

การหาความสัมพันธ์ของปริมาณเรเดียมในน้ำบาดาลกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมี

นายพงษ์ยุทธ ศรีพลอย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CORRELATION OF RADIUM CONTENT IN GROUNDWATER WITH HARDNESS  
AND CHEMICAL COMPOSITION

Mr. Phongyut Sri-ploy

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

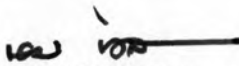
Copyright of Chulalongkorn University

**502143**

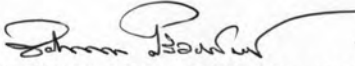
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาความสัมพันธ์ของปริมาณเรเดียมน้ำบาดาลกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมี
โดย	นายพงษ์ยุทธ ศรีพลอย
สาขาวิชา	นิเวศวิทยาระบบเทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทร์โยธา

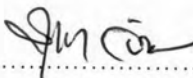
---

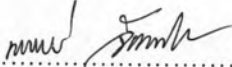
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท

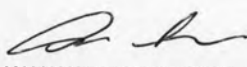
  
..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศศิริวงค์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ชยากริต ศรีอุปถัมภ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา จันทร์โยธา)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ณรงค์ จันทร์ขาว)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

พงษ์ยุทธ ศรีพลอย : การหาความสัมพันธ์ของปริมาณเรเดียมในน้ำบาดาลกับความกระด้าง และองค์ประกอบทางเคมี. (CORRELATION OF RADIUM CONTENT IN GROUNDWATER WITH HARDNESS AND CHEMICAL COMPOSITION) อ. ที่ปรึกษา: รศ.ดร.สุพิชชา จันทโรยธำ, 75 หน้า.

งานวิจัยนี้วัตถุประสงค์เพื่อทำการศึกษาค้นคว้าความสัมพันธ์ของปริมาณเรเดียม ในน้ำบาดาลกับความกระด้างและองค์ประกอบทางเคมี ในน้ำบาดาลจากระบบประปา ตามชุมชนของอำเภอภูเวียง และชุมแพร จังหวัดขอนแก่น อำเภอบ้านไร่และอำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี

ได้ทำการวิเคราะห์หาความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 และ เรเดียม-228 ในตัวอย่างน้ำบาดาลที่ดูดซับบนเส้นใยอะคริลิกที่เคลือบแมงกานีสด้วยเทคนิคแกมมาสเปกโทรเมตรี และวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคไตเตรชัน กับอะตอมมิกแอบซอร์ปชัน ผลที่ได้พบว่า ในตัวอย่างน้ำบาดาลที่เก็บจากจังหวัดขอนแก่นมีค่าเฉลี่ยของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 และ เรเดียม-228 อยู่ในช่วง 0.020-1.410 และ 0.285-2.055 พิคโคคูรีต่อลิตร ตามลำดับ และตัวอย่างน้ำบาดาลที่เก็บจากจังหวัดอุทัยธานีมีค่าเฉลี่ยของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 และ เรเดียม-228 อยู่ในช่วง 0.100-4.805 และ 0.045-32.365 พิคโคคูรีต่อลิตร ตามลำดับ โดยพบตัวอย่างน้ำบาดาล 1 ตัวอย่างจากอำเภอลานสัก จังหวัดอุทัยธานี มีค่าความแรงรังสีเรเดียม-228 สูงที่สุด (32.365 พิคโคคูรีต่อลิตร) นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ในทางบวกของปริมาณเรเดียมกับปริมาณธาตุคลอไรด์ในตัวอย่างน้ำที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษาทั้ง 2 แหล่ง แต่ไม่พบความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรเดียมและความกระด้าง

ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....ลายมือชื่อนิสิต..... พงษ์ยุทธ ศรีพลอย  
สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา....2550.....

# #4770365321 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: NORM / RADIUM / GROUNDWATER

PHONGYUT SRI-PLOY : (CORRELATION OF RADIUM CONTENT IN GROUNDWATER WITH HARDNESS AND CHEMICAL COMPOSITION). THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. SUPITCHA CHANYOTHA, Ph.D , 75 pp.

The objectives of this research were to study the radium content and its correlation with hardness and chemical composition in groundwater supply for domestic use in Amphor Puvieg and Chumpare of Khon-kaen province and Amphor Banrai and Lansak of Uthaitani Province.

