

การวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน ณ พื้นที่



นางสาวคนัมพร อินทร์เนตร

ศูนย์วิทยพัทยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2548

ISBN 974-17-3538-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

IN SITU MEASUREMENT OF RADIUM-226 SPECIFIC ACTIVITY IN SOIL



Miss Kanumporn Innate

ศูนย์วิทยทรัพยากร

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

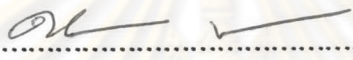
Chulalongkorn University

Academic Year 2005

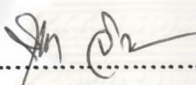
ISBN 974-17-3538-3

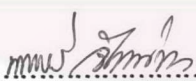
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน ณ พื้นที่
โดย นางสาวคนันพร อินทร์เนตร
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์จเด็จ เย็นใจ

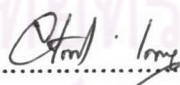
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

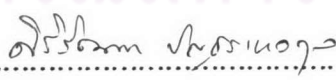

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิเรก ลาวณิชย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทรโยธา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์ จเด็จ เย็นใจ)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

คนัมพร อินทร์เนตร : การวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน ณ พื้นที่. (IN SITU MEASUREMENT OF RADIUM-226 SPECIFIC ACTIVITY IN SOIL) อ. ที่ปรึกษา : รศ. นเรศร์ จันทน์ขาว, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ.จเด็จ เย็นใจ, 62 หน้า. ISBN 974-17-3538-3.

การวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาวิธีการและประยุกต์ใช้เทคนิคสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเรเดียม-226 ในดิน ณ พื้นที่จริง โดยทำการวัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ที่เกิดจากการสลายตัวของเรเดียม-226 โดยตรง โดยใช้หัววัดรังสีเจอร์มานเนียมบริสุทธิ์สูงที่มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 10% ร่วมกับเครื่องวิเคราะห์สัญญาณชนิดหลายช่องชนิดเคลื่อนย้ายได้ และมีกำบังรังสีทำด้วยตะกั่ววางรอบนอกของหัววัด ซึ่งหัววัดรังสีจะอยู่ห่างจากผิวหน้าของดินเป็นระยะ 3 เซนติเมตร ทำการวัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ ใช้เวลาในการวัดประมาณ 2000-3600 วินาที ในการหาค่าปรับแก้การดูดกลืนตัวเองของรังสีแกมมาในดินนั้นได้ทำการวัดรังสีแกมมาพลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอนโวลต์ จากต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 ที่ฝังอยู่ในดิน และทำยที่สุดได้ทำการทดลองวัดรังสีในภาคสนามใน 7 พื้นที่ด้วยกันคือ บริเวณสนามด้านหน้าภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พื้นที่ในจังหวัดกำแพงเพชร 2 แห่ง พื้นที่ในจังหวัดชลบุรี 2 แห่ง พื้นที่ในจังหวัดนครปฐม 2 แห่ง โดยความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 1.37-2.4 พิโคคูรีต่อกรัม ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับผลวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการของดินตัวอย่างที่เก็บจากพื้นที่เดียว โดยขีดจำกัดของการวัดเรเดียม-226 ในดินอยู่ที่ 2 พิโคคูรีต่อกรัม

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....	ลายมือชื่อนิสิต.....	คนัมพร อินทร์เนตร
สาขาวิชา	.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....	นเรศร์ จันทน์ขาว
ปีการศึกษา	.....2548.....	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....	จเด็จ เย็นใจ

4570236921 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD : IN SITU GAMMA-RAY MEASUREMENTS / GAMMA SPECTROMETRY / RADIUM-226

KANUMPORN INNATE : IN SITU MEASUREMENT OF RADIUM-226 SPECIFIC ACTIVITY IN SOIL. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. NARES CHANKOW. THESIS CO-ADVISOR CHADET YENCHAI , 62 pp. ISBN 974-17-3538-3.

A technique for in-situ gamma-ray measurement has been developed and applied to be used for determination of Radium-226 in soil by direct measurement of 186 - keV gamma-ray. A portable high purity germanium (HPGe) detector with a relative efficiency of 10% coupled with a portable multichannel analyzer was used. The detector surrounded by a lead shielded vessel was positioned at a distance of 3 cm from the soil surface to measure 186 - keV gamma-ray for 2000 - 3600 seconds. In situ determination of the self absorption factor of each sample was conducted by measurement of 186 keV gamma-rays transmitted from a Radium -226 source buried in the soil. Finally field gamma-ray measurements were carried out in 7 areas i.e. the field in front of the Nuclear Technology Department, 2 areas in Khampangetch Province, 2 areas in Nakhonpathom Province and 2 areas in Chonburi Province. The specific activities of radium-226 in soils were found to be in the range of 1.3 -2.4 pCi/g and were in good agreement with those obtained from laboratory analysis of the taken samples. The lower limit of detection for Radium-226 in soil was found to be 2 pCi/g.



