรงรังสีรวมอัลฟ่า	เรเดียม-226
ภาคเหนือ	ม.ป่าสัก	<0.26-0.969	0.013-0.044	0.834±0.216	0.032±0.014
	ม.ปิง	0.624-1.630	0.037-0.068	1.144±0.504	0.054±0.016
	ม.วัง	0.517	0.039	0.517±0.466	0.039±0.014
	ม.ยม	0.988	0.030	0.988±0.570	0.030±0.017
	ม.น่าน	<0.20-1.309	0.019-0.062	0.966±0.486	0.039±0.018
	ม.เจ้าพระยาตอนบน	<0.30-1.418	0.027-0.096	0.686±0.392	0.067±0.022
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	ม.มูล	<0.28-0.776	0.045-0.086	0.630±0.206	0.065±0.017
	ม.ชี	0.423-0.604	<0.135	0.483±0.104	<0.135
	ม.พอง	<0.30	0.020	<0.30	0.020
	ม.สงคราม	<0.36-1.178	0.023-0.086	1.178±0.595	0.063±0.035
ภาคตะวันออก	ม.ตราด	0.705-0.905	0.023-0.027	0.805±0.141	0.025±0.003
	ม.เวฬุ	0.960	0.047	0.960±0.764	0.047±0.018
	ม.จันทบุรี	<0.33-0.565	0.024-0.032	0.565±0.517	0.028±0.006
	ม.ประแส	<0.33-1.072	0.025-0.030	1.072±0.834	0.028±0.004
	ม.ระยอง	0.500-1.426	0.021-0.053	0.963±0.655	0.037±0.023
	ม.บางปะกง	<0.33-2.587	0.035-0.204	2.064±0.740	0.081±0.058

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ภาค	ชื่อแหล่งน้ำ	ช่วงความเข้มข้นเป็นพิโคคูรีต่อลิตร		ค่าเฉลี่ยเป็นพิโคคูรีต่อลิตร	
		ความแรงรังสีรวมอัลฟา	เรเดียม-226	ความแรงรังสีรวมอัลฟา	เรเดียม-226
ภาคตะวันออก (ต่อ)	อ่างเก็บน้ำ-บางปะชัน	<0.23	0.031	<0.23	0.031±0.013
	คลองบางพระ	1.077	0.019	1.077±0.785	0.019±0.012
ภาคตะวันตก	ม.แม่กลอง	<(0.29-0.36)	0.034-0.077	<(0.29-0.36)	0.056±0.031
	ม.ท่าจีน	<0.29-0.666	0.021-0.076	0.666±0.484	0.038±0.022
ภาคกลาง	ม.แม่กลอง	<0.23-0.925	0.011-0.131	0.683±0.342	0.059±0.049
	ม.ท่าจีน	<0.29-1.673	0.026-0.368	0.890±0.528	0.098±0.151
	ม.เจ้าพระยาตอนบน	<0.30-0.509	<0.080	0.509±0.352	<0.080
	ม.เจ้าพระยาตอนกลาง	<0.26-1.099	0.012-0.039	0.826±0.373	0.020±0.009
	ม.เพชรบุรี	<0.32-1.437	0.016-0.230	1.310±0.180	0.079±0.102
	ม.ปราณบุรี	<0.32	0.033-0.172	<0.32	0.121±0.077
	ม.ป่าสัก	0.265-1.298	0.011-0.075	0.667±0.349	0.026±0.016
	คลองด่าน	<0.30	0.027	<0.30	0.027±0.014

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

ภาค	ชื่อแหล่งน้ำ	ช่วงความเข้มข้นเป็นพิโคคูรีต่อลิตร		ค่าเฉลี่ยเป็นพิโคคูรีต่อลิตร	
		ความแรงรังสีรวมอัลฟา	เรเดียม-226	ความแรงรังสีรวมอัลฟา	เรเดียม-226
ภาคใต้	โครงการน้ำสะอาด	<0.26-2.417	0.027-0.532	1.212±0.723	0.146±0.150
	ม.ตาปี	< 0.30	<0.115-0.017	< 0.30	0.017±0.013
	ม.หลังสวน	< 0.31	0.027	< 0.31	0.027±0.015
	ม.ปากพนัง	< 0.31	< 0.115	< 0.31	< 0.115
	คลองทาตะเภา	< 0.31	< 0.115	< 0.31	< 0.115
	คลองอู่ตะเภา	< 0.31	< 0.115	< 0.31	< 0.115

ม. หมายถึง แม่น้ำ

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเปรียบเทียบความแรงรังสีรวมอัลฟ่าสูงสุดของแต่ละภาค

แหล่งน้ำ	สถานที่เก็บตัวอย่าง		ความแรงรังสีรวมอัลฟ่า (พิโคคูรีต่อลิตร)
	จังหวัด	ภาค	
แม่น้ำบางปะกง	ฉะเชิงเทรา	ตะวันออก	2.587 ± 1.670
น้ำตกกะทู้	ภูเก็ต	ใต้	2.417 ± 0.491
แม่น้ำปิง	กำแพงเพชร	เหนือ	1.630 ± 0.568
แม่น้ำเพชรบุรี	เพชรบุรี	กลาง	1.437 ± 0.496
แม่น้ำสงคราม	สกลนคร	ตะวันออกเฉียงเหนือ	1.178 ± 0.595
แม่น้ำท่าจีน	สุพรรณบุรี	ตะวันตก	0.666 ± 0.484

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเปรียบเทียบปริมาณเรเดียม-226 สูงสุดของแต่ละภาค

แหล่งน้ำ	สถานที่เก็บตัวอย่าง		ปริมาณเรเดียม-226 (พิโคคูรีต่อลิตร)
	จังหวัด	ภาค	
น้ำบ่อประจำบ้าน	ภูเก็ต	ใต้	0.532 ± 0.035
แม่น้ำบางปะกง	ฉะเชิงเทรา	ตะวันออก	0.204 ± 0.037
แม่น้ำปราณบุรี	ประจวบคีรีขันธ์	กลาง	0.172 ± 0.045
แม่น้ำเจ้าพระยา-ตอนบน(GWMP)	นครสวรรค์	เหนือ	0.096 ± 0.015
แม่น้ำสงคราม	สกลนคร	ตะวันออกเฉียงเหนือ	0.086 ± 0.018
แม่น้ำแม่กลอง	กาญจนบุรี	ตะวันตก	0.077 ± 0.015

