บทที่ 2 ระบบการตรวจวัดในภาคสนาม และการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรังสีเพื่อคัดแยกขนาด

2.1 การออกแบบระบบวัด และการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่น 2-1
2.1.1 การออกแบบระบบวัดเรดอนและโทรอนในอากาศ 2-1
2.1.2 ระบบการตรวจวัดรังสีลูกหลานเรดอน และโทรอนในอากาศ 2-3
2.1.3 ระบบการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรังสีเพื่อคัดแยกขนาด 2-5

บทที่ 2

ระบบการตรวจวัดในภาคสนาม และการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรังสีเพื่อคัดแยกขนาด

2.1 การออกแบบระบบวัด และจัดเก็บตัวอย่างฝุ่น

คณะวิจัยได้ออกแบบระบบต้นแบบการวัดการกระจายขนาดเพื่อประเมินอัตราการได้รับรังสีจากละอองฝุ่นขนาดนาโนเมตรของลูกหลานเรดอนและโทรอน ที่ประกอบระบบย่อย ๆ ดังนี้

2.1.1 ระบบการตรวจวัดก๊าซเรดอน (^{222}Rn) และโทรอน (^{220}Rn) ในอากาศ

2.1.2 ระบบการตรวจวัดรังสีลูกหลานเรดอน และโทรอนในอากาศ

2.1.3 ระบบการจัดเก็บฝุ่นเพื่อคัดแยกขนาด

2.1.4 ระบบทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง

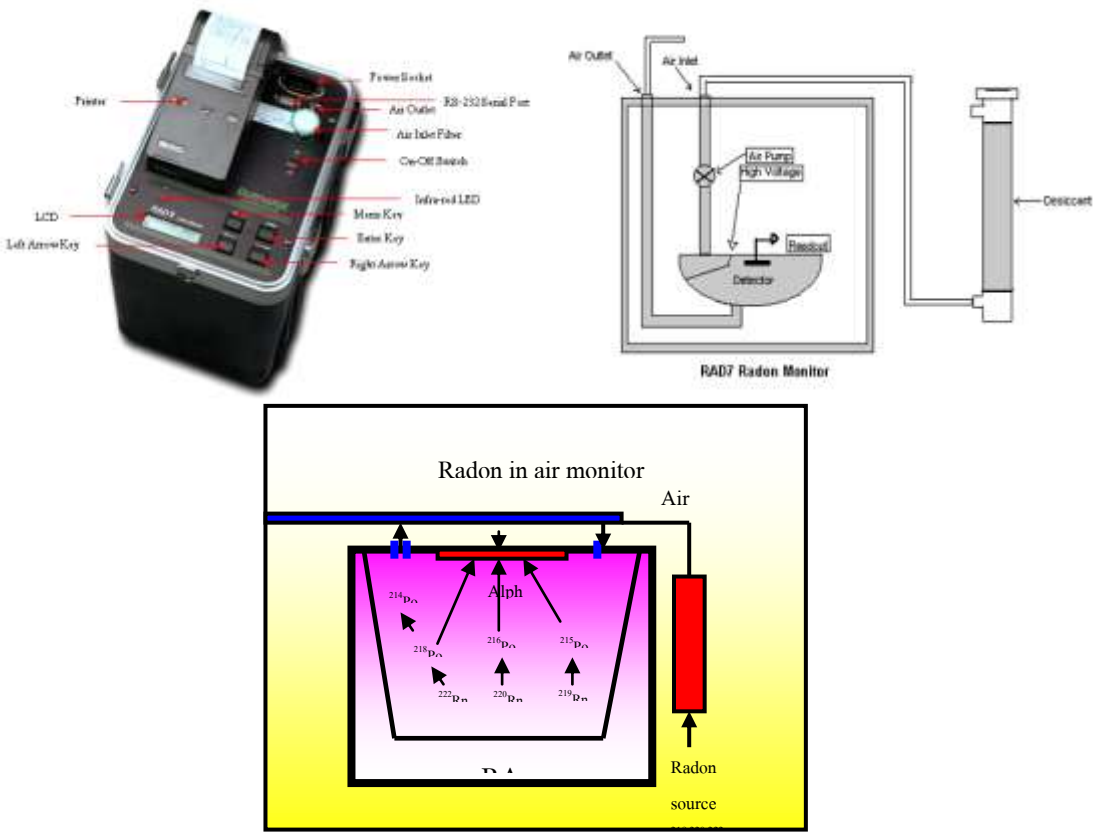
ซึ่งมีรายละเอียดของแต่ละระบบดังนี้

2.1.1 การออกแบบระบบตรวจวัดเรดอนและโทรอนในอากาศ

ระบบตรวจวัดก๊าซเรดอน (^{222}Rn) และโทรอน (^{220}Rn) ในอากาศ จะแบ่งออกเป็น 3 ระบบ ดังนี้

2.1.1.1 *ระบบการตรวจวัดแบบสุ่มปริมาณความเข้มข้น ^{222}Rn และ ^{220}Rn ในอากาศ* มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดกรองพื้นที่ที่จะทำการตรวจวัดในรายละเอียด ซึ่งในการวิจัยนี้จะใช้เครื่องวัดก๊าซเรดอนที่มีชื่อว่า RAD 7 ของบริษัท Durridge (รูปที่ 2.1) ที่ภาควิชาฯ ได้จัดซื้อมาจากโครงการวิจัยร่วมภาครัฐกับเอกชนในปีงบประมาณ 2546-2548 เครื่อง RAD 7 เป็นเครื่องมือตรวจวัดก๊าซเรดอนที่ใช้หัววัดแบบกึ่งตัวนำ และมีความสามารถแยกแยะระดับพลังงานของอนุภาคแอลฟาที่แผ่ออกมาจากนิวไคลด์ลูกหลานของก๊าซเรดอน คือ ^{218}Po และ ^{214}Po ได้เป็นอย่างดี และสามารถตั้งฟังชันก์การตรวจวัดได้หลากหลายเคลื่อนย้ายได้สะดวกเพราะมีแบตเตอรี่ในตัวจึงเหมาะที่จะนำมาใช้ในการสำรวจเบื้องต้นเพื่อคัดกรองหาพื้นที่ที่จะทำการศึกษาในรายละเอียดต่อไป

ในการศึกษาจะทำการตรวจวัดในโหมด sniff โดยเครื่อง จะดูดอากาศที่ผ่านแผ่นกรองอากาศ เพื่อกรองลูกเรดอนที่มีในอากาศออก จะมีแต่อากาศที่มีเรดอนอยู่เท่านั้นที่สามารถเข้าไปถึง chamber ในหัววัดได้ (เครื่องจะทำการดูดอากาศทุกๆ 15 นาที) เมื่อเรดอนสลายตัวในแชมเบอร์หัววัด ลูกหลานเรดอนในอนุกรมเรดอนจะปล่อยรังสีแอลฟาเข้าชนหัววัดซึ่งเป็นสารกึ่งตัวนำ สามารถที่จะแยกแยะพลังงานของอนุภาคแอลฟาของ Po-218 และ Po-214 ได้ รวมทั้ง Po-216 ได้ด้วยซึ่งค่านับวัดจะถูกบันทึกไว้ในหน้าต่างพลังงาน ทำให้เราสามารถทราบค่าความเข้มข้นของเรดอนและโทรอนในบริเวณต่าง ๆ ในระยะเวลาสั้น ๆ ได้ดี



รูปที่ 2.1 ส่วนประกอบ และรายละเอียดระบบต่าง ๆ ในตัวเครื่อง RAD 7

2.1.1.2 *ระบบตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ ^{222}Rn และ ^{220}Rn* เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ ^{222}Rn และ ^{220}Rn ในระยะสั้นตั้งแต่ช่วงเวลา 8 ชั่วโมง หรือ 24 ชั่วโมง หรือ 1 สัปดาห์ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งในการวิจัยนี้ จะใช้เครื่องวัดก๊าซเรดอนที่มีชื่อว่า RAD 7 ของบริษัท Durridge ซึ่งสามารถตั้งเวลาการตรวจวัดอย่างต่อเนื่องตามที่ต้องการได้