Department	.....Nuclear Technology.....	Student's signature..... <i>คณัฒพร อิ่มทรัพย์เนตร</i>
Field of study	.....Nuclear Technology.....	Advisor's signature..... <i>Nares Chankow</i>
Academic year	.....2005.....	Co-advisor's signature..... <i>Chadet Yenchai</i>

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาวอาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์และอาจารย์ จเด็จ เย็นใจ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำ ช่วยเหลือตรวจ แก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่ ความเข้าใจและกำลังใจอย่างดียิ่ง จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. สุพิชชา จันทโรยธา ประธานกรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณา ตรวจสอบ แนะนำ เพื่อแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้ถูกต้อง

ขอขอบคุณ คุณชีวกัทร พรพิมลมิตร, คุณธนัญชัย พิรุณพันธ์, คุณเฉลิมพงษ์ โพธิ์ลี, คุณชุติมา กรานรอด และ คุณอรวรรณ ตรรคนาด ที่ให้ความช่วยเหลือในการใช้เครื่องมือและการ ทดลอง รวมทั้งคำแนะนำต่างๆ สำหรับงานวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ ๆ รวมทั้งบุคลากรทุกคนในภาควิชานิเวศลิษฐ์เทคโนโลยีที่ได้ให้ความช่วยเหลือ และกำลังใจที่ดีเสมอมา

ทำน้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัวซึ่งได้ให้การสนับสนุน และคอยเป็นกำลังใจจนกระทั่งสำเร็จการศึกษา

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์นี้ เป็นผลมาจากความกรุณาของทุกท่านที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ

บทที่

1. บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์.....	2
1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์.....	2
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1 อนุกรมยูเรเนียม.....	5
2.2 กฎการสลายตัวของสารกัมมันตรังสี.....	5
2.3 ภาวะสมดุลกัมมันตรังสี.....	6
2.3.1 ภาวะสมดุลทรานเซียนต์ (Transient equilibrium).....	6
2.3.2 ภาวะสมดุลเซกูลาร์ (Secular equilibrium).....	8
2.4 รังสีแกมมา.....	9
2.5 อันตรกิริยาของรังสีแกมมากับสสาร.....	10
2.5.1 Photoelectric effect.....	10
2.5.2 Pair production.....	11
2.5.3 Compton scattering.....	11
2.5.4 Coherent scattering.....	11

บทที่	หน้า
2.6 การวัดพลังงานรังสีแกมมา.....	13
2.6.1 หัววัดรังสีแบบกึ่งตัวนำ.....	13
2.6.2 หลักการวัดรังสีของผลึกของธาตุพวกโลหะกึ่งตัวนำ.....	15
2.6.3 ข้อดีของหัววัดแบบโลหะกึ่งตัวนำ.....	16
2.6.4 หัววัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง (Hyperpure Germanium Detector, HPGe).....	16
2.7 การวัดปริมาณเรเดียมในสิ่งแวดล้อม.....	17
2.7.1 การวัดปริมาณเรเดียมในสิ่งแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ.....	17
2.7.2 การวัดปริมาณเรเดียมในดิน ณ พื้นที่.....	17
2.8 การปรับแก้ค่าการดูดกลืนรังสีในดิน.....	18
3. วัสดุอุปกรณ์ สารเคมีและวิธีการดำเนินงานวิจัย.....	20
3.1 วัสดุ อุปกรณ์.....	20
3.2 วิธีดำเนินการวิจัย.....	22
3.2.1 การทดลองวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในตัวอย่างดินผสม ตะกอน.....	22
3.2.2 การตรวจสอบค่า effective thickness ของดินที่มีผลต่อการวัดรังสี แกมมาพลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอน โวลต์.....	23
3.2.3 การออกแบบการวัดสำหรับการแก้ค่าการดูดกลืนตัวเองในดินของรังสี แกมมาพลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอน โวลต์.....	23
3.2.4 การวิเคราะห์ความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน ณ พื้นที่.....	25
4. ผลการทดลอง.....	29
4.1 ผลการทดลองวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม - 226 ในตัวอย่างดินผสม ตะกอน.....	29
4.2 ผลการทดลองหาค่า effective thickness ของดินที่รังสีแกมมาที่พลังงาน 186 กิโลอิเล็กตรอน โวลต์ สามารถทะลุผ่านได้.....	31
4.3 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดินที่มีความหนาแน่น ต่าง ๆ กัน.....	32

บทที่	หน้า
4.4 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดินที่มีความชื้นต่าง ๆ กัน.....	33
4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความความเข้มข้นของเรเดียม-226 ในดินจากการทำการวัด ภาคสนามและการวัดในห้องปฏิบัติการ.....	34
5. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	42
5.1 สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย.....	42
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	43
รายการอ้างอิง.....	44
ภาคผนวก.....	46
ภาคผนวก ก การคำนวณหาความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม - 226	48
ภาคผนวก ข ตัวอย่างสเปกตรัมรังสีแกมมาของดินที่มีค่า effective thickness, ความหนาแน่น และความชื้นต่าง ๆ กัน.....	50
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	62



