หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

วิจารณ์ผลการทดลอง

<u>ปริมาณการแพร่กระจายของโลหะในน้ำและในตะกอน</u>

จากผลการศึกษาปริมาณโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ในตัวอย่างน้ำทะเล ซึ่งเก็บจากบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยองถึงจังหวัดตราด จำนวน 13 สถานี ในช่วงเวลา 2 ฤดูกาล (เมษายน-พฤศจิกายน) พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงขึ้น ๆ ลง ๆ ในแต่ละสถานี (รูปที่ 3) ค่าเฉลี่ยของโลหะตะกั่วในน้ำแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ สำหรับโลหะทองแดงและสังกะสีในน้ำ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.05) โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยของโลหะทองแดงในน้ำเดือนเมษายนจะสูงกว่าในเดือนพฤศจิกายน และค่าเฉลี่ยของโลหะสังกะสีในน้ำเดือนพฤศจิกายนจะสูงกว่าในเดือนเมษายน

สำหรับค่าความเข้มข้นของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ในน้ำทะเลที่ตรวจพบมีค่าเท่ากับ 2.02, 15.08 และ 0.86 µg/l ตามลำดับโดยเฉลี่ย เมื่อเปรียบเทียบกับค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยและแหล่งน้ำอื่น ๆ ของโลก พบว่ามีค่าเฉลี่ยและช่วงความเข้มข้นที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ค่าเฉลี่ยของโลหะในน้ำทะเลที่ตรวจพบยังอยู่ในเกณฑ์ปกติ และยังมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานของโลหะในน้ำทะเล (ตารางที่ 9)

ในตะกอน ค่าความเข้มข้นของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว มีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อยในแต่ละสถานี (รูปที่ 4) ค่าเฉลี่ยของโลหะในตะกอนแต่ละเดือนไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ปริมาณของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ที่ตรวจพบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.72, 14.81 และ 4.43 µg/g ตามลำดับ ซึ่งโดยทั่วไปยังมีค่าอยู่ในเกณฑ์ปกติ (ตารางที่ 10)

สำหรับความสามารถในการสะสมของโลหะในตะกอน โดยพิจารณาจากค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้น (Concentration Factor) พบว่า โลหะตะกั่วจะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะในตะกอนสูงกว่าโลหะทองแดงและสังกะสี ตามลำดับ (ตารางที่ 5) ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่วเป็นโลหะชนิดที่สามารถเคลื่อนที่ออกจากน้ำเข้าสู่ตะกอนได้อย่างรวดเร็ว (Goldberg, 1975)

ตารางที่ ๑ ค่าเฉลี่ยและช่วงความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำทะเล จากแหล่งต่าง ๆ ของโลก (in ppb)

Area	Cu	Zn	Pb	Reference
the Gulf of Thailand	0.50-2.00	4.0-21.00	0.01-1.16	Hungspreugs, 1982*
the Gulf of St. Lawrence (Canada)	0.61	1.8	-	Yeats et al, 1978**
Coastal Water around Japan	0.6	1.8-6.1	-	Chester and Stoner, 1974*
British Coastal Water	1.45-2.07	7.46-11.86	1.74-2.24	Abdullah et al, 1972**
English Coast	13.2	280.0	-	Nolting, 1986*
นอกชายฝั่ง จ.ระยอง	16.50	2.50	7.0	สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อม-แห่งชาติ, 2524*
Average Open Ocean Water	0.50	4.90	0.03	Brewer, 1975*
Average Sea Water	1.0	2.00	0.02	EPA, 1972*
Water Quality Standard	< 50	<100	<50	อ้างตามสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2524*

หมายเหตุ : * dissolved form

** total

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10 ค่าเฉลี่ยและช่วงความเข้มข้นของโลหะหนักในตะกอน จากแหล่งต่าง ๆ (in ppm)

Area	Cu	Zn	Pb	Reference
the Gulf of Aqaba (Red Sea)	6.50	32.0	51.60	Abu-HiLal, 1987 +
the Gulf of Thailand	59.2	28.6	59.2	Polprasert et al, 1979 +
อ่าวไทยตอนใน	3.03-28.0	5.8-115.0	17.0-35.0	อำไพ อิทธิเกษม และคณะ, 2524 +
อ่างศิลา, ชลบุรี	6.65	37.7	10.5	มนูวดี หังสพฤกษ์และสิทธิพันธ์ ศิริรัตน์-ชัย, 2524 +
นอกชายฝั่ง, ระยอง	17.10	0.40	-	สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่ง-ชาติ, 2524 +
ค่าเฉลี่ยปกติในตะกอนชายฝั่ง	250.0	195.0	80.0	Burton, 1976 ++

หมายเหตุ : + leachable with conc.HNO_3

++ total

ปริมาณการสะสมของโลหะในสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยจำแนกตามระดับของห่วงโซ่อาหาร

แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ (ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1 และระดับที่ 2) จัดว่าเป็นพวกที่สามารถดูดซึมโลหะได้โดยตรงจากน้ำทะเลและสามารถสะสมไว้ในร่างกายในปริมาณที่สูงกว่าน้ำหลายเท่า (Morris, 1971) จะมีปริมาณการสะสมของโลหะทุกชนิดปริมาณสูงกว่าในสัตว์ทะเลชนิดอื่น ๆ (รูปที่ 5, 6, 7) ค่าเฉลี่ยของโลหะทองแดง สังกะสีและตะกั่ว ที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืช เท่ากับ 122.19, 267.15 และ 51.30 µg/g ตามลำดับ และในแพลงก์ตอนสัตว์ เท่ากับ 121.92, 390.40 และ 37.17 µg/g ตามลำดับ สำหรับในอ่าวไทยตอนใน ค่าเฉลี่ยของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืช เท่ากับ 55.35, 112.56 และ 117.9 µg/g ตามลำดับ และในแพลงก์ตอนสัตว์เท่ากับ 46.74, 103.56 และ 199.63 µg/g ตามลำดับ (Polprasert et al., 1979) ส่วนในแหล่งน้ำอื่น เช่น ชายฝั่งทะเลตอนเหนือของอ่าวเม็กซิโก Hanson and Hoss (1986) รายงานค่าเฉลี่ยของโลหะทองแดงและสังกะสีที่ตรวจพบในแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ เท่ากับ 9.2, 26.95 และ 58.0, 157.0 µg/g ตามลำดับ

ปลาแป้น ปลาอมไข่ (ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 3) ตรวจพบค่าเฉลี่ยของโลหะสังกะสีและตะกั่วสูงสุดในปลาแป้น คือเท่ากับ 53.26 และ 2.75 µg/g ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปลาอมไข่ เท่ากับ 38.13 และ 2.05 µg/g ตามลำดับ ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะทองแดงตรวจพบในปลาอมไข่ เท่ากับ 3.28 µg/g และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปลาแป้น เท่ากับ 2.51 µg/g อรพินท์ จันทร์ผ่องแสง (2520) รายงาน ปริมาณโลหะสังกะสีและตะกั่ว ที่ตรวจพบในปลาแป้นบริเวณอ่าวไทยตอนใน มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าเล็กน้อย คือเท่ากับ 58.92 และ 4.62 µg/g ตามลำดับ

หมึกกล้วย หมึกกระดอง ปลาทรายแดง ปลาตาโต และปลาปากคม (ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 4) ค่าเฉลี่ยของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ที่ตรวจพบในสัตว์ทะเลทั้ง 5 ชนิด อยู่ในช่วง 2.93 - 26.04, 18.00 - 90.19 และ 1.23 - 3.60 µg/g ตามลำดับ ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะทองแดง ตรวจพบในหมึกกล้วย และค่าเฉลี่ยต่ำสุดตรวจพบในปลาทรายแดง โลหะสังกะสีตรวจพบค่าเฉลี่ยสูงสุดในหมึกกระดอง และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปลาตาโต สำหรับโลหะตะกั่ว ตรวจพบค่าเฉลี่ยสูงสุดในปลาปากคม และค่าเฉลี่ยต่ำสุดในปลาทรายแดง โดยทั่วไปการสะสมโลหะของสัตว์ทะเลส่วนใหญ่จะได้มาจากการกินอาหารมากกว่าการสะสมโลหะจากน้ำ

