บทที่ 1 บทนำ

1.1 ชื่อโครงการ 1-1
1.2 คณะผู้ดำเนินการวิจัย 1-1
1.3 หน่วยงานที่รับผิดชอบ 1-1
1.4 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย 1-2
1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ 1-5
1.6 ขอบข่ายของการศึกษา 1-5
1.7 ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 1-5
1.8 ประโยชน์ที่ได้รับ 1-5
1.9 ระเบียบวิธีวิจัย 1-6
1.10 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ 1-6
1.11 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ 1-6

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ชื่อโครงการ

การพัฒนาระบบการวัดการกระจายขนาดเพื่อประเมินอัตราการได้รับรังสีจากละอองฝุ่นขนาดนาโนเมตรของลูกหลานเรดอนและโทรอนในอุตสาหกรรมแร่
(Development of Size Distribution System for Dose Assessment Based on Nanosize Radon and Thoron Progeny Aerosols in Mineral Industry)

1.2 คณะดำเนินการ ผู้วิจัย

1.2.1 หัวหน้าโครงการวิจัย รศ. ดร. สุพิชชา จันทรโยธา ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.2 ผู้วิจัย ผศ. อรรถพร ภัทรสุมันต์ ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2.3 Dr. S. Tokonami ผู้เชี่ยวชาญจาก National Institute for Radiological Science (NIRS) ประเทศญี่ปุ่น

1.2.4 ผู้ช่วยวิจัย

นางสาวชุติมา กรานรอด
นางสาวนภากาญจน์ สุวรรณคช
นายพงษ์ยุทธ ศรีพลอย

1.3 หน่วยงานที่รับผิดชอบ

หน่วยปฏิบัติการวิจัยนิวเคลียร์เทคโนโลยีประยุกต์ในงานอุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

โครงการนี้มีความร่วมมือกับหน่วยงาน

- สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ
- อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น โรงถลุงแร่ดีบุก
- National Institute for Radiological Science (NIRS) ประเทศญี่ปุ่น

1.4 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ในระหว่างปีงบประมาณ 2546-2548 ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยีได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐกับเอกชน ให้ทำการศึกษา “การหาปริมาณธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติในผลิตภัณฑ์ผลิตภัณฑ์พลอยได้ และ กากที่ได้จากอุตสาหกรรมแร่หนัก แร่หินอุตสาหกรรม และกากจากการผลิตน้ำประปา” โดยมีภาคอุตสาหกรรมที่เข้าร่วมโครงการ ดังนี้ บริษัท ปตท.สผ จำกัดมหาชน, บริษัท ปตท สยาม จำกัด (บริษัท ไทยเชลล์เดิม), บริษัท ไทยสเมลติ้งแอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด (ถลุงแร่ดีบุก) และบริษัทเอกชนที่ไม่ประสงค์จะออกนาม 2 บริษัท และภาครัฐคือ การประปานครหลวงและส่วนภูมิภาค ซึ่งผลการศึกษาพบว่าผลิตภัณฑ์และกากบางชนิดของภาคอุตสาหกรรมและภาครัฐที่เข้าร่วมโครงการข้างต้นมีระดับปริมาณความเข้มข้นกัมมันตภาพรังสีสูง และ พบว่า ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมบางแห่ง มีสภาวะแวดล้อมที่มีฝุ่นละอองฟุ้งกระจายซึ่งอาจมีผลต่อระบบหายใจ โดยเฉพาะฝุ่นละอองที่ปนเปื้อนนิวไคลด์กัมมันตรังสีจากการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีเรดอนและโทรอนซึ่งฟุ้งกระจายออกมาจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นในอากาศที่มีเรดอนหรือโทรอนปะปนอยู่จึงมีฝุ่นละอองรังสีที่เป็นธาตุลูกของเรดอนและโทรอนซึ่งมีขนาดเล็กมากในลำดับนาโนเมตรปะปนอยู่ด้วยเสมอ เมื่อฝุ่นละอองมีประจุบวกเหล่านี้จะเกาะติดกับอนุภาคฝุ่นละอองอื่น ๆ ในอากาศได้ง่าย ทำให้มีขนาดใหญ่ขึ้นในลำดับไมโครเมตร ซึ่งในการสำรวจครั้งนั้นไม่ได้ทำการคัดแยกขนาดของอนุภาคเพราะในการประเมินการได้รับปริมาณรังสีจากก๊าซเรดอนและโทรอนที่ถูกต้อง ต้องอาศัยอุปกรณ์ที่มีความสามารถในการคัดแยก ขนาดของอนุภาคธาตุลูกหลานเรดอน-โทรอนที่ฟุ้งกระจายอยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น ๆ ซึ่งในประเทศไทยยังไม่มีการศึกษาและไม่มีอุปกรณ์ที่สามารถทำการคัดแยกขนาดและตรวจวัดปริมาณรังสีได้พร้อมกันในขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศในพื้นที่ จึงเป็นที่มาของโครงการนี้

