



การศึกษาการกระจายตัวของซีเซียม-137 ในตะกอนจากบ่อน้ำ

ภายในสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

กรรณิการ์ แคนลาดแก้ว จันทน์ แจ่มแสงทอง บุญสม พรเทพเกษมสันต์ และ ขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์

กองขจัดกากกัมมันตรังสี สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

โทรศัพท์ 5795230-4 ต่อ 522 โทรสาร 5613013

บทคัดย่อ

ได้ศึกษาการกระจายตัวของซีเซียม-137 ในตัวอย่างตะกอนจากสระน้ำของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติและพบว่าปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 ที่ถูกระบายทิ้งจากระบบขจัดกากของเหลวกัมมันตรังสีของสำนักงานฯ สะสมอยู่ในตะกอนที่ระดับ 0-30 เซนติเมตรเท่านั้น ลักษณะการกระจายตัวของซีเซียม-137 ในตะกอนแสดงได้ด้วยสมการ exponential 2 สมการ ซึ่งแสดงว่ากระบวนการควบคุมเคลื่อนย้ายมีมากกว่าหนึ่งกระบวนการ ปริมาณกัมมันตรังสีและปริมาณกัมมันตรังสีสะสมของซีเซียม-137 ในเนื้อปลา กระดุกปลา และหอย มีค่าสอดคล้องกับผลการทดลองที่มีผู้กระทำมาแล้ว (กุสุมา ศรีโยธา, 2525) ยืนยันผลการทดลองครั้งนี้ว่าถูกต้อง

Distribution of ^{137}Cs in Sediment core from OAEP pond

Kannika Danladkaew, Jantane Jamsangtong, Boonsom Porntepkasemsan
and Kanitha Srisuksawad

Waste Management Division, Office of Atomic Energy for Peace

Tel. 5795230-4 ext. 522 Fax. 5613013

Abstract

The profiles of ^{137}Cs in sediment cores from OAEP pond were measured. Most of ^{137}Cs , due to the release of treated liquid radioactive waste from OAEP waste treatment plant, was found to remain practically fixed in the upper 30 cm of sediment since 1961. The profile has two slopes in semilogarithmic scale, i.e. the sum of two exponentials inconsistent with a number of previous experiment. The concentration of ^{137}Cs in fish, fish bone and snail fish are reported which the result in line with the previous measurement (Kusuma Sriyotha, 1982) confirm the precision of our analytical result.

1. บทนำ

สำหรับระบบนิเวศน้ำจืดทางน้ำแล้วตะกอน(sediment) นับว่ามีบทบาทอย่างมากต่อการเคลื่อนย้ายของสารกัมมันตรังสี ทั้งโดยหน้าที่ที่เป็นแหล่งสุดท้าย (sink) หรือเป็นที่พักพิงชั่วคราว (temporary repository) ของสารกัมมันตรังสี การศึกษาการกระจายตัว (distribution) ของสารกัมมันตรังสี ในตะกอนหลังจากการปลดปล่อยสารกัมมันตรังสีสู่สภาพแวดล้อมทางน้ำ จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการประเมินระดับกัมมันตภาพรังสีที่ประชาชนจะได้รับจากภายนอกร่างกายเนื่องจากสารกัมมันตรังสีที่สลายตัวให้รังสีแกมมา ในการประเมินปริมาณ(availability)ของสารกัมมันตรังสีอิสระที่สามารถเคลื่อนย้าย และสามารถนำไปใช้โดยพืชและสัตว์ได้ นอกจากนั้นการกระจายตัวในแนวตั้งของสารกัมมันตรังสียังเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงของระดับกัมมันตรังสีในชั้นดินตามระยะเวลาอีกด้วย

ซีเซียม-137 นับว่าเป็นธาตุไอโซโทปรังสีที่มีความสำคัญธาตุหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากซีเซียม-137 มีค่าครึ่งชีวิตยาว (30.12 ปี) และมีอันตรายค่อนข้างสูง ซีเซียม-137 มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายธาตุโปแตสเซียม จึงสามารถสะสมในเนื้อเยื่ออ่อน(soft tissue) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกล้ามเนื้อ แหล่งกำเนิดของซีเซียม-137 อาจเป็นไปได้ 2 ทางคือ 1) เกิดขึ้นในชั้นบรรยากาศเนื่องจากการทดลองอาวุธนิวเคลียร์ ซึ่งก่อให้เกิดฝุ่นกัมมันตรังสีแล้วตกลงมาสู่ผิวโลกอย่างช้าๆ หรือ 2) เกิดขึ้นเนื่องจากการใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ในทางสันติในรูปของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูทั้งแบบวิจัยและกำลัง หรือในรูปของสารเรดิโอไอโซโทปซึ่งอาจเปราะเปื้อนอยู่ในน้ำที่กัมมันตรังสีหลังผ่านการบำบัดจากโรงบำบัดกากกัมมันตรังสีแล้ว

