

เทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอนเพื่อหาบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง :
กรณีศึกษาคลองบางกอกใหญ่



นายภูริต ควินรัมย์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

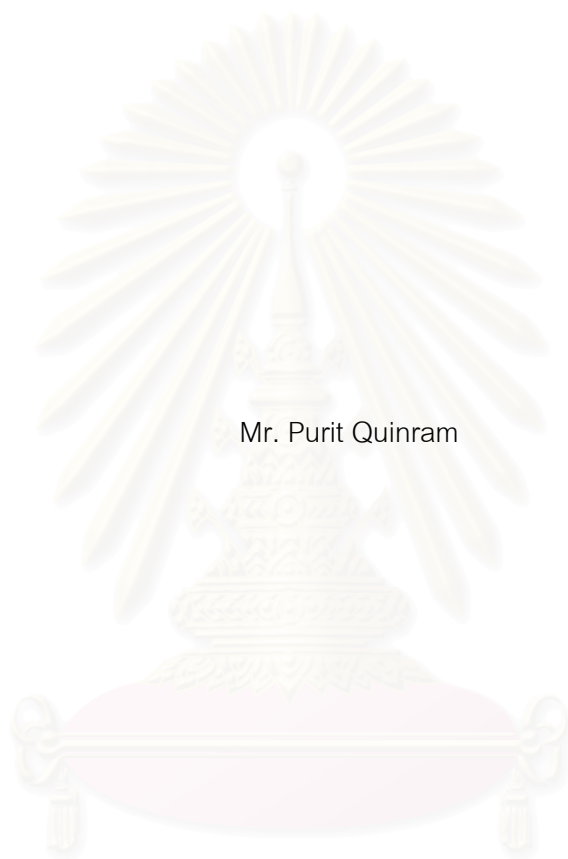
สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A RADON MONITORING TECHNIQUE FOR DETERMINING AREAS OF SHALLOW
GROUNDWATER SEEPAGE INTO THE KHLONG : A CASE STUDY OF KHLONG
BANGKOK YAI



Mr. Purit Quinram

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

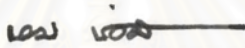
Chulalongkorn University

Academic Year 2007

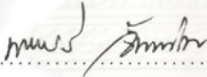
Copyright of Chulalongkorn University

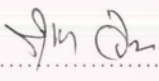
หัวข้อวิทยานิพนธ์	เทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอนเพื่อหาบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้น เข้าสู่คลอง : กรณีศึกษาคลองบางกอกใหญ่
โดย	นายภูริต ควินรัมย์
สาขาวิชา	นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทร์โยธา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริววงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทร์ขาว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทร์โยธา)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.อุตร ยิ่งช่วย)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ศิริวิฒนา บัญชรเทวกุล)

ภูริต ควินรัมย์ : เทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอนเพื่อหาบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลอง: กรณีศึกษาคลองบางกอกใหญ่ (A RADON MONITORING TECHNIQUE FOR DETERMINING AREAS OF SHALLOW GROUNDWATER SEEPAGE INTO THE KHLONG: A CASE STUDY OF KHLONG BANGKOK YAI) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สุพิชชา จันทร์โยธา, 58 หน้า.

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์ในการใช้เทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอนซึ่งเป็นก๊าซตามธรรมชาติเพื่อหาบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่ ในเบื้องต้นได้ทำการนั่งเรือสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นโดยอาศัยจากผลการวัดก๊าซเรดอนในน้ำคลองตลอดคลองบางกอกใหญ่ ผลการสำรวจพบว่าบริเวณพื้นที่ระหว่างวัดกำแพงและวัดคูหาสวรรค์มีปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนสูงกว่าบริเวณพื้นที่อื่น ดังนั้น จึงได้ทำการตั้งสถานีตรวจวัดก๊าซเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารในน้ำคลอง และในน้ำใต้ดินจากหลุมเจาะที่ขุดขึ้นใกล้บริเวณพื้นที่วัดคูหาสวรรค์ตลอด 24 ชั่วโมง ผลการวิเคราะห์พบว่า ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอน ค่าความนำไฟฟ้า และค่าสารอาหารของน้ำในคลองบางกอกใหญ่ ณ บริเวณพื้นที่ศึกษามีความสัมพันธ์กับน้ำใต้ดินตื้นจากหลุมเจาะซึ่งผลการวิเคราะห์บ่งชี้ว่าบริเวณดังกล่าวมีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลอง ดังนั้นจากผลการวิจัยนี้จึงอาจสรุปได้ว่าก๊าซเรดอนซึ่งเป็นก๊าซตามธรรมชาติสามารถใช้เป็นตัวติดตามเพื่อหาบริเวณที่มีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินเข้าสู่แหล่งน้ำใดๆได้ดี นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่าน้ำใต้ดินตื้นมีส่วนในการพัดพาสารอาหารซึ่งเป็นผลทำให้น้ำในคลองเน่าเสียเข้าสู่คลองด้วย

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา...นิเวศวิทยาเทคโนโลยี..... ลายมือชื่อนิสิต..... ภูริต ควินรัมย์.....
สาขาวิชา...นิเวศวิทยาเทคโนโลยี..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก..... จิม อิน.....
ปีการศึกษา.....2550.....

4470264321 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: GROUNDWATER/ RADON-222

PURIT QUINRAM: A RADON MONITORING TECHNIQUE FOR DETERMINING AREAS OF SHALLOW GROUNDWATER SEEPAGE INTO THE KHLONG: A CASE STUDY OF KHLONG BANGKOK YAI. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.SUPITCHA CHANYOTHA, 58 pp.

This research, natural radon gas (²²²Rn) monitoring technique was employed to determine the areas of shallow groundwater seepage into Khlong, Khlong Bangkok Yai is a case study. The preliminary survey of radon concentration along the Khlong was done by boat survey to seek for the potential areas of shallow groundwater seepage into the Khlong Bangkok Yai. During the boat survey, it has been found that, the radon gas concentrations in khlong water between Wat Kamphang and Wat Khuhasawan areas are higher than radon concentration in other areas of Khlong Bangkok Yai. Therefore, the continuous radon gas monitoring station was installed at Sala of private house which located near Wat Khuhasawan to measure changes in water level, radon activity and nutrient concentrations over approximately 24-hours. At the same time, radon activity and nutrient concentration were measured in shallow groundwater collected from hollowed holes located about 15 meters landward from the time series station. It was found that, the changing patterns of radon concentration, electrical conductivity and nutrient in the Khlong water were similar and related to the shallow groundwater. These results confirm that shallow groundwater in these areas seepage into Khlong Bangkok Yai. Therefore, the results from this study show that, radon gas is an excellent natural tracer for located the areas of the shallow groundwater seepage into Khlong or open channel. In addition, the results also find that groundwater in these areas may represent a significant pathway for nutrient into Khlong Bangkok Yai.

Department.....Nuclear Technology.....Student's signature 
Field of study.....Nuclear Technology.....Advisor's signature 
Academic year...2007.....

กิตติกรรมประกาศ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือของ รศ.ดร.สุพิชชา จันทโรยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งได้ตรวจทานและแก้ไขต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีทุกท่าน

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และ สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเฟื้ออุปกรณ์เครื่องมือในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณสำนักงานระบายน้ำ กลุ่มงานบำรุงรักษาคลอง 1 (ฝั่งพระนคร) และ คลอง 2 (ฝั่งธนบุรี) ที่เอื้อเฟื้อเรือไฟเบอร์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณสิวลีสมิทธิ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณนิสิต ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี ทุกคนที่คอยช่วยเหลือถามไถ่และให้กำลังใจ

สุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบพระคุณครอบครัวของข้าพเจ้า บิดา มารดา ที่อบรมสั่งสอน และน้องๆ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้ข้าพเจ้าเสมอมา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย.....	3
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 เรดอน.....	5
2.2 สารอาหาร.....	8
2.3 ค่าความนำไฟฟ้า.....	9
2.4 ความแตกต่างระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล.....	10
2.5 การตรวจวัดก๊าซเรดอนในน้ำ.....	11
3 วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการดำเนินการวิจัย.....	14
3.1 วัสดุ และสารเคมี.....	14
3.2 อุปกรณ์.....	15
3.3 เครื่องมือ.....	15
3.4 พื้นที่ทำการวิจัย.....	16
3.5 การดำเนินการวิจัย.....	17

บทที่	หน้า
4 ผลการวิจัย.....	29
4.1 ผลการสำรวจหาดำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลอง.....	29
4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนในบริเวณวัดคูหาสวรรค์.....	35
5 สรุป วิเคราะห์ผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	41
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	41
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	45
รายการอ้างอิง.....	46
ภาคผนวก.....	48
ภาคผนวก - ก.....	49
ภาคผนวก - ข.....	53
ภาคผนวก - ค.....	55
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	58

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ณ

ตาราง	หน้า
2.1 นิวไคลด์รังสีตั้งต้นของต้นกำเนิดรังสีในธรรมชาติ.....	6
4.1 แสดงค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนจากน้ำใต้ดินในแต่ละหลุมที่ขุดเจาะ.....	35
5.1 ปริมาณความเข้มข้นเรดอนในการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง.....	41
5.2 ปริมาณสารอาหารในการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง.....	42
ก-1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองครั้งที่ 1.....	49
ก-2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองครั้งที่ 2.....	50
ก-3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองครั้งที่ 3.....	51
ก-4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองครั้งที่ 4.....	52
ข-1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551....	53
ข-2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากหลุม 2 A ในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551....	53
ข-3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากหลุม 1 A ในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551....	54
ข-4 เวล่าน้ำขึ้นน้ำลง.....	54
ข-5 ปริมาณฝนที่ตกในเดือนที่ทำการทดลอง.....	54
ค-1 ข้อมูลการวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากน้ำใต้ดิน ณ หลุม 2A	55

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ญ

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 ระบบวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน RAD 7 จำนวน 1 เครื่อง.....	12
2.2 ระบบวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน RAD 7 จำนวน 3 เครื่อง.....	12
2.3 ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอน โดยใช้เครื่อง RAD7-H ₂ O.....	12
3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ทำการวิจัย.....	16
3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย.....	17
3.3 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเรือเพื่อตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน.....	18
3.4 แผนผังแสดงบริเวณพื้นที่หลุมที่ทำการเจาะเก็บน้ำใต้ดิน.....	26
3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ RAD7 ตรวจวัดปริมาณเรดอนจากคลองบางกอกใหญ่.....	28
3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ดูดน้ำจากหลุมที่ทำการขุดขึ้น.....	28
4.1 ปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่.....	29
4.2 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่ขาไปวิ่งจากปาก คลองไปต้นน้ำที่คลองมอญ.....	30
4.3 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่ขากลับวิ่งจาก คลองมอญไปปากคลอง.....	30
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 1.....	31
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 2.....	31
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 3.....	32
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 4.....	32
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการ สำรวจครั้งที่ 1.....	33
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการ สำรวจครั้งที่ 2.....	33
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการ สำรวจครั้งที่.....	34

ภาพประกอบ	หน้า
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 4.....	34
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากการสำรวจ.....	35
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551.....	36
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลองเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551.....	36
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำใต้ดิน ตื้น ณ หลุม 2A ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551.....	37
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำใต้ดินตื้น ณ หลุม 2A โดยทำการเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551	38
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำใต้ดิน ตื้น ณ หลุม 1A ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551.....	39
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารจากน้ำใต้ดินตื้น ณ หลุม 1A โดยทำการเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำในคลอง ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551	39
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างเรดอนของน้ำคลองและน้ำใต้ดินจากหลุม.....	40
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารแอมโมเนียในน้ำคลองกับน้ำใต้ดินหลุม 2A.....	40

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหา

ในกรุงเทพมหานครมีคลองมากมายไม่ว่าจะเป็นคลองที่มีมนุษย์ขุดขึ้นมาเองหรือคลองแม่น้ำที่เกิดขึ้นมาตามธรรมชาติ ทำให้ทุกวันนี้ในแต่ละพื้นที่ในบริเวณรอบคลองมองไปทางไหนก็มีแต่สิ่งปลูกสร้างมากมายเรียงรายกันไปหมดผู้คนอาศัยกันอยู่รอบๆคลองทำให้บางพื้นที่แออัดเต็มไปด้วยผู้คน บางบ้านก็อาศัยคลองเป็นที่ทิ้งของเหลือออกจากบ้านเรือนตัวเอง และน้ำที่มาจากน้ำฝนหรือมาจากตามบ้านเรือนอาจจะชะสิ่งสกปรกลงสู่น้ำคลองหรือซึมลงไปใต้ดิน ทำให้บางคลองเกิดน้ำเน่าเสีย มีกลิ่น มีสีขุ่น ทำให้ไม่น่ามองดู ซ้ำยังทำให้สภาพแวดล้อมเสียไปด้วย และจากที่กล่าวไปข้างต้นจึงทำให้เกิดงานวิจัยในการที่จะศึกษาการซึมผ่านของน้ำใต้ดินเข้าสู่คลองและบ่อน้ำใต้ดิน

เนื่องจากน้ำใต้ดินเป็นแหล่งกำเนิดสารอาหารและเป็นตัวละลายส่วนต่างๆ [1] ลงสู่คลองและน้ำใต้ดิน การประมาณหาบริเวณพื้นที่และขนาดของการไหลของน้ำใต้ดินค่อนข้างยาก เพราะการวัดค่าไม่สามารถให้ผลอย่างชัดเจนและการปลดปล่อยของน้ำใต้ดินในแต่ละบริเวณพื้นที่ไม่ชัดเจน การประมาณการปลดปล่อยของน้ำใต้ดินโดยใช้เรดอนเป็นตัวติดตามนั้น เป็นวิธีทางอ้อมเนื่องจากปริมาณความเข้มข้นของก๊าซเรดอน-222 ในน้ำใต้ดินจะมีค่ามากกว่าน้ำผิวดินประมาณ 1,000 เท่า และก๊าซเรดอน-222 เป็นก๊าซเฉื่อยซึ่งจะไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีจึงทำให้ก๊าซเรดอน-222 เป็นตัวติดตามที่ดี [1]

ก๊าซเรดอน-222 เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-226 ที่เกิดจากการสลายตัวของยูเรเนียม-238 เป็นสารกัมมันตรังสีที่มีคุณสมบัติเป็นก๊าซเฉื่อย ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส และไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ดังนั้น จึงไม่สามารถตรวจจับได้ด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ ซึ่งการแพร่กระจายของก๊าซเรดอน-222 มีส่วนสัมพันธ์กับปริมาณของธาตุเรเดียม และธาตุยูเรเนียม เนื่องจากน้ำใต้ดินจะเชื่อมกับหินในชั้นเปลือกโลก และแทรกซึมไปตามรูพรุน ช่องว่างในดิน และหิน จึงทำให้เรดอนที่ปลดปล่อยภายในช่องว่างนั้นละลายมากับน้ำการตรวจพบว่าบริเวณใดมีปริมาณเรดอนในน้ำผิวดินสูงกว่าค่าเฉลี่ยโดยทั่วไปจึงทำให้รู้ว่าบริเวณนั้นมีน้ำใต้ดินไหลเข้ามาในคลองและน้ำใต้ดินที่ไหลออกมาอาจพัดพาเอาสิ่งปนเปื้อนจากน้ำโสโครกตามบ้านเรือน โรงงานต่างๆ ผิวดินหรือน้ำทิ้งที่ซึมลงสู่ใต้ดิน ทำให้ต้องมีการวัดหาค่าสารอาหารจากน้ำใต้ดินที่ทำการทดลองว่ามีสารอาหารจำพวก แอมโมเนีย, ไนโตรเจน, ไนเตรต และฟอสเฟต เพื่อใช้บอกถึงคุณภาพ

ของน้ำนั้นอย่างคร่าวๆ ว่า น้ำนั้นถูกปะปนด้วยอุจจาระหรือปัสสาวะหรือไม่ เช่น น้ำที่มีอินทรีย์ไนโตรเจนและแอมโมเนียไนโตรเจน แสดงว่าถูกทำให้สกปรกใหม่ๆ แต่ถ้าน้ำนั้นมีไนเตรทไนโตรเจนเป็นส่วนใหญ่แสดงว่าน้ำนั้นถูกทำให้สกปรกเป็นเวลานานแล้ว[2] และวัดค่าความนำไฟฟ้าเพื่อแสดงถึงความเข้มข้นของเกลือทั้งหมดที่ละลายในน้ำ ซึ่งเป็นค่าวัดโดยรวมไม่สามารถแยกบอกความเข้มข้นของเกลือแต่ละตัวได้ ทั้งในคลองและบ่อน้ำใต้ดิน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาบริเวณที่มีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่โดยเทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนในน้ำคลองและบ่อน้ำใต้ดินในพื้นที่เขตบางกอกใหญ่โดยใช้อุปกรณ์วัดก๊าซเรดอน RAD7

1.3.2 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารได้แก่ แอมโมเนีย ไนโตรท ไนเตรท และฟอสเฟต และค่าความนำไฟฟ้าของน้ำคลองและน้ำใต้ดินที่ซึมเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูลและเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.4.2 กำหนดพื้นที่คลองที่ต้องการศึกษาและทำการสำรวจเบื้องต้นโดยทางเรือเพื่อสำรวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินเข้าสู่คลองโดยทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนในน้ำพร้อมกับวัดค่าความนำไฟฟ้าและเก็บน้ำในแต่ละจุดของช่วงเวลาที่ทำการวัด

1.4.3 ประมวลผลข้อมูลจากการไปสำรวจและเก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพื่อกำหนดบริเวณที่จะทำการวิจัยในรายละเอียดต่อไป

1.4.4 นำผลที่ได้จากข้อ 1.4.3 มาทำการสำรวจพื้นที่อย่างละเอียด พร้อมทั้งหาแหล่งบ่อน้ำใต้ดินที่ใกล้เคียงเพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอน เก็บตัวอย่างน้ำและวัดค่าความนำไฟฟ้ามาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบ

1.4.5 ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณก๊าซเรดอนสารอาหารและค่าความนำไฟฟ้า

1.4.6 สรุป วิจารณ์ผลงานวิจัย และเขียนรายงานวิทยานิพนธ์

1.5 ประโยชน์ที่ได้รับ

- 1.5.1 สามารถระบุบริเวณที่มีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินที่เข้าสู่คลองบางกอกใหญ่
- 1.5.2 ได้ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหาร และค่าความนำไฟฟ้าของน้ำคลองและน้ำใต้ดินที่ซึมเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่
- 1.5.3 สามารถนำเทคนิคนี้ไปประยุกต์ใช้ในการหาบริเวณที่มีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินที่เข้าสู่แหล่งน้ำอื่นได้

1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.6.1 Guebuem Kim, W.C.Burnett, H.Dulaiova, P.W.Swarzenski, and W.S.Moore.[4] ทำการศึกษาเรื่อง Measurement of ^{224}Ra and ^{226}Ra Activities in Natural Waters Using a Radon-in-air monitor นำเสนอเทคนิคใหม่ในการวัด ^{224}Ra กับ ^{226}Ra ระดับต่ำในน้ำธรรมชาติ โดยเรเดียมที่อยู่ในน้ำธรรมชาติจะถูกทำให้เข้มข้นโดยการจับของ Mn fiber ในคอลัมน์ ก๊าซเรดอนที่เกิดขึ้นจากการสลายตัวของเรเดียมจะเคลื่อนตัววนอยู่ในรูปของเครื่องวัดก๊าซเรดอน เครื่องวัดก๊าซเรดอนจะวัดอัตราการสลายตัวของลูกเรดอนที่ปล่อยรังสีแอลฟาออกมา ข้อมูลจะถูกรวบรวมในช่องพลังงานจำเพาะของใครของมัน โดย ^{224}Ra จะถูกนับวัดทันทีโดย ^{220}Rn (^{216}Po) และ ^{226}Ra จะถูกนับวัดโดย ^{222}Rn (^{218}Po) หลังจากทิ้งไว้ 2-3 วัน นี่คือนิยามที่ง่าย เร็วและแม่นยำในการวัดความแรงของ ^{224}Ra กับ ^{226}Ra ระดับต่ำที่ปราศจากระบบการทางเคมีที่เป็ยการวัดอย่างรวดเร็วของกัมมันตรังสีที่มีค่าครึ่งชีวิตสั้นอย่าง ^{222}Rn และ ^{224}Ra กับค่าครึ่งชีวิตยาวอย่าง ^{226}Ra บางทีถูกนำไปวัดน้ำธรรมชาติโดยใช้ระบบ single portable สำหรับวัดกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อม

1.6.2 Jong-Mi Lee, Guebuem Kim.[5] ทำการศึกษาเรื่อง A simple and rapid method for analyzing radon in coastal and ground waters using a radon-in-air monitor ได้พัฒนาเทคนิคอย่างง่ายและเทคนิค portable สำหรับวัดก๊าซเรดอนในน้ำธรรมชาติซึ่งได้แก่ น้ำชายฝั่ง น้ำใต้ดินและน้ำในแม่น้ำ น้ำตัวอย่างจะถูกบรรจุลงในขวดซึ่งถูกต่อกับ radon-in-air monitor ในโหมด air loop ที่ปิด ก๊าซเรดอนจะพุ่งกระจายออกจากน้ำโดยการพ่นอากาศเข้าไปในขวดจนกระทั่งเกิดสมดุลทางเคมี ระหว่าง 2 phase ก๊าซเรดอนใน air loop จะถูกหาโดยใช้ radon-in-air monitor จากนั้นก๊าซเรดอนในน้ำจะถูกคำนวณจากแพคเกจแยกส่วนระหว่างน้ำและอากาศสำหรับอุณหภูมิของน้ำ นี่คือนิยามโดยเฉพาะในการหาก๊าซเรดอนในน้ำธรรมชาติที่สะดวก

1.6.3 William C.Burnett, Henrieta Dulaiova.[6] ทำการศึกษาเรื่อง Estimating the dynamics of groundwater input into the coastal zone via continuous radon-222 measurements

Submarine groundwater discharge (SGD) ที่ไหลลงชายฝั่งซึ่งได้รับความสนใจภายในไม่กี่ปีมานี้ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สำคัญที่แสดงถึงการไหลของวัตถุ การประเมินพลักร์การไหลของวัตถุนั้นค่อนข้างยาก จึงใช้ continuous radon monitor วัดความเข้มข้นของก๊าซเรดอนในน้ำชายฝั่ง โดยใช้เวลาในการวัด 24 ชั่วโมง การเปลี่ยนแปลงของก๊าซเรดอนสามารถถูกแปลงกลับไปหาพลักร์ของเรดอนได้ และสามารถคำนวณหาพลักร์ของน้ำได้ สันนิษฐานว่าการไหลของ radon-enriched groundwater ที่ซึมออกมาเป็นตัวแทนของก๊าซเรดอนที่ไหลจากบริเวณชายฝั่ง

1.6.4 H.Dulaiova, R.Peterson, W.C.Burnett, D.Lane-Smith.[7] ทำการศึกษาเรื่อง A multi-detector continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean

ก๊าซเรดอนถูกขึ้นชื่อได้ว่าเป็นตัวติดตามการไหลของน้ำใต้ดินและกระบวนการอื่นๆ ในทางกายภาพในชายฝั่งมหาสมุทร เนื่องจากว่ามันมีประโยชน์แต่ในการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่อนข้างใช้เวลามาก พวกเขาได้ทดลองให้เห็นโดยใช้ระบบแบบหลายหัววัด (automated multi-detector system) โดยทำการวัดอย่างต่อเนื่องในการหาค่าความแรงเรดอนในชายฝั่งมหาสมุทร โดยระบบจะวิเคราะห์เรดอนโดยการปั้มน้ำเข้าตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (air-water exchanger) ที่ซึ่งจะให้เรดอนออกมา และก๊าซเรดอนจะถูกดูดเข้าไปทำการวัดหาความเข้มข้นเรดอนโดยเครื่องมือวัดก๊าซเรดอน (RAD7) จำนวน 3 เครื่องที่ต่อขนานกันโดยทำการตั้งเครื่องวัดแบบ out of phase ซึ่งจะได้ค่าใหม่ประมาณ 6 ค่าใน 1 ชั่วโมง (ให้เครื่องวัดรอบ (cycle) ละ 21 นาทีโดยแต่ละเครื่องเริ่มทำการวัดห่างกัน 7 นาที) การวัดด้วย RAD7 จำนวน 3 เครื่องนี้ทำให้การเข้าสู่สมดุลกัมมันตรังสีเร็วขึ้น (ประมาณ 20 นาที) และให้ค่าทางสถิติที่สัมพันธ์กันทั้ง 3 เครื่อง

1.6.5 W.C.Burnett, G.Kim, D.Lane-Smith. [8] ทำการศึกษาเรื่อง A continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean เรดอนเป็นตัวติดตามน้ำใต้ดินไหลลงสู่มหาสมุทรเป็นอย่างดี เนื่องจากถูกจำกัดในเรื่องการใช้เวลาในการเก็บแต่ละตัวอย่างและการวิเคราะห์ ถ้าจะทำการหาความแรงเรดอนในชายฝั่งมหาสมุทรให้ใช้ระบบวัดแบบต่อเนื่อง ระบบจะทำการวัดเรดอนโดยการผ่านน้ำผ่านเข้าไปในตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (air-water exchanger) ซึ่งจะทำให้เรดอนฟุ้งกระจายออกมาจากน้ำ ซึ่งก๊าซเรดอนจะถูกดูดเข้าไปในเครื่องมือวัดก๊าซเรดอน (RAD7) เพื่อทำการวัดหาความเข้มข้นเรดอนโดยวัดค่าจากการปลดปล่อยแอลฟาของ ^{214}Po และ ^{218}Po โดยหัววัดแบบกึ่งตัวนำ เนื่องจากการเข้าสู่สภาวะสมดุลเรดอนระหว่างอากาศกับน้ำจะสามารถหาค่าความเข้มข้นเรดอนของน้ำได้โดยต้องรู้ค่าอุณหภูมิของน้ำมาทำการคำนวณ

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 เรดอน (Radon) [9]

เรดอนเป็นธาตุกัมมันตรังสีที่เกิดมาจากการสลายตัวของเรเดียม ซึ่งจะมี 3 ไอโซโทปด้วยกันคือ เรดอน-219 หรือเรียกอีกชื่อว่า แอคตินอน (Actinon), เรดอน-220 เรียกอีกอย่างว่า ทอรอน (Thoron) และเรดอน-222 เรียกอีกชื่อว่า เรดอน (Radon) พบว่าแอคตินอนนั้นจะสลายตัวมาจาก อนุกรมการสลายตัวแอคติเนียม (Actinium Series) ที่มียูเรเนียม-235เป็นธาตุตั้งต้น พบได้น้อยมากในธรรมชาติ เนื่องจากยูเรเนียม-235 มีน้อยมากในธรรมชาติ นอกจากนี้แอคตินอนก็ยังมีค่าครึ่งชีวิตสั้นเพียง 5 วินาทีเท่านั้น โอกาสที่จะมีแอคตินอนเกิดขึ้น และหลุดออกสู่สิ่งแวดล้อมจึงน้อยมาก ดังนั้น แอคตินอนจึงไม่ใช่ไอโซโทปที่ก่อให้เกิดปัญหาในสิ่งแวดล้อม ส่วนทอรอนจะสลายตัวมาจากอนุกรมทอเรียม (Thorium Series) ที่มีธาตุตั้งต้นคือทอเรียม-232 ถึงแม้ว่าทอเรียม-232 จะพบมากในธรรมชาติ แต่ทอรอนมีค่าครึ่งชีวิตสั้นแค่ 55 วินาทีจึงมักมีการสลายตัวไปก่อนที่จะหลุดออกสู่สิ่งแวดล้อม ดังนั้นทอรอนจึงไม่ใช่ไอโซโทปที่ก่อให้เกิดปัญหาในสิ่งแวดล้อมเช่นกัน แต่เมื่อพิจารณาเรดอนพบว่า เรดอนจะสลายตัวมาจากอนุกรมยูเรเนียมที่มียูเรเนียม-238 เป็นธาตุตั้งต้น จึงจะเห็นได้ว่านอกจากยูเรเนียม-238 จะพบมากในธรรมชาติแล้วนั้น เรดอนยังเป็นไอโซโทปที่มีค่าครึ่งชีวิตที่ยาวที่สุดคือ 3.82 วัน จึงสามารถฟุ้งกระจายไปในอากาศก่อให้เกิดปัญหาต่อสุขภาพ ดังนั้นเมื่อทำการศึกษาเรื่องเรดอนจึงมักพิจารณาแค่เรดอน-222 เท่านั้น

คุณสมบัติเชิงเคมีของเรดอน พบว่าเรดอนมีสถานะเป็นก๊าซ ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และเป็นก๊าซเฉื่อยแต่ก็ไม่ใช่ก๊าซเฉื่อยสมบูรณ์ เนื่องจากสามารถเกิดปฏิกิริยาในรูปสารประกอบเชิงซ้อนกับฟลูออไรด์เกิดเป็นเรดอนฟลูออไรด์ (Radon Fluoride) ได้ เช่นเดียวกับก๊าซเฉื่อยบางตัว เช่น คริปทอน (Krypton) และซีนอน (Xenon) และเมื่อเปรียบเทียบกับธาตุหมู่ 8 ตัวอื่น ๆ พบว่าเรดอนเป็นธาตุที่มีจุดเดือด และจุดหลอมเหลวสูงที่สุด คือจะมีจุดเดือด -61.8 องศาเซลเซียส และจุดหลอมเหลวเท่ากับ -71.0 องศาเซลเซียส

คุณสมบัติเชิงฟิสิกส์ของเรดอน พบว่าเรดอนสามารถละลายน้ำได้ แต่ความสามารถในการละลายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของน้ำ โดยเรดอนจะละลายในน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำได้ดีกว่าน้ำที่อุณหภูมิสูง และเรดอนยังสามารถละลายได้ดีมากในตัวทำละลายอินทรีย์ นอกจากนี้ยังพบว่าเรดอนจะไม่มีสีในอุณหภูมิกปกติ แต่ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิจุดเยือกแข็งเรดอนจะเปล่งแสงสีเหลืองสุกใส และเมื่อลดอุณหภูมิลงอีกเรดอนจะเปลี่ยนเป็นสีส้มแดง

ตารางที่ 2.1 นิวไคลด์รังสีตั้งต้นของต้นกำเนิดรังสีในธรรมชาติ[3]

นิวไคลด์	สัญลักษณ์	ครึ่งชีวิต	กัมมันตภาพหรือปริมาณ
ยูเรเนียม-235	^{235}U	7.04×10^8 ปี	0.72% ของยูเรเนียมธรรมชาติ
ยูเรเนียม-238	^{238}U	4.47×10^9 ปี	99.2745% ของยูเรเนียมธรรมชาติ ยูเรเนียมมีอยู่ในหินทั่วไปประมาณ 0.5-4.7 ppm
ทอเรียม-232	^{232}Th	1.41×10^{10} ปี	มีทอเรียมในหินทั่วไป 1.6-20 ppm และมีบนเปลือกโลกประมาณ 10.7 ppm
เรเดียม-226	^{226}Ra	1.60×10^3 ปี	0.42 pCi/g (16 Bq/kg) ในหินปูน และ 1.3 pCi/g (48 Bq/kg) ในหินแกรนิต
เรดอน-222	^{222}Rn	3.82 วัน	เป็นก๊าซเฉื่อย; มีกัมมันตภาพรังสีเฉลี่ยต่อปีใน USA 0.016 pCi/L (0.6 Bq/m ³) ถึง 0.75 pCi/L (28 Bq/m ³)
โปแตสเซียม-40	^{40}K	1.28×10^9 ปี	กัมมันตภาพรังสีจากดิน 1-30 pCi/g (0.037-1.1 Bq/g)

2.1.1 แหล่งกำเนิดเรดอน

2.1.1.1 แหล่งกำเนิดเรดอนภายนอกอาคาร

ดิน จากการสำรวจพบว่า ค่าเฉลี่ยของก๊าซเรดอนที่ถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศทั่วโลกประมาณ 80 % มาจากพื้นดินชั้นบน ซึ่งการฟุ้งกระจายของเรดอนมีส่วนสัมพันธ์กับเรเดียม และยูเรเนียมในดิน แม้ว่าธาตุเหล่านี้จะมีในดิน และหินเกือบทุกชนิดแต่ปริมาณจะแปรผันตามพื้นที่ และวัสดุทางธรณีวิทยา โดยทั่วไปความเข้มข้นของยูเรเนียมจะแสดงในหน่วย หนึ่งในล้านส่วนโดยน้ำหนัก (ppm) หรือในเทอมของความแรงรังสีจำเพาะ (specific activity) แสดงในหน่วย pCi ของ ^{238}U ต่อกรัมของวัสดุ เมื่อพิจารณาความเข้มข้นของยูเรเนียมในหิน พบว่าหินแต่ละชนิดจะมีความเข้มข้นของยูเรเนียมแตกต่างกัน เช่น หินแกรนิตจะมีความเข้มข้นของยูเรเนียมสูง โดยจะมีความเข้มข้นเฉลี่ยประมาณ 1.6 pCi/g หินบะซอลต์จะมีความเข้มข้นยูเรเนียมประมาณ 0.3 pCi/g ส่วนหินในชั้นเปลือกโลกจะมีความเข้มข้นยูเรเนียมเฉลี่ยประมาณ 1 pCi/g และในบางชนิดอาจมีค่ามากกว่านี้ สำหรับอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอนในแต่ละที่จะไม่เท่ากันขึ้นกับความแตกต่างของความเข้มข้นเรเดียม และค่าความสามารถในการซึมผ่านของดิน นอกจากนี้ปริมาณน้ำในดินก็มีผลต่ออัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอนด้วยคือ ในบริเวณที่มีปริมาณน้ำต่ำจะมี

การปลดปล่อยของก๊าซเรดอนได้มากกว่าบริเวณที่มีปริมาณน้ำสูง รวมทั้งบริเวณที่มีความดันบรรยากาศสูงก็จะทำให้การปลดปล่อยของก๊าซเรดอนลดลงด้วย ดังนั้นอัตราการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจะแปรปรวนขึ้นกับเวลา และสถานที่

น้ำใต้ดิน แหล่งกำเนิดก๊าซเรดอนที่ปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมที่สำคัญเป็นอันดับสองคือน้ำใต้ดิน เนื่องจากน้ำใต้ดินจะเชื่อมกับหินในชั้นเปลือกโลก และแทรกซึมไปตามรูพรุน และช่องว่างในดิน และหิน จึงทำให้เรดอนที่ปลดปล่อยภายในช่องว่างนั้นละลายมากับน้ำ เมื่อน้ำขึ้นมาถึงผิวดินเรดอนส่วนใหญ่จะถูกปลดปล่อยออกสู่บรรยากาศ สำหรับความเข้มข้นของเรดอนนั้นจะขึ้นอยู่กับลักษณะของหินในบริเวณนั้น ๆ แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบเรดอนที่ถูกปลดปล่อยจากน้ำใต้ดินสู่บรรยากาศนั้นพบว่ามีความเข้มข้นน้อยมาก คือประมาณหนึ่งในห้าของปริมาณเรดอนที่ถูกปลดปล่อยจากดิน

แหล่งอื่น ๆ นอกจากนี้ยังมีการปลดปล่อยก๊าซเรดอนจากน้ำทะเลอีกด้วย แต่ความเข้มข้นของยูเรเนียม และเรเดียมในน้ำทะเลมีค่าน้อยกว่าในดิน และหิน แม้ว่าจะมีความเข้มข้นยูเรเนียมกับเรเดียมต่ำ แต่เรดอนมีความสามารถในการละลายน้ำสูง จึงทำให้มีการปลดปล่อยเรดอนจากผิวน้ำทะเลสู่บรรยากาศได้แม้เพียงเล็กน้อยก็ตาม

2.1.1.2 แหล่งกำเนิดเรดอนภายในอาคาร

วัสดุก่อสร้าง เนื่องจากวัสดุก่อสร้างทำมาจากหิน, ทราย และผลิตภัณฑ์จากแร่ ซึ่งมียูเรเนียม และเรเดียมเป็นองค์ประกอบ วัสดุก่อสร้างหลายชนิด เช่น อิฐ, กระเบื้องปูผนัง และคอนกรีตจะมีรูพรุน ดังนั้นจึงมีเรดอนจากวัสดุก่อสร้างหลุดออกสู่อากาศได้

น้ำใต้ดิน เรดอน และเรเดียมมีความสามารถในการละลายน้ำ เมื่อมีน้ำใต้ดินเคลื่อนที่ผ่านดิน และหินที่มีเรเดียมอยู่ เรเดียมก็จะสามารถละลาย และเคลื่อนที่ไปกับน้ำได้ ดังนั้นเมื่อทำการสูบน้ำใต้ดินที่มีเรดอนมาใช้จะทำให้มีเรดอนหลุดออกสู่สิ่งแวดล้อมได้

ก๊าซธรรมชาติ เนื่องจากก๊าซธรรมชาตินั้นถูกผลิตขึ้นที่ใต้ดินซึ่งจะมีเรดอนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย เมื่อมีการเผาไหม้ก็จะมีเรดอนถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม แต่ปริมาณของเรดอนที่มาจากก๊าซธรรมชาติจะไม่มีนัยสำคัญต่อปริมาณเรดอนในอาคาร เนื่องจากบริเวณห้องครัวจะเป็นบริเวณที่มีการถ่ายเทของอากาศ

ดิน ในสภาวะปกติปริมาณเรดอนภายในอาคารที่ปลดปล่อยมาจากดินนั้นจะมีอัตราการปลดปล่อยขึ้นกับความเข้มข้นของเรเดียม และความดันบรรยากาศในบริเวณนั้น เมื่อความดันบรรยากาศเพิ่มขึ้นอากาศที่มีความเข้มข้นของเรดอนต่ำจะถูกดันเข้าไปในดิน และเมื่อความดันลดลงอากาศในดินที่มีปริมาณเรดอนสูงก็จะออกมาจากดิน จะเห็นได้ว่าอาคารบ้านเรือนที่ตั้งอยู่บนพื้นดินจึงเปรียบเสมือนเป็นทางผ่านของเรดอน การปลดปล่อยเรดอนโดยตรงจากดิน

เข้าสู่อาคารนั้นจะมีคอนกรีตปิดทับดินอยู่จึงทำให้มีปริมาณเรดอนที่สามารถผ่านคอนกรีตออกมาได้น้อยมาก แต่หากอาคารมีรอยแตกเรดอนก็จะสามารถเล็ดลอดออกมาได้เช่นกัน

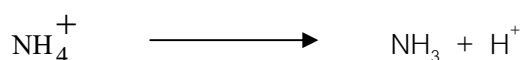
2.2 สารอาหาร [2]

2.2.1 ไนโตรเจน (Nitrogen)

สารประกอบไนโตรเจนเข้ามาเกี่ยวข้องกับงานทางด้านน้ำและน้ำโสโครกเพราะความสำคัญของไนโตรเจนในวงจรชีวิตของพืชและสัตว์ เคมีของไนโตรเจนค่อนข้างจะยุ่งยากเนื่องจากไนโตรเจนมีวาเลนซ์ได้หลายค่า และการเปลี่ยนแปลงวาเลนซ์นี้ เกิดขึ้นโดยสิ่งมีชีวิตแบบที่เรียสามารถเปลี่ยนแปลงวาเลนซ์ของไนโตรเจนให้มากขึ้นหรือน้อยลง ขึ้นอยู่กับว่าเป็นสถานะที่มีออกซิเจนหรือไม่มีออกซิเจน ในแง่ของอนินทรีย์เคมีสารประกอบไนโตรเจนมีได้มากมายหลายรูปในวาเลนซ์ที่มีแตกต่างกันถึง 7 ค่า NH_3 (-3), N_2 (0), N_2O (+1), NO (+2), N_2O_3 (+3), NO_2 (+4) และ N_2O_5 (+5) เท่าที่ทราบสารประกอบไนโตรเจนที่มีวาเลนซ์ +1, +2, และ +4 มีความสำคัญน้อยมากในขบวนการทางชีวะ สารประกอบไนโตรเจนที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับเรื่องน้ำดื่มและน้ำโสโครกอาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือสารประกอบอนินทรีย์ไนโตรเจน เช่น NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^- สารพวกนี้อาจอยู่ในรูปปุ๋ย หรือเกลือในปัสสาวะ ส่วนอีกชนิดคือสารประกอบอินทรีย์ไนโตรเจน เช่น โปรตีน กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก สารพวกนี้เป็นส่วนประกอบของร่างกายพืชและสัตว์ ในอุจจาระ ในปุ๋ยคอก เป็นต้น สาเหตุที่สารเหล่านี้เข้ามามีบทบาทในน้ำ (ทั้งน้ำสะอาดและน้ำโสโครก) ก็เพราะการที่มันสามารถเปลี่ยนจากรูปสารอินทรีย์นี้ไปเป็นสารอนินทรีย์โดยขบวนการที่เรียกว่า mineralization ซึ่งแบคทีเรียเป็นตัวสำคัญในการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง นอกจากนี้สารอนินทรีย์ในรูปต่างๆ ก็อาจเปลี่ยนกลับไปมาได้โดยแบคทีเรียเช่นกัน ขบวนการในการเกิดมีชื่อเรียกต่างๆ กัน เช่น ammonification, nitrification และ denitrification ความสำคัญของขบวนการ mineralization คือการเปลี่ยนสารอินทรีย์ในรูปที่ไม่ละลายน้ำให้เป็นรูปที่ละลายน้ำซึ่งแบคทีเรียสามารถนำไปใช้ได้ ขบวนการดังกล่าวมีความสำคัญเกี่ยวกับวัฏจักรเคมีในน้ำจืดมากเพราะทำให้มีสารอาหารซึ่งพวกพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตเล็กๆ ในน้ำสามารถนำไปใช้ได้

2.2.1.1 แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia) [2][10]

หมายถึง ไนโตรเจนทั้งหมดที่อยู่ในรูป NH_4^+ หรือในรูป NH_3 ซึ่งสมดุลกัน เรียกว่า แอมโมเนียไนโตรเจน เขียนแทนด้วยสมการดังนี้



ตามธรรมชาติจะพบแอมโมเนียในน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และในน้ำโสโครก แอมโมเนียเป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในโตรเจนด้วยแบคทีเรียจนกลายเป็นแอมโมเนีย แอมโมเนียจะเป็นตัวบ่งชี้ว่ามีสิ่งปนเปื้อนของน้ำที่มาจากห้องส้วม

2.2.1.2 ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite Nitrogen) [2][10]

ไนไตรท์เป็นสภาวะกึ่งกลางของวัฏจักรไนโตรเจนทั้งในการออกซิเดชันของแอมโมเนียไปเป็นไนเตรทและการรีดักชันของไนเตรท ไนไตรท์อาจพบบ้างในน้ำเสียที่ผ่านการกำจัดแล้ว ในน้ำผิวดินและน้ำใต้ดินไม่ใคร่พบไนไตรท์ในความเข้มข้นที่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าพบในน้ำมีไนไตรท์แสดงว่าการย่อยสลายสารอินทรีย์ยังไม่เสร็จสิ้นสมบูรณ์

2.2.1.3 ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate Nitrogen) [2][10]

เป็นสารที่เกิดจากการย่อยสลายสารไนไตรท์ ซึ่งเกิดมาจากสารแอมโมเนีย ถ้าพบว่ามีสารไนเตรทในน้ำแสดงว่าสารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำได้ถูกย่อยสลายจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์ หรือน้ำนั้นถูกทำให้สกปรกเป็นเวลานานแล้ว ไนเตรทปกติพบน้อยมากในน้ำผิวดินแต่จะพบในระดับสูงในน้ำใต้ดินบางแห่ง ในน้ำโสโครกใหม่ๆ จากอาคารบ้านเรือนจะพบไนเตรทในปริมาณน้อยมาก

2.2.2 ฟอสฟอรัสและฟอสเฟต(Phosphorus and Phosphate) [2][10]

ฟอสเฟตเป็นธาตุที่มีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชและสัตว์ เช่นเดียวกับไนเตรท และมักจะพบว่า เป็น growth limiting nutrient ของแหล่งน้ำถ้ามีปริมาณมากจะส่งผลกระทบต่อระบบสิ่งแวดล้อม ทำให้วัชพืชน้ำเติบโตเร็ว และช่วยในการเจริญเติบโตของสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินซึ่งหากบริเวณน้ำที่มีสาหร่ายเหล่านี้จะมีผลเสียต่อสุขภาพ ส่วนมากจะมาจากการปล่อยน้ำเสีย น้ำซักล้างลงแหล่งน้ำ

2.3 ค่าความนำไฟฟ้า [2]

ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) เป็นการวัดความสามารถของน้ำที่จะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน คุณสมบัติข้อนี้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น ชนิดของไอออนที่มีอยู่ในน้ำ และอุณหภูมิที่ทำการวัด น้ำที่มีไอออนของสารต่างๆ อยู่ในน้ำได้ทั้งนั้น ในสนามไฟฟ้ากระแสไอออนบวกจะเคลื่อนไปที่อิเล็กโทรดขั้วลบและไอออนลบจะเคลื่อนไปที่อิเล็กโทรดขั้วบวก กรด เบส และเกลืออนินทรีย์ เช่น HCl ,Na₂CO₃ และ NaCl เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีเพราะแตกตัวให้ไอออนบวกและลบ ในทางตรงข้ามโมเลกุลของสารอินทรีย์ เช่น ซูโครส และเบนซีน ไม่แตกตัวในน้ำจึงไม่นำไฟฟ้า ค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) ไม่ได้เป็นค่าเฉพาะไอออนตัวใดตัวหนึ่งแต่เป็นค่ารวมของไอออนทั้งหมดในน้ำ ค่านี้ไม่ได้บอกให้ทราบถึงชนิดของสารในน้ำ บอกแต่เพียงว่ามี การเพิ่มหรือลดของไอออนที่ละลายใน

น้ำเท่านั้น กล่าวคือถ้าค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) เพิ่มขึ้นก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำเพิ่มขึ้น หรือถ้าค่าความนำไฟฟ้า ลดลงก็แสดงว่าสารที่แตกตัวได้ในน้ำลดลง

2.4 ความแตกต่างระหว่างน้ำผิวดินและน้ำบาดาล [11]

2.4.1 น้ำผิวดิน หมายถึง ส่วนของน้ำฝนที่ตกลงสู่พื้นดินแล้วไหลลงสู่ที่ต่ำตามแม่น้ำลำคลอง ทะเลสาบ อ่างเก็บน้ำ หนองและบึง น้ำผิวดินนี้จะรวมทั้งน้ำที่ไหลล้นจากใต้ดินเข้ามาสมทบด้วย ดังจะเห็นได้จากลำธารหรือลำห้วยที่มีน้ำไหลอยู่ตลอดปี ไม่ว่าจะฝืนตกหรือไม่ ปริมาณน้ำที่ไหลในลำห้วยหรือลำน้ำในระหว่างฤดูแล้ง เป็นน้ำที่สะสมไว้ใต้ดินและซึมขึ้นมาตลอดเวลาที่ฝนไม่ตก การไหลนองบนพื้นดิน ทำให้น้ำผิวดินได้รับความสกปรกจากสิ่งแวดล้อมในรูปต่างๆ กัน น้ำผิวดินอาจมีความขุ่นและสารอินทรีย์สูง ปริมาณเกลือแร่ในน้ำอาจมีมากหรือน้อยก็ได้ นอกจากนี้น้ำผิวยังชะล้างสารพิษต่างๆ จากบริเวณเกษตรกรรมให้ไหลมาปนเปื้อนในน้ำผิวดิน สารพิษเหล่านี้ได้แก่ โลหะหนัก ไนเตรท ฟอสเฟต ยาฆ่าแมลง เป็นต้น หรือโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งปล่อยน้ำเสียที่ประกอบด้วยสารพิษหลายชนิดก็จะไหลมาปนเปื้อนอยู่ในน้ำผิวดินได้เช่นกัน โดยทั่วไปน้ำผิวดินจะมีปริมาณเหล็กและแมงกานีสเพียงเล็กน้อย และมีค่าความนำไฟฟ้า ส่วนใหญ่อยู่ในช่วงของน้ำประปา เพราะว่าน้ำประปาส่วนใหญ่ก็ทำมาจากน้ำดิบซึ่งก็คือน้ำผิวดินนั่นเอง (น้ำประปาจะมีค่าความนำไฟฟ้า ไม่มากกว่า 300 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร)

2.4.2 น้ำบาดาล

น้ำบาดาลเกิดจากน้ำผิวดินที่ซึมผ่านชั้นดินต่างๆ ลงไปจนถึงชั้นดินหรือชั้นหินที่ไม่ซึมน้ำ และเกิดการสะสมอยู่ระหว่างช่องว่างของเนื้อดิน โดยเฉพาะชั้นดินที่เป็นกรวด ทรายหิน ปริมาณของน้ำที่ขังอยู่ในชั้นของดินดังกล่าวจะค่อยๆ เพิ่มปริมาณมากขึ้นในฤดูฝน และลดปริมาณลงในฤดูแล้ง น้ำบาดาลจะมีการถ่ายเทระดับได้เช่นเดียวกับน้ำผิวดิน มนุษย์นำน้ำบาดาลมาใช้ประโยชน์โดยการเจาะบ่อน้ำบาดาล โดยทั่วไปแล้วน้ำบาดาลจะมีคุณลักษณะทางกายภาพและคุณลักษณะทางแบคทีเรียอยู่ในเกณฑ์ดี กล่าวคือ มีความใสสะอาดปราศจากเชื้อจุลินทรีย์ที่จะก่อให้เกิดโรคของทางเดินอาหาร ทั้งนี้เนื่องจากชั้นของดินจะเป็นตัวกรองที่สกัดกั้นความขุ่นของเชื้อจุลินทรีย์ ไว้ขณะที่น้ำซึมผ่านชั้นดินลงไป แต่คุณสมบัติทางด้านเคมี เช่น แร่ธาตุและสารละลายต่างๆ จะมีปริมาณที่ไม่แน่นอน เนื่องจากน้ำเป็นตัวทำลายที่ดี ในขณะที่ซึมผ่านชั้นดินลงไปก็จะละลายเอาแร่ธาตุและสารในชั้นดินปะปนลงไปด้วย ดังนั้นน้ำจากบ่อน้ำบาดาลจะพบว่ามีความใสสะอาดปราศจากเชื้อโรค แต่ก็มีปริมาณของแร่ธาตุและสารละลายต่างๆ เจือปนอยู่ในน้ำแตกต่างกันไป และแหล่งน้ำบาดาลแต่ละแหล่งมักจะมีคุณสมบัติและองค์ประกอบทางเคมีที่

คงที่ โดยทั่วไป น้ำบาดาลส่วนใหญ่จะมีค่าความนำไฟฟ้า (conductivity) มากกว่า 300 ไมโครซีเมนส์/เซนติเมตร

2.5 การตรวจวัดก๊าซเรดอนในน้ำ

วิธีที่ 1. หลักการทำงานของ RAD 7

วิธีที่ 2. ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำอย่างต่อเนื่อง

วิธีที่ 3. ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sample)

การตรวจวัดระดับความเข้มข้นก๊าซเรดอนสามารถทำได้โดยการใช้เครื่องมือที่มีความไวในการตรวจจับอนุภาคที่ถูกปลดปล่อยออกมาโดยตรง เมื่อก๊าซเรดอน และผลิตภัณฑ์ของมันเกิดการสลายตัว หรือทำการตรวจวัดผลิตภัณฑ์ของก๊าซเรดอนแล้วทำการปรับเทียบกลับเป็นก๊าซเรดอน โดยทั่วไปการตรวจวัดก๊าซเรดอนจะทำกันในเทอมของกัมมันตภาพ หรือความแรงรังสี (Activity) ซึ่งมีหน่วยเป็นเบค-เคอเรล (Bq) [12]

2.5.1 หลักการทำงานของ RAD 7

RAD 7 เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้ในการวัดเรดอนในอากาศ สามารถพกพาไปนอกสถานที่ได้ มีความทนทาน ไวในการวัดค่า $^{218}\text{Po}^+$ และสามารถวัดได้อย่างต่อเนื่อง ในเครื่อง RAD-7 จะใช้สนามไฟฟ้าที่สูงกับหัววัดกึ่งตัวนำซิลิกอนเพื่อดูดประจุบวกของ $^{218}\text{Po}^+$ ($T_{1/2} = 3.10 \text{ min}$, $E_\alpha = 6.00 \text{ MeV}$) และ $^{214}\text{Po}^+$ ($T_{1/2} = 164\mu\text{s}$, $E_\alpha = 7.67 \text{ MeV}$) ซึ่งเป็นการวัดความเข้มข้นเรดอนในอากาศ สิ่งที่สำคัญของ RAD-7 คือมีช่องพลังงานที่ยอมให้วัดหรือจะไม่ให้วัดค่าพลังงานแอลฟาของไอโซโทปโพลonium อื่น ประกอบด้วย ^{210}Po ($T_{1/2} = 138.4 \text{ วัน}$; 5.30 MeV) และ ลูกของ ^{220}Rn (thoron) คือ ^{216}Po ($T_{1/2} = 0.145 \text{ วินาที}$; 6.78 MeV) [7-8]

2.5.2 ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำอย่างต่อเนื่อง

ระบบวัดจะประกอบด้วยเครื่องมือวัดก๊าซเรดอน (RAD7) ที่ต่อพ่วงกับอุปกรณ์เสริมดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2

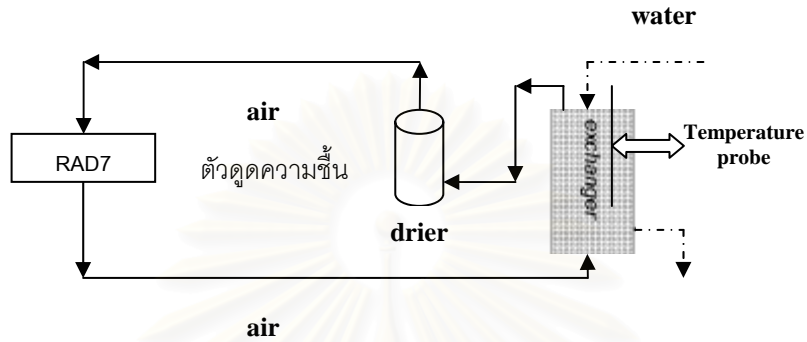
RAD 7 จะทำการหาปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากน้ำที่ทำการวิจัย โดยตัวอย่างน้ำคลองถูกดูดขึ้นมาด้วยปั๊มซึ่งต่อกับสายยางลึกจากระดับผิวน้ำประมาณ 1 เมตร น้ำถูกส่งผ่านเข้าไปยังตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (exchanger) ซึ่งมีหัวสเปรย์พ่นน้ำ (spray nozzle) ที่ทำให้น้ำกระจายเป็นหยดน้ำเล็กๆเป็นตัวช่วยให้ก๊าซเรดอนฟุ้งออกมาจากน้ำที่ผ่านเข้ามาอย่างต่อเนื่อง จากนั้นก๊าซเรดอนจะถูกดูดด้วยปั๊มภายในของ RAD7 ผ่านตัวดูดความชื้น (desiccant) และก็เข้าตัว RAD7 เพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยการวัดพลังงานอนุภาคแอลฟาของ $^{218}\text{Po}^+$ และ $^{214}\text{Po}^+$ ซึ่งเป็นลูกของก๊าซเรดอน (radon daughters) [7-8] หลังจากเครื่องทำการวัดไปได้สักพัก

ความเข้มข้นเรดอนในอากาศจะเข้าสู่สมดุลกับเรดอนในน้ำอัตราส่วนตอนเข้าสู่สมดุลจะถูกหาถ้ารู้ อุณหภูมิ น้ำ ดังสมการความสัมพันธ์ของ WEIGEL

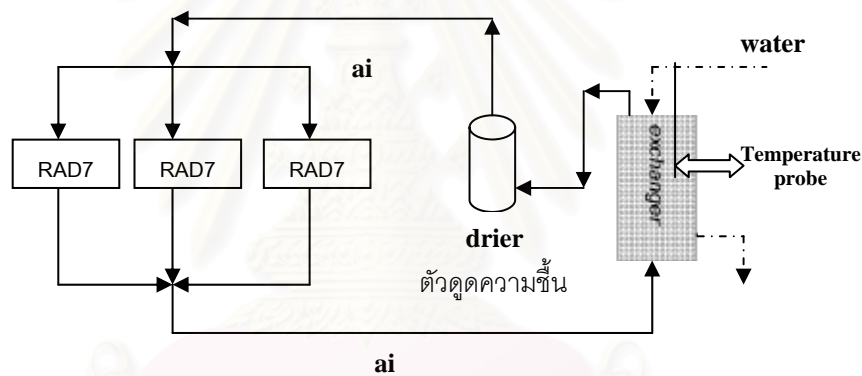
$$a' = 0.105 + 0.405e^{-0.0502T}$$

ซึ่ง a' คือ อัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำกับอากาศ (ประมาณ 1:4 ที่อุณหภูมิห้อง)

T คือ อุณหภูมิของน้ำ ($^{\circ}\text{C}$) [8]



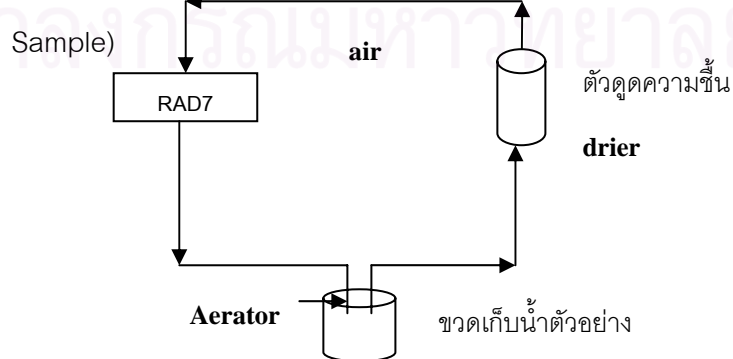
รูปที่ 2.1 ระบบวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน RAD 7 จำนวน 1 เครื่อง



หมายเหตุ : \longrightarrow ลูกศรทึบ แทน อากาศ
 : \dashrightarrow เส้นประ แทน น้ำ

รูปที่ 2.2 ระบบวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน RAD 7 จำนวน 3 เครื่อง

2.5.3 ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab



รูปที่ 2.3 ระบบวัดความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บตัวอย่างแบบจ้วงโดยใช้เครื่อง RAD7-H₂O

RAD 7 – H₂O เป็นเครื่องมือทำการหาปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำตัวอย่างที่เก็บมาแบบจ้วง ตัวอย่างน้ำได้ดินจากหลุมที่ถูกเจาะจะถูกบรรจุลงในขวดปริมาตร 250 มิลลิลิตร หลังจากนั้นน้ำในขวดจะถูกวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนโดยระบบวัดแสดงดังรูปที่ 2.3 หลักการทำงานของ RAD 7 – H₂O เป็นระบบปิดมีตัว Aerator เป็นตัวพ่นอากาศในระบบวัดลงสู่น้ำในขวดแก้วทั้งหมด 5 นาทีซึ่งเพียงพอสำหรับการเข้าสู่สมดุลของเรดอนในอากาศกับเรดอนในน้ำ (หลังจากนี้จะไม่มีการปล่อยเรดอนออกมาจากน้ำอีก) หลังจากนั้นทุกๆ 5 นาทีก๊าซเรดอนจะถูกดูดด้วยปั๊มภายในของ RAD7 ผ่านตัวดูดความชื้น (desiccant) และก็เข้าตัว RAD7 เพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนซึ่งใน 1 ตัวอย่างอากาศในขวดจะถูกดูดออกมาทั้งหมด 3 ครั้งและเครื่องจะพิมพ์ค่าปริมาณที่วัดได้แต่ละค่าออกมาและตามด้วยค่าเฉลี่ยเมื่อสิ้นสุดของการวัด ดังตัวอย่างภาคผนวก ค-1



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุ และสารเคมี

- 3.1.1 ตัวอย่างน้ำที่ได้จากคลองบางกอกใหญ่ (กรุงเทพมหานคร)
- 3.1.2 ตัวอย่างน้ำกลั่น (DI-water) จากสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- 3.1.3 ฟีนอล (C_6H_5OH)
- 3.1.4 โซเดียมไนโตรปริสไซด์ ($Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$)
- 3.1.5 ไตรโซเดียมซีเตรทไดไฮเดรต ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$)
- 3.1.6 โซเดียมไฮดรอกไซด์ NaOH
- 3.1.7 แอมโมเนียซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$)
- 3.1.8 ซัลฟานิลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$)
- 3.1.9 กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น Conc.HCl
- 3.1.10 แนพทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ ($C_{10}H_{17}NHCH_2CH_2NH_2 \cdot 2HCl \cdot CH_3OH$)
- 3.1.11 โซเดียมไนไตรท์ ($NaNO_2$)
- 3.1.12 แอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น (Conc. NH_4Cl)
- 3.1.13 แอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง (NH_4Cl)
- 3.1.14 คอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$)
- 3.1.15 แคลเซียม
- 3.1.16 แอมโมเนียมโมลิบเดต ($(NH_4)_6MO_7 \cdot O_{24} \cdot 4H_2O$)
- 3.1.17 กรดซัลฟูริกเข้มข้น (Conc. H_2SO_4)
- 3.1.18 กรดแอสคอร์บิก Ascorbic acid
- 3.1.19 โพแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เทรต ($K(SbO)C_4H_4O_6 \cdot 0.5H_2O$)
- 3.1.20 โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4)
- 3.1.21 โพแทสเซียมไนเตรต (KNO_3)
- 3.1.22 สารดูดความชื้น (ANHYDROUS CALCIUM SULFATE)

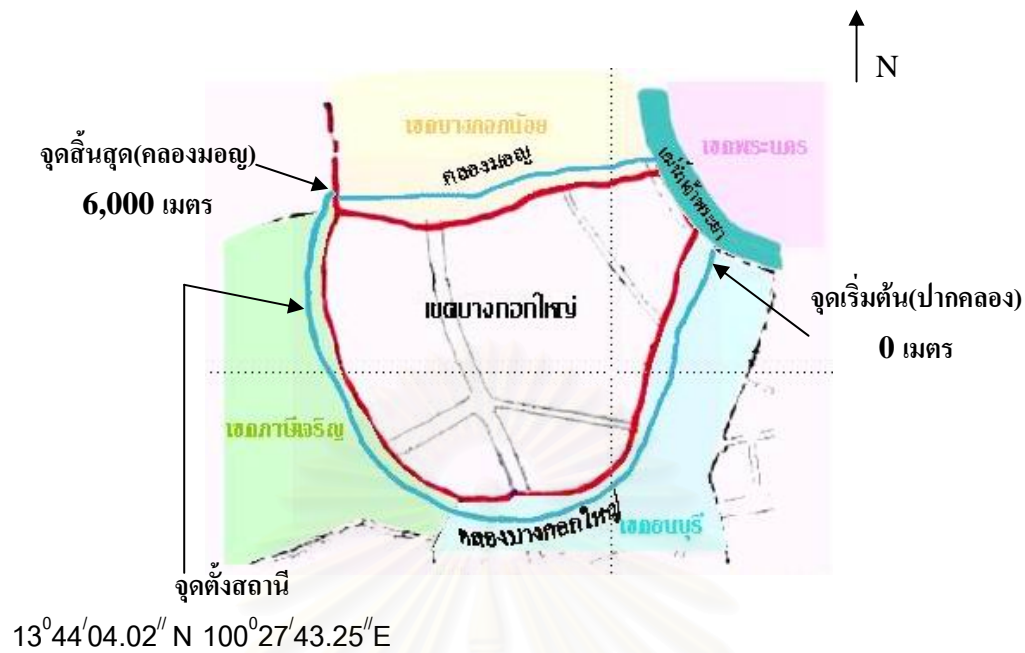
3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 ขวดโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- 3.2.2 ก่องโฟม
- 3.2.3 กระบอกตวง
- 3.2.4 ปิเปต
- 3.2.5 ถังมือยาง
- 3.2.6 ขวดปรับปริมาตร
- 3.2.7 แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์
- 3.2.8 แท่งแก้วคนสาร
- 3.2.9 ปีกเกอร์
- 3.2.10 ถังซีปล็อก
- 3.2.11 แผ่นกรองน้ำ (filter) ชนิด Whatman GF/A ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- 3.2.12 แบตเตอรี่ขนาด 12 โวลต์ 20แอม 3 ลูก
- 3.2.13 ขั้วเกาะแบตเตอรี่
- 3.2.14 สายยาง
- 3.2.15 pH meter
- 3.2.16 เครื่องวัดความนำไฟฟ้า
- 3.2.17 ตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (exchanger)

3.3 เครื่องมือ

- 3.3.1 เครื่องมือวัดระดับความเข้มข้นของก๊าซเรดอน (RAD-7, Durridge Co.), อุปกรณ์ฟ่วง RAD-H₂O
- 3.3.2 เครื่องคอมพิวเตอร์
- 3.3.3 เครื่องชั่งสาร
- 3.3.4 เครื่องเขย่าสารชนิด 200 รอบ/นาที
- 3.3.5 เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (spectrophotometer)
- 3.3.6 ตู้เย็น
- 3.3.7 ปั๊มน้ำขนาดกำลังและความสามารถในการดูดน้ำ 3700 แกลลอนต่อชั่วโมง 3700GPH/14000LPH
- 3.3.8 peristaltic pump

3.4 พื้นที่ทำการวิจัย



รูปที่ 3.1 แผนที่แสดงพื้นที่ทำการวิจัย

การวิจัยสำรวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง กรณีศึกษาคลองบางกอกใหญ่ ซึ่งอยู่ในบริเวณเขตพื้นที่ของสำนักงานเขตบางกอกใหญ่ ซึ่งมีอาณาเขตดังนี้

ทิศเหนือ : จรดคลองมอญ ติดต่อกับแขวงบ้านช่างหล่อ แขวงศิริราช เขตบางกอกน้อย

ทิศใต้ : จรดคลองบางกอกใหญ่ ติดต่อกับแขวงบางยี่เรือ แขวงตลาดพลู แขวงวัดกัลยาณ์ เขตธนบุรี และแขวงปากคลองภาษีเจริญ เขตภาษีเจริญ

ทิศตะวันออก : จรดแม่น้ำเจ้าพระยา ติดต่อกับแขวงพระราชวัง เขตพระนคร

ทิศตะวันตก : จรดคลองบางกอกใหญ่ ติดต่อกับแขวงคูหาสวรรค์ เขตภาษีเจริญ และแขวงบางขุนศรี เขตบางกอกน้อย

เขตบางกอกใหญ่ มีพื้นที่เป็นที่ราบลุ่ม มีลักษณะเป็นเกาะมีคลองและแม่น้ำล้อมรอบ มีพื้นที่ทั้งหมด 6.180 ตารางกิโลเมตร

การวิจัยครั้งนี้ผู้ทำการวิจัยใช้จุดเริ่มต้น (บริเวณปากคลอง) เป็นระยะทางที่ 0 เมตร และสิ้นสุดที่แยกคลองมอญ (ประมาณ 6,000 เมตร)

3.5 การดำเนินการวิจัย

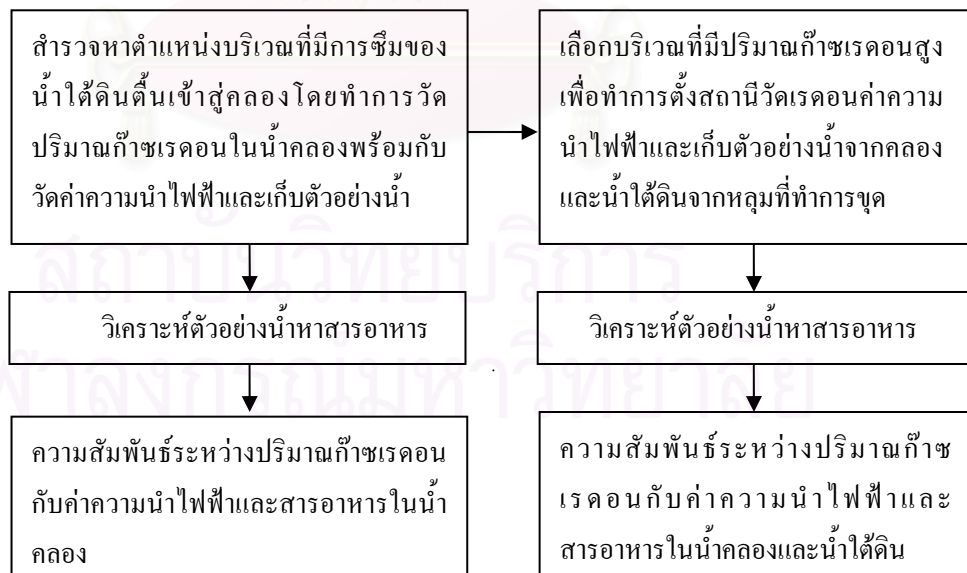
การวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการทดลองตามขั้นตอนดังนี้