2.1.1.3 *ระบบตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นของ ^{222}Rn และ ^{220}Rn ที่เปลี่ยนแปลงในระยะยาวโดยรวมเป็นระยะเวลา 1 ปี* เนื่องจากฤดูกาล ความดันและอุณหภูมิ เป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อปริมาณเรดอนและโทรอนในแต่ละพื้นที่ และเนื่องจากต้องทำการตรวจวัดเป็นเวลานาน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเลือกใช้หัววัดที่ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า คือ Solid state nuclear track detector (SSNTD) หรือที่เรียกว่า Alpha track- etch film มีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มพลาสติกซึ่งจะเกิดรอยบนแผ่นฟิล์มเมื่ออนุภาคแอลฟาวิ่งเข้าชน จากนั้นจะนำมาปรับเทียบกลับเป็นปริมาณก๊าซเรดอนหรือโทรอน การวิจัยนี้จะทำการติดตั้งหัววัด SSNTD ในบริเวณที่พบว่า มีปริมาณของ ^{222}Rn หรือ ^{220}Rn สูงซึ่งได้จากการสำรวจในข้อ 2.1.1 เป็นระยะเวลารวม 1 ปี โดยจะทำการเปลี่ยนและติดตั้งหัววัดใหม่ทุก ๆ 3 เดือน เป็นฟิล์มที่จะถูกนำมากัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์แล้วนำมาปรับเทียบกับค่ามาตรฐานจะได้ค่าความเข้มข้นของเรดอนและโทรอนได้

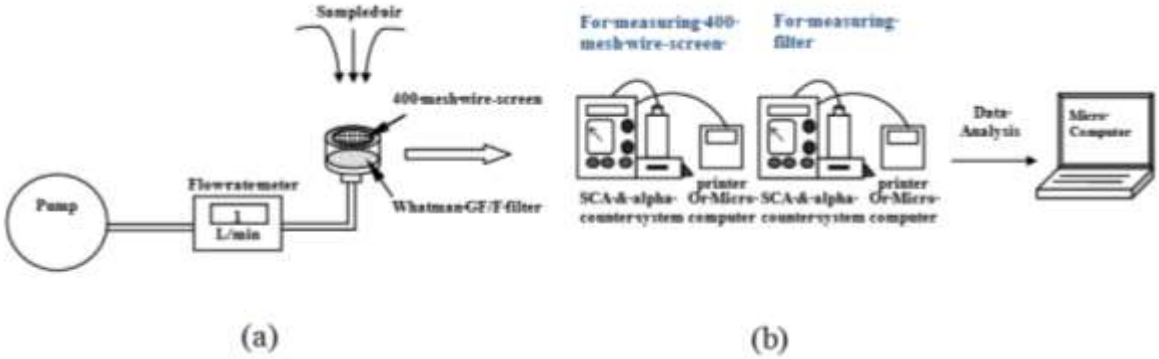
2.1.2 ระบบการตรวจวัดรังสีลูกหลานเรดอน และโทรอนในอากาศ แบ่งออกเป็น

2.1.2.1 *ระบบตรวจวัดลูกหลานเรดอน* เพื่อประเมินปริมาณ unattached fraction radon progeny ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งที่จะนำไปใช้ในการประเมินถึงอัตราการได้รับรังสีจากเรดอน ระบบนี้จะประกอบด้วยระบบเก็บตัวอย่างอากาศ และระบบวัดรังสี ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบดังต่อไปนี้