ซีเซียม-137 สะสมในตะกอนดินได้โดยการดูดซับโดยตรงโดยตะกอนเอง หรือโดยสารแขวนลอย ซึ่งในที่สุดก็จะตกทับถมเป็นตะกอนใต้ท้องน้ำนั้น พบว่าทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ในตะกอนสามารถดูดซับซีเซียมได้ดี(1,2) ดังนั้นการเคลื่อนย้ายของซีเซียมในตะกอนจึงค่อนข้างจำกัด ตะกอนที่มีองค์ประกอบต่างกัน จะมีความสามารถในการดูดซับซีเซียมได้ต่างกัน ดังนั้นรูปแบบการเคลื่อนย้ายของซีเซียมในตะกอนจึงแตกต่างกันสำหรับตะกอนในต่างพื้นที่

การศึกษาวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการแพร่กระจายของซีเซียม-137 ในตัวอย่างตะกอนในสระน้ำภายในบริเวณสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ(พป.) ซึ่งเป็นบ่อพักน้ำหลังจากการบำบัดกากของเหลือกัมมันตรังสีจากโรงงานบำบัดกากกษก่อนระบายออกสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก นอกจากนี้ยังได้วิเคราะห์ปริมาณซีเซียม-137 ในตัวอย่างน้ำและสัตว์น้ำ จากสระน้ำแห่งนี้ด้วยเพื่อศึกษาปริมาณรังสีสะสมในสัตว์น้ำชนิดต่างๆในระบบนิเวศแห่งนี้

2. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

สระน้ำของสำนักงานพป. เป็นสระน้ำรองรับน้ำที่กัมมันตรังสีที่ผ่านการขจัดแล้วโดยตรง โดยปล่อยทิ้งจากท่อน้ำที่วางท่มาจากโรงงานขจัดกากกัมมันตรังสี (รูปที่ 1) สระน้ำแห่งนี้ได้ทำหน้าที่รองรับน้ำที่กัมมันตรังสีดังกล่าวตั้งแต่เริ่มเปิดสำนักงานคือในปี พ.ศ. 2504 จนกระทั่งปี พ.ศ. 2537 สระนี้ได้ถูกถมเพื่อนำพื้นที่มาใช้ในการสร้างตึกปฏิบัติการ เนื่องจากน้ำในสระแห่งนี้อยู่ในสภาพที่เป็นน้ำ

นิ่ง(statics) ทำให้มีรังสีสะสมอยู่ในสระพอสมควร เหมาะสมในการใช้เพื่อศึกษาการแพร่กระจายและการดูดจับสารรังสีในระบบนิเวศวิทยาทางน้ำได้เป็นอย่างดี ทำการเก็บตัวอย่างตะกอน น้ำ และสัตว์น้ำ และทำการวิเคราะห์ปริมาณซีเซียม-137 กระทำตามวิธีการดังต่อไปนี้

2.1 ตัวอย่างตะกอน

เก็บตัวอย่างตะกอน จากบริเวณสระน้ำ พป. จำนวน 5 สถานี ด้วยท่อเก็บตัวอย่างขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 นิ้ว นำตะกอนที่ได้แต่ละสถานีมาตัดแบ่งตามชั้นความลึก ชั้นละ 5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส แล้วบดให้ละเอียด ร่อนผ่านตะแกรงขนาดช่อง 2 มิลลิเมตร จากนั้นบรรจุตัวอย่างประมาณ 50 กรัม ลงในภาชนะพลาสติกทรงกลม นำไปวัดปริมาณรังสีแกมมาของซีเซียม-137 ด้วยเครื่องนับรังสีชนิด high purity germanium detector เป็นเวลาประมาณ 10 ชั่วโมงประสิทธิภาพของหัววัดเมื่อเทียบกับหัววัดชนิด NaI เท่ากับ 20% และมีค่า FWHM 1.95 KeV ที่พลังงาน 1332 KeV ของโคบอลต์-60 สารรังสีมาตรฐานที่ใช้ในการปรับเทียบเครื่องวัดกระทำโดยใช้สารละลายรังสีมาตรฐานแกมมารวม R0803 จากห้องปฏิบัติการฟิสิกส์แห่งชาติ (National Physics Laboratory) ประเทศอังกฤษ เติมนลงในตัวอย่างตะกอนหนัก 50 กรัมซึ่งวัดรังสีไว้แล้ว