(1) สำรวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองโดยใช้เรือเป็นพาหนะ ทำการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำคลองพร้อมกับวัดค่าความนำไฟฟ้า และเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดของช่วงเวลาทำการวัดมาทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

(2) วิเคราะห์หาสารอาหารจากตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากข้อ (1) ด้วยกระบวนการทางเคมี

(3) นำผลการวิเคราะห์ที่ได้จากข้อ (1) เลือกบริเวณพื้นที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนสูง และทำการลงสำรวจบริเวณพื้นที่เพื่อทำการตั้งสถานีวัดปริมาณก๊าซเรดอน เก็บตัวอย่างน้ำและวัดค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลองและน้ำใต้ดินจากหลุมที่ทำการขุดขึ้น มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบ

(4) ศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารของน้ำคลองและน้ำใต้ดินต้นที่ซึมเข้าสู่คลอง แสดงแผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างคร่าวๆ ดังรูปที่ 3.2 และมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.5.1 สํารวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองโดยทำการวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนจากน้ำคลองพร้อมกับวัดค่าความนำไฟฟ้าและเก็บตัวอย่างน้ำ

3.5.1.1 หาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง

ติดตั้งอุปกรณ์บนเรือโดยมีเครื่องตรวจวัดระดับปริมาณก๊าซเรดอนมีชื่อทางการค้าว่า RAD 7 จำนวน 3 เครื่องต่อขนานกันดังรูปที่ 2.2 โดยตัวอย่างน้ำคลองถูกดูดขึ้นมาด้วยปั๊มซึ่งต่อกับสายยางลึกจากระดับผิวน้ำประมาณ 1 เมตร น้ำถูกส่งผ่านเข้าไปยังตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (exchanger) ซึ่งมีหัวสเปรย์พ่นน้ำ (spray nozzle) ที่ทำให้น้ำกระจายเป็นหยดน้ำเล็กๆเป็นตัวช่วยให้ก๊าซเรดอนแพร่ออกมาจากน้ำที่ผ่านเข้ามาอย่างต่อเนื่องจากนั้นก๊าซเรดอนที่แพร่ออกมาจะถูกดูดด้วยปั๊มภายในของRAD7 (ตั้งระบบปั๊มอากาศแบบ AUTO) ผ่านตัวดูดความชื้น (desiccant) และเข้าตัว RAD7 เพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยทำการตั้งเวลาในการวัดปริมาณก๊าซเรดอนด้วยเครื่อง RAD7 ทุกๆ 10 นาที ตลอดเส้นทางการสำรวจและต้องให้เรือแล่นช้าประมาณ 2-3 กม./ชม. และได้ใช้ GPS (Global Positioning System) เป็นเครื่องวัดระยะทาง และระบุตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างน้ำทุกจุดโดยให้เรือแล่นชิดฝั่งขวาทั้งขาไปและกลับ มีการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดเฉพาะขาไปและวัดค่าความนำไฟฟ้าทั้งขาไปและกลับดังภาคผนวก ก-1 ถึง ก-4 (เก็บตัวอย่างน้ำจุดแรกพร้อมกับการเริ่มวัดค่าเรดอนของ RAD7 หลังจากRAD7ทำงานไปได้ 5 นาทีเก็บตัวอย่างน้ำเป็นจุดที่ 2 ต่อจากนั้นจะเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 หลังจากเก็บจากจุดที่ 2 มาแล้ว 10 นาที และจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำต่อไปทุกๆ 10 นาทีตลอดขาไปซึ่งมีระยะทางจากปากคลองบางกอกใหญ่ถึงทางแยกคลองมอญประมาณ 6,000 เมตร) เก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดใส่ลงในขวดพลาสติกที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนปริมาตร 250 มิลลิลิตรจำนวน 2 ขวดให้เต็มเสร็จแล้วบรรจุขวดของตัวอย่างน้ำลงในถุงซิปล็อค (ป้องกันน้ำที่ละลายจากน้ำแข็งผ่านเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ) ก่อนใส่ไว้ในถังโฟมที่มีน้ำแข็งทำความเย็น การสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองได้ทำการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 สำรวจในวันที่ 13 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 2 สำรวจในวันที่ 27 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 3 สำรวจในวันที่ 15 สิงหาคม 2550 และครั้งที่ 4 สำรวจในวันที่ 28 มกราคม 2551



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ที่ติดตั้งบนเรือเพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอน

3.5.1.2 วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหาสารอาหารโดยกระบวนการทางเคมี

สถานที่เก็บตัวอย่างน้ำจากข้อ 3.5.1.1 ของแต่ละวันที่ทำการสำรวจ แสดงไว้ในภาคผนวก ก-1 ถึง ก-4 ก่อนนำตัวอย่างน้ำมาวิเคราะห์ต้องทำให้อุณหภูมิน้ำใกล้เคียงกับอุณหภูมิห้องก่อน

ในการวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ตัวอย่างน้ำหาสารอาหารมี 4 ตัวดังนี้

- (1) แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen)
- (2) ไนไตรท์ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen)
- (3) ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen)
- (4) ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Phosphate phosphorus)

3.5.1.2.1 การวิเคราะห์แอมโมเนียไนโตรเจน (Ammonia nitrogen) ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี Phenol - hypochloride [13]

- การเตรียมสารละลาย

1. น้ำกลั่นแบบ de-ionized (DI-water)
2. สารละลายฟีนอล

ละลายฟีนอล (C_6H_5OH) 20 กรัม ในไนเอทิลแอลกอฮอล์ 95% (v/v) 200 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แห้เย็นเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

3. สารละลายไฮเดียมไนโตรปริสไซด์

ละลายไฮเดียมไนโตรปริสไซด์ ($Na_2Fe(CN)_5NO \cdot 2H_2O$) 1.0 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แห้เย็น สารละลายนี้มีอายุ 1 เดือน

4. สารละลายอัลคาไลน์

ละลายไตรโซเดียมซิติเตรทไดไฮเดรต ($Na_3C_6H_5O_7 \cdot 2H_2O$) 40 กรัม และไฮเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 200 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แห้เย็นเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

5. สารละลายไฮโปคลอไรท์ (Hyter)

6. สารละลายออกซิไดซิง

นำ (4) สารละลายอัลคาไลน์ 100 มิลลิลิตร และ (5) Hyter 25 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน เก็บในขวดสีชา *** (เตรียมใหม่ทุกวัน) เพราะทิ้งไว้นานประสิทธิภาพลดลง

7. สารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย

ละลายแอมโมเนียซัลเฟต $((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$ 0.1 กรัมในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

จะได้ 1 มิลลิลิตร = 1.5 μg N/l Stock (1)

นำ Stock (1) มา 2.0 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 30 μg N/l Stock (2)

• วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนีย Stock (2) มาจำนวน 1.0, 5.0, 10.0 และ 20.0 มิลลิลิตรใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.6, 3.0, 6.0, และ 12.0 μM ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายมาตรฐานแอมโมเนียแต่ละความเข้มข้นมา 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิดเป็นเกลียวป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย เติมสารละลายฟีนอล 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ 0.2 มิลลิลิตร และสารละลายออกซิไดซิง 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและเก็บในที่มืด 10 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง และใช้น้ำกลั่นเป็น reference solution ให้สอดคล้องกับสารละลายมาตรฐาน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression)

• การวิเคราะห์แอมโมเนีย

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำที่ไม่ผ่านการกรองมาจำนวน 5.0 มิลลิลิตร เติมลงในหลอดทดลองที่มีฝาปิดเป็นเกลียวป้องกันการระเหยของแอมโมเนีย เติมสารละลายฟีนอล 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน เติมสารละลายโซเดียมไนโตรปริสไซด์ 0.2 มิลลิลิตร และสารละลายออกซิไดซิง 0.5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากันทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องและเก็บในที่มืด 10 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 24 ชั่วโมง

2. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 640 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของแอมโมเนียจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3.5.1.2.2 การวิเคราะห์ไนโตรที่ไนโตรเจน (Nitrite nitrogen) ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี NED Colourimetric [13]

- การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายซัลฟานิลาไมด์

ละลายซัลฟานิลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$) 5.0 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น Conc.HCl 50 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แช่เย็นเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

2. สารละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED)

ละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) 0.5 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชาแช่เย็น เตรียมใหม่ทุกเดือน

3. สารละลายมาตรฐานไนโตรที่

ละลายโซเดียมไนโตรที่ $NaNO_2$ 0.0345 กรัม (ที่อบด้วยอุณหภูมิ $105^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 5.0 $\mu g/ml$ Stock (1)

นำ Stock (1) มา 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตร 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 500 μM Stock (2)

- วิธีทำการภาพมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไนโตรที่ Stock (2) (ข้อ 3) มา จำนวน 0.1, 0.5, 1.0, 2.0 และ 4.0 มิลลิลิตรใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.5, 2.5, 5.0, 10.0 และ 20.0 μM ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายไนโตรที่แต่ละความเข้มข้นมา 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.1 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติม (NED) 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที - 2 ชั่วโมง และใช้น้ำกลั่นเป็น reference solution ให้สอดคล้องกับสารละลายมาตรฐาน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จุดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression)

- การวิเคราะห์ไนโตรเจน

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร ที่ผ่านการกรอง ค่อยๆ เติมลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.1 มิลลิลิตร เขย่าทิ้งไว้ 5 นาที แล้วเติม (NED) 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันทิ้งไว้ 10 นาที- 2 ชั่วโมง

2. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของไนโตรเจนจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3.5.1.2.3 การวิเคราะห์ไนเตรทไนโตรเจน (Nitrate nitrogen) ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี Cadmium Reduction Colourimetric [13]

- การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายซัลฟานิลาไมด์

ละลายซัลฟานิลาไมด์ ($C_6H_8N_2O_2S$) 5.0 กรัม ในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น Conc.HCl 50 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 300 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางสารละลายที่ได้ให้มีปริมาตร 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชา แช่เย็นเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

2. ละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED)

ละลายแนฟทิลเอธิลีนไดอะมีนไดไฮโดรคลอไรด์ (NED) 0.5 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 500 มิลลิลิตร เก็บในขวดสีชาแช่เย็น เตรียมใหม่ทุกเดือน

3. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น

ละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ NH_4Cl 62.5 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว หรือขวดพลาสติก

4. สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง

ปิเปตสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 25 มิลลิลิตร แล้วเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 1,000 มิลลิลิตร

5. การเตรียมคอลัมน์

ล้างเม็ดแคดเมียม 100 กรัม (40-60เม็ด) ในกรดไฮโดรคลอริก 5% (v/v) 300 มิลลิลิตร คนแรงๆ หลายๆ ครั้ง ล้างด้วยน้ำกลั่นจน pH มากกว่า 5 เติมน้ำในคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) 2% 100 มิลลิลิตร กวนจนสีน้ำเงินหายไป ล้างด้วยสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เจือจาง จนไม่มีสีน้ำตาลติดอยู่ แล้ว pack column *** อัตราการไหล 3 มิลลิลิตร/ นาที

6. สารละลายมาตรฐานไนเตรท

ละลายโปแทสเซียมไนเตรท (KNO_3) 1.0200 กรัม ในน้ำกลั่น ปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 10.0 $\mu\text{g N/l}$ Stock (1)

นำ Stock (1) มา 2 มิลลิลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 200.0 $\mu\text{g N/l}$ Stock (2)

• วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไนเตรท Stock (2) (ข้อ 6) มา จำนวน 0.5, 2.5, 5.0 และ 10.0 มิลลิลิตร ใส่ขวดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 1.0, 5.0, 10.0 และ 20.0 μM ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายไนเตรทแต่ละความเข้มข้นมา 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 มิลลิลิตร แล้วผ่าน แคดเมียมคอลัมน์ ทิ้งน้ำไป 10 มิลลิลิตร แล้วเก็บ 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.1 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม (NED) 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที-2 ชั่วโมง และใช้น้ำกลั่นเป็น reference solution ให้สอดคล้องกับสารละลายมาตรฐาน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression)

• การวิเคราะห์ไนเตรท

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 20 มิลลิลิตร ที่ผ่านการกรอง ค่อยๆ เติมลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 มิลลิลิตร แล้วผ่าน แคดเมียมคอลัมน์ ทิ้งน้ำไป 10 มิลลิลิตร แล้วเก็บ 5 มิลลิลิตร เติมสารละลายซัลฟานิลาไมด์ 0.1 มิลลิลิตร เขย่า ตั้งทิ้งไว้ 5 นาที เติม (NED) 0.1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 10 นาที-2 ชั่วโมง

2. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 543 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปคำนวณหาความเข้มข้นของไนเตรทจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3.5.1.2.4 การวิเคราะห์ฟอสเฟตฟอสฟอรัส (Phosphate phosphorus) ในตัวอย่างน้ำโดยวิธี Ascorbic acid [13]

- การเตรียมสารละลาย

1. สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต

ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต ($(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\cdot\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) 7.5 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 250 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติกไม่ให้โดนแสง แสงยูวีเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

2. สารละลายกรดซัลฟูริก

นำกรดซัลฟูริกเข้มข้น ($\text{Conc. H}_2\text{SO}_4$) 70 มิลลิลิตร เติลงในน้ำกลั่น 450 มิลลิลิตร (ค่อยๆเท) เก็บไว้ในขวดแก้วและแช่ในตู้เย็นเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

3. สารละลายกรดแอสคอร์บิก

ละลายกรดแอสคอร์บิก 5.4 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดพลาสติก แสงยูวี (เก็บได้นานหลายเดือน)

4. สารละลายโปแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เทรต

ละลายโปแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เทรต ($(\text{K}(\text{SbO})\text{C}_4\text{H}_4\text{O}_6\cdot 0.5\text{H}_2\text{O})$) 0.136 กรัม ในน้ำกลั่นปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร เก็บในขวดแก้ว หรือขวดพลาสติก แสงยูวีเพื่อรักษาสภาพทางเคมีของสารละลาย

5. น้ำยาเคมีผสม

นำ (1) สารละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต	10	มิลลิลิตร
นำ (2) สารละลายกรดซัลฟูริก	25	มิลลิลิตร
นำ (3) สารละลายกรดแอสคอร์บิก	10	มิลลิลิตร
นำ (4) สารละลายโปแทสเซียมแอนติโมนีทาร์เทรต	5	มิลลิลิตร
ผสมรวมกันตามลำดับ ปริมาตรสุดท้าย เป็น 50 มิลลิลิตร		

6. สารละลายมาตรฐานฟอสเฟต

ละลายโปแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต (KH_2PO_4) 0.0816 กรัม (ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง) ในน้ำกลั่น ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 6.0 $\mu\text{g P/ml}$ Stock (1)

นำ Stock (1) มา 10 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร

จะได้ความเข้มข้น = 600 μM Stock (2)

- วิธีทำกราฟมาตรฐาน

1. ปิเปตสารละลายมาตรฐานฟอสเฟต Stock (2) (ข้อ 6) มา จำนวน 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 และ 1.6 มิลลิลิตรใส่ขวดปรับปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้มีความเข้มข้น 0.6, 1.2, 2.4, 4.8 และ 9.6 μM ตามลำดับ

2. ปิเปตสารละลายฟอสเฟตแต่ละความเข้มข้นมา 5 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติม น้ำยาเคมีผสม 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที และใช้น้ำกลั่นเป็น reference solution ให้สอดคล้องกับสารละลายมาตรฐาน

3. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 885 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นด้วยสมการเชิงเส้น (Linear regression)

- การวิเคราะห์ฟอสเฟต

1. ปิเปตตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร ที่ผ่านการกรองลงในหลอดทดลอง เติมน้ำยาเคมีผสม 0.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาที

2. วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ด้วยเครื่อง Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 885 nm. โดยแบ่งความเข้มข้นออกเป็น 3 ชุด (ซ้ำ) จดบันทึกค่าการดูดกลืนแสงที่ได้หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับความเข้มข้นของฟอสเฟตจากกราฟมาตรฐานที่ได้เตรียมไว้

3.5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารในน้ำคลอง

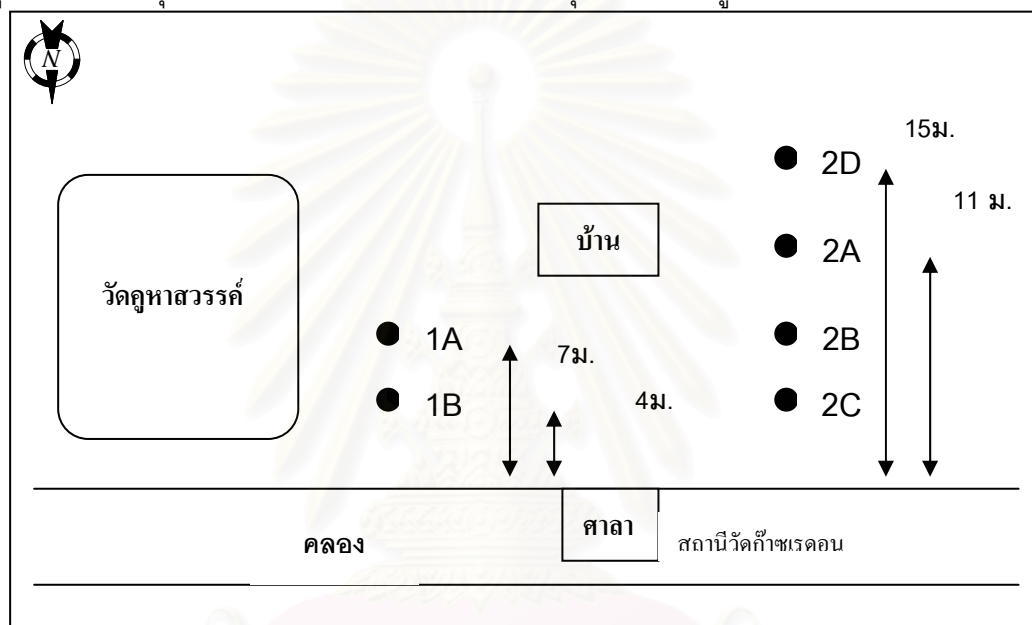
นำผลที่ได้จากข้อ 3.5.1.1 และ 3.5.1.2 มาทำการหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้า และสารอาหารในน้ำคลอง

3.5.2 การเลือกบริเวณพื้นที่ที่มีปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนสูงเพื่อตั้งสถานีตรวจวัดเรดอน

จากการวิเคราะห์ผลตามหัวข้อ 3.5.1.1 ดังรูปที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณก๊าซเรดอนในน้ำคลองมีค่าสูงในบริเวณพื้นที่ของวัดกำแพงและวัดคูหาสวรรค์ ดังนั้นผู้ทำการวิจัยได้ลงสำรวจพื้นที่เพื่อหาที่จะตั้งสถานีวัดอย่างละเอียดซึ่งพบว่าบริเวณพื้นที่ใกล้วัดคูหาสวรรค์ที่ซึ่งเป็น

บ้านส่วนบุคคล (พิกัดที่ $13^{\circ}44'04.02''$ N $100^{\circ}27'43.25''$ E) ที่มีศาลาน้ำที่เหมาะสมต่อการทำการทดลองตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอนจากน้ำคลองและน้ำใต้ดินจากหลุมที่ทำการขุดขึ้นในพื้นที่ มาทำการวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบ

ผู้ทำการวิจัยได้ทำการขุดเจาะหลุมเพื่อทำการเก็บน้ำใต้ดินขึ้นเพื่อตรวจวัดปริมาณก๊าซเรดอน ทั้งหมด 6 หลุม ได้แก่หลุม 1A, 1B, 2A, 2B, 2C และ 2D และทำการดูตัวอย่างน้ำแต่ละหลุมขึ้นมาด้วยเครื่อง peristaltic pump เพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยใช้เครื่องวัดก๊าซเรดอนแบบจุ่มที่เรียกว่า RAD7 - H₂O และเลือกหลุมที่ให้ค่าก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดินสูงจำนวน 2 หลุม รายละเอียดตำแหน่งของแต่ละหลุมแสดงไว้ในรูปที่ 3.4



หมายเหตุ : ● ตำแหน่งหลุมเจาะ

รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงบริเวณพื้นที่หลุมที่ทำการเจาะเก็บน้ำใต้ดิน

ผู้ทำการวิจัยได้ทำการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551 โดยมี 2 ขั้นตอนหลัก

- (1) ตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในน้ำคลองโดยใช้เครื่อง RAD7-AQUA ตลอด 24 ชั่วโมง
- (2) ตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในตัวอย่างน้ำใต้ดินที่เก็บจากหลุมที่ทำการขุดขึ้น โดยใช้เครื่อง RAD7-H₂O ทุก 2 ชั่วโมง

3.5.2.1 ตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในน้ำคลองอย่างต่อเนื่อง (time series)