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4.1 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน 134 กรัม ผสมกับตะกั่ว 1 กรัม.....	29
4.2 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดิน 20 กิโลกรัม ผสมตะกั่ว 10 กรัม.....	30
4.3 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดินที่มีค่า effective thickness ต่าง ๆ กัน	31
4.4 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดินที่มีความหนาแน่นต่าง ๆ กัน	32
4.5 ผลการวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 ในดินที่มีความชื้นต่าง ๆ กัน.....	33
4.6 ค่าความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียม-226 จากการวัด ณ พื้นที่ เทียบกับการวัดใน ห้องปฏิบัติการ.....	35



ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 อนุกรมยูเรเนียม.....	7
2.2 สมดุลกัมมันตรังสีแบบทรานเซียนต์.....	8
2.3 สมดุลกัมมันตรังสีแบบเชคูลาร์.....	9
2.4 การเกิดปฏิกิริยา Photoelectric effect	12
2.5 การเกิดปฏิกิริยา Pair production	12
2.6 การเกิดปฏิกิริยา Compton scattering	12
2.7 การเกิดปฏิกิริยา Coherentscattering.....	13
2.8 แลปพลังงานปกติของธาตุซิลิกอนเขียนตามแกนของพลังงานของอิเล็กตรอน.....	14
2.9 n-type และ p-type ของพวกโลหะกึ่งตัวนำ.....	14
2.10 n-p type ของโลหะกึ่งตัวนำ.....	15
2.11 ลักษณะต่างๆของหัววัดเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง.....	16
3.1 หัววัดรังสีเจอร์มาเนียมความบริสุทธิ์สูง ที่มีประสิทธิภาพสัมพัทธ์ 10 %.....	20
3.2 ตะกั่วกำบังรังสี.....	21
3.3 เครื่องวิเคราะห์สัญญาณชนิดหลายช่อง.....	21
3.4 การจัดอุปกรณ์สำหรับการวัดรังสีแกมมาที่พลังงาน 186 keV	24
3.5 การวัดอัตราการนับรังสีสุทธิต่อวินาทีของแกมมาที่พลังงาน 186 keV ในสารมาตรฐานพร้อมกับต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226.....	24
3.6 การวัดอัตราการนับรังสีสุทธิต่อวินาทีของแกมมาที่พลังงาน 186 keV ของต้นกำเนิดรังสีเรเดียม-226 โดยตรงโดยไม่ส่งผ่านสารมาตรฐาน.....	25
3.7 การวัดความแรงรังสีจำเพาะของเรเดียมในดิน ณ พื้นที่.....	26
3.8 การจัดอุปกรณ์ในการวัดเพื่อแก้ค่าการดูดกลืนตัวเองของรังสีแกมมา ในการวัด ณ พื้นที่.....	26
3.9 สารมาตรฐานและสารตัวอย่างในภาชนะบรรจุสำหรับทำการวัดในห้องปฏิบัติการ...	27
3.10การจัดอุปกรณ์สำหรับทำการวัดในห้องปฏิบัติการ.....	27
3.11 การวางตัวอย่างและสารมาตรฐานเพื่อทำการวัดค่าการดูดกลืนตัวเอง สารตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ.....	28

รูปที่	หน้า
4.1 ผลการวัด ณ พื้นที่ว่าง ตำบลทุ่งลูกนก จังหวัดนครปฐม.....	36
4.2 ผลการวัด ณ บริเวณ Flare Pit บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จังหวัด กำแพงเพชร.....	37
4.3 ผลการวัด ณ บริเวณสนามหน้าสภอ. ลานกระบือ จังหวัดกำแพงเพชร.....	38
4.4 ผลการวัด ณ สนามบริเวณกรมศุลกากร แหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี.....	39
4.5 ผลการวัด ณ บริเวณชายหาดแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี.....	40
4.6 ผลการวัด ณ ไร่อ้อย บริเวณใกล้กับแหล่งผลิตน้ำมันกำแพงแสนของ บริษัท ปตท. สำรวจและผลิตปิโตรเลียม.....	41
ข.1 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่มีค่า effective thickness เท่ากับ 20.40 กรัม / ตาราง- เซนติเมตร.....	51
ข.2 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่มีค่า effective thickness เท่ากับ 22.63 กรัม / ตาราง- เซนติเมตร.....	52
ข.3 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่มีค่า effective thickness เท่ากับ 24.86 กรัม / ตาราง- เซนติเมตร.....	53
ข.4 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่มีค่า effective thickness เท่ากับ 26.76 กรัม / ตาราง- เซนติเมตร.....	54
ข.5 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความหนาแน่น 1.74 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร.....	55
ข.6 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความหนาแน่น 1.87 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร.....	56
ข.7 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความหนาแน่น 1.99 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร.....	57
ข.8 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความชื้น 2.2012 %.....	58
ข.9 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความชื้น 2.9735 %.....	59
ข.10 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความชื้น 3.1625 %.....	60
ข.11 ผลการวัดรังสีแกมมาของดินที่ความชื้น 4.5362 %.....	61