

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานฉบับสมบูรณ์ของการวิจัย เรื่อง“การพัฒนาระบบการวัดการกระจายขนาด เพื่อประเมินอัตราการได้รับรังสีจากละอองฝุ่นขนาดนาโนเมตรของลูกหลานเรดอนและโธรอนในอุตสาหกรรมแร่” โดยการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาระบบคัดแยกขนาดและระบบวัดรังสี 2) นำระบบที่พัฒนาขึ้นไปทำการตรวจวัดขนาดของละอองฝุ่นของลูกหลานเรดอนและโธรอนในพื้นที่เป้าหมาย 3) ประเมินการได้รับปริมาณรังสีจากก๊าซเรดอนและโธรอนในพื้นที่เป้าหมาย คือ บริษัท ไทยแลนด์สเมลติงแอนดรีไฟนิง จำกัด ซึ่งเป็นโรงงานถลุงแร่ดีบุก ตั้งอยู่ที่จังหวัดภูเก็ต งานวิจัยนี้มีระยะเวลาวิจัย 1.5 ปี และงานวิจัยนี้ได้รับการช่วยเหลือจาก National Institute of Radiological Science (NIRS) จากประเทศญี่ปุ่น ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

ระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วย 4 ระบบย่อย ดังต่อไปนี้ ระบบการตรวจวัดก๊าซเรดอน (^{222}Rn) และโธรอน (^{220}Rn), ระบบการตรวจวัดรังสีลูกหลานเรดอนและโธรอน, ระบบการจัดเก็บฝุ่นเพื่อคัดแยกขนาด, ระบบการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เก็บตัวอย่างฝุ่นละออง สามารถคัดแยกขนาดอนุภาค ของฝุ่นได้ในช่วง 1-10 ไมโครเมตร คณะวิจัยได้นำระบบทั้งหมดที่พัฒนาขึ้นเข้าตรวจวัด ณ พื้นที่เป้าหมาย 2 ครั้ง โดยในครั้งแรกได้เข้าสำรวจเมื่อวันที่ 3 - 5 มีนาคม 2552 และครั้งที่ 2 เมื่อวันที่ 16-18 กุมภาพันธ์ 2553 โดยทำการตรวจวัดแบบระยะสั้นและระยะยาว การตรวจวัดในช่วงระยะสั้นทั้ง 2 ครั้ง พบว่า บริเวณที่มีความเข้มข้นของเรดอนสูงสุด คือ ห้องทำงาน (ครั้งที่ 1: $34.6 \pm 11.3 \text{ Bq/m}^3$, ครั้งที่ 2: $22.11 \pm 10.23 \text{ Bq/m}^3$) ซึ่งเป็นค่าที่ต่ำกว่าเกณฑ์กำหนดสำหรับที่อยู่อาศัยที่ 148 Bq/m^3 ส่วนบริเวณที่มีความเข้มข้นโธรอนสูงสุด คือ โรงซักตัวอย่าง (ครั้งที่ 1: $58.4 \pm 47.4 \text{ Bq/m}^3$, ครั้งที่ 2: $53.4 \pm 46.1 \text{ Bq/m}^3$) แต่บริเวณที่พบว่ามีความเข้มข้นของลูกหลานโธรอนสูงสุด คือ ห้องทำงาน (ครั้งที่ 1: $0.43 \pm 0.02 \text{ Bq/m}^3$, ครั้งที่ 2: $0.46 \pm 0.05 \text{ Bq/m}^3$) ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกันทั้งสองครั้ง ทั้งนี้เป็นเพราะเป็นห้องปิดที่มีสิ่งแวดล้อมภายในไม่แตกต่างกัน ซึ่งต่างจากบริเวณอื่นที่เป็นบริเวณโล่งกว้างและมีกิจกรรมในแต่ละวันไม่เหมือนกัน รวมทั้งมีการเคลื่อนย้ายวัสดุอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ค่าที่วัดได้ทั้ง 2 ครั้งในบริเวณอื่นมีความแตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม พบว่า เกือบทุกพื้นที่มีปริมาณลูกหลานโธรอนสูงเกินกว่าที่พบจากการตรวจวัดครั้งที่ 1 สำหรับผลการตรวจวัดความเข้มข้นของ attached และ unattached และการกระจายขนาดของลูกหลานเรดอนและโธรอนในอากาศ พบว่า บริเวณห้องทำงาน เป็นบริเวณที่มีค่า unattached ของธาตุลูกหลานของเรดอนมากที่สุด มีค่าเท่ากับ $2.71 \pm 0.94 \text{ Bq/m}^3$ และนอกจากนี้ยังเป็นบริเวณที่มีการกระจายขนาดของลูกหลานเรดอนมีขนาดเล็กสุด เท่ากับ 340 nm แต่บริเวณที่มีค่า attached ของธาตุลูกหลานของเรดอนสูงสุด คือ โรงซักตัวอย่าง มีค่าเท่ากับ $3.66 \pm 0.75 \text{ Bq/m}^3$

ผลการตรวจวัดความเข้มข้นของเรดอนและโธรอนในระยะยาว ในพื้นที่เดียวกับการตรวจวัดระยะสั้น และเพิ่มอีก 1 พื้นที่ คือ โรงเก็บหางแร่ ด้วยเทคนิค SSNTD โดยทำการแขวนหัววัดชนิดฟิล์ม CR-39 ไว้ในพื้นที่

ข้างต้นเป็นเวลา 9 เดือน จากการตรวจวัด พบว่า ความเข้มข้นของเรดอนและโพรอนโดยทั่วไปไม่มีความสอดคล้องกับการตรวจวัดในช่วงเวลาสั้น ๆ แต่พบบางช่วงเวลาที่มีความไม่สอดคล้องกัน ทั้งนี้เนื่องมาจากผลของความแตกต่างของกิจกรรม ปริมาณวัสดุ และอิทธิพลของพารามิเตอร์อื่น (อุณหภูมิ, ความดันบรรยากาศ และความชื้น) ที่มีผลต่อการฟุ้งกระจายของก๊าซเรดอนและโพรอนในบริเวณที่ตรวจวัด

จากการประเมินอัตราการได้รับรังสี พบว่า บริเวณที่มีอัตราการได้รับรังสีสูงสุด คือ บริเวณห้องทำงาน รองลงมา คือ บริเวณโรงเก็บแร่แทนทาลัม และบริเวณต่ำสุด คือ บริเวณโรงชักตัวอย่าง (4.22 mSv/y, 1.76 mSv/y และ 0.78 mSv/y) ซึ่งปริมาณรังสีรวมที่ประชาชนทั่วไปควรได้รับมีค่าไม่เกิน 2.4 mSv/y และประมาณ 50 % เป็นการได้รับรังสีเนื่องจากการหายใจเอาลูกหลานเรดอนและโพรอนเข้าสู่ร่างกาย (1.26 mSv/y) จะเห็นได้ว่า อัตราการปริมาณรังสีที่ได้รับจากก๊าซเรดอนจากบริเวณห้องทำงานสูงกว่าโรงเก็บแร่แทนทาลัม และทั้งสองแห่งมีค่าสูงกว่าค่าที่ประชาชนทั่วไปควรได้รับ ดังนั้น บุคคลที่ทำงานอยู่ในบริเวณนั้น ๆ ควรสวมหน้ากากป้องกันฝุ่นละออง

ในการวิจัยนี้ คณะวิจัยได้ใช้เครื่อง WLx ซึ่งเป็นเครื่องมือทางการค้ามาใช้ตรวจวัดเปรียบเทียบหาความเข้มข้นของเรดอนและโพรอนในหน่วยของ Working Level ซึ่งให้ผลที่สอดคล้องกับการตรวจวัดที่ได้จากเครื่องมือที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่า ระบบการตรวจวัดและอุปกรณ์ที่ทางคณะวิจัยได้ออกแบบและจัดสร้างขึ้นนั้น สามารถใช้งานได้จริง และให้ผลที่น่าเชื่อถือ

This is a final report of *“Development of Size Distribution System for Dose Assessment Based on Nanosize Radon and Thoron Progeny Aerosols in Mineral Industry.”* The research objectives are to 1) develop the size distribution and radiation measurement system, 2) implement the developed system in field work for determining the size distribution of aerosol of radon and thoron progenies, and 3) assess the radiation dose from receiving radon and thoron gas. The target area in this study is the Tin smelting located in Phuket province, Thailand, namely Smelting and Refining Company Limited. Research duration is 1.5 years. This research received the technical assistant and some equipment from National Institute of Radiological Science (NIRS), Japan. The research results can be summaries as follows.

The following 4 sub- systems were developed: 1) Radon-Thoron measurement system, 2) Radon-Thoron progeny system, 3) aerosol particle collection system for size distribution and 4) particle size testing system which can distinguish of the 1-10 μm particle size. All developed system was implemented for short-term and long-term measurement in target area in March 3-5, 2009 and February 16-18, 2010. The measurement areas include HSE office, ore storage, ore sample, tantalum storage, and Slag Bay.

For short-term measurement, the highest radon concentration was found in HSE office ($34.6 \pm 11.3 \text{ Bq/m}^3$ for ^{1st} measurement and $22.11 \pm 10.23 \text{ Bq/m}^3$ for ^{2nd} measurement). However, these values are still lower than the action level of 148 Bq/m^3 for the dwelling concentration. The highest thoron concentration was found at ore sampling area ($58.4 \pm 47.4 \text{ Bq/m}^3$ for ^{1st} measurement and $53.4 \pm 46.1 \text{ Bq/m}^3$ for ^{2nd} measurement). There has no action level for thoron established yet. Thoron progenies were found about the same level in HSE office for both investigations,. The HSE office is a close room and daily activity about the same during the period of measurement. Others measurement areas are large, open to air, and daily activities depend on the movement of ore materials.

However, in the second measurement, it was found that the thoron progeny concentration in all measurement area increased. The highest unattached and smallest size distributions of radon progeny were found at HSE office ($2.71 \pm 0.94 \text{ Bq/m}^3$ and 340 nm, respectively) but the highest attached radon progeny was found at sampling area ($3.66 \pm 0.75 \text{ Bq/m}^3$).

For long-term measurement, SSNDT CR-39 type was used for determination of radon and thoron concentrations. The measurement was carried on for every 3 months over the period of 9 months. The results agreed with the result of short-term measurement in almost areas for the whole measurement period. However, there are some parameters that effect to the emanation of radon and thoron from their sources during the period of measurement such as the local activities, ore quantity, temperature, pressure and humidity.

The assessment of effective dose in the study areas found to be 4.22 mSv/y, 1.76 mSv/y, 0.78 mSv/y in HSE office, tantalum storage area and sampling area, respectively. The annual effective dose recommend for public should not higher than 2.4 mSv/y, which 50 % of this value come from the inhalation of radon and thoron progenies (1.26 mSv/y). The results shows that the effective doses at HSF office and tantalum storage are higher than the recommended annual effective dose for public. Therefore, workers who are working in these areas should wear mask to protect themselves.

In this study, WLx monitor was also used to validate our development system by measuring radon and thoron concentration in unit of working level. The results agree and consistent with our results. Therefore, it can be said that our designed and developed system of radon and thoron measurement is reliable system.