



ระบบ EDXRF ติดตั้งที่ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ไพโรภพ ผ่องสุวรรณ ธวัช ชิตตระการ ไพบุลย์ นวลนิล ธงชัย สุธีรศักดิ์ และ จำรัส ณ สุวรรณ

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90112.

โทร.074-211030 ต่อ 2676 โทรสาร.074-446683 E-mail. btripob@ratree.psu.ac.th

บทคัดย่อ

ได้ประกอบระบบวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองชนิดกระจายพลังงานขึ้นที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ระบบนี้ใช้ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์แบบไอโซโทปรังสี Am-241 ความแรง 50 mCi และใช้หัววัดรังสีเอกซ์ชนิด Si(Li) ใช้ระบบวิเคราะห์สัญญาณรังสีแบบหลายช่องชนิดการ์ด ขนาด 2048 ช่อง ติดตั้งกับคอมพิวเตอร์ PC ควบคุมด้วยโปรแกรม GENIE2K จัดวางระบบแบบ Coaxial Geometry ออกแบบให้แหล่งกำเนิดรังสีและตัวอย่างอยู่ในกำบังทองแดง มีภาคสำหรับใส่ตัวอย่างรวมทั้งมีระบบที่สามารถควบคุมการเปิดและปิดแหล่งกำเนิดรังสี จากการวัดโดสรังสีที่ผู้ปฏิบัติงานได้รับในตำแหน่งที่ห่างจากแหล่งกำเนิด 1 เมตร มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002-0.0003 mSv ต่อชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าค่าขีดจำกัดโดสที่คนจะรับได้คือประมาณ 0.0250 mSv ต่อชั่วโมง แสดงว่ามีความปลอดภัยสูงในการใช้งานระบบวิเคราะห์ การประยุกต์ใช้งานศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม ทำโดยการวัดรังสีเอกซ์เรืองที่เปล่งออกมาจากตัวอย่างดินตะกอนที่ขนานน้ำจากคลองอู่ตะเภา ผลที่ได้พบว่าสเปกตรัมรังสีเอกซ์มีความราบเรียบดีในช่วงพลังงาน 5 -40 keV ซึ่งเป็นช่วงพลังงานสำคัญในการวัดหาชนิดและปริมาณ โลหะหนัก

**An EDXRF system installed at the Department of Physics,
Prince of Songkla University**

Tripob Bhongsuwan, Thawat Chittrakarn, Paiboon Nuannin, Thongchai Sutherasak and Jamras Na-Suwan

Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University, Hatyai 90112.

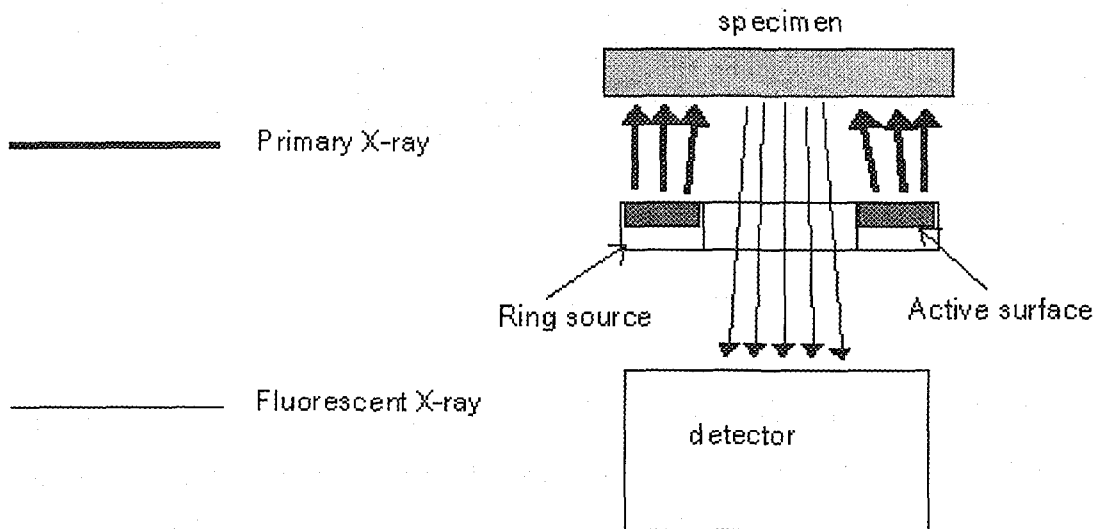
Tel. 074-211030 ext 2676, Fax. 074-446683, E-mail : btripob@ratree.psu.ac.th