In this study, the specific activities of <sup>226</sup>Ra and <sup>228</sup>Ra in groundwater samples adsorbed in Mn-fiber were determined by gamma-spectroscopy technique. Their chemical contents were analyzed by titration technique and atomic-absorption technique. The results show that groundwater samples from Khon-kaen areas had the average specific activity values of <sup>226</sup>Ra and <sup>228</sup>Ra ranging from 0.020-1.410 pCi/L and 0.285-2.055 pCi/L, respectively. While, the average specific activities of <sup>226</sup>Ra and <sup>228</sup>Ra in groundwater collected from Uthaitani areas were in the range of 0.100-4.805 pCi/L and 0.045-32.365 pCi/L, respectively. One sample of groundwater taken from Lanask, Uthaitani had the highest specific activity values of <sup>228</sup>Ra (32.365 pCi/L). In addition, the positive correlation was found between the specific activities level of radium and chloride element in groundwater samples taken from both provinces. The water hardness was not found to correlate with radium content in any water sample.

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

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ศ.สุวรรณ แสงเพชร อดีตหัวหน้าภาควิชา  
นิวเคลียร์เทคโนโลยี ผู้ริเริ่มการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการใช้ก๊าซเรดอนในการสำรวจแหล่งแร่  
ยูเรเนียมในประเทศไทย

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือของ  
รศ.ดร.สุพิชชา จันทโรยธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ  
ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ รวมทั้งได้ตรวจทาน แก๊ซต้นฉบับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งคณาจารย์ใน  
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีทุกท่าน

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย และ ภาควิชาวิศวกรรม  
สิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่เอื้อเพื่ออุปกรณ์เครื่องมือในการทำ  
วิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณนภากาญจน์ สุวรรณศต ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือ  
และการทดลองรวมทั้งคำแนะนำต่างๆ

สุดท้ายนี้คงจะขาดไปเสียไม่ได้ ขอกราบขอบพระคุณมารดา และบิดาของ  
ข้าพเจ้า ซึ่งได้ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 เกณฑ์ความปลอดภัย.....	3
1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
1.4 ขอบเขตของการทำวิจัย.....	4
1.5 ขั้นตอน และวิธีการดำเนินการวิจัย.....	4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับ.....	5
1.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2 ทฤษฎี.....	8
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำ.....	8
2.1.1 ธาตุกัมตรังสีที่อาจพบในน้ำ.....	9
2.1.2 การสำรวจแร่ยูเรเนียมในประเทศไทย.....	12
2.1.2.1 พื้นที่ศักยภาพแร่ยูเรเนียมในประเทศไทย.....	14
2.2 เทคนิคการจับเรเดียมจากตัวอย่างน้ำด้วยเส้นใยอะคริลิกเคลือบด้วยแมงกานีส.....	16
2.3 ระบบวิเคราะห์รังสีแกมมา.....	17
2.4 การวิเคราะห์ธาตุเรเดียม.....	17
2.4.1 การวิเคราะห์ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226.....	18
2.4.2 การวิเคราะห์ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-228.....	18
2.5 การคำนวณความเข้มข้นรังสีของเรเดียมในตัวอย่างน้ำ.....	20
2.6 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรเดียมและองค์ประกอบทางเคมีในน้ำ.....	20

บทที่	หน้า
2.6.1 สัมประสิทธิ์การตัดสีนใจ.....	20
2.6.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ .....	21
3 วัสดุ อุปกรณ์ สารเคมีและการดำเนินการวิจัย .....	22
3.1 วัสดุ อุปกรณ์.....	22
3.2 สารเคมี .....	22
3.3 เครื่องมือ.....	23
3.4 การดำเนินการทำวิจัย.....	23
3.4.1 ข้อมูลเบื้องต้นของตัวอย่างน้ำบาดาล .....	23
3.4.1 การวิเคราะห์แกมมาสเปกโตรเมทรี.....	24
3.4.2 การวิเคราะห์หาปริมาณความกระด้างแคลเซียมในน้ำตัวอย่าง ด้วยวิธีอีดีทีเอ (EDTA).....	26
3.4.3 การวิเคราะห์หาปริมาณคลอไรด์ในน้ำตัวอย่างด้วยวิธีเมอคิวรีไตเตรท .....	26
3.4.4 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กและแบเรียมด้วยวิธีอะตอมมิกแอปซอร์ปชัน ...	27
3.5 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อนำมาวิเคราะห์ .....	27
3.5.1 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาลเพื่อนำมาวิเคราะห์หาปริมาณธาตุแคลเซียม แบเรียม เหล็ก และคลอไรด์ .....	27
3.5.2 การเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุเรเดียม .....	29
3.5.3 พื้นที่ที่ทำการศึกษา.....	30
3.5.3.1 จังหวัดขอนแก่น .....	30
3.5.3.2 จังหวัดอุทัยธานี.....	32
4 ผลการวิจัย.....	35
4.1 ผลการดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล.....	35
4.2 การวิเคราะห์ปริมาณธาตุแคลเซียม คลอไรด์ เหล็ก แบเรียม และเรเดียม-226 และเรเดียม-228.....	36
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณเรเดียมกับองค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างน้ำ บาดาล .....	39
4.3.1 ความสัมพันธ์ของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม กับองค์ประกอบของธาตุ ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น.....	40