- ปั๊มดูดอากาศที่มีอัตราการไหลสูงสุด 30 ลิตรต่อนาที (suction pump) และมาตรวัดอัตราการไหลอากาศ (Flow meter) เพื่อการเก็บตัวอย่างอากาศ
- ชุดใส่กระดาษกรองอากาศ (Open face filter holder) แบบสองชั้น เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างลูกหลานเรดอน
- wire screen ขนาด 400 mesh เพื่อใช้เก็บตัวอย่างลูกหลานเรดอนชนิด Unattached radon progeny
- Glass filter เพื่อใช้เก็บตัวอย่างลูกหลานเรดอนชนิด Attached progeny radon
- ชุดหัววัดรังสีแอลฟาที่ประกอบด้วย เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (Scaler/rate meter single channel Analyzer (SCA)) จำนวน 2 ชุด เพื่อใช้ในการตรวจวัดลูกหลานเรดอน
- แผ่นพลาสติกเคลือบ ZnS(Ag)

<u>ขั้นตอนการตรวจวัด</u>

1. นำกระดาษกรอง และ 400 mesh wire screen ขนาด 47 mm ใส่ในชุดใส่กระดาษกรองอากาศแบบสองชั้น ในชั้นที่สอง และชั้นที่หนึ่งตามลำดับ และนำไปต่อเข้ากับปั๊มอากาศ ที่ตั้งอัตราการปั๊มอากาศที่ 10 ลิตร ต่อนาที
2. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลานาน 10-20 นาที
3. หลังจากเก็บตัวอย่างอากาศเสร็จ ให้รีบนำกระดาษกรอง และ 400 mesh wire screen เข้าตรวจวัดพร้อมกันด้วยชุดหัววัดรังสีแอลฟา โดยตั้งเวลาในการวัดครั้งละ 1 นาที จนครบ 40 นาที
4. นำผลการตรวจวัดที่ได้ในข้อ 3 ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นรังสีของลูกหลานเรดอน เพื่อประเมินถึงปริมาณ unattached fraction radon progeny



รูปที่ 2.2 a) ระบบเก็บตัวอย่างอากาศ b) ระบบวัดรังสี
ที่ใช้ในการตรวจวัดลูกหลานของเรดอน

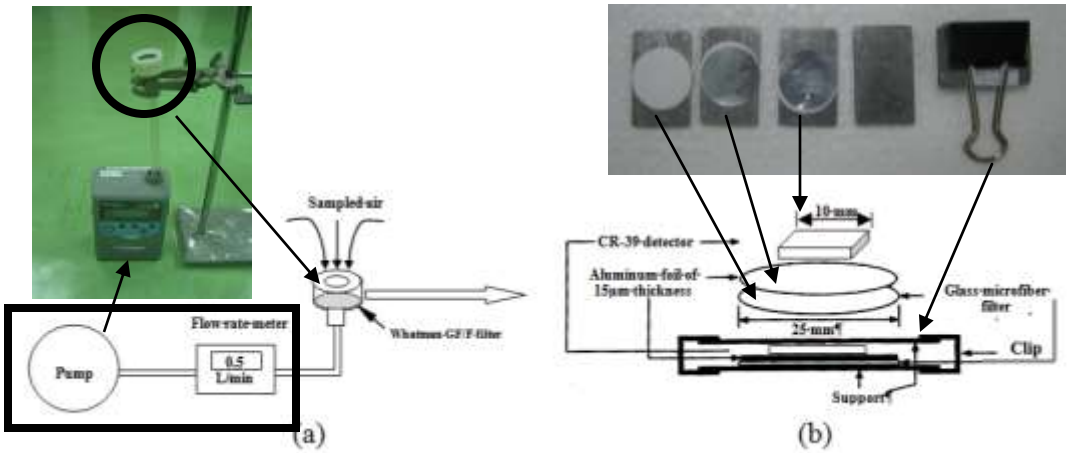
2.1.2.2 *ระบบการตรวจวัดลูกหลานโทรอน* เพื่อใช้ในการประเมินค่า equilibrium equivalent thoron concentration (EETC) ซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะใช้ในการประเมิน อัตราการได้รับรังสีจากโทรอน ระบบนี้จะประกอบด้วย ระบบเก็บตัวอย่างอากาศ และระบบวัดรังสี แสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งมีอุปกรณ์ในระบบดังต่อไปนี้