Abstract

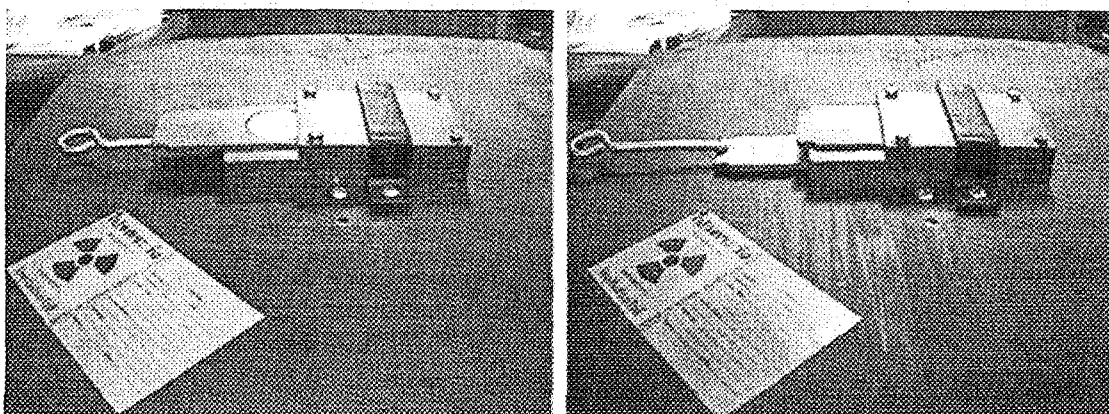
An Energy Dispersive X-Ray Fluorescence analysis system was assembled at the nuclear laboratory, Physics Department, the Prince of Songkla University. The system used a 50 mCi Americium-241 annular type source to excite the sample. Si(Li) detector was used as a fluorescent X-ray detector. A 2048 channels MCA card and GENIE2K operating software were installed in a PC. The detector-source-sample has been setting with coaxial geometry. Copper was used as a radiation shield and designed to hold the X-ray source and a sample tray. The X-ray source was designed to pull out when operated and push back into the Cu shield when not operated. Dose exposed to an operator sitting at a distance 1 m away from the system is about 0.0002-0.0003 mSv per hour which is well below the dose limit of 0.025 mSv/hour. In application to environmental study, we measured X-ray emissions from bottom sediment samples collected from the U Tapao river. The results showed a flatted plateau in the fluorescence X-ray spectrum of energies between 5-40 keV, which are good for qualitative and quantitative analyses of heavy metals.

บทนำ

ระบบวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองชนิด Energy Dispersive ติดตั้งที่ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ เป็นแบบที่ใช้ต้นกำเนิดรังสีชนิดไอโซโทปรังสี ประกอบด้วย 3 ส่วนหลักๆ คือ แหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ หัววัดรังสี และหน่วยวิเคราะห์แบบหลายช่อง (Multi-Channel Analyzer) ใช้ Americium-241 ความแรง 50 mCi เป็นแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ ส่วนหัววัดรังสีเอกซ์เรืองใช้หัววัดสารกึ่งตัวนำ (semiconductor detector) ชนิด Si(Li) หน่วยวิเคราะห์ใช้เป็นแบบการ์ดติดตั้งในคอมพิวเตอร์ PC เป็นแบบ 2048 ช่อง การจัดวาง หัววัด-แหล่งกำเนิดรังสี-ตัวอย่าง เป็นแบบ Coaxial Geometry ดังภาพประกอบที่ 1



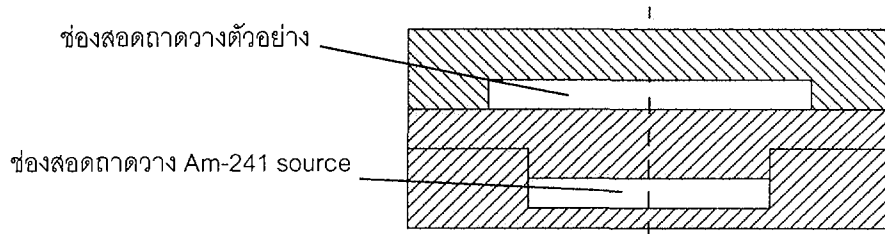
ภาพประกอบที่ 1 แสดงการจัดชุดวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองแบบ Energy Dispersive ที่มีการจัดวางหัววัด-แหล่งกำเนิดรังสี-ตัวอย่าง เป็นแบบ Coaxial Geometry



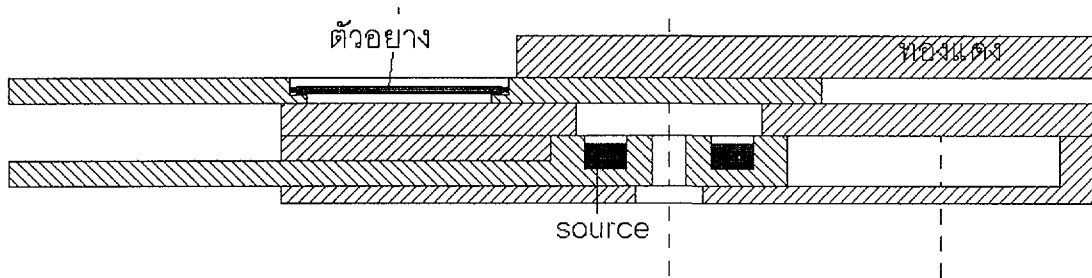
ก) การใส่ตัวอย่างในชุดกำบังรังสี

ข) การเปิด source รังสี

ภาพประกอบที่ 2 แสดงชุดระบบกำบังรังสีและการทำงาน



ก) ภาพตัดขวางด้านหน้า



ข) ภาพตัดขวางด้านข้าง

ภาพประกอบที่ 3 แสดงโครงสร้างของชุดกำบังรังสี

เนื่องจากแหล่งกำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิมีความแรงรังสีสูง (50 mCi) จึงต้องมีการกำบังรังสี เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน การกำบังรังสีออกแบบโดยใช้โลหะทองแดง มีภาควางชั้นตัวอย่างทำด้วยทองแดง (ภาพประกอบที่ 2) แบบการสร้างชุดกำบังรังสี แสดงในภาพประกอบที่ 3

ชุดกำบังรังสีข้างต้นสามารถป้องกันการรับโดสรังสีของผู้ปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ จากการตรวจวัดโดสที่ระยะทางต่างๆ ห่างจากแหล่งกำเนิด ผลการวัดแสดงอยู่ในตารางที่ 1 โดยค่าโดสที่วัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0002-0.0003 mSv ต่อ ชั่วโมง ซึ่งค่าโดสดังกล่าวยังต่ำกว่าค่าโดสมาตรฐานที่คนจะรับได้คือประมาณ 0.0250 mSv ต่อ ชั่วโมง (หรือ 4 mSv ต่อเดือน) ซึ่งจัดว่าอยู่ในระดับที่ปลอดภัยในการทำงานอย่างต่อเนื่อง

ตารางที่ 1 แสดงค่าโดสรังสีที่วัดได้ที่ตำแหน่งต่างๆ ใกล้แหล่งกำเนิดรังสี

ระยะห่างจาก source (cm.)	Dose Rate average(mSv/hr)	รายละเอียดของจุดวัด
94	0.000263	ข้าง CPU
146	0.000241	หน้าจอ COM
127	0.000263	ข้างตู้หนังสือ
24	0.000361	ตำแหน่งใกล้ source
35	0.00025	ตำแหน่งใต้ source
107	0.0002	หน้า CPU
172	0.000274	ที่นั่งผู้ปฏิบัติงานขณะที่ X-ray off

ในการประยุกต์ใช้งานสามารถนำมาศึกษาปัญหาในงานด้านสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างของงานประเภทเดียวกันนี้ ได้แก่ งานของ Hashim, et al. (1998) อาศัยการวิเคราะห์ผลจาก EDXRF ตรวจสอบหาสารตะกั่วและสารพิษอื่นๆ ที่ปนอยู่ในทรายริมถนนบนสองถนนสายหลักของประเทศเคนยา ซึ่งสามารถบอกธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างได้ งานของ Bandhu, et al. (1996) ใช้เทคนิคการเดียวกันนี้ ตรวจสอบมลสารแขวนลอยในอากาศ ในเมือง Chandigarh ประเทศอินเดีย โดยการวิเคราะห์ตัวอย่างฝุ่นและซีเมนต์ที่เก็บจากจุดต่างๆ ในเมือง แล้วนำมาพิจารณาพร้อมกับปัจจัยอื่นๆ ที่เป็นไปได้ว่าจะ เป็นแหล่งกำเนิดของมลพิษทางอากาศ เช่น ควันไอเสียจากรถยนต์ หรือซีเมนต์จากการเผาขยะ เป็นต้น

การประยุกต์การใช้งานในที่นี้ทำโดยการวัดรังสีเอกซ์เรืองของธาตุที่เปล่งออกมาจากตัวอย่างดินตะกอนที่องน้ำจากคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุด้วย X-ray fluorescence ทำให้ทราบชนิดของธาตุองค์ประกอบในตะกอนที่องน้ำที่จุดต่างๆ ในคลองอู่ตะเภา ซึ่งเป็นคลองสายหลักของจังหวัดสงขลา รวมทั้งอาจสามารถบอกถึงการปนเปื้อนโลหะหนักและกำเนิดของโลหะหนักในตะกอนก้นคลองว่ามาจากกิจกรรมของมนุษย์ หรือมาจากธรรมชาติ

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

- ต้นกำเนิดรังสี Americium-241 (^{241}Am) ความแรง 50 mCi
- หัววัดรังสีชนิด Si(Li) และ MCA
- ชุดกำบังรังสี
- ตัวอย่างที่ต้องการศึกษา

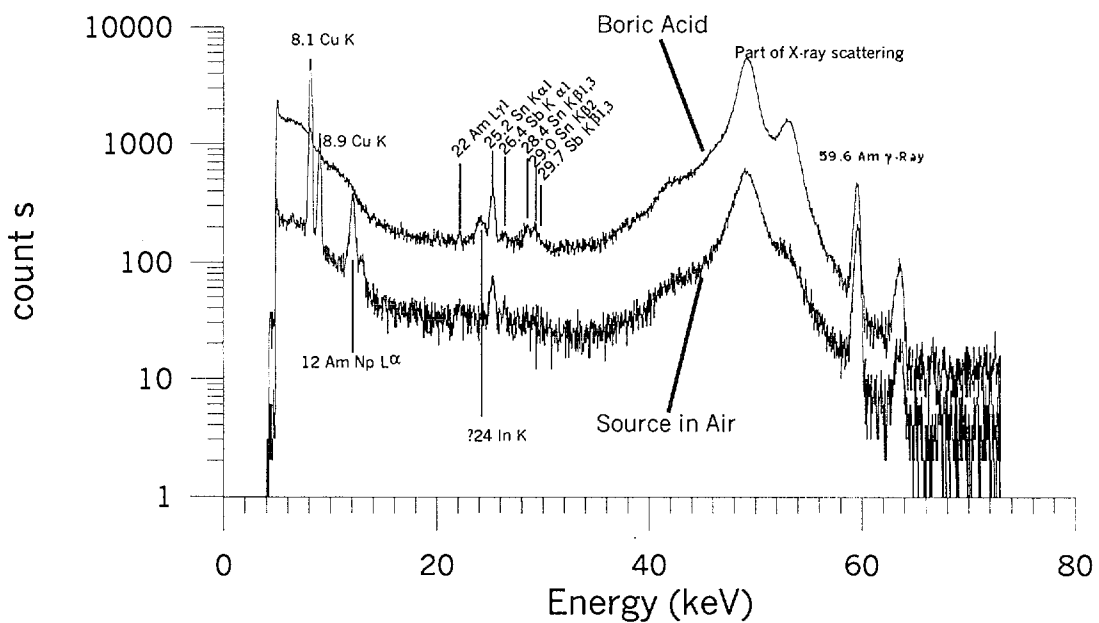
- คอมพิวเตอร์และชุดควบคุม
- อุปกรณ์เตรียมตัวอย่าง

2. วิธีการทดลอง

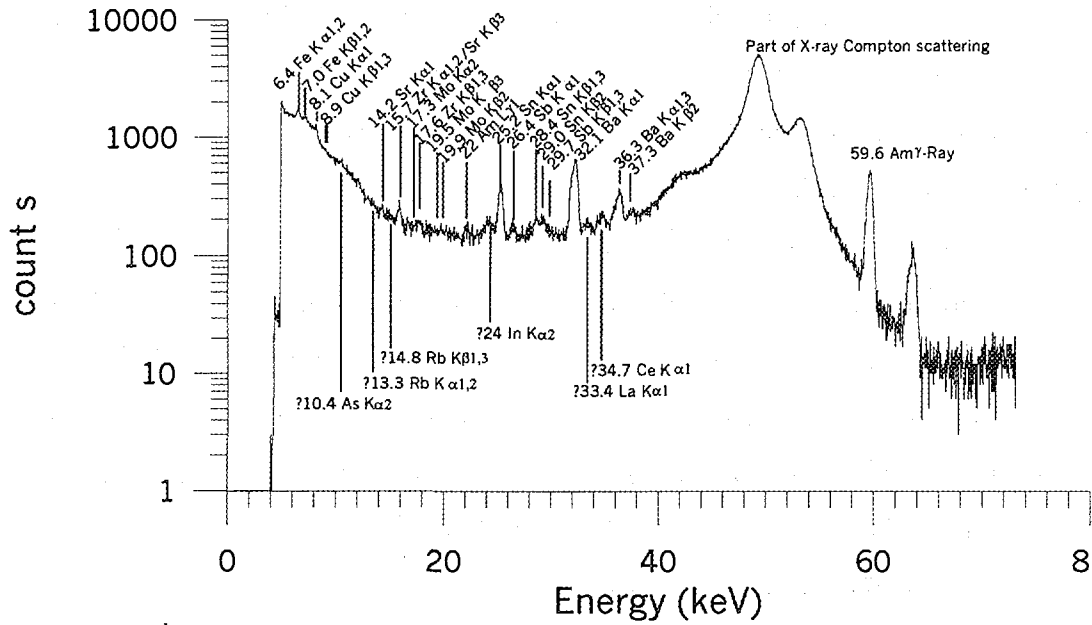
2.1 นำตัวอย่างตะกอนมาผสมกับตัวผสม (WAX C) โดยใช้สัดส่วนดินตะกอนต่อตัวผสมเป็น 3 ต่อ 0.7 กรัม (แล้วแต่ความเหมาะสม) แล้วผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน บรรจุลงในถ้วยอะลูมิเนียมขนาดมาตรฐาน แล้วอัดขึ้นรูปด้วยแรงอัดขนาด 250 - 300 kN จะได้ตัวอย่างขนาดมาตรฐาน สำหรับการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง EDXRF

2.2 วิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเครื่อง EDXRF โดยใช้เงื่อนไขของระบบประกอบด้วย coarse gain 50 Fine gain 50 จ่ายแรงเคลื่อนไฟฟ้าศักย์สูง -0.5 กิโลโวลต์ แก่หัววัด ใช้เวลาวัด 3000 วินาที บันทึกสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของตัวอย่าง วิเคราะห์หาธาตุประกอบในตัวอย่างสารอ้างอิงมาตรฐาน และตัวอย่างดินตะกอนจากคลองอู่ตะเภา จังหวัดสงขลา

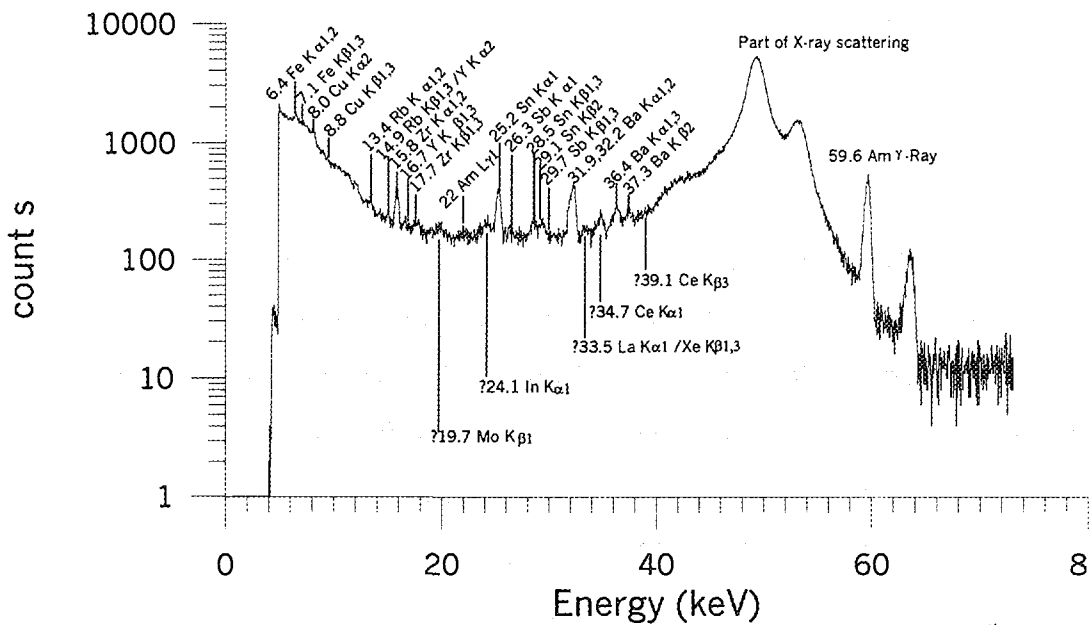
ผลและอภิปรายผลการวิจัย



ภาพประกอบที่ 4 แสดงสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของภูมิหลังหลังจาก Boric Acid และสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของระบบเมื่อไม่มีชิ้นตัวอย่าง



ภาพประกอบที่ 5 แสดงสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของตัวอย่างสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA SL-1



ภาพประกอบที่ 6 แสดงลายสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของตัวอย่างดินตะกอนที่องน้ำจากคลองอยู่ตะเภา จังหวัดสงขลา ที่มีขนาด grain size เล็กกว่า $75 \mu\text{m}$

จากภาพประกอบที่ 4 พบว่า รังสีเอกซ์เรืองของ Cu และ Am มีความเข้มลดลงเนื่องจากมีชั้นตัวอย่างที่อัดแน่น เป็นตัวกำบังรังสีเอกซ์เรืองของ Cu ที่มาจากชุดกำบังรังสี แต่ไม่สามารถลดส่วนของ X-Ray Compton Scattering ได้ ธาตุที่พบเพิ่มขึ้นเมื่อวิเคราะห์ตัวอย่างอัดแน่นของสาร Boric Acid (จัดเป็นธาตุภูมิหลังของระบบร่วมกับการกำบังตัวเองของตัวอย่างอัดแน่น) ได้แก่ Sn, In

และ Sb ซึ่งพบว่าน่าจะมาจากถ้วยอลูมิเนียมเคลือบสีที่ใช้บรรจุตัวอย่างอัดแน่น จากสเปกตรัมรังสีเอกซ์เรืองของตัวอย่างสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA SL-1 ในภาพประกอบที่ 5 เมื่อทำการตัดธาตุกัมมันต์ที่พบจากตัวอย่าง Boric Acid (ดังภาพประกอบที่ 4) พบว่าธาตุประกอบในตัวอย่างสารอ้างอิงมาตรฐานคือ Fe, Sr, Zr, Mo, La, As และ Ba และอาจมี Rb และ Ce แต่ไม่สามารถยืนยัน เนื่องจากพบพลังงานรังสีเอกซ์เรืองของธาตุดังกล่าวเพียงค่าเดียว เมื่อเปรียบเทียบธาตุที่วิเคราะห์ได้จากสเปกตรัมรังสีเอกซ์กับชนิดของธาตุในใบรับรองของสารอ้างอิงมาตรฐาน IAEA SL-1 จะพบว่าธาตุที่ตรวจพบตรงกันคือ Fe, Ba, Ce, Rb, La, As และ Sr สำหรับธาตุที่ตรวจพบแต่ไม่มีระบุในใบรับรองคือ Mo และ Zr และธาตุที่ตรวจไม่พบแต่มีระบุในใบรับรอง เช่น Cr, V, Zn, Ca, Mn, Na, Ti และ K รวมทั้งธาตุที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ Br, Co, Cs, Dy, Lu, Se, Ta, Tb, U, Yb, Eu, Hf, Hg, Ni, Pb, Sc, Sm และ Th ส่วน Sb และ Cu ไม่สามารถยืนยันได้เนื่องจากตรงกับธาตุกัมมันต์หลังของระบบร่วมกับการกำบังตัวเองของตัวอย่างอัดแน่น

เมื่อทำการตรวจหาชนิดของธาตุประกอบในดินตะกอนที่ต้อน้ำจากคลองอู่ตะเภา ได้ผลดังภาพประกอบที่ 6 สามารถวิเคราะห์ระบุธาตุได้ 7 ชนิดคือ Fe, Rb, Zr, Y, Mo, Ba และ Ce โดย Mo, La (หรือ Xe) และ Ce ไม่สามารถยืนยันได้ชัดเจน

สรุป

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อพัฒนาระบบและวิธีการวิเคราะห์ธาตุด้วยเครื่องวิเคราะห์ EDXRF (Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Analysis) โดยอาศัยการออกแบบระบบวัดรังสีให้มีความสะดวกและปลอดภัยในการใช้งานมากที่สุด รวมทั้งสามารถประยุกต์ใช้ในงานตรวจวัดการปนเปื้อนโลหะหนักในตะกอนที่ต้อน้ำทะเลสาบสงขลา จากผลที่กล่าวมาแล้วสามารถสรุปได้ว่าชุดหัววัดดังกล่าวสามารถตรวจวัดธาตุที่มีพลังงานรังสีเอกซ์เรืองอยู่ในช่วง 5-40 keV ธาตุกัมมันต์ที่อาจพบในระบบที่เกี่ยวข้องกับการวัดรังสีเอกซ์ได้แก่ธาตุ Cu, In, Sn, Sb และ Am

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณองค์การพลังงานปรมาณูระหว่างประเทศที่ได้สนับสนุนสารอ้างอิงมาตรฐานตะกอนที่ต้อน้ำทะเลสาบ (lake sediment) ตะกอนดิน (soil) และตะกอนก้นลำธาร (stream sediment) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- 1) Bandhu, H.K., Puri, S., Shahi, J.S., Mehta, D., Garg, M.L., Singh, N., Mangal, P.C., Suri, C.R., Swietlicki, E. and Trehan, P.N." An evaluation of the sources of air pollution in the city of Chandigarh, India : A study using EDXRF technique.", Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 114, 1996, 341-344.
- 2) Hashim, N.O., Kinyua, A.M., Mangala, M.J. and Rathore, I.V.S." EDXRF analysis of lead and other toxic trace elements in soil sample along two major highways of Kenya.", Radiat. Phys. Chem., 1998, Vol.51, No.4-6, 629-630.