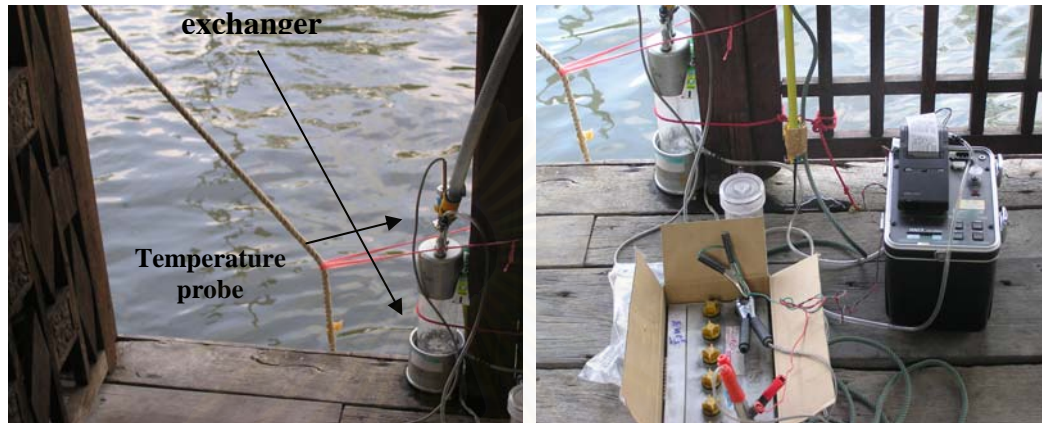
ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป (2.1) โดยมีเครื่องตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนที่เรียกว่า RAD7 จำนวน 1 เครื่อง โดยตัวอย่างน้ำคลองถูกดูดขึ้นมาด้วยปั๊มซึ่งต่อกับสายยางลึกจากระดับผิวน้ำประมาณ 1 เมตร น้ำถูกส่งผ่านเข้าไปยังตัวแลกเปลี่ยนอากาศกับน้ำ (exchanger) ซึ่งมีหัวสเปร์ยพ่นน้ำ (spray nozzle) ที่ทำให้น้ำกระจายเป็นหยดน้ำเล็กๆเป็นตัวช่วยให้ก๊าซเรดอนแพร่ออกมาจากน้ำที่ผ่านเข้ามาอย่างต่อเนื่องจากนั้นก๊าซเรดอนที่แพร่ออกมาจะถูกดูดด้วยปั๊มภายในของRAD7 (ตั้งระบบปั๊มอากาศแบบ AUTO) ผ่านตัวดูดความชื้น (desiccant) และก็เข้าตัว RAD7 เพื่อทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนโดยทำการตั้งเวลาในการวัดปริมาณก๊าซเรดอนด้วยเครื่อง RAD7 ทุกๆ 20 นาที ตลอด 24 ชั่วโมง มีการเก็บตัวอย่างน้ำและวัดค่าความนำไฟฟ้า และวัดระดับน้ำทุกๆ 20 นาที เก็บตัวอย่างน้ำทุก 2 ชั่วโมงใส่ลงในขวดพลาสติกที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนปริมาตร 250 มิลลิลิตรจำนวน 2 ขวดให้เต็มเสร็จบรรจุขวดของตัวอย่างน้ำลงในถุงซีลลอค (ป้องกันน้ำที่ละลายจากน้ำแข็งผ่านเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ) ก่อนใส่ไว้ในถังโฟมที่มีน้ำแข็งทำความเย็น

3.5.2.2 ตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในตัวอย่างน้ำใต้ดินตื้นที่เก็บจากหลุมที่ทำการขุดขึ้น

จากการวิเคราะห์ผลตามหัวข้อที่ 3.5.2 ในการหาตำแหน่งของหลุมขุดเจาะที่เหมาะสมพบว่า หลุม 2A และหลุม 1A วัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนได้สูงกว่าหลุมอื่นๆดังตารางที่ 4.1

ติดตั้งอุปกรณ์ดังรูป (3.6) โดยใช้ท่อเหล็กกลวงที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตรมีไส้เหล็กอยู่ข้างใน (เพื่อป้องกันดินเข้าไปอุดตันในท่อเหล็กกลวง) เจาะลงไปในดินจนกระทั่งพบน้ำใต้ดินตื้น (ประมาณ 50-100 เซนติเมตร)หลังจากถอนไส้เหล็กที่อยู่ข้างนอกและสอดสายยางที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตรเข้าไปแทน แล้วต่อเข้ากับ peristaltic pump ที่ระยะไว้ให้น้ำซึมเข้ามาในหลุมที่เจาะ (ประมาณ 60นาที ขึ้นอยู่กับอัตราการซึมของน้ำใต้ดินเข้ามาในหลุมที่ทำการทดลอง) หลังจากนั้นทำการดูดน้ำด้วยเครื่อง peristaltic pump จากหลุมเจาะ 2A และหลุมเจาะ1A โดยทำการดูดน้ำที่มีอยู่ในหลุมทิ้งไปก่อนทุกครั้งจากนั้นปรับอัตราการไหลของปั๊มให้สัมพันธ์กับอัตราการซึมของน้ำเข้าหลุมเจาะเพื่อไม่ให้มีฟองอากาศในท่อในขณะที่เก็บตัวอย่างน้ำจะถูกเก็บลงในขวดแก้วปริมาตร 250 มิลลิลิตร จำนวน 2 ขวดให้เต็มระวังอย่าให้มีฟองอากาศค้างอยู่ในขวด จากนั้นนำไปวิเคราะห์หาปริมาณก๊าซเรดอนโดยใช้เครื่องวัดก๊าซเรดอนแบบจ้วงที่เรียกว่า RAD7 - H₂O พร้อมกันนี้ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์สารอาหารโดยเก็บใส่ขวดพลาสติกที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูงปริมาตร 250 มิลลิลิตรจำนวน 2

ขวดให้เต็มและบรรจุขวดของตัวอย่างน้ำลงในถุงซีปอล็อคเพื่อป้องกันน้ำที่ละลายจากน้ำแข็งผ่านเข้าไปในขวดเก็บตัวอย่างน้ำ ก่อนใส่ไว้ในถังโฟมที่มีน้ำแข็งทำความเย็น นอกจากนี้ได้ทำการวัดค่าความนำไฟฟ้าในน้ำตัวอย่างที่เกิดขึ้นมาแต่ละครั้ง ได้เก็บตัวอย่างน้ำได้ดินตื่นทุกๆ 2 ชั่วโมงตลอด 24 ชั่วโมง



รูปที่ 3.5 การติดตั้งอุปกรณ์ RAD7 ตรวจสอบวัดปริมาณก๊าซเรดอนจากคลองบางกอกใหญ่



รูปที่ 3.6 การติดตั้งอุปกรณ์ดูดน้ำจากหลุมที่ทำการขุดขึ้น

สถาบันวิจัยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

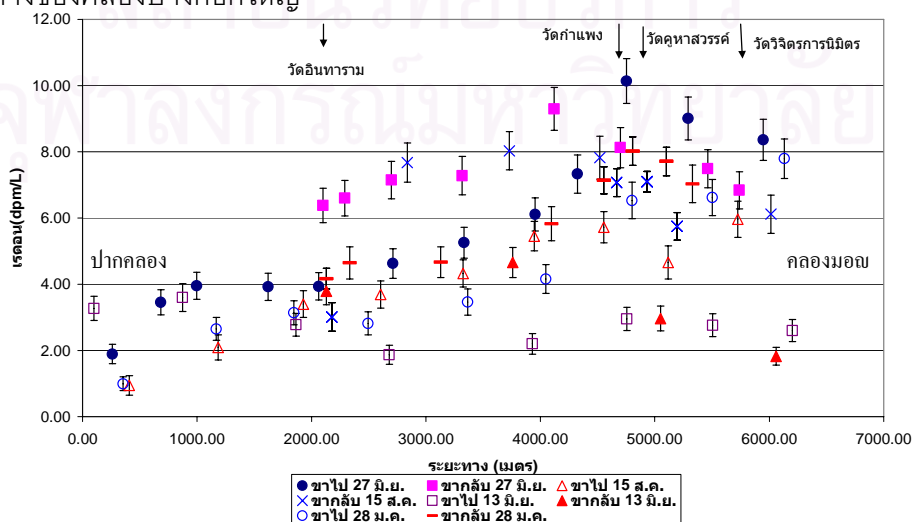
บทที่ 4

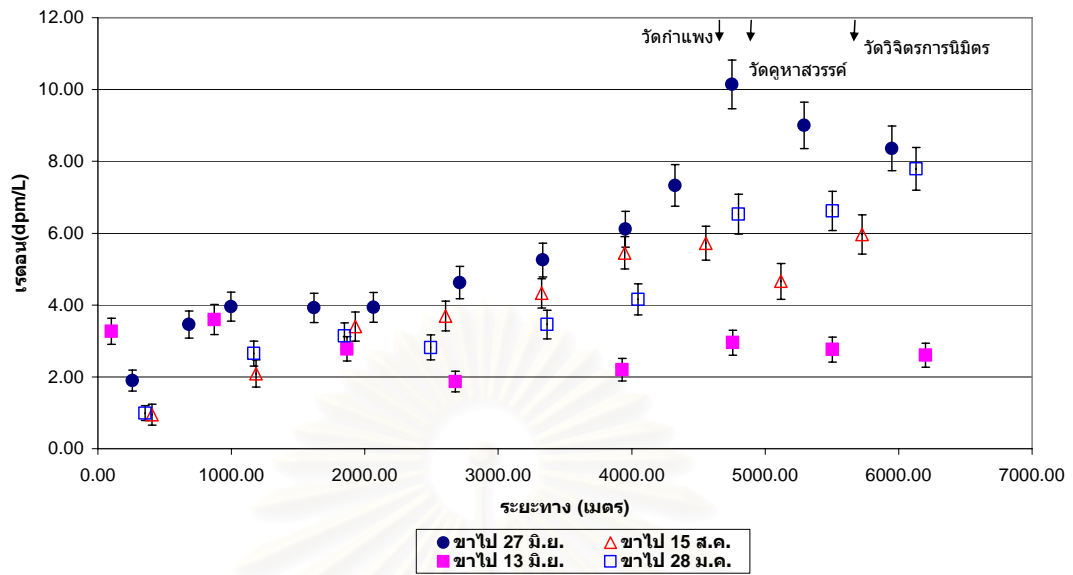
ผลการวิจัย

4.1 ผลการสำรวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง

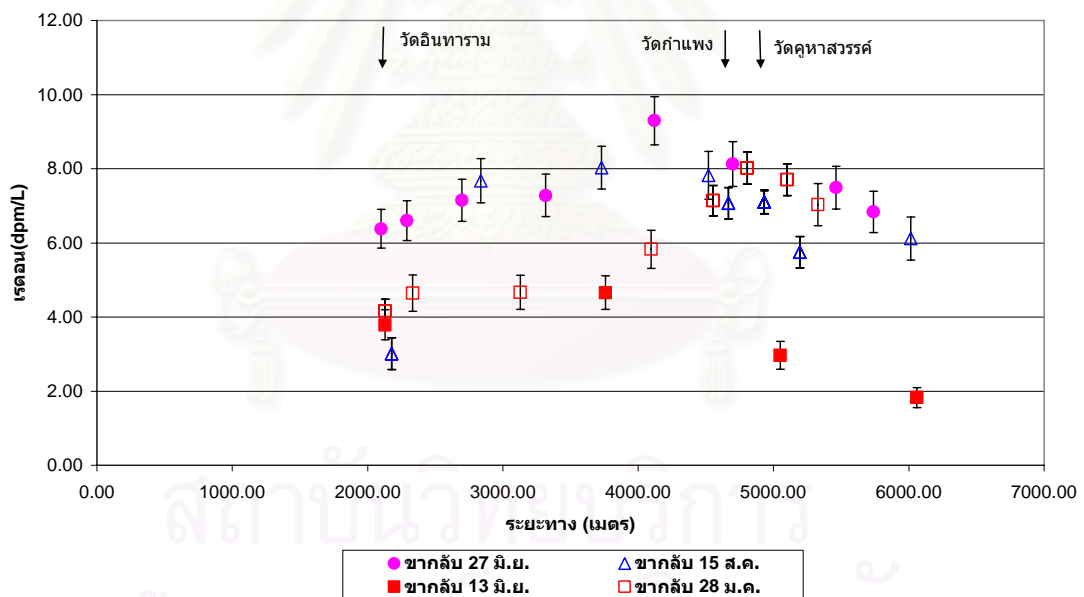
4.1.1 ผลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทาง

การวิจัยนี้ได้ใช้เรือเป็นพาหนะในการสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองโดยทำการวัดปริมาณก๊าซเรดอนในน้ำคลอง พร้อมกับวัดค่าความนำไฟฟ้าและเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ ตลอดเส้นทางการสำรวจต้องให้เรือแล่นช้าประมาณ 2-3 กม./ชม. และได้ใช้ Global Positioning System (GPS) เป็นเครื่องวัดระยะทาง และระบุตำแหน่งของการเก็บตัวอย่างน้ำทุกจุดโดยให้เรือแล่นชิดฝั่งขวาทั้งขาไป (ปากคลองมุ่งหน้าไปคลองมอญ) ขากลับ (คลองมอญมุ่งหน้าไปปากคลอง) มีการเก็บตัวอย่างน้ำในแต่ละจุดเฉพาะขาไป (เก็บตัวอย่างน้ำจุดแรกพร้อมกับการเริ่มวัดค่าเรดอนของ RAD 7 หลังจาก RAD 7 ทำงานไปได้ 5 นาทีเก็บตัวอย่างน้ำเป็นจุดที่ 2 ต่อจากนั้นจะเก็บตัวอย่างน้ำจุดที่ 3 หลังจากเก็บจากจุดที่ 2 มาแล้ว 10 นาที และจะทำการเก็บตัวอย่างน้ำต่อไปทุกๆ 10 นาทีตลอดขาไปเพื่อให้สอดคล้องกับการวัดของ RAD 7) ซึ่งมีระยะทางจากปากคลองบางกอกใหญ่ถึงทางแยกคลองมอญประมาณ 6,000 เมตร การสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองได้ทำการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 สำรวจในวันที่ 13 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 2 สำรวจในวันที่ 27 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 3 สำรวจในวันที่ 15 สิงหาคม 2550 และครั้งที่ 4 สำรวจในวันที่ 28 มกราคม 2551 ผลการสำรวจพบว่าแนวโน้มปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนขาไปและขากลับมีค่าสูงในบริเวณต้นน้ำ (up stream) ในบริเวณพื้นที่ของวัดกำแพงและวัดคูหาสวรรค์ซึ่งอยู่ทางฝั่งขวามือมุ่งหน้าไปปากคลองมากกว่าทางท้ายน้ำ (down stream) ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 รูปที่ 4.1 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่





รูปที่ 4.2 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่ขาไปเล่นจากปากคลองไปที่คลองมอญ



รูปที่ 4.3 ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับระยะทางของคลองบางกอกใหญ่ขากลับเล่นจากคลองมอญไปปากคลอง

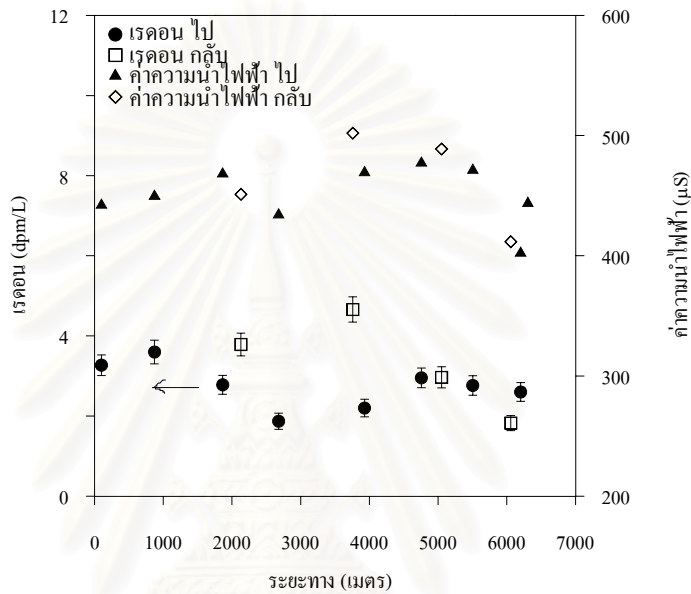
หมายเหตุ: ขากลับหยุดที่วัดอินทารามซึ่งเป็นที่จอดเรือ

4.1.2 ผลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้า

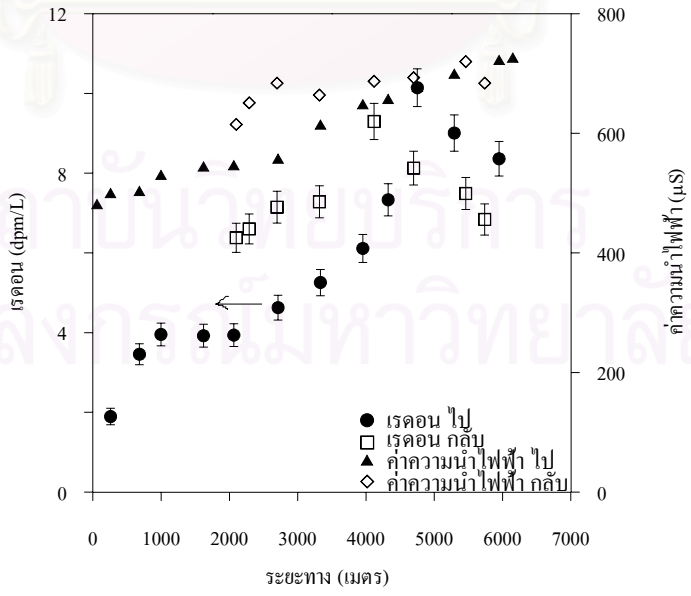
ในการสำรวจนี้เรดอนและค่าความนำไฟฟ้าจะถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการซึมผ่านของน้ำใต้ดินเนื่องจากในน้ำใต้ดินจะมีค่าเรดอน และค่าความนำไฟฟ้าสูงกว่าในน้ำผิวดินเสมอแต่

ปริมาณเรดอนจะเป็นตัวบ่งชี้ที่ดีกว่า เพราะค่าความนำไฟฟ้าอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามสิ่งเจือปนในน้ำ บริเวณใดที่มีค่าเรดอน และค่าความนำไฟฟ้าสูงจะเป็นบริเวณที่คาดว่ามีน้ำใต้ดินซึมผ่าน

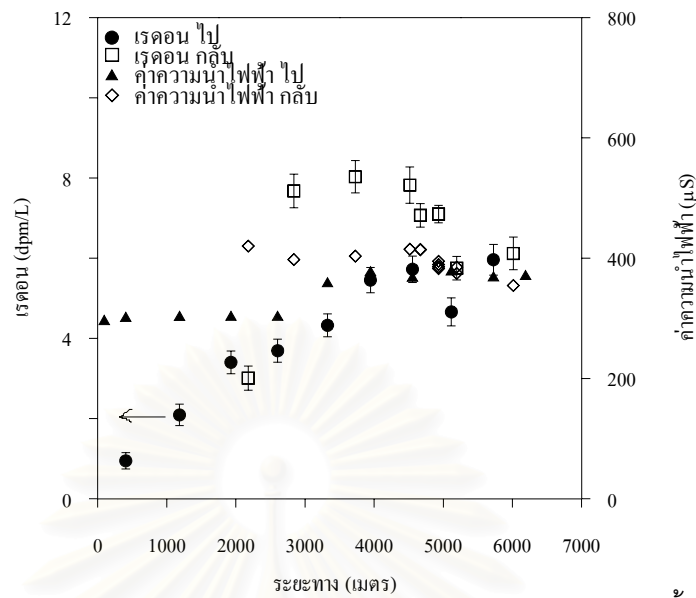
จากการสำรวจและทำการวัดค่าความนำไฟฟ้าในคลองทั้งขาไปและกลับจากปากคลองไปที่คลองมอญและขากลับแล่นจากคลองมอญไปปากคลองผลการสำรวจพบว่าค่าความนำไฟฟ้าจะสอดคล้องตามปริมาณความเข้มข้นเรดอนนั่นคือบริเวณที่พบปริมาณเรดอนสูง ค่าความนำไฟฟ้าที่พบก็จะสูงกว่าบริเวณที่มีปริมาณเรดอนต่ำ ดังรูปที่ 4.4-4.7



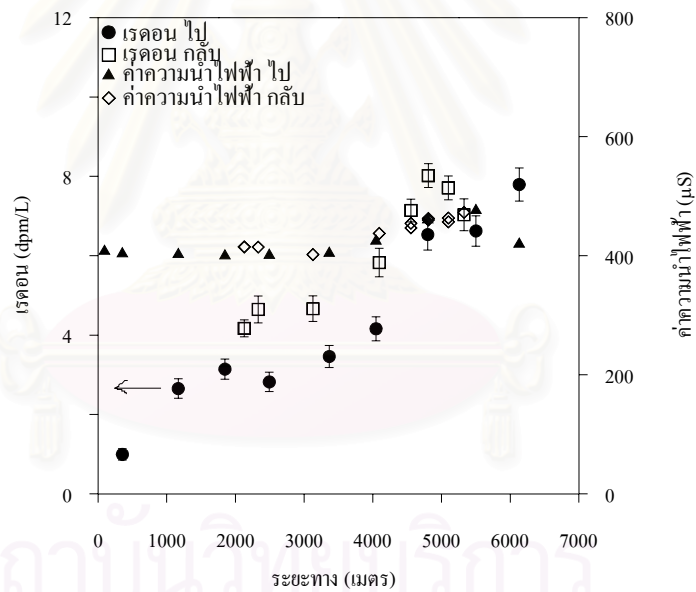
รูปที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 1



รูปที่ 4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 2



รูปที่ 4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 3



รูปที่ 4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 4

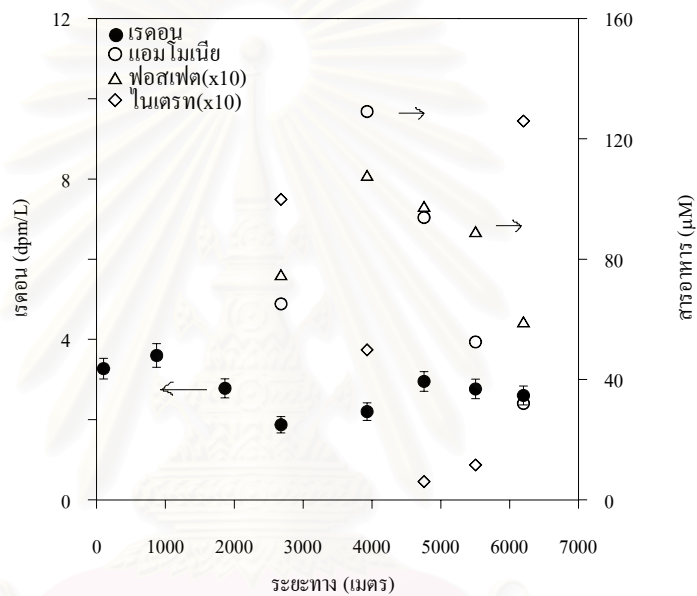
4.1.3 ผลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับสารอาหาร

ได้ทำการวิเคราะห์สารอาหารเพื่อศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของสารอาหารกับปริมาณเรดอนในน้ำคลอง

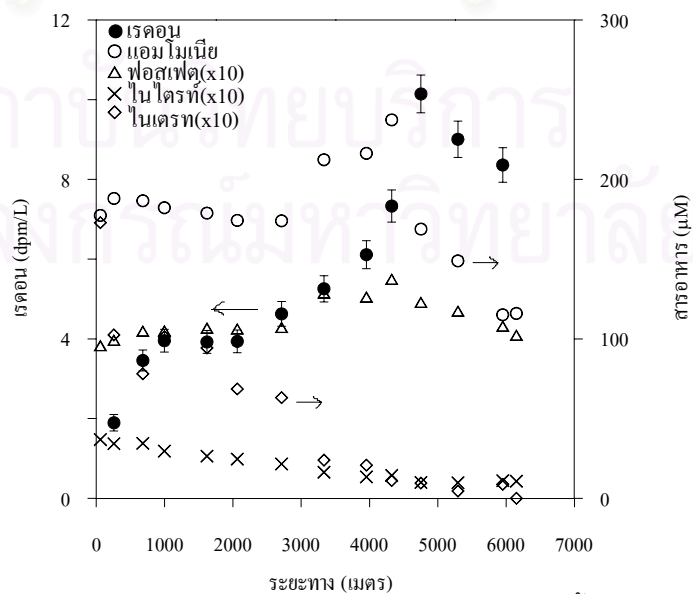
จากการที่ได้นั่งเรือสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลองดังข้อ

