การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ

นางสาวชนัดดา แสนสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

HEAVY METALS LEACHED FROM USED CAR TIRES AS BREAKWATER AT CHULACHOMKLAO FORT, SAMUTPRAKAN PROVINCE

Miss Chanadda Sansook

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science Program in Environmental Science

(Interdisciplinary Program)

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic Year 2012

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่น บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ
โดย	นางสาวชนัดดา แสนสุข
สาขาวิชา	วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สมภพ รุ่งสุภา

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.อมร เพชรสม)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.สมภพ รุ่งสุภา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.กัลยา วัฒยากร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.ปารมี เพ็งปรีชา)

ชนัดดา แสนสุข : การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ. (HEAVY METALS LEACHED FROM USED CAR TIRES AS BREAKWATER AT CHULACHOMKLAO FORT, SAMUTPRAKAN PROVINCE) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ, อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ดร.สมภพ รุ่งสุภา, 121 หน้า.

ประเทศไทยมียางรถยนต์ใช้แล้วประมาณ 100,000 ตันต่อปี มีเพียง 30% นำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น แหล่งเชื้อเพลิง ปะการังเทียม ฝาย และแนวกันคลื่น กรณีนำเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วทำเป็นแนวกันคลื่นเพื่อป้องกันการกัดเซาะนั้น ศึกษาวิจัยคุณภาพสิ่งแวดล้อม (อุณหภูมิ ความเค็ม pH และ DO) 2 ฤดูมรสุมวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (Cd, Cu, Pb และ Zn) ในดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติด บริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และปี 2550 รวมทั้งนอกแนวกันคลื่น และนำยางรถยนต์จากแนวกันคลื่นมาศึกษาการชะละลายโลหะหนักในห้องปฏิบัติการ วางแผนการทดลองแบบ Factorial Experimental Design ของ pH (5, 8, 9) และความเค็ม (2 ,15, 30 ppt) ทำ 3 ซ้ำ เขย่าชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็กในขวดแก้ว 24 ชั่วโมง สกัดด้วย Ammonium pyrrolidine-dithiocarbamate (APDC), Methyl Isobutyl Ketone (MIBK) และ HNO_3(conc.) วิเคราะห์โลหะหนักด้วย Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS)

ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพสิ่งแวดล้อม [อุณหภูมิ (28.8-29.7°C) ความเค็ม (2.0-8.0 ppt) pH (7.5-7.8) และ DO (4.13-5.11 mg/l)] มีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติด มีค่าอยู่ในมาตรฐานทั้ง 2 ฤดูมรสุม การเปลี่ยนแปลงความเค็มเมื่อ pH=8 ไม่ส่งผลต่อการชะละลายออกมาของโลหะหนักอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การชะละลายออกลดลงเมื่อ pH=9 และเพิ่มการชะละลายออกมากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อ pH=5 โดยเฉพาะแคดเมียมและสังกะสี ในสภาวะที่ pH =5 และความเค็ม 15-30 ppt ส่งผลให้การชะละลายออกมากที่สุด อย่างไรก็ตาม pH ในช่วง 7.0-8.5 และความเค็มของน้ำทะเลชายฝั่งในช่วง 7-35 ppt ซึ่งทัดเทียมกับสภาพน้ำทะเลทั่วไปนั้น ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และทองแดงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล โดยที่สังกะสีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล แต่ยังไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของประเทศไทย อีกทั้งสังกะสียังเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเติบโตของสิ่งมีชีวิต กล่าวได้ว่า การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นไม่ส่งผลทางลบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า ข้อควรระวังในการใช้ประโยชน์จากยางรถยนต์ต้องคำนึงถึงสภาพแวดล้อมที่มี pH และความเค็มที่เหมาะสม ปลอดภัย จากโอกาสเกิดความเป็นพิษ เพื่อให้การใช้ประโยชน์เต็มศักยภาพ

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2555 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม .....

5387124220 : MAJOR ENVIRONMENTAL SCIENCE

KEYWORDS : HEAVY METALS/ USED CAR TIRES/ CHULACHOMKLAO FORT

CHANADDA SANSOOK : HEAVY METALS LEACHED FROM USED CAR TIRES AS BREAKWATER AT CHULACHOMKLAO FORT, SAMUTPRAKAN PROVINCE. ADVISOR : ASSOC. PROF. ORAWAN SIRIRATPIRIYA, D.Sc., CO-ADVISOR : SOMPOP RUNGSUPA, Ph.D., 121 pp.

The used car tires left in Thailand around 100,000 tons per year. Only 30% was utilized as fuel source, artificial reef, check dam and breakwater. In the case of utilized the used car tires as breakwater to prevent coastal erosion and restore the coastal at Chulachomklao Fort, environmental quality was clarified by collecting the sediment and fouling organism from the area where used car tires-breakwater constructed in 2004, in 2007 and outside the breakwater. All of the collected samples were analyzed heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn). Temperature, salinity, pH and dissolved oxygen were measured during collected the samples. Moreover, clarification the leached of heavy metals by wave simulation the pieces of the used car tires was conducted in laboratory. The design was factorial experimental design of pH (5,8,9) and salinity (2,15,30 ppt) with 3 replications. The extractants were Ammonium pyrrolidine-dithiocarbamate (APDC), Methyl Isobutyl Ketone (MIBK) and HNO_3 (conc.). Analysis heavy metals by Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS).

The results showed that during 2 monsoon seasons environmental quality [temperature (28.8-29.7°C), salinity (2.0-8.0 ppt), pH (7.5-7.8) and DO (4.13-5.11 mg/l)] were within the seawater quality standard. The concentration of heavy metals (Cd, Cu, Pb and Zn) in sediment and fouling organism were within the standard same as laboratory condition under natural seawater with pH 7.0-8.5 and salinity 7-35 ppt. The change of salinity had no significant effect on leached of heavy metals when pH=8, but pH=9 the leached of heavy metals were decreased while pH=5 resulted in decreased of heavy metals concentration leached from the used car tires significantly. The highest leached of heavy metals occurred when pH =5 and salinity =15-30 ppt. Therefore, the leached of heavy metals from used car tires as breakwater did not appear negative impact on environmental quality at the coastal area of Chulachomklao Fort. The precaution signal to utilize used car tires was the environment of the area with pH and salinity properly and safely from heavy metals lead to the challenge of maximizes utility appropriately in any ecosystem.

Field of Study : Environmental Science Student's Signature .....

Academic Year : 2012 Advisor's Signature .....

Co-advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการวิจัยเรื่อง “การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น การทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ” สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมี รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ เป็นหัวหน้าโครงการ และได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.)

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.อรวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้เนื่องด้วยความเมตตากรุณาของท่านอาจารย์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ทักษะในการทำงาน กำลังใจ และข้อคิดต่างๆ อันมีคุณค่ายิ่งต่อลูกศิษย์ และ ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สมภพ รุ่งสุภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้ความรู้และทักษะต่างๆในการไปออกภาคสนามเก็บตัวอย่าง รวมทั้งคำแนะนำ และความช่วยเหลือเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์ ประธานคณะกรรมการ และ รศ.ดร.กัลยา วัฒยากร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ตลอดจนให้คำแนะนำแก้ไข เพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอกราบขอบพระคุณ ดร.ปารมี เพ็งปรีชา ที่กรุณาให้คำปรึกษาอันมีค่ายิ่งต่อการนำประยุกต์ใช้ รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์เป็นกรรมการภายนอกในการสอบวิทยานิพนธ์ และรศ.ดร.สมใจ เพ็งปรีชา ผู้อำนวยการหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม ที่ได้ให้คำปรึกษา และความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผู้ที่ได้กรุณาให้ความอนุเคราะห์ และหน่วยงานต่างๆ ที่ได้อำนวยความสะดวกในการทำวิทยานิพนธ์ ได้แก่ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม สถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ และหลักสูตรสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และผู้ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือส่งผลให้งานวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอกราบขอบพระคุณนางชำนาญ แสนสุข (มารดา) และญาติพี่น้องทุกท่านที่กรุณาสนับสนุน และให้ความพร้อมด้านการเรียน รวมทั้งเป็นกำลังใจให้เสมอมา ขอขอบคุณคุณจิตตรี พละกุล ที่กรุณาช่วยสอนการใช้เครื่องมือในห้องปฏิบัติการเพื่อให้วิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี รวมถึงเพื่อนสนิท นายอรรถพล โสภาพงศ์ และ น.ส.วัชราภรณ์ วงศ์สูงยาง ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือมาโดยตลอด ข้าพเจ้าซาบซึ้งและตราตรึงในทุกสิ่งดีที่ได้รับและจักพยายามนำประสบการณ์ความรู้ที่ได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างเต็มความสามารถต่อไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ญ

บทที่

1. บทนำ 1
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
3. วิธีการดำเนินงานวิจัย 35
4. ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล 46
5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 81

รายการอ้างอิง 84

ภาคผนวก 92

ภาคผนวก ก 93

ภาคผนวก ข 94

ภาคผนวก ค 109

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 121

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ปริมาณการใช้ยาง (ล้านตัน) ของโลก 7
2.2 ปริมาณการใช้ยางของโลก (พันตัน) ในช่วงปี 2551-2553 8
2.3 กำลังการผลิตและจำนวนโรงงานผลิตยางล้อรถยนต์ของประเทศไทย เทียบกับ ประเทศในเอเชีย (พ.ศ.2544) 10
2.4 สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ (mg/kg) 16
2.5 โลหะที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ (mg/kg) 17
2.6 ช่วงปริมาณความเข้มข้นโลหะต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในยางรถยนต์ 18
2.7 ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกจากชิ้นยางรถยนต์ (mg/l) ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างกัน 19
2.8 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง) 24
2.9 เกณฑ์ค่ามาตรฐานของดินตะกอนในต่างประเทศ (mg/kg น้ำหนักแห้ง) 25
2.10 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนในปี 2540-2544 (mg/kg น้ำหนักแห้ง) 27
2.11 สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเล (โลหะหนัก) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ปี 2544- 2554 28
2.12 ระดับของโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในสัตวน้ำ (mg/kg น้ำหนักเปียก) 30
2.13 ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อเยื่อหอย (mg/kg น้ำหนักเปียก) 31
2.14 ปริมาณการปนเปื้อนทองแดงในเนื้อเยื่อหอย (mg/kg น้ำหนักเปียก) 32
2.15 ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในเนื้อเยื่อหอย (mg/kg น้ำหนักเปียก) 33
2.16 ปริมาณการปนเปื้อนสังกะสีในเนื้อเยื่อหอย (mg/kg น้ำหนักเปียก) 34
3.1 ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัย 39
3.2 วิธีย่อยสลายดินด้วยวิธี $HNO_3 : HClO_4$ สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ Cd, Cu, Pb และ Zn 42
3.3 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ 45

ตารางที่ หน้า

4.1 สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล (อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 47

4.2 สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล (อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 48

4.3 ปริมาณแคดเมียม (Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 52

4.4 ปริมาณทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 53

4.5 ปริมาณแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 56

4.6 ปริมาณทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 57

4.7 ปริมาณโลหะหนัก (Cd Cu Pb และZn) สิ่งมีชีวิตเกาะติด (หอยทะเล) (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ 59

4.8 เกณฑ์ค่ามาตรฐานของดินตะกอนในต่างประเทศ (mg/kg น้ำหนักแห้ง) 60

4.9 ปริมาณการชะละลายโลหะหนัก (µg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ ในตำรับทดลอง (ควบคุม) 74

4.10 ปริมาณการชะละลายโลหะหนักเฉลี่ย (µg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเล สังเคราะห์ที่มีความเค็ม = 7 ppt และ pH = 5, 8 และ 9 75

4.11 ปริมาณการชะละลายโลหะหนักเฉลี่ย (µg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเล สังเคราะห์ที่มี pH = 7.5 และความเค็ม = 2, 15 และ 30 ppt 76

4.12 ปริมาณแคดเมียม และตะกั่วเฉลี่ย (µg/l) ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มต่างกันอย่างละ 3 ระดับ 78

4.13 ปริมาณทองแดง และสังกะสีเฉลี่ย (µg/l) ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มต่างกันอย่างละ 3 ระดับ 79

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	จำนวนยางรถยนต์ (ล้านเส้น) ในช่วงปี 2546-2561	7
2.2	สัดส่วนยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ใช้ผลิตเป็นยางรถยนต์	9
2.3	องค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ 1 เส้น	15
2.4	ชนิดของโลหะหนัก	21
3.1	แผนที่จุดเก็บตัวอย่าง ดิน น้ำ และสิ่งมีชีวิตเกาะติด บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ	38
4.1	ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและ นอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	61
4.2	เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยบริเวณ แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)	62
4.3	ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	62
4.4	เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยบริเวณ แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)	63
4.5	ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	65
4.6	เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยบริเวณ แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)	65
4.7	ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ	66

ภาพที่ หน้า

4.8 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยบริเวณ
แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100) 66
4.9 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและ นอกแนวกันคลื่น
ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 68
4.10 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยบริเวณ
แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100) 68
4.11 ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น
ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 69
4.12 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยบริเวณ
แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100) 69
4.13 ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น
ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 71
4.14 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยบริเวณ
แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100) 71
4.15 ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอน บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น
ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ 72
4.16 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยบริเวณ
แนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้
(กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100) 72

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยมีอาณาเขตติดต่อกับชายฝั่งทะเลถึง 24 จังหวัดซึ่งมีความยาวประมาณ 2,667 กิโลเมตร และกำลังประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งในอัตราที่มีความรุนแรงแตกต่างกัน ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการเป็นอีกหนึ่งพื้นที่ซึ่งจัดเป็นพื้นที่วิกฤติและมีอัตราการกัดเซาะรุนแรงเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี (มูลนิธิสภาเตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, 2554) และถูกกัดเซาะมีความยาวถึง 30 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 67 ของความยาวชายฝั่ง โดยเฉพาะบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า ซึ่งเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญทางประวัติศาสตร์ และมีความอุดมสมบูณณ์ของป่าชายเลนมานาน แต่ในปัจจุบันพื้นที่บริเวณนี้ได้ประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเล มีผลทำให้ป่าชายเลนมีพื้นที่ลดลง และความชุกชุมของสัตว์น้ำก็ลดลงตามไปด้วย

การฟื้นฟูและการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในประเทศไทยมีหลายรูปแบบ เช่น แบบใช้ธรรมชาติ ได้แก่การปลูกป่าชายเลน ป่าชายหาด ปะการัง และหญ้าทะเล แบบไม่ใช้โครงสร้าง ได้แก่ การปลูกพืช การเสริมทรายชายหาด ไส้กรอกทราย และปักแนวไม้ไผ่กันคลื่น และแบบใช้โครงสร้างทางวิศวกรรม ได้แก่ คันดักทราย กำแพงกันคลื่น เขื่อนกันคลื่น เป็นต้น นอกจากนี้ การไฟฟ้านครหลวงมีบทบาทฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า โดยใช้เสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วทำเป็นแนวกันคลื่นเพื่อป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งในปี 2547 และ ปี 2550 ร่วมกับ การปลูกป่าชายเลนทดแทนบริเวณหลังแนวกันคลื่น โดยป้อมพระจุลจอมเกล้าเป็นเพียงสถานที่เดียวที่ทำแนวกันคลื่นในลักษณะดังกล่าว (การไฟฟ้านครหลวง, 2552)

การใช้เสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วเป็นแนวกันคลื่นนั้นเป็นการประยุกต์ของใช้แล้วให้เกิดประโยชน์ต่อเนื่อง ทั้งนี้ยางรถยนต์ใช้แล้วเป็นของเหลือทิ้งและมีจำนวนมาก กล่าวคือปริมาณการใช้ยางของโลกเพื่อผลิตเป็นยางรถยนต์นั้นมีมากกว่า 10 ล้านตันต่อปี (Rubber World, 2010) ในประเทศไทยมีประมาณ 3 แสนตันต่อปี (IRSG, 2553) ส่วนยางรถยนต์ใช้แล้วในประเทศไทยมีประมาณ 1 แสนตันต่อปีนั้น นำกลับมาใช้ประโยชน์ เพียง 29,000 ตัน เช่น ปะการังเทียม(วงกต วงศ์อภัย, 2547) โดยยางรถยนต์มีประโยชน์ต่อสัตว์ในทะเล อย่างเช่นโครงการ

บ้านปลาที่หาดแม่รำพึง จังหวัดระยอง ใช้ยางรถยนต์หกเส้นมัดเป็นลูกเต๋าโยนลงทะเลเป็นบ้านปลาให้เพื่อเป็นแหล่งหลบภัยและเจริญเติบโตของลูกปลา (สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548) หรือใช้ยางรถยนต์ใช้แล้วมาทำฝายหรือเขื่อนเพื่อสร้างความชุ่มชื้นให้กับป่าไม้ รวมถึงช่วยชะลอความแรงของกระแสน้ำด้วย ทั้งนี้ยางรถยนต์ใช้แล้วที่เหลืออีกประมาณ 71,000 ตัน (71%) จะถูกนำไปทิ้งในที่ต่างๆ อันนำไปสู่ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเผาทำลายยางต่างๆ โดยปราศจากความรู้และความเข้าใจถึงมลพิษที่จะเกิดขึ้น และปัญหาด้านสุขภาพ เช่น ยางรถยนต์ใช้แล้วที่เปียกชื้นจะกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง หรือเป็นที่อาศัยของสัตว์มีพิษต่างๆ

การนำเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วเป็นแนวกันคลื่นเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการนำของเหลือทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์และช่วยป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเลไปด้วยกัน อย่างไรก็ตามควรคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้ประโยชน์ด้วย เนื่องจากยางรถยนต์อาจก่อให้เกิดความกังวลใจเกี่ยวกับโอกาสการเกิดพิษที่จะชะละลายออกมาสู่สิ่งแวดล้อมชายฝั่งทะเลบริเวณนั้นได้ เป็นผลสืบเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ ซึ่งมีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน รวมถึงโลหะหนักต่างๆ ที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ การศึกษาวิจัยในต่างประเทศระบุว่ายางรถยนต์มีโลหะหนักหลายชนิด โลหะหนักที่มีรายงานพบมากที่สุดในยางรถยนต์ และมีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสิ่งมีชีวิต คือ แคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) และ สังกะสี (Zn) (Legret และ Pagotto, 1999) โดยแคดเมียม และตะกั่ว จัดเป็นโลหะหนักที่เป็นพิษ ส่วนทองแดง และสังกะสี เป็นโลหะหนักที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต (essential element) ทั้งนี้ปริมาณสังกะสีที่ตรวจพบมีค่าสูงมากนั้นน่าจะเป็นผลมาจากระบบการทำให้ยางคงรูปในการผลิตยางรถยนต์นั้นมีการใช้สังกะสีออกไซด์ (ZnO) ในการทำปฏิริยาร่วมกับกรดสเตียริค เป็นสารกระตุ้นให้เกิดการคงรูปของยางธรรมชาติที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง (วราภรณ์ ขจรไชยกูล, 2552) โดยที่ยางรถยนต์หนึ่งเส้นนั้น มีสังกะสีออกไซด์เป็นองค์ประกอบประมาณ 1.9-3.3% (Serio *et al*., 1996) จึงเป็นไปได้ว่าโลหะหนักที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์มีโอกาสถูกชะละลายออกมาในน้ำทะเลและส่งผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในทะเลได้

Horner (1996) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในยางรถยนต์ใช้แล้ว ซึ่งตรวจพบทั้งแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 0-2, 8.1-22.3 และ 2,524-6,012 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และเมื่อสกัด ชิ้นยางรถยนต์ด้วยน้ำที่มีความเป็นกรด-เบส (pH) เท่ากับ 2.5 เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำชะ (leachate) พบว่าสังกะสีถูกชะละลายออกมา 169-463 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่ว

การนำยางรถยนต์ไปใช้ประโยชน์ในระบบนิเวศทางทะเลนั้น มีรายงานความเป็นพิษหรือปนเปื้อนหลากหลาย ตัวอย่างเช่น การใช้ยางรถยนต์ทำปะการังเทียมไม่พบสารพิษที่เกิดจากการชะละลายหรือการย่อยสลายออกสู่แหล่งน้ำ (Collins *et al*., 2002) การพัฒนาและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำหน้าดิน (epifauna) บริเวณแนวปะการังเทียมที่ทำจากวัสดุทดสอบแตกต่างกัน ได้แก่ คอนกรีต หิน เหล็ก และยางรถยนต์ นั้นยางรถยนต์มีความเหมาะสมน้อยที่สุดในการพัฒนาตัวอ่อนของสัตว์น้ำหน้าดิน (Fitzhardinge and Bailey-Brock,1989)โดยเฉพาะปะการัง ส่วน Alcala *et al*. (1981) และ Downing *et al*. (1985) อธิบายว่าการที่สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโต การทดแทนประชากร และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังน้อยนั้น อาจมีผลมาจากองค์ประกอบที่เป็นพิษจากยางรถยนต์

ดังนั้นการนำยางรถยนต์ใช้แล้วร่วมกับเสาไฟฟ้าชำรุดมาทำเป็นแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการนั้น แม้ว่าเป็นทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งด้วยของเหลือทิ้งให้กลับมาเกิดประโยชน์อีกครั้งหนึ่ง จำเป็นต้องคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้ประโยชน์ด้วย และผลที่อาจจะเกิดขึ้นต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมจากยางรถยนต์ที่ใช้แล้ว รวมทั้งต้องศึกษาวิจัยเพื่อพิสูจน์และยืนยันโอกาสการชะละลายโลหะหนักในยางรถยนต์ออกมาสู่สภาพแวดล้อมบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า เพื่อให้เกิดความมั่นใจในการใช้ประโยชน์ รวมทั้งเป็นแนวทางในการจัดการยางรถยนต์ใช้แล้วซึ่งเป็นของเหลือทิ้งร่วมกับการแก้ปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลของประเทศไทยโดยควบคู่กันต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์

1.2.1 เพื่อศึกษาผลของการมีแนวกันคลื่นต่อปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติด บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของความเป็นกรด-เบส (pH) และความเค็มต่อการชะละลายได้ของโลหะหนักจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวกันคลื่น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ป้อมพระจุลจอมเกล้า

ป้อมพระจุลจอมเกล้าตั้งอยู่บริเวณปากน้ำเจ้าพระยา ที่ตำบลแหลมฟ้าผ่า อำเภอสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ มีความอุดมสมบูรณ์ของป่าชายเลนและสัตว์น้ำมานาน แต่พื้นที่บริเวณนี้ได้ประสบกับปัญหาการกัดเซาะชายฝั่งทะเลอย่างต่อเนื่อง มีผลทำให้ป่าชายเลนมีพื้นที่ลดลง และความชุกชุมของสัตว์น้ำก็ลดลงตามไปด้วย ชายฝั่งทะเลจังหวัดสมุทรปราการจัดเป็นพื้นที่วิกฤติและมีอัตราการกัดเซาะรุนแรงเฉลี่ยมากกว่า 5.0 เมตรต่อปี (มูลนิธิสภาเตือนภัยพิบัติแห่งชาติ, 2554) และถูกกัดเซาะมีความยาวถึง 30 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 67 ของความยาวชายฝั่งโดยเฉพาะบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า

ป้อมพระจุลจอมเกล้าตามที่นิยมเรียกกันว่า “ป้อมพระจุลฯ” นับเป็นสถานที่ที่มีความสำคัญทางด้านประวัติศาสตร์ และเป็นสถานที่ที่ควรแก่การไปท่องเที่ยวเป็นอย่างยิ่ง เพราะป้อมพระจุลจอมเกล้าแสดงถึงพระปรีชาญาณและความสามารถของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) ภายหลังที่พระองค์ได้เสด็จขึ้นครองราชย์ แล้วทรงมีพระราชปรารภว่า ป้อมที่มีอยู่ที่เมืองสมุทรปราการ ซึ่งใช้เป็นที่หลักในป้องกันศัตรูที่จะเข้ามาทางทะเลนั้นเก่าเกินไป และอยู่ในสภาพไม่สามารถใช้ในการป้องกันราชอาณาจักรได้ และในเวลานั้นเองได้มีประเทศทางยุโรปกำลังล่าอาณานิคมและได้เข้ายึดประเทศที่อยู่ข้างเคียงโดยรอบประเทศไทยทั้งหมดอันได้แก่ ญวน เขมร ลาว พม่า รวมทั้ง สิงคโปร์ มาเลเซีย เป็นต้น และก็คงคิดยึดครองดินแดนประเทศไทยในขณะนั้นด้วย เมื่อเหตุการณ์ที่ไม่น่าไว้วางใจเกิดขึ้น รัชกาลที่ 5 จึงทรงสั่งให้สร้างป้อมปราการที่ทันสมัยขึ้นที่ปากแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นการเร่งด่วน โดยได้ก่อสร้างเมื่อต้นปี พ.ศ. 2427 และเสร็จสิ้นในปี พ.ศ. 2436 ชื่อของป้อมแห่งนี้จึงมีชื่อว่า “ป้อมพระจุลจอมเกล้า” (ฐานทัพเรือกรุงเทพ, 2556) ซึ่งตั้งอยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ นั่นเอง

จังหวัดสมุทรปราการมีชายฝั่งทะเลยาวประมาณ 50.21 กิโลเมตร และกำลังประสบกับปัญหาการกัดเซาะอย่างรุนแรงและต่อเนื่องมามากกว่า 40 ปี (2507-2549) (ชัยพันธุ์ รักวิจัย และอนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์, 2554) โดยมีอัตราการกัดเซาะปานกลาง (1-5 เมตร/ปี) 5.22 กิโลเมตร และมีอัตราการกัดเซาะรุนแรง (มากกว่า 5 เมตร/ปี) 31.47 กิโลเมตร (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2554)

การเปลี่ยนแปลงชายฝั่งด้านตะวันตกของปากแม่น้ำเจ้าพระยาเมื่อใช้ภาพถ่ายทางอากาศปี 2495 เป็นตัวแทนของอดีตพบว่า บริเวณบ้านแหลมฟ้าผ่า อำเภอพระสมุทรเจดีย์ จังหวัดสมุทรปราการ มีพื้นที่ถูกกัดเซาะไป 1,081.42 ไร่ ในช่วงปี 2495-2518 ส่วนช่วงปี 2495-2538 ถูกกัดเซาะไป 2,917.04 ไร่ โดยที่ในช่วงปี 2495-2545 และช่วงปี 2495-2549 มีพื้นที่ถูกกัดเซาะรวม 4,936.39 และ 5,409.28 ไร่ ตามลำดับ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2553) โดยส่งผลกระทบต่อประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณพื้นที่ชายฝั่งกว่า 12 ล้านคน พื้นที่ที่มีการกัดเซาะแบ่งออกเป็น 3 พื้นที่หลักๆ 1) ชายฝั่งทะเลเขตอำเภอบางบ่อ อำเภอบางพลี และอำเภอเมือง ถูกกัดเซาะเป็นระยะทางยาว 17.5 กิโลเมตร และในช่วงระยะเวลา 18 ปีที่ผ่านมา มีพื้นที่ถูกกัดเซาะถึง 400-600 เมตร และมีอัตราการกัดเซาะเฉลี่ยปีละ 15 - 25 เมตร 2) บริเวณบ้านขุนสมุทรจีน โดยในช่วงระยะเวลา 28 ปี ถูกกัดเซาะถึง 1 กิโลเมตร 3) ชายฝั่งทะเลบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้าและบริเวณบ้านแหลมสิงห์ โดยไล่ยาวตามแนวชายฝั่งทะเลทิศตะวันตกจนสุดเขตจังหวัดสมุทรปราการ ถูกกัดเซาะถอยร่นจากแนวทะเล 700-800 เมตร อัตราการกัดเซาะเฉลี่ยมากกว่า 25 เมตรต่อปี (หน่วยศึกษาพิบัติภัยและข้อสนเทศเชิงพื้นที่, 2550)

การดำเนินการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า เริ่มต้นโดยชาวบ้านในชุมชนมีการเรียงหินเป็นกำแพงกันคลื่น (sea wall) กองหินปะทะคลื่นบริเวณใกล้ฝั่ง (small breakwater) และแนวไม้ไผ่ปักเพื่อลดแรงคลื่น ส่วนการดำเนินงานของหน่วยงานต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ส่วนราชการจังหวัด กรมขนส่งทางน้ำและพาณิชย์นาวี ฐานทัพเรือกรุงเทพ กรมทรัพยากรชายฝั่งทะเล รวมถึงการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) ซึ่งได้เข้ามามีบทบาทในการช่วยเหลือและฟื้นฟูพื้นที่ชายฝั่งบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า เช่นมีการปลูกป่าชายเลนทดแทน รวมทั้งได้ตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ควบคู่ไปกับการนำของเหลือทิ้งหรือใช้แล้วมาใช้ให้เกิดประโยชน์ จึงได้ดำเนินการจัดทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งทะเล บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว ปักสลับเป็นแนวฟันปลา ตั้งแต่ปี 2547 เป็นแนวแรก (แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547) มีความยาวประมาณ 700 เมตร จากนั้นได้สร้างแนวใหม่ ในปี 2550 (แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550) มีความยาวประมาณ 400 เมตร รวมความยาวของแนวกันคลื่นประมาณ 1,100 เมตร (การไฟฟ้านครหลวง, 2552)

นอกจากนี้สถาบันวิจัยสภาวะสิ่งแวดล้อม (2554) ได้ทำศึกษาวิจัยผลของการจัดทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วที่มีโอกาสส่งผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม เช่น ตะกอนดิน น้ำทะเล และสิ่งมีวิต เนื่องมาจากยางรถยนต์ รวมถึง

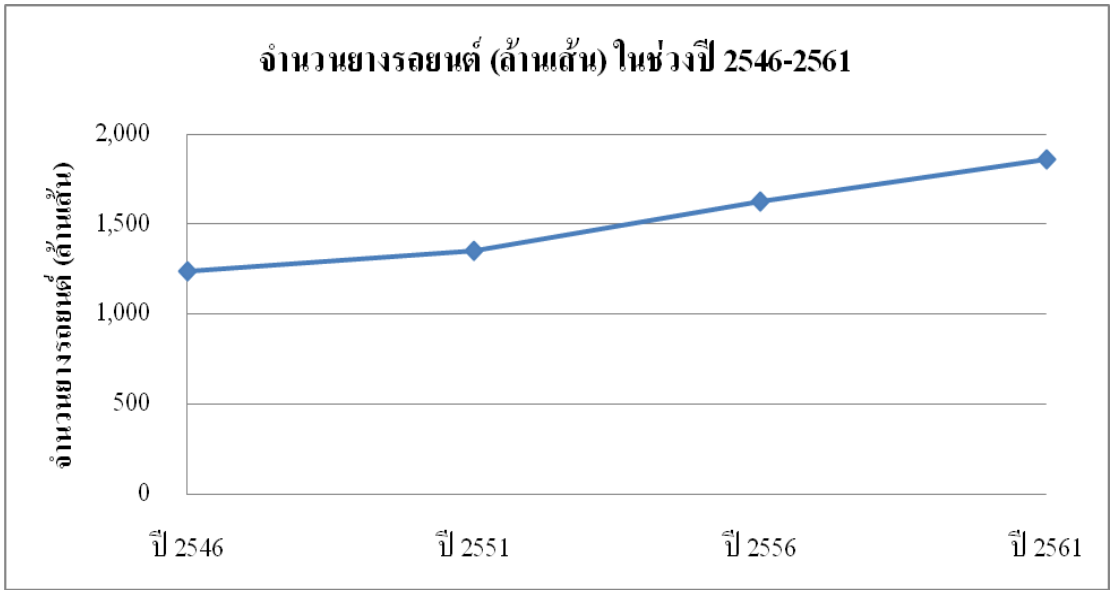
ผลกระทบจากแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งต่อการฟื้นฟูป่าชายเลนต่อการกัดเซาะชายฝั่ง และต่อชุมชน อีกด้วย ทั้งนี้จากผลการศึกษาวิจัยสามารถกล่าวโดยสรุปได้ว่า ผลกระทบของแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งด้วยเสาไฟฟ้าสวมยางรถยนต์ต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีน้อย และส่งผลทางบวกต่อการฟื้นตัวป่าชายเลนซึ่งอยู่บริเวณหลังแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งฯ

โครงสร้างป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งฯ มีประสิทธิภาพลดความสูงคลื่นและยอมให้คลื่นเคลื่อนผ่านได้ 40-60 % การสะท้อนกลับของคลื่นมีน้อย จึงคาดการณ์ได้ว่าแนวป้องฯ มีผลกระทบทางด้านอุทกศาสตร์ชายฝั่งทะเลน้อยมากหรือไม่ก่อให้เกิดผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ นั่นหมายถึงพื้นที่ชายฝั่งด้านตรงข้ามกับแนวป้องกันฯ ซึ่งอยู่ห่างออกไปประมาณ 1 กิโลเมตร หรือบริเวณอีกฝากหนึ่งของแม่น้ำเจ้าพระยาย่อมได้รับผลกระทบจากโครงสร้างน้อยมาก

ทั้งนี้แนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งฯ ยังเอื้อประโยชน์ชัดเจนในปัจจุบันด้านการประมงพื้นบ้านและการเพาะเลี้ยงชายฝั่งให้กับชุมชน หยุดยั้งการสูญเสียแผ่นดินไปกับการกัดเซาะชายฝั่ง ความต้องการของชุมชนในการเพิ่มแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งมีสูงมาก และไม่มีข้อกังวลใจเกี่ยวกับแนวเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ถึงร้อยละ 81.75 อีกทั้งยังเห็นด้วยมากที่สุดในการทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วในบริเวณอื่นเพิ่มเติมถึงร้อยละ 49.00

2.2 ยางรถยนต์ (Tire)

ปัจจุบันยางรถยนต์ได้เข้ามามีบทบาทมากในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เป็นผลมาจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมในประเทศที่กำลังพัฒนา ส่วนในทวีปเอเชีย ประเทศที่มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจสูงก็จะมีความต้องการยางล้อเพิ่มสูงขึ้นด้วย ปริมาณยางรถยนต์ทั่วโลกมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ โดยคาดการณ์ว่าในปี 2556 จะมียางรถยนต์ถึง 1,625 ล้านเส้น และอนาคต ในปี 2561 จะมียางรถยนต์ถึง 1,860 ล้านเส้น (Rubber World, 2553) (ภาพที่ 2.1) ปริมาณยางที่ใช้ผลิตยางรถยนต์ 1 เส้น ประมาณ 7.7-8.2 กิโลกรัม จากรายงานของ Rubber World (2553) ระบุว่าการใช้ยางทั่วโลกมีปริมาณถึง 26.9 ล้านตันในปี 2556 ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องร้อยละ 3.6 มาจากปี 2551 และคาการณ์ว่าจะเพิ่มสูงขึ้นถึง 32.05 ล้านตัน ในปี 2561 ยางทั่วโลกส่วนใหญ่ใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์มากกว่า 10 ล้านตันต่อปี นอกนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ (ตารางที่ 2.1)



ภาพที่ 2.1 จำนวนยางรถยนต์ (ล้านเส้น) ในช่วงปี 2546-2561 (Rubber World, 2553)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณการใช้ยาง (ล้านตัน) ของโลก (Rubber World, 2553)

ผลิตภัณฑ์	ปริมาณการใช้ยาง (ล้านตัน) ในปี				อัตราเติบโต (ร้อยละ)	
	2546	**2551**	**2556**	**2561**	**ปี 51/46**	**ปี 56/51**
ยางรถยนต์	10.18	10.17	12.70	14.40	1.2	3.3
ผลิตภัณฑ์ยางอื่นๆ	8.69	11.19	14.20	17.65	5.2	4.9
ประเทศ/ภูมิภาค						
สหรัฐอเมริกา	3.00	2.78	3.01	3.15	-1.6	1.6
แคนาดาและเม็กซิโก	0.59	0.53	0.62	0.69	-2.3	3.3
ยุโรปตะวันตก	3.36	3.86	3.14	3.23	-3.2	1.8
จีน	3.36	5.75	8.13	10.64	11.4	7.2
ญี่ปุ่น	1.90	2.02	1.95	1.98	1.2	-0.7
เอเชียแปซิฟิกอื่นๆ	3.70	4.52	5.77	7.20	4.1	5.0
ละตินอเมริกา	0.96	1.23	1.45	1.70	5.1	3.4
ยุโรปตะวันออก	1,414	1.57	1.97	2.40	2.0	4.7
แอฟริกา/ตะวันออกกลาง	0.58	0.58	0.87	1.04	4.5	3.6
รวม	**18.87**	**21.97**	**26.90**	**32.05**	**3.1**	**3.6**

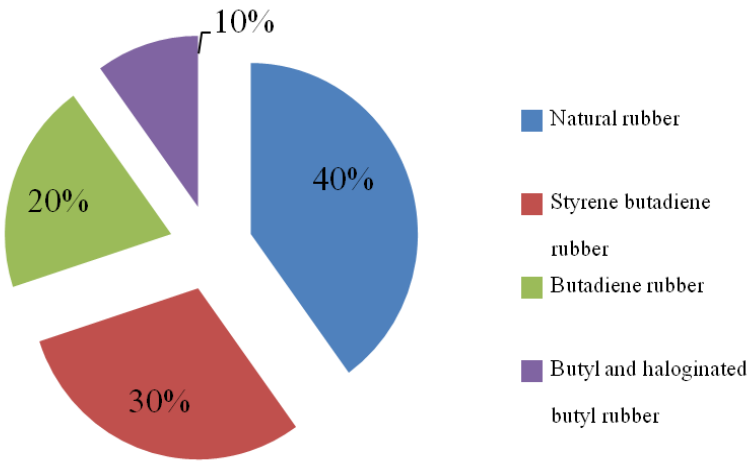
ปริมาณการใช้ยางของโลกโดยแบ่งเป็นยางธรรมชาติ (Natural Rubber; NR) และยางสังเคราะห์ (Synthetic Rubber; SR) ในช่วงปี 2551-2553 มีปริมาณรวม 21.08-24.31 ล้านตัน โดยในปี 2553 มีการใช้ยางธรรมชาติ ประมาณ 10.66 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 44 ของปริมาณการใช้ยางของโลก ยางสังเคราะห์ประมาณ 13.65 ล้านตัน คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 56 ของปริมาณการใช้ยางของโลก ซึ่งรวมกันถึง 24.31 ล้านตัน ส่วนปริมาณการใช้ยางทั่วโลกเพื่อผลิตเป็นยางรถยนต์ในปี 2553 สูงถึง 13.89 ล้านตัน ซึ่งนับเป็นครึ่งหนึ่งของปริมาณการใช้ยางทั่วโลก (24.31 ล้านตัน) (IRSG, 2554) (ตารางที่ 2.2) (International Rubber Study Group; IRSG, 2554) โดยปริมาณยางธรรมชาติทั่วโลกนำไปผลิตเป็นยางรถยนต์ประมาณร้อยละ 60-70 ที่เหลือนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ อีกร้อยละ 30-40 (สถาบันวิจัยยาง, 2555)

ตารางที่ 2.2 ปริมาณการใช้ยางของโลก (พันตัน) ในช่วงปี 2551-2553 (International Rubber Study Group; IRSG, 2554)

ปี	ปริมาณการใช้ยางของโลก (ล้านตัน)			ปริมาณการผลิตยางรถยนต์ (ล้านตัน)		
	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	รวม	ยางธรรมชาติ	ยางสังเคราะห์	รวม
2551	10.20	12.59	22.79	7.20	6.10	13.30
2552	9.28	11.80	21.08	6.50	5.62	12.12
2553	10.66	13.65	24.31	7.46	6.43	13.89

สำหรับการผลิตยางรถยนต์หนึ่งเส้นจะใช้ทั้งยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ผสมเข้าด้วยกัน เมื่อพิจารณาถึงสัดส่วนยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ใช้ผลิตเป็นยางรถยนต์นั้นจะพบว่ามียางธรรมชาติ (natural rubber) ประมาณ 40% และยางสังเคราะห์ประมาณ 60% ซึ่งยางสังเคราะห์จะประกอบไปด้วย styrene butadiene rubber 30%, butadiene rubber 20% และ butyl and halogenated butyl rubber 10% (ภาพที่ 2.2) (Fauser, 1999)

ในช่วงปี 2549-2554 มูลค่าการนำเข้าผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยซึ่งส่วนใหญ่เป็นยางยานพาหนะและยางรถยนต์มีแนวโน้มสูงขึ้นและมากถึง 8,800 ล้านบาทในปี 2553 ส่วนมูลค่าการส่งออกผลิตภัณฑ์ยางของประเทศไทยส่วนใหญ่ยังคงเป็นยางยานพาหนะและยางรถยนต์มีมูลค่า 68,000 ล้านบาทในปี 2552 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามูลค่าการส่งออกยางยานพาหนะของประเทศไทยสูงกว่ามูลค่าการนำเข้าประมาณถึง 8 เท่า (IRSG, 2554)



ภาพที่ 2.2 สัดส่วนยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ที่ใช้ผลิตเป็นยางรถยนต์ (Fauser, 1999)

2.2.1 สถานการณ์ยางรถยนต์ในปัจจุบัน

1) สถานการณ์ยางรถยนต์ในต่างประเทศ

ในปี 2551 บริษัทผู้ผลิตยางรถยนต์ยักษ์ใหญ่ 3 บริษัท ได้แก่ Bridgestone (ญี่ปุ่น) Michelin (ฝรั่งเศส) และ Goodyear (สหรัฐอเมริกา) มียอดขายทั่วโลกแต่ละบริษัทไม่น้อยกว่า 18.5 พันล้านเหรียญสหรัฐ และมีปริมาณการขายรวมกันทั่วโลกมากกว่าร้อยละ 45 ส่วนบริษัทผู้ผลิตยางรถยนต์ชั้นนำอื่นๆได้แก่ Continental (เยอรมันนี) Pirelli (อิตาลี) Sumitomo (ญี่ปุ่น) Yokohama (ญี่ปุ่น) Hankook (เกาหลีใต้) และ Cooper (สหรัฐอเมริกา) และบริษัทอื่นๆ มียอดขายรวมกันทั้งหมดไม่น้อยกว่า 2 พันล้านเหรียญสหรัฐ (Rubber World, 2553)

สถานการณ์ในต่างประเทศ โดยเฉพาะในยุโรปและอเมริกา ได้มีการนำยางรถยนต์ที่ใช้แล้วไปใช้ประโยชน์ในลักษณะอื่นๆ มาเป็นเวลานาน ในประเทศสหรัฐอเมริกาได้มีการนำยางรถยนต์ใช้แล้วกลับมาใช้ประโยชน์ได้กว่า 50% ตั้งแต่ต้นคริสต์ศตวรรษที่ 20 หรือกล่าวได้ว่า อุตสาหกรรมการรีไซเคิลยางรถยนต์ในอเมริกานั้น เติบโตควบคู่ไปกับอุตสาหกรรมยานยนต์ของสหรัฐอเมริกาในปี 2542 สถาบันวิจัยด้านการนำกลับมาใช้ใหม่ของอเมริกาได้รายงานว่ายางรถยนต์ใช้แล้วในอเมริกานั้น นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง (Tire derived fuel-TDF) ในอุตสาหกรรมต่างๆ 40%, กำจัดโดยการฝังกลบ 38%, อีก 9% ใช้ในงานก่อสร้างหรือซ่อมแซมด้านโยธา เช่น เป็นส่วนผสมของการถมถนน หรือกำแพง เนื่องจากยางที่ผสมในแอสฟัลต์ จะมีคุณสมบัติการระบายน้ำ และเป็นฉนวนความร้อนที่ดีกว่าแอสฟัลต์ทั่วไป นอกจากนี้ มีการนำยางรถยนต์เก่า

กลับไปหล่อหรือใช้ใหม่อีก 7% และส่งไปจำหน่ายเป็นยางใช้แล้วในตลาดต่างประเทศ และอื่นๆ อีก 6% (Recycling Research Institute, 2542)

ประเทศในแถบยุโรป (EU) มีการจัดการยางรถยนต์ใช้แล้วมาตั้งแต่ปี 2537 และมีรายงานว่าในปี 2553 มีการนำยางรถยนต์ใช้แล้วทำการกู้คืนวัสดุ (material recovery) 40% ใช้เป็นพลังงาน (energy recovery) 38% นำกลับมาใช้ใหม่และส่งออก (reuse-export) 10% นำไปหล่อดอกใหม่ (retreading) 8% นำไปฝังกลบและอื่นๆ (landfill and unknown) 4% (ETRMA, 2011)

2) สถานการณ์ยางรถยนต์ในประเทศไทย

แผนแม่บทอุตสาหกรรมรายสาขา สาขาผลิตภัณฑ์ยาง พ.ศ. 2545 รายงานว่าอุตสาหกรรมยางรถยานยนต์ในประเทศไทยยังมีขนาดเล็กมาก มีกำลังการผลิต 23.2 หน่วยต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 5.2 เมื่อเทียบกับการผลิตในทวีปเอเชีย 443.7 หน่วยต่อปี (ตารางที่ 2.3) แต่หากคิดปริมาณการผลิตตามน้ำหนักยาง พบว่าไทยใช้ยาง 13,201 ตันต่อปี หรือคิดเป็นร้อยละ 1.1 เท่านั้น เมื่อเทียบกับการใช้ยางทั้งทวีปเอเชีย 1,241,857 ตันต่อปี (สถาบันยานยนต์, 2545)

ตารางที่ 2.3 กำลังการผลิตและจำนวนโรงงานผลิตยางรถยนต์ของประเทศไทยเทียบกับประเทศในเอเชีย (พ.ศ.2544) (สถาบันยานยนต์, 2545)

ประเทศ	การผลิตยางรถยนต์ (จำนวน)		กำลังการผลิต		จำนวนโรงงานตามประเภทผลิตภัณฑ์			
	บริษัท	โรงงาน	หน่วย / ปี	ตัน / ปี	Radial	Bias	Radial & Bias	อื่นๆ
ไทย	10	14	23,200,000	13,201	2	6	6	-
อินเดีย	24	30	20,120,845	191,396	4	7	7	6
มาเลเซีย	8	8	16,747,000	89,425	0	4	4	-
เกาหลีใต้	4	7	65,405,786	66,000	3	2	2	-
ไต้หวัน	12	13	52,373,500	210,336	0	7	7	2
เอเชีย	133	170	443,662,381	1,241,857	36	54	61	19

การผลิตยางรถยนต์ของไทยเป็นการผลิตเพื่อการใช้ในประเทศร้อยละ 58 และส่งออกร้อยละ 42 เป็นการผลิตเพื่อส่งออก การขยายกำลังการผลิตอุตสาหกรรมอย่างมากส่งผลให้มีกำลังการผลิตใน พ.ศ. 2544 เหลืออยู่ประมาณ 5,768,760 เส้น (สถาบันยานยนต์, 2546) อย่างไรก็ตามสมาคมผู้ผลิตยาง (Rubber Manufacturers Association; RMA) ระบุว่าการจัดส่งสินค้ายางรถยนต์ในปี 2553 เพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 3 หรือประมาณ 7 ล้านเส้น จากปริมาณโดยรวม 267 ล้านเส้น กล่าวได้ว่าการจัดส่งสินค้ายางรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นสามารถสะท้อนให้เห็นถึงการเริ่มฟื้นตัวของเศรษฐกิจ ปริมาณการท่องเที่ยวทางรถยนต์และยอดขายรถยนต์เพิ่มมากขึ้น (Rubber World, 2010)

สถานการณ์ยางรถยนต์ในประเทศไทยนั้นมีโรงงานผลิตยางรถยนต์นั่งรวม 5 แห่ง รวมผลิตเฉลี่ยปีละประมาณ 9.5 ล้านเส้น คิดเป็นมูลค่าประมาณ 10,000 ล้านบาท ในจำนวนนี้จำหน่ายในประเทศประมาณ 88% ในขณะที่มีโรงงานที่ผลิตยางรถบรรทุกได้ 10 โรงงาน โดยเพิ่มขึ้นจากในปี 2542 ซึ่งมีผลิตเพียง 5 แห่ง มีการผลิตรวม 3.9 ล้านเส้น คิดเป็นมูลค่าประมาณ 11,012 ล้านบาท ในจำนวนนี้จำหน่ายในประเทศประมาณ 75% (สำนักเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, 2546)

นอกจากนี้ปี 2546 มีปริมาณการส่งออกยางรถยนต์ถึง 111,190 ตัน (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย; สกว และสถาบันวิจัยยาง, 2546) ในป 2549 มีการผลิตยางรถยนต์จำนวน 12,845,101 เส้น (หรือประมาณ 13 ล้านเส้น) (ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกระทรวงพาณิชย์, 2548)

ประเทศไทยผลิตผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติรายใหญ่ที่สุดของโลก คิดเป็นร้อยละ 34 ของผลิตภัณฑ์ยางทั้งโลก เป็นมูลค่า 5.4 พันล้านเหรียญสหรัฐ แต่นำผลิตภัณฑ์ยางไปใช้ในอุตสาหกรรมเพียงร้อยละ 10 เท่านั้น ผลิตภัณฑ์ยางที่ผลิตได้จึงส่งออกสร้างมูลค่ามหาศาลให้แก่ประเทศ ครองตำแหน่งผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์ยางมากที่สุดเป็นอันดับที่ 7 ของโลก โดยผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้ยางธรรมชาติมากที่สุด 6 อันดับแรก คือยางรถยนต์ ถุงมือยาง สายยางยืด ยางรัดของ ยางรถจักรยานยนต์ รองเท้า ทั้งนี้อัตราการผลิตยางธรรมชาติเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ทั้งสิ้นประมาณ 250,000 ตัน จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยาง 524 โรงงาน ประมาณร้อยละ 52 ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑล นอกนั้นจะกระจายตัวอยู่ในภาคต่าง ๆ (สถานการณ์อุตสาหกรรมยางในปัจจุบัน, 2553)

2.2.2 การจัดการยางรถยนต์ใช้แล้วในปัจจุบัน

ปริมาณการใช้ยางของโลกเพื่อผลิตเป็นยางรถยนต์มีมากกว่า 10 ล้านตันต่อปี (Rubber World, 2010) ส่วนประเทศไทยมีการใช้ยางธรรมชาติเพื่อผลิตเป็นยางรถยนต์ประมาณ 3 แสนตันต่อปี (IRSG, 2553) ส่วนยางรถยนต์ใช้แล้วหรือยางเก่าหมดสภาพในประเทศไทยมีประมาณ 1 แสนตันตันต่อปี มีเพียงประมาณ 30% นำกลับมาใช้ประโยชน์ เช่น ปะการังเทียม ฝายหรือเขื่อน แหล่งเชื้อเพลิง โดยกระบวนการไพโรไลซิส และแนวกันคลื่น นั่นหมายถึงปริมาณที่เหลืออีกประมาณ 70% จะถูกนำไปทิ้งในที่ต่างๆ (วงกต วงศ์อภัย, 2547) อันนำไปสู่ปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การเผาทำลายยางต่างๆ โดยปราศจากความรู้และความเข้าใจถึงมลพิษที่จะเกิดขึ้น และปัญหาด้านสุขภาพ เช่น ยางรถยนต์ใช้แล้วที่เปียกชื้นจะกลายเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง เป็นที่อาศัยของสัตว์มีพิษต่างๆ ยังไม่มีการจัดการอย่างเหมาะสมจึงอาจก่อให้เกิดปัญหาคุณภาพสิ่งแวดล้อมทั้งอากาศ ดิน และน้ำ ได้

เมื่อพิจารณาจากปริมาณการผลิต และปริมาณการใช้ยางในอุตสาหกรรมยานยนต์ของประเทศไทยนั้น พบว่ามียางรถยนต์เก่าหรือใช้แล้วที่ยังไม่ได้ถูกนำกลับไปใช้อย่างถูกต้องเป็นจำนวนมาก สิ่งที่ควรจะเริ่มต้นดำเนินการก่อน คือ การวางแผนการจัดการ เพื่อให้มีการนำยางรถยนต์เก่าให้กลับมาใช้ให้ได้ในปริมาณที่มากที่สุด โดยยางรถยนต์มีประโยชน์ต่อสัตว์ในทะเล อย่างเช่นโครงการบ้านปลาที่หาดแม่รำพึง จังหวัดระยอง หรือใช้ยางรถยนต์หกเส้นมัดเป็นลูกเต๋าโยนลงทะเลเพื่อทำเป็นบ้านปลาให้เป็นแหล่งหลบภัยและเจริญเติบโตของลูกปลา (สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี กรมส่งเสริมการเกษตร, 2548)

จากรายงานของ USEPA (1993) ยางรถยนต์จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะคุณภาพอากาศเมื่อนำยางรถยนต์ไปเผาในที่โล่งแจ้งหรือในระบบเปิด ส่วนความเป็นพิษของยางรถยนต์เมื่อนำไปไว้ในน้ำทะเล หรือ น้ำกร่อย นั้นยังไม่พบปัญหาและความรุนแรงมากเมื่อเทียบกับการเผายางรถยนต์ และยังพบว่าสามารถเพิ่มชนิดและจำนวนของทรัพยากรสัตว์น้ำบริเวณแนวป้องกันการกัดเซาะได้มากกว่าบริเวณนอกแนวป้องกันฯ ประมาณ 9 เท่า (สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม, 2554) อย่างไรก็ตาม ถึงแม้จะมีรายงานว่าการใช้ยางรถยนต์ทำปะการังเทียมนั้นไม่พบสารพิษที่เกิดจากการชะละลายออกสู่แหล่งน้ำ (Collins *et al*., 2002) แต่ในการนำยางรถยนต์ใช้แล้วมาทำเป็นแนวป้องกันการกัดเซาะนั้นควรจะคำนึงถึงองค์ประกอบทางเคมี

ของยางรถยนต์ซึ่งอาจมีโอกาสชะละลายออกมาและเป็นพิษต่อคุณภาพน้ำทะเลและสิ่งมีชีวิตได้ด้วย ปัจจัยและสภาพของน้ำทะเลที่มีการเปลี่ยนแปลงในปัจจุบัน

ในประเทศไทย ยางรถบรรทุกหรือรถโดยสารขนาดใหญ่ หากหน้ายางยังไม่สึกหรอมากจะนำไปทำการหล่อดอกยางใหม่ ต้องควบคุมคุณภาพและตรวจสอบความทนทานให้มีอายุการใช้งานที่เหมาะสมและปลอดภัย โดยยาง 1 เส้นจะหล่อดอกยางซ้ำไม่เกิน 4 ถึง 5 ครั้ง การนำยางมาหล่อดอกยางใหม่ เพื่อลดการใช้พลังงานและวัตถุดิบ ในกรณีการผลิตยางรถยนต์ใหม่หนึ่งเส้นนั้นจะต้องใช้ยางประมาณ 7 กิโลกรัมและน้ำมันในการผลิต 32 ลิตร และไฟฟ้าอีกประมาณ 30 หน่วย ในขณะที่หากมีการนำยางมาหล่อดอกยางใหม่ จะใช้น้ำมันเพียง 11 ลิตรและยางเพิ่มเพียง 3 กิโลกรัม หรือในกรณีนำยางรถบรรทุกมาหล่อดอกยางใหม่ จะสามารถประหยัดน้ำมันได้ถึง 68 ลิตรและประหยัดยางได้ถึง 44 กิโลกรัม

อย่างไรก็ตามยางรถยนต์ หรือรถบรรทุกขนาดเล็ก ไม่นิยมนำยางเก่าไปหล่อดอกยางใหม่เหมือนรถบรรทุกขนาดใหญ่ เพราะมีต้นทุนสูง และผู้ใช้รถยนต์ส่วนใหญ่จะนิยมซื้อยางใหม่ด้วยเชื่อมั่นในความปลอดภัยมากกว่า ดังนั้น ยางประเภทนี้จะมีการแปรรูปโดยจะขายเป็นยางเปอร์เซ็นต์ในกรณีที่หน้ายางยังอยู่ในสภาพที่ดี หรือนำไปแปรรูปหรือใช้ต่อในลักษณะอื่นๆ เช่น นำไปบดแล้วทำเป็นเชื้อเพลิง ทำถังขยะ กระถางปลูกต้นไม้ ยางกันกระแทกตามท่าเรือ เป็นต้น (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547)

ยางรถยนต์มีสารประกอบไฮโดรคาร์บอน จึงใช้เป็นแหล่งเชื้อเพลิงทำให้เกิดพลังงานได้ ยางรถยนต์มีค่าความร้อน 6,668-8,335 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม จัดเป็นค่าความร้อนสูงเทียบเท่ากับถ่านหินชั้นดี เช่น แอนทราไซต์ (Anthracite) ซึ่งมี 7,500 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม และมีค่าความร้อนสูงกว่าลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะ ลำปาง ถึง 3 เท่า ในปริมาณที่เท่ากัน กล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ลิกไนต์จากเหมืองแม่เมาะ 3 กิโลกรัม จะให้ค่าความร้อนสุทธิเทียบเท่ายางรถยนต์ 1 กิโลกรัม แต่เมื่อเปรียบเทียบด้านสิ่งแวดล้อม ระหว่างยางรถยนต์กับเชื้อเพลิงแข็งอื่นๆ พบว่าการเผาไหม้ของยางรถยนต์มีปริมาณขี้เถ้าและผลิตภัณฑ์จากกำมะถันที่เกิดขึ้น ในปริมาณที่น้อยกว่าการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจำพวกถ่านหิน เนื่องมาจากปริมาณส่วนผสมของกำมะถันและขี้เถ้าในยางรถยนต์มีน้อยกว่าในถ่านหินประมาณ 23% (วงกต วงศ์อภัย, 2547)

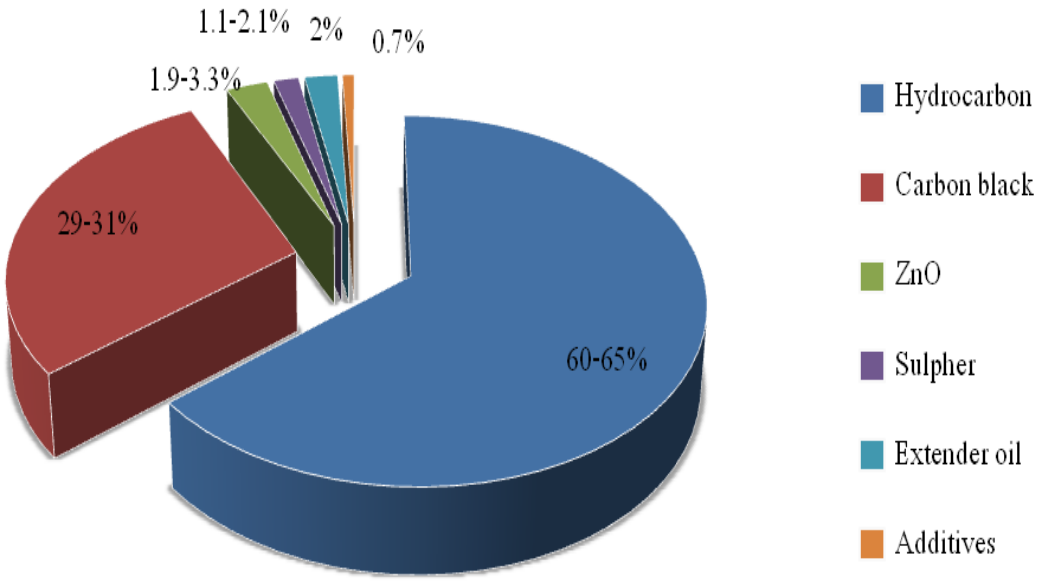
อย่างไรก็ตาม การนำยางเก่าไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้จะต้องมีการควบคุมทางด้านสิ่งแวดล้อมอย่างดี เพื่อไม่ให้มีการปล่อยมลพิษออกมาในระดับที่สูงเกินไป ในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศทางยุโรป ได้มีการนำยางรถยนต์ใช้แล้วไปใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนถ่านหินหรือน้ำมันเตาในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น ในเตาเผาปูนของอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ กระดาษ หรือโรงไฟฟ้าพลังความร้อน เป็นต้น

2.2.3 องค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์

ยางรถยนต์หนึ่งเส้นจะมีน้ำหนักประมาณ 8 กิโลกรัม (Rubber World, 2010) ประกอบไปด้วยยาง ในสัดส่วน 85%, เหล็กเส้น (เสริมใยเหล็ก) 12% และไฟเบอร์อีก 3% ทั้งนี้ องค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์หนึ่งเส้นจะประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน (hydrocarbon) ในสัดส่วน 51% คาร์บอนแบล็ก (carbon back) หรือผงเขม่าดำ 26% น้ำมัน 13% ออกไซด์ของสังกะสี 2% กำมะถัน 1% และสารประกอบทางเคมีอื่นๆ ในส่วนที่เหลือ ได้แก่ พวกโลหะหนักต่างๆ (ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้ แห่งสถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, 2547) ใกล้เคียงกับ Serio *et al.* (1996) ซึ่งระบุว่าองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์หนึ่งเส้น ประกอบไปด้วยสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 60-65%, คาร์บอนแบล็ก 29-31%, ออกไซด์ของสังกะสี 1.9-3.3%, กำมะถัน 1.1-2.1%, น้ำมัน 2% และสารประกอบอื่นๆ อีก 0.7% (ภาพที่ 2.3)

ฐิตินันท์ ศรีสถิต (2553) รายงานว่าในการผลิตยางรถยนต์ มีส่วนประกอบหลายส่วนด้วยกัน คือ ยางธรรมชาติ ยางสังเคราะห์ ซึ่งช่วยป้องกันยางอ่อนตัวเมื่อเจอกับสภาพอากาศร้อน, คาร์บอนแบล็ก หรือผงเขม่าดำ เพื่อช่วยให้โมเลกุลของยางจับตัวกันแน่น ทนต่อการสึก, ออกไซด์ของสังกะสี เพื่อช่วยชะลอการย่อยสลายด้วงรังสี UV, กัมมะถัน ช่วยทำให้ยางมีความยืดหยุ่นคงรูป, โลหะหนัก เช่น แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ปรอท เป็นต้น

ทั้งนี้ Rubber World (2010) ระบุว่าคาร์บอนแบล็กในยางรถยนต์จะเป็นสารเสริมแรงในผลิตภัณฑ์ยาง ซึ่งมากกว่าร้อยละ 60 ใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ และความต้องการใช้คาร์บอนแบล็กในอุตสาหกรรมยางรถยนต์คาดว่าจะเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.7 ต่อปี ต่อเนื่องไปจนถึงปี 2556 ซึ่งมีปริมาณสูงถึง 10 ล้านตัน



ภาพที่ 2.3 องค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ 1 เส้น (Serio *et al*, 1996)

ส่วนประกอบทางเคมีของยางรถยนต์มีทั้งสารอินทรีย์ (Highly Oils, Aromatic Nitrogen, Hydroxylated Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) เช่น Phenanthrene, Fluorene, Pyrene, Benzo(ghi)pyrene, Anthracene, Benzo(b)fluorine, Benzo(k)fluorine) (ตารางที่ 2.4) (Boulter, P.G., 2005) และสารอนินทรีย์ เช่นโลหะต่างๆ ได้แก่ แคดเมียม (Cd), ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), โคบอลต์ (Co), โครเมียม (Cr), สังกะสี (Zn), เหล็ก (Fe), โพแทสเซียม (K), แมกนีเซียม (Mg), นิกเกิล (Ni), แมงกานีส (Mn), ซีลีเนียม (Se) เป็นต้น (ตารางที่ 2.5 และตารางที่ 2.6) (Bocca *et al*., 2009)

ตารางที่ 2.4 สารอินทรีย์ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ (mg/kg) (Boulter *et al*., 2005)

ชนิดของสารอินทรีย์	ผู้วิจัย				
	Rogge *et al*. (1993) Car	**DeMarini *et al*. (1994) Car & HGV**	**Reddy & Quinn (1997) Car**	**VROM (1997) Car**	**Gadd & Kennedy (2000) Car**
Phenanthrene	11.8	238-253	-	18	6.2-6.3
Anthracene	ND	50-56	-	-	-
Methyl (phenanthrenes, anthracenes)	23.6	-	-	-	-
Dimethyl (phenanthrenes, anthracenes)	38.5	-	-	-	-
Fluorene	-	187-261	-	-	-
Fluoranthene	11.1	339-458	-	30	9.4-28.5
Pyrene	54.1	34-452	41.4	-	10.8-69.7
Indeno[1,2,3-*cd*]pyrene	-	52-86	-	ND	-
Napthalene	-	486-816	-	-	-
Acenaphthene	-	290-2,446	-	-	-
Acenaphthylene		562-861	-	-	8.2-19.8
Methyl (fluoranthenes, pyrenes)	24.4	-	-	-	-
Benzo[*a*]fluorine/benzo[*b*]fluorene	1.3	-	-	-	-
Benzo[ghi]fluoranthene	6.3	-	-	-	-
Benzo[a]anthracene	ND	82-102	-	3.8	-
Chrysene/triphenylene	8.2	71-92	-	13.5	-
Methyl(benz[a]anthracenes, chrysenes, triphenylenes	18.7	71-92	-	13.5	-
Dimethyl(fluoranthenes, pyrenes)	19.0	-	-	-	-
Benzo[k]fluoranthene	ND	74-99	-	0.8	-
Benzo[b]fluoranthene	ND	70-88	-	-	-
Benzo[e]pyrene	5.2	-	-	-	-
Benzo[a]pyrene	3.9	85-114	-	6.4	-
Benzo[ghi]perylene	ND	66-159	-	34	<10

หมายเหตุ: ND = non detected

ตารางที่ 2.5 โลหะที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ (mg/kg) (Bocca *et al*., 2009)

โลหะ	San Moguel *et al*. (2002)	Kennedy and Gadd (2002)	Legret and Pagotto (1999)	Homer (1996)	MoT (1996)	Hewitt and Rashed (1990)	Sadiq *et al*. (1989)	David and Williams (1975)
Al	956	20.5					64-3,823	
As	<5.0	ND						
Ba		25.8						
Be		0.3						
Cd	2.9	<0.19	2.6	0-3.0	0.77	0.28-4.96		0.13-14.06
Co	38.7	1.05					10.0-997.1	
Cr	49.4	<1						
Cu	68.5	1	1.8			5.5-29.3	1.1-45.9	
Fe	2,818	105					9.1-778.1	
Hg		<0.01						
Li		0.2						
Mg	444	11.2						
Mn	13.9	1.2					1.6-11.7	
Mo	10.0	1						
Ni	5.9	1					2.4-17.9	
Pb	59.0	2.72	6.3	8.1-22.3	0.84		2.1-518.6	
Rb		<0.2						
Sb		<0.2						
Se	4.0	ND						
Sr		0.6						
Zn	12,700	8,310	10,250	2,524-6,012	5,624			8,400-16,600

หมายเหตุ: ND = non detected

ตารางที่ 2.6 ช่วงปริมาณความเข้มข้นโลหะต่างๆ ที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีในยางรถยนต์ (Bocca *et al*., 2009)

โลหะ	ช่วงความเข้มข้น (mg/kg)	โลหะ	ช่วงความเข้มข้น (mg/kg)
Ag	0.08	Mg	32-106
As	0.8	Mn	2
Al	81-420	Mo	2.8
Ba	0.9-4.1	Na	610
Ca	113-562	Ni	0.9-50
Cd	0.28-4.96	Pb	1-160
Co	0.88-24.78	Sb	2
Cr	0.4-6.73	Se	20
Cu	1.8-29.3	Sr	1.16-3.13
Fe	2.12-533	Ti	195
K	180	V	1
Li	0.23-2.3	Zn	8,378-13,494

2.2.6 การชะละลายของโลหะหนักจากยางรถยนต์

ปัจจัยที่มีผลต่อการชะละลายออกของสารเคมีที่เป็นองค์ประกอบของยางรถยนต์ โดยเฉพาะโลหะหนักนั้น คือ ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส (pH) โดยในสภาวะที่น้ำมีความเป็นกรด จะเพิ่มการชะละลายออกมาของโลหะหนัก จากงานวิจัยของอนิวัตร ปัสสาโก (2547) ศึกษาพฤติกรรมการชะละลายของโลหะภายใต้การเปลี่ยนแปลง pH พบว่า pH มีผลต่อการชะละลายของโลหะคือในภาวะที่เป็นกรดและเบสสูง การชะละลายจะสูงกว่าช่วง pH ที่เป็นกลาง Alamo *et al*. (2007) ศึกษาการชะละลายโลหะหนัก 6 ชนิด คือ ทองแดง แคดเมียม สารหนู สังกะสี ตะกั่ว และโครเมียมจากชิ้นยางรถยนต์ในสารละลายที่มี pH ต่างกัน 4 ระดับ คือ 1.5, 3, 6 และ 9 พบว่าเมื่อ pH เพิ่มขึ้นโลหะหนักทั้ง 6 ชนิดถูกชะละลายออกมาได้น้อยลง และที่ pH 9 ตรวจพบเฉพาะสังกะสี 0.29 mg/l เท่านั้น ส่วนที่ pH 1.5 สังกะสีถูกชะละลายออกมามากที่สุดถึง 2.38 mg/l แต่ยังไม่เกินค่ามาตรฐานของ EPA ที่กำหนดให้มีสังกะสีในน้ำดื่มไม่เกิน 5.0 mg/l (ตารางที่ 2.7)

ตารางที่ 2.7 ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ถูกชะละลายออกจากชิ้นยางรถยนต์ (mg/l) ในสารละลายที่มีค่า pH ต่างกัน (Alamo *et al*., 2007)

ความเข้มข้นของโลหะ (mg/L)	ค่า pH ในสารละลาย				มาตรฐานน้ำดื่ม EPA (mg/L)
	1.5	3.0	6.0	9.0	
Cu	0.083	0.043	ND	ND	1.3
Cd	0.002	ND	0.001	ND	0.005
As	0.04	ND	ND	ND	0.050
Zn	2.38	1.11	0.41	0.29	5.0
Pb	ND	ND	ND	ND	0
Cr	0.05	0.09	ND	ND	0.1

หมายเหตุ: ND = non detected**,** มาตรฐาน EPA (EPA regulations) สำหรับน้ำดื่ม

การนำยางรถยนต์ไปใช้ประโยชน์ในระบบนิเวศทางทะเลนั้น ยังไม่มีรายงานว่าก่อให้เกิดความเป็นพิษหรือปนเปื้อนอย่างแน่ชัดนัก และมีรายงานว่าการใช้ยางรถยนต์ทำปะการังเทียมไม่พบสารพิษที่เกิดจากการชะละลายหรือการย่อยสลายออกสู่แหล่งน้ำ (Collins *et al*., 2002) แต่มีการศึกษาของ Fitzhardinge and Bailey-Brock (1989) ถึงการพัฒนาและการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำหน้าดิน (epifauna) บริเวณแนวปะการังเทียมที่ทำจากวัสดุทดสอบแตกต่างกัน ได้แก่ คอนกรีต หิน เหล็ก และยางรถยนต์ พบว่ายางรถยนต์มีความเหมาะสมน้อยที่สุดในการพัฒนาตัวอ่อนของสัตว์น้ำหน้าดิน โดยเฉพาะปะการัง เนื่องจากยางรถยนต์น่าจะมีองค์ประกอบทางเคมีที่อาจมีความเป็นพิษ

นอกจากนี้ Alcala *et al*. (1981) และ Downing *et al*. (1985) อธิบายว่าการที่สัตว์น้ำมีการเจริญเติบโต (growth) การทดแทนประชากร (recruitment) และการลงเกาะของตัวอ่อนปะการังต่ำนั้น อาจมีผลมาจากองค์ประกอบที่เป็นพิษจากยางรถยนต์ ทั้งนี้Horner (1996) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในยางรถยนต์ใช้แล้ว ซึ่งตรวจพบทั้งแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 0-2, 8.1-22.3 และ 2,524-6,012 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และเมื่อสกัด ชิ้นยางรถยนต์ด้วยน้ำที่มีความเป็นกรด-เบส (pH) เท่ากับ 2.5 เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำชะ (leachate) พบว่าสังกะสีถูกชะละลายออกมา 169-463 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม และตรวจไม่พบแคดเมียมและตะกั่ว

นอกจากนี้ Fenner and Clarke (2003) ศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำทะเลบริเวณที่นำยางรถยนต์ไปสร้างเป็นกำแพงกันคลื่น และปะการังเทียม ทั้งจากยางรถยนต์ใหม่และยางรถยนต์เก่าในทะเลนาน 13 ปี พบว่ามีแคดเมียมเท่านั้นที่อาจเป็นปัญหาในน้ำทะเลได้ ทั้งนี้ Collins et al. (1995) ตรวจพบการเพิ่มขึ้นของปริมาณสังกะสี 10 ppm ในน้ำทะเลบริเวณปะการังเทียมที่ทำจากยางรถยนต์หลังจากการใช้ปะการังเทียมประมาณ 3 เดือน และเมื่อศึกษาโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในสัตว์ทะเลที่เกาะอยู่ตามยางรถยนต์ที่ใช้ทำปะการังเทียมในทะเล ได้แก่ Hydroid *(Halecium sp.*), Bryozoa (*Bugula fabellata*), Ascidia (*Styela clava* และ *Ascidiella aspersa*) พบว่ามีเฉพาะสังกะสีที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับปริมาณเริ่มการศึกษา ทั้งนี้การชะละลายของโลหะหนักจะเกิดที่ระยะไม่กี่ไมครอนบริเวณผิวนอกของยางรถยนต์เท่านั้นและอัตราการชะลายจะลดลงเมื่อทิ้งไว้ในทะเลนานขึ้น (Collins et al., 1999)

จะเห็นได้ว่า pH เป็นปัจจัยที่มีผลต่อการชะละลายโลหะหนักในแหล่งน้ำ กล่าวคือ โลหะหนักจะถูกชะละลายออกมาได้มากขึ้นที่ pH ต่ำ หรือในสภาวะที่แหล่งน้ำมีความเป็นกรดสูง (T.A.G. Resource Recovery, 1999) แต่เนื่องจากน้ำทะเลปกติมีค่า pH อยู่ในช่วงที่เป็นกลางค่อนข้างเป็นเบส (7.0-8.5) โอกาสที่โลหะหนักจะถูกชะละลายออกมาจากยางรถยนต์จึงมีน้อยมาก และไม่น่าจะก่อให้เกิดความกังวลใจในการนำยางรถยนต์ไปใช้ประโยชน์

2.3 โลหะหนัก (heavy metal)

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นเกินกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) หรือมีความถ่วงจำเพาะมากกว่าน้ำ 5 เท่าขึ้นไป ตัวอย่างเช่น ปรอท (Hg) ตะกั่ว (Pb) สารหนู (As) แคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) ทองแดง (Cu) สังกะสี (Zn) เป็นต้น (ภาพที่ 2.4) (Matthey, 2001) โลหะหนักแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ โลหะหนักที่มีความเป็นพิษ (toxic elements) เช่น ปรอท ตะกั่ว และแคดเมียม เป็นต้น และโลหะหนักที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต (essential elements) เช่น ทองแดง และสังกะสี เป็นต้น

2.3.1 โลหะหนักที่มีความเป็นพิษ (toxic elements)

โลหะหนักที่มีความเป็นพิษ เมื่อข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จะส่งผลต่อสุขภาพก่อให้เกิดโรคต่างๆ ตั้งแต่มีอาการเล็กน้อยจนถึงอาการรุนแรง และเสียชีวิตได้ โลหะหนักที่เป็นอันตรายต่อ

สุขภาพมากที่สุดได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม และอาร์เซนิก (กระทรวงสาธารณสุข, 2549) ความเป็นพิษของโลหะหนัก เกิดจากร่างกายได้รับสารโลหะหนัก ซึ่งสารโลหะหนักนั้นจะไปรบกวนการทำงานของเอ็นไซม์ของเซลล์และยึดกับเยื่อหุ้มเซลล์ทำให้การควบคุมการลำเลียงของสารต่างๆ ของเยื่อหุ้มเซลล์ผิดปกติไป ความเป็นพิษของโลหะหนักขึ้นอยู่กับรูปแบบทางเคมีของสารประกอบของโลหะหนักแต่ละชนิด และเส้นทางที่ร่างกายได้รับเข้าไป เช่น ทางระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ผิวหนัง เป็นต้น ซึ่งสารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น ซึ่งผลของความเป็นพิษของโลหะหนักต่อกลไกระดับเซลล์มี 5 แบบคือ

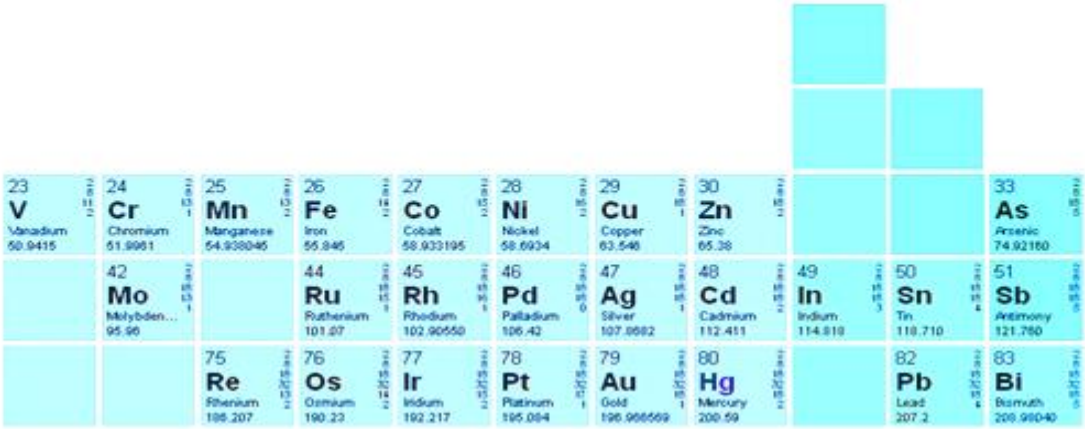
1). ทำให้เซลล์ตาย

2). เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์

3). เป็นตัวการทำให้เกิดมะเร็ง

4). เป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติทางพันธุกรรม

5). ทำความเสียหายต่อโครโมโซม ซึ่งเป็นปัจจัยทางพันธุกรรม



ภาพที่ 2.4 ชนิดของโลหะหนัก (Matthey, 2001)

The Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) ศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพและคุณภาพชีวิตที่ลดลงจากสารอันตรายต่างๆ ได้รวบรวมรายการโลหะหนักที่เป็นอันตรายจัดอันดับไว้เป็น Top 20 HazardousSubstances โดยตะกั่ว และแคดเมียมจัดเป็นโลหะหนักในลำดับที่ 2 และ 7 ใน Top 20 HazardousSubstances การได้รับตะกั่วในปริมาณหนึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดความเป็นพิษเฉียบพลันได้ ตะกั่วมักถูกใช้ในท่อส่งน้ำ ท่อระบายน้ำ และอุปกรณ์ทางทหาร ในทุกๆ ปีมีการใช้ตะกั่วในกระบวนการผลิตต่างๆ ประมาณ 2.5 ล้านตันทั่วโลก ซึ่งส่วนใหญ่ใช้ในแบตเตอรี่ การหุ้มสายเคเบิล และกระสุน นอกจากนี้ยังพบในเม็ดสี พลาสติกพีวีซี ดินสอ

และยาฆ่าแมลง โดยอวัยวะเป้าหมายหลักของมนุษย์ที่ตะกั่วเข้าไปทำปฏิกิริยาคือ กระดูก สมอง ไต และตอมไทรอยด์

แคดเมียมเป็นโลหะสีเงิน มีอยู่น้อยตามธรรมชาติ โดยทั่วไปแคดเมียมที่ปนเปื้อนอยู่ในสิ่งแวดล้อมจะพบในแหล่งทำเหมืองสังกะสีและตะกั่ว แคดเมียมมักถูกใช้ในแบตเตอรี่นิกเกิล-ตะกั่ว พลาสติกพีวีซี และเม็ดสี และสามารถพบแคดเมียมในดินเนื่องจากการใช้ยาฆ่าแมลง ยาฆ่าเชื้อรา และปุย แคดเมียมถูกดูดซับ 15-50% ในระบบทางเดินหายใจ และถูกดูดซับในลำไส ประมาณ 2-7% โดยอวัยวะเปาหมายหลักที่แคดเมียมเข้าไปทำปฏิกิริยาคือ ตับ ไต สมอง ปอด และกระดูก โรคที่เกิดจากพิษของแคดเมียมเรียกว่า โรคอิไต-อิไต (Itai Itai disease) การได้รับแคดเมียมจำนวนมากอาจทำให้เกิดพิษฉับพลันได้ (สุทธินี, 2550)

2.3.1 โลหะหนักที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต (essential elements)

ทองแดงจัดเป็นโลหะหนักที่จำเป็นต่อสิ่งมีชีวิต โดยมีหน้าที่ดูดซึมและใช้ประโยชน์จากเหล็ก (Fe) ในการสร้างฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบของเม็ดเลือดแดง สร้างเนื้อเยื่อคอลลาเจน (collagen) และอีลาสติน (elastin) เป็นตัวกระตุ้นของเอนไซม์ (enzyme) หลายชนิด

สังกะสีเปนโลหะหนักที่จำเปนต่อสิ่งมีชีวิตเช่นเดียวกับทองแดง โดยเฉพาะในรางกายมนุษย์สามารถพบไดในเซลล์เกือบทุกส่วน หน้าที่ของสังกะสี คือ เปนองค์ประกอบของเอนไซม์ซึ่งชวยกระตุ้นการทำงานของเอนไซม์ในรางกาย กือบ 100 ชนิด ช่วยเร่งปฏิกิริยาต่างๆ ในร่างกาย เสริมสร้างภูมิคุ้มกันในร่างกาย ช่วยในกระบวนการสร้าง (DNA) กรดนิวคลิอิค (nucleic acid) ชวยในขบวนการสงผานของกระแสประสาท (neurotransmission) การแสดงออกของยีน (gene expression) สังกะสีช่วยให้การเจริญเติบโตเปนไปตามปกติและชวยในการพัฒนาการของทารก เด็กและผู้ใหญ่ ร่างกายของมนุษย์มีความต้องการสังกะสีในปริมาณต่ำกว่าแร่ธาตุอื่นในร่างกาย เช่น โซเดียม (Na),โปรแตสเซียม (K), แมกนิเซียม (Mg) และ แคลเซียม (Ca) สังกะสีจึงจัดเป็นแร่ธาตุที่ร่างกายต้องการเพียงเล็กน้อย (biological trace element) แต่ต้องได้รับเหมาะสมกับความตองการของรางกายก็จะมีประโยชน์ต่อร่างกายอย่างมาก (สกุลรัตน์, 2549)

นอกจากนี้สังกะสียังเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยจัดเป็นธาตุอาหารรอง (micro mineral) หมายถึงสัตว์น้ำต้องการในปริมาณน้อยเพื่อให้การเจริญเติบโตเป็นไปตามปกติแต่หากขาดก็มีผลทำให้เจริญเติบโตช้า เบื่ออาหาร ปลาดูดซึมสังกะสีจากอาหารได้ดีกว่าจากน้ำ ความต้องการสังกะสีจากอาหารปลาอยู่ในช่วง 15-30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมอาหาร (วีรพงศ์, 2536) นอกจานี้ มาตรฐานคุณภาพน้ำดื่มของประเทศไทยกำหนดเกณฑ์สูงสุดที่ยอมให้มีสังกะสีได้คือ 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 3470) อีกทั้ง มาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของการประปานครหลวง (ตามข้อแนะนำขององค์การอนามัยโลก ปี 2006) ยินยอมให้มีสังกะสี 3.00 มิลลิกรัมต่อลิตร เช่นกัน

2.4 คุณภาพสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันตลอดแนวชายฝั่งทะเลเป็นที่ตั้งของแหล่งอุตสาหกรรม ชุมชน เกษตรกรรม เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตลอดจนเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาการพัฒนาและขยายตัวของกิจกรรมต่างๆ อย่างรวดเร็ว เช่น การเพิ่มขึ้นของโรงแรม บังกะโล รีสอร์ต ตามการขยายตัวของกิจกรรมการท่องเที่ยว การเพิ่มขึ้นของแหล่งชุมชน ที่พักอาศัย การขยายตัวของแหล่งอุตสาหกรรม หรือการขยายพื้นที่เลี้ยงกุ้งกุลาดำ เป็นต้น ล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมชายฝั่ง นอกจากนี้กิจกรรมทางทะเล เช่นการเหมืองแร่ การเดินเรือ การสำรวจและขุดเจาะก๊าซธรรมชาติ การเลี้ยงปลาในกระชัง ก็ส่งผลต่อคุณภาพดินตะกอน คุณภาพน้ำทะเล และสัตว์น้ำด้วยเช่นกัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

2.4.1 มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน

ประเทศไทยยังไม่ได้มีการกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินตะกอน มีเพียงกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน (คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน, 2547) (ภาคผนวก ก) โดยมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมสำหรับแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ไว้ไม่เกิน 37 และ 400 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (mg/kg) และกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นสำหรับแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ไว้ไม่เกิน 810 และ 750 mg/kg ส่วนทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ยังไม่มีการกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพดินไว้ ทั้งนี้ในต่างประเทศได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนไว้เช่นกัน (ตารางที่ 2.8 และ 2.9)

ตารางที่ 2.8 เกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอน (หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักแห้ง)

Guideline	สารหนู	แคดเมียม	โครเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	ปรอท	สังกะสี	ที่มา
Florida DEP[1] Sediment quality guidelines – threshold effect level	7.24	0.68	52.3	18.7	30.2	0.13	124	MacDonale, 1994
Florida DEP[2] Sediment quality guidelines – probable effect level	41.6	4.21	160	108	112	0.7	271	
HongKong[3] Draft sediment quality guidelines - lower	8	1.5	80	65	75	0.5	200	HKGS,1998
HongKong[4] Draft sediment quality guidelines - higher	42	4	160	110	110	1	270	
Australia and New Zealand draft Interim sediment quality guidelines - low[1]	20	1.5	80	65	50	0.15	200	ANZECC, 1998
Australia and New Zealand draft Interim sediment quality guidelines-higher[2]	70	9.6	370	270	220	1	410	

หมายเหตุ: 1 = ค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Threshold Effect Level, TEL)

2 = ค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Probable Effect Level, PEL)

3 = ค่าความเข้มข้นที่สามารถทำการขุดลอกตะกอนดินได้

4 = ค่าความเข้มข้นที่สามารถขุดลอกตะกอนดินได้ โดยต้องผ่านการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อม

ตารางที่ 2.9 เกณฑ์ค่ามาตรฐานของดินตะกอนในต่างประเทศ (mg/kg น้ำหนักแห้ง) (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

โลหะหนัก	สหรัฐอเมริกา		ออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์		ฮ่องกง		ไทย (proposed guideline)	
	ERL	ERM	ISQV-Low	ISQV-High	ISQV-Low	ISQV-High	ERL	ERM
Cd	1.2	9.6	1.5	10	1.5	9.6	1.2	9.6
Cr	81	370	80	370	80	370	81	370
Cu	34	270	65	270	65	270	34	270
Pb	46.7	218	50	220	75	218	46.7	218
Zn	150	410	200	410	200	410	150	410

หมายเหตุ: ERL = Effect Range Low

ERM = Effect Range Median

ISQV = Interim Sediment Quality Values

2.4.2 มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

กรมควบคุมมลพิษได้ตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งทั่วประเทศอย่างต่อเนื่องทุกปี ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดชายทะเล 23 จังหวัด ได้แก่ ตราด จันทบุรี ระยอง ชลบุรี ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ กรุงเทพฯ (เขตบางขุนเทียน) สมุทรสาคร สมุทรสงคราม เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ชุมพร สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช สงขลา ปัตตานี นราธิวาส (ไม่รวมพัทลุง) ระนอง พังงา ภูเก็ต กระบี่ ตรัง และสตูล โดยเก็บตัวอย่าง 2 ครั้ง/ปี ในช่วงฤดูร้อนและต้นฤดูฝน มีสถานีเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 300 สถานี โดยตรวจวัดพารามิเตอร์ที่กำหนดในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง

ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งได้กำหนดมาตรฐานของพารามิเตอร์ต่างๆไว้ ได้แก่ วัตถุลอยน้ำ (ขยะลอยน้ำ) น้ำมันหรือไขมันบนผิวน้ำ สีและกลิ่น อุณหภูมิ ความเป็นกรด-ด่าง ความเค็ม ความโปร่งใส ออกซิเจนละลาย แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม ไนเต

รท-ไนโตรเจน ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส ปรอททั้งหมด แคดเมียม โครเมียม โครเมียมเฮกซาวาเลนท์ ตะกั่ว ทองแดง แมงกานีส สังกะสี เหล็ก ฟลูออไรด์ คลอรีนคงเหลือ ฟีนอล แอมโมเนีย-ไนโตรเจน ซัลไฟด์ ไซยาไนด์ พีซีบี ค่ารวมของสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีนและกัมมันตภาพรังสี (ค่าความแรงรังสีรวมแบบแอลฟา และเบตา) นอกจากนั้น ในบางสถานียังมีการตรวจวัดบางพารามิเตอร์นอกเหนือจากที่กำหนดในมาตรฐาน เช่น ปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน สารหนู แบคทีเรียกลุ่ม *Enterococci* และ *Vibrio* เป็นต้น (ภาคผนวก ข)

2.4.3 คุณภาพดินตะกอนปากแม่น้ำบริเวณอ่าวไทยตอนบน

อ่าวไทยตอนในซึ่งเป็นบริเวณปากแม่น้ำประกอบไปด้วยแม่น้ำสายหลัก 4 สาย คุณภาพตะกอนดินชายฝั่งบริเวณอ่าวไทยตอนในมีปริมาณโลหะหนักบางชนิด ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง และโครเมียม เกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Threshold Effect Level =TEL) และพบสังกะสีและตะกั่ว มีค่าเกินมาตรฐานที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Probable Effect Level = PEL) โดยพื้นที่ที่มีปริมาณโลหะหนักเกินมาตรฐาน ได้แก่

- ปากแม่น้ำท่าจีน พบว่าค่าปรอท ตะกั่ว เกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต และค่าสังกะสี เกินมาตรฐานที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
- ปากแม่น้ำแม่กลอง พบค่าปรอท เกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
- ปากแม่น้ำเจ้าพระยา พบค่าทองแดง โครเมียม เกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตและตะกั่วเกินมาตรฐานที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต
- ปากแม่น้ำบางปะกงมีค่าปรอทเกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

สำนักงานโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2544) ได้ศึกษาปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน จำนวน 4 สถานี ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว แคดเมียม สังกะสี และทองแดง พบว่ามีค่า 0.11-0.28 9.45-20.7 0.19-0.45 21.3-38.5 และ 11.5-13.7 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ซึ่งพบว่าปรอทมีค่าเกินมาตรฐานที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

กรมควบคุมมลพิษ (2546) ได้ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในดินตะกอนบริเวณปากแม่น้ำและชายฝั่งทะเลทั่วประเทศไทย โดยศึกษาปริมาณ แคดเมียม ทองแดง เหล็ก ปรอท แมงกานีส ตะกั่ว สังกะสี และสารหนู ในปี 2540-2544 และเก็บรวบรวมข้อมูลจากหลายงานวิจัยที่เคยมีการศึกษามาเปรียบเทียบกัน (ตารางที่ 2.10)

ตารางที่ 2.10 ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนในปี 2540-2544 (mg/kg น้ำหนักแห้ง) (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

ปี	แคดเมียม	ทองแดง	เหล็ก	ปรอท	แมงกานีส	ตะกั่ว	สังกะสี	สารหนู	พื้นที่ศึกษา	ที่มา
2540	0.74	9.19	-	-	-	18	-	-	-	กัลยา (2544)
2540	0.2-0.3	8-16	-	-	-	10-35	30-60	-	-	Chevaporn & Sawangwong (1997)
2540	-	-	-	-	-	-	-	13-43	ปากแม่น้ำบางปะกง-ศรีราชา	ไพฑูรย์ (2541)
2540	-	6.2-26	-	0.02-2.80	-	2.0-185	19-79	-	-	กรมควบคุมมลพิษ (2541)
2541	Nd-0.9	Nd-33.5	-	0.005-2.135	-	Nd-222.8	3.1-80.9	Nd-27.1	ทั่วประเทศ	กรมควบคุมมลพิษ (2542)
2541	0.67	7.62	-	-	-	13.4	-	-	-	กัลยา (2544)
2541	0.19-0.45	11.5-13.7	-	0.011-0.28	-	9.45-20.7	21.3-38.5	-	-	สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม (2542)
2542	Nd-0.746	0.008-61.5	-	Nd-0.872	-	0.003-87.7	0.025-641	Nd-56.4	-	กรมควบคุมมลพิษ (2544)
2542	0.45	5.52	-	-	-	8.64	-	-	-	กัลยา (2544)
2542	0.07	46.51	0.042	-	0.004	29.06	77.2	-	ปากแม่น้ำบางปะกง	สุวรรณา และไพฑูรย์ (2543)
2542	-	-	-	0.397-0.5 0.304-0.448	-	-	-	-	ปากแม่น้ำเจ้าพระยา (ฤดูแล้ง) (ฤดูฝน)	สิทธิพันธ์ (2542)
2543	-	-	-	0.010-0.242	-	-	-	-	-	จุมพล (2545)
2544	-	-	-	0.015-0.292	-	-	-	-	-	จุมพล (2545)
2544	0.01-0.55	1.27-63.12	1.01-160.67	0.21-4.96	0.02-3.63	2.27-36.63	0.66-133	-	ฝั่งทะเลตะวันออก	สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล (2545)
2544	-	-	-	0.054-0.188 0.001-0.293	-	-	-	-	สมุทราปราการ มาบตาพุด	กรมควบคุมมลพิษ (2545 ข)

หมายเหตุ: Nd = non detected

2.4.4 คุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา

รายงานสถานการณ์คุณภาพน้ำทะเลบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ณ บริเวณห่างจากฝั่ง 500 เมตร ซึ่งเป็นบริเวณใกล้เคียงกับชายฝั่งทะเลบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า (กรมควบคุมมลพิษ, 2554) พบว่าคุณภาพน้ำอยู่ในสภาพเสื่อมโทรมมาก และตรวจพบแคดเมียม <0.10-0.10 ไมโครกรัมต่อลิตร (µg/l) ตะกั่ว 0.50-3.67 µg/l ทองแดง 0.50-3.41 µg/l และสังกะสี 7.43-8.70 µg/l และในช่วงปี 2544-2547 ตรวจพบแคดเมียม <0.008-0.100 µg/l ตะกั่ว 4.7-14.9 µg/l ทองแดง 9.83-11.00 µg/l และสังกะสี 15.00-48.10 µg/l ในช่วงปี 2548-2553 พบแคดเมียม <0.001-0.100 µg/l ตะกั่ว 1.01-3.67 µg/l ทองแดง <1.000-3.410 µg/l และสังกะสี <2.000-359 µg/l ทั้งนี้ตามมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลกำหนดให้มีแคดเมียม $\leq$ 5 µg/l ทองแดง $\leq$ 8 µg/l ตะกั่ว $\leq$8.5 µg/l และสังกะสี $\leq$ 50 µg/l (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล) (ตารางที่ 2.11)

ตารางที่ 2.11 สถานการณ์คุณภาพน้ำทะเล (โลหะหนัก) บริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ตั้งแต่ปี 2544-2554 (กรมควบคุมมลพิษ)

โลหะหนัก	พ.ศ. (µg/l)			มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (µg/l)
	2544-2547	2548-2553	2554	
แคดเมียม	<0.008-0.1	<0.001-0.1	<0.1-0.1	$\leq$5
ทองแดง	9.83-11.0	1.0-3.41	0.5-3.41	$\leq$8
ตะกั่ว	4.7-14.9	1.01-3.67	0.5-3.67	$\leq$8.5
สังกะสี	15.0-48.1	<2.0-359	7.43-8.7	$\leq$50

2.3.4 คุณภาพสัตว์น้ำ

เนื่องจากสัตว์น้ำสามารถสะสมโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำและตะกอนดินไว้ในเนื้อเยื่อ และถ่ายทอดผ่านห่วงโซ่อาหารซึ่งส่งผลต่อมนุษย์ได้ ดังนั้นการศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนักในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตเกาะติดจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะนอกจากจะป้องกันอันตรายที่เกิดขึ้นกับมนุษย์แล้ว ยังเป็นการติดตามตรวจสอบการปนเปื้อนและการชะละลายออกของโลหะหนักจากยางรถยนต์ได้

กรมควบคุมมลพิษ (2541) และกรมควบคุมมลพิษ (2542) ได้ศึกษาการสะสมของโลหะหนักในเนื้อเยื่อสัตว์น้ำโดยศึกษาปริมาณการปนเปื้อน ปรอท สารหนู แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี และโครเมียม ในตัวอย่างสัตว์น้ำซึ่งเก็บรวบรวมจากชาวประมงที่ทำการประมงในบริเวณใกล้เคียงหรือจุดเก็บตัวอย่างกำหนดโดยตรง และเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานต่างๆ ที่อนุญาตให้มีได้ในสัตว์น้ำ (ตารางที่ 2.12)

นอกจากนี้ พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล (2552) รายงานว่าแคดเมียมเป็นโลหะหนักที่แต่ละประเทศกำหนดแตกต่างกันในสัตว์น้ำชนิดเดียวกัน และแตกต่างกันตามชนิดของสัตว์น้ำ ระดับที่กำหนดอยู่ระหว่าง 0.05–2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (ไมโครกรัมต่อกรัม) แม้แต่ในมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศยังไม่มีข้อยุติ โดยมีการเสนอไว้ดังนี้ สัตว์น้ำมีเปลือก เช่นกุ้ง ยกเว้น ล็อบเตอร์และเนื้อปูที่มีสีแดง (ส่วนก้ามปู) 0.5 มิลลิกรัม/กิโลกรัม กลุ่มมอลลัสค์ส เช่น หอยและหมึก 1.0 มิลลิกรัม/กิโลกรัม

ปริมาณแคดเมียม ปรอท ตะกั่ว และสังกะสี ในตัวอย่างเนื้อเยื่อหอยแมลงภู่ (*Perna viridis*) หอยนางรม (*Saccostrea commercialis*) และหอยตลับ (*Meretrix meretrix*) จากบริเวณดอนหอยหลอด จังหวัดสมุทรสงคราม ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำลำดับที่ 1099 ในอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญในระดับนานาชาติ พบปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมเท่ากับ 0.13±0.07, 0.47±0.29 และ 0.15±0.05 ตะกั่วเท่ากับ 1.74±1.33, 1.01±0.87 และ 1.71±1.77 และสังกะสีเท่ากับ 8.94±1.84, 105.92±59.35 และ 10.60±2.92 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ (ทิพย์วรรณ แซ่มา และวิษณุ นิยมไทย, 2553)

อภิรดี เมืองเดช (2553) รายงานปริมาณการสะสมของโลหะหนักในหอยแครงแตกต่างกันไปตามชนิดของโลหะหนัก พบว่าสังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ แคดเมียม ปรอท และตะกั่ว โดยพบปริมาณเฉลี่ยของโลหะหนักดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 84.906, 0.427, 0.312 และ 0.222 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม (น้ำหนักเปียก) ตามลำดับ

ตารางที่ 2.12 ระดับของโลหะหนักที่อนุญาตให้มีได้ในสัตว์น้ำ (หน่วย: มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) (กรมควบคุมมลพิษ, 2541 และ 2542)

ประเทศ	ประเภทผลิตภัณฑ์	สารหนู	โครเมียม	แคดเมียม	ทองแดง	ปรอท	ตะกั่ว	สังกะสี	เอกสารอ้างอิง
ไทย	อาหาร	2	-	-	20	0.5	1	100	กระทรวงสาธารณสุข (2529)
	ปลา	-	-	0.05	-	-	0.2	-	สำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ
	กุ้ง (รวมทั้งและปู)	-	-	2.0	-	-	0.5	-	
	หอย (และหมึก)	-	-	2.0	-	-	1.0	-	
กรีก	ปลาและผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ	-	-	-	-	0.7	-	-	FAO
ฝรั่งเศส	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	-	-	0.5	-	-	"
	ปลาทูน่าและปลากระโทงแทง	-	-	-	-	0.7	-	-	"
เยอรมัน	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	0.5	-	0.5	-	-	"
เดนมาร์ก	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	0.05	-	0.3	-	-	"
	ตับปลา	-	-	0.5	-	-	-	-	"
	หอยทุกชนิด	-	-	0.5	-	0.3	-	-	"
เนเธอร์แลนด์	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	0.05	-	1.0	-	-	"
	หอยนางรมและหอยลาย	-	-	0.7	-	1.0	-	-	"
	หอยชนิดอื่น	-	-	0.5	-	0.3	-	-	"
สเปน	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	0.5	-	0.5	-	-	"
สวิตเซอร์แลนด์	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	0.1	-	-	-	-	"
สหรัฐอเมริกา	ปลาและผลิตภัณฑ์	-	-	-	-	0.5	-	-	USFDA
อิตาลี	ปลาและผลิตภัณฑ์					0.7			FAO
	หมึก			2.0					
แคนาดา	ปลาและผลิตภัณฑ์					0.5			Uthe and Bligh (1971) อ้างตามแววตา ทองระอา และคณะ (2536)
	ปลา				100		10	100	
ออสเตรเลีย	ปลาและผลิตภัณฑ์			0.2					FAO
	หอยทุกชนิด			2.0					
นิวซีแลนด์	ปลาและผลิตภัณฑ์			1.0					"
ญี่ปุ่น	ปลา					0.4			"
ฮ่องกง	ปลาและผลิตภัณฑ์			2.0					"
ทัสมาเนีย	ปลา			5.5	30			40	Eustace (1974) อ้างตามแววตา ทองระอา และคณะ (2536)

1) การสะสมแคดเมียม (Cd) ในหอย

ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อเยื่อตัวอย่างหอยที่เก็บรวบรวมจากปากแม่น้ำต่างๆ (ตารางที่ 2.13) ค่ามาตรฐานที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (ไม่เกิน 2.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ตารางที่ 2.13 ปริมาณการปนเปื้อนแคดเมียมในเนื้อเยื่อหอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก;) (กรมควบคุมมลพิษ, 2546)

สถานที่	ชนิดของหอย			
	หอยแมลงภู่	หอยลาย/หอยหวาน	หอยแครง	หอยขาว/หอยตลับลาย
ปากแม่น้ำระยอง	<0.005	<0.0056	-	-
ปากแม่น้ำบางปะกง	<0.0054 *1.0*	-	0.31 *4.86*	-
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	0.158	-	0.513 *2.78*	-
ปากแม่น้ำท่าจีน	0.063 *1.42*	-	0.28 *20.51*	-
ปากแม่น้ำแม่กลอง	<0.0054 *0.89*	-	0.021 *10.79*	-
ปากแม่น้ำเพชรบุรี	0.45 *1.49*	-	1.53 *12.85*	-
ปากแม่น้ำปราณบุรี	-	0.79	-	-
ปากแม่น้ำชุมพร	0.64 *40.91*	-	0.56 *3.83*	-
ปากแม่น้ำหลังสวน	0.58 *13.64*	-	0.412	-
ปากแม่น้ำตาปี-พุมดวง	0.47	-	1.58	-
ปากแม่น้ำปากพนัง	0.071	-	1.34 *18.75*	-
ปากแม่น้ำปัตตานี	<0.005 *2.01*	-	<0.007 *57.41*	-
ปากแม่น้ำตรัง	-	-	<0.007	<0.0046

2) การสะสมทองแดง (Cu) ในหอย

ปริมาณทองแดง ที่พบในเนื้อเยื่อตัวอย่างหอยทั้งหมดที่ทำการตรวจวัด (ตารางที่ 2.14) มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข (ไม่เกิน 20 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ตารางที่ 2.14 ปริมาณการปนเปื้อนทองแดงในเนื้อเยื่อหอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) กรมควบคุมมลพิษ (2546)

สถานที่	ชนิดของหอย			
	หอยแมลงภู่	หอยลาย/หอยหวาน	หอยแครง	หอยขาว/หอยตลับลาย
ปากแม่น้ำระยอง	1.184	1.01	-	-
ปากแม่น้ำบางปะกง	1.44 *1.33*	-	1.10 *1.50*	-
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	2.09	-	1.62 *1.53*	-
ปากแม่น้ำท่าจีน	1.65 *1.85*	-	0.694 *1.81*	-
ปากแม่น้ำแม่กลอง	1.53 *1.53*	-	0.97 *1.204*	-
ปากแม่น้ำเพชรบุรี	1.31 *1.38*	-	0.75 1.71	-
ปากแม่น้ำปราณบุรี	-	5.07	-	-
ปากแม่น้ำชุมพร	1.91 *1.82*	-	0.99 *1.61*	-
ปากแม่น้ำหลังสวน	1.26 *1.44*	-	1.106	-
ปากแม่น้ำตาปี-พุมดวง	1.68	-	1.30	-
ปากแม่น้ำปากพนัง	1.22	-	1.33 *1.134*	-
ปากแม่น้ำปัตตานี	1.29 *1.51*	-	0.51 *11.57*	-
ปากแม่น้ำตรัง	-	-	0.73	1.18

3) การสะสมตะกั่ว (Pb) ในหอย

ปริมาณตะกั่ว ที่พบในเนื้อเยื่อตัวอย่างหอยที่ทำการตรวจวัด (ตารางที่ 2.15) ส่วนใหญ่มีค่าไม่เกินมาตรฐานที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข และที่กำหนดโดยสำนักงานคณะกรรมการแห่งชาติว่าด้วยมาตรฐานอาหารระหว่างประเทศ (ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักเปียก)

ตารางที่ 2.15 ปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในเนื้อเยื่อหอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) กรมควบคุมมลพิษ (2546)

สถานที่	ชนิดของหอย			
	หอยแมลงภู่	หอยลาย/หอยหวาน	หอยแครง	หอยขาว/หอยตลับลาย
ปากแม่น้ำระยอง	<0.018	<0.019	-	-
ปากแม่น้ำบางปะกง	<0.018 *<0.002*	-	0.023 *<0.002*	-
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	<0.018	-	<0.023 *<0.002*	-
ปากแม่น้ำท่าจีน	<0.018 *<0.002*	-	<0.023 *0.053*	-
ปากแม่น้ำแม่กลอง	<0.018 *<0.002*	-	<0.023 *0.012*	-
ปากแม่น้ำเพชรบุรี	<0.018 *0.009*	-	<0.023 *0.021*	-
ปากแม่น้ำปราณบุรี	-	0.035	-	-
ปากแม่น้ำชุมพร	<0.018 *0.013*	-	0.023 *<0.002*	-
ปากแม่น้ำหลังสวน	<0.018 *0.007*	-	<0.023	-
ปากแม่น้ำตาปี-พุมดวง	<0.018	-	<0.023	-
ปากแม่น้ำปากพนัง	1.76	-	<0.023 *0.021*	-
ปากแม่น้ำปัตตานี	<0.018 *0.040*	-	<0.023 *0.007*	-
ปากแม่น้ำตรัง	-	-	<0.023	<0.015

4) การสะสมสังกะสี (Zn) ในหอย

ปริมาณสังกะสี ที่พบในเนื้อเยื่อตัวอย่างหอยทั้งหมดที่ทำการตรวจวัด (ตารางที่ 2.16) มีค่าไม่เกินมาตรฐานของประเทศไทยที่กำหนดโดยกระทรวงสาธารณสุข (ไม่เกิน 100 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก)

ตารางที่ 2.16 ปริมาณการปนเปื้อนสังกะสีในเนื้อเยื่อหอย (มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม น้ำหนักเปียก) กรมควบคุมมลพิษ (2546)

สถานที่	ชนิดของหอย			
	หอยแมลงภู่	หอยลาย/หอยหวาน	หอยแครง	หอยขาว/หอยตลับลาย
ปากแม่น้ำระยอง	16.51	13.36	-	-
ปากแม่น้ำบางปะกง	10.29 *19.45*	-	13.56 *33.10*	-
ปากแม่น้ำเจ้าพระยา	16.69	-	20.49 *40.74*	-
ปากแม่น้ำท่าจีน	10.45 *26.55*	-	15.07 *33.80*	-
ปากแม่น้ำแม่กลอง	11.2 *37.09*	-	17.82 *47.69*	-
ปากแม่น้ำเพชรบุรี	13.78 *22*	-	24.95 *57.87*	-
ปากแม่น้ำปราณบุรี	-	28.60	-	-
ปากแม่น้ำชุมพร	12.15 *45.82*	-	43.77 *7.52*	-
ปากแม่น้ำหลังสวน	10.29 *22.73*	-	36.50	-
ปากแม่น้ำตาปี-พุมดวง	11.15	-	21.62	-
ปากแม่น้ำปากพนัง	13.78	-	24.86 *31.94*	-
ปากแม่น้ำปัตตานี	10.38 *37.27*	-	32.48 *50.70*	-
ปากแม่น้ำตรัง	-	-	13.68	16.26

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 สถานที่ทำการศึกษาวิจัย

3.1.1 การศึกษาภาคสนาม

การศึกษาภาคสนาม ทำการดำเนินการศึกษาวิจัย บริเวณแนวกันคลื่น (เสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว) ที่สร้างในปี 2547 (แนวยางรถยนต์เก่า) แนวกันคลื่นฯ สร้างในปี 2550 (แนวยางรถยนต์ใหม่) และบริเวณนอกแนวกันคลื่น เพื่อเก็บตัวอย่างดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติด นำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก

3.1.2 การศึกษาในห้องปฏิบัติการ

1) การตรวจวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างดินตะกอน น้ำทะเล และสิ่งมีชีวิตเกาะติด ในห้องปฏิบัติการของสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) การศึกษาวิจัยการชะละลายโลหะหนักจากชิ้นยางรถยนต์ในห้องปฏิบัติการของสหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และสถาบันวิจัยทรัพยากรทางน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วัสดุอุปกรณ์ / เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.1 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกภาคสนาม

1) ขวดพลาสติก (polyethylene หรือ Nalgene) เก็บตัวอย่างน้ำทะเล ขนาด 1 ลิตร
2) แกลลอน ขนาด 10 ลิตร
3) กล่องโฟม
4) เทปพลาสติก
5) ถุงพลาสติกใส
6) Core sample
7) ไม้บรรทัดพลาสติกสำหรับตัดหน้าดิน
8) ถุงพลาสติกซิป
9) มีดสำหรับเก็บตัวอย่างหอยทะเล
10) ปากกา permanent

3.2.2 วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1) กรวยสกัด (Separatory Funnel) ขนาด 500 มิลลิลิตร
2) แท่นเหล็กสำหรับวางกรวยแยก
3) หลอดแก้วสำหรับย่อยสลายดิน (Digestion tube)
4) บีกเกอร์
5) กระบอกตวง
6) แท่งแก้ว
7) ช้อนตักสาร
8) ขวดปรับปริมาตร (Volumetric flask)
9) โกร่งบดดิน
10) ตะแกรงร่อน (sieve) ขนาด 100, 200 mesh
11) พาราฟิล์ม
12) กระดาษฟอยด์
13) pH paper
14) Boiling chip
15) ชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็ก
16) ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
17) กรวยพลาสติก
18) กระดาษกรอง Whatman No.42 (เส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร)
19) ขวดปรับปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร (แบบพลาสติก)
20) ขวดพลาสติก HDPE (High Density Poly-Ethylene)

3.2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) pH meter
2) DO meter
3) STC meter (Salinity Temperature Conductivity)
4) เครื่องเขย่าสาร (Shaker)
5) pH meter
6) Refractometer
7) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

8) เครื่องย่อยสลายดิน (Block digester)

9) Flame Atomic Absorption Spectrophotometer (FAAS)

3.3 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 สารเคมีที่ใช้ในการออกภาคสนาม

1) กรดไนตริก (1:1) เพื่อรักษาสภาพตัวอย่างน้ำทะเล

3.3.2 สารเคมีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ

1) Ammonium pyrrolidine dithiocarbamate (APDC)

2) Methyl Isobutyl Ketone (MIBK)

3) Buffer solution (HCl 2% v/v และ NH_4OH 50% v/v)

4) กรดไนตริกเข้มข้น (HNO_3, concentrated) AR grade

5) กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl, concentrated)

6) กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$, 70%)

7) กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (HSO_4, concentrated)

8) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)

9) โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

10) 0.2% (v/v) Nitric acid

11) สารละลายมาตรฐาน Cu, Cd, Pb และ Zn

12) น้ำบริสุทธิ์ค่า Resistivity $\geq$18 เมกะโอห์ม-cm

3.4 การดำเนินงานวิจัย

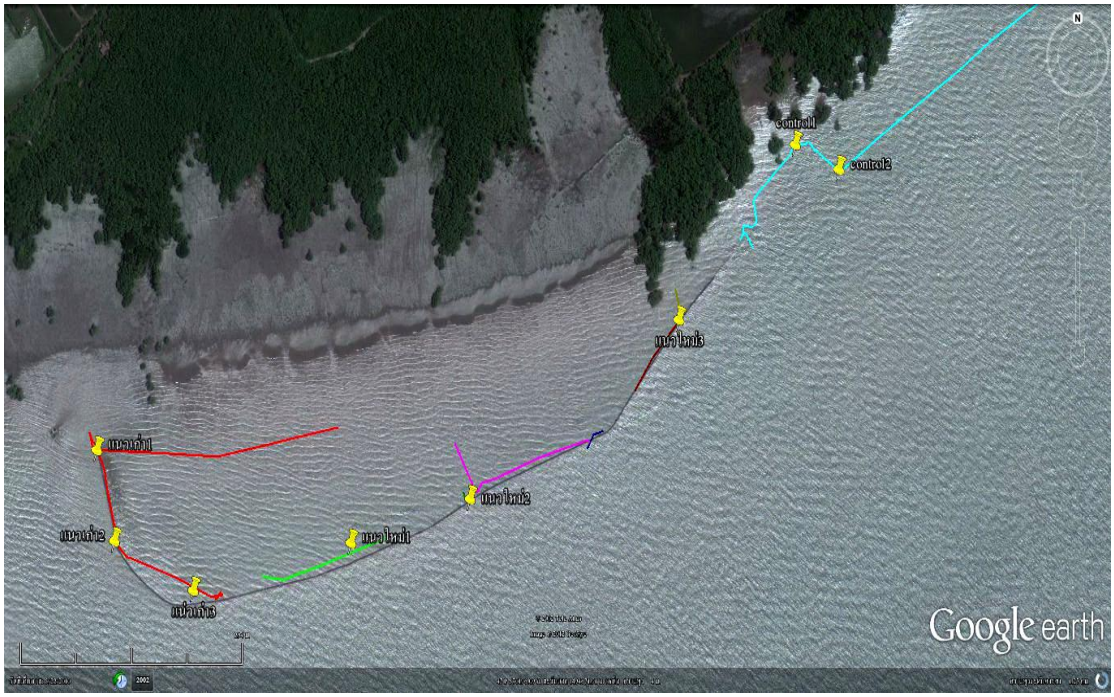
3.4.1 ศึกษารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย

รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยทั้งในและต่างประเทศ เช่น กรมควบคุมมลพิษ, กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กระทรวงสาธารณสุข, สถาบันวิจัยยาง, International Rubber Study Group (IRSG), Rubber World เป็นต้น รวมทั้งรวบรวมข้อมูลมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งและข้อมูลคุณภาพน้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่น ป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการตั้งแต่ปี 2546 (ก่อนสร้างแนวกันคลื่น) ปี 2547 (เริ่มสร้างแนวกันคลื่น) จนถึงปีปัจจุบัน

3.4.2 วางแผนการศึกษาวิจัย

1) การศึกษาวิจัยภาคสนาม

กำหนดจุดเก็บตัวอย่าง ดังภาพที่ 3.1 และเก็บตัวอย่างดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติดใน 2 ช่วง คือ ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์) และช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) โดยเก็บตัวอย่างดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตจำพวกเกาะติดบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547, แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 และบริเวณนอกแนวกันคลื่น



ภาพที่ 3.1 จุดเก็บตัวอย่าง ดินตะกอน น้ำทะเล และสิ่งมีชีวิตเกาะติด บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ

2) การวิจัยในห้องปฏิบัติการวางแผนการวิจัยแบบ Factorial Experimental Design ทำ 3 ซ้ำ ปัจจัยหลักในการศึกษาวิจัยคือ ความเค็ม 3 ระดับ (2, 15 และ 30 ppt) และ pH 3 ระดับ (5, 8และ 9) ทั้งนี้ความเค็ม และ pH กำหนดตามพื้นฐานของข้อมูลดังนี้คือความเค็ม $\leq$ 7 ppt คือความเค็มวิกฤติที่ส่งผลต่อสัตว์น้ำจืด (Boyd and Tucker, 1998), ความเค็ม10-15 ppt คือความเค็มน้ำทะเลช่วงน้ำหลาก (ฤดูฝน) และพบชนิดพรรณไม้ป่าชายเลนขึ้นมากที่สุด (วาณิชยา นิลวิเชียร และคณะ, 2553) และความเค็ม 29-35 ppt คือความเค็มปกติของน้ำทะเลชายฝั่ง (กรมควบคุมมลพิษ, 2534) ส่วน pH 5-6 คือ pH วิกฤติของน้ำทะเลในสภาพกรดที่ส่งผลสิ่งมีชีวิตเกาะติด (Locke, 2008),

pH 7.0-8.5 คือ pH น้ำทะเลปกติ (กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, 2553) และ pH 9 คือ pH วิกฤติของน้ำทะเลในสภาพเบสที่ส่งผลสิ่งมีชีวิตเกาะติด (Andrea Locke, 2008) โดยการศึกษาวิจัยมีทั้งหมด 19 ตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1) และ 1 หน่วยทดลองคือ Erlenmeyer flask ขนาด 250 มล. ใส่น้ำทะเลหรือน้ำทะเลสังเคราะห์จำนวน 150 มล.

ตารางที่ 3.1 ตำรับทดลองในการศึกษาวิจัย

ตำรับทดลอง	สิ่งทดลอง
1	น้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น (pH=7.5 ความเค็ม=7 ppt) (ควบคุม)
2	น้ำทะเลสังเคราะห์ (pH=7.5 ความเค็ม=7 ppt) (ควบคุม)
3	น้ำทะเล (ตำรับทดลองที่ 1) + ยางรถยนต์ (ควบคุม)
4	น้ำทะเล (ตำรับทดลองที่ 2) + ยางรถยนต์ (ควบคุม)
5	น้ำทะเลสังเคราะห์ (ความเค็ม = 7 ppt) และ pH = 5 + ยางรถยนต์
6	น้ำทะเลสังเคราะห์ (ความเค็ม = 7 ppt) และ pH = 8 + ยางรถยนต์
7	น้ำทะเลสังเคราะห์ (ความเค็ม = 7 ppt) และมี pH = 9 + ยางรถยนต์
8	น้ำทะเลสังเคราะห์ (pH = 7.5) และมี ความเค็ม = 2 ppt + ยางรถยนต์
9	น้ำทะเลสังเคราะห์ (pH = 7.5) และมี ความเค็ม = 15 ppt + ยางรถยนต์
10	น้ำทะเลสังเคราะห์ (pH = 7.5) และมี ความเค็ม = 30 ppt + ยางรถยนต์
11	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 5 ความเค็ม = 2 ppt + ยางรถยนต์
12	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 5 ความเค็ม = 15 ppt + ยางรถยนต์
13	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 5 ความเค็ม = 30 ppt + ยางรถยนต์
14	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 8 ความเค็ม = 2 ppt + ยางรถยนต์
15	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 8 ความเค็ม = 15 ppt + ยางรถยนต์
16	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 8 ความเค็ม = 30 ppt + ยางรถยนต์
17	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 9 ความเค็ม = 2 ppt + ยางรถยนต์
18	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 9 ความเค็ม = 15 ppt + ยางรถยนต์
19	น้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 9 ความเค็ม = 30 ppt + ยางรถยนต์

หมายเหตุ: ชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็ก หนัก 1.0 กรัม และน้ำทะเลสังเคราะห์เตรียมจากการเติม NaCl และ HCl 2% v/v

3.4.3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

1) การศึกษาวิจัยภาคสนาม

1.1) การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างดินตะกอน จากยางรถยนต์เส้นล่างสุด (มีผลจากการได้รับการชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์มากที่สุด) โดยการเก็บตัวอย่างดินตะกอนโดยใช้ core sampler ความยาวประมาณ 50 ซม. ซึ่งต่อกับท่อพีวีซีมีความยาวประมาณ 3 เมตร จากนั้นหุ้ม core sampler ที่มีตัวอย่างดินตะกอน ด้วยถุงพลาสติก เก็บใส่ลังโฟม นำตัวอย่างใส่ตู้เย็นไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตจำพวกเกาะติด (หอยทะเล) โดยการสุ่มจับตัวอย่างที่เกาะติดกับยางรถยนต์เส้นล่างสุด ใส่ในถุงพลาสติกซิป และนำไปบรรจุในลังโฟมที่ใส่น้ำแข็งไว้ ส่งตัวอย่างเข้าห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ภายในเวลา 24 ชั่วโมง ถ้าหากยังไม่ได้ทำการวิเคราะห์ทันที นำตัวอย่างใส่ตู้เย็นไว้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 4 °C เพื่อรักษาสภาพตัวอย่าง

1.2) การเตรียมสารเคมี

วิธีการเตรียม 1% APDC

(1) ชั่ง APDC 1 กรัม ละลายน้ำบริสุทธิ์ (Resistivity 18 เมกะโอห์ม-cm) 50 มล. แล้วเจือจางจนมีปริมาตรเป็น 100 มล. ใน Volumetric flask เขย่าให้ละลาย

(2) การทำให้ 1% APDC บริสุทธิ์ขึ้น

(2.1) สกัด 1% APDC ด้วย MIBK 2 ครั้ง ด้วยอัตราส่วน MIBK : 1% APDC เท่ากับ 1:10 (MIBK 10 มล. : 1% APDC 100 มล.) โดยใช้เวลาสกัดนานครั้งละ 5 นาที ใน กรวยสกัด ขนาด 500 มล.

(2.2) ทิ้งไว้ 2 นาที เพื่อให้สารละลายแยกชั้น ไขสารละลายชั้นล่าง (aqueous phase) เพื่อนำไปสกัดครั้งที่ 2 สังเกตสีของชั้น Organic phase ว่ายังมีสีเหลืองเจือจางหรือไม่ หากมีต้องทำการสกัดซ้ำ

1.3) การเตรียมและการสกัดตัวอย่าง

(1) ดินตะกอน

นำตัวอย่างดินตะกอนที่แช่เย็นไว้มาศึกษาวิจัยตามระดับความลึก 3ระดับ (ระดับละ 3 ซ้ำ) คือ ที่ระดับความลึกดิน 0-2, 2-4 และ 4-6 ซม. โดยใช้ไม้บรรทัดวัดและตัดหน้าดิน

จากนั้นนำไปสกัดเพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในดินตะกอน ด้วยวิธี HNO_3-$HClO_4$ โดยใช้ Block digester ดัดแปลงจาก Amacher (1996) มีขั้นตอนดังนี้

(1.1) อบดินตัวอย่างที่อุณหภูมิ 50-70 ˚C

(1.2) นำดินมาบดให้เล็กลง ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 100 และ 200 เมช (0.075 มม.)

(1.3) คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วสุ่มเก็บตัวอย่างแต่ละดิน เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณ Cu, Cd, Pb และ Zn ในดินตะกอน

(1.4) ชั่งตัวอย่างดินตะกอน 1 กรัม ลงในหลอดแก้วสำหรับย่อยสลายดิน (digestion tube)

(1.5) เติม mix HNO_3-$HClO_4$ (1:2) จำนวน 10 มล. ลงใน digestion tube ทิ้งไว้ประมาณ 12 ชั่วโมง

(1.6) ย่อยสลายดินด้วยเครื่องย่อยสลายดิน (block digester) โดยเริ่มที่อุณหภูมิ 60 ˚C แล้วค่อยๆ เพิ่มเป็น 200 ˚C เพื่อควบคุมไม่ให้เกิดความรุนแรงของปฏิกิริยามากเกินไป (ตารางที่ 3.2)

(1.7) เมื่อการย่อยสมบูรณ์ นำ digestion tube ออกจาก block digester ทิ้งไว้ให้เย็น

(1.8) เจือจางสารละลายตัวอย่างที่ได้ด้วยน้ำกลั่น แล้วกรองลงในขวดปรับปริมาตร ผ่านกระดาษกรอง Whatman No. 42 เส้นผ่านศูนย์ขนาดกลาง 110 มม.

(1.9) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 50 มล. เทใส่ขวด HDPE

(1.10) นำสารละลายที่ได้วัดหาปริมาณ Cd Cu Pb และ Zn ด้วย FAAS

ตารางที่ 3.2 วิธีย่อยสลายดินด้วยวิธี $HNO_3 : HClO_4$ สำหรับวิเคราะห์ปริมาณ Cd, Cu, Pb และ Zn

วิธีย่อยสลายดิน	องค์ประกอบ	น้ำหนักดิน (กรัม)	ปริมาตรกรด (มล.)	อุณหภูมิและเวลาที่ใช้
Nitric and Perchloric Acid (HNO_3-$HClO_4$)	1:2	1	10	1) 60 °C 15 นาที 2) 100 °C 15 นาที 3) 140 °C 30 นาที 4) 170 °C 30 นาที 5) 200 °C 2-3 ชั่วโมง

(2) สิ่งมีชีวิตเกาะติด

การเตรียมและการสกัดตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์โลหะหนักในสิ่งมีชีวิตเกาะติด ดัดแปลงจาก EPA method 3052 (1996) โดยมีขั้นตอนดังนี้

(2.1) ล้างตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเกาะติด (หอยทะเล) ให้สะอาด

(2.2) นำไปอบที่อุณหภูมิ 50-70 °C

(2.3) หั่นตัวอย่างให้เป็นชิ้นขนาดเล็ก บดให้ละเอียดด้วยโกร่ง

(2.4) นำไปชั่ง โดยเครื่องชั่งละเอียดให้ได้น้ำหนัก 0.5 กรัม

(2.5) เติมกรดไนตริกเข้มข้น (conc.HNO_3) จำนวน 9 มล.

(2.6) เติมกรดไฮโดรคลอริก (conc.HCl) จำนวน 1 มล.

(2.7) เติมไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) จำนวน 2 มล.

(2.8) ใส่ boiling chip ลงไปแล้วนำไปให้ความร้อนด้วยเครื่องย่อยสลายดิน (block digester)

(2.9) ทำการย่อยสลายดินด้วย block digester ค่อยๆ เพิ่มอุณหภูมิจนถึง 180 °C ประมาณ 5-10 นาที จากนั้นปรับอุณหภูมิไว้ที่ 180 °C เพื่อให้การย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยใช้เวลาประมาณ 9.5 นาที

(2.10) ทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman No.42 ลงในขวดปรับปริมาตร แล้วปรับปริมาตรจนครบ 50 มล. ด้วยน้ำกลั่น

(2.11) นำสารละลายที่ได้วัดปริมาณ Cd Cu Pb และ Zn ด้วย FAAS

1.4) การวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำสารละลายตัวอย่างดินตะกอน และสิ่งมีชีวิตเกาะติด ที่ได้จากการสกัดไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วย FAAS

สูตรการคำนวณปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน

$$\text{ปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน (mg/kg)} = (B \times df \times D)/A$$

เมื่อ A = น้ำหนักดิน B = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลาย (มิลลิลิตร)
df = อัตราส่วนเจือจาง D = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง AAS

สูตรการคำนวณปริมาณโลหะหนักในหอยทะเล

$$\text{ปริมาณโลหะหนักในหอยทะเล (µg/g)} = (B \times df \times D)/A$$

เมื่อ A = น้ำหนักหอยทะเล (กรัม) B = ปริมาตรสุดท้ายของสารละลาย (มิลลิลิตร)
df = อัตราส่วนเจือจาง D = ความเข้มข้นที่อ่านได้จากเครื่อง AAS

2) การศึกษาการชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในห้องปฏิบัติการ

นำชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็ก จำนวน 1 กรัม ใส่ลงในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในชุดควบคุม และชุดทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลง ความเค็มของน้ำ 3 ระดับ และ pH ของน้ำ 3 ระดับ (ตารางที่ 3.1) จำนวนขวดละ 150 มิลลิลิตร รวมทั้งหมด 19 ตำรับทดลอง (57 หน่วยทดลอง) จากนั้นจำลองโดยนำขวดรูปชมพู่ทั้งหมดที่ใส่ชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็ก ไปเขย่าด้วยเครื่องเขย่า (shaker) ณ ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (Perez and Roman, 2007) จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำ สกัด และวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำที่มาจากชิ้นยางรถยนต์ โดยเตรียมสิ่งทดลองตามตำรับทดลอง (ตารางที่ 3.1)

การเตรียมและการสกัดตัวอย่างในชิ้นยางรถยนต์ขนาดเล็ก เพื่อวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) มีขั้นตอนดังนี้

2.1) เก็บขวดตัวอย่างทั้งหมดที่ใส่ชิ้นยางรถยนต์ที่มีการเปลี่ยนแปลง pH และความเค็มของน้ำในระดับต่างๆ ที่นำไปเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง

2.2) กรองเอาชิ้นยางรถยนต์ออกจากน้ำตัวอย่างของแต่ละหน่วยทดลอง จากนั้นตวงตัวอย่างน้ำจำนวน 150 มล. ถ่ายใส่กรวยแยกขนาด 500 มล.

2.3) ทำการตรวจสอบว่าตัวอย่างน้ำทะเลได้รับการเก็บรักษาสภาพโดยทำให้ pH $\leq$ 2 หรือไม่ ทำการวัดโดยใช้ pH meter หรือ pH paper

2.4) นำตัวอย่างน้ำแต่ละหน่วยทดลองไปปรับ pH ให้มีค่าอยู่ระหว่าง 4-5 ด้วย 2% HNO_3 และ 50% NH_4OH

2.5) เติม 1% APDC จำนวน 10 มล. จากนั้นเขย่า 20 วินาที

2.6) เติม MIBK 15 มล.

2.7) เขย่าสารละลายให้เข้ากันนาน 5 นาที หลังจากนั้นทิ้งไว้ 2 นาที เพื่อให้แยกชั้น ไขชั้นน้ำ (aqueous phase) ทิ้งไป

2.8) เติม conc. HNO_3 1 มล. และเขย่านาน 20 วินาที ตั้งทิ้งไว้ 2 นาที

2.9) เติมน้ำบริสุทธิ์ 10 มล. เขย่านาน 5 นาที ทิ้งไว้ 2 นาที เพื่อให้แยกชั้น

2.10 ไขชั้นน้ำ (aqueous phase) ใส่ขวด HDPE (High Density Polyethylene) ปรับปริมาตรสุดท้ายให้ได้ 50 มล. ด้วยน้ำกลั่น สามารถเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C ไม่เกิน 7 วันก่อนวิเคราะห์ด้วย AAS

สูตรการคำนวณปริมาณโลหะหนักจากยางรถยนต์ในน้ำตัวอย่าง

ปริมาณโลหะหนักจากยางรถยนต์ในน้ำตัวอย่าง (mg/L) = (A-B) x V / (WxVs)

เมื่อ A = ความเข้มข้นของ element ที่อ่านได้จากเครื่อง (mg/l)

B = ความเข้มข้นของ method blank ที่อ่านได้ (mg/l)

V = Final Volume (ml) Vs = ปริมาตรของตัวอย่างที่ใช้ (ml)

W = น้ำหนักยางรถยนต์

3.4.4 พารามิเตอร์ และวิธีการวิเคราะห์

การศึกษาวิจัยครั้งนี้มีการตรวจวัดพารามิเตอร์ต่างๆ ณ จุดเก็บตัวอย่างบริเวณแนวกันคลื่นที่ทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว เช่น ความเป็นกรด-เบส ความเค็ม อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย (DO) ในน้ำทะเล รวมทั้งเก็บตัวอย่างน้ำทะเลมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องมือและวิธีการต่างๆ (ตารางที่ 3.3)

ตารางที่ 3.3 พารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์

พารามิเตอร์	วิธีการวิเคราะห์	ดิน	น้ำ	สิ่งมีชีวิตเกาะติด
ความเป็นกรด-เบส(pH)	pH meter	-	+	-
ความเค็ม (Salinity)	Conductivity	-	+	-
อุณหภูมิ (°C)	Thermometer	-	+	-
ออกซิเจนละลาย (DO)	DO meter	-	+	-
สังกะสี(Zn)	AAS	+	+	+
ตะกั่ว (Pb)	AAS	+	+	+
ทองแดง (Cu)	AAS	+	+	+
แคดเมียม (Cd)	AASμ	+	+	+

หมายเหตุ : (+) หมายถึง ทำการวิเคราะห์ (-) หมายถึง ไม่ทำการวิเคราะห์

3.5 วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

นำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาวิจัยมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance; ANOVA) หากพบว่ามีพารามิเตอร์ใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ Duncan’s New Multiple Rang Test (DMRT)

บทที่ 4
ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

4.1 สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า

โดยปกติแล้วสภาพแวดล้อมของน้ำทะเล ได้แก่ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย (DO) ความเค็ม ความเป็นกรด-เบส (pH) ของน้ำทะเล จะมีค่าค่อนข้างคงที่ ไม่เปลี่ยนแปลงมาก แต่จะมีปัจจัยที่ส่งผลต่อสภาพแวดล้อมของน้ำทะเล นั่นก็คือ ลมมรสุมของประเทศไทย ซึ่งได้แก่ ลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (เดือนตุลาคม-กุมภาพันธ์) และลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนพฤษภาคม-กันยายน) โดยเฉพาะในช่วงฤดูลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน น้ำจากแผ่นดินจะไหลลงสู่ทะเล ทำให้สภาพแวดล้อมของน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้าเปลี่ยนแปลงไปได้

4.1.1 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

สภาพแวดล้อมของน้ำทะเลบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วที่ใช้เป็นแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าทุกพารามิเตอร์คือ อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH ของน้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 และบริเวณนอกแนวกันคลื่น ล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2549)

ทั้งนี้ อุณหภูมิน้ำทะเลอยู่ในช่วง 29.0-29.7 องศาเซลเซียส (°C) โดยเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.8-32.1°C ค่า DO มีค่าอยู่ในช่วง 4.13-5.11 mg/l (ค่ามาตรฐาน DO ไม่น้อยกว่า 4 mg/l) ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 7.0-8.0 psu โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าความเค็มต่ำสุด (7.0 psu) และ pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.5-7.7 (ค่ามาตรฐาน pH = 7.0-8.5) (ตารางที่ 4.1)

กล่าวได้ว่าช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ การมีแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วไม่ส่งผลทางลบต่อสภาพแวดล้อมของน้ำทะเล และเมื่อพารามิเตอร์ชี้วัด คือ อุณหภูมิ, DO ความเค็ม, และ pH ซึ่งล้วนอยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

ตารางที่ 4.1 สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล (อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล
อุณหภูมิ (°C)	29.4-29.5	29.0-29.5	29.6-29.7	Δ1
DO (mg/l)	4.17-5.00	4.13-4.74	4.48-5.11	ไม่น้อยกว่า 4
ความเค็ม (psu)	7.0-8.0	7.0-7.8	7.0-7.8	Δ10%
pH	7.5-7.6	7.5-7.7	7.5-7.6	7.0-8.5

หมายเหตุ: 1) อุณหภูมิ: เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติ
ความเค็ม: มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าความเค็มต่ำสุด

2) มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ภาคผนวก ค)

4.1.2 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สภาพแวดล้อมของน้ำทะเลบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วที่ใช้เป็นแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่าทุกพารามิเตอร์คือ อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH ของน้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 และบริเวณนอกแนวกันคลื่น ล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2549)

ทั้งนี้ อุณหภูมิน้ำทะเลอยู่ในช่วง 28.8-29.0 °C โดยเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 °C จากสภาพธรรมชาติบริเวณปากแม่น้ำเจ้าพระยา ซึ่งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 27.8-32.1 °C ค่า DO มีค่าอยู่ในช่วง 4.50-5.20 mg/l (ค่ามาตรฐาน DO คือไม่น้อยกว่า 4 mg/l) ความเค็มมีค่าอยู่ในช่วง 2.0-2.6 psu โดยมีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าความเค็มต่ำสุด (1.9 psu) และ pH มีค่าอยู่ในช่วง 7.6-7.8 (ค่ามาตรฐาน pH = 7.0-8.5) (ตารางที่ 4.2)

กล่าวได้ว่าช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ การมีแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วไม่ส่งผลทางลบต่อสภาพแวดล้อมของน้ำทะเล และเมื่อพารามิเตอร์ชี้วัด คือ อุณหภูมิ, DO ความเค็ม, และ pH ซึ่งล้วนอยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

ตารางที่ 4.2 สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล (อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

สภาพแวดล้อมของน้ำทะเล	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล
อุณหภูมิ (°C)	28.8-29.0	28.8-29.0	28.9-29.0	Δ1
DO (mg/l)	4.60-5.10	4.50-5.00	4.70-5.00	ไม่น้อยกว่า 4
ความเค็ม (psu)	2.0-2.4	2.3-2.5	2.2-2.6	Δ10%
pH	7.6-7.8	7.7-7.8	7.7-7.8	7.0-8.5

หมายเหตุ: 1) อุณหภูมิ: เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน 1 องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติ
ความเค็ม: มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ 10 ของค่าความเค็มต่ำสุด

2) มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 27 (พ.ศ.2549) เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ภาคผนวก ค)

4.2 การชะละลายโลหะหนักจากแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า

สภาพการณ์การใช้ประโยชน์จริงของแนวกันคลื่นจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วในพื้นที่บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า อาจเกิดการชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวกันคลื่น เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีที่มีอยู่ในยางรถยนต์และตัวกระตุ้นคือการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมของน้ำทะเลตามช่วงฤดูลมมรสุม โดยปัจจัยหลักที่ทำให้โลหะหนักชะละลายออกมาได้คือ pH และความเค็มของน้ำทะเล ซึ่งอาจส่งผลต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า โดยเฉพาะส่งผลต่อปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน ในน้ำทะเล และในสิ่งมีชีวิตเกาะติด บริเวณแนวกันคลื่น ดังนั้นจึงต้องมีการศึกษาวิจัยถึงผลของการมีแนวกันคลื่นต่อปริมาณโลหะหนักในดินตะกอน น้ำทะเล และสิ่งมีชีวิตเกาะติดในบริเวณดังกล่าว ทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยและลดความกังวลใจสำหรับการนำยางรถยนต์มาใช้ประโยชน์ในทะเล

4.2.1 ปริมาณโลหะหนัก (Cd Cu Pb และZn) ในดินตะกอน

1) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิดในดินตะกอนตามระดับความลึก ที่เก็บจากบริเวณแนวกันคลื่นและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ พบว่าปริมาณแคดเมียมและตะกั่วในดินตะกอนทุกระดับความลึก (0-6 ซม.) มีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ซึ่งกำหนดปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไว้ไม่เกิน 37 และ 400 mg/kg ตามลำดับ และอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ซึ่งกำหนดปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไว้ไม่เกิน 810 และ 750 mg/kg ตามลำดับ(ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน) (ภาคผนวก ข)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณแคดเมียมที่ระดับ 0-2 ซม. บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยบริเวณนอกแนวกันคลื่นและแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 พบปริมาณแคดเมียมมากกว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (F-Value = 5.83*; ตารางที่ 4.3) ส่วนปริมาณตะกั่วทุกระดับความลึกดินตะกอน (0-6 ซม.) บริเวณนอกแนวกันคลื่นมีค่ามากกว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 25550 (F-Value 0-2, 2-4, 4-6 cm = 6.01*, 3.55* และ 3.62* ตามลำดับ; ตารางที่ 4.3) และเมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมและตะกั่วตามระดับความลึกของดินตะกอนที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 เซนติเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณทองแดงที่ระดับความลึก 4-6 ซม. บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value = 3.60*; ตารางที่ 4.4) โดยบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีค่ามากกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง ส่วนปริมาณสังกะสีที่ระดับความลึก 0-2 ซม. บริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 25550 (แนวยางใหม่) มีค่ามากกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นและแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และ (F-Value = 4.53*; ตารางที่ 4.4) และเมื่อพิจารณาปริมาณทองแดงและสังกะสีตามระดับความลึกของดินตะกอนที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 เซนติเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่ตรวจวัดได้จากบริเวณแนวกันคลื่นและนอกแนวกันคลื่นนั้นพบว่าปริมาณแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.68-2.05 mg/kg ปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 19.99-59.50 mg/kg ปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง1.15-24.62 mg/kg และปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วง 92.72-139.97 mg/kg (ตารางที่ 4.3 – ตารางที่ 4.4) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงและสังกะสีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต ไว้ดังนี้คือ ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มีค่าไม่เกิน 1.5, 50, 65 และ 200 mg/kg ตามลำดับ ถึงแม้ว่าปริมาณแคดเมียมและตะกั่วบริเวณแนวกันคลื่น จะมีค่าเกินมาตรฐานดังกล่าวแต่ยังคงไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ที่กำหนดค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Probable Effect Level, PEL) ให้ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไม่เกิน 9.6 และ 220 mg/kg (ANZECC, 1998)

ถึงแม้ว่าประเทศไทยยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานดินตะกอน มีเพียงค่ามาตรฐานดินสำหรับแคดเมียมและตะกั่วที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรมและเพื่อการอื่นๆ อีกทั้งยังไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานสำหรับทองแดงและสังกะสีในดินไว้ แต่จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนทุกระดับความลึกที่เก็บจากบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 และบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบนซึ่งพบปริมาณทองแดงและสังกะสีอยู่ในช่วง 5.08-44.85 และ 22.75-169.34 mg/kg ตามลำดับ (สาโรจน์ เริ่มดำริห์ และคณะ, 2552)

ทั้งนี้ประเทศไทยมีการเสนอค่ามาตรฐาน (proposed guideline) สำหรับปริมาณโลหะหนักในดินตะกอนทั้ง 4 ชนิดไว้ดังนี้คือ ค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 1.2, 46.7, 34 และ 150 mg/kg ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เท่ากับ 9.6, 218, 270 และ 410 mg/kg ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ซึ่งค่ามาตรฐานดังกล่าวมีค่าตรงกับเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนของประเทศสหรัฐอเมริกา (USA) จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณโลหะหนักบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา และไม่เกินค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้เกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนของ Florida DEP Sediment quality guidelines-threshold effect level กำหนดค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 0.68, 30.2, 18.7 และ 124 mg/kg ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เท่ากับ 4.21, 112, 108 และ 271 mg/kg ตามลำดับ (MacDonale, 1994) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะหนักบริเวณแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าว และไม่เกินค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้ทองแดงและสังกะสีจัดเป็นธาตุอาหารที่จำเป็น (Essential element) ต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต โดยทองแดงมีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง เกี่ยวข้องกับการพัฒนาของกระดูกและเป็นองค์ประกอบสำคัญของเลือดของกุ้ง ปู และปลา ในอาหารปลาควรมีธาตุทองแดงอยู่ระหว่าง 1.5-5.0 mg/kg

ส่วนสังกะสีเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ โดยสัตว์น้ำต้องการปริมาณน้อยเพื่อให้การเจริญเติบโตเป็นไปอย่างปกติ ปลาต้องการธาตุสังกะสีประมาณ 15-30 mg/kg แต่เนื่องจากธาตุตัวอื่นๆอาจมีผลต่อการขัดขวางการดูดซึมของสังกะสี อาหารปลาจึงควรมีธาตุสังกะสีประมาณ 150 mg/kg (แหล่งเรียนรู้ทางด้านประมง, 2553) ถึงแม้ว่าปริมาณสังกะสีในดินตะกอนบริเวณแนวกันคลื่นจะมีค่าสูงกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น แต่ยังคงอยู่ในช่วงของปริมาณสังกะสีในอาหารปลามีค่าไม่เกิน 150 mg/kg

จากผลการศึกษาจะเห็นว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นพบปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มากกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง และปริมาณโลหะหนักทั้งสามบริเวณยังมีค่าน้อยกว่ามาตรฐานคุณภาพดินและดินตะกอนในต่างประเทศ

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นไม่ได้ละลายออกมาสะสมในดินตะกอนจนส่งผลกระทบทางลบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า

ตารางที่ 4.3 ปริมาณแคดเมียม (Cd) และ ตะกั่ว (Pb) ในดินระดับต่างๆ (μg/g) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ปริมาณแคดเมียม (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	$^{A}1.45\text{-}1.55^{b}\pm0.05$	$^{A}0.85\text{-}1.25^{a}\pm0.21$	$^{A}1.43\text{-}1.68^{b}\pm0.14$	5.83*
2-4 cm	$^{A}1.50\text{-}1.85^{a}\pm0.22$	$^{A}0.68\text{-}1.48^{a}\pm0.43$	$^{A}1.43\text{-}1.45^{a}\pm0.01$	1.84^{NS}
4-6 cm	$^{A}1.40\text{-}2.05^{a}\pm0.35$	$^{A}1.10\text{-}1.70^{a}\pm0.31$	$^{A}1.28\text{-}1.48^{a}\pm0.11$	1.10^{NS}
F-value	0.30^{NS}	0.52^{NS}	0.99^{NS}	-

ปริมาณตะกั่ว (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	$^{A}35.00\text{-}47.00^{b}\pm6.11$	$^{A}25.72\text{-}30.99^{a}\pm2.75$	$^{A}34.50\text{-}39.00^{ab}\pm2.47$	6.01*
2-4 cm	$^{A}39.00\text{-}57.50^{b}\pm9.44$	$^{A}19.99\text{-}35.00^{a}\pm7.94$	$^{A}32.24\text{-}38.24^{ab}\pm3.03$	3.55*
4-6 cm	$^{A}39.50\text{-}59.50^{b}\pm10.10$	$^{A}25.24\text{-}38.75^{a}\pm6.83$	$^{A}34.24\text{-}34.50^{ab}\pm0.25$	3.62*
F-value	0.29^{NS}	0.25^{NS}	1.21^{NS}	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ตารางที่ 4.4 ปริมาณทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในดินระดับต่างๆ (μg/g) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ปริมาณทองแดง (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}4.35-14.38^{a}±5.03	^{A}1.15-9.34^{a}±4.44	^{A}4.10-7.55^{a}±1.92	0.52^{NS}
2-4 cm	^{A}7.63-21.88^{a}±7.24	^{A}3.40-6.80^{a}±1.76	^{A}2.48-7.02^{a}±4.89	2.94^{NS}
4-6 cm	^{A}8.15-24.62^{b}±8.96	^{A}4.15-8.22^{ab}±2.04	^{A}2.33-4.97^{a}±3.40	3.60*
F-value	0.28^{NS}	0.08^{NS}	0.86^{NS}	-

ปริมาณสังกะสี (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}106.11-111.85^{ab} ±2.91	^{A}92.78-107.47^{a} ±7.43	^{A}108.46-133.09^{b} ±13.00	4.53*
2-4 cm	^{A}104.33-112.77^{a} ±4.23	^{A}100.71-108.62^{a} ±4.00	^{A}95.03-137.30^{a} ±21.70	0.30^{NS}
4-6 cm	^{A}93.56-121.22^{a} ±13.93	^{A}97.81-131.83^{a} ±17.26	^{A}92.72-139.97^{a} ±23.63	0.12^{NS}
F-value	0.01^{NS}	1.15^{NS}	0.19^{NS}	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

2) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิดในดินตะกอนตามระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร ที่เก็บจากบริเวณแนวกันคลื่นฯ และนอกแนวกันคลื่นฯ ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พบว่า ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วในดินตะกอนทุกระดับความลึกมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ซึ่งกำหนดปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไว้ไม่เกิน 37 และ 400 mg/kg และอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจากการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม ซึ่งกำหนดปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไว้ไม่เกิน 810 และ 750 mg/kg (ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 25 พ.ศ. 2547 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน) (ภาคผนวก ข)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณแคดเมียม และตะกั่วทุกระดับความลึกดินตะกอนบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง และนอกแนวกันคลื่นไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดย F-Value แคดเมียม ที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 cm = 1.96^{ns}, 2.30^{ns} และ 3.00^{ns} ตามลำดับ และ F-Value ตะกั่ว ที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 cm = 0.24^{ns}, 0.32^{ns} และ 0.27^{ns} ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาปริมาณแคดเมียมและตะกั่วตามระดับความลึกของดินตะกอนที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 เซนติเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.5)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณสังกะสีที่ระดับความลึกดิน 0-2 ซม. บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นทั้งสองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value สังกะสี 0-2 cm = 12.91*; ตารางที่ 4.6) และเมื่อพิจารณาปริมาณทองแดงและสังกะสีตามระดับความลึกของดินตะกอนที่ระดับ 0-2, 2-4 และ 4-6 เซนติเมตร พบว่าไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.6)

ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่ตรวจวัดได้จากบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้นั้นพบว่าปริมาณแคดเมียมอยู่ในช่วง 1.70-2.40 mg/kg ปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 41.97-64.73 mg/kg ปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 6.30-28.97 mg/kg และปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วง 98.83-119.06 mg/kg (ตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6) ซึ่งจะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงและสังกะสีมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนที่ไม่มีความเป็นพิษต่อ

สิ่งมีชีวิต ไว้ดังนี้คือ ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี มีค่าไม่เกิน 1.5, 50, 65 และ 200 mg/kg ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าปริมาณแคดเมียมและตะกั่วบริเวณแนวกันคลื่นฯ ในฤดูตะวันตกเฉียงใต้จะมีค่าเกินมาตรฐานเช่นเดียวกันกับฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ แต่ยังคงไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศออสเตรเลียและนิวซีแลนด์ที่กำหนดค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต (Probable Effect Level, PEL) ให้ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วไม่เกิน 9.6 และ 220 mg/kg (ANZECC, 1998)

จากผลการวิจัยพบว่าปริมาณทองแดงและสังกะสีในดินตะกอนทุกระดับความลึกที่เก็บจากบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 และบริเวณนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูตะวันตกเฉียงใต้ (ตารางที่ 4.6) มีค่าอยู่ในช่วงเดียวกันกับบริเวณชายฝั่งทะเลของอ่าวไทยตอนบน ซึ่งพบปริมาณทองแดงและสังกะสีอยู่ในช่วง 5.08-44.85 และ 22.75-169.34 mg/kg ตามลำดับ (สาโรจน์ เริ่มดำริห์ และคณะ, 2552) เช่นเดียวกันกับในฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ค่ามาตรฐานของประเทศไทยที่จะเสนอให้มีค่ามาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนทั้ง 4 ชนิดคือ ค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 1.2, 46.7, 34 และ 150 mg/kg ตามลำดับ และค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เท่ากับ 9.6, 218, 270 และ 410 mg/kg ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2549) ซึ่งค่ามาตรฐานดังกล่าวมีค่าตรงกับเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนของประเทศสหรัฐอเมริกา (USA) จะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะหนักบริเวณแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานของทั้งประเทศไทยและประเทศสหรัฐอเมริกา และไม่เกินค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต

นอกจากนี้ปริมาณโลหะหนักบริเวณแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานดังกล่าวและไม่เกินค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตตามเกณฑ์มาตรฐานโลหะหนักในดินตะกอนของ Florida DEP Sediment quality guidelines-threshold effect level ที่กำหนดค่าความเข้มข้นที่ไม่มีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตของแคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี เท่ากับ 0.68, 30.2, 18.7 และ 124 ไมโครกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ส่วนค่าความเข้มข้นที่อาจจะมีความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต เท่ากับ 4.21, 112, 108 และ 271 mg/kg ตามลำดับ (MacDonale, 1994)

กล่าวได้ว่าโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด จากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นที่ทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ล้วนอยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพดินในประเทศไทยและมาตรฐานดินตะกอนในต่างประเทศ อีกทั้งไม่ได้ละลายออกมาสะสมในดินตะกอนจนส่งผลกระทบทางลบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า

ตารางที่ 4.5 ปริมาณแคดเมียม (Cd) และตะกั่ว (Pb) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ปริมาณแคดเมียม (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}1.72-1.98^{a}±0.13	^{A}1.97-2.20^{a}±0.13	^{A}1.80-2.07^{a}±0.14	1.96^{ns}
2-4 cm	^{A}1.77-1.87^{a}±0.05	^{A}2.10-2.25^{a}±0.08	^{A}1.70-2.40^{a}±0.36	2.30^{ns}
4-6 cm	^{A}1.82-1.95^{a}±0.07	^{A}1.97-2.27^{a}±0.15	^{A}1.85-2.10^{a}±0.13	3.00^{ns}
F-value	0.56^{ns}	0.63^{ns}	0.38^{ns}	-

ปริมาณตะกั่ว (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}53.98-56.75^{a}±1.51	^{A}41.97-61.72^{a}±9.88	^{A}47.98-64.73^{a}±8.39	0.24^{ns}
2-4 cm	^{A}50.71-55.95^{a}±2.62	^{A}48.71-63.47^{a}±7.38	^{A}44.49-60.71^{a}±8.18	0.32^{ns}
4-6 cm	^{A}49.73-58.96^{a}±4.62	^{A}48.98-62.23^{a}±6.65	^{A}44.73-60.72^{a}±8.10	0.27^{ns}
F-value	0.21^{ns}	0.26^{ns}	0.24^{ns}	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ตารางที่ 4.6 ปริมาณทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในดินระดับต่างๆ (mg/kg) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

ปริมาณทองแดง (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}26.12-27.67^{a}±0.81	^{A}6.30-27.51^{a}±10.63	^{A}10.32-26.72^{a}±8.29	1.40^{ns}
2-4 cm	^{A}21.58-28.97^{a}±3.74	^{A}10.74-28.89^{a}±9.08	^{A}7.97-24.43^{a}±8.53	0.78^{ns}
4-6 cm	^{A}21.47-28.23^{a}±3.39	^{A}10.17-28.59^{a}±9.48	^{A}8.00-26.14^{a}±9.098	0.87^{ns}
F-value	0.44^{ns}	0.05^{ns}	0.01^{ns}	-

ปริมาณสังกะสี (mg/kg)				
ระดับดิน	นอกแนวกันคลื่น	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547	แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550	F-value
0-2 cm	^{A}111.78-115.32^{b} ±1.77	^{A}113.83-116.60^{b} ±1.46	^{A}108.52-110.11^{a} ±0.80	12.91*
2-4 cm	^{A}98.83-119.06^{a} ±10.46	^{A}115.31-115.78^{a} ±0.24	^{A}108.33-109.45^{a} ±0.56	0.98^{ns}
4-6 cm	^{A}103.62-115.95^{a} ±6.19	^{A}111.77-114.51^{a} ±1.37	^{A}109.20-114.25^{a} ±2.54	0.65^{ns}
F-value	0.26^{ns}	3.47^{ns}	2.47^{ns}	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4.2.2 ปริมาณโลหะหนัก (Cd Cu Pb และZn) ในสิ่งมีชีวิตเกาะติด (หอยทะเล)

1) ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

ปริมาณโลหะหนักในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตเกาะติด (หอยขม) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (ตารางที่ 4.7) พบว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในหอยขม ล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานปริมาณโลหะหนักที่อนุญาติให้มีได้ในเนื้อเยื่อหอยและหมึกตามประกาศกรมควบคุมมลพิษและกระทรวงสาธารณสุข และมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข (2529)

ทั้งนี้ปริมาณแคดเมียมอยู่ในช่วง 0.018-0.028 µg/g ปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 0.265-0.529 µg/g โดยค่ามาตรฐานปริมาณแคดเมียมและตะกั่วที่อนุญาติให้มีได้ในเนื้อเยื่อหอยและหมึกคือไม่เกิน 2.0 และ 1.0 µg/g ตามลำดับ (กรมควบคุมมลพิษ, 2542) ส่วนปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 9.65-13.25 µg/g และปริมาณสังกะสีอยู่ในช่วง 35.93-52.30 µg/g ค่ามาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนกำหนดให้มีปริมาณทองแดงและสังกะสีได้ไม่เกิน 20 และ 100 µg/g ตามลำดับ (กระทรวงสาธารณสุข, 2529) (ตารางที่ 4.9) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพย์วรรณ แซ่มา และ วิษณุ นิยมไทย (2553) รายงานปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีในหอยสองฝามีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.47, 1.01-1.74 และ 8.94-105.92 µg/g ตามลำดับ

ปริมาณแคดเมียม และสังกะสีในหอยทะเลจากแนวกันคลื่นมีค่าต่ำกว่าปริมาณการสะสมแคดเมียมและสังกะสีในหอยแครงของ อภิรดี เมืองเดช (2553) ซึ่งรายงานว่าพบปริมาณแคดเมียมและตะกั่ว 0.427 และ 84.906 µg/g ตามลำดับ

กล่าวได้ว่าโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตเกาะติดบริเวณแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วมีค่าอยู่ในมาตรฐานของกรมควบคุมมลพิษและกระทรวงสาธารณสุข อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดความเป็นพิษรวมถึงไม่ส่งผลต่อการสะสมในสิ่งมีชีวิตเนื่องมาจากการละลายออกจากยางรถยนต์ใช้แล้วที่ใช้ทำเป็นแนวกันคลื่นทั้งสองบริเวณ

ตารางที่ 4.7 ปริมาณโลหะหนัก (Cd Cu Pb และZn) สิ่งมีชีวิตเกาะติด (หอยทะเล) (µg/g) บริเวณในและนอกแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

โลหะหนัก	แนวกันคลื่น สร้างในปี 2547	แนวกันคลื่น สร้างในปี 2550	ค่ามาตรฐาน
แคดเมียม	0.018-0.023	0.023-0.028	ไม่เกิน 2 µg/g
ทองแดง	9.65-10.56	10.93-13.25	ไม่เกิน 20 µg/g
ตะกั่ว	0.265-0.331	0.283-0.529	ไม่เกิน 1 µg/g
สังกะสี	35.93-40.35	37.73-52.30	ไม่เกิน 100 µg/g

2) ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

เนื่องจากในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกรกฎาคม-เดือนสิงหาคม) เป็นช่วงฤดูฝน มีฝนตกตลอดทั้งฤดู น้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่น ป้อมพระจุลจอมเกล้า จึงมีความเค็มลดลงและมีค่าต่ำถึง 2 psu (ตารางที่ 4.2) เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากน้ำจืดที่ไหลมาจากแผ่นดินลงสู่ทะเล ทำให้ไม่พบหอยทะเลซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตเกาะติดที่เกาะอยู่บริเวณแนวกันคลื่น (แนวยางรถยนต์) จึงไม่สามารถเก็บตัวอย่างสิ่งมีชีวิตเกาะติดเพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักได้

4.3 การเปรียบเทียบการชะละลายโลหะหนักในดินตะกอนหนักบริเวณในและนอกแนวกันคลื่น

4.3.1 ฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ

จากการศึกษาวิจัยว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่น ช่วงฤดูลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือทุกระดับความลึกของดินล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของต่างประเทศและมาตรฐานคุณภาพดินของประเทศไทย (proposed guideline) ดังที่กล่าวมาแล้ว (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.8 เกณฑ์ค่ามาตรฐานของดินตะกอนในต่างประเทศ (mg/kg น้ำหนักแห้ง) (กรมควบคุมมลพิษ, 2549)

โลหะหนัก	สหรัฐอเมริกา		ออสเตรเลีย-นิวซีแลนด์		ฮ่องกง		ไทย (proposed guideline)	
	ERL	ERM	ISQV-Low	ISQV-High	ISQV-Low	ISQV-High	ERL	ERM
Cd	1.2	9.6	1.5	10	1.5	9.6	1.2	9.6
Cu	34	270	65	270	65	270	34	270
Pb	46.7	218	50	220	75	218	46.7	218
Zn	150	410	200	410	200	410	150	410

หมายเหตุ: ERL = Effect Range Low

ERM = Effect Range Median

ISQV = Interim Sediment Quality Values

ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในช่วง 1.50-1.65 mg/kg ซึ่งสูงกว่าปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยจากแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 1.09-1.36 และ 1.39-1.51 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.1)

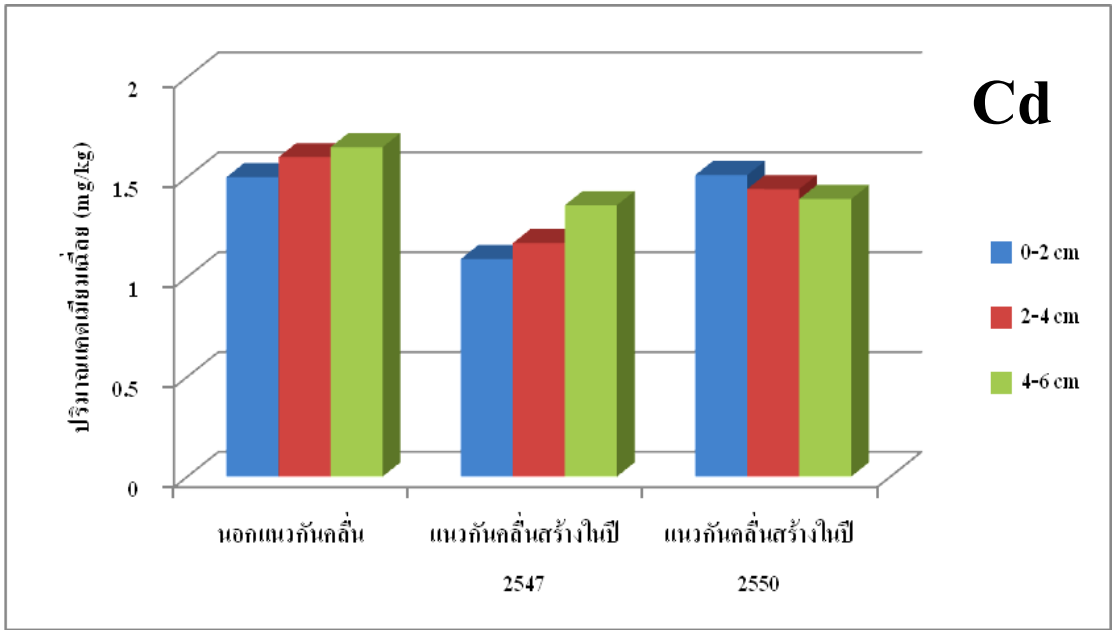
ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร พบว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีปริมาณสูงกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองเช่นเดียวกัน โดยบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 40.33-48.67 mg/kg บริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และ 2550 มีปริมาณตะกั่วอยู่ในช่วง 27.90-31.41 และ 34.49-37.33 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.3)

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมและตะกั่วเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.2 และภาพที่ 4.4) แล้วพบว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีปริมาณแคดเมียมและตะกั่วเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองทุกระดับความลึก อาจเนื่องมาจากบริเวณนอกแนวกันคลื่นไม่มีแนวป้องกันการ

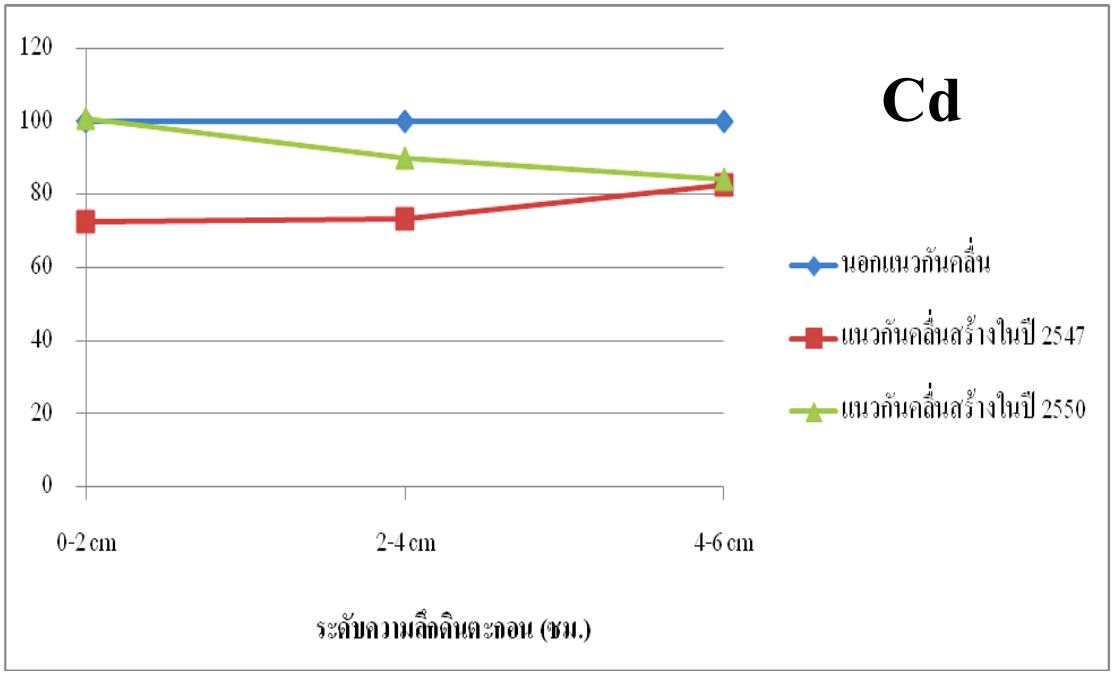
ปะทะคลื่นทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอนที่อยู่ด้านล่าง (ดินเดิม) ซึ่งอาจมีการสะสมของแคดเมียมและตะกั่ว หรืออาจเป็นไปได้ว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นอาจได้รับอิทธิพลของแคดเมียมและตะกั่วมาจากแหล่งอื่นได้ และจะเห็นได้ว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 (แนวยางใหม่) มีปริมาณแคดเมียมและตะกั่วสูงกว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (แนวยางเก่า) อาจเนื่องมาจากแนวยางใหม่มีโอกาสชะละลายแคดเมียมและตะกั่วออกมาได้มากกว่าและเกิดการสะสมอยู่ในดินตะกอนได้

หรืออาจเนื่องมาจากบริเวณแนวกันคลื่นเป็นโครงสร้างที่ทำจากเสาไฟฟ้าซึ่งเป็นเสาปูนมีความเป็นเบส ซึ่งมีผลต่อการชะละลายโลหะหนัก โดยโลหะหนักจะชะละลายออกมาได้น้อยลงเมื่อ pH สูงขึ้น ทำให้พบปริมาณแคดเมียมในบริเวณที่มีแนวกันคลื่นต่ำกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น ถึงแม้ว่าระยะเวลาของการสร้างแนวกันคลื่น จะมีผลต่อปริมาณแคดเมียมและตะกั่วก็ตาม แต่ก็ไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนที่กำหนดไว้และไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล นอกจากนี้ยังมีค่าน้อยกว่าบริเวณที่ไม่มีแนวกันคลื่นที่ทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว (นอกแนวกันคลื่น) อีกด้วย

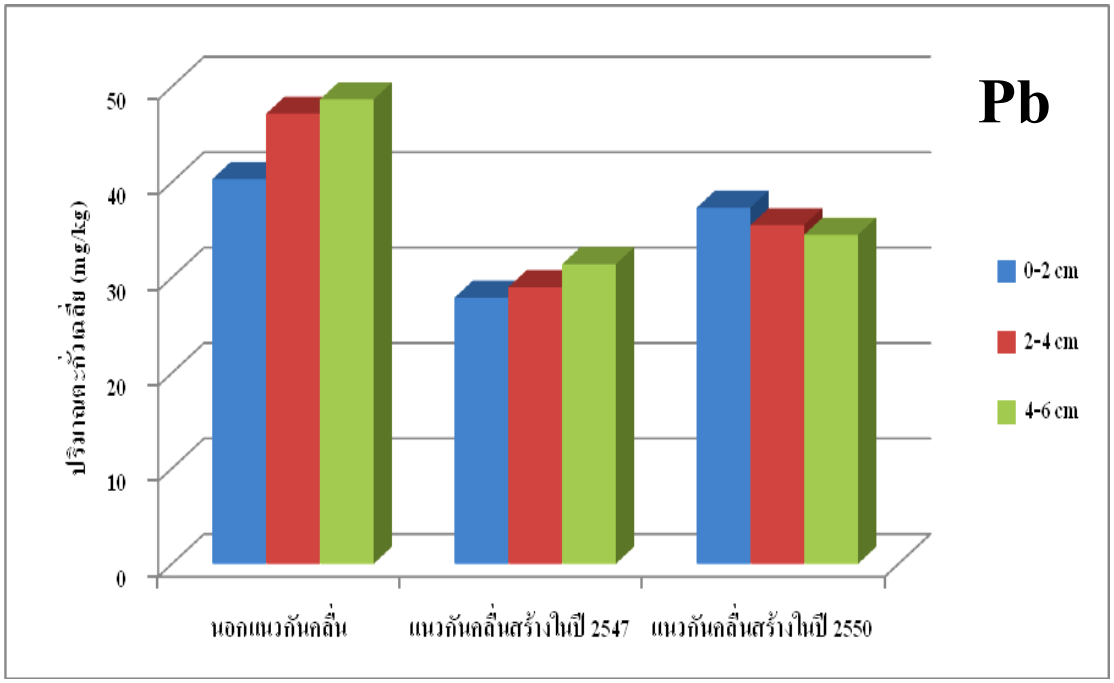
กล่าวได้ว่าการมีแนวกันคลื่นซึ่งทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วนั้นไม่ส่งผลต่อการชะละลายแคดเมียมและตะกั่วที่อาจจะสะสมในดินตะกอน



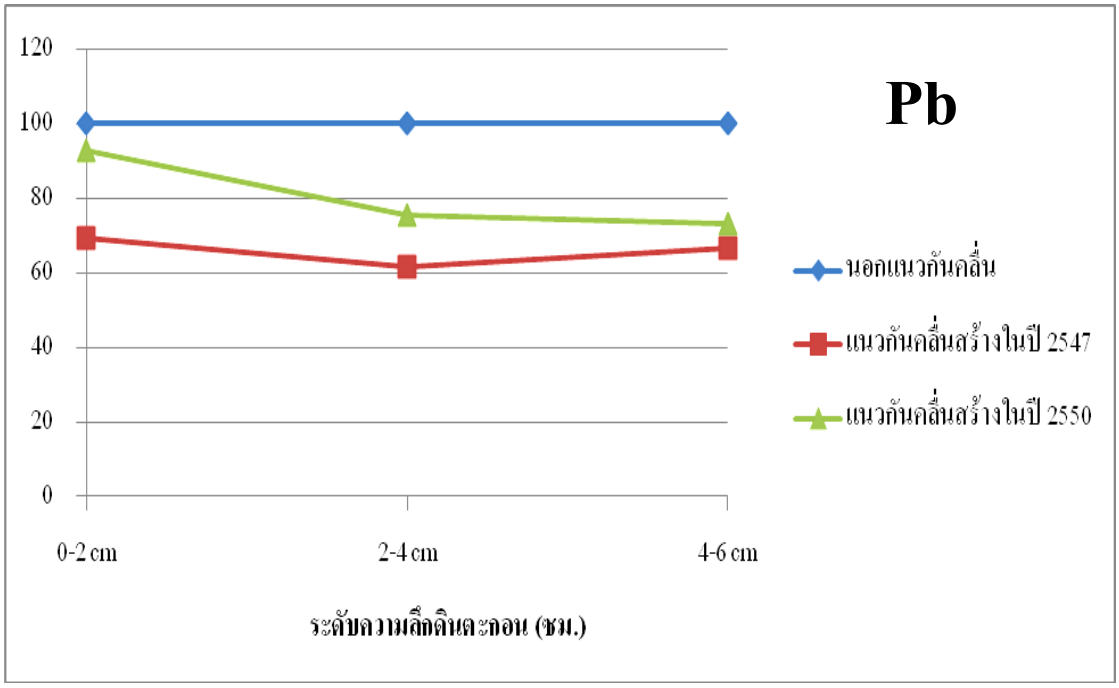
ภาพที่ 4.1 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)



ภาพที่ 4.3 ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)

ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่นมีค่าอยู่ในช่วง 9.62-14.35 mg/kg ซึ่งสูงกว่าปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยจากแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 5.37-6.24 และ 3.40-5.34 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.5) อาจเนื่องมาจากบริเวณนอกแนวกันคลื่นไม่มีแนวป้องกันการปะทะคลื่นทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอนที่อยู่ด้านล่างเช่นเดียวกับแคดเมียมและตะกั่ว

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.6) แล้วพบว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีปริมาณทองแดงเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองทุกระดับความลึก อาจเนื่องมาจากบริเวณนอกแนวกันคลื่นไม่มีแนวป้องกันการปะทะคลื่นทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของดินตะกอนที่อยู่ด้านล่าง เช่นเดียวกับแคดเมียมและตะกั่ว หรืออาจเป็นไปได้ว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นอาจได้รับอิทธิพลของทองแดงมาจากแหล่งอื่นได้ ถึงแม้ว่าแนวยางใหม่มีโอกาสชะละลายทองแดงออกมาได้มากกว่า แต่จะเห็นได้ว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 (แนวยางใหม่) มีปริมาณทองแดงต่ำกว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (แนวยางเก่า) อาจเนื่องมาจากทองแดงเป็นโลหะหนักที่เป็น essential element เมื่อมีการชะละลายทองแดงออกมาจากแนวกันคลื่นสร้าง

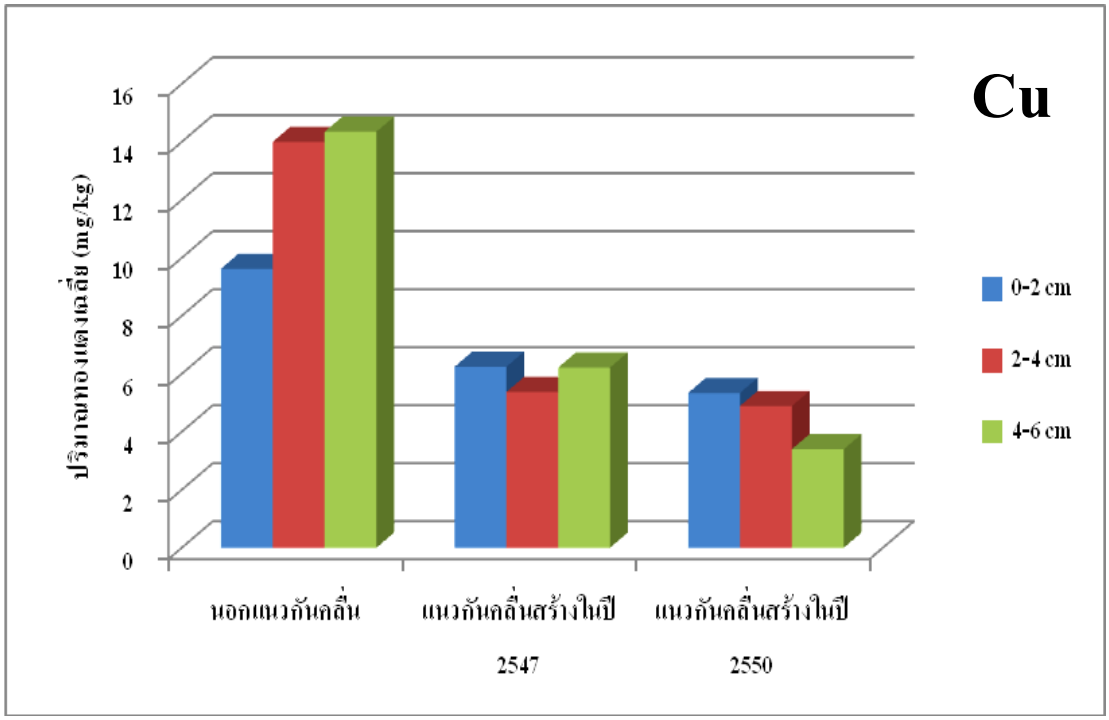
ในปี 2550 (แนวยางใหม่) แล้วสะสมในดิน สิ่งมีชีวิตจึงนำไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตและดำรงชีวิตได้

ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่น แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 มีค่าอยู่ในช่วง 108.35-108.72, 99.62-113.14 และ 113.33-123.17 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.7) และจะเห็นได้ว่าปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองมีค่าสูงกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น อาจเนื่องมาจากดินตะกอนชั้นบนมีโอกาสสะสมสังกะสีที่ถูกชะละลายออกมาจากยางรถยนต์ได้ เพราะสังกะสีเป็นโลหะหนักที่มีอยู่ในยางรถยนต์มากกว่าโลหะหนักตัวอื่นๆ และยางรถยนต์ 1 เส้น มีออกไซด์ของสังกะสีเป็นองค์กอบถึง 1.9-3.3% (Serio *et al,* 1996)

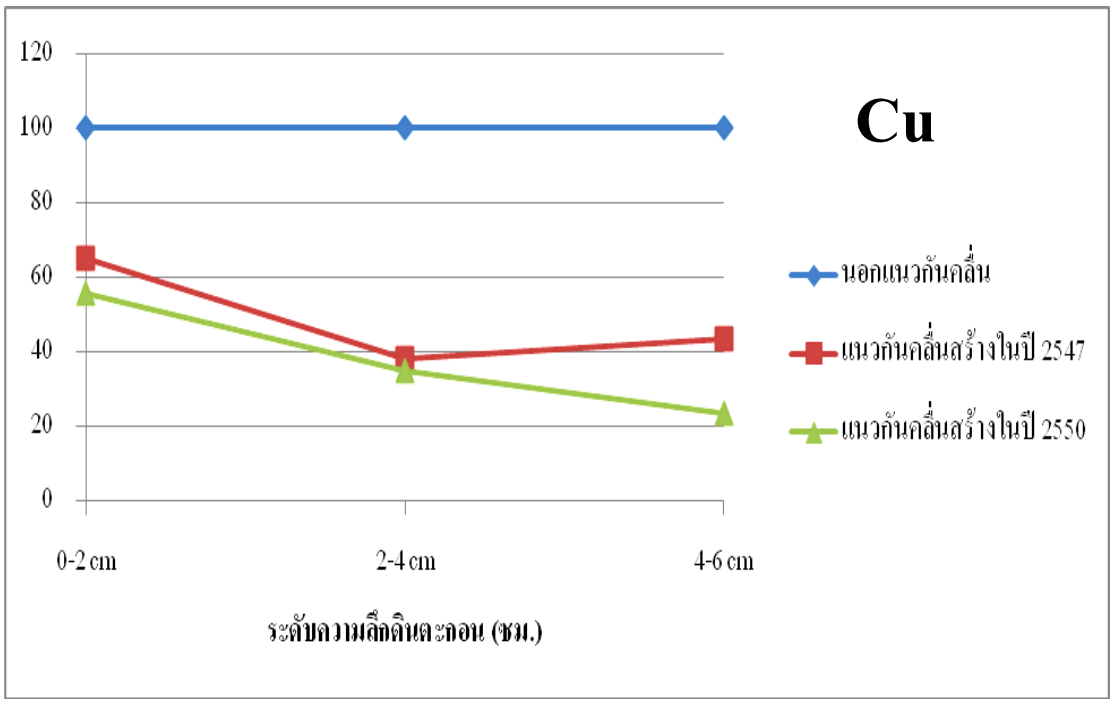
จึงเป็นไปได้ว่ามีโอกาสที่สังกะสีจะถูกชะละลายออกมาและสะสมอยู่ในดินตะกอนบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง อีกทั้งบริเวณนอกแนวกันคลื่นไม่มีโครงสร้างของแนวกันคลื่นจากยางรถยนต์ ซึ่งไม่มีการชะละลายออกมาของสังกะสี จึงอาจส่งผลให้ปริมาณสังกะสีบริเวณนอกแนวกันคลื่นนั้นมีค่าต่ำกว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง

เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.8) แล้วพบว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 (แนวยางใหม่) มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นและบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (แนวยางเก่า) ทุกระดับความลึก

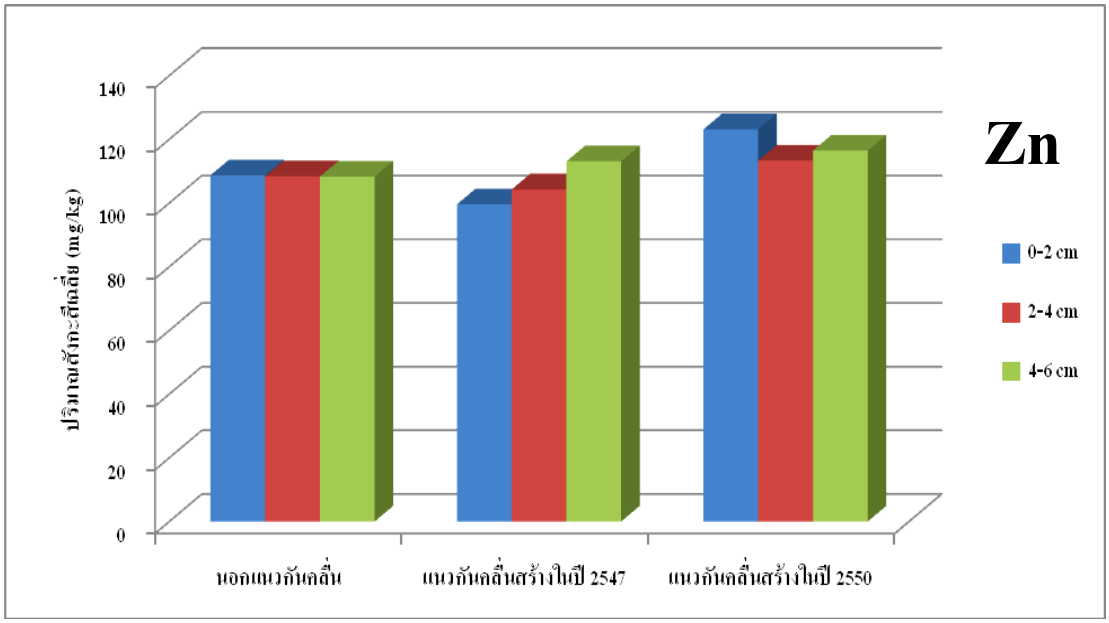
เมื่อเปรียบเทียบระยะเวลาของการมีแนวกันคลื่นระหว่างแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (อายุ 8 ปี) และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 (อายุ 5 ปี) ต่อการชะละลายสังกะสี พบว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนสูงว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 หมายความว่าระยะเวลาของแนวกันคลื่นมีผลต่อการสะสมของสังกะสีในดินตะกอน กล่าวคือ แนวกันคลื่นที่มีอายุน้อยกว่า (5 ปี) มีโอกาสเกิดการชะละลายสังกะสีออกมาและสะสมในดินตะกอนได้มากกว่า



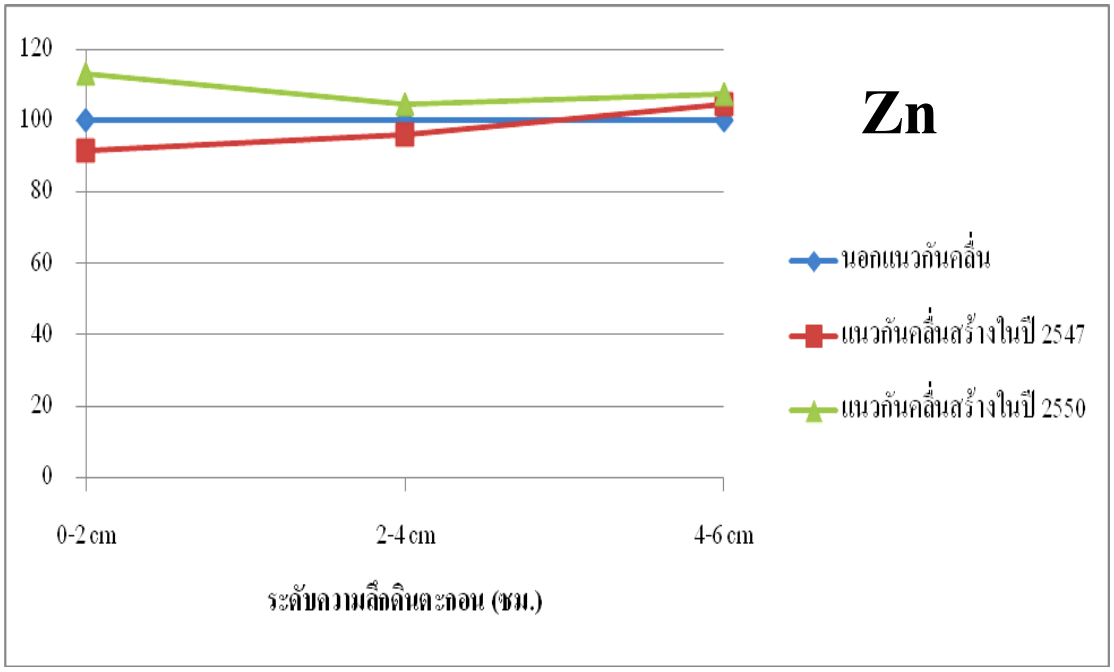
ภาพที่ 4.5 ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)



ภาพที่ 4.7 ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)

4.3.2 ฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เดือนกรกฎาคม-สิงหาคม)

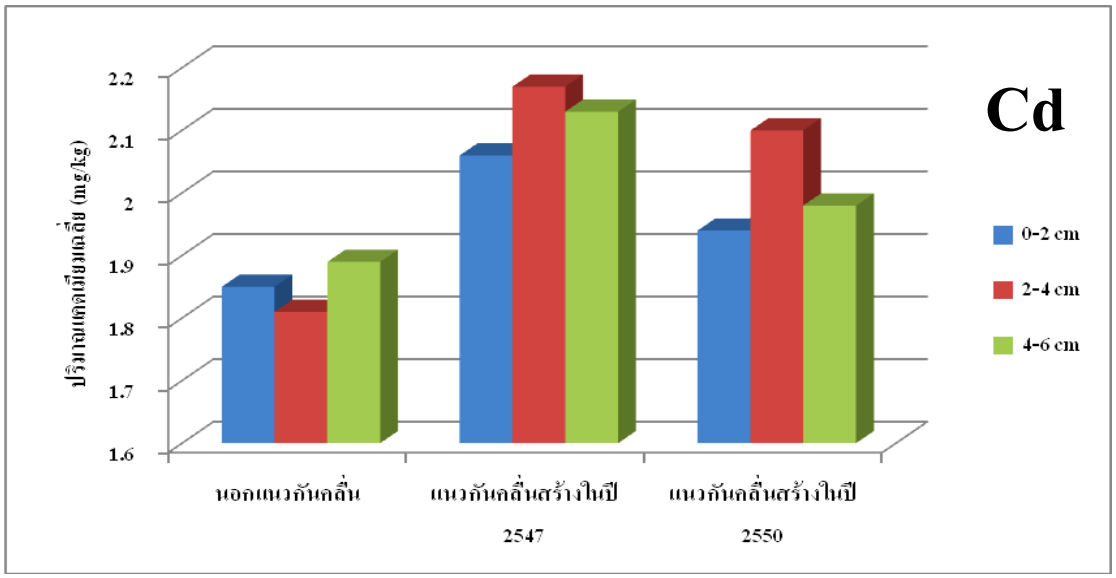
จากการศึกษาวิจัยจะเห็นได้ว่าปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นฯ ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ทุกระดับความลึกของดินล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินของประเทศไทยและมาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของต่างประเทศ (ตารางที่ 4.10)

ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่น แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 มีค่าอยู่ในช่วง 1.81-1.89, 2.06-2.13 และ 1.94-2.10 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.9) ซึ่งแคดเมียมเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองมีค่าสูงกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นเพียงเล็กน้อย และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติดังที่กล่าวมาแล้ว และมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพดินตะกอน แสดงว่าการมีแนวกันคลื่นซึ่งทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วนั้นไม่ส่งผลต่อการชะละลายแคดเมียมที่อาจจะสะสมในดินตะกอน

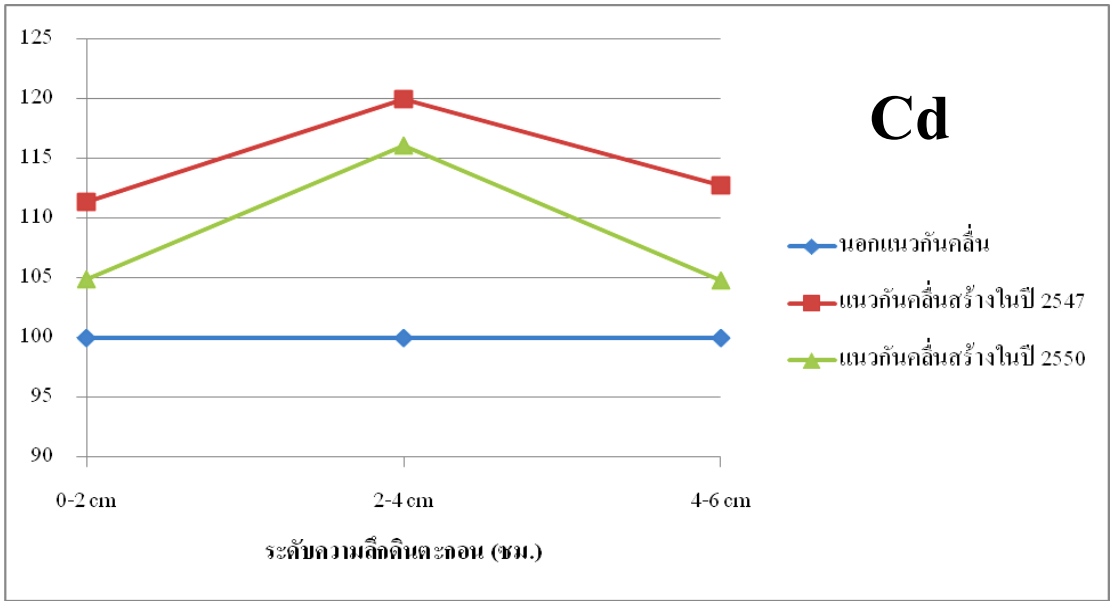
เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.10) พบว่าบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองมีปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยสูงกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น อาจเนื่องมาจากช่วงการเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นฤดูฝน ทั้งนี้น้ำฝนมีสภาพเป็นกรดอ่อนๆ (pH อยู่ในช่วง 5.6-6.0) จึงอาจมีผลต่อการชะละลายโลหะหนักออกมาจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวกันคลื่นแล้วสะสมในดินตะกอนได้ และอาจเป็นไปได้ว่าได้รับอิทธิพลของน้ำจืดที่ไหลมาจากแผ่นดินซึ่งอาจจะนำพาโลหะหนักต่างๆ ไหลลงสู่ทะเลแล้วเกิดการสะสมในดินตะกอนได้ อย่างไรก็ตามก็ยังไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินและคุณภาพดินตะกอนที่กำหนดไว้

ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณนอกแนวกันคลื่น แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 มีค่าอยู่ในช่วง 53.33-55.01, 51.93-56.14 และ 51.98-56.02 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.11) เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.12) แล้วพบว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 ที่ระดับดิน 2-4, 4-6 ซม. มีปริมาณตะกั่วเฉลี่ยเท่ากับ 56.14, 55.96 mg/kg ตามลำดับ แนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 ที่ระดับดิน 0-2 ซม. มีปริมาณ

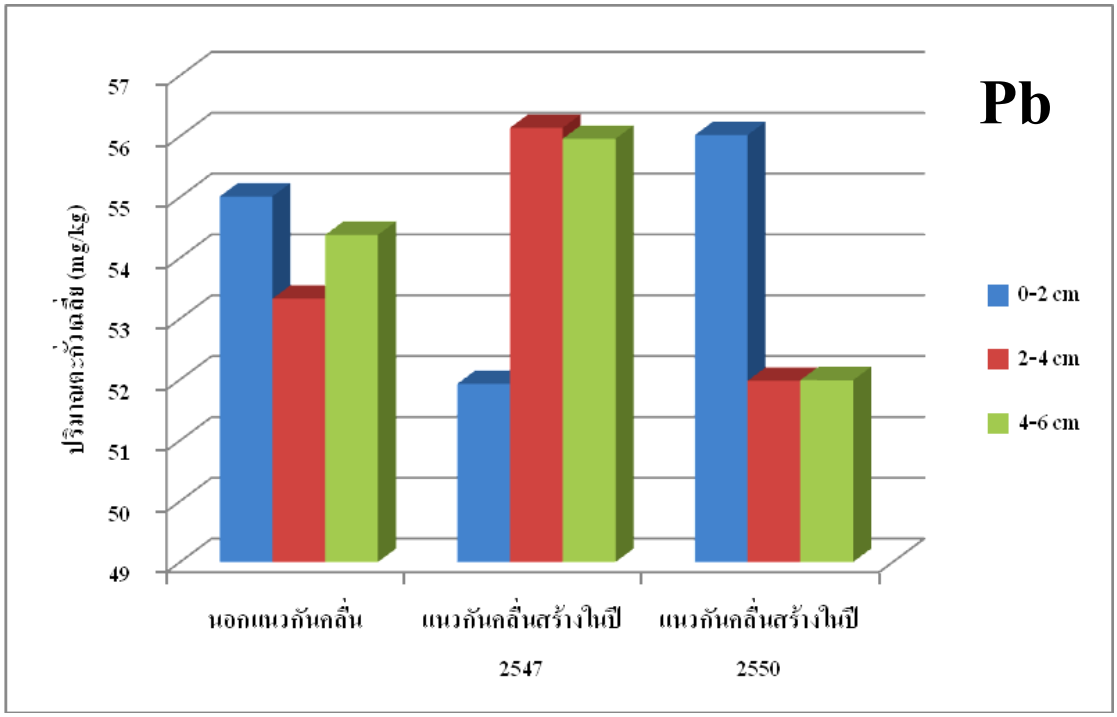
ตะกั่วเฉลี่ยเท่ากับ 56.02 mg/kg ซึ่งมีค่าสูงว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น อาจเนื่องมาจากบริเวณแนวกันคลื่นทั้งสองได้รับอิทธิพลจากน้ำฝน ตะกั่วจึงมีโอกาสถูกชะละลายออกมาจากยางรถยนต์ได้มากกว่า อย่างไรก็ตามก็ยังไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินและคุณภาพดินตะกอนที่กำหนดไว้



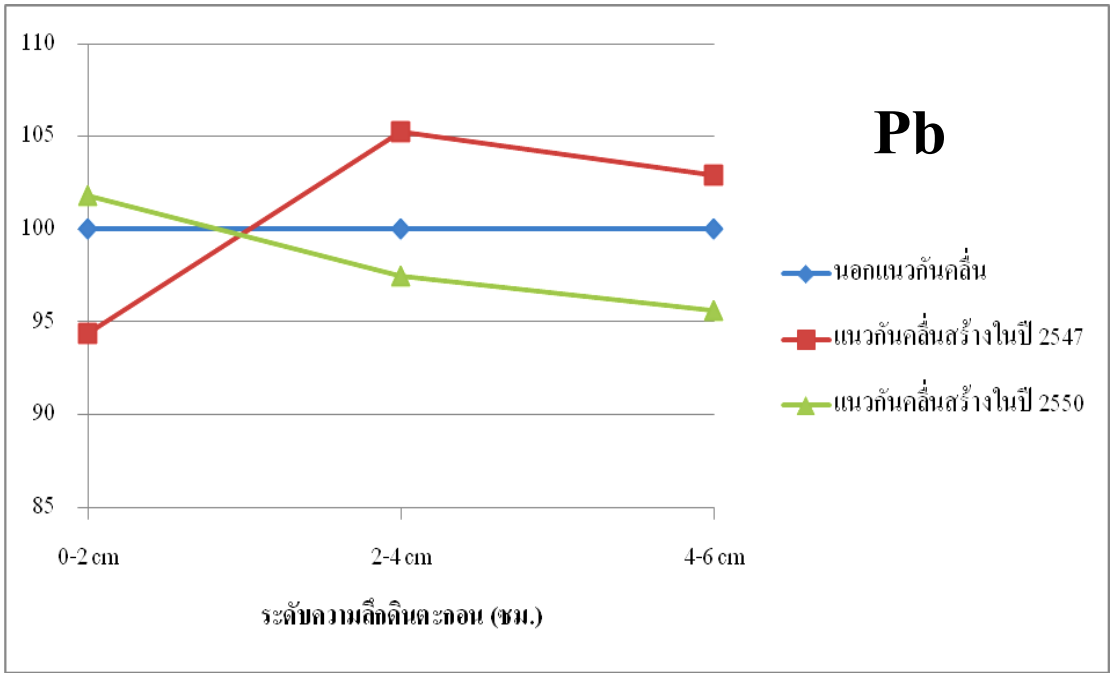
ภาพที่ 4.9 ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)



ภาพที่ 4.11 ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



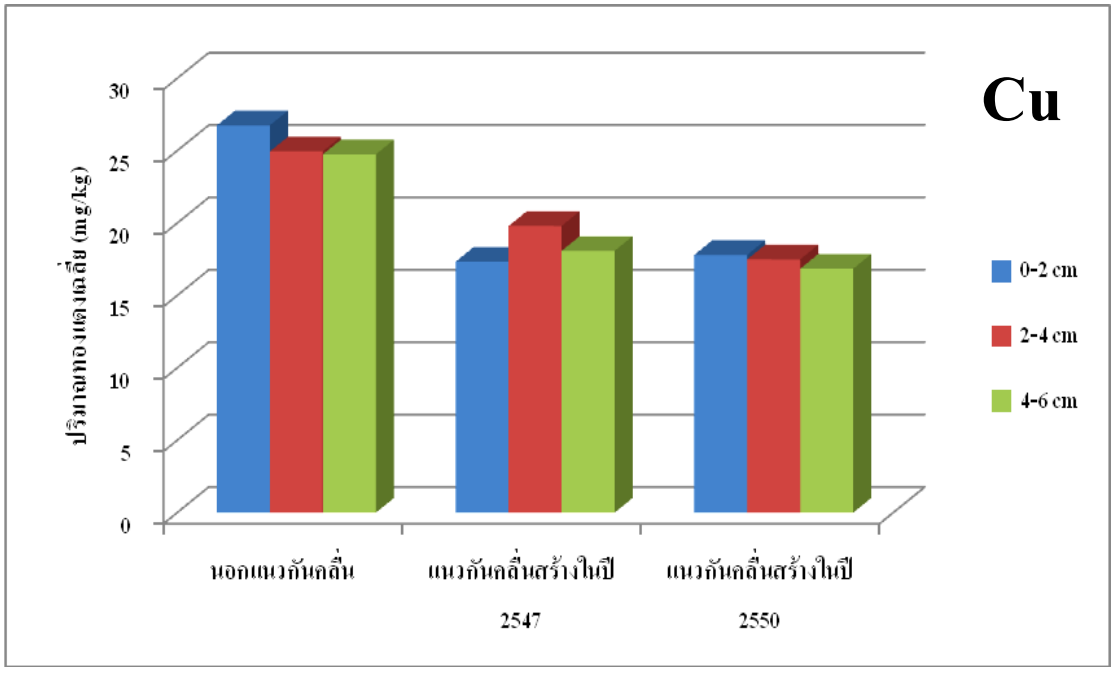
ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)

ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอนที่ระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่น แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (แนวยางเก่า) และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 (แนวยางใหม่) มีค่าอยู่ในช่วง 24.76-26.76, 17.34-19.81 และ 16.86-17.81 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.13)

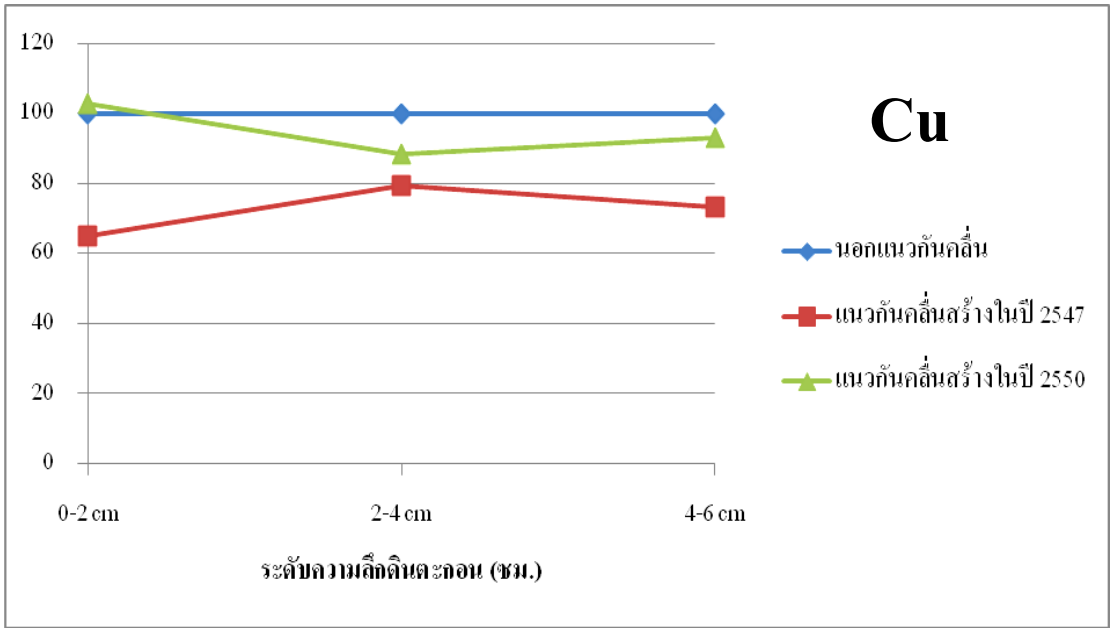
เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.14) พบว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่นมีปริมาณทองแดงเฉลี่ยสูงกว่า บริเวณแนวกันคลื่นทั้งสอง ถึงแม้ว่าช่วงการเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นฤดูฝนก็ตาม เมื่อทองแดงถูกชะละลายออกมาจากยางรถยนต์ และเนื่องด้วยทองแดงเป็นโลหะหนักที่เป็น essential element สิ่งมีชีวิตหรือสัตว์น้ำสามารถนำทองแดงไปใช้ประโยชน์ได้ ดังนั้นปริมาณทองแดงบริเวณแนวกันคลื่นจากยางรถยนต์ใช้แล้วจึงมีโอกาสน้อยกว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น จึงมีผลต่อการชะละลายโลหะหนักออกมาจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวกันคลื่นแล้วสะสมในดินตะกอนได้ อย่างไรก็ตามก็ยังไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพดินและคุณภาพดินตะกอนที่กำหนดไว้

ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนระดับความลึก 0-6 เซนติเมตร บริเวณนอกแนวกันคลื่น แนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 และแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 มีค่าอยู่ในช่วง 109.47-113.51, 113.13-115.53 และ 108.93-111.58 mg/kg ตามลำดับ (ภาพที่ 4.15)

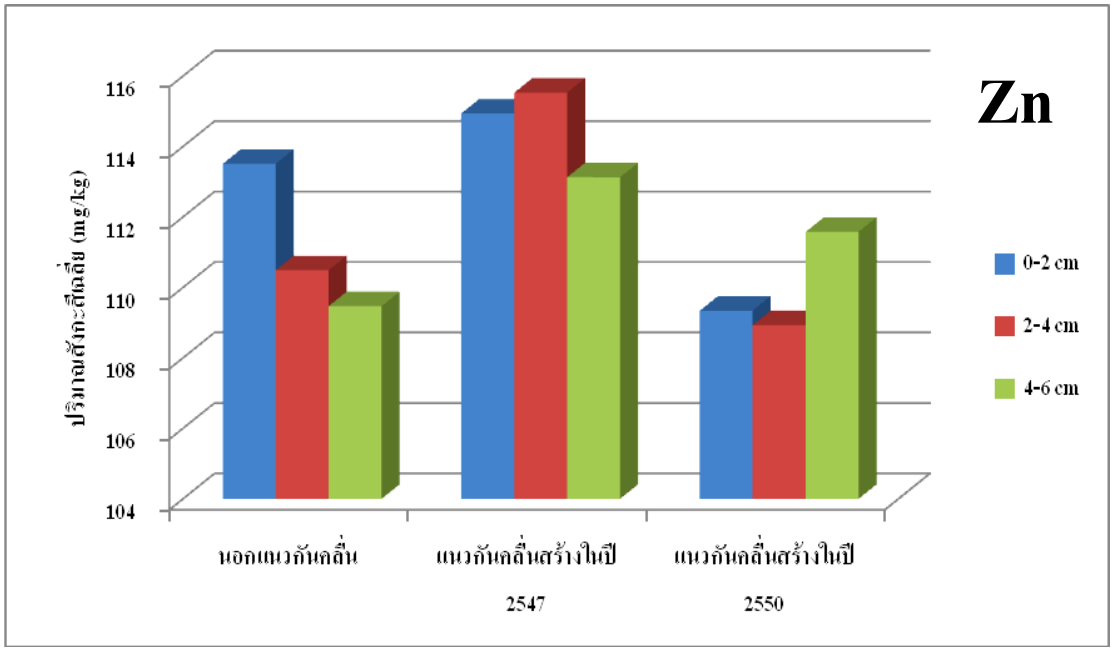
เมื่อพิจารณาการเปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงเฉลี่ยที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100 (ภาพที่ 4.14) พบว่าบริเวณแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 (แนวยางเก่า) มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยสูงว่าบริเวณนอกแนวกันคลื่น ซึ่งเป็นไปได้ว่าทั้งสังกะสีที่มีอยู่ในยางรถยนต์และน้ำฝนเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการชะละลายสังกะสีออกมาจากยางรถยนต์ แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณสังกะสีจากแนวกันคลื่นสร้างในปี 2547 มีค่าสูงกว่าแนวกันคลื่นสร้างในปี 2550 ทั้งที่แนวยางใหม่น่าจะมีการชะละลายสังกะสีออกมาและสะสมในดินตะกอนได้มากกว่า แต่เนื่องด้วยสังกะสีเป็นโลหะหนักที่เป็น essential element เช่นเดียวกับทองแดง จึงเป็นเหตุผลสนับสนุนว่า ถึงแม้แนวยางใหม่จะมีการชะละลายสังกะสีออกมาได้จริง แต่สัตว์น้ำก็นำสังกะสีไปใช้ประโยชน์ในการดำรงชีวิตได้



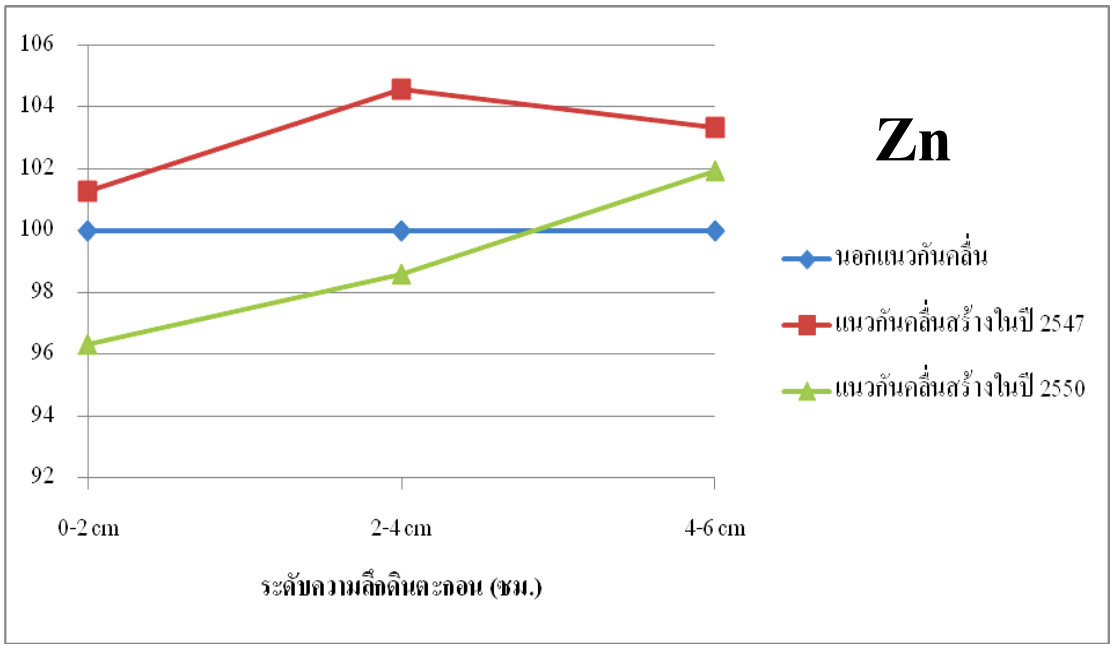
ภาพที่ 4.13 ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 4.14 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณทองแดงที่บริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดยกำหนดให้นอกแนวกันคลื่นฯ มีค่า = 100



ภาพที่ 4.15 ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในดินตะกอนบริเวณในและนอกแนวกันคลื่นช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



ภาพที่ 4.16 เปรียบเทียบค่าสัมพัทธ์ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยบริเวณแนวกันคลื่นปี 2547 กับ ปี 2550 ช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (กำหนดให้นอกแนวกันคลื่นมีค่า = 100)

4.4 การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ที่ใช้เป็นแนวกันคลื่นในห้องปฏิบัติการ

การละลายออกของโลหะหนัก 4 ชนิด (แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง และสังกะสี) จากยางรถยนต์ในชุดตำรับทดลอง (ควบคุม) 4 ชุด ของน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น และน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มเท่ากับน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น (pH=7.5, ความเค็ม= 7ppt) พบว่าปริมาณแคดเมียมและตะกั่วเฉลี่ยในทุกตำรับทดลอง (ควบคุม) มีค่า <0.33 และ <3.33 µg/l ตามลำดับ ปริมาณทองแดงเฉลี่ยในตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 1-4 มีค่า 1.89±0.19, 0.67±0.33, 2.22±0.19 และ 1.67±0.33 µg/l ตามลำดับ ซึ่งปริมาณแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วเฉลี่ยล้วนมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล โดยกำหนดให้มีค่าไม่เกิน 5, 8 และ 8.5 µg/l ตามลำดับ ส่วนปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 1-4 มีค่า 35.00±5.03, 20.58±7.51, 166.14±6.99 และ 215.28±28.47 µg/l ตามลำดับ โดยในตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 1 และ 2 มีค่าไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล แต่ในตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 3 และ4 มีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ซึ่งกำหนดให้มีสังกะสีได้ไม่เกิน 50 µg/l (ตารางที่ 4.14)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณทองแดงเฉลี่ยของตำรับทดลอง (ควบคุม) ทั้ง 4 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value ทองแดง = 18.99*; ตารางที่ 4.14) อาจเนื่องมาจากทองแดงเป็นโลหะหนักที่เป็น essential element ควรมีอยู่ในน้ำทะเล อีกทั้งในน้ำทะเลนั้นมีไอออนต่างๆ จำนวนมาก จึงสามารถพบทองแดงในน้ำทะเล (ตำรับทดลองควบคุมที่ 1) สูงกว่าในน้ำทะเลสังเคราะห์ (ตำรับทดลองควบคุมที่ 2) และจะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงเฉลี่ยในตำรับทดลองควบคุมที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่าตำรับทดลองควบคุมที่ 1 และ 2 เนื่องด้วย ตำรับทดลองควบคุมที่ 3 และ 4 ใส่ชิ้นยางรถยนต์ลงไปด้วย จึงเป็นไปได้ว่าทองแดงซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ถูกชะละลายออกมาในน้ำได้ แต่อย่างไรก็ตาม จะเห็นได้ว่าปริมาณทองแดงเฉลี่ยในตำรับทดลองควบคุมที่ 3 ยังคงสูงกว่า ตำรับทดลองควบคุมที่ 4 เนื่องจากตำรับทดลองที่ 3 เป็นน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่นในสภาพธรรมชาติ ซึ่งควรมีปริมาณทองแดงสูงกว่าในน้ำทะเลสังเคราะห์

ส่วนปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในตำรับทดลองควบคุมนั้น พบว่าในตำรับทดลอง (ควบคุม) ทั้ง 4 นั้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value สังกะสี = 118.39*; ตารางที่ 4.9) เช่นเดียวกัน และปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในตำรับทดลองควบคุม ที่ 3 และ 4 มีค่าสูงกว่าตำรับทดลองควบคุมที่ 1 และ 2 อาจเนื่องมาจากในตำรับทดลองควบคุม ที่ 3 และ 4 มีการใส่ชิ้นยาง

รถยนต์ขนาดเล็กลงไปเขย่าด้วย ซึ่งโอกาสที่สังกะสีในชิ้นยางรถยนต์จะถูกชะละลายออกมาในน้ำจึงมีมาก เพราะในยางรถยนต์จะมีสังกะสีออกไซด์ถึง 1.9-3.3% ขององค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ทั้งหมด (Serio *et al*, 1996) ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ที่จะพบปริมาณสังกะสีเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณสังกะสีเฉลี่ยในตำรับทดลองควบคุมที่ 1 และ 2 จะเห็นได้ว่าในตำรับทดลองควบคุมที่ 2 มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยต่ำกว่าในตำรับทดลองควบคุมที่ 1 สอดคล้องกับตำรับทดลองควบคุมที่ 3 และ 4 โดยตำรับทดลองควบคุมที่ 4 มีปริมาณสังกะสีเฉลี่ยต่ำกว่าตำรับทดลองควบคุมที่ 3 เช่นเดียวกัน อาจเนื่องมาจากในน้ำทะเลตามสภาพธรรมชาตินั้นมีปริมาณสังกะสีสูงกว่าในน้ำทะเลสังเคราะห์

ตารางที่ 4.9 ปริมาณการชะละลายโลหะหนัก (μg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ในตำรับทดลอง (ควบคุม)

ตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่	แคดเมียม	ทองแดง	ตะกั่ว	สังกะสี
1	$<0.33^{a}$	$1.89^{b}\pm0.19$	$<3.33^{a}$	$35.00^{a}\pm5.03$
2	$<0.33^{a}$	$0.67^{a}\pm0.33$	$<3.33^{a}$	$20.58^{a}\pm7.51$
3	$<0.33^{a}$	$2.22^{b}\pm0.19$	$<3.33^{a}$	$215.28^{c}\pm28.47$
4	$<0.33^{a}$	$1.67^{b}\pm0.33$	$<3.33^{a}$	$166.14^{b}\pm6.99$
F-value	NS	18.99*	NS	118.39*
มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล	≤5	≤8	≤8.5	≤50

ตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 1: น้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น (pH=7.5 ความเค็ม=7 ppt)
ตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 2: น้ำทะเลสังเคราะห์ (pH=7.5 ความเค็ม=7 ppt)
ตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 3: น้ำทะเล (ตำรับทดลองที่ 1) + ยางรถยนต์
ตำรับทดลอง (ควบคุม) ที่ 4: น้ำทะเล (ตำรับทดลองที่ 2) + ยางรถยนต์

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตาม DMRT

จากการศึกษาวิจัยถึงการชะละลายออกของโลหะหนักจากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มต่างกัน ในตำรับทดลองที่ 5-7 โดยกำหนดให้น้ำทะเลสังเคราะห์มีความเค็มเท่ากับ 7 ppt (ตามสภาพน้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่น) และให้มี pH ต่างกัน 3 ระดับ (pH=5, 8 และ 9) พบว่า เมื่อ pH ของน้ำทะเลลดลงโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดมีแนวโน้มละลายออกมามากขึ้น สอดคล้องกับ Perez and Roman (2007) ที่กล่าวว่าโลหะหนักจะสามารถชะละลายออกมาได้มากขึ้น ในสภาวะที่แหล่งน้ำมี pH ลดลง และจะเห็นได้ว่าปริมาณแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วเฉลี่ย ล้วนอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล และจะเห็นได้ว่าปริมาณสังกะสีเฉลี่ยมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล โดยกำหนดให้มีสังกะสีได้ไม่เกิน 50 µg/l (ตารางที่ 4.15)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในน้ำทะเลสังเคราะห์ซึ่งมี pH ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value แคดเมียม = 277.78*) ส่วนปริมาณทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีเฉลี่ยในน้ำทะเลสังเคราะห์ซึ่งมี pH ต่างกันไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ตารางที่ 4.10)

ตารางที่ 4.10 ปริมาณการชะละลายโลหะหนักเฉลี่ย (µg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มีความเค็ม = 7 ppt และ pH = 5, 8 และ 9

ตำรับทดลองที่	สิ่งทดลอง	แคดเมียม (µg/l)	ทองแดง (µg/l)	ตะกั่ว (µg/l)	สังกะสี (µg/l)
5	S=7 ppt, pH=5	0.83^{b}±0.05	2.22^{a}±0.84	$<3.33^{a}$	268.41^{a}±56.99
6	S=7 ppt, pH=8	$<0.33^{a}$	1.56^{a}±0.51	$<3.33^{a}$	265.47^{a}±18.71
7	S=7 ppt, pH=9	$<0.33^{a}$	1.11^{a}±0.19	$<3.33^{a}$	213.55^{a}±12.70
F-value		277.78*	2.80^{NS}	NS	2.28^{NS}
มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล		≤5	≤8	≤8.5	≤50

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตาม DMRT

4) S = Salinity (ความเค็ม)

จากการศึกษาวิจัยถึงการชะละลายออกของโลหะหนักจากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ ในตำรับทดลองที่ 8-10 โดยกำหนดให้น้ำทะเลสังเคราะห์มี pH เท่ากับ 7.5 (ตามสภาพน้ำทะเลบริเวณแนวกันคลื่น) และให้มีความเค็มต่างกัน 3 ระดับ (ความเค็ม = 2, 15 และ 30 ppt) และพบว่าที่ pH เท่ากับน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่นนั้น โลหะหนักส่วนใหญ่จะละลายออกมาได้มากขึ้นเมื่อความเค็มของน้ำลดลง ทั้งนี้ในสภาวะที่น้ำมีความเค็มเพิ่มขึ้นโลหะหนักจะละลายน้ำได้ลดลง และแยกตัวออก (coagulate) จากมวลน้ำได้ ปริมาณแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วเฉลี่ยล้วนอยู่ในมาตรฐานคุณาพน้ำทะเล และจะเห็นได้ว่าปริมาณสังกะสีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล โดยมาตรฐานกำหนดไว้ไม่เกิน 50 µg/l (ตารางที่ 4.11)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณแคดเมียม และตะกั่วเฉลี่ยในน้ำทะเลสังเคราะห์ไม่มีความเค็มต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value แคดเมียม = 0.41 ^{NS}, F-Value ตะกั่ว = 5.46 ^{NS}) ส่วนปริมาณทองแดง และสังกะสีเฉลี่ยในน้ำทะเลสังเคราะห์ซึ่งมี pH ต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F-Value ทองแดง = 10.17*, F-Value สังกะสี = 25.08*) (ตารางที่ 4.16)

ตารางที่ 4.11 ปริมาณการชะละลายโลหะหนักเฉลี่ย (µg/l) จากยางรถยนต์ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH = 7.5 และความเค็ม = 2, 15 และ 30 ppt

ตำรับทดลองที่	สิ่งทดลอง	แคดเมียม (µg/l)	ทองแดง (µg/l)	ตะกั่ว (µg/l)	สังกะสี (µg/l)
8	pH=7.5, S= 2 ppt	1.00^{a}±0.33	2.55^{b}±0.39	6.67^{a}±6.67	225.86^{b}±7.82
9	pH=7.5, S= 15 ppt	1.00^{a}±0.33	1.33^{a}±0.58	1.11^{a}±3.85	176.87^{a}±11.93
10	pH=7.5, S= 30 ppt	1.22^{a}±0.39	1.00^{a}±0.33	1.11^{a}±1.93	210.28^{b}±4.60
F-value		0.41 ^{NS}	10.17*	5.46 ^{NS}	25.08*
มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล		≤5	≤8	≤8.5	≤50

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตาม DMRT

4) S = Salinity (ความเค็ม)

ส่วนปริมาณการชะละลายออกของโลหะหนักจากยางรถยนต์ในสภาวะที่น้ำทะเลสังเคราะห์มีทั้ง pH และความเค็มต่างกันอย่างละ 3 ระดับ (ตำรับทดลองที่ 11-19) พบว่าปริมาณแคดเมียม ทองแดง และตะกั่วเฉลี่ยจากน้ำชะยางรถยนต์ล้วนมีค่าอยู่ในมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ตารางที่ 4.17 และ 4.18) ส่วนปริมาณสังกะสีเฉลี่ยมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล (ตารางที่ 4.18)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติพบว่าปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยที่ความเค็ม 15 ppt มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับ pH ที่ต่างกัน (F-value = 7.50*;) กล่าวคือที่ pH =5 และ 8 แคดเมียมจะชะละลายออกมาได้ดีกว่าที่ pH=9 แต่ก็ยังไม่เกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแคดเมียมที่ความเค็มเท่ากับ 2 และ 30 ppt เมื่อพิจารณาที่ pH ระดับเดียวกันซึ่งมีความเค็มต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณแคดเมียมเฉลี่ยในทุกระดับของ pH (ตารางที่ 4.17)

ปริมาณตะกั่วเฉลี่ยที่ความเค็มระดับเดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับ pH ที่ต่างกันในทุกระดับความเค็ม และเมื่อพิจารณาที่ pH ระดับเดียวกันซึ่งมีความเค็มต่างกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันของอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณตะกั่วเฉลี่ยในทุกระดับของ pH เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 4.12)

ปริมาณทองแดงเฉลี่ยที่ความเค็มระดับเดียวกันพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับ pH ที่ต่างกันในทุกระดับความเค็ม และเมื่อพิจารณาที่ pH =5 ซึ่งมีความเค็มต่างกันนั้น พบว่ามีความแตกต่างกันของอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณทองแดงเฉลี่ย (F-value = 4.60*;) (ตารางที่ 4.18)

ปริมาณสังกะสีเฉลี่ยที่ความเค็มระดับเดียวกันพบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของระดับ pH ที่ต่างกันในทุกระดับความค็ม (F-value ความเค็ม 2, 15 และ 30 ppt = 26.19*, 5.19* และ 37.87* ตามลำดับ) และเมื่อพิจารณาที่ pH=5 และ 9 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของปริมาณสังกะสีเฉลี่ยตามระดับความเค็มที่ต่างกัน (F-value pH =5 และ 9 = 5.47* และ 9.04* ตามลำดับ) (ตารางที่ 4.13)

ตารางที่ 4.12 ปริมาณแคดเมียม และตะกั่วเฉลี่ย (µg/l) ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มต่างกันอย่างละ 3 ระดับ

ปริมาณแคดเมียมเฉลี่ย (µg/l)				
pH	**ความเค็ม =2 ppt**	**ความเค็ม =15 ppt**	**ความเค็ม =30 ppt**	**F-value**
pH=5	$^{A}0.78^{a}\pm0.39$	$^{B}0.89^{a}\pm0.19$	$^{A}1.00^{a}\pm0.33$	0.38^{NS}
pH=8	$^{A}0.45^{a}\pm0.39$	$^{B}0.67^{a}\pm0.34$	$^{A}0.56^{a}\pm0.51$	0.21^{NS}
pH=9	$^{A}0.11^{a}\pm0.19$	$^{A}<0.33^{a}$	$^{A}0.45^{a}\pm0.39$	1.65^{NS}
F-value	2.98^{NS}	7.50*	1.49^{NS}	-

ปริมาณตะกั่วเฉลี่ย (µg/l)				
pH	**ความเค็ม =2 ppt**	**ความเค็ม =15 ppt**	**ความเค็ม =30 ppt**	**F-value**
pH=5	$^{A}<3.33^{a}$	$^{A}1.11^{a}\pm5.09$	$^{A}2.22^{a}\pm3.85$	0.66^{NS}
pH=8	$^{A}<3.33^{a}$	$^{A}<3.33^{a}$	$^{A}<3.33^{a}$	0.45^{NS}
pH=9	$^{A}<3.33^{a}$	$^{A}<3.33^{a}$	$^{A}<3.33^{a}$	0.21^{NS}
F-value	NS	2.79^{NS}	3.08^{NS}	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

ในสภาวะที่น้ำทะเลสังเคราะห์มี pH ใกล้เคียงกับน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น (pH=8) การเปลี่ยนแปลงความเค็มจะไม่ส่งผลต่อการชะละลายออกมาของโลหะทั้ง 4 ชนิดมากนัก และไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อน้ำทะเลมี pH ลดลงคือมี pH=5 โลหะหนักทั้ง 4 จะถูกชะละลายออกมาได้มากขึ้น โดยเฉพาะแคดเมียมและสังกะสีจะถูกชะละลายออกมาได้ดีที่ pH ต่ำ ในทุกระดับความเค็ม

ตารางที่ 4.13 ปริมาณทองแดง และสังกะสีเฉลี่ย (µg/l) ในน้ำทะเลสังเคราะห์ที่มี pH และความเค็มต่างกันอย่างละ 3 ระดับ

ปริมาณทองแดงเฉลี่ย (µg/l)				
pH	**ความเค็ม =2 ppt**	**ความเค็ม =15 ppt**	**ความเค็ม =30 ppt**	**F-value**
pH=5	$^{A}1.56^{ab}\pm0.20$	$^{A}1.22^{a}\pm0.19$	$^{A}1.89^{b}\pm0.38$	4.60*
pH=8	$^{A}1.11^{a}\pm0.19$	$^{A}1.55^{a}\pm0.39$	$^{A}1.33^{a}\pm0.58$	0.85^{NS}
pH=9	$^{A}1.33^{a}\pm0.34$	$^{A}1.45^{a}\pm0.39$	$^{A}1.78^{a}\pm0.69$	0.64^{NS}
F-value	2.40^{NS}	0.78^{NS}	0.81^{NS}	-

ปริมาณสังกะสีเฉลี่ย (µg/l)				
pH	**ความเค็ม =2 ppt**	**ความเค็ม =15 ppt**	**ความเค็ม =30 ppt**	**F-value**
pH=5	$^{B}203.50^{a}\pm11.32$	$^{B}250.47^{b}\pm4.70$	$^{B}251.18^{b}\pm24.35$	9.04*
pH=8	$^{B}191.58^{a}\pm6.15$	$^{A}200.48^{a}\pm2.39$	$^{AB}192.18^{a}\pm28.22$	0.27^{NS}
pH=9	$^{A}128.48^{a}\pm19.81$	$^{A}206.43^{b}\pm12.23$	$^{A}165.26^{ab}\pm44.26$	5.47*
F-value	26.19*	37.87*	5.19*	-

หมายเหตุ: 1) ^{NS} หมายถึงไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

2) * หมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

3) ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแนวนอนหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

4) ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่ต่างกันในแนวตั้งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% ตามวิธีการ DMRT

และจะเห็นได้ว่าในสภาวะที่น้ำทะเลสังเคราะห์มีทั้ง pH และความเค็มเปลี่ยนแปลง คือที่ pH =5 ในสภาพน้ำเค็ม (ความเค็มเท่ากับ 15-300 ppt) จะส่งผลให้เกิดการละลายออกของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดมากที่สุด ในขณะที่ pH ในช่วง 7.0-8.5 และความเค็มของน้ำทะเลชายฝั่งในช่วง 7-35 ppt ซึ่งทัดเทียมกับสภาพน้ำทะเลทั่วไปนั้นยังคงส่งผลให้ปริมาณโลหะหนักมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

ดังนั้นในสภาวะที่น้ำทะเลมี pH ต่ำ และความเค็มสูง จะทำให้โลหะหนักชะละลายออกมามากขึ้นและอาจเกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล โดยเฉพาะสังกะสี จึงเป็นข้อควรระวังในการใช้ประโยชน์ โดยควรเลือกใช้ยางรถยนต์ใช้แล้วในบริเวณที่ไม่เข้าข่ายสภาพแวดล้อมที่มี pH และความเค็มที่มีโอกาสเกิดความเป็นพิษหรือมีค่าเกินมาตรฐาน

กล่าวได้ว่าการนำยางรถยนต์ใช้แล้วซึ่งเป็นของเหลือทิ้งร่วมกับเสาไฟฟ้าชำรุดเป็นแนวกันคลื่นนั้นจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง และเป็นทางเลือกในการใช้ประโยชน์จากยางรถยนต์ใช้แล้วในแหล่งน้ำอื่นอย่างเหมาะสมต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการศึกษาวิจัย

การศึกษาวิจัยเรื่อง การชะละลายโลหะหนักจากยางรถยนต์ในแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ สรุปได้ดังนี้

สรุปผลการวิจัย

1. แนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ ไม่ส่งผลทางลบต่อคุณภาพน้ำทะเลเมื่อพารามิเตอร์ชี้วัด คือ อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย (DO) ความเค็ม และความเป็นกรด-เบส (pH) ทั้งในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือและฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้

2. ปริมาณแคดเมียม (Cd) ตะกั่ว (Pb) ทองแดง (Cu) และสังกะสี (Zn) ในดินตะกอนพบบริเวณนอกแนวกันคลื่นมากกว่าบริเวณแนวกันคลื่น ปริมาณที่ตรวจพบยังอยู่ในค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอน โดยในช่วงฤดูมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพบปริมาณ Cd, Pb, Cu และ สังกะสี มีค่าอยู่ในช่วง 1.09-1.65, 27.90-48.67, 3.40-14.35 และ 108.35-123.17 mg/kg ตามลำดับ ส่วนในช่วงฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้พบปริมาณ Cd, Pb, Cu และ สังกะสี มีค่าอยู่ในช่วง 1.81-2.13, 51.93-56.14, 16.86-26.76 และ108.93-115.53 mg/kg ตามลำดับ โดยค่ามาตรฐานคุณภาพดินตะกอนของประเทศสหรัฐอเมริกาและในประเทศไทย (proposed guideline) กำหนดค่า ERL และ ERM ของแคดเมียมเท่ากับ 1.2 และ 9.6 mg/kg ค่า ERL และ ERM ของตะกั่วเท่ากับ 46.7 และ 218 mg/kg ค่า ERL และ ERM ของทองแดงเท่ากับ 34 และ 270 mg/kg และค่า ERL และ ERM ของสังกะสีเท่ากับ 150 และ 410 mg/kg ตามลำดับ กล่าวได้ว่าแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้ว บริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้าจังหวัดสมุทรปราการ ไม่ส่งผลทางลบต่อคุณภาพดินตะกอน

3. ปริมาณโลหะหนัก (Cd, Pb, Cd และ Zn) ในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตเกาะติดยางรถยนต์ของแนวกันคลื่นด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วมีค่าอยู่ในมาตรฐานตามประกาศกรมควบคุมมลพิษและกระทรวงสาธารณสุข ที่อนุญาติให้มีแคดเมียมและตะกั่วในเนื้อเยื่อหอยและหมึกไม่เกิน 2.0 และ 1.0 µg/g และอยู่ในมาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อนตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขที่กำหนดค่ามาตรฐานของทองแดงและสังกะสีในอาหารที่มีสารปนเปื้อนไม่เกิน 20 และ 200 µg/g

4. ที่ pH ในช่วง 7.0-8.5 และความเค็มของน้ำทะเลชายฝั่งในช่วง 7-35 ppt ซึ่งทัดเทียมกับสภาพน้ำทะเลทั่วไปนั้นยังคงส่งผลให้ปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว และทองแดงมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล แต่สังกะสีมีค่าเกินมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่กำหนดไว้ไม่เกิน 50 µg/l แต่อย่างไรก็ตามยังคงไม่เกินค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำดื่ม และมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาของประเทศไทยที่กำหนดไว้ไม่เกิน 3 mg/l อีกทั้งสังกะสียังเป็นธาตุที่จำเป็นต่อการเติบโตของสิ่งมีชีวิต

5. ในสภาวะน้ำทะเลสังเคราะห์มี pH เทียบเท่ากับน้ำทะเลจากบริเวณแนวกันคลื่น (pH=8) การเปลี่ยนแปลงความเค็มจะไม่ส่งผลต่อการชะละลายออกมาของโลหะทั้ง 4 ชนิดมากนักและไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่การชะละลายออกลดลงเมื่อ pH=9 แต่เมื่อมี pH ลดลงคือ pH=5 โลหะหนักทั้ง 4 ชนิดจะถูกชะละลายออกมาได้มากขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยเฉพาะแคดเมียมและสังกะสีจะถูกชะละลายออกมาได้ดีที่ pH ต่ำ ในทุกระดับความเค็ม และจะเห็นได้ว่าในสภาวะที่น้ำทะเลสังเคราะห์มีทั้ง pH และความเค็มเปลี่ยนแปลง คือที่ pH = 5 ในสภาพน้ำเค็ม (ความเค็มเท่ากับ =15-30 ppt) จะส่งผลให้เกิดการละลายออกของโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดมากที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการติดตามตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อม (โลหะหนักในดินตะกอน, น้ำทะเล, สิ่งมีชีวิตเกาะติด, อุณหภูมิ, DO, ความเค็ม และ pH) บริเวณแนวกันคลื่นที่ทำจากเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วอย่างต่อเนื่อง

2. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับการชะละลายได้ของสารอินทรีย์จากยางรถยนต์ เนื่องจากสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบทางเคมีของยางรถยนต์ที่มีโอกาสชะละลายออกมาเช่นกัน

3. ควรมีการศึกษาการชะละลายโลหะหนัก และ/หรือ สารอินทรีย์จากยางรถยนต์ในระบบนิเวศน้ำจืด น้ำทะเล ที่ได้นำยางรถยนต์ไปใช้ประโยชน์

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2534. มาตรฐานคุณภาพน้ำประเทศไทย. ฝ่ายคุณภาพน้ำ กองมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. กรุงเทพฯ.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2541. โครงการสำรวจปริมาณโลหะหนักและปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนในบริเวณพื้นที่อุตสาหกรรม. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2542. รายงานโครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งบริเวณฝั่งทะเลอันดามันและอ่าวไทยด้านตะวันตก. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2544. รายงานโครงการสำรวจคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่งในอ่าวไทยและฝั่งทะเลอันดามัน. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2545. รายงานโครงการประเมินความสามารถในการรองรับมลพิษและประเมินความเสี่ยงต่อนิเวศทางทะเล. กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2546. ทะเลไทยวันนี้. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 181 น.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2547. คู่มือการประกันและควบคุมคุณภาพการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเล. ส่วนแหล่งน้ำทะเล สำนักจัดการคุณภาพน้ำ. กรุงเทพฯ. 29 น.

ควบคุมมลพิษ, กรม. 2549. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักและ Hexavalent Chromium ในตัวอย่างน้ำทะเลและน้ำเสีย ที่มีของแข็งละลายสูง. ห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม. 6 หน้า

ทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง, กรม. 2553. การกัดเซาะชายฝั่งทะเล. ฐานข้อมูลทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง (ออนไลน์) สืบค้นจาก: http://www.dmcr.go.th/marinecenter/erosion.php [30 ธันวาคม 2554].

พัฒนาที่ดิน, กรม. 2553. คู่มือปฏิบัติงาน กระบวนการวิเคราะห์ดิน น้ำ และพืช ด้านสิ่งแวดล้อม. เอกสารเลขที่ OSD-05. ปรับปรุงครั้งที่ 01. ฉบับที่ 01. 51 หน้า.

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. 2549. ขยะรีไซเคิล. สำนักพัฒนาการถ่ายทอดเทคโนโลยี. ส่วนพัฒนาเทคโนโลยีการเผยแพร่และฝึกอบรม. คลังข้อมูล สพท. ปีที่ 2 ฉบับที่ 23.

การไฟฟ้านครหลวง. 2552. โครงการป่าชายเลนพิทักษ์นครหลวง. กรุงเทพมหานคร. (ออนไลน์). สืบค้นจาก : http://www.mea.or.th/internet/InformEnviron/csr/forest.pdf [31 สิงหาคม 2554].

กัลยา วัฒยากร. 2544. สถานภาพการศึกษาและปัญหาภาวะมลพิษในทะเลไทย. การประชุมระดมความเห็นเพื่อการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ทางทะเลสำหรับการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืน. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

กระทรวงสาธารณสุข. 2529. มาตรฐานอาหารที่มีสารปนเปื้อน. ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ ฉบับที่ 98. เล่มที่ 103 ตอนที่ 23 ลงวันที่ 16 กุมภาพันธ์ 2529.

กระทรวงสาธารณสุข. 2549. โลหะที่เป็นพิษ. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.bpl.co.th/bpl/index.php?option=com_content&view=article&id=120:toxic-elements&catid=35:2009-12-18-06-44-25&Itemid=83

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2549. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม; น้ำบริโภค. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศและงานทั่วไป ฉบับที่ 3470. เล่มที่ 123 ตอนที่ 64ง. ลงวันที่ 6 กรกฎาคม.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2547. กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป ฉบับที่ 25. เล่มที่ 121 ตอนที่ 119 ง ลงวันที่ 20 ตุลาคม.

คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ. 2549. กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล. ราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป ฉบับที่ 27. เล่มที่ 124 ตอนที่ 11 ง ลงวันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2550.

โครงการสร้างฝายกั้นน้ำด้วยยางรถยนต์เก่า. 2553. สร้างฝายกั้นน้ำด้วยยางรถยนต์เก่า ถวายในหลวง (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.nanlive.com/forums/topic/550-สร้างฝายกั้นน้ำด้วยยางรถยนต์เก่า_ถวายในหลวง.html [22 สิงหาคม 2554].

จุมพล สงวนสิน. 2545. เอกสารประกอบการประชุมคณะทำงานการติดตามตรวจสอบปัญหาสารปรอทในประเทศไทย ครั้งที่ 3. กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

ชัยพันธุ์ รักวิจัย และอนุรักษ์ ศรีอริยวัฒน์. 2554. การค้นพบใหม่-กลไกการกัดเซาะชายฝั่งอ่าวไทยตอนบน. โครงการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้นการทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่งป้อมพระจุลจอมเกล้า สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฐานทัพเรือกรุงเทพ. 2556. ประวัติความเป็นมาของป้อมพระจุลจอมเกล้า. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.navy.mi.th/bkkbase/department03.html [31 สิงหาคม 2554].

ทิพย์วรรณ แซ่มา และวิษณุ นิยมไทย. 2553. การปนเปื้อนโลหะหนักในหอยสองฝาที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจบริเวณดอนหอยหลอดจังหวัดสมุทรสงคราม. การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 48: สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. หน้า 191-198 (363 น.).

พูลทรัพย์ วิรุฬหกุล. 2552. โลหะหนัก: สถานะภาพการปนเปื้อนในสัตว์น้ำและผลิตภัณฑ์ของไทย. การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำ. กรมประมง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 10 น.

ไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2541. การแพร่กระจายตามสถานที่และฤดูกาลของสารหนูในน้ำและตะกอนดินบริเวณชายฝั่งจากปากแม่น้ำบางปะกงถึงศรีราชา. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา. 78 น.

มูลนิธิสภาเตือนภัยพิบัติแห่งชาติ. 2554. สถานการณ์การกัดเซาะชายฝั่งทะเล. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.paipibut.org/view.php?dataid=60 [31 สิงหาคม 2554].

วงกต วงศ์อภัย. 2547. มูลค่าเพิ่มของยางรถยนต์เก่า. มติชนสุดสัปดาห์ ปีที่ 24 ฉบับที่ 1249. ประจำวันที่ 23 กรกฎาคม.หน้า 30-31.

วาณิชยา นิลวิเชียร, ยงยุทธ ไตรสุรัตน์ และสุวิทย์ แสงทองพราว. 2553. การกระจายและความหลากชนิดของพรรณไม้ตามระดับความเค็มของดินในป่าชายเลน จังหวัดตราด. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 9 หน้า.

วีรพงศ์ วุฒพันธุ์ชัย. 2536. อาหารปลา. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

แววตา ทองระอา, พรทิพย์ ตัตตะวะศาสตร์, รวิวรรณ สังขศิลา และสุพจน์ ฐิตธรรมโม. 2531. ปริมาณปรอทในปลาทะเลที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจากบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. เอกสารงานวิจัย เลขที่ 34/2531. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตบางแสน จ. ชลบุรี.

ศิริรัตน์ จิตการค้า. 2549. กระบวนการไพโรไลซิส. วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.vcharkarn.com/varticle/408. [30 พฤศจิกายน 2555].

ศูนย์เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารกระทรวงพาณิชย์. 2548. ปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.nesdb.go.th/portals/0/tasks/dev_ability/Profile/industry [30 พฤศจิกายน 2555].

สกุลรัตน์ อุษณาวรงค์. 2549. สังกะ (Zinc) สีกับภาวะความดันโลหิตสูง. วารสารศูนย์บริการวิชาการ 14, (เมษายน-มิถุนายน.) : 23-28.

สถานการณ์อุตสาหกรรมยางในปัจจุบัน. 2553. อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางในประเทศไทย. สืบค้นจาก: http://www.ie.eng.chula.ac.th/academics/course/2104328/assignments/01-industries/21.pdf. [30 พฤศจิกายน 2555].

สถาบันวิจัยยาง. 2555. สถิติยางประเทศไทย (THAILAND RUBBER STATISTICS). กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ปีที่ 41 ฉบับที่ 3.

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม. 2554. โครงการการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมเบื้องต้น การทำแนวป้องกันการกัดเซาะชายฝั่ง ป้อมพระจุลจอมเกล้า จังหวัดสมุทรปราการ. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. 2545. สภาวะแวดล้อมทางทะเลในบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก. สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล. มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันยานยนต์. 2545. รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการจัดทำแผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ พ.ศ. 2545-2549. กันยายน.

สถาบันยานยนต์. 2546. รายงานสภาวะอุตสาหกรรมยานยนต์ ปี พ.ศ. 2545. แผนกศึกษาและวิเคราะห์.มกราคม.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, ศูนย์แลกเปลี่ยนวัสดุเหลือใช้. 2547. การจัดการยางรถยนต์ใช้แล้วในปัจจุบัน. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.tei.or.th/w_pl/MEC.html. [11 ธันวาคม 2554].

สาโรจน์ เริ่มดำริห์ สาวิตรี แกเรียส และเกริก วงศ์สอนธรรม. 2552. การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำและตะกอนดินบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทยตอนบน. เอกสารการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 47, สาขาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. หน้า 221-228 (361 น.)

สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย. 2542. ธรณีเคมีของปรอทในเอสทูรีของแม่น้ำเจ้าพระยา. วิทยานิพนธ์ตามปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธินี มีสุข. 2550. มลพิษของโลหะหนัก. กลุ่มงานวิเคราะห์คุณภาพสิ่งแวดล้อม. (ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.doctor.or.th/node/4102. [11 พฤศจิกายน 2554].

สุวรรณา ภาณุตระกูล และไพฑูรย์ มกกงไผ่. 2543. การสะสมโลหะหนักบางชนิดในตะกอนดินจากแม่น้ำบางปะกง. คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันวิทยาศาสตร์ทางทะเล มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และสถาบันวิจัยยาง. 2546. อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์.(ออนไลน์). สืบค้นจาก: http://www.nesdb.go.th/portals/0/tasks/dev_ ability/Profile/industry. [15 สิงหาคม 2554].

สำนักงานโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม. 2544. รายงานสถานการณ์คุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ.2544. สำนักงานนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

แหล่งเรียนรู้ทางด้านประมง. 2553. สารอาหาร: หน้าที่ของแร่ธาตุแต่ละชนิดและปริมาณแร่ธาตุที่ปลาต้องการ. (ออนไลน์). สืบค้นจาก :www.aquatiyou.com [29 ตุลาคม 2555].

อนิวัตร ปัสสาโก. 2547. การคงตัวของโลหะหนักในดินปนเปื้อนที่มีกรดฮิวมิกและปรับเสถียรด้วยซีเมนต์. วิทยานิพนธ์ตามปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อภิรดี เมืองเดช. 2553. ปริมาณโลหะหนักในหอยแครง (*Anadara granosa*) บริเวณปากแม่น้ำบางปะกง. การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40: สาขาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ. หน้า 124-137.

ภาษาอังกฤษ

Alcala, A.C., Alcala, L.C., Gomez, E.D., Cowen, M.E., and Yap, H.T.. 1981. Growth of certain corals, mollusks and fish in artificial reefs in the Philippines. Proceeding of the 4th International Coral Reef Symposium. 2:215-220.

Locke, A. 2008. Tabulated observations of the pH tolerance of marine and estuarine biota. Fisheries and Oceans Canada Gulf Fisheries Centre. Canadian Manuscript Report of Fisheries and Aquatic Sciences. 34 pp.

ANZECC (Australian and New Zealand Environmental and Conservation Council). 1998. Draft ANZECC guidelines for water quality in fresh and marine waters. Autralian and New Zealand Environmental and Conservation Council Canberra, Australia.

Amacher, M. C. 1996. Methods of soil analysis: nickel, cadmium and lead. *In* D. L. Sparks, ed. Methods of Soil Analysis: Part 3 Chemical Methods. SSSA, Inc., USA. pp. 739-745

Bocca, B., Forte, G., Petrucci, F., Costantini, S., and Izzo, P. 2009. Metals contained and leached from rubber granulates used in synthetic turf areas. Science of the total environmental. 407: 2183-2190.

Boulter, P.G. 2005. A review of emission factors and models for load vehicle non-exhaust particulate matter. Published project report PPR065. TRL limited. 81 pp.

Boyd, C. E., and Tucker, C. S. 1998. Pond aquaculture water quality management. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts. 700 pp.

Collins, K. J., Jensen, A. C., Mallinson, J. J., Mudge, S.M., Roenelle, V., Russell, A. and Smith, I. P. 1999. Environmental impact assessment of a scrap tire artificial reef. Proc. Inter. Conf. on Artificial Reefs and Related Habitats.

Collins, K. J., Jensen, A. C., Mallinson, J. J., Roenelle, V. and Smith, I. P. 2002. Environmental impact assessment of a scrap tyre artificial reef. ICES Journal of Marine Science, 59: S243-S249.

David, D.J., andWilliams, C.H. 1975. Heavy metal contents of soils and plants adjacent to the Hume Highway near Marulan, New South Wales. Aust J Exp Agric Anim Husb. 15:414–7.

Department of Agricultural Extension. 2006. Technology Development Office, dissemination and training. Waste recycling, Educational Service Area (ESA), Volume 2 (23).

Downing, N., R. Tubb, C. El-Zahrand, and R, McClure. 1985. Artificial reefs in Kuwait, northern Arabian Gulf. Bulletin of Marine Science. 37:157-178.

EPA method 3052. 1996. Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Orrganically Based Matrices. 20 pages

European Tyre & Rubber Manufacturers' Association (ETRMA). 2011. European tyre & rubber industry. Statistics Edition. 32p.

Fauser. 1999. Particulate air pollution with emphasis on traffic generated aerosols. Riso-R-1053(EN), Riso National Laboratory, Roskilde, Denmark.

Fenner, R.A., and Clarke, K. 2003. Environmental and structural implications for the re-use of tires in Fluvial and Marine-Construction Project. The Journal V17N2, May 2003. pp. 98-105.

Fitzharding, R., and Bailey-Brock, J. 1989. Colonization of artificial reef materials by corals and other sessile organisms. Bulletin of Marine Science, 44(2). pp. 567-579.

Hesse, P. R. 1971. Textbook of Soil Chemical Analysis. William Clowes and Sons Limited, London. pp. 371- 378.

Hewitt C.N., and Rashed, M.B. 1990. An integrated budget for selected pollutants for a major rural highway. Sci Total Environ. 93:375–84.

HKGS (Hong Kong Government Secreteriat). 1998. Management of dredged/excavated sediment Planning, Environmental Lands Bureau and Works Bureau Joint Technical Circular. Government Secreteriat, Hong Kong.

Horner, J.M. 1996. Environmental health implications of heavy metal pollution from car tires. Rev Environ Health. Oct. Dec. 11(4): 175–178.

International Rubber Study Group; IRSG. 2010. rubber statistics of Thailand and The world. [Online] :http://www.rubbercenter.org/newweb/index.php [June15, 2011].

International Rubber Study Group; IRSG. 2553. Thai and The world rubber statistics. [Online]. http://www.rubbercenter.org/newweb/index.php [June18, 2012]

International Rubber Study Group; IRSG. 2554. Thai and The world rubber statistics. [Online]. http://www.rubbercenter.org/newweb/index.php [June20, 2012].

Kennedy, P., Gadd, J. 2000. Preliminary examination of trace elements in tyres, brake pads and road bitumen in New Zealand. Report prepared for the Ministry of Transport of New Zealand; revised in 2003.

Legret, M., and C, Pagotto. 1999. Evaluation of pollutant loadings in the runoff waters from a major rural highway. The Science of the Total Environment. 235: 143-150.

MacDonald, D.D. 1994. Approach to the assessment of sediment quality in Florida coastal waters. Volume 1. Development and evaluation of sediment quality assessment guidelines. Report prepared for the Florida Department of Environmental Protection, Tallahasse, FL.

Serio, M. A., W6jtowicz, H. T., Pines, D. S., and Solomon, P. R. 1996. A Multiple-product approach to the processing of used tires. Advanced fuel research, Inc. pp 906-913.

MoT. 1996. Land transport pricing study. Environmental externalities. Discussion paper. Wellington, New Zealand: Ministry of Transport. March.

Perez, O. P., and Roman, F. 2007. Waste Tire Crumb Rubber as Sorbent for Heavy Metal Ions: A Field CaseStudy- Final Report. Puerto Rico Water Resources Research Institute Annual Technical Report FY. 10 pages.

Matthey, J. 2001. Base & Heavy Metals. [Online]. http://www.scavengingtechnologies.com /page-view.php?pagename=Base-And-Heavy-Metals. [June16, 2012].

National Environment Commission. 2006. Seawater Quality Standard . Published in the Government Gazette, General Issue. No 27. Volume 124 (11), February1, 2007

Pollution Control Department (PCD). 2006. Analysis of heavy metals and Hexavalent Chromium in seawater sample and waste water with high dissolved solids. Standard test method (STM# 18-03-008.1), Environmental laboratory. 6 p.

Sadiq, M., Alam, I., El-Mubarek, A., and Al-Mohdhar, H.M. 1989. Preliminary evaluation of metal pollution from wear of auto tires. Bull Environ Contam Toxicol. 42:743–8.

Salomon, W., and Forstner, U. 1984. Metal in the hydrocycle. New York: Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 349 p.

San Miguel, G., Fowler, G.D., and Sollars, C.J. 2002. The leaching of inorganic species from activated carbons produced from waste tyre rubber. Water Res. 36:1939–46.

T.A.G. Resource Recovery. 1999. Representative summary of scrap tire leaching ata. Reportprepared for the Florida Department of Environmental Protection. June 1999. 10 pp.

The Freedonia Group. 2010. World Rubber & Tire; Industry Study with Forecasts for 2013 & 2018. Study# 2575. January. 571 pages.

Wongapai, W. 2004. Value of old tires. Matichon weekend newspaper, volume 24, (1249). 23 of July. pp 30-31.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
คำย่อที่ใช้ในวิทยานิพนธ์

°C	หมายถึง	องศาเซลเซียส
ซม.	หมายถึง	เซนติเมตร
มม.	หมายถึง	มิลลิเมตร
มล.	หมายถึง	มิลลิลิตร
%	หมายถึง	ส่วนในร้อยส่วน (เปอร์เซ็นต์)
ppm	หมายถึง	ส่วนในพันส่วน
ppb	หมายถึง	ส่วนในล้านส่วน
µg/g	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อกรัม
mg/kg	หมายถึง	มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม
µg/l	หมายถึง	ไมโครกรัมต่อลิตร
mg/l	หมายถึง	มิลลิกรัมต่อลิตร
% v/v	หมายถึง	เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรต่อปริมาตร
psu	หมายถึง	practical salinity unit
ppt	หมายถึง	parts per milion

ภาคผนวก ข

หน้า ๑๗๐
เล่ม ๑๒๑ ตอนพิเศษ ๑๑๕ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๐ ตุลาคม ๒๕๔๗

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ ๒๕ (พ.ศ. ๒๕๔๗)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๒ (๖) แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ อันเป็นพระราชบัญญัติที่มีบทบัญญัติบางประการเกี่ยวกับการจำกัดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล ซึ่งมาตรา ๒๕ ประกอบกับมาตรา ๓๕ มาตรา ๔๘ มาตรา ๕๐ และมาตรา ๕๑ ของรัฐธรรมนูญแห่งราชอาณาจักรไทย บัญญัติให้กระทำได้โดยอาศัยอำนาจตามบทบัญญัติแห่งกฎหมาย คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ จึงออกประกาศกำหนดมาตรฐานคุณภาพดินไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ในประกาศนี้

“ดิน” หมายความว่า วัตถุธรรมชาติซึ่งเกิดขึ้นบนพื้นผิวโลก ประกอบด้วยแร่ธาตุและอินทรียวัตถุต่าง ๆ และให้หมายความรวมถึงหิน กรวด และทรายด้วย

“มาตรฐานคุณภาพดิน” หมายความว่า มาตรฐานการปนเปื้อนของสารอันตรายที่ยอมให้มีได้ในดินโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายหรือผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนที่รับสัมผัสดินทั้งทางตรงและทางอ้อม

ข้อ ๒ มาตรฐานคุณภาพดินจำแนกตามลักษณะการใช้ประโยชน์ในที่ดินเป็น ๒ ประเภท คือ

(๑) มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอยู่อาศัยและเกษตรกรรม

(๒) มาตรฐานคุณภาพดินที่ใช้ประโยชน์เพื่อการอื่นนอกเหนือจาก (๑)

ข้อ ๓ มาตรฐานคุณภาพดินตามข้อ ๒ (๑) ต้องเป็นไปดังนี้

๓.๑ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)

(๑) เบนซีน (Benzene) ต้องไม่เกิน ๖.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride) ต้องไม่เกิน ๒.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane) ต้องไม่เกิน ๓.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๐.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) ซิส-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๔๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) ทรานส์-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๖๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) ต้องไม่เกิน ๘๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene) ต้องไม่เกิน ๒๓๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๙) สไตรีน (Styrene) ต้องไม่เกิน ๑,๗๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๐) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene) ต้องไม่เกิน ๕๗ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๑) โทลูอีน (Toluene) ต้องไม่เกิน ๕๒๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๒) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๒๘ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๓) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane) ต้องไม่เกิน ๖๓๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๔) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane) ต้องไม่เกิน ๘.๔ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๕) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes) ต้องไม่เกิน ๒๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๓.๒ โลหะหนัก (Heavy Metals)

(๑) สารหนู (Arsenic) ต้องไม่เกิน ๓.๙ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds) ต้องไม่เกิน ๓๗ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium) ต้องไม่เกิน ๓๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ตะกั่ว (Lead) ต้องไม่เกิน ๔๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds) ต้องไม่เกิน ๑,๘๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds) ต้องไม่เกิน ๒๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts) ต้องไม่เกิน ๑,๖๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) ซีลีเนียม (Selenium) ต้องไม่เกิน ๓๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๓.๓ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)

(๑) อะทราซีน (Atrazine) ต้องไม่เกิน ๒๒ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) คลอเดน (Chlordane) ต้องไม่เกิน ๑๖ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) 2,4-ดี (2,4-D) ต้องไม่เกิน ๖๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ดีดีที (DDT) ต้องไม่เกิน ๑๗ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) ดิลดริน (Dieldrin) ต้องไม่เกิน ๐.๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) ต้องไม่เกิน ๑.๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) เฮปตาคลอร์ อีพ็อกไซด์ (Heptachlor Epoxide) ต้องไม่เกิน ๐.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) ลินเดน (Lindane) ต้องไม่เกิน ๔.๔ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๙) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) ต้องไม่เกิน ๓๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๓.๔ สารพิษอื่นๆ

(๑) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene) ต้องไม่เกิน ๐.๖ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์ (Cyanide and compounds) ต้องไม่เกิน ๑๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) พีซีบี (PCBs) ต้องไม่เกิน ๒.๒ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) ต้องไม่เกิน ๑.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข้อ ๔ มาตรฐานคุณภาพดินตามข้อ ๒ (๒) ต้องเป็นไปดังนี้

๔.๑ สารอินทรีย์ระเหยง่าย (Volatile Organic Compounds)

(๑) เบนซีน (Benzene) ต้องไม่เกิน ๑๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) คาร์บอนเตตระคลอไรด์ (Carbon Tetrachloride) ต้องไม่เกิน ๕.๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) 1,2-ไดคลอโรอีเทน (1,2-Dichloroethane) ต้องไม่เกิน ๗.๖ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

หน้า ๑๗๕
เล่ม ๑๒๑ ตอนพิเศษ ๑๑๕ ง ราชกิจจานุเบกษา ๒๐ ตุลาคม ๒๕๔๗

(๔) 1,1-ไดคลอโรเอทธิลีน (1,1-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๑.๒ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) ซิส-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (cis-1,2-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๑๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) ทรานส์-1,2-ไดคลอโรเอทธิลีน (trans-1,2-Dichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๒๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) ไดคลอโรมีเทน (Dichloromethane) ต้องไม่เกิน ๒๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) เอทธิลเบนซีน (Ethylbenzene) ต้องไม่เกิน ๒๓๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๙) สไตรีน (Styrene) ต้องไม่เกิน ๑,๗๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๐) เตตระคลอโรเอทธิลีน (Tetrachloroethylene) ต้องไม่เกิน ๑๙๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๑) โทลูอีน (Toluene) ต้องไม่เกิน ๕๒๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๒) ไตรคลอโรเอทธิลีน (Trichloroethylene) ต้องไม่เกิน ๖๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๓) 1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-Trichloroethane) ต้องไม่เกิน ๑,๔๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๔) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,2-Trichloroethane) ต้องไม่เกิน ๑๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๑๕) ไซลีนทั้งหมด (Total Xylenes) ต้องไม่เกิน ๒๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๔.๒ โลหะหนัก (Heavy Metals)

(๑) สารหนู (Arsenic) ต้องไม่เกิน ๒๗ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) แคดเมียมและสารประกอบแคดเมียม (Cadmium and compounds) ต้องไม่เกิน ๘๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ (Hexavalent Chromium) ต้องไม่เกิน ๖๔๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ตะกั่ว (Lead) ต้องไม่เกิน ๗๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) แมงกานีสและสารประกอบแมงกานีส (Manganese and compounds) ต้องไม่เกิน ๓๒,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) ปรอทและสารประกอบปรอท (Mercury and compounds) ต้องไม่เกิน ๖๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) นิกเกิลในรูปของเกลือที่ละลายน้ำได้ (Nickel, soluble salts) ต้องไม่เกิน ๔๑,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) ซีลีเนียม (Selenium) ต้องไม่เกิน ๑๐,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๔.๓ สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ (Pesticides)

(๑) อะทราซีน (Atrazine) ต้องไม่เกิน ๑๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) คลอเดน (Chlordane) ต้องไม่เกิน ๑๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) 2,4-ดี (2,4-D) ต้องไม่เกิน ๑๒,๐๐๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ดีดีที (DDT) ต้องไม่เกิน ๑๒๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๕) ดิลดริน (Dieldrin) ต้องไม่เกิน ๑.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๖) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) ต้องไม่เกิน ๕.๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๗) เฮปตาคลอร์ อีพ็อกไซด์ (Heptachlor Epoxide) ต้องไม่เกิน ๒.๗ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๘) ลินเดน (Lindane) ต้องไม่เกิน ๒๘ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๙) เพนตะคลอโรฟีนอล (Pentachlorophenol) ต้องไม่เกิน ๑๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

๔.๔ สารพิษอื่น ๆ

(๑) เบนโซ (เอ) ไพรีน (Benzo (a) pyrene) ต้องไม่เกิน ๒.๙ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๒) ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์ (Cyanide and compounds) ต้องไม่เกิน ๓๕ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๓) พีซีบี (PCBs) ต้องไม่เกิน ๑๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

(๔) ไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) ต้องไม่เกิน ๘.๓ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม

ข้อ ๕ การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓ และข้อ ๔ ให้ใช้วิธี Test Methods of Evaluating Solid Waste, Physical/Chemical Methods (SW-846) ขององค์การพิทักษ์สิ่งแวดล้อมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (United States Environmental Protection Agency) ดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๑ (๑)-(๑๕) และข้อ ๔.๑ (๑)-(๑๕) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๒) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๑) และข้อ ๔.๒ (๑) ให้ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption, Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๓) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๒) และข้อ ๔.๒ (๒) ให้ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๔) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๓) และข้อ ๔.๒ (๓) ให้ใช้วิธี Coprecipitation หรือวิธี Colorimetric หรือวิธี Chelation/Extraction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๕) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๔)-(๕) และข้อ ๔.๒ (๔)-(๕) ให้ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๖) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๖) และข้อ ๔.๒ (๖) ให้ใช้วิธี Cold-Vapor Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๗) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๗) และข้อ ๔.๒ (๗) ให้ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือวิธี Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry หรือวิธี Atomic Absorption, Direct Aspiration หรือวิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๘) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๒ (๘) และข้อ ๔.๒ (๘) ให้ใช้วิธี Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry หรือ

วิธี Atomic Absorption, Furnace Technique หรือวิธี Atomic Absorption Gaseous Hydride หรือวิธี Atomic Absorption, Borohydride Reduction หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๕) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๓ (๑) และข้อ ๔.๓ (๑) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๐) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๓ (๒) และข้อ ๔.๓ (๒) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๑) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๓ (๓) และข้อ ๔.๓ (๓) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี High Performance Liquid Chromatography/Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๒) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๓ (๔)-(๘) และข้อ ๔.๓ (๔)-(๘) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๓) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๓ (๕) และข้อ ๔.๓ (๕) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธี Gas Chromatography/Fourier Transform Infrared (GC/FT-IR) Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๔) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๔ (๑) และข้อ ๔.๔ (๑) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธี Thermal Extraction/Gas Chromatography/Mass Spectrometry (TE/GC/MS) หรือวิธี Gas Chromatography/Fourier Transform Infrared (GC/FT-IR) Spectrometry หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๕) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๔ (๒) และข้อ ๔.๔ (๒) ให้ใช้วิธี Total and Amenable Cyanide: Distillation หรือวิธี Total Amenable Cyanide (Automated Colorimetric, with off-line Distillation) หรือวิธี Cyanide Extraction Procedure for Solids and Oils หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๖) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๔ (๓) และข้อ ๔.๔ (๓) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

(๑๗) การตรวจสอบคุณภาพดินตามข้อ ๓.๔ (๔) และข้อ ๔.๔ (๔) ให้ใช้วิธี Gas Chromatography หรือวิธี Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) หรือวิธีอื่นที่กรมควบคุมมลพิษเห็นชอบ

ข้อ ๖ วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างดินให้เป็นไปตามที่กำหนดไว้ในภาคผนวกท้ายประกาศนี้

ประกาศ ณ วันที่ ๕ กันยายน พ.ศ. ๒๕๔๗

จาตุรนต์ ฉายแสง

รองนายกรัฐมนตรี

ปฏิบัติหน้าที่ประธานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ภาคผนวก

ท้าย

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ ๒๕ (พ.ศ. ๒๕๔๗)

เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพดิน

วิธีการเก็บตัวอย่างดิน

๑. ให้แบ่งพื้นที่ออกเป็นแปลงย่อย ๆ โดยขนาดของแปลงย่อยขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่และสภาพภูมิประเทศ เพื่อให้ได้ตัวอย่างดินที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ทั้งหมด

๒. จำนวนหลุมเจาะตัวอย่างดินขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่ สำหรับพื้นที่ที่มีขนาด ๑๐ – ๒๕ ไร่ ให้เจาะตัวอย่างดินประมาณ ๑๐ – ๒๐ หลุม กระจายทั่วแปลง

๓. ให้เจาะตัวอย่างดินในหลุมหนึ่ง ๆ จากผิวดินจนถึงระดับความลึกประมาณ ๑๒ – ๑๘ นิ้ว (๓๐ – ๔๕ เซนติเมตร) โดยให้ใช้วิธีการเจาะแบบคงสภาพ

ทั้งนี้ การเก็บตัวอย่างดินมีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามตรวจสอบคุณภาพดินเบื้องต้น กรณีจำเป็นต้องมีการพิสูจน์สภาพการปนเปื้อนเพื่อการฟื้นฟู ให้มีการประเมินความเสี่ยงอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนและคุณภาพสิ่งแวดล้อมในลำดับต่อไป

วิธีการรักษาตัวอย่างดิน

สารที่จะวิเคราะห์และตรวจสอบ (Parameter)	ภาชนะบรรจุ (Container)	การเก็บรักษา (Preservative)	ระยะเวลาที่เก็บไว้ได้ (Holding Time)
สารอินทรีย์ระเหยง่าย	แก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	๑๔ วัน
โลหะหนัก (ยกเว้น โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์ และปรอทและสารประกอบปรอท)	พลาสติก หรือแก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	๑๘๐ วัน
โครเมียมชนิดเฮ็กซาวาเลนท์	พลาสติก หรือแก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	- ๓๐ วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - ๗ วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ปรอทและสารประกอบปรอท	พลาสติก หรือแก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	๒๘ วัน
สารป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์	แก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	- ๑๔ วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - ๔๐ วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
เบนโซ (เอ) ไพรีน	แก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	- ๑๔ วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - ๔๐ วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ไซยาไนด์และสารประกอบไซยาไนด์	พลาสติก หรือแก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	๑๔ วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง
พีซีบี	แก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	- ๑๔ วัน ก่อนทำการเตรียมตัวอย่าง - ๔๐ วัน หลังทำการเตรียมตัวอย่าง
ไวนิลคลอไรด์	แก้ว	แช่เย็นที่ ๔°±๒°C	๑๔ วัน

ภาคผนวก ค

หน้า ๑๒๓
เล่ม ๑๒๔ ตอนที่ ๑๑ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๐

ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ฉบับที่ ๒๗ (พ.ศ. ๒๕๔๙)
เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล

โดยที่เป็นการสมควรปรับปรุงแก้ไขมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่ได้กำหนดไว้แล้วให้เหมาะสมตามความก้าวหน้าในทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และความเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ และสังคมของประเทศ อาศัยอำนาจตามความในมาตรา ๓๔ แห่งพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ แก้ไขโดยมาตรา ๑๑๔ แห่งพระราชกฤษฎีกาแก้ไขบทบัญญัติให้สอดคล้องกับการโอนอำนาจหน้าที่ของส่วนราชการ ให้เป็นไปตามพระราชบัญญัติปรับปรุงกระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. ๒๕๔๕ พ.ศ. ๒๕๔๕ คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติจึงออกประกาศไว้ดังต่อไปนี้

ข้อ ๑ ให้ยกเลิกประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ ๗ (พ.ศ. ๒๕๓๗) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๓๕ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลชายฝั่ง ลงวันที่ ๒๐ มกราคม พ.ศ. ๒๕๓๗

ข้อ ๒ ในประกาศนี้

“น้ำทะเล” หมายความว่า น้ำทั้งหมดในเขตน่านน้ำไทย แต่ไม่รวมถึง น้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

“น่านน้ำไทย” หมายความว่า บรรดาน่านน้ำที่อยู่ภายใต้อำนาจอธิปไตยของประเทศไทย ตามกฎหมายว่าด้วยการเดินเรือในน่านน้ำไทย

“ค่าความโปร่งใสต่ำสุด” หมายความว่า ค่าความโปร่งใสต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ของตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเดียวกันย้อนหลัง ๑ ปี ในช่วงเวลาน้ำขึ้น น้ำลง และฤดูกาลเดียวกัน

“ค่าความเค็มต่ำสุด” หมายความว่า ค่าความเค็มต่ำสุดที่ตรวจวัดได้ของตัวอย่างน้ำทะเลที่เก็บจากสถานีเก็บตัวอย่างน้ำทะเลเดียวกันย้อนหลัง ๑ ปี ในช่วงเวลาน้ำขึ้น น้ำลง และฤดูกาลเดียวกัน

“เขตกันชน” หมายความว่า เขตรอยต่อระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์คุณภาพน้ำทะเล โดยเขตกันชนมีพื้นที่นับตั้งแต่แนวแบ่งเขตคุณภาพน้ำทะเลด้านที่มีคุณภาพน้ำทะเลต่ำกว่าออกไปเป็นระยะ ๕๐๐ เมตร ติดต่อกันเป็นเส้นขนาน

หน้า ๑๒๔
เล่ม ๑๒๔ ตอนที่ ๑๑ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๐

หมวด ๑
ประเภทและมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลในเขตน่านน้ำไทย

ข้อ ๓ ให้แบ่งคุณภาพน้ำทะเลในเขตน่านน้ำไทยออกเป็น ๖ ประเภท ดังต่อไปนี้

(๑) คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลที่มิได้จัดไว้เพื่อการใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งเป็นแหล่งน้ำทะเลตามธรรมชาติสำหรับเป็นที่แพร่พันธุ์หรืออนุบาลของสัตว์น้ำวัยอ่อน หรือเป็นแหล่งอาหาร หรือที่อยู่อาศัยของสัตว์น้ำ พืช หรือหญ้าทะเล

(๒) คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลที่มีปะการัง โดยมีขอบเขตครอบคลุมพื้นที่ในรัศมีแนวราบกับผิวน้ำ นับจากเส้นตรงที่ลากตั้งฉากกับเส้นที่เชื่อมจุดนอกสุดของแนวปะการังออกไปเป็นระยะ ๑,๐๐๐ เมตร

(๓) คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลซึ่งมีประกาศกำหนดให้เป็นพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ตามกฎหมายว่าด้วยการประมง

(๔) คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการนันทนาการ ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลซึ่งมีประกาศขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นกำหนดให้เป็นเขตเพื่อการว่ายน้ำหรือใช้ประโยชน์เพื่อการนันทนาการทางน้ำ

(๕) คุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรม และท่าเรือ ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลที่อยู่ประชิดกับเขตนิคมอุตสาหกรรม ตามกฎหมายว่าด้วยการนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย เขตประกอบการอุตสาหกรรม ตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน เขตท่าเรือ ตามกฎหมายว่าด้วยการเดินเรือในน่านน้ำไทย ท่าเรือ หรือท่าเทียบเรือ แล้วแต่กรณี โดยมีขอบเขตนับตั้งแต่แนวน้ำลงต่ำสุดออกไปจนถึงระยะ ๑,๐๐๐ เมตร ตามแนวราบกับผิวน้ำ

(๖) คุณภาพน้ำทะเลสำหรับเขตชุมชน ได้แก่ แหล่งน้ำทะเลที่อยู่ประชิดกับชุมชนที่มีประกาศกำหนดให้เป็นเทศบาล ตามกฎหมายว่าด้วยเทศบาล เมืองพัทยา หรือกรุงเทพมหานคร เฉพาะเขตเทศบาล เขตเมืองพัทยา หรือเขตกรุงเทพมหานครที่ติดกับชายฝั่งทะเลเท่านั้น โดยให้นับตั้งแต่แนวน้ำลงต่ำสุดออกไปจนถึงระยะ ๑,๐๐๐ เมตร ตามแนวราบกับผิวน้ำ

ข้อ ๔ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๑) ต้องมีมาตรฐาน ดังต่อไปนี้

(๑) ไม่มีวัตถุที่น่ารังเกียจลอยอยู่บนผิวน้ำ

(๒) ไม่มีน้ำมันหรือไขมันที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าลอยอยู่บนผิวน้ำ

(๓) สีของน้ำทะเลอยู่ใน scale ของสารละลาย Forel-Ule ซึ่งมีค่าตั้งแต่ ๑-๒๒

(๔) กลิ่นต้องไม่เป็นที่น่ารังเกียจ คือ ไม่มีกลิ่นที่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ เช่น กลิ่นน้ำมัน กลิ่นก๊าซไข่เน่า กลิ่นสารเคมี กลิ่นขยะ กลิ่นเน่า เป็นต้น โดยความเห็นของคณะผู้ตรวจวัดต้องเป็นเอกฉันท์

(๕) อุณหภูมิ (Temperature) เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน ๑ องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติ

(๖) ความเป็นกรดและด่าง (pH) มีค่าระหว่าง ๗.๐-๘.๕

(๗) ความโปร่งใส (Transparency) มีค่าลดลงจากสภาพธรรมชาติไม่เกินร้อยละ ๑๐ จากค่าความโปร่งใสต่ำสุด

(๘) สารแขวนลอย (Suspended Solids) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกินผลรวมของค่าเฉลี่ย ๑ วัน หรือ ๑ เดือน หรือ ๑ ปี บวกกับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าเฉลี่ยนั้น ๆ โดยค่าเฉลี่ย ๑ วัน ให้วัดทุกชั่วโมง หรืออย่างน้อย ๕ ครั้ง ที่ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน ค่าเฉลี่ย ๑ เดือน ให้วัดทุกวันหรืออย่างน้อย ๔ ครั้ง ที่ช่วงเวลาเท่า ๆ กัน ใน ๑ เดือน ณ เวลาเดียวกัน และค่าเฉลี่ย ๑ ปี ให้วัดทุกเดือน ณ วันที่และเวลาเดียวกัน

(๙) ความเค็ม (Salinity) มีค่าเปลี่ยนแปลงไม่เกินร้อยละ ๑๐ ของค่าความเค็มต่ำสุด

(๑๐) ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) มีค่าไม่เกิน ๐.๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๑๑) ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) มีค่าไม่น้อยกว่า ๔ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๑๒) แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๑,๐๐๐ เอ็มพีเอ็นต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๑๓) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๗๐ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๑๔) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) มีค่าไม่เกิน ๒๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

(๑๕) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-Phosphorus) มีค่าไม่เกิน ๑๕ ไมโครกรัม-ฟอสฟอรัสต่อลิตร

(๑๖) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (รูปที่ไม่มีอิออน, Unionized Ammonia) มีค่าไม่เกิน ๗๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

(๑๗) ปรอทรวม (Total Mercury) มีค่าไม่เกิน ๐.๑ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๑๘) แคดเมียม (Cadmium) มีค่าไม่เกิน ๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๑๙) โครเมียมรวม (Total Chromium) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๐) โครเมียมเฮกซาวาเลนท์ (Chromium Hexavalent) มีค่าไม่เกิน ๕๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๑) ตะกั่ว (Lead) มีค่าไม่เกิน ๘.๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๒) ทองแดง (Copper) มีค่าไม่เกิน ๘ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๓) แมงกานีส (Manganese) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๔) สังกะสี (Zinc) มีค่าไม่เกิน ๕๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๕) เหล็ก (Iron) มีค่าไม่เกิน ๓๐๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๖) ฟลูออไรด์ (Fluoride) มีค่าไม่เกิน ๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒๗) ฟีนอล (Phenol) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๓ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๒๘) ซัลไฟด์ (Sulfide) มีค่าไม่เกิน ๑๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๒๙) ไซยาไนด์ (Cyanide) มีค่าไม่เกิน ๗ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓๐) พีซีบี (PCBs, Polychlorinated Biphenyl) ต้องตรวจไม่พบ

(๓๑) สารหนู (Arsenic) มีค่าไม่เกิน ๑๐ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓๒) กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) มีค่ากัมมันตภาพรังสีรวมแอลฟา (Alpha) ไม่เกิน ๐.๑ เบคเคอเรลต่อลิตร ค่ากัมมันตภาพรังสีรวมเบตา (Beta) ที่ไม่รวมรังสีจากโปตัสเซียม-๔๐ มีค่าไม่เกิน ๑.๐ เบคเคอเรลต่อลิตร

(๓๓) สารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิล (Tributyltin) มีค่าไม่เกิน ๑๐ นาโนกรัมต่อลิตร

(๓๔) สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดที่มีคลอรีน ได้แก่

(ก) อัลดริน (Aldrin) มีค่าไม่เกิน ๑.๓ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ข) คลอเดน (Chlordane) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๔ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ค) ดีดีที (DDT) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๑ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ง) ดิลดริน (Dieldrin) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๑๙ ไมโครกรัมต่อลิตร

(จ) เอลดริน (Endrin) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๒๓ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ฉ) เอ็นโดซัลฟาน (Endosulfan) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๘๗ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ช) เฮปตาคลอร์ (Heptachlor) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๐๓๖ ไมโครกรัมต่อลิตร

(ซ) ลินเดน (Lindane) มีค่าไม่เกิน ๐.๑๖ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓๕) สารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ชนิดอื่น ได้แก่

(ก) อะลาคลอร์ (Alachlor) ต้องตรวจไม่พบ

(ข) อะเมทธริน (Ametryn) ต้องตรวจไม่พบ

(ค) อะทราซีน (Atrazine) ต้องตรวจไม่พบ

(ง) คาร์บาริล (Carbaryl) ต้องตรวจไม่พบ

(จ) คาร์เบนดาซิม (Carbendazim) ต้องตรวจไม่พบ

(ฉ) คลอไพริฟอส (Chlorpyrifos) ต้องตรวจไม่พบ

(ช) ไซเปอร์เมธทริน (Cypermethrin) ต้องตรวจไม่พบ

(ซ) ๒,๔-ดี (2,4-D) ต้องตรวจไม่พบ

(ฌ) ไดเอรอน (Diuron) ต้องตรวจไม่พบ

(ญ) ไกลโฟเซท (Glyphosate) ต้องตรวจไม่พบ

(ฎ) มาลาไธออน (Malathion) ต้องตรวจไม่พบ

(ฏ) แมนโคเซบ (Mancozeb) ต้องตรวจไม่พบ

(ฐ) เมทธิล พาราไธออน (Methyl parathion) ต้องตรวจไม่พบ

(ฑ) พาราไธออน (Parathion) ต้องตรวจไม่พบ

(ฒ) โปรพานิล (Propanil) ต้องตรวจไม่พบ

ข้อ ๕ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๒) ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) อุณหภูมิ (Temperature) ห้ามมีค่าเปลี่ยนแปลงจากสภาพธรรมชาติ

(๒) ออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) มีค่าไม่น้อยกว่า ๖ มิลลิกรัมต่อลิตร

(๓) แบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอกไค (Enterococci Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๓๕ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

ข้อ ๖ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๓) ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) มีค่าไม่เกิน ๖๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

(๒) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-Phosphorus) มีค่าไม่เกิน ๔๕ ไมโครกรัม-ฟอสฟอรัสต่อลิตร

(๓) แอมโมเนีย-ไนโตรเจน (รูปที่ไม่มีอิออน, Unionized Ammonia) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

ข้อ ๗ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๔) ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) อุณหภูมิ (Temperature) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน ๒ องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติ

(๒) ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) มีค่าไม่เกิน ๑ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๔) แบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอกไค (Enterococci Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๓๕ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๕) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) มีค่าไม่เกิน ๖๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

ข้อ ๘ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๕) ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) อุณหภูมิ (Temperature) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน ๒ องศาเซลเซียส จากสภาพธรรมชาติ

(๒) ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) มีค่าไม่เกิน ๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๔) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) มีค่าไม่เกิน ๖๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

(๕) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-Phosphorus) มีค่าไม่เกิน ๔๕ ไมโครกรัม-ฟอสฟอรัสต่อลิตร

(๖) คลอรีนคงเหลือ (Residual Chlorine) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๙ คุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ (๖) ต้องมีมาตรฐานตามข้อ ๔ เว้นแต่

(๑) อุณหภูมิ (Temperature) มีค่าเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นไม่เกิน ๒ องศาเซลเซียสจากสภาพธรรมชาติ

(๒) ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) มีค่าไม่เกิน ๕ ไมโครกรัมต่อลิตร

(๓) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) มีค่าไม่เกิน ๑๐๐ ซีเอฟยูต่อ ๑๐๐ มิลลิลิตร

(๔) ไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) มีค่าไม่เกิน ๖๐ ไมโครกรัม-ไนโตรเจนต่อลิตร

(๕) ฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-Phosphorus) มีค่าไม่เกิน ๔๕ ไมโครกรัม-ฟอสฟอรัสต่อลิตร

(๖) คลอรีนคงเหลือ (Residual Chlorine) มีค่าไม่เกิน ๐.๐๑ มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อ ๑๐ ในกรณีเขตคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอุตสาหกรรมและท่าเรือ หรือคุณภาพน้ำทะเลสำหรับเขตชุมชนทับซ้อนกับเขตคุณภาพน้ำทะเลเพื่อการอนุรักษ์แหล่งปะการัง การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ หรือการนันทนาการ แล้วแต่กรณี มาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลในเขตพื้นที่ทับซ้อนดังกล่าว ให้เป็นไปตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลประเภทที่มีค่าเข้มงวดมากที่สุด

ข้อ ๑๑ การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำทะเลตามข้อ ๓ จะต้องกำหนดเขตกันชน (Buffer zone) ระหว่างคุณภาพน้ำทะเลแต่ละประเภทไว้ด้วย โดยมาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลในเขตกันชน (Buffer zone) จะต้องมีค่าไม่เกินกว่าค่าเฉลี่ยระหว่างค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลที่อยู่ติดต่อกัน เว้นแต่

(๑) การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำทะเลประเภทใดประเภทหนึ่งไม่ได้กำหนดค่ามาตรฐานค่าใดค่าหนึ่งไว้ ค่ามาตรฐานน้ำทะเลในเขตกันชนจะต้องมีค่าไม่เกินไปกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลตามประเภทของคุณภาพน้ำทะเลที่ได้มีการกำหนดไว้

(๒) การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำทะเลใดกำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลไว้ โดยห้ามเปลี่ยนแปลงไปจากค่าเดิมตามธรรมชาติ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเลในเขตกันชนต้องมีค่าไม่เกินครึ่งหนึ่งของค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทะเล ตามประเภทของคุณภาพน้ำทะเลที่มีการกำหนดไว้เป็นตัวเลข

หมวด ๒
วิธีการเก็บตัวอย่างและตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลในเขตน่านน้ำไทย

ข้อ ๑๒ ให้ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทะเล ดังนี้

(๑) หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกน้อยกว่า ๕ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก ๑ เมตร และสูงจากท้องน้ำ ๑ เมตร

(๒) หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง ๕-๒๐ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก ๑ เมตร กึ่งกลางน้ำ และสูงจากท้องน้ำ ๑ เมตร

(๓) หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง ๒๐-๔๐ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก ๑ เมตร ๑๐ เมตร ๒๐ เมตร ๓๐ เมตร และสูงจากท้องน้ำ ๑ เมตร

(๔) หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกอยู่ระหว่าง ๔๐-๑๐๐ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก ๑ เมตร ๒๐ เมตร ๔๐ เมตร ๘๐ เมตร และสูงจากท้องน้ำ ๑ เมตร

(๕) หาก ณ จุดตรวจสอบ มีความลึกมากกว่า ๑๐๐ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ความลึก ๑ เมตร ที่ทุก ๆ ความลึก ๕๐ เมตร และสูงจากท้องน้ำ ๑ เมตร

(๖) หาก ณ จุดตรวจสอบมีความลึกของน้ำน้อยกว่าหรือเท่ากับ ๑ เมตร ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลที่ระดับกึ่งกลางความลึกของน้ำ เว้นแต่แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) แบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) และแบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอกไค (Enterococci Bacteria) ให้เก็บตัวอย่างที่ระดับความลึกใต้ผิวน้ำ ๓๐ เซนติเมตร สำหรับวัตถุลอยน้ำ สี ความโปร่งใส น้ำมันและไขมันบนผิวน้ำ ไม่ต้องเก็บตัวอย่าง แต่ให้ตรวจวัด ณ จุดตรวจสอบ

ข้อ ๑๓ ให้เก็บตัวอย่างน้ำทะเลในช่วงเวลาตั้งแต่น้ำลงถึงน้ำลงต่ำสุด เฉพาะในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำขึ้นน้ำลง

ข้อ ๑๔ การเก็บตัวอย่างน้ำทะเลและอุปกรณ์ที่ใช้จะต้องเป็นไปตามที่กำหนดในคู่มือการเก็บและวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทะเลของกรมควบคุมมลพิษหรือตามที่กำหนดไว้ใน Standard Method for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, ฉบับล่าสุด) Method of Seawater Analysis (Grasshoff ,1999) Practical Handbook of Seawater Analysis (Strickland and Parson, 1972) A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis (Parsons et.al., 1984) Recommended guidelines for measuring organic compounds in Puget Sound water, sediment and tissue samples (Puget Sound Estuary Program, 1997) Prescribed Procedures for Measurement of Radioactivity in Drinking Water (Krieger and Whittaker, 1980) Proceedings of the organotin symposium, Comprehensive method for determination of aquatic butyltin and butylmethyltin species at ultra trace levels using simultaneous hybridization/extraction with GC/FPD detection (Matthias et. al. 1986 a,b) หรือวิธีการอื่นใดที่คณะกรรมการควบคุมมลพิษประกาศกำหนด และให้มีการดำเนินการเพื่อลดผลการรบกวนจากคลอไรด์ หรือมีการ Pre-concentration ก่อนการวิเคราะห์

ข้อ ๑๕ การตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลให้ใช้วิธีการดังต่อไปนี้

(๑) การตรวจสอบวัตถุลอยน้ำ น้ำมันและไขมันบนผิวน้ำให้สังเกตบริเวณผิวน้ำ

(๒) การตรวจสอบสีให้ใช้วิธีสังเกตโดยเทียบกับ Forel-Ule color scale

(๓) การตรวจสอบกลิ่นให้ใช้วิธีการดมกลิ่น โดยต้องมีผู้ตรวจวัดไม่น้อยกว่า ๓ คน และเก็บตัวอย่างในขวดแก้ว หรือ TFE-line ๒ ขวดต่อ ๑ จุดเก็บตัวอย่าง ทำการตรวจวัดทันทีเมื่อถึงจุดตรวจวัด โดยความเห็นของคณะผู้ตรวจวัดต้องเป็นเอกฉันท์

(๔) การตรวจสอบอุณหภูมิ (Temperature) ให้ใช้ Thermometer หรือ Electrical Sensor Method

(๕) การตรวจสอบค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ให้ใช้เครื่องวัดความเป็นกรดและด่าง (pH meter)

(๖) การตรวจสอบค่าความโปร่งใส (Transparency) ให้ใช้แผ่น Secchi Disc สำหรับตรวจวัดน้ำทะเล

(๗) การตรวจสอบค่าสารแขวนลอย (Suspended Solids) ให้ใช้วิธี Gravimetric Method

(๘) การตรวจสอบค่าความเค็ม (Salinity) ให้ใช้วิธี Argentometric หรือวิธี Electrical Conductivity Method หรือวิธี Density หรือวิธี Refractometer

(๙) การตรวจสอบค่าปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Fluorescence Spectrophotometry

(๑๐) การตรวจสอบค่าออกซิเจนละลาย (Dissolved Oxygen) ให้ใช้วิธี Azide Modification Method หรือวิธี Membrane Electrode Method หรือวิธี Winkler Method

(๑๑) การตรวจสอบค่าแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) ให้ใช้วิธี Multiple Tube Fermentation Technique

(๑๒) การตรวจสอบค่าแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bacteria) และค่าแบคทีเรียกลุ่มเอ็นเทอโรคอกไค (Enterococci Bacteria) ให้ใช้วิธี Membrane Filter Technique

(๑๓) การตรวจสอบค่าไนเตรท-ไนโตรเจน (Nitrate-Nitrogen) ให้ใช้วิธี Cadmium Reduction Method เปลี่ยนไนเตรทเป็นไนไตรท์ก่อน แล้วใช้วิธี Colorimetric Method

(๑๔) การตรวจสอบค่าฟอสเฟต-ฟอสฟอรัส (Phosphate-phosphorus) ให้ใช้วิธี Colorimetric Method

(๑๕) การตรวจสอบค่าแอมโมเนีย-ไนโตรเจน (รูปที่ไม่มีอิออน, Unionized Ammonia) ให้ใช้วิธี Phenol-Hypochlorite Method

(๑๖) การตรวจสอบค่าปรอทรวม (Total Mercury) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Cold-Vapor/Hydride Generation-Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Cold-Vapor/Hydride Generation-Atomic Fluorescence Spectrometric Method หรือวิธี Inductively Coupled Plasma

(๑๗) การตรวจสอบค่าแคดเมียม (Cadmium) โครเมียมรวม (Total Chromium) ตะกั่ว (Lead) และทองแดง (Copper) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Inductively Coupled Plasma Method

(๑๘) การตรวจสอบค่าโครเมียมเฮกซาวาเลนท์ (Chromium Hexavalent) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Inductively Coupled Plasma Method

(๑๙) การตรวจสอบค่าแมงกานีส (Manganese) สังกะสี (Zinc) และเหล็ก (Iron) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Flame Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Inductively Coupled Plasma Method

(๒๐) การตรวจสอบค่าฟลูออไรด์ (Fluoride) ให้ใช้วิธี SPADNS Colorimetric Method

(๒๑) การตรวจสอบค่าคลอรีนคงเหลือ (Residual Chlorine) ให้ใช้วิธี N,N-diethyl-p-phenylenediamine Method

(๒๒) การตรวจสอบค่าฟีนอล (Phenol) ให้ใช้วิธี Distillation ตามด้วย Aminoantipyrine Colorimetric Method

(๒๓) การตรวจสอบค่าซัลไฟด์ (Sulfide) ให้ใช้วิธี Methylene Blue Colorimetric Method

(๒๔) การตรวจสอบค่าไซยาไนด์ (Cyanide) ให้ใช้วิธี Pyridine Barbituric Acid Colorimetric Method

(๒๕) การตรวจสอบค่าพีซีบี (PCBs, Polychlorinated Biphenyl) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Gas Chromatography with Electron Capture Detector

(๒๖) การตรวจสอบค่าสารหนู (Arsenic) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Hydride Generation - Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method หรือวิธี Inductively Coupled Plasma Method ที่มีระบบขจัดการรบกวนของคลอไรด์

หน้า ๑๓๓
เล่ม ๑๒๔ ตอนที่ ๑๑ ง ราชกิจจานุเบกษา ๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๐

(๒๗) การตรวจสอบค่าสารประกอบดีบุกอินทรีย์ชนิดไตรบิวทิล (Tributyltin) ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Gas Chromatography with Flame Photometric Detector หรือวิธี Gas Chromatography with Mass Spectrophotometry หรือวิธี High Performance Liquid Chromatography-ICP-MS

(๒๘) การตรวจสอบค่ากัมมันตภาพรังสีรวมเบตา (Beta) ให้ใช้วิธี Evaporation ค่ากัมมันตภาพรังสีรวมแอลฟา (Alpha) ให้ใช้วิธี Co-precipitation และค่าโปตัสเซียม-๔๐ ให้ใช้วิธี Gamma Spectrometry (USEPA) หรือวิธีคำนวณจากค่า Salinity

(๒๙) การตรวจสอบค่าสารเคมีที่ใช้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชและสัตว์ ให้ใช้วิธี Pre-concentration ตามด้วยวิธี Gas Chromatography with Mass Spectrophotometry หรือวิธี High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

ประกาศ ณ วันที่ ๒๖ ธันวาคม พ.ศ. ๒๕๔๙
โฆสิต ปั้นเปี่ยมรัษฎ์
รองนายกรัฐมนตรี
ปฏิบัติหน้าที่ประธานกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวชนัดดา แสนสุข ชื่อเล่นว่า มด เกิดเมื่อวันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2529 ภูมิลำเนาอาศัยอยู่บ้านเลขที่ 188 หมู่ 8 ถ.ประมงเจริญ ต.บ้านแหลม อ.บ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี 76110 เข้าศึกษาระดับประถมศึกษาที่โรงเรียนวัดต้นสน อ.บ้านแหลม เข้าศึกษาต่อที่โรงเรียนประจำจังหวัดคือ โรงเรียนเบญจมเทพอุทิศ จ.เพชรบุรี จนจบมัธยมศึกษาปีที่ 6 จากนั้นเข้าศึกษาปริญญาตรี ณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้มีส่วนร่วมในภาควิชา คือร่วมจัดทำค่ายวิทยาศาสตร์ทางทะเล (Marine Camp) ครั้งที่ 29 และได้เป็นผู้ช่วยนักวิจัยในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริ สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี (RSPG) ในการไปสำรวจทรัพยากรธรรมชาติบนบกและทางทะเลที่เกาะตะรุเตา จ.สตูล และสำเร็จการศึกษาปริญญาตรีในปีการศึกษา 2551 หลังจากจบปริญญาตรีแล้วได้เป็นผู้ช่วยนักวิจัยเป็นระยะเวลา 6 เดือนอยู่ที่ภาควิทยาศาสตร์ทางทะเล ส่วนงานปะการัง รวมทั้งได้ออกไปปฏิบัติงานด้านเพาะเลี้ยงปะการังที่เกาะแสมสาร จ.ชลบุรี แล้วจึงตัดสินใจเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2553 เป็นต้นมา

ในระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมนำเสนอผลงานวิจัยภาคบรรยาย (Oral presentation) ในงานประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์ทางทะเล ครั้งที่ 3 ในห้อข้อเรื่อง “คุณภาพสิ่งแวดล้อมจากการฟื้นฟูชายฝั่งทะเลด้วยเสาไฟฟ้าชำรุดสวมยางรถยนต์ใช้แล้วเป็นแนวกันคลื่นบริเวณป้อมพระจุลจอมเกล้าจังหวัดสมุทรปราการ” ระหว่างวันที่ 17-19 ตุลาคม 2555 ณ โรงแรมตวันนา กรุงเทพมหานคร