ตารางที่ 4.4 ค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาในตัวอย่างน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ของประเทศนิวซีแลนด์ (68)

ชื่อแหล่งน้ำ	สถานที่เก็บตัวอย่าง	ความแรงรังสีรวมอัลฟา (pCi/l)
ม. Kaikato	Huntly Hamilton	0.62 ± 0.42
ม. Patea	New Plymouth	0.00 ± 0.35*
ม. Waitahu	Palmerston	1.12 ± 0.37
น้ำจากปากแม่น้ำ	Palmerston	0.77 ± 0.32
ม. Orongorongo	Wellington	0.11 ± 0.26*
ม. Ashburton	Timaru	0.56 ± 0.28
ลำธาร Mangarehu	Hamilton	0.42 ± 0.36
น้ำพุ Kamo	Whangarei	1.07 ± 0.89
น้ำพุ Utuhina	Rotorua	1.20 ± 0.39
น้ำบ่อ Riverslea-Willowpark	Napier	1.86 ± 0.64
น้ำบ่อ Point Howard Wharf	Wellington	0.51 ± 0.51*
น้ำบ่อ Blighs Road	Christchurch	0.76 ± 0.35
เขื่อน Whau Valley	Whangarei	0.04 ± 0.60*
อ่างเก็บน้ำ Karori	Wellinton	0.23 ± 0.31*
อ่างเก็บน้ำ Dunedin	Dunedin	0.40 ± 0.28

ม. หมายถึง แม่น้ำ

* คือค่า ND

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.5 ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ของประเทศ-ยูโกสลาเวีย (53)

ตัวอย่างน้ำ	วันที่เก็บ	ปริมาณเรเดียม-226 pCi/l
น้ำประปา จาก Ljubljana	26.6.72	0.16
ม. Sava ใกล้ Sentjakob	24.7.72	0.14
ม. Kokra ใกล้ Predvor	24.7.72	0.30
ม. Sora ใกล้ Gorenja vas	17.8.72	0.40
ม. Brebovnica เมือง Todraz	17.8.72	0.55
ม. Mura เมือง Petanjei	19.8.72	0.06
ม. Drava เมือง Ptuj	19.8.72	0.51
น้ำแร่ Radenci Ve 1.	6.7.72	2.0
น้ำแร่ Radenci Ve 2.	6.7.72	12.0
น้ำพุร้อน Lasko	12.6.73	0.84

ม. หมายถึง แม่น้ำ

จึงอาจสรุปได้ว่า น้ำจากแหล่งน้ำต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ เป็นน้ำที่มีค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ธรรมชาติอยู่นอยมาก และยังอยู่ในเกณฑ์ที่ถือว่าปลอดภัยต่อการบริโภคในแง่ของคุณลักษณะทางกัมมันตภาพรังสี

การเก็บตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ ได้เก็บจากแหล่งน้ำต่าง ๆ เพียงแหล่งละครั้ง ยกเว้นตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแม่น้ำน่าน, แม่น้ำป่าสักและแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน ซึ่งอยู่ในโครงการ global ขององค์การอนามัยโลก (รหัส GWMP) ที่ได้พยายามเก็บตัวอย่างตลอดทั้งปี ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึงเดือนตุลาคม 2524 ยกเว้นเดือนพฤษภาคม, พฤศจิกายน และธันวาคม ทำให้สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำเปรียบเทียบในแต่ละเดือนได้ ดังแสดงผลการวิเคราะห์ความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ไว้ในตารางที่ 4.6

ในการพิจารณาผลการวิเคราะห์ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.6 จำเป็นต้องพิจารณาเฉพาะในแต่ละแหล่งน้ำ ไม่สามารถนำค่าที่วิเคราะห์ได้มาเปรียบเทียบกันได้ทั้ง 3 แห่ง เนื่องจากความแตกต่างกันด้านต้นกำเนิดของแหล่งน้ำ, ภูมิประเทศที่น้ำไหลผ่าน, ปริมาณน้ำ และสถานที่ที่เก็บตัวอย่าง (ดังแสดงในแผนที่รูปที่ 4.1-4.4) ซึ่งมีผลโดยตรงต่อการวิเคราะห์ และเมื่อพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ในแหล่งน้ำทั้ง 3 แห่ง พบว่า มีค่าค่อนข้างคงที่ในแต่ละแหล่งน้ำนั้น แต่ไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