2.2 ตัวอย่างสัตว์น้ำ

ตัวอย่างที่ใช้ศึกษาได้แก่ ปลาและหอย นำมาล้างให้สะอาด แยกส่วนที่รับประทานได้มาบดหั่น ชั่งน้ำหนักสดบรรจุลงในชามกระเบื้อง (porcelain dish) นำไปอบที่อุณหภูมิ 100-200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 ชั่วโมง หรือจนตัวอย่างแห้ง จากนั้นนำไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ชั่วโมง จนกลายเป็นเถ้า ชั่งน้ำหนักเถ้าแล้วบรรจุลงในภาชนะเพื่อวัดปริมาณรังสีของซีเซียม-137 ด้วยเครื่องวัดรังสีแกมมาชนิด high purity germanium เช่นเดียวกับข้อ 2.1 การปรับเทียบเครื่องมือวัดใช้วิธีเติมสารละลายรังสีมาตรฐานลงในตัวอย่างเถ้า ปฏิบัติเช่นเดียวกับตัวอย่างดิน

2.3 ตัวอย่างน้ำ

เก็บตัวอย่างน้ำจากสระน้ำพป. ปริมาตร 3500 มิลลิลิตร กรองเอาสารแขวนลอยต่างๆทิ้งไป นำไปวัดรังสี ตามวิธีปฏิบัติเช่นเดียวกับตัวอย่างดินและสัตว์น้ำ

คำนวณปริมาณกัมมันตรังสีของซีเซียม-137 ในตัวอย่างและคำนวณปริมาณรังสีสะสม(concentration factor) ของตัวอย่างสัตว์น้ำ

3. ผลการศึกษาวิจัย

- ปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 ในตัวอย่างตะกอน แสดงไว้ในตารางที่ 1
- ปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 ในตัวอย่างปลา หอย และน้ำ แสดงไว้ในตารางที่ 2
- ปริมาณรังสีสะสม(concentration factor)ของตัวอย่างปลาและหอย แสดงไว้ในตารางที่ 3
- กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 และระดับความลึกของชั้นดินในแต่ละสถานี แสดงไว้ดังรูปที่ 2
- กราฟการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137ระหว่างตัวอย่างปลาและหอย แสดงไว้ดังรูปที่ 3
- กราฟแสดงปริมาณรังสีสะสม ของตัวอย่างปลา และ หอย แสดงไว้ดังรูปที่ 4

4. บทวิจารณ์และสรุปผล

ผลการทดลองพบว่าปริมาณกัมมันตรังสีของซีเซียม-137 มีค่าสูงที่สุดบริเวณผิวหน้าของตะกอนและมีปริมาณลดลงตามระดับความลึกของชั้นดิน ปริมาณของซีเซียม-137 มีค่าต่ำสุดที่ระดับความลึกไม่เกิน 30 เซนติเมตรสำหรับทุกสถานี (10-30 เซนติเมตร) ปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 ที่ระดับ 30 เซนติเมตรที่วัดได้มีค่า 1.1-1.8 เบคเคอเรลต่อกิโลกรัมหรือ 66-108 dpm/kg Srisuksawad.et al. (3) ได้วิเคราะห์ปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 ในตะกอนทะเลจากอ่าวไทยซึ่งอาจถือได้ว่าเป็นปริมาณซีเซียม-137 ที่มีต้นกำเนิดจากฝุ่นกัมมันตรังสีเท่านั้น พบว่ามีค่า 60-100 dpm/kg ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าปริมาณซีเซียม-137 เกือบทั้งหมดที่พบในตะกอนดินที่ระดับ 0-30 เซนติเมตรเป็นซีเซียม-137 ที่ถูกระบายออกจากสำนักงาน พป. นับตั้งแต่เริ่มดำเนินการเป็นต้นมา

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 กับระดับความลึกของชั้นดิน พบว่าอัตราการลดลงของปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 มีลักษณะซึ่งอธิบายได้เป็น exponential function 2 สมการ ด้วยกัน ดังจะเห็นได้ว่ากราฟแสดง slope เป็นเส้นตรง 2 เส้น เมื่อ plot บน semilogarithmic scale ลักษณะการกระจายตัวเช่นนี้สอดคล้องกับงานวิจัยหลายฉบับ(4,5,6) Kirikopoulos et al.(7) ศึกษาการดูดซับซีเซียมโดยตะกอน โดยทำการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่าการดูดซับซีเซียม-137 ด้วยอัตราเร็วของการดูดซับ 2 อัตราที่แตกต่างกัน และได้อธิบายว่าความแตกต่างนี้อาจเนื่องมาจากวิถีทางหรือลักษณะของการดูดซับที่แตกต่างกัน

Antonopoulos et al. พบว่าการกระจายตัวของซีเซียม-137 ในดินมีลักษณะที่แทนได้ด้วยสมการ exponential function 2 สมการเช่นเดียวกัน โดยอธิบายว่า ในระยะแรกซีเซียมไอออนส่วนมากเป็นไอออน อิสระ(free ion) การเคลื่อนที่ของซีเซียมในดินจะถูกควบคุมโดยกระบวนการ adsorption-advection เมื่อเวลาผ่านไปซีเซียมไอออนส่วนใหญ่จะถูกดูดซับ กลายเป็นไอออนไม่อิสระ(bind ion) เมื่อนั้นกระบวนการ adsorption diffusion จะมีบทบาทนำในการควบคุมการเคลื่อนที่ของซีเซียมไอออน และได้เสนอรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ diffusion-advection model เพื่อใช้ทำนายการเคลื่อนที่ของซีเซียม-137 ในดิน

เนื่องจากยังขาดข้อมูลประกอบอีกมาก ผลจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงยังไม่อาจสรุปได้ว่า การเคลื่อนย้ายของซีเซียม-137 ในตะกอนจากสระน้ำ พป. จะมีกระบวนการที่สอดคล้องกับทฤษฎีดังกล่าวหรือไม่ หรือมีข้อแตกต่างอันเนื่องมาจากองค์ประกอบของดินหรือสภาพแวดล้อมอื่นใด ดังนั้นจึง ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสม เพื่อใช้อธิบายและทำนายการเคลื่อนที่ของซีเซียมในดินและตะกอน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่องานจัดการกากกัมมันตรังสี ของประเทศไทย

ปริมาณรังสีสะสมของซีเซียม-137 ในเนื้อปลา กระดุกปลา และ หอย มีค่า 52.4, 37.9 และ 85.0 ตามลำดับ สอดคล้องกับปริมาณรังสีสะสมของซีเซียม-137 ในปลาซึ่งรายงานไว้โดย กุสุมา (8) แสดงถึงความถูกต้องของวิธีวิเคราะห์ที่ใช้

5. เอกสารอ้างอิง

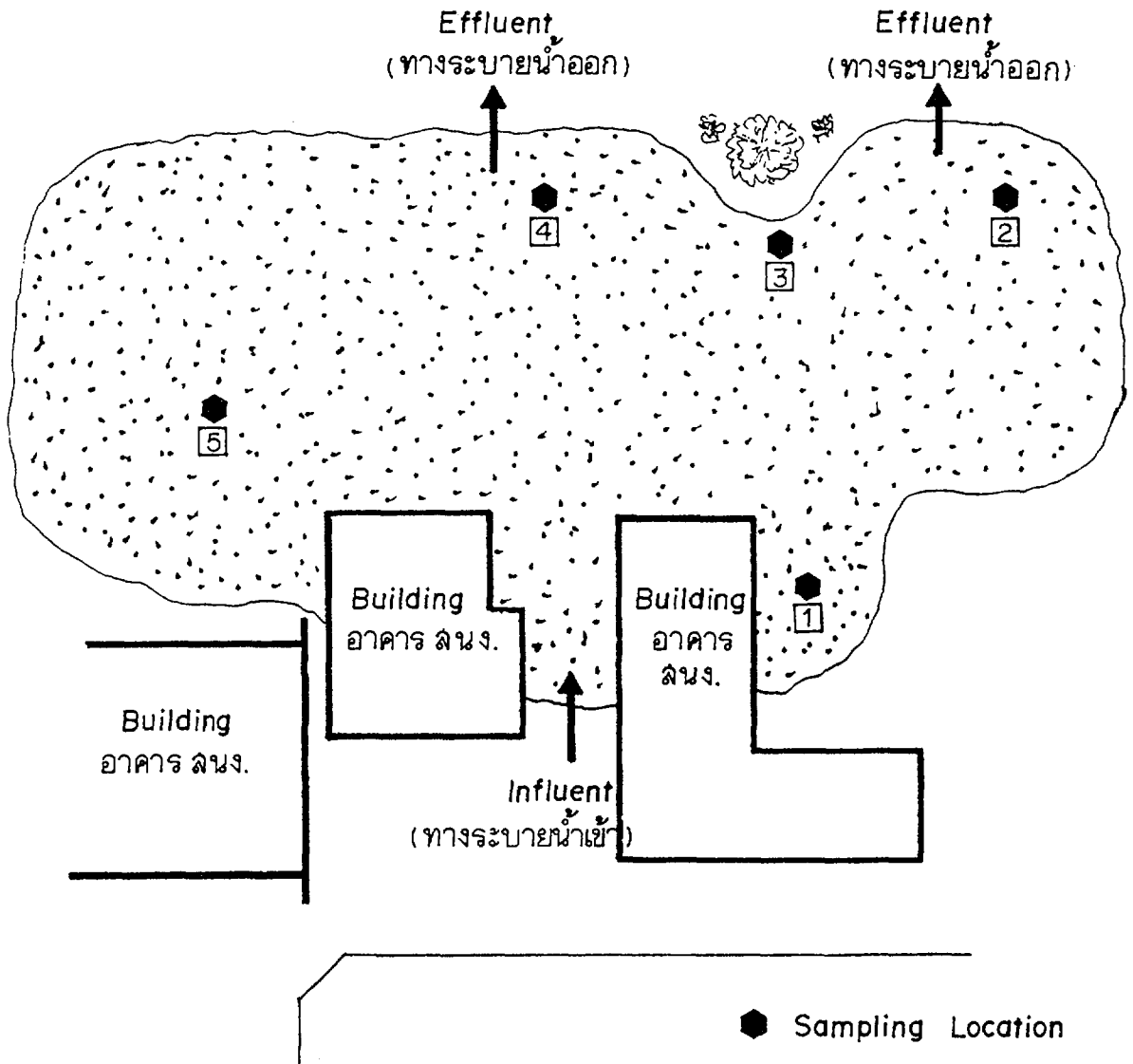
1. Anderson, K.G., Roed, J. 1994. The behaviour of Chernobyl 137-Cs, 134-Cs and 106-Ru in undisturbed soil: implications for external radiation. *J. Environ. Radioact.* 22:183-196
2. Coughtrey, P.J., Thorn, M.C., Jackson, D. 1986. *Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems*. Vol. 1. Rotterdam: A.A. Balkema,
3. Srisuksawad, K., B. Pomtepkasemsan, S. Nouchpramool, P. Yamkate, M. Peterson, R. Carpenter and T. Hamilton. 1996. Radionuclide activities, geochemistry and sediment accumulation rates in the Gulf of Thailand. submitted to *Continental Shelf Research*
4. Ijuin, M., Picat, P., Saas, A., Graubi, A. 1973. Determination of the diffusion coefficient of radioelements in the Rhone sediments. *Health Phys.* 24:665-672.
5. Ohnuki, T., Tanaka, T. 1989. Migration of radionuclides controlled by several different migration mechanisms through a sandy soil layer. *Health Phys.* 56:47-53.
6. Antonopoulos-Domis, M., Clouvas, A., Hiladakis, A., and Kadi, S. 1995 Radiocesium distribution in undisturbed soil: measurements and diffusion-advection model. *Health Phys.* 69(6): 949-953.
7. Kirikopoulos, I.L., Ioannides, K.G., Karamanis, D.T. and Stamoulis, K.C. 1994. Kinetics of radiocesium sorption in lake sediments. *Health Phys.* 66(1):36-42
8. กุสุมา ศรีโยธา 2525. การศึกษาเบื้องต้นถึงทางผ่านของซีเซียม-137 ในสิ่งแวดล้อมโดยรอบสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตารางที่ 1. ปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137ในตัวอย่างตะกอน