	หน้า
4.3.1 ความสัมพันธ์ของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม กับองค์ประกอบของธาตุ ในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น.....	40
4.3.2 ความสัมพันธ์ของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม กับองค์ประกอบของ ธาตุในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดขอนแก่น ของน้ำที่ผ่านระบบกรอง และไม่ผ่านระบบกรอง.....	45
4.3.3 ความสัมพันธ์ของความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม กับองค์ประกอบของ ธาตุในตัวอย่างน้ำบาดาลจากจังหวัดอุทัยธานี.....	49
4.3.3 ความสัมพันธ์ของปริมาณธาตุกับระดับความลึกของบ่อบาดาล.....	57
5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	61
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	61
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	65
รายการอ้างอิง.....	66
ภาคผนวก.....	68
ภาคผนวก-ก.....	69
ภาคผนวก-ข.....	74
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	76

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
2.1 ค่าของ U, Th and Ra ที่มีอยู่ในชั้นหินต่างๆ .....	10
2.2 Concentrations of naturally occurring radio nuclides in various waters .....	11
2.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณนิวไคลด์รังสีในน้ำประปาและน้ำแร่ประเทศเยอรมนี .....	11
2.4 เกณฑ์กำหนดความปลอดภัยของการปนเปื้อนธาตุกัมมันตรังสีในน้ำ .....	12
2.5 อนุกรมการสลายตัวของเรเดียม-238 .....	19
2.6 อนุกรมการสลายตัวของทอเรียม-232 .....	19
3.1 ข้อมูลค่าวิเคราะห์ อ.ภูเวียง จ.ขอนแก่น .....	24
3.2 ข้อมูลค่าวิเคราะห์ อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี .....	24
3.3 รายละเอียดของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดขอนแก่น .....	31
3.4 รายละเอียดของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดอุทัยธานี .....	34
4.1 ค่าความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความลึก และค่าเรดอน ของ จังหวัดขอนแก่น .....	35
4.2 ค่าความนำไฟฟ้า ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ ความลึก และค่าเรดอน ของ จังหวัดอุทัยธานี .....	36
4.3 ค่าคลอไรด์ แคลเซียม เหล็กและแบเรียม ของตัวอย่างน้ำบาดาลจังหวัดขอนแก่น .....	37
4.4 ค่าเรเดียมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำบาดาลจังหวัดขอนแก่น .....	37
4.5 ค่าคลอไรด์ แคลเซียม เหล็กและแบเรียม ของตัวอย่างน้ำบาดาลจังหวัดอุทัยธานี .....	38
4.6 ค่าเรเดียมที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างน้ำบาดาลจังหวัดอุทัยธานี .....	38
ก-1 รายละเอียดของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดขอนแก่น .....	70
ก-2 ข้อมูลการตรวจวัดภาคสนามจังหวัดขอนแก่น .....	70
ก-3 รายละเอียดของตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในจังหวัดอุทัยธานี .....	71
ก-4 ข้อมูลการตรวจวัดภาคสนามจังหวัดอุทัยธานี .....	71
ก-5 ปริมาณเมอร์คิวรีในเตรทที่ใช้ (ml) ต่อน้ำตัวอย่าง 10 ml จังหวัดอุทัยธานี .....	72
ก-6 ปริมาณเมอร์คิวรีในเตรทที่ใช้ (ml) ต่อน้ำตัวอย่าง 10 ml จังหวัดขอนแก่น .....	72
ก-7 ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml) ต่อน้ำตัวอย่าง 10 ml จังหวัดอุทัยธานี .....	73
ก-8 ปริมาณ EDTA ที่ใช้ (ml) ต่อน้ำตัวอย่าง 10 ml จังหวัดขอนแก่น .....	73

## สารบัญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
1.1 อนุกรมการสลายตัวของ ยูเรเนียม-238 .....	2
1.2 อนุกรมการสลายตัวของ ทอเรียม-232.....	3
2.1 ปริมาณความเข้มข้นของคลอไรด์และสารทั้งหมดที่ละลายได้ในน้ำบาดาลของ อ.บ้านไร่ จ.อุทัยธานี .....	9
2.2 แผนที่กัมมันตภาพรังสียูเรเนียม .....	13
2.3 แผนที่กัมมันตภาพรังสีทอเรียม .....	14
2.4 แผนที่แหล่งแร่และศักยภาพแร่ยูเรเนียมในประเทศไทย .....	15
2.5 แผนที่แหล่งแร่ยูเรเนียมภูเวียงบริเวณจังหวัดขอนแก่น .....	16
2.6 การใช้ Mn-Fiber ในการดูดซับเรเดียมในน้ำตัวอย่าง .....	16
2.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบวัดรังสีแกมมา .....	17
2.8 ตัวอย่างสเปกตรัมจากการวัดรังสีแกมมาของ Mn-Fiber ที่ผ่านตัวอย่างน้ำบาดาลที่ พิพิธภัณฑสถานไดโนเสาร์ ภูเวียง .....	18
3.1 Mn-fiber ก่อนทำการเผา .....	25
3.2 Mn-fiber หลังจากเผาแล้วและทำการฉีกเพื่อรอวิเคราะห์ .....	25
3.3 ระบบประปาชุมชนในลักษณะต่างๆ .....	28
3.4 การเก็บตัวอย่างน้ำบาดาล .....	28
3.5 กระบอกพลาสติกที่ใช้ในการเก็บตัวอย่าง Mn-Fiber .....	29
3.6 การเก็บตัวอย่างน้ำโดยผ่าน Mn-Fiber .....	29
3.7 ที่ตั้งของอำเภอภูเวียง.....	30
3.8 ตำแหน่งที่ทำการศึกษและเก็บตัวอย่างบริเวณอำเภอภูเวียง.....	31
3.9 ที่ตั้งของอำเภอบ้านไร่และอำเภอลานสัก .....	32
3.10 พื้นที่ที่ทำการศึกษา A-1 ตำแหน่ง UT-01 – UT-07 และ UT-20.....	33
3.11 พื้นที่ที่ทำการศึกษา A-2 ตำแหน่ง UT-08 – UT-13 .....	33
3.12 พื้นที่ที่ทำการศึกษา A-3 ตำแหน่ง UT-14 – UT-19 .....	34
4.1 เปรียบเทียบปริมาณความเข้มข้นรวมของธาตุแต่ละธาตุ เมื่อผ่านระบบกรองกับไม่ผ่าน ระบบกรองในจังหวัดขอนแก่น.....	39

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
4.2 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความนำไฟฟ้าของ จ. ขอนแก่น .....	40
4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความกระด้างของน้ำของ จ. ขอนแก่น .....	40
4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณแคลเซียมของ จ. ขอนแก่น .....	40
4.5 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณคลอไรด์ของ จ. ขอนแก่น .....	41
4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณเหล็กของ จ. ขอนแก่น .....	41
4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณแบเรียมของ จ. ขอนแก่น .....	41
4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแคลเซียมแยก ตามกลุ่มพื้นที่ศึกษา จ. ขอนแก่น .....	42
4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณคลอไรด์แยก ตามกลุ่มพื้นที่ศึกษา จ. ขอนแก่น .....	43
4.10 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณเหล็กแยกตาม กลุ่มพื้นที่ศึกษา จ. ขอนแก่น .....	44
4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแบเรียมแยก ตามกลุ่มพื้นที่ศึกษา จ. ขอนแก่น .....	45
4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความนำไฟฟ้า .....	46
4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความกระด้างของน้ำ .....	46
4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณแคลเซียม .....	47
4.15 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณคลอไรด์ .....	47
4.16 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณเหล็ก .....	48
4.17 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณแบเรียม .....	48
4.18 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความนำไฟฟ้าในน้ำบาดาล จ. อุทัยธานี .....	49

## สารบัญญภาพ

ภาพประกอบ	หน้า
4.19 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับความกระด้างของน้ำในน้ำ บาดาล จ.อุทัยธานี .....	50
4.20 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแคลเซียมในน้ำ บาดาล จ.อุทัยธานี .....	50
4.21 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณคลอไรด์ในน้ำ บาดาล จ.อุทัยธานี .....	51
4.22 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณเหล็กในน้ำ บาดาล จ.อุทัยธานี .....	51
4.23 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณแบเรียมในน้ำ บาดาล จ.อุทัยธานี .....	52
4.24 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแคลเซียมแยก ตามกลุ่มของพื้นที่ศึกษาใน จ.อุทัยธานี .....	53
4.25 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณคลอไรด์แยกตาม กลุ่มของพื้นที่ศึกษาใน จ.อุทัยธานี .....	54
4.26 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณเหล็กแยกตามกลุ่ม ของพื้นที่ศึกษาใน จ.อุทัยธานี .....	55
4.27 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแบเรียมแยก ตามกลุ่มของพื้นที่ศึกษาใน จ.อุทัยธานี .....	56
4.28 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแคลเซียมที่ แบ่งตามระดับความลึก .....	57
4.29 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณคลอไรด์ที่แบ่งตาม ระดับความลึก .....	58
4.30 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมกับปริมาณเหล็กที่แบ่งตาม ระดับความลึก .....	59
4.31 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแบเรียมที่แบ่ง ตามระดับความลึก .....	60
ก-1 ความสัมพันธ์ระหว่างความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมรวมกับปริมาณแบเรียม .....	69