
การตรวจวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติเรเดียม-226 ละลายน้ำ บริเวณบางปะกงเอสทูรี ในรอบปี 2545
A Quantitative Determination of a Natural Radioactive Dissolved ^{226}Ra
in the Bangpakong Estuary in 2002

แพชโชช็อค จินตเศรณี* และ อนุกูล บุรณประทีปรัตน์

ภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Pachoenchoke Jintasaeranee* and Anukul Buranapratheprat

Department of Aquatic Science, Faculty of Science, Burapha University.

บทคัดย่อ

ทำการตรวจวัดปริมาณสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติเรเดียม-226 ละลายน้ำ โดยใช้ตัวดูดซับเส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ ประสิทธิภาพสูงร่วมกับการวิเคราะห์ทางเคมีด้วยวิธีตกตะกอนร่วม บริเวณบางปะกงเอสทูรีในรอบปี 2545 พบว่าปริมาณเรเดียม-226 ละลายที่ผิวน้ำในเดือนเมษายน เปลี่ยนแปลงในช่วง 1.47 ± 0.26 ถึง 33.86 ± 1.24 พิโกกรัมต่อหนึ่งร้อยลิตร เดือนมิถุนายนในช่วง 0.32 ± 0.12 ถึง 19.39 ± 0.93 พิโกกรัมต่อหนึ่งร้อยลิตร เดือนกันยายนในช่วง 0.25 ± 0.11 ถึง 7.83 ± 0.59 พิโกกรัมต่อหนึ่งร้อยลิตร และเดือนธันวาคมในช่วง 0.21 ± 0.10 ถึง 6.31 ± 0.53 พิโกกรัมต่อหนึ่งร้อยลิตร โดยปริมาณสูงสุดพบในเดือนเมษายน ปริมาณที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่เกินกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล พ.ศ. 2549 เรเดียม-226 ละลายน้ำปริมาณมากบริเวณปากแม่น้ำบางปะกง รวมทั้งบริเวณตอนล่างและบริเวณฝั่งด้านทิศตะวันออกของเอสทูรีในช่วงฤดูแล้ง อาจส่งผลให้มีการสะสมเรเดียม-226 ในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น การศึกษาเพิ่มเติมเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติละลายน้ำในเอสทูรี

คำสำคัญ : บางปะกงเอสทูรี เรเดียม-226 เส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ สารกัมมันตรังสี การตกตะกอนร่วม

Abstract

This research was conducted for a quantitative determination on natural radioactive dissolved ^{226}Ra using a high efficiency Manganese-Oxide acrylic fiber adsorbent and associated with a co-precipitation chemical analytical technique in the Bangpakong Estuary in 2002. Dissolved ^{226}Ra in surface water ranged between 1.47 ± 0.26 and 33.86 ± 1.24 pg/100-l in April, 0.32 ± 0.12 and 19.39 ± 0.93 pg/100-l in June, 0.25 ± 0.11 and 7.83 ± 0.59 pg/100-l in September, and 0.21 ± 0.10 and 6.31 ± 0.53 pg/100-l in December. The highest quantity appears in April. These determinable values are below the criterion of seawater qualities standard of Thailand published in 2006. A high quantity of ^{226}Ra appearing in the river mouth, lower part of the study area and the east coast of the estuary in dry season suggested a potential for the enhancement of the accumulation of ^{226}Ra in living organisms and adjacent environment. Additional studies are the needs for better understanding the behavior of the natural radioactive dissolved materials in this estuary.

Keyword : Bangpakong Estuary, Ra-226, Manganese-Oxide acrylic fibers, radioisotopes, co-precipitation

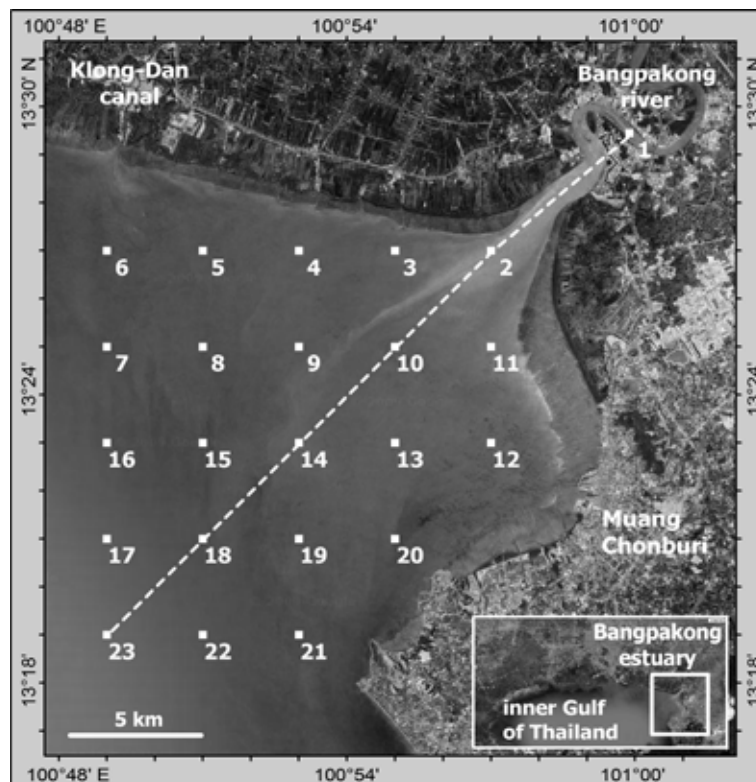
*Corresponding author. E-mail: pachoen@buu.ac.th