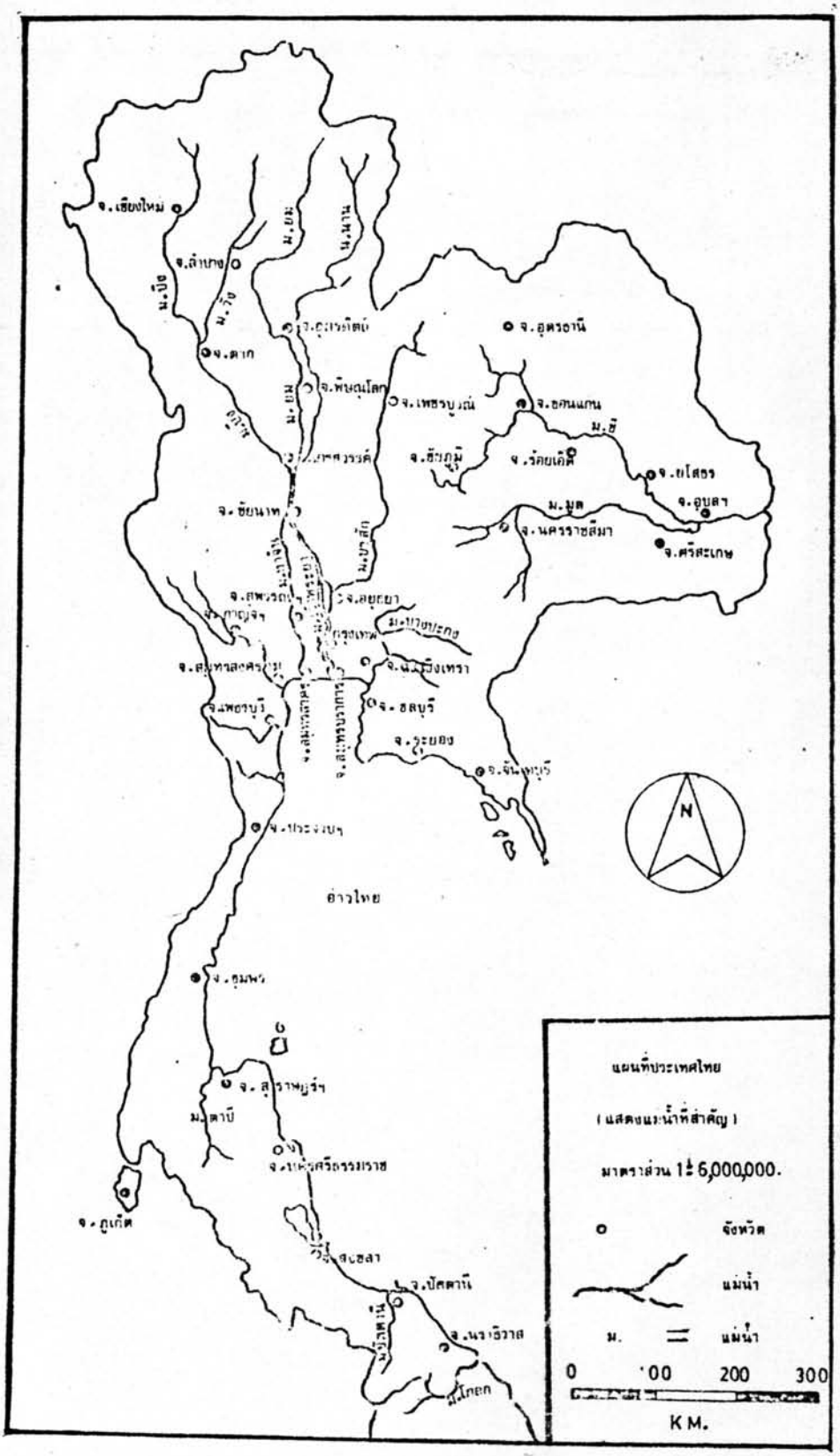
เมื่อพิจารณาค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาในตารางที่ 4.6 โดยทั่วไปจะพบว่า ในตัวอย่างน้ำจากเขื่อนสิริกิติ์ มีค่าอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าขีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์ ยกเว้นในเดือนตุลาคม ซึ่งมีค่าสูงสุด แต่เป็นที่น่าสังเกตว่าในช่วงระยะเวลา 9 เดือน ที่ออกเก็บตัวอย่างในโครงการนี้ สามารถเก็บน้ำตัวอย่างในเขื่อนมาทำการวิเคราะห์ได้เพียง 4 ตัวอย่างเท่านั้น ทั้งนี้อาจเป็นได้ว่าในปี 2523 เป็นปีที่ค่อนข้างแล้งน้ำที่กักเก็บไว้ในเขื่อน จึงมีปริมาณค่อนข้างน้อยต่อเมื่อต้นฤดูฝนของปี 2524 จึงเริ่มมีน้ำมากขึ้นทำให้สามารถเก็บสารตัวอย่างมาวิเคราะห์และพบว่า มีความแรงรังสีรวมอัลฟาสูงในเดือนตุลาคมดังกล่าวแล้วข้างต้น

ตารางที่ 4.6 ค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 เป็นพิโคคูรีต่อลิตร ในตัวอย่างน้ำที่เก็บจากแม่น้ำน่าน, แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน และแม่น้ำป่าสัก ซึ่งอยู่ในโครงการ global (รหัส GWMP) ขององค์การอนามัยโลก

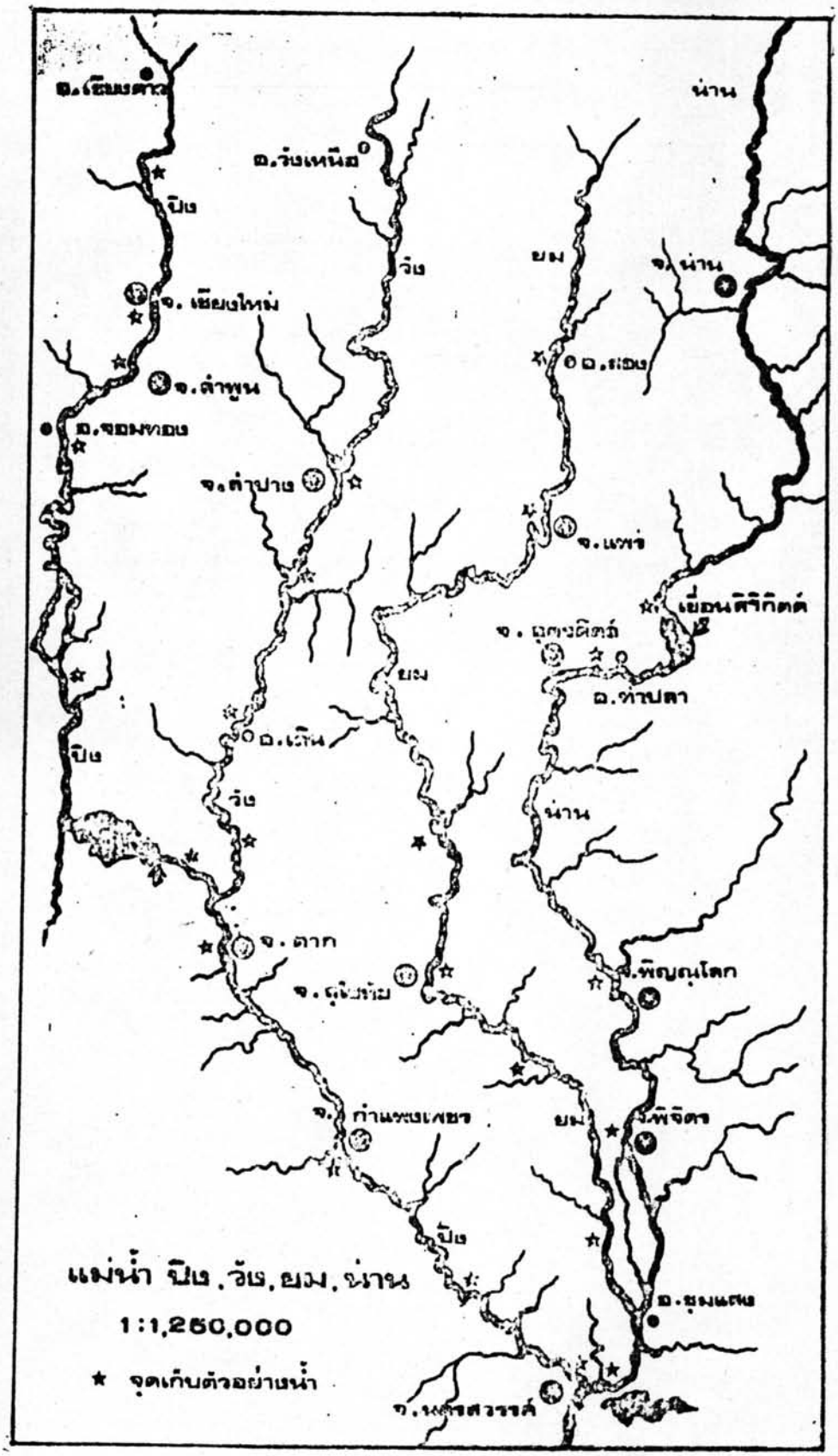
เดือน	NA-1 เก็บจากเชื่อนสิริกิติ์		CYU1 เก็บจาก จ.นครสวรรค์		PS-1 เก็บจาก จ.สระบุรี	
	ความแรงรังสีรวมอัลฟา	ปริมาณเรเดียม-226	ความแรงรังสีรวมอัลฟา	ปริมาณเรเดียม-226	ความแรงรังสีรวมอัลฟา	ปริมาณเรเดียม-226
มกราคม	$<0.20^{*}$	0.042 ± 0.029	0.913 ± 0.368	0.071 ± 0.031	0.483 ± 0.335	0.075 ± 0.031
กุมภาพันธ์	NS	NS	0.589 ± 0.512	0.077 ± 0.016	$<0.36^{*}$	0.019 ± 0.011
มีนาคม	NS	NS	$<0.30^{*}$	$<0.115^{*}$	$<0.30^{*}$	$<0.115^{*}$
เมษายน	$<0.30^{*}$	$<0.127^{*}$	0.407 ± 0.341	0.072 ± 0.017	NS	NS
มิถุนายน	NS	NS	1.018 ± 0.792	0.075 ± 0.016	$<0.26^{*}$	$<0.107^{*}$
กรกฎาคม	$<0.31^{*}$	0.062 ± 0.013	1.418 ± 0.393	0.096 ± 0.015	0.543 ± 0.439	0.022 ± 0.009
สิงหาคม	NS	NS	0.339 ± 0.270	0.027 ± 0.005	0.930 ± 0.308	0.023 ± 0.006
กันยายน	NS	NS	0.470 ± 0.274	0.040 ± 0.007	0.265 ± 0.242	0.011 ± 0.005
ตุลาคม	0.622 ± 0.291	0.019 ± 0.006	0.331 ± 0.263	0.074 ± 0.009	0.270 ± 0.238	0.022 ± 0.006

หมายเหตุ NS = No sample (ไม่มีสารตัวอย่าง)

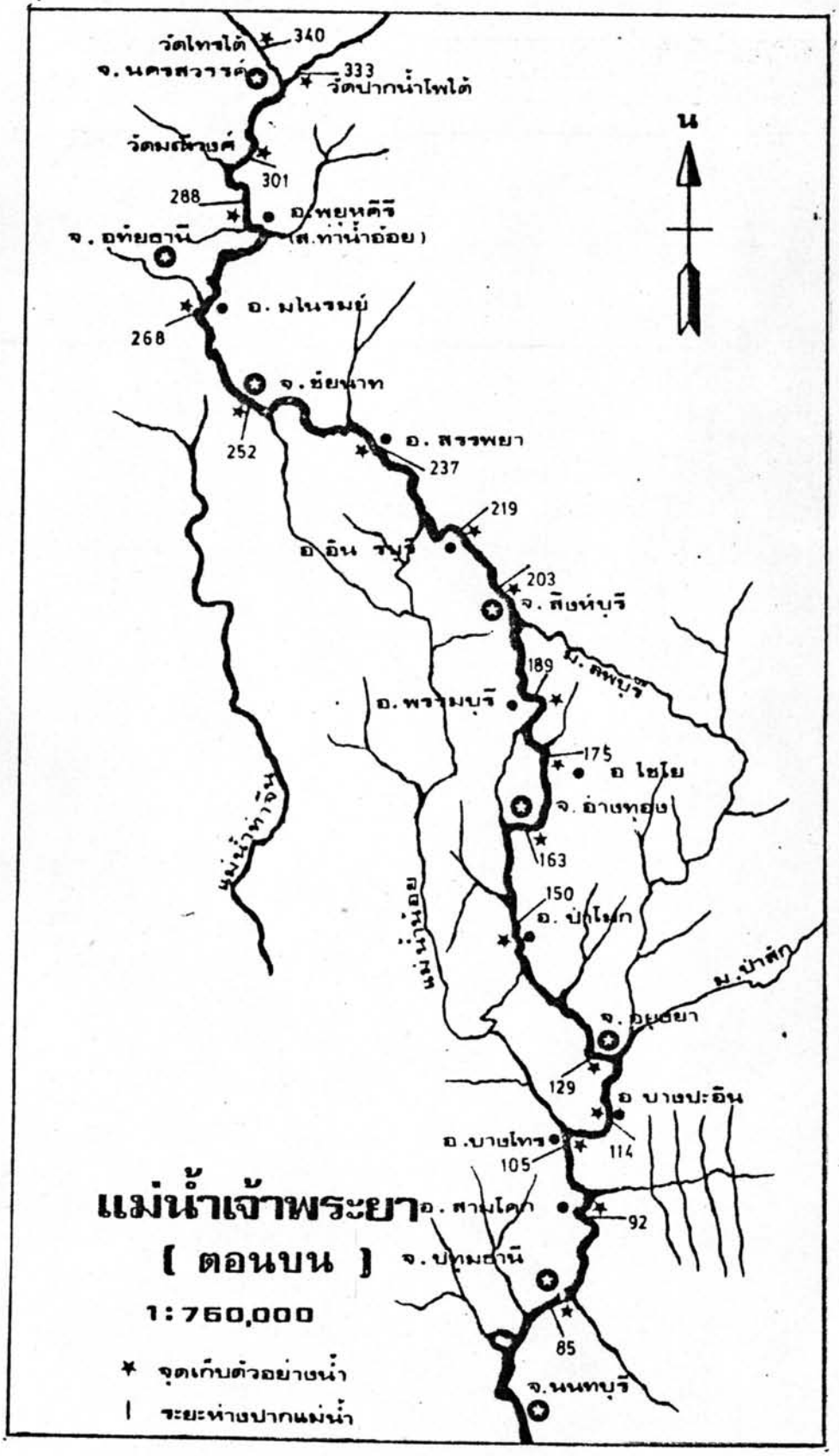
* = เป็นตัวเลขที่บ่งถึงขีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์



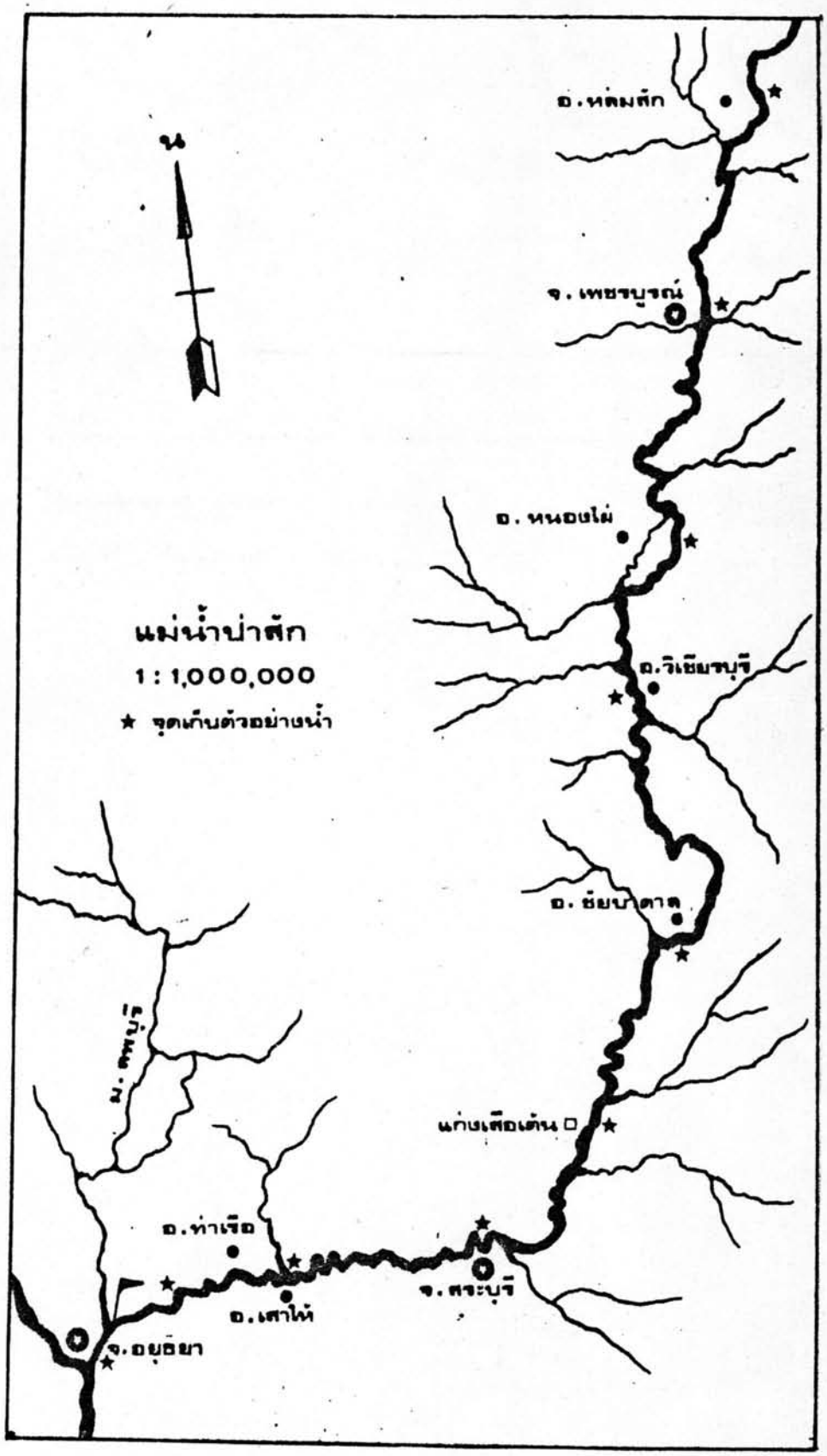
รูปที่ 4.1 แผนที่ประเทศไทย แสดงแม่น้ำที่สำคัญ



รูปที่ 4.2 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำ ของแม่น้ำปิง, วัง, ยม และน่าน



รูปที่ 4.3 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยา (ตอนบน)



รูปที่ 4.4 แสดงจุดเก็บตัวอย่างน้ำของแม่น้ำป่าสัก

อย่างไรก็ตาม เป็นที่น่าเสียดายว่า ในช่วงเดือนพฤศจิกายนและธันวาคม กรมอนามัยไม่ได้ออกไปเก็บสารตัวอย่าง จึงทำให้ขาดข้อมูลที่จะนำมาพิจารณาเพื่อสรุปผลที่แน่ชัดลงไปได้

ในกรณีของเรเดียม-226 นั้น จะพบว่า มีปริมาณค่อนข้างคงที่ และมีค่าใกล้เคียงกับขีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์ สำหรับเดือนตุลาคม ที่มีค่าค่อนข้างต่ำ และอาจจะขัดแย้งต่อความจริงนั้น อาจอธิบายได้ว่า เนื่องจากตัวอย่างน้ำมีมาก จึงใช้น้ำปริมาณมากมาวิเคราะห์เพื่อเพิ่มขีดจำกัดของวิธีวิเคราะห์ ซึ่งถ้าใช้ตัวอย่างน้ำเท่าเดิม ผลที่ออกมาอาจจะเป็นในรูปไม่สามารถวิเคราะห์ได้เช่นกัน

สำหรับน้ำที่เก็บจากสถานีตัวอย่างจากจังหวัดนครสวรรค์และจังหวัดสระบุรี ซึ่งเป็นน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบนและแม่น้ำป่าสักนั้น มีตัวอย่างครบทุก 9 เดือน ยกเว้นน้ำจากแม่น้ำป่าสัก ซึ่งขาดเดือนเมษายน ยังผลให้สามารถนำผลการวิเคราะห์มาพิจารณาและพอสรุปได้ดังนี้

1. ค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาเฉลี่ยของน้ำจากจังหวัดนครสวรรค์มีค่าสูงกว่าน้ำจากจังหวัดสระบุรี เหตุนี้สามารถอธิบายได้ค่อนข้างกระจ่างชัด กล่าวคือ แม่น้ำเจ้าพระยา เป็นที่รวมของแม่น้ำหลายสาย อาทิเช่น ปิง วัง ยม และน่าน ฉะนั้น ปริมาณของน้ำและการชะล้างแร่ธาตุต่าง ๆ ย่อมจะมีมากกว่าแม่น้ำป่าสักเพียงแม่น้ำเดียว

2. ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดถึงระยะของฝนทั้งช่วง กล่าวคือ ในเดือนมิถุนายน/กรกฎาคม ค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาสูงมาก ซึ่งเนื่องจากฝนตกชุก แล้วค่าดังกล่าวค่อย ๆ ลดลง และขึ้นสูงอีกครั้งหนึ่งในเดือนมกราคม (อาจจะเป็นตั้งแต่ พฤศจิกายน/ธันวาคม แต่ไม่มีน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์) และในช่วงฤดูร้อนค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาจะอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างคงที่

สำหรับน้ำจากแม่น้ำป่าสัก มีค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาสูงในเดือนสิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝนเช่นกัน และในเดือนอื่น ๆ มีค่าค่อนข้างคงที่

ในกรณีของเรเดียม-226 นั้น ค่าส่วนใหญ่คอนข้างคงที่ ยกเว้นในช่วงฤดูฝน ซึ่งค่าจะสูงขึ้น ปรากฏการณ์นี้เกิดขึ้นทั้ง 2 สถานี และค่าเฉลี่ยของเรเดียม-226 ในตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน จะมีค่าสูงกว่าตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำป่าสัก

3. ตัวอย่างน้ำจาก 3 สถานี ทั้งค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 แสดงให้เห็นอย่างเด่นชัดว่า ค่าทั้ง 2 จะสูงขึ้นในฤดูฝน และจะลดลงในฤดูร้อน ซึ่งผลการทดลองนี้สอดคล้องกับรายงานของ **Kwapulinski** และคณะ (55) และรายงานของ Paschoa และคณะ (69) ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4.7

อย่างไรก็ตาม ได้พยายามที่จะประเมินค่าความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ต่อฤดูกาลที่เก็บตัวอย่าง แต่เนื่องจากได้ทำการวิเคราะห์จากตัวอย่างน้ำเพียง 3 สถานที่เท่านั้น ข้อมูลที่ได้จึงมีไม่เพียงพอ และการขาดข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณน้ำฝน จึงทำให้ไม่อาจสรุปผลได้ ฉะนั้นการศึกษาวิจัยอย่างต่อเนื่องในเรื่องนี้ จึงมีความจำเป็น ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนผลสรุปดังกล่าวไว้ข้างต้น สำหรับความแปรผันของความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ตามฤดูกาลนั้น อาจให้คำอธิบายได้ 2 ทาง คือ ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้นในแต่ละแหล่งน้ำในฤดูฝน ทำให้โอกาสการชะล้างของเรเดียม-226 ออกจากหิน และ/หรือ ดิน-ตะกอนเกิดขึ้นได้มาก ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำจึงเพิ่มมากขึ้นด้วย หรืออีกนัยหนึ่ง ปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น อาจกลับทำให้ปริมาณเรเดียม-226 ที่มีอยู่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ เจือจางลง ซึ่งถ้าเป็นในฤดูแล้ง ดินฟ้าอากาศแห้งแล้ง ฝนไม่ตก ระดับน้ำในแต่ละแหล่งน้ำจะค่อย ๆ ลดลง ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มความเข้มข้นแก่ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำตามธรรมชาติ ทำให้การวิเคราะห์ความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ได้ค่าสูงขึ้น

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3.1 พบว่า ความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ในแต่ละแหล่งน้ำ และแม้แต่ในแหล่งน้ำเดียวกัน ค่าที่ได้แตกต่างกัน อาจกล่าวได้ว่า เป็นผลสืบเนื่องมาจากสภาพภูมิประเทศของท้องที่ที่แหล่งน้ำนั้น ๆ ไหลผ่าน และ/หรือ จุดที่เก็บตัวอย่างน้ำ ตัวอย่างเช่น

พิลสมุทกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำแม่น้ำ Rio das Antas (69)

สถานี	พิโคคูรีต่อลิตร		
	มกราคม 1977 ฤดูฝน	กรกฎาคม 1977 ฤดูแล้ง	กรกฎาคม 1978 ฤดูฝน
A-1	1.8 ± 0.7	1.2 ± 0.7	1.6 ± 0.7
A-2	0.6 ± 0.2	ND	0.3 ± 0.2
A-3	0.3 ± 0.2	ND	0.3 ± 0.2
A-4	0.4 ± 0.2	ND	0.2 ± 0.2
A-5	0.4 ± 0.2	ND	0.3 ± 0.2
A-6	0.3 ± 0.2	ND	0.3 ± 0.2
A-7	0.5 ± 0.2	ND	0.4 ± 0.2
A-8	3.9 ± 0.7	ND	ND
A-9	1.0 ± 0.3	1.4 ± 0.4	1.7 ± 0.4
M-2	1.3 ± 0.4	1.1 ± 0.4	1.2 ± 0.4
M-3	5.0 ± 1.0	4.1 ± 0.7	6.0 ± 1.0
M-4	2.6 ± 0.5	2.8 ± 0.5	5.0 ± 1.0

ND = not detected, i.e < 0.20 pCi Ra^{226}/l

ตัวอย่างน้ำที่เก็บจากจังหวัดภูเก็ต วิเคราะห์พบเรเดียม-226 ทั้ง 11 สถานี ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับสภาพภูมิประเทศ เนื่องจากเรเดียม-226 โดยธรรมชาติจะอยู่ปะปนกับแร่ชนิดต่าง ๆ และทางภาคใต้โดยเฉพาะจังหวัดภูเก็ต อุดมสมบูรณ์ไปด้วยแร่ชนิดต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก เช่น แร่ดีบุก, วุลแฟรม, แทนทาไลท์, เซอร์กอน และโมนาไซต์ เป็นต้น ดังนั้นหากแหล่งน้ำใดแสดงค่าความแรงรังสีรวมอัลฟ่าและปริมาณเรเดียม-226 สูงผิดปกติ อาจใช้เป็นข้อมูลในการติดตามไปถึงต้นกำเนิดของแหล่งน้ำนั้นได้ และอาจจะเป็นผลสืบเนื่องมาจากฤดูกาลในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างดังกล่าวข้างต้นอีกด้วย นอกจากนี้ ปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำยังขึ้นกับการถ่ายเทหมุนเวียนของน้ำว่า มากน้อย และบ่อยครั้งเพียงใด ดังมีรายงานของต่างประเทศที่รายงานถึงปริมาณเรเดียม-226 ของน้ำในบ่อที่ใกล้กับที่ตั้งเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูว่า มีค่าสูงถึง 5.8 พิโคคูรีต่อลิตร ในขณะที่น้ำแม่น้ำมีค่าปกติอยู่ในช่วงระหว่าง 0.2-2.0 พิโคคูรีต่อลิตร ยกเว้นแม่น้ำซึ่งอยู่ใกล้กับเหมืองแร่ พบว่า มีปริมาณเรเดียม-226 อยู่ในระดับ 8-11 พิโคคูรีต่อลิตร (55) และยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ระดับน้ำขึ้น-น้ำลง, ทิศทางและความเร็วของกระแสน้ำ เป็นต้น แต่เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ศึกษาถึงอิทธิพลของสิ่งแวดล้อมเหล่านี้ จึงทำให้ไม่สามารถสรุปได้ว่า สาเหตุของความแตกต่างกันของค่าความแรงรังสีรวมอัลฟ่าและปริมาณเรเดียม-226 ในแหล่งน้ำต่าง ๆ แท้จริงแล้วเนื่องจากปัจจัยอะไร

ผลการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟ่าและวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 ที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.1 แสดงด้วยทศนิยม 3 ตำแหน่ง พร้อมทั้งค่าความคลาดเคลื่อน (error) ตามความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1σ ซึ่งคำนวณโดยใช้จำนวนนับสุทธิและความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบคกราวนด์ที่วัดได้ในแต่ละครั้ง ความคลาดเคลื่อนที่แสดงไว้นี้ เป็นความคลาดเคลื่อนของการวิเคราะห์ในแต่ละครั้ง มิได้แสดงถึงความเที่ยงตรง (precision) ของการวิเคราะห์ ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ ได้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำแต่ละตัวอย่างเพียงครั้งเดียว ทั้งนี้เนื่องจากวิธีที่ใช้มี reproducibility และความเชื่อถือได้สูงมาก ดังได้แสดงผลการทดสอบความเชื่อถือได้ของการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟ่าในตารางที่ 3.3 และของการ-

วิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 ในตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์ครั้งนี้บางตัวอย่างรายงานค่า ND ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ได้ เนื่องจากสารตัวอย่างที่ใช้วิเคราะห์บางตัวอย่างไม่สามารถนับความแรงรังสีได้ คือ ค่าที่นับได้เท่ากับรังสีจากสิ่งแวดล้อม กล่าวคือ สารตัวอย่างนั้นมีเรดิโอไอโซโทปที่ปลดปล่อยอนุภาค-อัลฟา และ/หรือ มีปริมาณเรเดียม-226 อยู่แต่น้อยมาก การเพิ่มปริมาณตัวอย่างน้ำให้มากขึ้น จะช่วยให้การวิเคราะห์นี้กระทำได้ผลดี ซึ่งในการทดลองนี้ได้-พยายามใช้ตัวอย่างน้ำมากที่สุดเท่าที่จะมี จากการทดลองพบว่า การเก็บตัวอย่างหากกรองเอาดินตะกอนและสารแขวนลอยอื่น ๆ ออกจากตัวอย่างน้ำก่อนที่จะส่งเข้า-ห้องปฏิบัติการเพื่อทำการวิเคราะห์ต่อไปจะเป็นการดีมาก ทั้งนี้เพื่อป้องกันการแลกเปลี่ยนเรเดียม-226 ระหว่างดินและน้ำในระหว่างการขนส่งตัวอย่าง ซึ่งจะ-ทำให้ได้ข้อมูลของความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 เฉพาะที่มีอยู่ในน้ำอย่างแท้จริง แต่เนื่องจากสถานที่ที่ไปเก็บตัวอย่างไม่เอื้ออำนวยให้ปฏิบัติได้โดยสะดวก ทางกองอนามัยสิ่งแวดล้อมซึ่งเป็นผู้จัดเก็บตัวอย่าง จึงไม่อาจ-ปฏิบัติได้ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนในการเตรียมตัวอย่างได้มีการกรองเอาสิ่งที่อยู่ในน้ำ ไม่ว่าจะเป็นสารแขวนลอยหรือตะกอนต่าง ๆ ออกจากตัวอย่างน้ำจนหมด

สำหรับการตรวจสอบเคมิคัลยิลด์ของกรรมวิธีวิเคราะห์ปริมาณ-เรเดียม-226 ได้ดำเนินการโดยใช้แบเรียม-133 เป็นสารติดตาม(tracer) และพบว่า สามารถแยกเรเดียม-226 ออกจากสารตัวอย่างได้อย่างบริสุทธิ์ โดยมีเคมิคัลยิลด์สูงถึงร้อยละ 94-98 ส่วนขีดจำกัดต่ำสุดของการวัดความแรง-รังสีรวมอัลฟาและวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 มีอยู่ตั้งแต่ 0.23-0.36 และ 0.011-0.135 พิโคคูรี ตามลำดับ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับขีดจำกัดของประสิทธิภาพของเครื่องวัดรังสีรวมอัลฟาที่ใช้ ซึ่งมีค่าแบคกราวนด์ตั้งแต่ 13 ถึง 18 ครั้งต่อการ-นับ 50 นาที นั่นคือ ค่าแบคกราวนด์ในระหว่างที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างมีการเปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน และยังถูกจำกัดเนื่องจากความไม่สม่ำเสมอของความหนาของตะกอนเรเดียม-แบเรียมซัลเฟตอีกด้วย

เพื่อเพิ่มความไวของการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟาและการวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 จึงใช้วิธีการที่จะเพิ่มความเข้มข้น โดยระเหยตัวอย่างน้ำปริมาตร 4-9 ลิตรให้เหลือเพียง 40 ลบ.ซม. และวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 ด้วยกรรมวิธีทางเคมีโดยการตกตะกอนร่วมในรูปเรเดียมซัลเฟต แล้วทำให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคการสกัด ตกตะกอนขั้นสุดท้ายและเก็บตะกอนไว้ประมาณ 3 สัปดาห์ จึงนำมานับรังสี เพื่อลดการรบกวนของเรเดียม-224 และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวัดความแรงรังสีขึ้นอีก 4 เท่า (70)

สำหรับสารตัวอย่างที่เตรียมไว้และยังไม่นำเข้านับรังสี อาจจะดูดน้ำจากอากาศกลับคืนได้ง่าย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บสารตัวอย่างที่แห้งแล้วในภาชนะป้องกันความชื้น จนกว่าจะนำไปนับรังสี เพื่อป้องกันมิให้ไอน้ำจากความชื้นในตะกอนไปรบกวนหัววัดรังสี นอกจากนี้ ในการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟา ข้อที่ควรคำนึงถึงอีกข้อหนึ่ง คือ ผลกระทบของความหนาของตะกอนที่จะมีต่อประสิทธิภาพของการวัด จากการศึกษาถึงค่า self absorption สำหรับการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟา ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 และรูปที่ 3.1 พบว่า น้ำหนักตะกอนที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 2.944-4.752 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร จะทำให้ค่าประสิทธิภาพของการวัดร้อยละ 13.549-12.611 ฉะนั้นในการศึกษานี้จึงเลือกใช้น้ำหนักตะกอนในช่วงนี้ เพราะประสิทธิภาพของการวัดที่ได้รับจะมีค่าค่อนข้างคงที่ ทำให้ผลกระทบของ self absorption มีค่าน้อยมาก และสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณเรเดียม-226 นั้น ชนิษฐา กมลรัตน์ (57) ได้ทำการทดลองและรายงานไว้ว่า ค่าความหนาของตะกอนตั้งแต่ 0.2220-0.7205 มิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร ประสิทธิภาพของการวัดจะมีค่าคงที่ตลอดคือ ร้อยละ 17.73 ± 1.601 โดยคิดเฉพาะช่วงที่เรเดียม-226 สลายตัวเป็นเรดอน-222 เท่านั้น

เทคนิคการวัดความแรงรังสีรวมอัลฟา และการหาปริมาณเรเดียม-226 ที่นำมาใช้ในการศึกษาวิจัยนี้ นอกจากจะมีความถูกต้องแม่นยำในการวิเคราะห์และมีเคมิคัลยิลด์ในการแยกเรเดียม-226 สูงดังกล่าวแล้วข้างต้น ยังเป็นวิธีที่มีความไวและมี selectivity สูงพอสมควร รวมทั้งเป็นวิธีการที่ง่ายไม่ต้องใช้-

เครื่องมือเครื่องใช้ ซึ่งมีลักษณะพิเศษและมีราคาแพง สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างเป็นจำนวนมากในระบบงานประจำได้เป็นอย่างดี เนื่องจากขบวนการในการทำการวิเคราะห์สำหรับการนับความแรงรังสีรวมอัลฟา พบว่ากระทำได้รวดเร็ว ส่วนการวิเคราะห์เรเดียม-226 นั้น สามารถวิเคราะห์ได้อย่างน้อยถึง 10 ตัวอย่าง ในเวลาเพียง 2 วัน โดยมีขีดจำกัดคือ เครื่องเขย่าและเครื่องวัดรังสีเพียงอย่างละ 1 ชุด ซึ่งถ้าเพิ่มเครื่องเขย่าและอุปกรณ์วัดรังสีให้มากขึ้นอาจทำการวิเคราะห์ตัวอย่างได้มากขึ้น

ถึงแม้ว่า ผลของการศึกษาในครั้งนี้ยังไม่อาจจะประเมินค่าระดับมูลฐานได้ เนื่องจากยังขาดข้อมูลที่สำคัญอีกหลายประการ แต่อาจใช้เป็นแนวทางให้ผู้สนใจหรือหน่วยราชการอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสวัสดิภาพของประชากรที่จะร่วมกันดำเนินการศึกษาเพิ่มเติม เพื่อนำไปสู่การประเมินค่าระดับมูลฐานของความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ในน้ำบริโภค และค่าความแรงรังสีรวมอัลฟาและปริมาณเรเดียม-226 ที่จะกำหนดให้มีได้สูงสุดในประเทศต่อไป