- ปั๊มดูดอากาศ (Low flow rate pump) เพื่อการเก็บตัวอย่างอากาศ
- ชุดใส่กระดาษกรองอากาศ (Open face filter holder) แบบชั้นเดียว เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างลูกหลานโทรอนบนกระดาษกรอง
- Solid State Nuclear Track detector ซึ่งจะใช้ CR-39

<u>ขั้นตอนการตรวจวัด</u>

1. นำกระดาษกรอง ขนาด 25 mm ใส่ในชุดใส่กระดาษกรองอากาศ และนำไปต่อเข้ากับปั๊มอากาศ ที่ตั้งอัตราการปั๊มอากาศที่ 0.5 ลิตร ต่อนาที
2. ทำการเก็บตัวอย่างอากาศเป็นเวลานาน 6-24 ชั่วโมง
3. หลังจากเก็บตัวอย่างอากาศเสร็จ ให้พักกระดาษกรองไว้ 6 ชั่วโมงก่อนทำการตรวจวัด ทั้งนี้เพื่อให้ลูกหลานของเรดอนสลายตัวไปจนหมด
4. นำกระดาษกรองในข้อ 3 วางลงบนแผ่นอะลูมิเนียมหนา และนำแผ่นฟิล์มอะลูมิเนียมบาง 15 μm วางทับบนกระดาษกรอง เพื่อลดพลังงานของอนุภาคแอลฟาจาก Po-212 ซึ่งเป็นลูกหลานของโทรอนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการวัดด้วย CR-39
5. นำ CR-39 วางลงบนแผ่นฟิล์มอะลูมิเนียมในข้อ 4 เพื่อทำการตรวจวัด

6. นำแผ่นอะลูมิเนียมวางบน CR-39 ในข้อ 5 และใช้คลิปหนีบประกบแผ่นอะลูมิเนียมทั้งสองด้าน เพื่อยึดตำแหน่งของตัวอย่าง และCR-39 ดังแสดงในรูปที่ 2.3 (b)
7. ทำการวัดตัวอย่างเป็นเวลา 24 ชั่วโมง
8. นำแผ่น CR-39 ที่ทำการตรวจวัดไปกัดรอยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 6 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 60°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. นำ CR-39 ที่ได้ในข้อ 8 ไปทำการอ่านค่าด้วยกล้องจุลทรรศน์
10. นำผลการตรวจวัดที่ได้ในข้อ 9 ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นรังสีของลูกหลานโทรอน เพื่อใช้ในการประเมินค่า equilibrium equivalent thoron concentration (EETC)



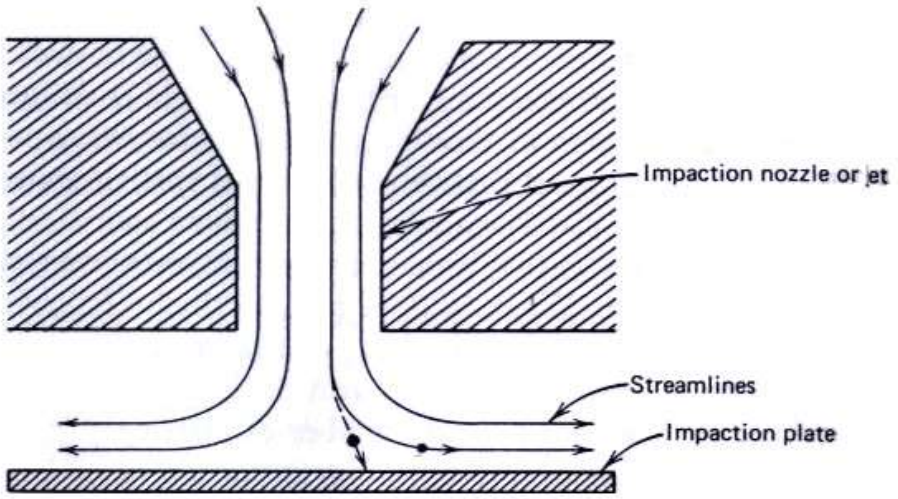
รูปที่ 2.3 a) ระบบเก็บตัวอย่างอากาศ b) ระบบวัดรังสี ที่ใช้ในการตรวจวัดลูกหลานของโทรอน