บทนำ

ลุ่มแม่น้ำบางปะกงครอบคลุมพื้นที่หลายจังหวัด เช่น ชลบุรี ฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี และกบินทร์บุรี เป็นต้น คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 18500 ตารางกิโลเมตร ลุ่มน้ำนี้เป็นแหล่งเพาะเลี้ยงและแหล่งอนุบาลสัตว์น้ำที่สำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทย (Bordalo *et al.*, 2001) โดยเฉพาะบริเวณบางปะกงเอสทรี (ภาพที่ 1) ซึ่งเป็นแหล่งเพาะเลี้ยงสำคัญของจังหวัดชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ข้อมูลการตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณบางปะกงเอสทรีและชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกตลอดหลายปีแสดงแนวโน้มความเสื่อมโทรมของเอสทรี เมื่อเทียบกับคุณภาพน้ำในอดีต (Bordalo *et al.*, 2001; ฉลอย มุสิก และคณะ, 2550) ซึ่งเป็นผลเนื่องมาจากการขยายตัวของชุมชนที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นและอาจก่อผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเศรษฐกิจของประชากรที่ใช้ประโยชน์จากลุ่มน้ำนี้ แม้ว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องในพื้นที่มีการติดตามการเปลี่ยนแปลงและตรวจวัดคุณภาพน้ำบริเวณเอสทรีนี้อย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจวัดดังกล่าวมีจุดประสงค์เพื่อเฝ้าระวังการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิ น้ำ และคุณภาพน้ำทางเคมี

เช่น สารอาหารที่อาจก่อให้เกิดการเน่าเสียของน้ำและเกิดผลเสียต่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่ในบางกรณีหากมีสารปริมาณน้อย เช่น โลหะหนัก สารพิษ หรือสารกัมมันตรังสี ละลายเพิ่มเติมลงสู่แหล่งน้ำ แม้จะมีปริมาณน้อยก็อาจก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและผู้บริโภคได้ หากปราศจากการเฝ้าระวังและการเตือนล่วงหน้า

สารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติสามารถถูกชะล้างและละลายจากผิวดิน และถูกนำลงสู่เอสทรีและชายฝั่งได้ (Wang & Willis, 1965; Seymour, 1971; Dulaiova *et al.*, 2006) แต่กักเก็บในปริมาณที่ต่ำมากในช่วง 1-40 พิโกกรัมต่อหนึ่งร้อยลิตร (pg/100-l) (ฟูเกียรติ สีนาค และคณะ, 2531; Moore, 1969; Moore & Reid, 1973; Hancock & Murray, 1996; Nozaki *et al.*, 2001) ถึงแม้ในธรรมชาติจะมีปริมาณต่ำมาก แต่สารกัมมันตรังสีละลายน้ำสามารถสะสมในตะกอน (Clulow *et al.*, 1998) และสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ได้ (Shannon & Cherry, 1971; Lee & Kim, 2006; Lauria *et al.*, 2009) ยิ่งกว่านั้น สารกัมมันตรังสีที่สะสมในสิ่งมีชีวิต สามารถถ่ายทอดเข้าสู่ร่างกาย



ภาพที่ 1 ตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง 23 สถานี บริเวณบางปะกงเอสทรี (ดัดแปลงจากภาพถ่ายดาวเทียมจาก www.google.co.th)

ผู้บริโภครับได้ตามห่วงโซ่อาหาร (IAEA, 1990) โดยเฉพาะสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติเรเดียม-226 นั้น พบว่ามีการสะสมในกระดูกของมนุษย์ (Halliden *et al.*, 1963) และมีแนวโน้มก่อให้เกิดโรคมะเร็ง (Mays *et al.*, 1985; USEPA, 1996)

การวิจัยนี้เป็นการตรวจวัดปริมาณเรเดียม-226 ละลายน้ำ (ต่อไปในเอกสารนี้จะเรียกว่าเรเดียมละลายน้ำ) บริเวณบางปะกงเอสทรีโดยใช้ตัวกรองเส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ประสิทธิภาพสูงร่วมกับการวิเคราะห์โดยวิธีตกตะกอนร่วม ซึ่งเป็นครั้งแรกที่มีการตรวจวัดปริมาณเรเดียมละลายน้ำในบริเวณนี้ และเป็นการตรวจวัดในรอบปี ข้อมูลการตรวจวัดสามารถใช้อ้างอิงและเปรียบเทียบกับกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดคุณภาพน้ำ หน่วยงานจัดการสิ่งแวดล้อม รวมถึงผู้บริโภคต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วิธีการศึกษา

เก็บตัวอย่างเรเดียมละลายน้ำ และตรวจวัดซาลินิตี (Salinity) ในหน่วยพีเอสยู (psu) (ต่อไปจะเรียกว่าความเค็ม) ที่ผิวน้ำในช่วงน้ำขึ้นสูงสุด จากสถานีเก็บตัวอย่างบริเวณบางปะกงเอสทรี 23 สถานี (ภาพที่ 1) จำนวน 4 ครั้งในรอบปี ในวันที่ 5-7 เมษายน, 15-16 มิถุนายน, 14-15 กันยายน และ 13-14 ธันวาคม พ.ศ. 2545 เก็บตัวอย่างเรเดียมละลายน้ำโดยตักน้ำจากแต่ละสถานีบรรจุใส่ถังโพลีเอทิลีนปริมาตร 20 ลิตร แล้วกรองตามแรงโน้มถ่วงผ่านเส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ ชนิด MnO₂ AF-2 (เผชญิโชค จินตเศรษฐ์, 2551) หนัก 5 กรัม ที่บรรจุในท่อพลาสติกทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.27 เซนติเมตร ยาว 20 เซนติเมตร โดยควบคุมอัตราการกรอง 500 มิลลิลิตรต่อนาที (ภาพที่ 2) แล้วนำกลับไปวิเคราะห์ปริมาณเรเดียมละลายน้ำด้วยวิธีการตกตะกอนร่วมดัดแปลงโดย เผชญิโชค จินตเศรษฐ์ (2551) ตรวจวัดปริมาณเรเดียมละลายน้ำในตัวอย่างด้วยเครื่องวัดรังสีแอลฟาชนิด gas flow proportional counter ยี่ห้อ Berthold รุ่น LB770 แบบ 10 channel Low-Level counter การคำนวณปริมาณเรเดียม ละลายน้ำในหน่วย pg/100-l (สมการที่ 1) ตามวิธีของ ขนิษฐา กมลรัตน์ (2523) ดัดแปลงโดย เผชญิโชค จินตเศรษฐ์ (2551) ตรวจวัดค่าความเค็มโดยใช้เครื่องวัดแบบหลายหัวอ่าน (multi-probe) ยี่ห้อ YSI รุ่น 6820

$$^{226}\text{Ra} = 1.6284 \left(\frac{D_{\text{cpm}} - B_{\text{cpm}}}{CS} \right) \quad (1)$$

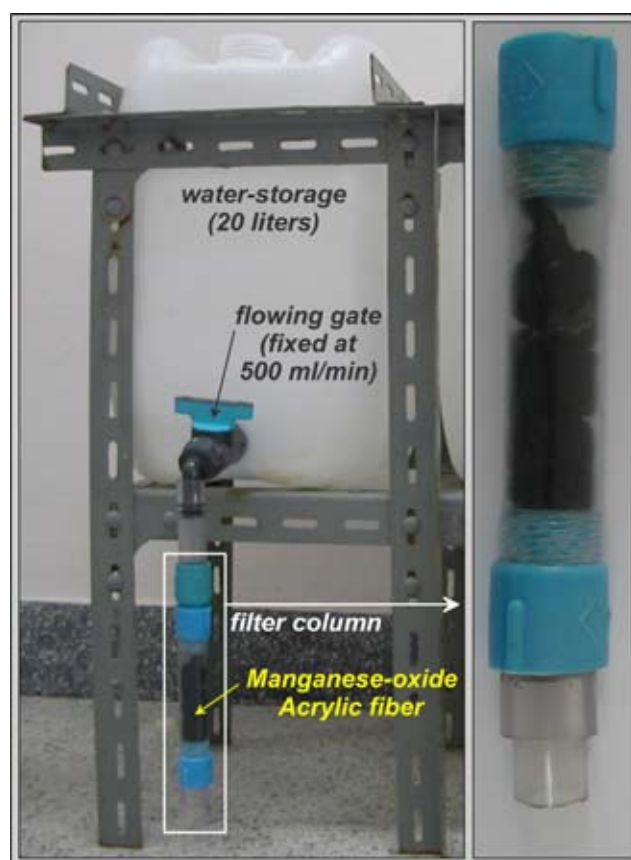
เมื่อ D_{cpm} คือ ปริมาณเรเดียม-226 ในตัวอย่าง หน่วยจำนวนนับต่อนาที (counts per minute; cpm)

B_{cpm} คือ แบลกของตัวอย่าง หน่วย cpm

C คือ สัมประสิทธิ์เคมีคัลยิลด์ (chemical yield) ของตัวอย่าง คำนวณตามสมการ $C = 2.9421 w$

เมื่อ w คือน้ำหนักตะกอนของตัวอย่างหลังการตกตะกอนร่วม หน่วยมิลลิกรัม (เผชญิโชค จินตเศรษฐ์, 2551)

S คือ สัมประสิทธิ์ประสิทธิภาพการตรวจวัดรังสี เนื่องจากการดูดกลืนในตัวเองของตัวอย่าง คำนวณตามสมการ $S = 27.9636 T^{-0.6152}$ เมื่อ T คือ ความหนาของตะกอนหลังการตกตะกอนร่วม หน่วยมิลลิกรัมต่อตารางเซนติเมตร (เผชญิโชค จินตเศรษฐ์, 2551)



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายระบบกรองน้ำที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเรเดียม-226 ในการศึกษาคั้งนี้ ประกอบด้วยถังบรรจุตัวอย่างน้ำปริมาตร 20 ลิตร วาล์วควบคุมอัตราการกรอง และชุดกรองบรรจุตัวดูดซับเส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ประสิทธิภาพสูง

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษา

ปริมาณเรเดียมละลายน้ำและความเค็ม (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3) ในเดือนเมษายน พบเปลี่ยนแปลงในช่วง 1.47 ± 0.26 ถึง 33.86 ± 1.24 pg/100-l และ 25.43 ถึง 29.88 psu โดยพบเรเดียมปริมาณสูงสุดที่สถานี 1 และปริมาณต่ำสุดที่สถานี 9, เดือนมิถุนายนในช่วง 0.32 ± 0.12 ถึง 19.39 ± 0.93 pg/100-l และ 6.8 ถึง 27.86 psu โดยพบเรเดียมปริมาณสูงสุดที่สถานี 15 และปริมาณต่ำสุดที่สถานี 10, เดือนกันยายนในช่วง 0.25 ± 0.11 ถึง 7.83 ± 0.59 pg/100-l และ 0.02 ถึง 18.95 psu โดยพบเรเดียมปริมาณสูงสุดที่สถานี 21 และปริมาณต่ำสุดที่สถานี 8, และเดือนธันวาคมในช่วง 0.21 ± 0.10 ถึง 6.31 ± 0.53 pg/100-l และ 20.92 ถึง 32.60 psu โดยพบเรเดียมปริมาณสูงสุดที่สถานี 12 และปริมาณต่ำสุดที่สถานี 7 และ 8 และพบว่าเรเดียมละลายน้ำและความเค็มเปลี่ยนแปลงในรอบปีในช่วง 0.21 ± 0.10 ถึง 33.86 ± 1.24 pg/100-l และ 0.02 ถึง 32.60 psu โดยการเปลี่ยนแปลงปริมาณเรเดียมในเดือนเมษายนและมิถุนายนมีช่วงกว้างกว่าในเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม

การกระจายความเค็มและเรเดียม-226 (ภาพที่ 4) พบเรเดียมละลายน้ำในปริมาณสูงมาก ถึงประมาณ 34 pg/100-l บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในเดือนเมษายน นอกจากนี้ยังพบเรเดียมละลายน้ำปริมาณมากบริเวณชายฝั่งด้านทิศเหนือของเอสทรีใกล้ปากแม่น้ำ บริเวณสถานี 1 ถึง 3 และด้านทิศตะวันออก

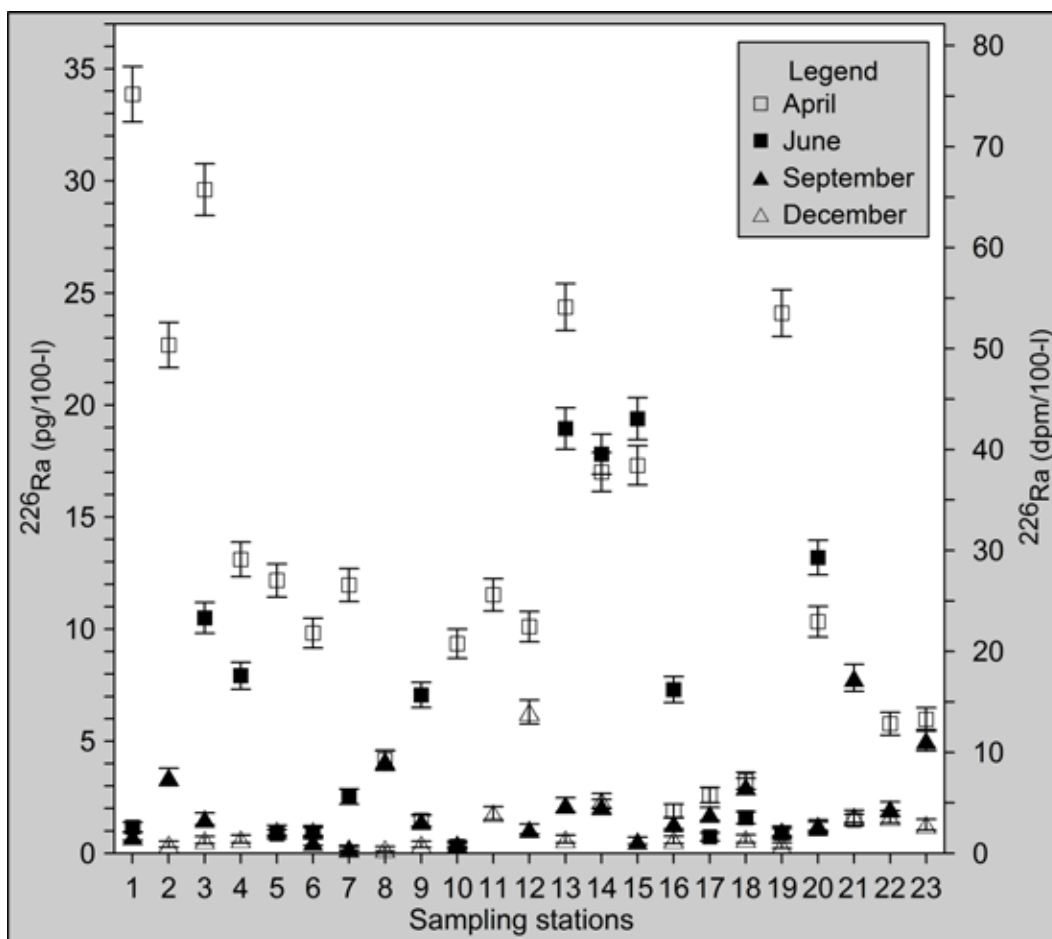
บริเวณสถานี 13, 14 และ 19 โดยมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 20-30 pg/100-l ส่วนบริเวณที่หลีกเลี่ยงการกระจายเรเดียมละลายน้ำมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 10-16 pg/100-l เท่านั้น ยกเว้นบริเวณสถานี 9, 16 และ 18 ที่พบมีการละลายต่ำมาก มีค่าประมาณ 6 pg/100-l (ภาพที่ 4a) เดือนมิถุนายนพบว่าปริมาณเรเดียมละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำรวมทั้งบริเวณด้านทิศตะวันออกของเอสทรีที่เคยมีปริมาณสูงกลับลดลง แต่พบเรเดียมละลายน้ำปริมาณสูงประมาณ 10-20 pg/100-l เป็นบริเวณกว้างมากขึ้นบริเวณตอนกลางของเอสทรีและทางด้านทิศตะวันออกบริเวณสถานี 8, 9, 12-15 และ 20 ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของเอสทรี (ภาพที่ 4b) ในเดือนกันยายนพบเรเดียมละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำมีปริมาณต่ำมากเพียงแค่ว่าประมาณ 2-6 pg/100-l เท่านั้น และพบกระจายเกือบสม่ำเสมอครอบคลุมทั่วทั้งเอสทรี ยกเว้นบริเวณสถานี 21 ซึ่งพบปริมาณสูงมากกว่าบริเวณอื่นเล็กน้อย โดยมีค่าใกล้ 8 pg/100-l (ภาพที่ 4c) ส่วนในเดือนธันวาคมพบลักษณะการกระจายโดยทั่วไปเช่นเดียวกับเดือนกันยายน และพบว่าบริเวณสถานี 21 ซึ่งเคยพบปริมาณสูงถึงประมาณ 8 pg/100-l กลับมีปริมาณต่ำลงมาอยู่ที่ประมาณ 4 pg/100-l ตรงกันข้ามกับบริเวณสถานี 12 ซึ่งเดิมมีปริมาณต่ำกลับมีปริมาณเพิ่มขึ้นมาใกล้ 8 pg/100-l (ภาพที่ 4d)

วิจารณ์ผลการศึกษา

ข้อมูลจากการตรวจวัด (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณเรเดียมละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทรีในรอบปี 2545 มีค่าต่ำกว่ากำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประกาศคณะกรรมการ

ตารางที่ 1 ข้อมูลช่วงการเปลี่ยนแปลงปริมาณเรเดียม-226 ละลายน้ำ (pg/100-l) และความเค็ม (psu) บริเวณบางปะกงเอสทรีในรอบปี 2545, กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล¹, ปริมาณเรเดียม-226 ละลายน้ำบริเวณเจ้าพระยาเอสทรี² และเอสทรีอื่น³

เดือน	เรเดียม-226 ละลายน้ำ $\pm 1\sigma$ (pg/100-l)	ความเค็ม (psu)
เมษายน	1.47 ± 0.26 - 33.86 ± 1.24	25.43 - 29.88
มิถุนายน	0.32 ± 0.12 - 19.39 ± 0.93	6.8 - 27.86
กันยายน	0.25 ± 0.11 - 7.83 ± 0.59	0.02 - 18.95
ธันวาคม	0.21 ± 0.10 - 6.31 ± 0.53	20.92 - 32.60
¹ กัมมันตภาพรังสีรวมแอลฟา ไม่เกิน 0.1 เบคเคอเรลต่อลิตร การตรวจวัดให้ใช้วิธีตกตะกอนร่วม (co-precipitation) (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) (0.1 เบคเคอเรลต่อลิตร คิดเป็นค่าประมาณ 270 pg/100-l) ² เรเดียม-226 ละลายน้ำบริเวณเจ้าพระยาเอสทรีเปลี่ยนแปลงในช่วง 5.63 ถึง 11.71 pg/100-l (Nozaki <i>et al.</i> , 2001) ³ เรเดียม-226 ละลายน้ำบริเวณเอสทรีเปลี่ยนแปลงในช่วง 1.7 (Hancock & Murray, 1996) ถึง 24.24 pg/100-l (Lee & Kim, 2006)		

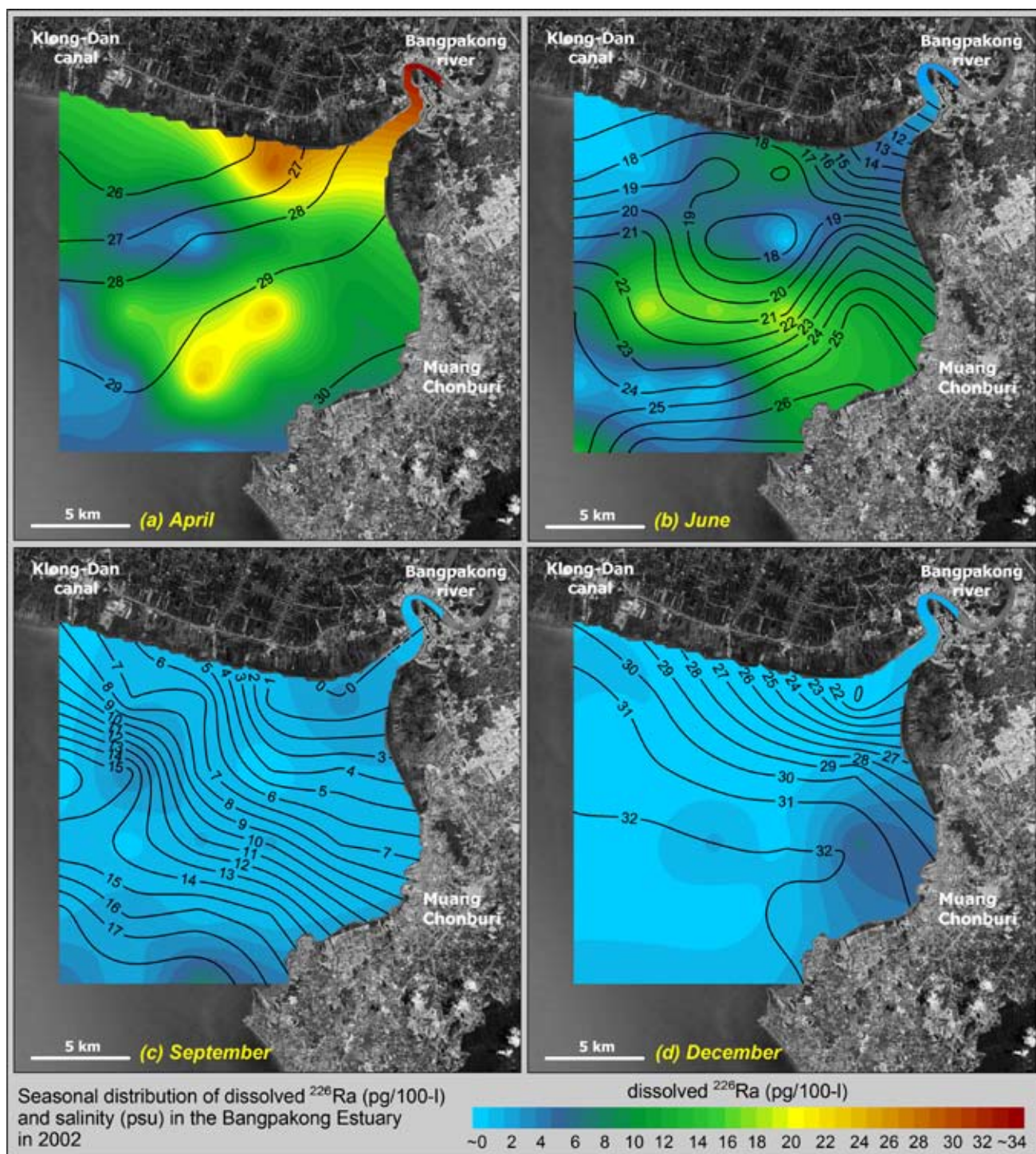


ภาพที่ 3 แผนภูมิแสดงปริมาณเรเดียม-226 ละลายที่ผิวหน้าน้ำ (pg/100-l) บริเวณบางปะกงเอสทรี ในปี 2545 ค่าผิดพลาดของแต่ละข้อมูล (1σ) แสดงด้วยเส้นตั้ง

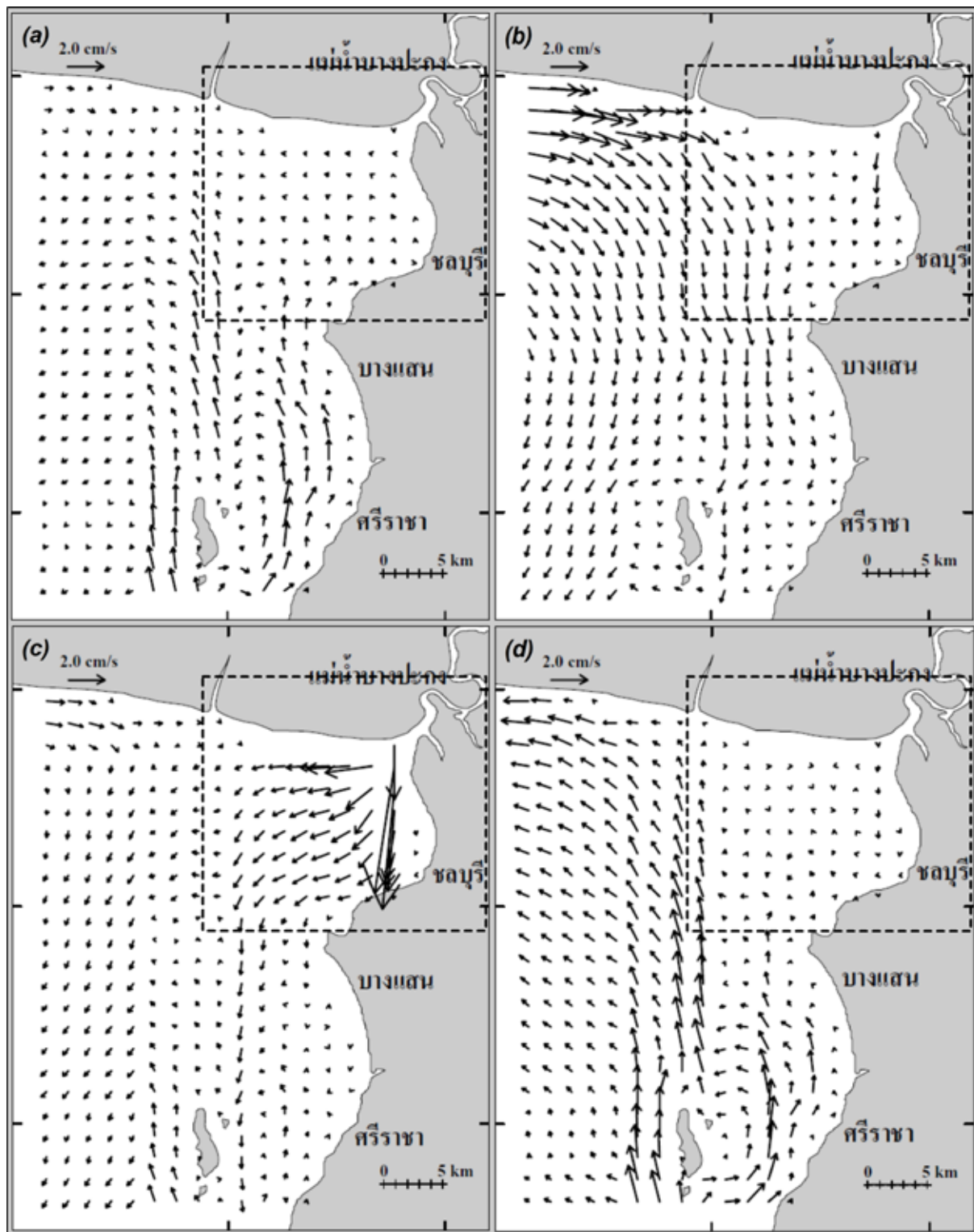
สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2549 (ราชกิจจานุเบกษา, 2550) และ มีค่าใกล้เคียงกับบริเวณเจ้าพระยาเอสทรี ที่รายงานโดย Nozaki *et al.* (2001) (ตารางที่ 1 และภาพที่ 6) ยกเว้นบางสถานีในเดือน เมษายนและเดือนมิถุนายนที่มีค่าสูงกว่า อย่างไรก็ตาม แม้ปริมาณที่ ตรวจวัดได้มีค่าสูงกว่าที่เคยมีรายงานไว้บริเวณเจ้าพระยาเอสทรี และบริเวณเอสทรีอื่น (Hancock & Murray, 1996; Lee & Kim, 2006) แต่ก็ยังมีปริมาณต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ของประเทศไทย และต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสากล (USEPA, 1996) ข้อมูลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เพื่อเป็นค่าอ้างอิง และเปรียบเทียบกับผลการตรวจวัดครั้งต่อไป

จากข้อมูลพบว่าลักษณะการกระจายความเค็มและปริมาณ เรเดียมละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทรีในรอบปีจากการตรวจวัด สอดคล้องกับลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำผิวหน้าบริเวณ บางปะกงเอสทรีและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในรอบปี จากแบบจำลอง

ของ อนุกุล บุรณประทีปรัตน์ (2552) กล่าวคือ เรเดียมละลายน้ำ บริเวณปากแม่น้ำบางปะกงในช่วงเดือนเมษายนที่มีค่าสูง (ภาพที่ 4a) น่าจะเนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำท่าน้อย มวลน้ำไหลใน เอสทรีค่อนข้างน้อยและมีรูปแบบการไหลเวียนที่ไม่ชัดเจน (ภาพที่ 5a) ประกอบกับอิทธิพลของน้ำขึ้นน้ำลงผลักดันให้มวลน้ำเคลื่อน เข้าออกผ่านบริเวณปากแม่น้ำสองครั้งในรอบวัน ส่วนการที่บริเวณ สถานี 13, 14 และ 19 พบเรเดียมละลายน้ำปริมาณสูงน่าจะเกี่ยวข้องกับ สาเหตุหลักสองประการ คือ มวลน้ำในเอสทรีไหลค่อนข้างน้อย และมีมวลน้ำที่มีความเร็วค่อนข้างน้อยไหลจากทางทิศใต้เข้ามา ผสมในเอสทรี แล้วจึงไหลขึ้นไปทางทิศเหนือและไหลออกไปทาง ทิศตะวันตกในที่สุด การไหลเวียนเช่นนี้อาจเป็นสาเหตุการให้ เรเดียมละลายน้ำถูกพาไปสะสมในบริเวณดังกล่าวในช่วงฤดูแล้งได้ ในเดือนมิถุนายน (ภาพที่ 4b) เรเดียมละลายน้ำบริเวณปากแม่น้ำ และบริเวณชายฝั่งด้านทิศเหนือของเอสทรี มีปริมาณลดต่ำลง



ภาพที่ 4 การกระจายความเค็มและเรเดียม-226 ละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทวี่ในรอบปี 2545 (a) เดือนเมษายน, (b) เดือนมิถุนายน, (c) กันยายน และ (d) เดือนธันวาคม (ระดับความเค็มเท่ากันแสดงด้วยเส้นทึบสีดำ)



ภาพที่ 5 แบบจำลองลักษณะการไหลเวียนกระแสน้ำผิวน้ำบริเวณบางปะกงเอสทูรีและชายฝั่งจังหวัดชลบุรีในรอบปี (a) เดือนเมษายน, (b) เดือนมิถุนายน, (c) กันยายน และ (d) เดือนธันวาคม จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของอนุกุล บุณประทีปรัตน์ (2552) พื้นที่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมเส้นประแสดงบริเวณที่มีการตรวจวัดปริมาณเรเดียม-226 ละลายน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้

น่าจะเกิดจากลมจากทิศตะวันตกซึ่งมีกำลังแรงมากที่สุดในรอบปี ผลักมวลน้ำบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งมีปริมาณเรเดียมละลายน้ำต่ำกว่า เข้ามาผสมกับมวลน้ำและเจือจางปริมาณเรเดียมในบริเวณดังกล่าว นอกจากนี้ลมจากทิศตะวันตกที่มีกำลังแรงมากนี้ยังผลักดันมวลน้ำในเอสทรีไหลไปทางทิศตะวันออกและไหลออกจากเอสทรีลงไปทางทิศใต้ด้วยความแรงมากกว่าช่วงเดือนที่ผ่านมา (ภาพที่ 5b) ประกอบกับปริมาณน้ำท่าที่เริ่มเพิ่มสูงขึ้น จึงพบเรเดียมละลายน้ำปริมาณสูงขึ้นบริเวณตอนกลางและบริเวณฝั่งตะวันออกของเอสทรีเมื่อเทียบกับเดือนเมษายน ดังนั้นลักษณะการกระจายเรเดียมละลายน้ำในช่วงเดือนนี้น่าจะมีสาเหตุหลักมาจากการไหลของมวลน้ำไปทางทิศตะวันออก โดยมีปริมาณน้ำท่าที่เริ่มเพิ่มมากขึ้นเป็นตัวการนำเรเดียมจากแม่น้ำลงสู่เอสทรี เมื่อเข้าสู่เดือนกันยายน (ภาพที่ 4c) ซึ่งเป็นช่วงที่ปริมาณน้ำท่ามากที่สุดในรอบปี ส่งผลให้พบเรเดียมละลายน้ำที่บริเวณปากแม่น้ำในปริมาณต่ำ ประกอบกับเป็นช่วงเปลี่ยนลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ไปเป็นลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ จึงเริ่มมีมวลน้ำไหลจากทางทิศใต้เข้ามาผสมในเอสทรี ในขณะที่มวลน้ำที่ไหลจากทางทิศตะวันตกเข้าสู่เอสทรีในช่วงก่อนหน้านี้ยังปรากฏให้เห็นอยู่ (ภาพที่ 5c) แม้ว่าจะมีความเร็วน้อยกว่าช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนสิงหาคมก็ตาม จึงพบปริมาณเรเดียมละลายน้ำในปริมาณต่ำและไม่แตกต่างกันมากนักตลอดทั้งเอสทรีในช่วงเดือนนี้ ยกเว้นบริเวณสถานี 8 และสถานี 21 ซึ่งพบเรเดียมละลายน้ำในปริมาณที่สูงกว่าบริเวณอื่น ซึ่งน่าจะเกิดจากการที่ยังมีมวลน้ำไหลเข้ามาจากทางทิศใต้เข้ามาผสมในเอสทรีนั่นเอง ส่วนในช่วงเดือนธันวาคม (ภาพที่ 4d) เมื่อปริมาณน้ำท่าเริ่มลดลงและการไหลของมวลน้ำมาจากทางทิศใต้เริ่มมีความแรงมากขึ้น โดยมวลน้ำที่เข้ามาผสมนี้บางส่วนไหลเลียบไปทางชายฝั่งด้านทิศตะวันออกของเอสทรี (ภาพที่ 5d) จึงพบการสะสมเรเดียมปริมาณสูงกว่าปกติเล็กน้อยบริเวณอ่าวชลบุรี

สรุปผลการวิจัย

ข้อมูลจากการตรวจวัดในรอบปี 2545 แสดงว่าเรเดียม-226 ละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทรีมีการเปลี่ยนแปลงในช่วง 0.21±0.10 ถึง 33.86±1.24 pg/100-l โดยการเปลี่ยนแปลงในเดือนเมษายนและมิถุนายนมีช่วงกว้างกว่าในเดือนกันยายนและเดือนธันวาคม ปริมาณเรเดียมละลายน้ำที่ตรวจวัดได้มีค่าไม่เกินกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2549 และกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลสาบ

รูปแบบการกระจายเรเดียม-226 ละลายน้ำในรอบปี 2545 พบว่าในช่วงฤดูแล้งพบเรเดียมละลายน้ำ ปริมาณสูงมากบริเวณปากแม่น้ำและในเอสทรี ส่วนในช่วงต้นฤดูน้ำมากพบเรเดียมละลายน้ำปริมาณสูงบริเวณตอนกลางและบริเวณฝั่งตะวันออกของเอสทรี และพบว่าเรเดียมละลายน้ำมีปริมาณลดลง และกระจายทั่วทั้งเอสทรีในช่วงปลายฤดูน้ำมาก

การตรวจวัดและการศึกษาการกระจายเรเดียม-226 ละลายน้ำ เพิ่มเติมในรอบปีอื่น เป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้เข้าใจพฤติกรรมของสารกัมมันตรังสีตามธรรมชาติละลายน้ำบริเวณบางปะกงเอสทรี

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวาริชศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์และสารเคมีบางส่วนที่ใช้ในการทำวิจัย อาจารย์ฤทธิ์ มีสัตย์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์พรณี พักคง ภาควิชารังสีประยุกต์และไอโซโทป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่งในการวัดปริมาณเรเดียม-226

เอกสารอ้างอิง

- ฉลวย มุสิกะ, วันชัย วงสุตาวรรณ, อาวุธ หมั่นหาผล และแววดา ทองระอา. (2550). สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งภาคตะวันออก ปี 2548. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 12(1), 33-44.
- เผชญิโชค จินตเศรณี. (2551). ประสิทธิภาพของเส้นใยอะคริลิกแมงกานีสออกไซด์ในการดูดซับเรเดียม-226 จากน้ำทะเล. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา* 13(1), 43-54.
- ฟูเกียรติ สีนาค, ขนิษฐา ศรีสุขสวัสดิ์, บุญสม พรเทพเกษมสันต์ และนันทนา สันติวุฒิ. (2531). กัมมันตรังสีรวมเบตา กัมมันตรังสีรวมแอลฟา และปริมาณเรเดียม-226 ของน้ำผิวดินในประเทศไทย. *รายงานวิจัยสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ*.
- ราชกิจจานุเบกษา. (2550). *ประกาศคณะกรรมการ สิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ. 2549) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล*. เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง (1 กุมภาพันธ์ 2550). 123-133.

- อนุกุล บุณประทีปรัตน์. (2552). การไหลเวียนกระแสน้ำบริเวณปากแม่น้ำบางปะกงและชายฝั่งจังหวัดชลบุรี จากการศึกษาโดยใช้แบบจำลองไฮโดรไดนามิค. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 14(2), 50-60.
- Bordalo, A.A., Nilsunranchit, W., & Chalermwat, K. (2001). Water quality and used of the Bangpakong River (Eastern Thailand). *Water Research*, 35(15), 3635-3642.
- Clulow, F.V., Dave, N.K., Lim, T.P., & Avadhanula, R. (1998). Radium-226 in water, sediments, and fish from lakes near the city of Elliot Lake, Ontario, Canada. *Environmental Pollution*, 99, 13-28.
- Dulaiova, H., Burnett, W.C., Chanton, J.P., Moore W.S., Bokuniewicz, H.J., Charette, M.A., & Sholkovitz, E. (2006). Assessment of groundwater discharges into West Neck Bay, New York, via natural tracers. *Continental Shelf Research*, 26, 1971-1983.
- Hallden, N.A., Fisenne, I.M., and Harley, J.H. (1963). The determination of Radium-226 in human bone. *Talanta*, 10, 1223-1227.
- Hancock, G.J., & Murray, A.S. (1996). Source and Distribution of Dissolved Radium in the Bega River Estuary. Southeastern Australia. *Earth and Planetary Science Letters*, 138, 145-155.
- International Atomic Energy Agency (IAEA). (1990). *The Environmental Behavior of Radium: Volume 1*. Technical Reports Series No. 310. IAEA Austria.
- Lauria, D.C., Ribeiro, F.C.A., Conti, C.C., & Loureiro, F.A. (2009). Radium and uranium levels in vegetables grown using different farming management systems. *Journal of Environmental Radioactivity*, 100, 176-183.
- Lee, Y.W., & Kim, G. (2006). Linking groundwater-borne nutrients and dinoflagellate red-tide outbreaks in the Southern Sea of Korea using a Ra tracer. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 1-9.
- Mays C.W., Rowland, R.E., & Stehney, A.F. (1985). Cancer risk from the life time intake of Ra and U isotope. *Health Physics*, 48, 635-637.
- Moore, W.S. (1969). Oceanic Concentration of ²²⁸Radium. *Earth and Planetary Science Letters*, 437-446.
- Moore, W.S., & Reid, D.F. (1973). Extraction of Radium from Natural Water Using Manganese-Impregnated Acrylic Fibers. *Journal of Geophysics Research*, 78, 8880-8886.
- Nozaki, Y., Yamamoto, Y., Manaka, T., Amakawa, H., & Snidvongs, A. (2001). Dissolved Barium and Radium Isotopes in the Chao Phraya River Estuarine Mixing Zone in Thailand. *Continental Shelf Research*, 21, 1435-1448.
- Seymour, A.H. (1971). *Radioactivity in the Marine Environment*. National Academy of Science.
- Shannon, L.V., & Cherry, R.D. (1971). Radium-226 in marine phytoplankton. *Earth and Planetary Science Letters*, 11, 339-343.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA). (1996). *Drinking Water Regulations and Health Advisories*. Washington DC: Office of Water, United States Environmental Protection Agency. (EPA 822-B-96-002).
- Wang, C.H., & Willis D.L. (1965). *Radiotracer Methodology in Biological Science*. Prentic-Hall, Inc.