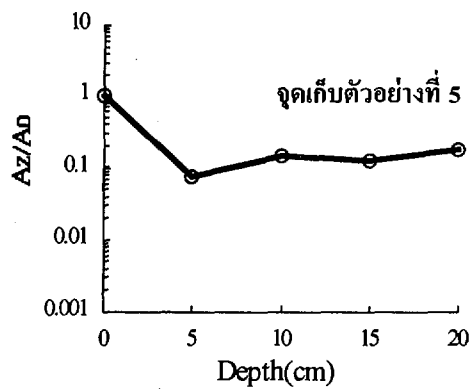
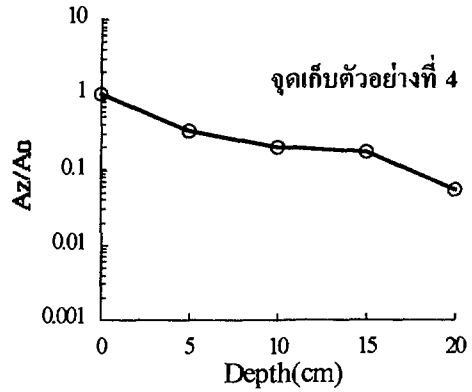
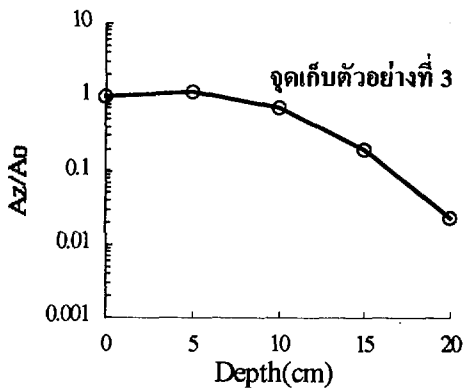
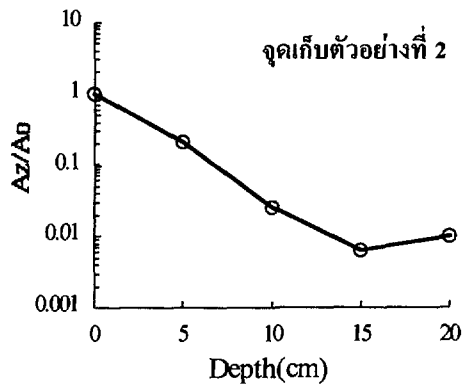
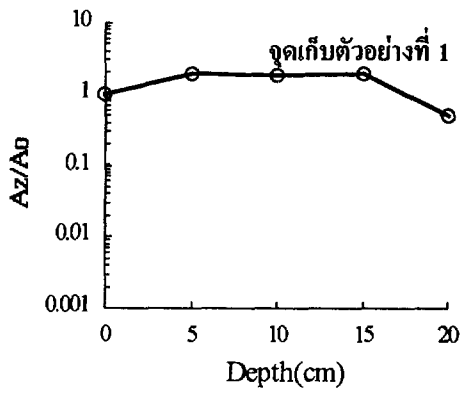
ความลึก ซม.	ซีเซียม-137 Bq/kg	ความลึก ซม.	ซีเซียม-137 Bq/kg
สถานีที่ 1		สถานีที่ 2	
0-5	438.5 ± 4.4	0-5	175.6 ± 3.2
5-10	848.9 ± 6.8	5-10	37.2 ± 0.7
10-15	823.1 ± 6.7	10-15	4.5 ± 1.0
15-20	836.5 ± 1.7	15-20	1.1 ± 0.3
20-25	217.8 ± 4.1	20-25	1.8 ± 0.7
สถานีที่ 3		สถานีที่ 4	
0-5	138.9 ± 3.5	0-5	334.6 ± 2.7
5-10	162.0 ± 1.6	5-10	109.2 ± 2.7
10-15	99.8 ± 1.6	10-15	66.7 ± 0.7
15-20	27.3 ± 1.9	15-20	59.8 ± 0.7
20-25	3.2 ± 0.3	20-25	18.6 ± 0.9
สถานีที่ 5			
0-5	1924.4 ± 9.6		
5-10	147.9 ± 0.9		
10-15	280.8 ± 3.9		
15-20	238.2 ± 2.4		
20-25	349.2 ± 2.8		

ตารางที่ 2. ปริมาณกัมมันตรังสีและปริมาณกัมมันตรังสีสะสมซีเซียม-137ในปลา หอย และน้ำ

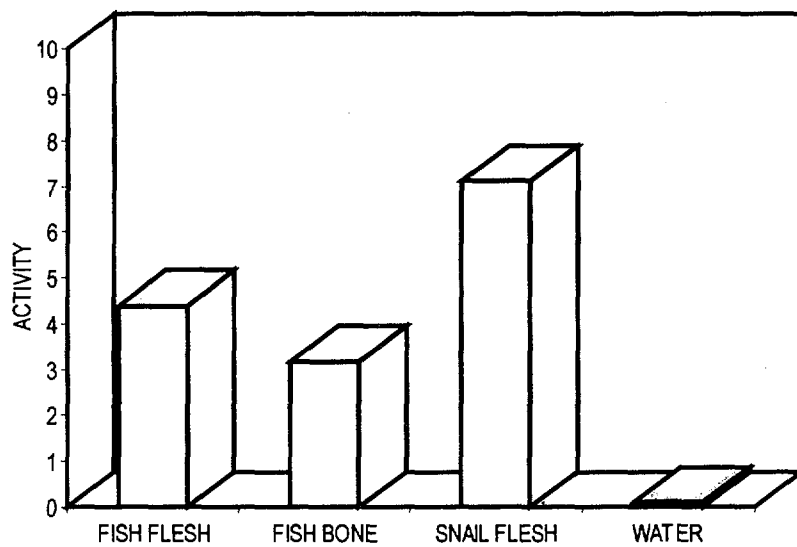
ชนิดตัวอย่าง	ปริมาณกัมมันตรังสี Bq/kg or Bq/l	ปริมาณกัมมันตรังสีสะสม
เนื้อปลา	4.39 ± 0.14	52.5
กระดูกปลา	3.17 ± 0.11	37.9
หอย	7.11 ± 0.14	85
น้ำ	0.08 ± 0.02	



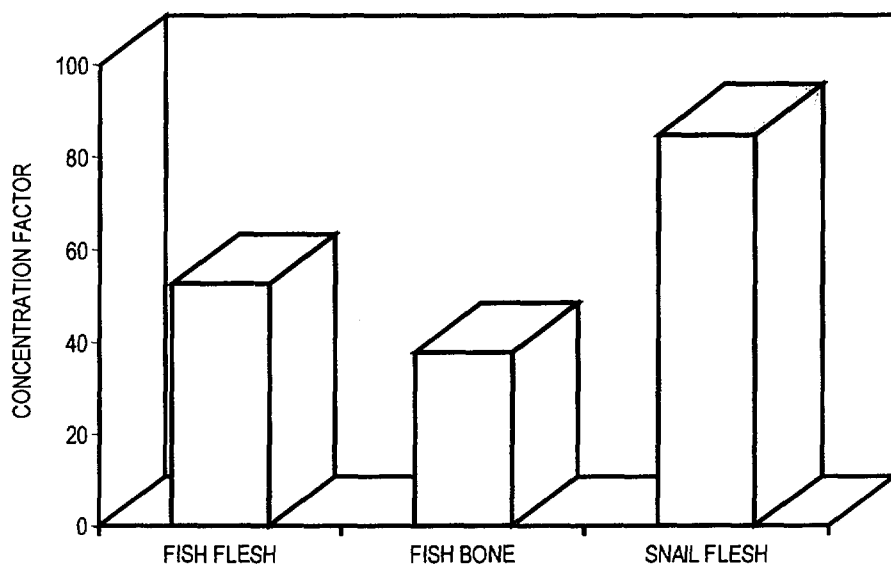
รูปที่ 1 แลวดงลถานีเก็บตัวอย่างดินตะกอนในบ่อน้ำสำนักงาน พป.
 Figure 1 Location of Sampling Stations in OAEP Pool.



รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 และระดับความลึกของชั้นดินในแต่ละสถานี



รูปที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณกัมมันตรังสี ซีเซียม-137 ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม



รูปที่ 4 แสดงค่าปริมาณกัมมันตรังสีซีเซียม-137 สะสม (CONCENTRATION FACTOR) ในตัวอย่างสิ่งแวดล้อม