2.1.3 ระบบการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรังสีเพื่อคัดแยกขนาด

คณะวิจัยได้ออกแบบระบบจัดเก็บฝุ่นละอองรังสี เพื่อทำการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองรังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอน โดยจะเก็บตัวอย่างในบริเวณพื้นที่ทำงาน หรือในบริเวณที่ตรวจพบว่า มีปริมาณของ ^{222}Rn หรือ ^{220}Rn สูง ซึ่งได้จากการสำรวจในข้อ 2.1.1 ระบบการจัดเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ออกแบบนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อทำการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองรังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอน โดยมีรายละเอียดของแต่ละอุปกรณ์ ดังนี้

2.1.3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ออกแบบขึ้นนี้ได้ใช้หลักการของ $PM_{2.5}$ และ PM_{10} ของ United States National Ambient Air Quality Standard (NAAQS) (Ruzer and Harley, 2004) เพื่อทำการคัดแยกขนาดของอนุภาคฝุ่นขนาดเล็ก (Fine particles) และฝุ่นขนาดใหญ่ (Coarse particles) โดยใช้เทคนิค impactor (ดังแสดงในรูปที่ 2.4 : ฝุ่นละอองและอากาศจะผ่าน nozzle หลังจากนั้นกระแสการไหลของอากาศจะถูกหักเหเมื่อผ่านข้อต่อที่หักมุม 90° ทำให้อนุภาคฝุ่นละอองที่มีขนาดใหญ่กว่า aerodynamic size และมีความเฉื่อยไม่สามารถไหลไปกับกระแสอากาศได้ จึงตกลงบน impactor plate ส่วนอนุภาคขนาดเล็กกว่าจึงไหลไปกับกระแสอากาศ) อุปกรณ์ชุดนี้ทำจากอะลูมิเนียม มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 6.4 เซนติเมตร สูง 116 เซนติเมตร ประกอบด้วย 4 ชั้น (ดังแสดงในรูปที่ 2.5 ระบบการจัดเก็บฝุ่นละอองรังสี โดยประกอบขึ้นจากครุภัณฑ์รายการที่ 2-3) โดยสามารถคัดแยกขนาดอนุภาคของฝุ่นในช่วง 1-10 ไมโครเมตร โดยในชั้นที่ 1, 2, 3 และ 4 สามารถเก็บตัวอย่างฝุ่นได้ในช่วงมากกว่า 10, 10-2.5, 2.5-1 และน้อยกว่า 1 ไมโครเมตร ตามลำดับ อนุภาคฝุ่นในชั้นที่ 1 – ชั้นที่ 3 จะถูกเก็บลงบนกระดาษกรอง (GF/F, whatman) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ส่วนในชั้นที่ 4 จะถูกเก็บลง บนกระดาษกรองขนาด 4.7 เซนติเมตร (GF/F, whatman)

<u>หมายเหตุ</u> กระดาษกรองในชั้นที่ 4 ทำหน้าที่เป็น backup filter เก็บอนุภาคฝุ่นละอองที่เหลือทั้งหมดจากการคัดแยกจาก ชั้นที่ 1-3 ดังนั้นขนาดของกระดาษกรองในชั้นที่ 4 จึงไม่มีผลต่อการกระจายตัวของอนุภาคฝุ่น



รูปที่ 2.4 ภาพตัดขวางของ impactor

รูปที่ 2.5 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง (Impactor sampler)

หมายเหตุ ระบบคัดกรองอนุภาคนี้ ร่วมกันพัฒนาขึ้นระหว่างคณะนักวิจัยร่วมกับนักวิจัยญี่ปุ่น

2.1.3.2 ระบบวัดรังสีของอนุภาคฝุ่นละอองรังสีของลูกหลานเรดอนและโทรอนที่ผ่านการคัดแยกขนาดแล้ว ระบบวัดรังสีนี้จะประกอบด้วย