ในปีงบประมาณปี 2551-2552 คณะวิจัยได้รับการสนับสนุนงบประมาณจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐและเอกชนอีกครั้ง เพื่อทำการออกแบบและจัดซื้อครุภัณฑ์ที่ใช้เพื่อการพัฒนาระบบคัดแยกขนาดและระบบวัดรังสี ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ทางคณะวิจัยได้ประสานความร่วมมือกับสถาบัน National Institute for Radiological Science (NIRS) ของประเทศญี่ปุ่นซึ่งเป็นสถาบันระดับชาติและนานาชาติที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านการตรวจวัดปริมาณเรดอนในสิ่งแวดล้อม ในการให้คำปรึกษาเกี่ยวกับระบบที่จะพัฒนาขึ้นในโครงการวิจัยนี้ ซึ่งทางสถาบัน NIRS ได้ตอบรับที่จะให้ความร่วมมือในการพัฒนาระบบคัดแยกขนาดและยินดีที่จะส่งผู้เชี่ยวชาญมาให้ความช่วยเหลือในการศึกษา และร่วมมือในการปรับเทียบและสอบเทียบค่าที่วัดได้จากระบบวัดที่จะพัฒนาขึ้นจากการวิจัยนี้ ซึ่งคณะวิจัยเห็นว่าการวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อวงการศึกษาและวิจัยและต่อภาคอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น ในการทำวิจัยนี้ คณะวิจัยจึงได้ทำข้อเสนอโครงการส่งไปตามอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องในการขอความสนับสนุนและความร่วมมือกับภาคเอกชนและเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของแหล่งทุนวิจัยนี้ด้วย และในปีงบประมาณ 2552 นี้ คณะวิจัยได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากบริษัท ไทย

แลนด์สแมลติ้งแอนดีรีไฟนิ่ง จำกัด (ไทยซาร์โก) ในการสนับสนุนการวิจัยในภาคสนาม และให้งบประมาณสนับสนุนเป็นจำนวน 200000.- (สองแสนบาทถ้วน)

รายงานฉบับนี้เป็นการนำเสนอผลการเข้าศึกษาในภาคสนามของ บริษัท ไทยซาร์โก จำกัด โดยใช้ระบบวัดการกระจายขนาดของอนุภาคที่พัฒนาขึ้น

<u>เหตุผลทางวิชาการ</u>

เป็นที่ทราบกันดีว่าครึ่งหนึ่งของปริมาณรังสีรวมต่อปีที่มนุษย์เราได้รับจากแหล่งกำเนิดรังสีตามธรรมชาตินั้นเป็นผลเนื่องจากการหายใจเอาธาตุลูกหลานของก๊าซกัมมันตรังสีเรดอน (^{222}Rn) ซึ่งมีค่าครึ่งชีวิตสั้น อันได้แก่ โพโลเนียม-218, ตะกั่ว-214, บิสมัส-214 และ โพโลเนียม-214 (Nero, 1988) สำหรับอนุกรมการสลายตัวของเรดอนและโทรอนแสดงดังรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 ตามลำดับ โดยธาตุกัมมันตรังสีต่าง ๆ เหล่านี้จะมีอยู่ในอากาศทั้งภายในและภายนอกที่อยู่อาศัย โดยธาตุลูกหลานของเรดอนที่แผ่ออกมานั้นมีประจุบวกจึงจะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับโมเลกุลของอากาศ, ไอน้ำ และก่อตัวเป็นกลุ่มก้อนซึ่งอาจมีประจุหรือไม่มีประจุและมีขนาดเฉลี่ย (activity median aerodynamic diameter, AMAD) น้อยกว่า 10 nm ฝุ่นละอองนี้จะถูกเรียกว่า unattached decay products ซึ่งถ้าฝุ่นละอองนี้ไปเกาะติดกับอนุภาคฝุ่นละอองในอากาศก่อตัวเป็นละอองกัมมันตรังสีที่มีขนาดใหญ่ขึ้นโดยมีขนาดตั้งแต่ 10-1000 nm เราจะเรียกกลุ่มนี้ว่า attached decay product

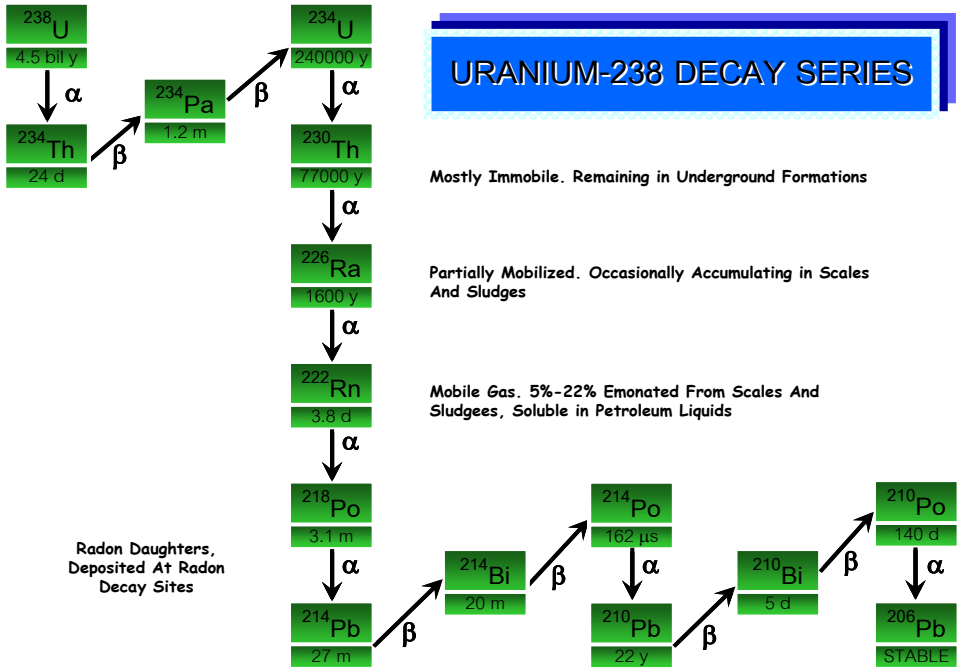
เนื่องจากการประเมินการได้รับปริมาณรังสีจากเรดอน โทรอน และลูกหลานนั้นไม่สามารถทำการวัดได้จากการตรวจสอบทางชีววิทยา (bioassay) ของบุคคลได้ จึงจำเป็นต้องทำการตรวจวัดในพื้นที่และนำมาประเมินปริมาณรังสีดูดกลืนที่ปอดได้รับเนื่องจากธาตุลูกหลานของเรดอน-โทรอน ดังนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงขนาดและปริมาณของ Unattached decay products เนื่องจากอนุภาคกัมมันตรังสีกลุ่มนี้เมื่อหายใจเข้าไปจะสะสมอยู่ตามระบบทางเดินหายใจ ตั้งแต่หลอดลมจนถึงเยื่อปอด บริเวณสะสมจะขึ้นอยู่กับขนาดของอนุภาคกัมมันตรังสีในอากาศที่หายใจเข้าไป ถึงแม้การศึกษาอื่น ๆ พบว่า 80% ของ attached decay product ที่หายใจเข้าจะถูกหายใจออกมาโดยไม่ถูกสะสมภายใน แต่ความแรงรังสีที่ได้รับจาก unattached decay products นั้นจะสูงถึง 10 % ของความแรงรังสีรวมในอากาศ หรือประมาณ 50%ของปริมาณรังสีรวมที่ได้รับ (Butterweck-Dempewolf et al., 1997) ในการตรวจวัดขนาดของธาตุลูกหลานของเรดอนนั้นวิธีการที่นิยมใช้มี 3 วิธี ได้แก่

1.Screen diffusion batteries (Chu and Liu, 1996)

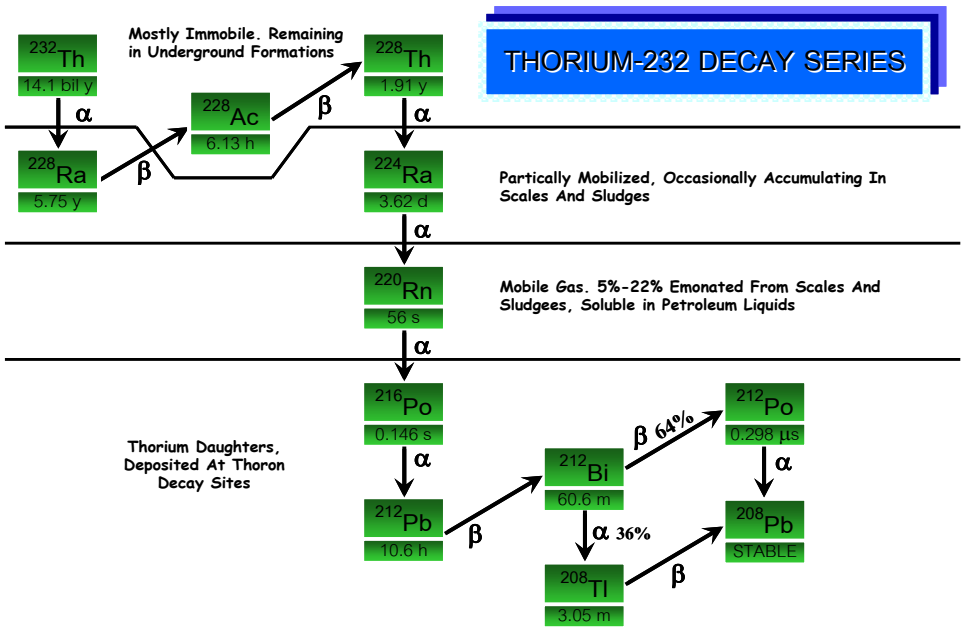
2. Low-pressure cascade impactors (Yamasaki and Suzuki 1992)

3. Graded screen array (GSA) method (Tokonami et al. 2005)

สำหรับการศึกษานี้จะใช้วิธีที่ 3 เนื่องจาก สถาบัน National Institute for Radiological Science (NIRS) ได้อนุเคราะห์อุปกรณ์ GSA 1 ชุด ให้กับทางภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อใช้ในการประกอบระบบคัดแยกขนาดในการตรวจวัดขนาดธาตุลูกหลานของเรดอน ในการศึกษานี้



รูปที่ 1.1 อนุกรมการสลายตัวของ U-238



รูปที่1.2 อนุกรมการสลายตัวของ Th-232

1.5 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบการวัดการกระจายขนาดและทำการประเมินอัตราการได้รับรังสีจากฝุ่นละอองรังสีขนาดนาโนเมตรของลูกหลานเรดอนและโทรอนในอุตสาหกรรมแร่ และในสภาพพื้นที่ทั่วไป

1.6 ขอบข่ายของการศึกษา

1.6.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะเป็นระบบต้นแบบของระบบการคัดแยกขนาดของฝุ่นละอองลูกหลานเรดอนและโทรอน โดยจะทำการปรับเทียบและทดสอบความแม่นยำของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองให้เป็นไปตามมาตรฐาน ใน Exposure Chamber ที่มีการควบคุมพารามิเตอร์ต่าง ๆ เพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้อง

1.7 ประโยชน์ที่ได้รับ

1.7.1 ได้ระบบต้นแบบของการคัดแยกขนาดของอนุภาครังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอนในระดับนาโนเมตร

1.7.2 เป็นหน่วยงานแรกในประเทศที่ทำการพัฒนาการคัดแยกขนาดของอนุภาครังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอนในระดับนาโนเมตร เพื่อใช้ในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เป็นประโยชน์ทางความปลอดภัยทางรังสี

1.7.3 สามารถประเมินอัตราปริมาณรังสีจากการหายใจฝุ่นละอองรังสีของพนักงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องได้อย่างถูกต้องจากระบบที่พัฒนาขึ้น

1.7.4 สามารถประยุกต์ใช้ระบบและเทคนิคที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการประเมินค่าสมดุลทางรังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอนในระดับประเทศต่อไป ซึ่งผลที่ได้สามารถนำไปจัดพิมพ์ลงในวารสารระดับนานาชาติหรือเอกสารของคณะกรรมการวิทยาศาสตร์ของสหประประชาชาติด้านผลกระทบของรังสี (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, UNSCEAR)

1.7.5 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดและประเมินอัตราปริมาณรังสีจากลูกหลานของเรดอนและโทรอนในสภาพพื้นที่ทั่วไปอื่น ๆ นอกเหนือจากพื้นที่ในอุตสาหกรรมในโครงการ

1.8 ระยะเวลาการวิจัย 2 ปี (2551-2552)

1.9 ระเบียบวิธีวิจัย

ระเบียบวิธีวิจัยในระยะเวลาการวิจัย 24 เดือน ประกอบด้วย

1.9.1 รวบรวมข้อมูลการวิจัยและจัดซื้อครุภัณฑ์ ติดต่อประสานงานกับอุตสาหกรรมแร่ต่าง ๆ

1.9.2 วางแผนงานการวิจัยในพื้นที่เป้าหมายต่าง ๆ

1.9.3 ออกแบบ และจัดระบบและทดสอบอุปกรณ์

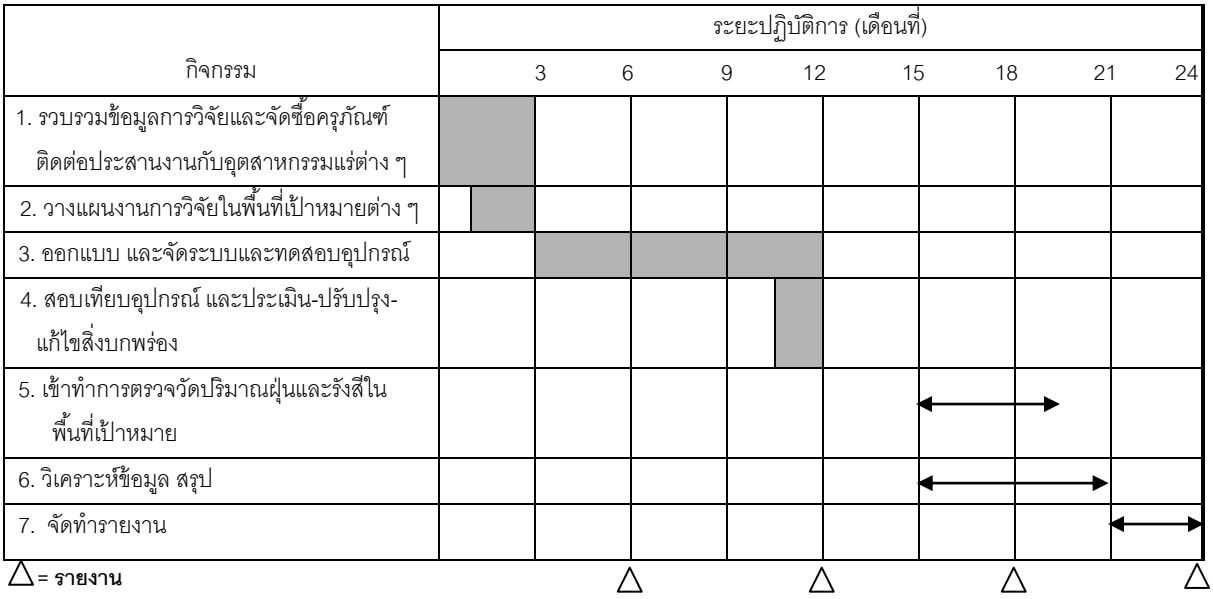
1.9.4 สอบเทียบอุปกรณ์ และประเมิน-ปรับปรุง-แก้ไขสิ่งบกพร่อง

1.9.5 เข้าทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นและรังสีในพื้นที่เป้าหมาย

1.9.6 วิเคราะห์ข้อมูล สรุป และ เขียนรายงาน

โดยในการศึกษาระยะที่ 2 นี้ อยู่ในขั้นตอน 1.9.5 การนำเอาระบบที่ได้พัฒนาขึ้นในปีงบประมาณ 2551 มาทำการตรวจวัดปริมาณฝุ่นและรังสีในพื้นที่เป้าหมาย

1.10 แผนการดำเนินงานตลอดโครงการ



1.11 ผลงานวิจัยในต่างประเทศ

1. J. Vaupotic และคณะ (2006) ได้ทำการหาค่า equilibrium factor, unattached fractions ของธาตุลูกหลานเรดอน และความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นกับการตรวจวัดขนาดของอนุภาคลูกหลานของเรดอน ในโรงเรียนในซัลวาเนีย เพื่อใช้ค่าต่าง ๆ เหล่านี้ในการประเมินค่าปริมาณรังสี โดยพบว่าค่าความแรงรังสีของธาตุลูกหลานเรดอนเท่ากับ 441 Bq m^{-3} และค่า Geometric mean diameter ของธาตุลูกหลานของเรดอนเท่ากับ 0.12 nm

2. S. Tokonami และคณะ (2005) ได้ทำการตรวจวัดขนาดของอนุภาคลูกหลานของเรดอนโดยใช้ graded screen array ในบริเวณเหมืองแร่ใต้ดิน ใน Gifu prefecture ของญี่ปุ่น พบว่าค่า Geometric mean diameter ของ attached fraction และ unattached fraction ของธาตุลูกหลานของเรดอนมีค่าเท่ากับ 162 nm และ 0.8 nm ตามลำดับ
3. H. Naomi และคณะ (2000) ได้ทำการตรวจวัดขนาดของอนุภาคลูกหลานของเรดอนในพื้นที่ชานเมืองของรัฐนิวเจอร์ซี โดยใช้ ตะกั่ว-210 เป็นตัวตรวจวัดและใช้เครื่องเก็บตัวอย่างอนุภาคลูกหลานที่พัฒนาขึ้นเอง (NYU School of Medicine (NYUSM) ultrafine particle size sampler) จากผลการวิเคราะห์พบว่า ค่า median particle size ของ ตะกั่ว-210 มีค่าเท่ากับ 0.8 nm. และความเข้มข้นของตะกั่ว-210 ที่ตรวจวัดได้นั้นไม่ขึ้นกับฤดูกาลที่ทำการตรวจวัด
4. S. Michikuni และคณะ (2000) ได้ทำการตรวจวัดขนาดของการกระจายตัวของอนุภาคลูกหลานของเรดอน โดยใช้เทคนิค diffusion batteries โดยวัดทั้งภายในและภายนอกที่อยู่อาศัย ที่เมือง Chubu ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าค่า peak radii ของธาตุลูกหลานของเรดอนสำหรับภายในอาคารบ้านเรือนอยู่ในช่วง 0.08-0.20 μm และภายนอกอาคารบ้านเรือนอยู่ในช่วง 0.07-0.23 μm และพบว่า ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างที่ค่อนข้างยาวนานมีผลต่อความถูกต้องของการหาค่าการกระจายตัวของอนุภาคลูกหลานของเรดอน