(Bryan, Potta and Forster, 1977) การตรวจพบค่าเฉลี่ยของโลหะตะกั่วสูงสุดในปลาปากคม ก็อาจเป็นไปได้ว่า ปริมาณโลหะตะกั่วที่ถูกสะสมอยู่ในตะกอนจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณโลหะที่สะสมในปลาปากคม ทั้งนี้เนื่องมาจากปลาปากคมเป็นปลาหน้าดินชนิดหนึ่ง (dermasal fish) ซึ่งจะอาศัยและหากินอยู่ใกล้ ๆ พื้นทะเล ลักษณะนิสัยการกินอาหารของปลา จึงอาจมีผลทำให้การสะสมของโลหะตะกั่วในปลาปากคมมีปริมาณสูงกว่าในหมึกและปลาหน้าดินชนิดอื่น ซึ่งอาจเป็นผลเนื่องมาจากความแตกต่างกันระหว่างชนิดของปลาก็เป็นได้ สำหรับบริเวณอ่าวไทยตอนใน อรพินท์ จันทร์ผ่องแสง (2520) รายงาน ค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะทองแดงที่ตรวจพบในหมึกกล้วย เท่ากับ 27.66 µg/g และค่าเฉลี่ยสูงสุดของโลหะสังกะสีในหมึกกระดอง เท่ากับ 145.83 µg/g ส่วนโลหะตะกั่วที่ตรวจพบในปลาปากคม ,กัลยา วัฒยากร, มนูวดี ทังสพฤกษ์ และอรพินท์ จันทร์ผ่องแสง (2521) รายงานว่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.67 ppm ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดของโลหะตะกั่วที่ตรวจพบในปลาทะเลชนิดต่าง ๆ ในบริเวณอ่าวไทยตอนใน สำหรับในแหล่งน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง Huschenbeth and Harms (1975) รายงานปริมาณความเข้มข้นของโลหะตะกั่ว ทองแดง สังกะสี ที่ตรวจพบในปลาปากคมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ < 0.01, 1.04 และ 9.0 mg/kg wet weight ตามลำดับ และในปลาทรายแดง เท่ากับ 0.06, 0.85 และ 6.8 g/kg wet weight ตามลำดับ ส่วนในแหล่งน้ำอื่น เช่น ชายฝั่งทะเลเมดิเตอร์เรเนียน Hornung and Ramelow (1987) รายงานค่าเฉลี่ยและช่วงความเข้มข้นของโลหะทองแดงและสังกะสีที่ตรวจพบในปลาปากคม Saurida undosquamis เท่ากับ 1.4, 0.18-2.33 และ 15.8, 11.3-20.0 µg/g dry weight ตามลำดับ

<u>การเปรียบเทียบปริมาณการสะสมของโลหะหนักในห่วงโซ่อาหารของหมึกและปลากินเนื้อ</u>

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณการสะสมของโลหะทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ในห่วงโซ่อาหารของหมึกและปลากินเนื้อ บริเวณชายฝั่งทะเลจังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด (เขต 1 และเขต 2) ตามฤดูกาล (เมษายน-พฤศจิกายน) โดยมีแพลงก์ตอนพืชเป็นผู้ผลิตขั้นต้น (primary producers) และจัดอยู่ในห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1 แพลงก์ตอนสัตว์เป็นพวกที่กินแพลงก์ตอนพืชเป็นอาหาร (herbivorous) หรือเป็นผู้บริโภคขั้นต้น (primary consumers) ของห่วงโซ่อาหารในระดับที่ 2 ปลาแป้น ปลาอมไข่ เป็นพวกที่กินทั้งพืชและสัตว์เป็นอาหาร (omnivorous) หรือเป็นผู้บริโภคลำดับที่ 2 (Secondary consumers) ของห่วงโซ่อาหารระดับที่ 3 ส่วนหมึกกล้วย หมึกกระดอง ปลาทรายแดง ปลาตาไต และปลาปากคม ซึ่งเป็นสัตว์

พวกที่กินเนื้อเป็นอาหาร (carnivorous) จัดเป็นผู้บริโภคลำดับที่ 3 (tertiary consumers) ของห่วงโซ่อาหารระดับที่ 4 (ตารางที่ 4) เมื่อนำมาทดลองทางสถิติแล้วปรากฏว่า ปริมาณการสะสมของโลหะทุกชนิดในห่วงโซ่อาหารแต่ละระดับมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (α = 0.01) โดยพบว่า แพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์ จะมีปริมาณการสะสมของโลหะทุกชนิดสูงกว่าในสัตว์ทะเลชนิดอื่น ๆ ทั้งนี้ เนื่องมาจากความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะในสัตว์ทะเลพวกที่กินเนื้อเป็นอาหาร โดยทั่วไปจะมีค่าความเข้มข้นของโลหะน้อยกว่าในพวกที่กินอาหารโดยวิธีการกรอง (filter-feeding groups) อย่างเช่น แพลงก์ตอนพืช เป็นต้น (Bryan, 1976) และผลจากการทดสอบทางสถิติยังพบว่าปริมาณการสะสมของโลหะทองแดงในห่วงโซ่อาหารแต่ละบริเวณ (เขต 1 และเขต 2) มีความแตกต่างกันทางสถิติ (α = 0.01) และปริมาณการสะสมของโลหะในห่วงโซ่อาหารจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล (รูปที่ 8) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากค่าความเข้มข้นของโลหะทองแดงในน้ำซึ่งเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลก็เป็นได้ ส่วนโลหะตะกั่ว พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างปริมาณการสะสมของโลหะในห่วงโซ่อาหารบริเวณเขต 1 และเขต 2 แต่ปริมาณการสะสมของโลหะในห่วงโซ่อาหารแต่ละฤดูกาลจะไม่แตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 9) ความแตกต่างของปริมาณโลหะตะกั่วในแต่ละระดับของห่วงโซ่อาหาร อาจมีผลทำให้ปริมาณการสะสมของโลหะตะกั่วในห่วงโซ่อาหารแต่ละบริเวณแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถในการสะสมโลหะตะกั่วของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด ซึ่งเป็นตัวแทนในห่วงโซ่อาหารบริเวณนั้น ๆ สำหรับโลหะสังกะสี การสะสมของโลหะในห่วงโซ่อาหารแต่ละบริเวณและในแต่ละฤดูกาล ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (รูปที่ 10) ความแตกต่างกันของปริมาณโลหะที่สะสมอยู่ในโซ่อาหารแต่ละระดับ จะสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณความเข้มข้นของโลหะที่สิ่งมีชีวิตสามารถสะสมไว้ได้ ถึงแม้ว่า ค่าความเข้มข้นของโลหะสังกะสีในน้ำจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและปริมาณการสะสมของโลหะในแพลงก์ตอนพืช (บริเวณเขต 2) เดือนพฤศจิกายน (ซึ่งมีค่าสูงเช่นเดียวกับค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำ) จะสะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างกันของปริมาณการสะสมโลหะสังกะสีในแต่ละเขตและในแต่ละฤดูกาล (ตารางที่ 4) แต่ในสัตว์ทะเลบางชนิด เช่น ปลา จะมีความสามารถในการควบคุมปริมาณการสะสมของโลหะสังกะสี ซึ่งเป็นโลหะที่จำเป็นต่อร่างกายในกล้ามเนื้อของมันได้ (Cross, Hardy, Jones and Barber, 1973) การควบคุมระดับของโลหะสังกะสีในปลาทะเล อาจทำได้โดยการขับถ่ายโลหะปนออกมากับปัสสาวะ หรือในพวกปู สามารถขับโลหะออกจากร่างกายได้โดยการผ่านทางเหงือก เป็นต้น (Bryan, 1976)

ปริมาณของโลหะแต่ละชนิดที่สะสมอยู่ในห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1, ระดับที่ 2 และระดับที่ 3 และระดับที่ 4 เมื่อพิจารณาจากค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้น (Concentration Factor) โดยเทียบกับค่าความเข้มข้นของโลหะในน้ำทะเล (ตารางที่ 5) พอจะสรุปได้ว่า โลหะทองแดงจะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะในห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1 > ระดับที่ 2 > ระดับที่ 4 > ระดับที่ 3 ตามลำดับ โลหะสังกะสีจะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะในห่วงโซ่อาหารระดับที่ 2 > ระดับที่ 1 > ระดับที่ 4 > ระดับที่ 3 ตามลำดับ ส่วนโลหะตะกั่วจะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะในห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1 > ระดับที่ 2 > ระดับที่ 3 > ระดับที่ 4 ตามลำดับ

และเมื่อพิจารณาจากค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะแต่ละชนิดในแต่ละระดับของห่วงโซ่อาหารอาจจะกล่าวได้ว่า

ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 1 จะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะทองแดง > ตะกั่ว > สังกะสี ตามลำดับ

ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 2 จะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะทองแดง > สังกะสี > ตะกั่ว ตามลำดับ และ

ห่วงโซ่อาหารระดับที่ 3 จะมีค่าแฟกเตอร์ของความเข้มข้นของโลหะทองแดง > สังกะสี > ตะกั่ว ตามลำดับ

อย่างไรก็ดี ค่าความเข้มข้นของโลหะที่ตรวจพบในสัตว์ทะเลทุกชนิดดังกล่าวยังมีค่าต่ำกว่าค่าสูงสุดของโลหะที่จะยอมให้มีได้ในอาหาร โดยกำหนดให้ Cu, Zn และ Pb มีค่าได้ไม่เกิน 100, 100 และ 10 ppm wet weight ตามลำดับ (อ้างตามณิฐฐารัตน์ ปภาวสิทธิ์ และสมเกียรติ ปิยะธีรธิติวรกุล, 2526)