4.1.1 ได้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์หาสารอาหาร ในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัย

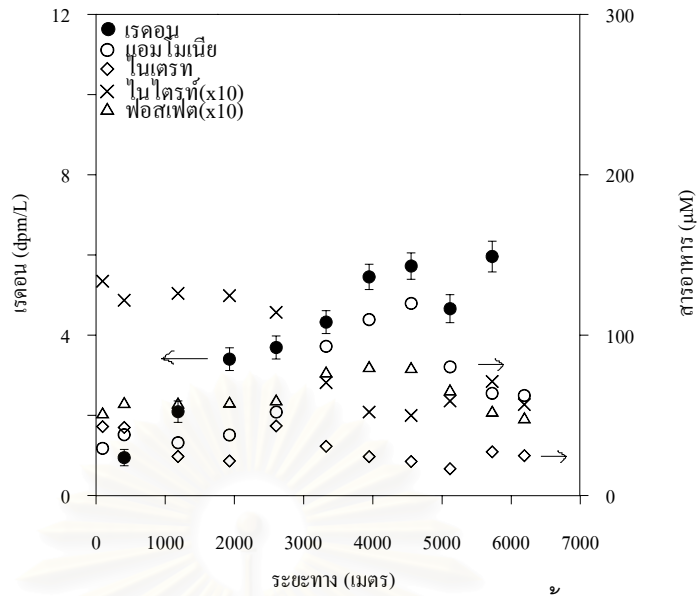
ทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งพบว่าสารอาหารแอมโมเนียและฟอสเฟตจากการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 2 ครั้งที่ 3 และครั้งที่ 4 มีค่าสอดคล้องตามการเปลี่ยนแปลงของปริมาณความเข้มข้นเรดอนที่ตรวจพบในแต่ละจุดดังแสดงในรูปที่ 4.8-4.11 แต่ผลความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากการเก็บตัวอย่างน้ำครั้งที่ 1 มีแนวโน้มไม่เป็นไปในทางเดียวกัน ส่วนสารอาหารไนโตรเจน และไนเตรท มีค่าค่อนข้างต่ำและมีค่าไม่คล้องตามปริมาณก๊าซเรดอนแต่พบว่าปริมาณไนเตรท และไนโตรเจนจะมีค่าสูงในบริเวณปากคลองมากกว่าบริเวณต้นน้ำ ส่วนสารละลายอนินทรีย์ไนโตรเจน (DIN) ซึ่งเป็นผลรวมของแอมโมเนีย ไนโตรเจน และไนเตรท มีค่าสอดคล้องตามปริมาณก๊าซเรดอนเช่นเดียวกันกับแอมโมเนีย ดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลองจากการสำรวจครั้งที่ 1

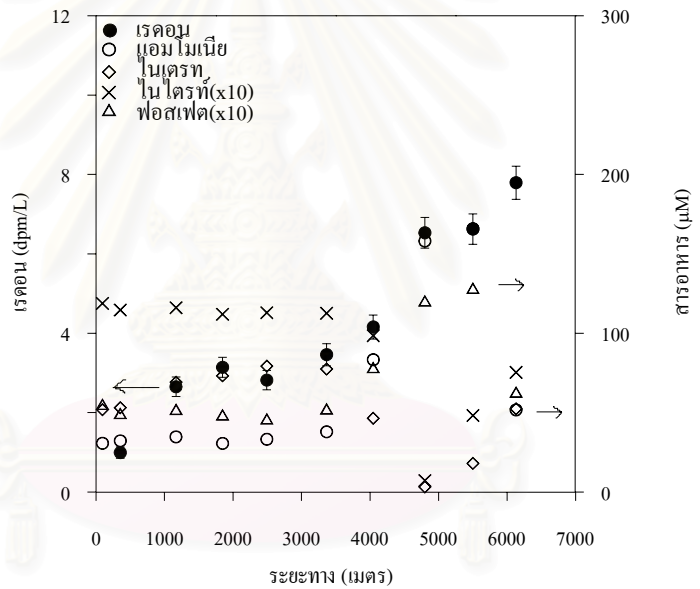


รูปที่ 4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่ 2



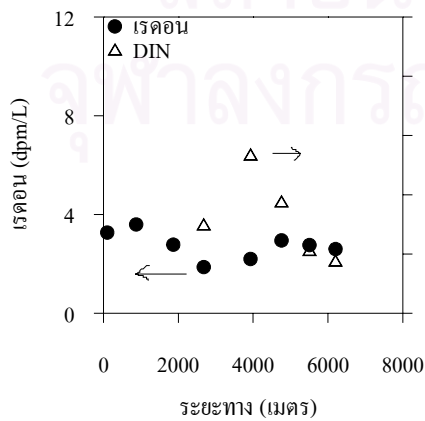
รูปที่ 4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่

ที่ 3

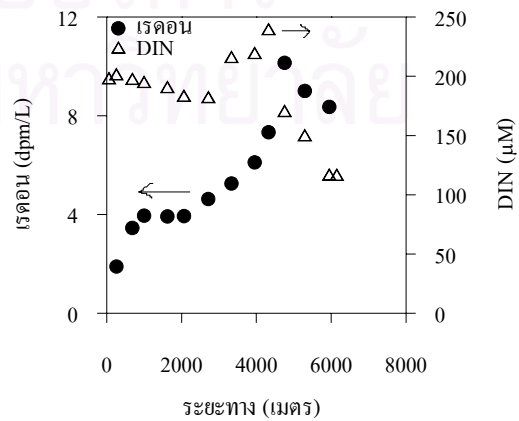


รูปที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลอง จากการสำรวจครั้งที่

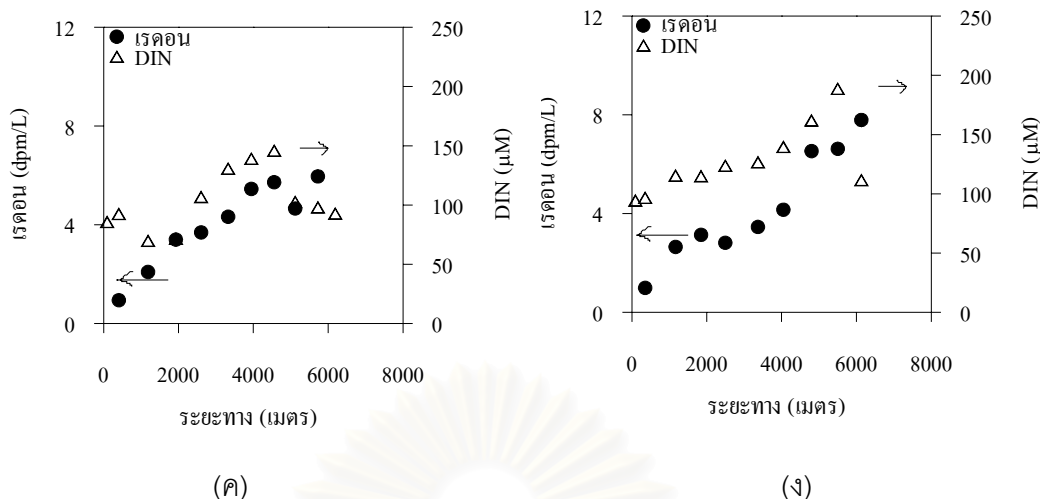
ที่ 4



(ก)



(ข)



รูปที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหาร จากการสำรวจ

(ก) ครั้งที่ 1, (ข) ครั้งที่ 2, (ค) ครั้งที่ 3 และ (ง) ครั้งที่ 4

4.2 ผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนในบริเวณวัดคูหาสวรรค์

จากการวิเคราะห์ผลตามหัวข้อที่ 4.1.1 ดังรูปที่ 4.1, 4.2 และ 4.3 แสดงให้เห็นว่าแนวโน้มปริมาณความเข้มข้นเรดอนมีค่าสูงในบริเวณพื้นที่ของวัดกำแพงและวัดคูหาสวรรค์ ดังนั้นผู้ทำการวิจัยได้ลงสำรวจพื้นที่เพื่อหาที่จะตั้งสถานีตรวจวัดอย่างละเอียดเพื่อวัดปริมาณก๊าซเรดอนอย่างต่อเนื่อง (time series) ซึ่งพบว่าบริเวณพื้นที่ข้างวัดคูหาสวรรค์ที่ซึ่งเป็นบ้านส่วนบุคคลที่มีศาลาน้ำที่เหมาะสมต่อการทำการทดลองตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนจากคลองและจากน้ำใต้ดินต้นจากหลุมเจาะ 2A และหลุมเจาะ 1A ที่ทำการขุดขึ้น (ซึ่งได้ตรวจพบปริมาณก๊าซเรดอนสูงกว่าหลุมอื่นๆ ดังตารางที่ 4.1) ผู้ทำการวิจัยได้ทำการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551 ซึ่งวิธีดำเนินการทดลองกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 3.5.2.1 - 3.5.2.2

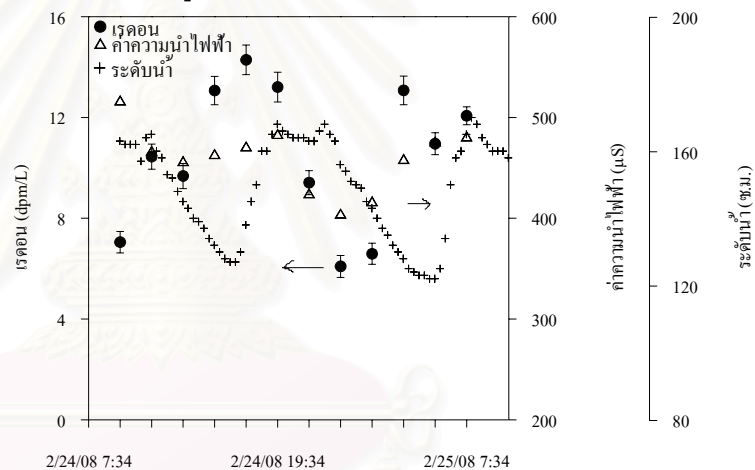
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนจากน้ำใต้ดินในแต่ละหลุมที่ขุดเจาะ

หลุม	เรดอน (dpm/L)
1A	1375 ± 87
1B	472 ± 14
2A	1686 ± 50
2B	1302 ± 29
2C	254 ± 8
2D	120 ± 35

4.2.1 ผลการตรวจวัดเรดอนจากน้ำคลองบริเวณวัดคูหาสวรรค์

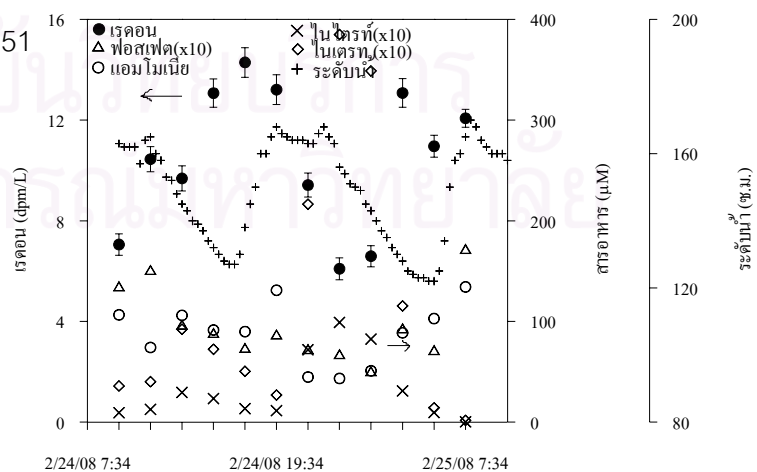
จากการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอน(time series)ตลอด 24 ชม.ในระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551 พบว่าปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลองมีแนวโน้มสัมพันธ์กันโดยในช่วงเวลาที่ปริมาณเรดอนมีค่าสูงจะพบว่าค่าความนำไฟฟ้าจะสูงด้วย และในช่วงเวลาที่พบปริมาณค่าเรดอนต่ำค่าความนำไฟฟ้าที่พบก็จะต่ำด้วย ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.13

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ขึ้นลง พบว่าเมื่อระดับน้ำคลองสูงขึ้นจะทำให้น้ำใต้ดินตื้นไหลหรือซึมผ่านเข้าสู่คลองได้น้อยจึงทำให้ตรวจพบปริมาณก๊าซเรดอนต่ำในทางกลับกันในขณะน้ำลง น้ำใต้ดินสามารถซึมเข้าสู่คลองได้ง่ายทำให้ตรวจพบปริมาณก๊าซเรดอนในน้ำคลองสูงกว่าตอนน้ำขึ้นมาก ส่วนปริมาณค่าสารอาหารจะพบว่าสารอาหารแอมโมเนียจะมีค่าที่สูงขึ้นตามปริมาณก๊าซเรดอนส่วนสารอาหารฟอสเฟต ไนโตรเจน ไนเตรท มีค่าค่อนข้างต่ำดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-

25 กุมภาพันธ์ 2551



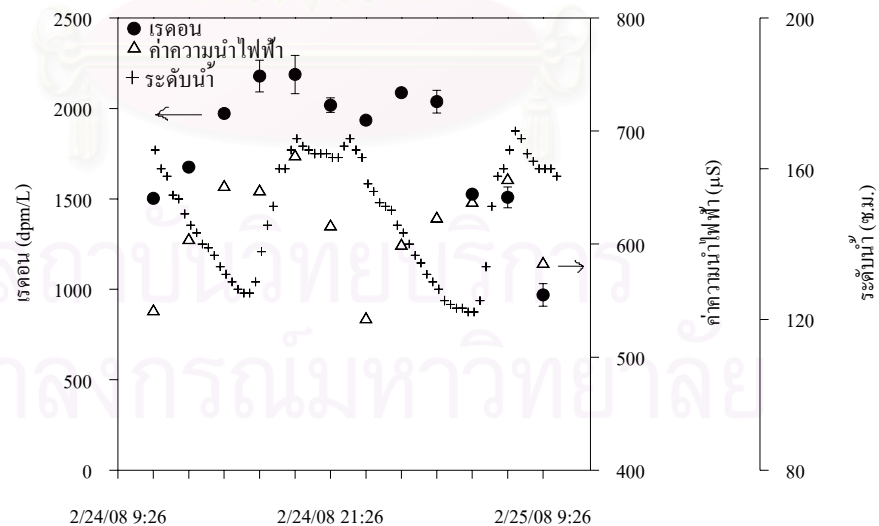
รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำคลองเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551

4.2.2 ผลการตรวจวัดเรดอนจากน้ำใต้ดินตื้นที่เก็บจากการตั้งสถานีที่หลุม 2A

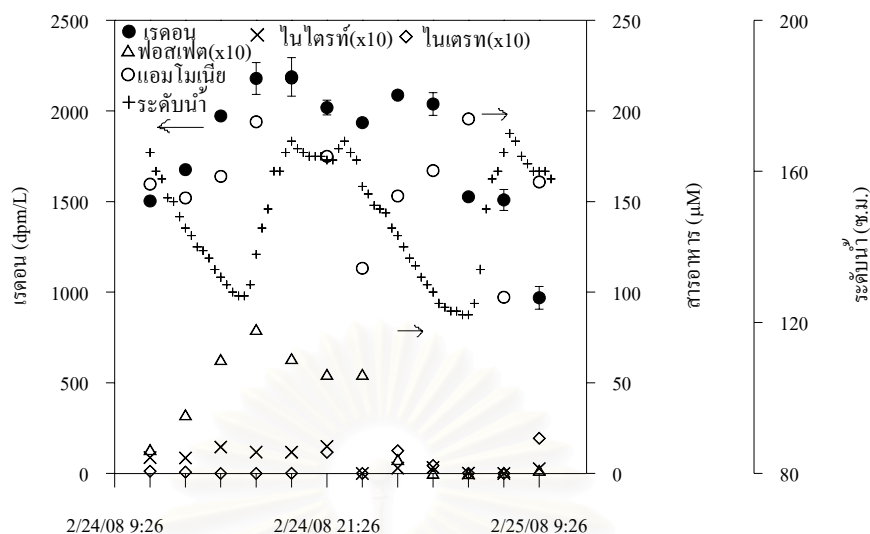
จากการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในน้ำใต้ดินตื้นจากหลุม 2A พบว่า ปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บแบบจ้วงจากหลุม 2A มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กันกับค่าความนำไฟฟ้าโดยเมื่อปริมาณก๊าซเรดอนสูงขึ้นค่าความนำไฟฟ้าจะสูงขึ้นตาม โดยมีค่าสูงสุดประมาณ 2118 dpm/L และเมื่อปริมาณก๊าซเรดอนต่ำลงค่าความนำไฟฟ้าก็จะลดลง ดังรูปที่ 4.15

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซเรดอนจากน้ำใต้ดินที่เก็บจากหลุมเจาะ 2A กับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำคลองที่ขึ้นลงพบว่าเมื่อระดับน้ำในคลองสูงขึ้นปริมาณก๊าซเรดอนจะต่ำลงทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าเมื่อน้ำขึ้นปริมาณน้ำใต้ดินเหนือหลุมเจาะจะไหลเข้ามาได้น้อยและน้ำคลองสามารถซึมเข้ามาถึงบริเวณชุดเจาะได้จึงทำให้มีการเจือจางของน้ำที่อยู่ในหลุม 2A ส่วนปริมาณค่าสารอาหารจะเห็นว่าสารอาหารแอมโมเนียจะเปลี่ยนแปลงตามปริมาณก๊าซเรดอน ส่วนสารอาหารฟอสเฟต ไนโตรเจน และไนเตรท จะมีค่าค่อนข้างต่ำ ดังรูปที่ 4.16

จากที่กล่าวมาข้างต้นผลของความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้า และปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าสารอาหารของน้ำใต้ดินตื้นหลุม 2A มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงคล้ายกับผลการตรวจวัดที่พบในน้ำคลองแต่ปริมาณความเข้มข้นเรดอนค่าความนำไฟฟ้า และสารอาหารแอมโมเนียของน้ำใต้ดินตื้นหลุม 2A มีค่าสูงกว่าน้ำในคลอง



รูปที่ 4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำใต้ดินตื้น ณ หลุม 2A ในวันที่ 24-25 ก.พ. 2551

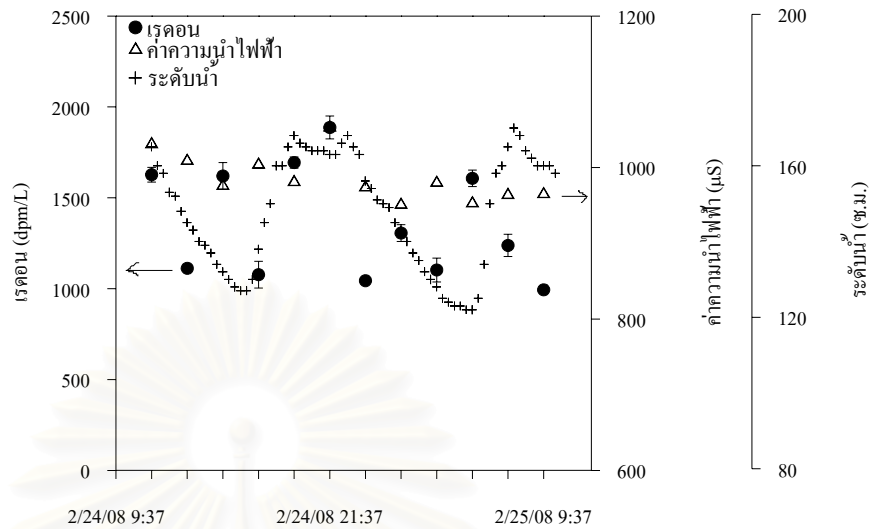


รูปที่ 4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำใต้ดินชั้น ๓ ณ หลุม 2A โดยทำการเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากน้ำคลอง ในวันที่ 24-25 ก.พ. 2551

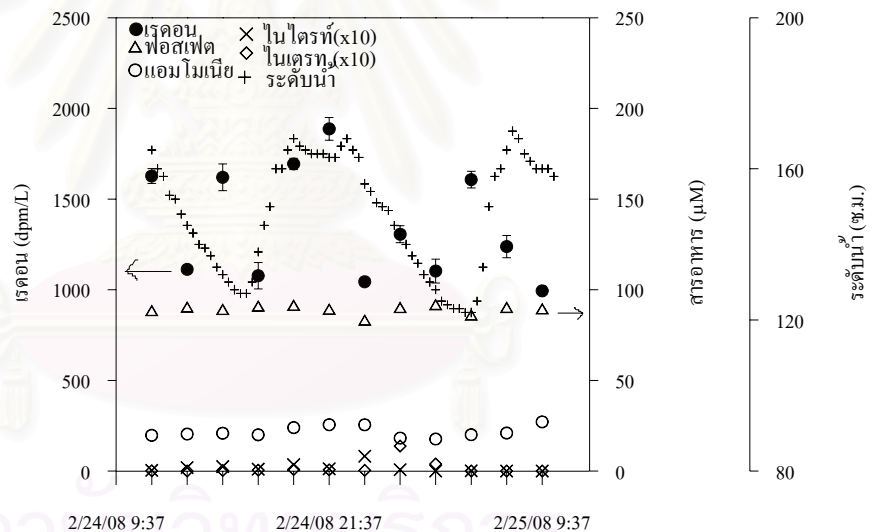
4.2.3 ผลการตรวจวัดเรดอนจากน้ำใต้ดินชั้นที่เก็บจากการตั้งสถานีที่หลุม 1A

จากการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนในน้ำใต้ดินชั้นจากหลุม 1A พบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ดังรูปที่ 4.17

เมื่อพิจารณาปริมาณก๊าซเรดอนจากน้ำใต้ดินที่เก็บจากหลุมเจาะ 1A กับการเปลี่ยนแปลงของระดับน้ำที่ขึ้นลงในคลองพบว่าเมื่อระดับน้ำในคลองสูงขึ้นปริมาณค่าเรดอนจะสูงขึ้นตามถ้าระดับน้ำลงปริมาณค่าเรดอนจะลดลงตาม แต่ในบางช่วงเวลา 23:37-01:37 น. ระดับน้ำคลองสูงค่าเรดอนที่ตรวจพบต่ำ ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่าในช่วงนั้นน้ำคลองสามารถซึมผ่านเข้ามาถึงหลุมเจาะจึงทำให้มีการเจือจางของน้ำที่อยู่ในหลุม 1A และเมื่อน้ำในคลองลดปริมาณน้ำที่อยู่ด้านเหนือหลุมเจาะสามารถไหลเข้าในหลุมได้มากจึงตรวจพบค่าเรดอนสูง เช่น ณ เวลา 15:37 น. และ 05:37 น. ส่วนปริมาณสารอาหารจะเห็นว่าสารอาหารฟอสเฟตมีปริมาณสูงกว่าสารอาหารแอมโมเนีย ส่วนสารอาหารตัวอื่นจะไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณก๊าซเรดอน แต่จากการที่ตรวจพบปริมาณเรดอน และสารอาหาร(โดยเฉพาะปริมาณสารอาหารฟอสเฟต)มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงไปในทางเดียวกันและสัมพันธ์กับระดับน้ำในคลอง(ดังรูป 4.17-4.18)แต่ไม่ชัดเจนเท่าการเปลี่ยนแปลงของหลุมเจาะ 2A จึงอาจกล่าวได้ว่าน้ำใต้ดินในหลุมเจาะ 1A ไหลพร้อมพัดพาสารอาหารเข้าสู่คลอง เช่นเดียวกับน้ำใต้ดินจากหลุมเจาะ 2A