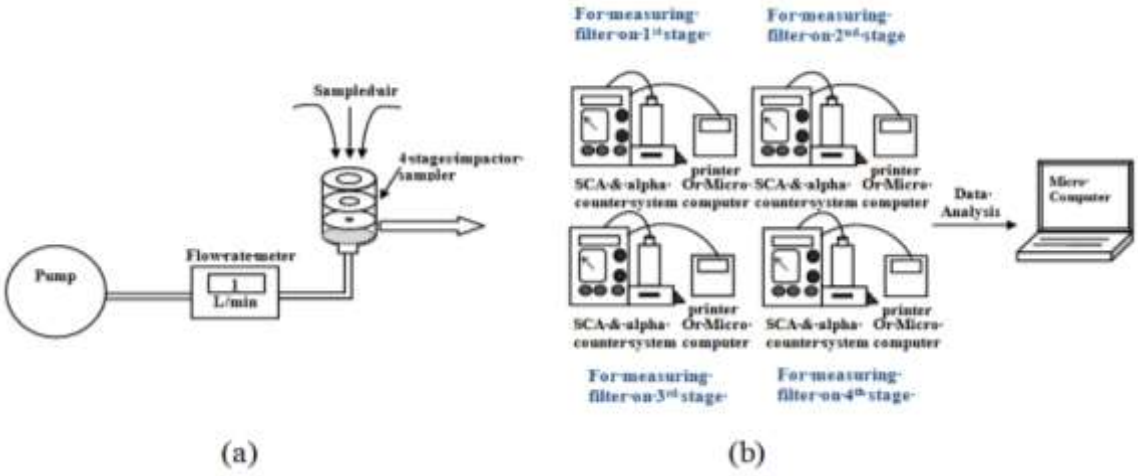
- ชุดหัววัดรังสีแอลฟา
- เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (Scaler / ratemeter single channel Analyzer (SCA)) จำนวน 4 ชุดเพื่อใช้ในการตรวจวัดลูกหลานเรดอนและโทรอนเกาะติดมากับฝุ่น
- แผ่นพลาสติกเคลือบ ZnS(Ag)

ขั้นตอนการตรวจวัด

1. นำอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละอองที่ใส่กระดาษกรองแล้ว ต่อเข้ากับปั๊มอากาศ และทำการเก็บตัวอย่างอากาศที่อัตราการไหล 1 ลิตรต่อนาที
2. ทำการเก็บตัวอย่างเป็นเวลา 8-24 ชั่วโมง
3. นำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างในข้อ 2 เข้าตรวจวัดพร้อมกันด้วยชุดหัววัดรังสีแอลฟา โดยตั้งเวลาในการวัดครั้งละ 1 นาที จนครบ 40 นาที
4. นำผลการตรวจวัดที่ได้ในข้อ 3 ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นรังสีของลูกหลานเรดอน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของลูกหลานเรดอน
5. นำกระดาษกรองที่ผ่านการตรวจวัดในข้อ 4 มาพักไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ก่อนทำการตรวจวัดอีกครั้ง ทั้งนี้เพื่อให้ลูกหลานของเรดอนสลายตัวไปจนหมด

6. ทำการตรวจวัดกระดาษกรองในข้อ 5 ด้วยชุดหัววัดรังสีแอลฟา โดยตั้งเวลาในการวัดครั้งละ 5 นาที จนครบ 4 ชั่วโมง
7. นำผลการตรวจวัดที่ได้ในข้อ 6 ไปคำนวณหาปริมาณความเข้มข้นรังสีของลูกหลานโทรอน เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของลูกหลานโทรอน

สำหรับภาพรวมของระบบเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองและระบบวัดรังสีดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 a) ระบบเก็บตัวอย่างฝุ่นละอองรังสี b) ระบบวัดรังสี สำหรับการวิเคราะห์การกระจายขนาดของอนุภาคฝุ่นละอองรังสี