รูปที่ 4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำใต้ดินชั้น 1A ในวันที่ 24-25 ก.พ. 2551

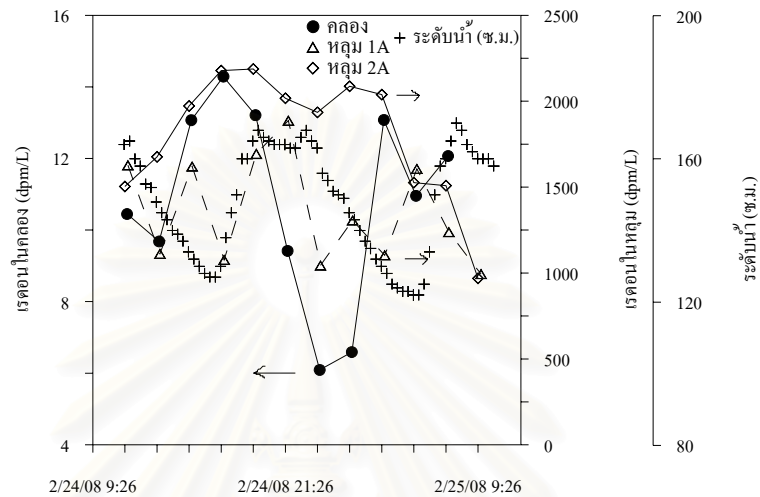


รูปที่ 4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณก๊าซเรดอนกับสารอาหารจากน้ำใต้ดินชั้น 1A โดยทำการเทียบกับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำจากน้ำคลองในวันที่ 24-25 ก.พ. 2551

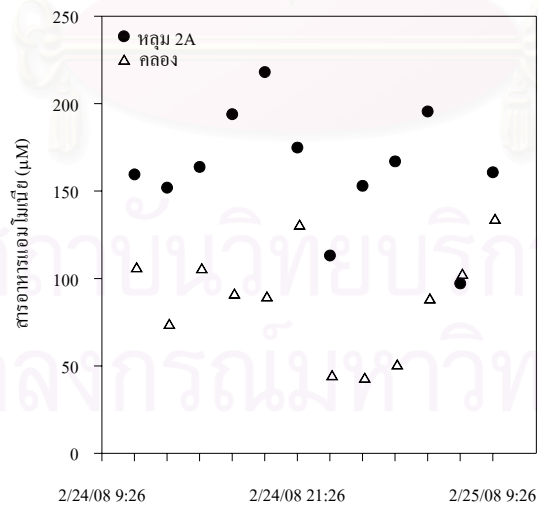
4.2.4 ความสัมพันธ์ของเรดอนกับสารอาหารในน้ำคลองและน้ำใต้ดิน

ได้ทำการเขียนกราฟเพื่อดูความสัมพันธ์ของเรดอนในน้ำคลองบริเวณที่ตั้งสถานีและน้ำใต้ดินชั้นที่ 2 หลุม และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างสารแอมโมเนียในน้ำคลองกับน้ำใต้ดินชั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.19-4.20 พบว่า ปริมาณเรดอนในน้ำคลองบริเวณที่ตั้งสถานีและน้ำใต้ดินชั้น มีความสัมพันธ์ไปในทางเดียวกัน และพบว่าปริมาณสารแอมโมเนียในน้ำใต้ดินชั้นมีค่าสูงกว่าใน

น้ำคลองมาก ดังนั้น จากผลการวิจัยทั้งหมดจึงสรุปได้ว่าบริเวณดังกล่าวมีน้ำใต้ดินตื้นไหลซึม
พร้อมพัดพาสารอาหารเข้าสู่คลอง



รูปที่ 4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนของน้ำคลองและน้ำใต้ดินจากหลุม



รูปที่ 4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างสารอาหารแอมโมเนียในน้ำคลองกับน้ำใต้ดินหลุม 2A

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สรุปผลการสำรวจหาตำแหน่งบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลอง

5.1.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับระยะทาง

จากการสำรวจหาตำแหน่งที่มีการซึมของน้ำใต้ดินตื้นเข้าสู่คลอง โดยใช้เรือเป็นพาหนะทำการวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำคลอง ทั้งหมด 4 ครั้ง ดังนี้ ครั้งที่ 1 สำรวจในวันที่ 13 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 2 สำรวจในวันที่ 27 มิถุนายน 2550 ครั้งที่ 3 สำรวจในวันที่ 15 สิงหาคม 2550 และครั้งที่ 4 สำรวจในวันที่ 28 มกราคม 2551 สามารถสรุปได้แสดงในตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 ปริมาณความเข้มข้นเรดอนในการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง

วันที่ทำการสำรวจ	ความเข้มข้นเรดอนจากปากคลอง ไปต้นน้ำที่คลองมอญ (dpm/L)	ความเข้มข้นเรดอนจากคลอง มอญไปปากคลอง (dpm/L)
13 มิ.ย. 2550	1.87 ± 0.29 - 3.60 ± 0.42	1.82 ± 0.27 - 4.66 ± 0.45
27 มิ.ย. 2550	1.89 ± 0.29 - 10.14 ± 0.68	6.38 ± 0.52 - 9.30 ± 0.65
15 ส.ค. 2550	0.95 ± 0.29 - 5.96 ± 0.55	3.01 ± 0.43 - 8.03 ± 0.58
28 ม.ค. 2551	0.99 ± 0.21 - 7.79 ± 0.60	4.17 ± 0.31 - 8.02 ± 0.43

จากการสำรวจเบื้องต้น 4 ครั้งพบว่า กรณีที่แล่นเรือจากปากคลองไปสิ้นสุดที่คลองมอญ ปริมาณความเข้มข้นเรดอนที่พบจะสูงบริเวณวัดสังข์กระจาย (บริเวณท้ายน้ำ), วัดคูหาสวรรค์, วัดวิจิตรกานินมิตร และสุดคลองบางกอกใหญ่ (บริเวณต้นน้ำ) และเมื่อแล่นเรือกลับจากคลองมอญไปปากคลองจะพบความเข้มข้นเรดอนสูง (ทิศใต้มุ่งหน้าไปปากคลอง)บริเวณวัดนวลนรดิศวรวิหาร, ท่าเรือเพชรเกษม 20, วัดนวลนรดิศวรวิหาร และ วัดคูหาสวรรค์ (บริเวณต้นน้ำ) ตามลำดับ และพบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนด้านฝั่งขวามือ(จากคลองมอญไปปากคลอง)มีค่าที่สูงกว่าด้านฝั่งซ้ายมือของคลองและมีแนวโน้มค่าที่สูงสุดอยู่ในบริเวณเดียวกัน คือบริเวณระหว่างวัดกำแพงและวัดคูหาสวรรค์ ดังนั้น บริเวณพื้นที่ทางฝั่งขวามือมุ่งหน้าไปปากคลองซึ่งเป็นแผ่นดินใหญ่ จึงคาดว่าน่าจะมีน้ำใต้ดินตื้นซึมลงมาสู่คลองมากกว่าฝั่งซ้ายมือซึ่งมีสภาพเหมือน

เกาะเพราะมีคลองมอญอยู่ด้านเหนือ ดังนั้น น้ำใต้ดินจึงสามารถซึมออกทางด้านคลองมอญด้วยการสำรวจในการวิจัยนี้พบว่า ปริมาณความเข้มข้นเรดอนเปลี่ยนแปลงขึ้นกับฤดูกาลด้วย เพราะว่าการสำรวจครั้งที่ 1, 2 และ 3 สำรวจในหน้าฝน ส่วนครั้งที่ 4 สำรวจในหน้าหนาว จะเห็นได้ว่าปริมาณค่าความเข้มข้นเรดอนของหน้าฝนจะมากกว่าเนื่องจากมีน้ำใต้ดินที่ซึมเข้ามาสู่คลองได้มากกว่าหน้าหนาวซึ่งมีน้ำใต้ดินจะน้อยกว่า

5.1.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้า

จากการที่ได้ลองเรือสำรวจและทำการวัดค่าความนำไฟฟ้าในคลองทั้งขาไปและกลับจากปากคลองไปต้นน้ำที่คลองมอญ (มุ่งหน้าไปคลองมอญ) และขากลับแล้วจากคลองมอญไปปากคลอง (มุ่งหน้าไปปากคลอง) ผลการสำรวจพบว่าบริเวณที่พบปริมาณความเข้มข้นเรดอนสูงจะพบว่าค่าความนำไฟฟ้าสูงซึ่งมีลักษณะเดียวกันทั้งขาไปและกลับ และพบปริมาณความเข้มข้นเรดอนและค่าความนำไฟฟ้าในการสำรวจมีค่ามากในบริเวณเดียวกัน ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าบริเวณพื้นที่ทางฝั่งขวามือมุ่งหน้าไปปากคลอง คาดว่ามีน้ำใต้ดินที่ซึมลงมาสู่ในคลองมากกว่าฝั่งซ้ายมือ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Prof.Dr. William C. Burnett [15] ที่พบความเข้มข้นเรดอนและปริมาณสารละลายอนินทรีย์ไนโตรเจน (DIN) บริเวณวัดอินทารามซึ่งตั้งอยู่ทางฝั่งขวามือของคลองและตรวจพบว่าบริเวณด้านเหนือและใต้สถานีตรวจวัดน่าจะมีบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่

5.1.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหาร

จากการวิเคราะห์หาสารอาหารในการเก็บตัวอย่างน้ำในการออกสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง ในห้องปฏิบัติการของสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สามารถสรุปได้แสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ปริมาณสารอาหารในการสำรวจทั้งหมด 4 ครั้ง

วันที่สำรวจ	แอมโมเนีย (μM)	ไนไตรท์ (μM)	ไนเตรท (μM)	ฟอสเฟต (μM)	DIN (μM)
13 มิ.ย. 2550	32.033 - 129.078	-	0.605 - 12.593	5.921 - 10.791	44.626 - 134.064
27 มิ.ย. 2550	148.913 - 237.319	0.973 - 3.687	0.000 - 17.289	9.572 - 13.746	117.010 - 239.859
15 ส.ค. 2550	29.412 - 119.804	4.993 - 13.362	16.711 - 43.395	4.855 - 8.051	69.884 - 145.985
28 ม.ค. 2551	30.608 - 165.873	0.723 - 11.880	3.147 - 79.302	4.609 - 12.840	94.428 - 188.709

จากการวิเคราะห์พบว่าสารอาหารแอมโมเนียและฟอสเฟตในครั้งที่ 2, 3 และ 4 มีค่าสูงในบริเวณที่มีปริมาณความเข้มข้นเรดอนสูง ส่วนสารอาหารไนไตรท์ และไนเตรท มีค่าค่อนข้างต่ำ

และมีแนวโน้มไม่สอดคล้องกับปริมาณความเข้มข้นเรดอน เมื่อดูความสัมพันธ์ของสารละลายอนินทรีย์ไนโตรเจน (DIN) ซึ่งเป็นผลรวมของแอมโมเนีย ไนไตรท์ และไนเตรท พบค่าสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นเรดอนเช่นเดียวกันกับค่าของแอมโมเนีย แต่ผลความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นเรดอนกับสารอาหารในครั้งที่ 1 มีแนวโน้มไม่เป็นไปในทางเดียวกัน และพบว่าทางท้ายน้ำมีปริมาณไนไตรท์ และไนเตรทส่วนใหญ่สูงกว่าทางต้นน้ำ แสดงให้เห็นว่าแอมโมเนียถูกย่อยสลายไป

เมื่อเปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) กำหนดให้ปริมาณแอมโมเนียมีค่าไม่เกิน 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ($0.5 \times 10^3 \mu\text{M}$) ปริมาณไนเตรทมีค่าไม่เกิน 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร ($5.0 \times 10^3 \mu\text{M}$) พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐาน

5.1.2 สรุปผลการตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอนน้ำในคลองและน้ำใต้ดินบริเวณวัดคูหาสวรรค์

5.1.2.1 การตรวจวัดเรดอนจากน้ำคลอง

จากการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนจากน้ำคลองพบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนกับค่าความนำไฟฟ้าจากน้ำคลองมีแนวโน้มสัมพันธ์กันโดยในเวลาที่ตรวจพบปริมาณค่าเรดอนสูงจะพบว่าค่าความนำไฟฟ้าจะสูงขึ้นด้วยและถ้าปริมาณค่าเรดอนต่ำลงค่าความนำไฟฟ้าก็จะลดลงต่ำด้วย

นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนมีการเปลี่ยนแปลงกับระดับน้ำคลองที่ขึ้นลง เมื่อระดับน้ำในคลองสูงขึ้นจะพบว่าปริมาณค่าเรดอนจะต่ำลง ทั้งนี้เพราะว่าน้ำใต้ดินไหลเข้าคลองได้น้อยเนื่องจากมีแรงดันจากน้ำในคลอง จึงทำให้ปริมาณเรดอนที่ตรวจพบน้อยกว่าเมื่อตอนน้ำลง ส่วนปริมาณสารอาหารจะเห็นว่าสารอาหารแอมโมเนียจะมีค่าที่สูงขึ้นเมื่อปริมาณความเข้มข้นเรดอนสูง ส่วนสารอาหารฟอสเฟต ไนไตรท์ ไนเตรท มีค่าค่อนข้างต่ำ

ปริมาณสารอาหารแอมโมเนีย ไนไตรท์ ไนเตรท และฟอสเฟตของน้ำคลองอยู่ในช่วง 43.333 - 134.267 μM , 0.028 - 9.903 μM , 0.164 - 38.502 μM และ 5.062 - 17.201 μM ตามลำดับ ซึ่งค่าแอมโมเนียพบว่าสูงในเวลากลางวันมากกว่าในเวลากลางคืน แสดงว่าในตอนกลางวันมีการไหลของน้ำโสโครกเข้าสู่คลองบางกอกใหญ่มากกว่าตอนกลางคืน และการพบปริมาณไนไตรท์และไนเตรทในคลองสูงแสดงว่าแอมโมเนียในคลองกำลังถูกย่อยสลายไปเป็นไนไตรท์และไนเตรท

5.1.2.2 การตรวจวัดเรดอนในน้ำใต้ดินตื้นที่เก็บจากหลุม 2A

พบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บจากหลุม 2A มีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กันกับค่าความนำไฟฟ้าโดยพบว่าเมื่อปริมาณค่าเรดอนสูงขึ้นค่าความนำไฟฟ้าจะสูงขึ้นด้วยและเมื่อปริมาณค่าเรดอนต่ำลงค่าความนำไฟฟ้าก็จะลดลงเช่นกัน

เมื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำใต้ดินของหลุม 2A กับการเปลี่ยนแปลงระดับน้ำคลองที่ขึ้นลงพบว่าเมื่อระดับน้ำสูงขึ้นปริมาณค่าเรดอนที่พบจะต่ำลง ส่วนปริมาณค่าสารอาหารพบว่าสารอาหารแอมโมเนียจะมีค่าสูงขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นเรดอนที่พบ ส่วนสารอาหารฟอสเฟต ไนโตรเจน และ ไนเตรท จะมีค่าค่อนข้างต่ำ

ปริมาณสารอาหารแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และฟอสเฟตของตัวอย่างน้ำหลุม 2A อยู่ในช่วง 24.507 - 218.133 μM , 0.000 - 1.493 μM , 0.000 - 1.942 μM และ 0.000 - 83.244 μM ตามลำดับ และช่วงเวลาของปริมาณก๊าซเรดอนและสารอาหารที่พบในน้ำใต้ดินมีรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในทางเดียวกับปริมาณก๊าซเรดอนและสารอาหารที่พบในน้ำคลอง แสดงในใต้ดิน ณ บริเวณที่ตั้งสถานี 2A มีการเชื่อมโยงกับน้ำในคลอง

5.1.2.3 การตรวจวัดเรดอนในน้ำใต้ดินตื้นที่เก็บจากหลุม 1A

พบว่าปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำใต้ดินที่เก็บจากหลุม 1A กับค่าความนำไฟฟ้าไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ปริมาณความเข้มข้นเรดอนในน้ำใต้ดินของหลุม 1A มีการเปลี่ยนแปลงไปตามกับระดับน้ำคลองที่ขึ้นลงโดยระดับน้ำที่สูงขึ้นปริมาณค่าเรดอนจะสูงขึ้นตามถ้าระดับน้ำลงปริมาณค่าเรดอนจะลดลงตาม แต่ในบางช่วงเวลา 23:37-01:37 น. ระดับน้ำคลองสูงค่าเรดอนต่ำ คาดว่ามีผลจากการที่น้ำในคลองซึมผ่านเข้ามาถึงหลุมทำให้เข้ามาเจอกับน้ำที่อยู่ในหลุม และเมื่อน้ำในคลองลดปริมาณน้ำที่อยู่ด้านบน (ห่างจากตลิ่ง) ไหลเข้าในหลุมได้มากค่าเรดอนจึงสูง เช่น ณ เวลา 15:37น.และ05:37 น. ส่วนปริมาณสารอาหารจะเห็นว่าสารอาหารฟอสเฟตมีปริมาณสูงกว่าสารอาหารแอมโมเนีย

ปริมาณสารอาหารแอมโมเนีย ไนโตรเจน ไนเตรท และฟอสเฟตของตัวอย่างน้ำหลุม 1A อยู่ในช่วง 17.653 - 113.200 μM , 0.000 - 0.819 μM , 0.000 - 1.382 μM และ 5.472 - 91.800 μM ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอาหารในน้ำคลอง หลุม 2A และหลุม 1A พบว่าปริมาณสารอาหารแอมโมเนียและฟอสเฟตสามารถใช้เป็นสารบ่งบอกถึงการซึมผ่านของน้ำใต้ดินเข้าสู่ลำคลองโดยพบว่าปริมาณสารอาหารแอมโมเนียในหลุม 2A มากกว่าน้ำคลองมาก นอกจากนี้ยังพบว่าน้ำในหลุม 1A มีปริมาณสารอาหารฟอสเฟตสูงกว่าสารอาหารแอมโมเนียและสูงกว่า

ปริมาณฟอสเฟตในน้ำคลอง การที่พบฟอสเฟตในน้ำตัวอย่างของหลุม 1A มากกว่า 2A เป็นเพราะบริเวณหลุม 1A เป็นสนามหญ้าและมีไม้ประดับ ส่วนบริเวณ 2A เป็นพื้นที่ข้างบ้าน จึงอาจเป็นไปได้ว่าฟอสเฟตที่พบในน้ำหลุม 1A มากกว่าหลุม 2A อาจมาจากปุ๋ยที่ใส่ให้กับต้นไม้ในสวน อย่างไรก็ตาม เมื่อเปรียบเทียบค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ในส่วนของแอมโมเนีย และไนเตรท พบว่ามีค่าไม่เกินมาตรฐานทั้งน้ำคลอง หลุม 2A และหลุม 1A

จากผลการวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าก๊าซเรดอนสามารถใช้เป็นตัวติดตามในการหาบริเวณที่มีการซึมผ่านของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง หรือน้ำผิวดินแหล่งอื่นได้ และการใช้เทคนิคการตรวจวัดก๊าซเรดอนอย่างต่อเนื่อง (time series measurement) ร่วมกับการเก็บตัวอย่างน้ำใต้ดินแบบจ้วงในบริเวณที่มีการซึมของน้ำใต้ดินต้นเข้าสู่คลอง สามารถใช้ศึกษาศักยภาพการพัดพาของสารอาหารเข้าสู่ผิวดินจากน้ำใต้ดินบริเวณดังกล่าวได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำจากพื้นที่ที่ได้ทำการเก็บสำรวจควรรีบนำมาวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการให้เร็วที่สุดเพื่อลดความผิดพลาดของค่าสารอาหารจากการวิเคราะห์ เนื่องจากถ้าเก็บตัวอย่างไว้นานสภาพทางเคมีของสารอาหารจะเปลี่ยนไป
- 5.2.2 ในการสำรวจโดยใช้เรือเป็นพาหนะต้องควบคุมความเร็วของเรือให้ช้า และคงที่ที่สุด
- 5.2.3 ถ้ามีการศึกษาในภาคหน้า ต้องทราบข้อมูลความเร็วของน้ำ น้ำขึ้น-น้ำลง อุณหภูมิ ฤดูแล้ง กลางวัน-กลางคืน เพื่อลดความคลาดเคลื่อนของปริมาณความเข้มข้นก๊าซเรดอน
- 5.2.4 ควรทำการศึกษาหาแหล่งซึมผ่านของก๊าซเรดอนเข้าสู่คลองจากแหล่งอื่น เช่น จากน้ำใต้ดินที่อยู่ลึกจากท้องคลอง และปริมาณเรเดียมที่มีอยู่ในน้ำ เพื่อนำมาพิจารณาหาปริมาณความเข้มข้นจริงของก๊าซเรดอนที่ถูกแพร่เข้าสู่คลองโดยน้ำใต้ดินต้น

รายการอ้างอิง

- [1] H. Dulaiova, R. Peterson, W. C. Burnett, D. Lane-Smith. A multi-detector continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2 (2005): 361 – 365.
- [2] กรรณิการ์ สิริสิงห. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และ การวิเคราะห์. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล, 2525
- [3] Radiation information networks. Radioactivity in Nature. [Online]. Idaho State University. Available from: <http://www.physics.isu.edu/radinf/natural.htm>. [1991; May]
- [4] Guebuem Kim, W.C.Burnett, H.Dulaiova, P.W.Swarzenski, and W.S.Moore. Measurement of ^{224}Ra and ^{226}Ra Activities in Natural Waters Using a Radon-in-air monitor. *Journal of Environmental Science* 23 (2001): 4680 – 4683.
- [5] Jong-Mi Lee, Guebuem Kim. A simple and rapid method for analyzing radon in coastal and ground waters using a radon-in-air monitor. *Journal of Environmental Radioactivity* 89(2006) :219 – 228.
- [6] William C.Burnett, Henrieta Dulaiova. Estimating the dynamics of groundwater input into the coastal zone via continuous radon-222 measurements. *Journal of Environmental Radioactivity* 69(2003): 21 – 35.
- [7] H.Dulaiova, R.Peterson, W.C.Burnett, D.Lane-Smith. A multi-detector continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 2(2005): 361 – 365.
- [8] W.C.Burnett, G.Kim, D.Lane-Smith. A continuous monitor for assessment of ^{222}Rn in the coastal ocean. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 1(2001): 167 – 172.
- [9] สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ. การป้องกันอันตรายจากรังสี ระดับ2. กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546.
- [10] สุกัญญา อรุณสง. ไนโตรเจนในน้ำ. แหล่งที่มา <http://www.dgr.go.th/water2006/technique19.html> [21/03/08]
- [11] สุกัญญา อรุณสง. ความแตกต่างระหว่างน้ำผิวดินและน้ำประปา. แหล่งที่มา <http://www.dgr.go.th/water2006/technique18.html> [21/03/08]

- [12] โอภาส จิระเดชตระกูล. การหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติในปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ที่ใช้สำหรับก่อสร้างอาคาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโยธาเทคโนโลยีบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548
- [13] J.D.H. Strickland and T.R. Parson. การวิเคราะห์สารอาหารในน้ำทะเล, 1972
- [14] สำนักงานเขตบางกอกใหญ่.เขตการปกครอง. แหล่งที่มา <http://203.155.220.239/subsite/index.php?strOrgID=001040&strSection=aboutus&intContentID=1142&intListID=1507>
[22/04/08]
- [15] Burnett WC, and others. Underground source of nutrient contamination to surface water in Bangkok, Thailand. For Submission to Science of the Total Environment. 28(2007)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและ
สารอาหารจากน้ำคลอง

ตาราง ก-1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจาก
น้ำคลองครั้งที่ 1 (13 มิถุนายน 2550)

สถานที่	เวลา	ระยะทาง (เมตร)	ตัวอย่าง	เรดอน-222 (dpm/l)	ค่าความนำ ไฟฟ้า (μ S)	สารอาหาร (μ M)			
						ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต
ปากคลอง	9:40	0.00							
	9:45	100.00		3.27 \pm 0.37	442.10				
ก่อนวัดสิ่งขี้กระจาย	9:55	873.00		3.60 \pm 0.42	449.50				
ก่อนวัดอินทาราม	10:05	1865.00		2.78 \pm 0.34	468.10				
ก่อนสะพานพระราม3	10:15	2679.00	N-001	1.87 \pm 0.29	434.00	7.489	65.130	-	9.986
ท่าเรือเพชรเกษม20	10:25	3929.00	N-002	2.20 \pm 0.31	469.20	10.791	129.078	-	4.986
ก่อนวัดคูหาสวรรค์	10:35	4756.00	N-003	2.95 \pm 0.35	477.10	9.756	93.853	-	0.605
ก่อนวัดวัดจิตรกรนิมิต	10:45	5504.00	N-004	2.76 \pm 0.35	471.20	8.919	52.482	-	1.161
	10:55	6201.00	N-005	2.6 \pm 0.33	402.10	5.921	32.033	-	12.593
สุดคลองบางกอกใหญ่	11:06	6307.00			443.60				
	11:35	6059.00		1.82 \pm 0.27	411.70				
	11:45	5049.00		2.97 \pm 0.38	488.80				
	11:55	3759.00		4.66 \pm 0.45	502.00				
วัดอินทาราม	12:05	2130.00		3.79 \pm 0.41	451.10				

หมายเหตุ : - ไม่ได้ทำการวัด

: ไม่ได้เก็บตัวอย่างน้ำจุดแรกที่เริ่มวัดค่าก๊าซเรดอน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจาก น้ำคลองครั้งที่ 2 (27มิถุนายน 2550)

สถานที่	เวลา	ระยะทาง (เมตร)	ตัวอย่าง	เรดอน-222 (dpm/l)	ค่าความนำ ไฟฟ้า (μ S)	สารอาหาร (μ M)			
						ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท
วัดโมลีโลกยาราม	10:38	60.00	N-001		479.00	9.572	177.415	3.687	17.289
วัดหงส์รัตนาราม	10:43	259.00	N-002	1.89 \pm 0.29	497.60	9.924	188.043	3.422	10.249
ทางแยก	10:53	682.00	N-003	3.46 \pm 0.38	501.00	10.489	186.594	3.449	7.807
วัดสังข์กระจาย	11:03	997.00	N-004	3.95 \pm 0.41	528.00	10.505	182.246	2.959	10.125
วัดเวฬุราชิน	11:13	1620.00	N-005	3.92 \pm 0.41	542.00	10.673	178.865	2.646	9.435
ก่อนวัดอินทาราม	11:23	2064.00	N-006	3.94 \pm 0.41	544.00	10.627	174.275	2.463	6.858
สะพานพระราม 3	11:33	2712.00	N-007	4.63 \pm 0.45	555.00	10.719	174.034	2.156	6.312
แยกไปคลองด่าน	11:43	3332.00	N-008	5.26 \pm 0.47	612.00	12.875	212.319	1.639	2.395
ท่าเรือเพชรเกษม 20	11:53	3953.00	N-009	6.11 \pm 0.50	646.00	12.622	216.304	1.340	2.079
วัดทองศาลางาม	12:13	4324.00	N-010	7.33 \pm 0.58	655.00	13.746	237.319	1.429	1.111
ก่อนวัดคูหาสวรรค์	12:43	4752.00	N-011	10.14 \pm 0.68	675.00	12.294	168.841	0.993	0.948
	12:53	5292.00	N-012	9.01 \pm 0.65	697.00	11.743	148.913	0.973	0.450
	13:03	5948.00	N-013	8.36 \pm 0.62	720.00	10.795	115.097	1.109	0.881
สุดคลองบางกอกใหญ่	13:06	6148.00	N-014		724.00	10.229	115.942	1.068	0.000
วัดวิจิตรการนิมิตร	13:13	5739.00		6.84 \pm 0.56	684.00				
ใกล้บ้านยกใหม่	13:23	5461.00		7.49 \pm 0.57	720.00				
แยกคลองบางจาก	13:33	4699.00		8.13 \pm 0.61	693.00				
	13:43	4119.00		9.30 \pm 0.65	687.00				
	13:53	3317.00		7.28 \pm 0.58	664.00				
ก่อนสะพานพระราม 3	14:33	2697.00		7.15 \pm 0.57	684.00				
วัดจันทารามวรวิหาร	14:43	2290.00		6.6 \pm 0.54	651.00				
วันอินทารามภชด	14:53	2100.00		6.38 \pm 0.52	615.00				

ตาราง ก-3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจาก
น้ำคลองครั้งที่ 3 (15 สิงหาคม 2550)

สถานที่	เวลา	ระยะทาง (เมตร)	ตัวอย่าง	เรดอน-222 (dpm/l)	ค่าความนำ ไฟฟ้า (μ S)	สารอาหาร (μ M)			
						ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท
ท่าเรือวัดกัลยาณมิตร2	9:57	94.00	N-001		294.80	5.162	29.412	13.362	42.952
ก่อนท่าเรือเจริญพาศน์	10:02	406.00	N-002	0.95 \pm 0.29	299.90	5.812	37.941	12.177	42.420
ร.ร.ฤทธิณรงค์รอน	10:12	1184.00	N-003	2.09 \pm 0.38	301.60	5.778	32.941	12.608	24.335
ก่อนวัดอินทาราม	10:22	1928.00	N-004	3.4 \pm 0.41	301.80	5.829	37.745	12.464	21.543
ก่อนสะพานพระราม 3	10:32	2604.00	N-005	3.69 \pm 0.41	301.80	5.966	52.059	11.422	43.395
แยกไปคลองด่าน	10:42	3325.00	N-006	4.33 \pm 0.41	357.50	7.709	93.039	7.040	30.674
ท่าเรือเพชรเกษม 20	10:52	3946.00	N-007	5.45 \pm 0.45	376.00	8.051	109.706	5.208	24.291
ก่อนวัดกำแพง	11:02	4555.00	N-008	5.72 \pm 0.47	366.80	7.983	119.804	4.993	21.188
	11:12	5117.00	N-009	4.66 \pm 0.50	377.10	6.598	80.196	5.891	16.711
วัดวิจิตรการนิมิตร	11:22	5725.00	N-010	5.96 \pm 0.55	367.30	5.265	63.725	7.112	27.216
สุดคลองบางกอกใหญ่	11:30	6190.00	N-011		369.60	4.855	62.353	5.675	24.911
	11:32	6013.00		6.12 \pm 0.58	354.60				
บ้านตั้งสถานี	11:42	5195.00		5.75 \pm 0.42	374.70				
วัดคูหาสวรรค์	12:02	4932.00		7.10 \pm 0.31	382.90				
วัดกำแพง	12:42	4668.00		7.07 \pm 0.42	414.20				
ก่อนวัดทองศาลางาม	13:02	4518.00		7.82 \pm 0.65	414.80				
วัดนवलนฤตศรวิหา	13:12	3728.00		8.03 \pm 0.58	403.40				
สะพานพระราม 3	13:22	2838.00		7.68 \pm 0.60	397.80				
วัดอินทาราม	13:32	2178.00		3.01 \pm 0.43	420.00				

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ก-4 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจาก
น้ำคลองครั้งที่ 4 (28 มกราคม 2551)

สถานที่	เวลา	ระยะทาง (เมตร)	ตัวอย่าง	เรดอน-222 (dpm/l)	ค่าความนำ ไฟฟ้า (μ S)	สารอาหาร (μ M)			
						ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท
ท่าเรือวัดกัลยาณมิตร2	9:45	94.00	N-001		407.60	5.527	30.688	11.880	51.860
เลยวัดหงส์รัตนาราม	9:50	354.00	N-002	0.99 ± 0.21	403.40	4.949	32.222	11.467	53.101
ร.ร.ฤทธิณรงค์รอน	10:00	1167.00	N-003	2.65 ± 0.35	402.10	5.204	34.709	11.605	69.147
ก่อนวัดอินทาราม	10:10	1847.00	N-004	3.14 ± 0.36	399.90	4.864	30.608	11.191	73.178
วัดราชคฤห์	10:20	2493.00	N-005	2.82 ± 0.35	400.80	4.609	33.228	11.295	79.302
วัดปากน้ำภาษีเจริญ	10:30	3366.00	N-006	3.46 ± 0.40	404.10	5.238	37.937	11.260	77.442
เลยท่าเรือเพชร20	10:40	4047.00	N-007	4.16 ± 0.43	424.60	7.840	83.333	9.848	46.434
วัดคูหาสวรรค์	10:50	4800.00	N-008	6.53 ± 0.55	460.30	12.041	158.069	0.723	3.147
ก่อนวัดวิจิตรการนิมิต	11:00	5502.00	N-009	6.62 ± 0.55	476.00	12.840	165.873	4.821	18.016
สุดคลองบางกอกใหญ่	11:10	6131.00	N-010	7.79 ± 0.60	419.40	6.293	51.720	7.541	52.403
ใกล้บ้านยกใหม่	11:20	5328.00		7.03 ± 0.57	472.70				
บ้านตั้งสถานี	12:50	5100.00		7.71 ± 0.43	456.90				
คูหา	13:10	4807.00		8.02 ± 0.43	462.60				
กำแพง	13:30	4555.00		7.14 ± 0.41	446.70				
	13:50	4095.00		5.83 ± 0.51	437.50				
	14:00	3129.00		4.67 ± 0.46	401.90				
วัดจันทาราม	14:10	2332.00		4.65 ± 0.49	414.40				
วัดอินทารามวรวิหาร	14:20	2130.00		4.17 ± 0.31	414.70				

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงผลการตั้งสถานีตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอน

ตาราง ข-1 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำคลองในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551

เวลาที่ทำการวัด	ตัวอย่างคลอง	เรดอน-222 (dpm/L)	ค่าความนำไฟฟ้า (μS)	สารอาหาร (μM)			
				ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท
2/24/08 9:34	N-001	7.05 \pm 0.61	517.00	13.494	106.533	0.931	3.594
2/24/08 11:34	N-002	9.57 \pm 0.71	467.00	15.116	74.133	1.264	4.019
2/24/08 13:34	N-003	9.45 \pm 0.71	456.80	9.679	106.000	2.944	9.227
2/24/08 15:34	N-004	12.29 \pm 0.80	463.80	8.859	91.467	2.347	7.237
2/24/08 17:34	N-005	13.44 \pm 0.84	471.40	7.380	89.867	1.333	5.053
2/24/08 19:34	N-006	13.29 \pm 0.84	483.70	8.717	130.933	1.139	2.686
2/24/08 21:34	N-007	8.86 \pm 0.68	424.80	7.255	44.800	7.181	21.643
2/24/08 23:34	N-008	7.30 \pm 0.62	404.70	6.756	43.333	9.903	38.502
2/25/08 1:34	N-009	6.81 \pm 0.60	416.90	5.062	50.933	8.250	34.879
2/25/08 3:34	N-010	12.30 \pm 0.81	459.00	9.323	88.667	3.097	11.536
2/25/08 5:34	N-011	8.17 \pm 0.62	476.30	7.166	102.800	0.958	1.411
2/25/08 7:34	N-012	12.58 \pm 0.51	481.30	17.201	134.267	0.028	0.164

ตาราง ข-2 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำใต้ดินหลุม 2A ในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551

เวลาที่ทำการวัด	ตัวอย่างหลุม 2A	เรดอน-222 (dpm/L)	ค่าความนำไฟฟ้า (μS)	สารอาหาร (μM)			
				ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท
2/24/08 11:26	N-001	1503 \pm 20.82	542.00	1.319	159.600	0.875	0.126
2/24/08 13:26	N-002	1676 \pm 7.67	605.00	3.244	152.000	0.854	0.077
2/24/08 15:26	N-003	1972 \pm 22.01	652.00	6.292	163.867	1.458	0.000
2/24/08 17:26	N-004	2179 \pm 88.10	648.00	7.950	194.000	1.181	0.000
2/24/08 19:26	N-005	2188 \pm 105.99	679.00	6.346	218.133	1.174	0.010
2/24/08 21:26	N-006	2018 \pm 40.52	617.00	5.472	174.933	1.493	1.169
2/24/08 23:26	N-007	1935 \pm 7.33	535.00	5.472	113.200	0.000	0.000
2/25/08 1:26	N-008	2087 \pm 21.71	600.00	0.766	153.067	0.299	1.256
2/25/08 3:26	N-009	2038 \pm 62.95	624.00	0.018	167.067	0.333	0.435
2/25/08 5:26	N-010	1526 \pm 21.82	638.00	0.000	195.600	0.021	0.010
2/25/08 7:26	N-011	1509 \pm 57.60	658.00	0.053	97.200	0.000	0.000
2/25/08 9:26	N-012	969 \pm 63.22	584.00	0.178	160.800	0.271	1.942

ตาราง ข-3 ผลการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นเรดอน ค่าความนำไฟฟ้าและสารอาหารจากน้ำใต้ดินหลุม 1A ในการตั้งสถานีตรวจวัดเรดอนระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551

เวลาที่ทำการวัด	ตัวอย่างหลุม 1A	เรดอน-222 (dpm/L)	ค่าความนำไฟฟ้า (μS)	สารอาหาร (μM)			
				ฟอสเฟต	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท
2/24/08 11:37	N-001	1627 ± 40.72	1033.00	88.503	19.680	0.035	0.010
2/24/08 13:37	N-002	1112 ± 3.90	1011.00	90.463	20.400	0.194	0.000
2/24/08 15:37	N-003	1620 ± 73.44	978.00	89.216	20.853	0.243	0.029
2/24/08 17:37	N-004	1077 ± 73.21	1006.00	90.998	19.973	0.104	0.048
2/24/08 19:37	N-005	1694 ± 30.66	983.00	91.444	23.947	0.354	0.087
2/24/08 21:37	N-006	1887 ± 62.66	1055.00	89.305	25.547	0.125	0.068
2/24/08 23:37	N-007	1044 ± 15.45	976.00	83.244	25.507	0.819	0.039
2/25/08 1:37	N-008	1306 ± 46.64	953.00	90.196	18.187	0.076	1.382
2/25/08 3:37	N-009	1103 ± 65.78	982.00	91.800	17.653	0.000	0.386
2/25/08 5:37	N-010	1607 ± 45.73	955.00	86.096	20.027	0.014	0.000
2/25/08 7:37	N-011	1238 ± 61.27	966.00	90.285	20.960	0.000	0.000
2/25/08 7:37	N-012	994 ± 16.59	967.00	89.483	27.120	0.000	0.000

ตารางแสดงเวลาน้ำขึ้นน้ำลงและปริมาณฝนที่ตกในเดือนที่ทำการทดลอง

ตาราง ข-4 เวลาน้ำขึ้นน้ำลง

13 มิ.ย. 2550		27 มิ.ย. 2550		15 ส.ค. 2550		28 ม.ค. 2551		24 ก.พ. 2551		25 ก.พ. 2551	
เวลา	สูง (เมตร)	เวลา	สูง (เมตร)	เวลา	สูง (เมตร)	เวลา	สูง (เมตร)	เวลา	สูง (เมตร)	เวลา	สูง (เมตร)
2:38	2.79	1:12	2.64	3:36	2.03	3:58	1.51	3:04	1.42	3:05	1.6
11:53	1.01	11:34	1.14	7:22	2.58	10:18	2.97	8:57	2.97	8:51	2.96
19:35	2.80	19:59	2.76	15:14	0.93	17:28	2.03	15:55	1.88	16:18	1.78
23:57	2.55			21:35	2.98	21:45	2.59	20:27	2.84	21:03	2.82

สูงของน้ำทำนายเป็นเมตรเหนือระดับน้ำลงต่ำที่สุด

ที่มา : กองบัญชาการกองทัพเรือ (กรุงเทพมหานคร)

ตาราง ข-5 ปริมาณฝนที่ตกในเดือนที่ทำการทดลอง

เดือน	ปริมาณน้ำฝน (มิลลิเมตร)
1-13 มิถุนายน 2550	94.3
14-27 มิถุนายน 2550	84.7
1-15 สิงหาคม 2551	53.1
1-28 มกราคม 2551	0
1-24,25 กุมภาพันธ์ 2551	46.5

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณ

1. ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากเครื่อง RAD 7- H₂O

ตาราง ค-1 ข้อมูลการวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากน้ำใต้ดิน ณ หลุม 2A (ตารางที่ 4.1)

Date/Time Collection	Uncorrected Rn-222 Bq/m ³			Date/Time Analysis	Decay-corrected Rn-222 Bq/m ³			Rn-222 dpm/L			Mean of Rn-222 dpm/L		
12/14/2007 12:23	29000	±	3090	12/14/2007 13:13	29182	±	3109	1751	±	187			
12/14/2007 12:26	26800	±	1920	12/14/2007 13:31	27019	±	1936	1621	±	116	1686	±	50

เก็บตัวอย่างน้ำหลุม 2A เวลา 12:23น. และ 12:26 น. มาทำการวิเคราะห์

ค่าที่ได้จากเครื่อง RAD 7- H₂O ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ 12:23 น. = 29000 ± 3090 Bq/m³

ค่าที่ได้จากเครื่อง RAD 7- H₂O ณ เวลาที่เก็บตัวอย่างน้ำ 12:26 น. = 26800 ± 1920 Bq/m³

ซึ่งเป็นค่าที่ยังไม่ถูกต้อง จากนั้นจึงทำการแก้ค่าดังนี้

ค่าระยะเวลาเฉลี่ยของการคงอยู่ของนิวเคลียสเรดอน-222 (t_{avg}) = $(3.82 \times 24) / 0.693$

= 132.4 ชั่วโมง

ค่า decay correction (DCF) = $e^{(T/132.4)}$

T = เวลาการวิเคราะห์ตัวอย่าง - เวลาการเก็บตัวอย่าง

= 13:13 - 12:23 น. = 0.83 ชั่วโมง

ดังนั้น DCF = $e^{(0.83/132.4)} = 1.006$

เพราะฉะนั้นค่าที่ถูกต้อง = $(1.006 \times 29000) \pm (1.006 \times 3090)$

= 29182 ± 3109 Bq/m³

จาก $1 \text{ Bq} = 60 \text{ dpm}$, $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L}$

$$\begin{aligned} \text{เพราะฉะนั้น } 29182 \pm 3109 \text{ Bq/m}^3 &= [(29182 \times 60)/1000] \pm [(3109 \times 60)/1000] \\ &= 1751 \pm 187 \text{ dpm/L} \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าที่ถูกต้องของการเก็บตัวอย่างน้ำ ณ เวลา 12:26 = $1621 \pm 116 \text{ dpm/L}$

$$\begin{aligned} \text{นำมาหาค่าเฉลี่ย} &= [(1751+1621)/2] \pm (187+116)/2 \\ &= 1686 \pm \sqrt{[(187-151.5)^2 + (116-151.5)^2]} \\ &= 1686 \pm 50 \text{ dpm/L} \end{aligned}$$

2. ตัวอย่างการคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากเครื่อง RAD 7- Aqua

ข้อมูลการวัดปริมาณความเข้มข้นเรดอนจากน้ำคลองระหว่างวันที่ 24-25 กุมภาพันธ์ 2551
(ตัวอย่าง N-001)

ค่าที่ได้จากเครื่อง RAD7 จะมีค่าดังนี้

Live Time = 18.7 min

Tot Count = 141

Win-A% (Po-218) = 93.6 %

คำนวณ :

$$\begin{aligned} \text{จำนวน Count ทั้งหมด} &= (141 \times 93.6)/100 \\ &= 131.976 \end{aligned}$$

$$\text{จำนวน Count ต่อเวลา} = 131.976 / 18.7 = 7.057 \text{ cpm} \quad (1)$$

$$\text{สัมประสิทธิ์ความไวของเครื่อง RAD 7} = 0.474 \text{ cpm/ (pCi/L)} \quad (2)$$

$$\text{จาก } 1 \text{ dpm} = 2.22 \text{ pCi} \quad (3)$$

อุณหภูมิน้ำ = 26.25 °c

หลังจากเครื่องทำการวัดไปได้สักพักความเข้มข้นเรดอนในอากาศจะเข้าสู่สมดุลกับเรดอนในน้ำอัตราส่วนตอนเข้าสู่สมดุลจะถูกหาถ้ารู้อุณหภูมิ น้ำ ดังสมการความสัมพันธ์ของ WEIGEL

$$a' = 0.105 + 0.405e^{-0.0502T}$$

ซึ่ง a' คือ อัตราส่วนความเข้มข้นของน้ำกับอากาศ (ประมาณ 1:4 ที่อุณหภูมิห้อง)

T คืออุณหภูมิของน้ำ (°C) [8]

แทนค่าอุณหภูมิ

$$a' = 0.105 + 0.405e^{-0.0502 \times 26.25}$$

$$a' = 0.21$$

(4)

นำสมการ 1, 2, 3 และ 4 มาทำการคำนวณหาความเข้มข้นก๊าซเรดอนในน้ำ

$$\frac{7.057 \text{ cpm} \times 2.22 \frac{\text{dpm}}{\text{pCi}} \times 0.21}{0.474 \frac{\text{cpm}}{\text{pCi/L}}} = 7.05 \text{ dpm/L}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายภูริต ควินรัมย์ เกิดเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2526 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์) จากภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในปี พ.ศ. 2549 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (นิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี) ที่ภาควิชานิเวศลิษฐ์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2549



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย