หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากปล่อยน้ำทิ้งลงสู่ทะเล ซึ่งในน้ำทิ้งที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมมักมีสารพิษ ได้แก่โลหะหนักต่าง ๆ เช่น ปรอท, ทองแดง, สังกะสี, ตะกั่ว และแคดเมี่ยม ซึ่งพบว่ามีปริมาณสูงกว่าปริมาณปกติในน้ำ โลหะหนักเหล่านี้ส่วนใหญ่มาจากของเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งมักตั้งอยู่ริมน้ำหรือตามชายทะเล โลหะดังกล่าวข้างต้นถ้ามีปริมาณเข้มข้นมากก็จะเป็นอันตรายกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้น

Landner (1976) รายงานว่าสารที่เป็นพิษสามารถสะสมในร่างกายของสัตว์น้ำเป็น sub - lethal effect พวกสารที่เป็นพิษถึงแม้ว่าอยู่ในระดับความเข้มข้นต่ำ ๆ ก็สามารถทำให้ เกิดความผิดปกติทางเมตาโบลิซึ่มในอวัยวะของสิ่งที่มีชีวิตได้

นอกจากนี้ยังมีน้ำทิ้งที่อุณหภูมิสูง ได้แก่น้ำหล่อเย็น (Cooling water) ซึ่งน้ำที่มีอุณหภูมิสูงนั้นมีผลเกี่ยวข้องกับการสืบพันธุ์ และการหายใจของสัตว์น้ำได้

สำหรับการศึกษาความเป็นพิษมักเอาสัตว์น้ำมาทดสอบเพื่อหาระดับอันตรายของสารมีพิษ หรือสภาพสิ่งแวดล้อมต่าง ๆ ว่ามีความเป็นพิษมากน้อยเพียงใด ซึ่งเรียกว่าวิธี bioassay

Mckee and Wolf (1963) และ Besch (1976) รายงานว่า การทดลอง bioassay แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การทดลองในระยะสั้น (acute test) ศึกษาผลของสารมีพิษที่มีต่อสัตว์น้ำในระยะเวลาไม่เกิน 96 ชั่วโมง โดยพิจารณาถึงระดับความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตาย (lethal concentration) หรือได้รับอันตรายเป็นจำนวน 50 เปอร์เซนต์ หรือครึ่งหนึ่งของจำนวนสัตว์น้ำที่ใช้ทดลองภายในระยะเวลาที่กำหนด เช่น 24, 48, 72 หรือ 96 ชั่วโมง ระดับความเข้มข้นดังกล่าวเรียกว่า Median tolerance limit(TLm)หรือ Median lethal concentration (LC_{50})

2. การทดลองในระยะยาว (chronic test) ศึกษาผลของสารมีพิษที่มีต่อสัตว์น้ำในระยะเวลาเกินกว่า 96 ชั่วโมงขึ้นไป จนอาจจะนานตลอดชีวิต หรือวงจรชีวิต (Life cycle) ของสัตว์น้ำนั้น ๆ โดยศึกษาเกี่ยวกับผลของสารมีพิษในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่าระดับความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์น้ำตายในระยะสั้น ซึ่งมีผลต่อลักษณะการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำเปลี่ยนแปลงไป เช่น ผลต่อการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ การเคลื่อนไหว

ในทาง bioassay เพื่อที่จะวัดมลภาวะของน้ำทะเลเพื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของสารต่าง ๆ มักจะใช้สารที่เป็นพิษศึกษาการเจริญของตัวอ่อนของสิ่งมีชีวิตในทะเล ซึ่งเป็นตัวที่ไว (sensitivity)ต่อพวกสารพิษ (pollutants)มากกว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ

Kobayashi (1971) ได้อ้างถึง Okubo และ Okubo (1962) ว่าการทำ bioassay มาวัดความเป็นพิษของน้ำทะเลโดยใช้การเจริญของเอมบริโอของหอยเม่นและหอยสองฝา เพราะตัวอ่อนพวกนี้มีความไวต่อสารพิษมากกว่าที่เคยพบมาในสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น และความเข้มข้นของสารพิษสูงสุดที่ไม่มีผลต่อการเจริญของไข่หอยเม่นและหอยสองฝา จะเป็นความเข้มข้นในระดับที่ปลอดภัยสำหรับปลา

<u>วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย</u>

1. เพื่อศึกษาการเจริญตั้งแต่ขั้นปฏิสนธิของไข่ ถึงตัวอ่อนของระยะพลูเทียสของหอยเม่น (<u>Temnopleurus toreumaticus</u>)
2. เพื่อหาระดับความเข้มข้นสูงสุดของโลหะหนัก 5 ชนิด (ปรอท, ทองแดง, สังกะสี, ตะกั่ว, และแคดเมี่ยม) ที่ยังไม่มีผลกระทบต่อการปฏิสนธิของไข่หอยเม่น (ต่ำกว่า threshold toxicity) โดยเทียบกับการปฏิสนธิของไข่ในน้ำทะเลปกติที่อุณหภูมิ 23, 28 และ 33 องศาเซลเซียส
3. เพื่อหาระดับความเข้มข้นต่ำสุดของโลหะหนัก 5 ชนิดดังกล่าว ที่มีผลในการยับยั้งการปฏิสนธิของไข่หอยเม่น ที่อุณหภูมิ 23, 28 และ 33 องศาเซลเซียส

4. เพื่อศึกษาผลกระทบของโลหะหนัก 5 ชนิดนั้น ที่อุณหภูมิ 3 ระดับดังกล่าว ที่มีต่อการเจริญของไข่หอยเม่นตั้งแต่ขั้นปฏิสนธิ ถึงตัวอ่อนระยะพลูเทียส โดยศึกษาระยะต่าง ๆ 5 ระยะ คือ cleavage, blastula, gastrula, pyramid (prism) และ pluteus

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัยนี้

1. เนื่องจากเดิมมีโครงการที่จะสร้างโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูที่บ้านอ่าวไผ่ อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ซึ่งประมาณกันว่าน้ำที่จะถูกปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูนั้นมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และอาจทำให้อุณหภูมิของน้ำทะเลในบริเวณใกล้ที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าปรมาณูสูงขึ้นกว่าเดิมระหว่าง 1 - 3 องศาเซลเซียส น้ำดังกล่าวเมื่อปล่อยลงไปในทะเลจะผสมกับน้ำทะเลอย่างรวดเร็ว คาดว่าจะทำให้น้ำทะเลในบริเวณใกล้ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 0.005 ตารางกิโลเมตร มีอุณหภูมิสูงขึ้นระหว่าง 2 - 3 องศาเซลเซียส และบริเวณถัดออกไปในเนื้อที่ประมาณ 0.25 ตารางกิโลเมตร มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 องศาเซลเซียส จึงได้มีการศึกษาอิทธิพลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิที่มีต่อสิ่งมีชีวิต เพื่อที่จะได้นำข้อมูลมาใช้ในการออกแบบอุปกรณ์ของโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูในส่วนที่เกี่ยวข้อง ถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปมีอิทธิพลต่อสิ่งมีชีวิตก็จะมีการออกแบบระบบระบายความร้อนในโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู เพื่อลดอุณหภูมิลงได้อีก ถึงแม้จะต้องลงทุนสูงก็ตาม ถ้าพบว่ายังสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้น และไม่กระทบกระเทือนต่อสิ่งมีชีวิตก็สมควรที่จะเพิ่มอุณหภูมิได้ เพื่อลดค่าลงทุนการก่อสร้างลง ซึ่งจะได้ไม่มีการวิตกว่าโรงไฟฟ้าพลังปรมาณูจะมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

2. เพื่อประโยชน์ในการตั้งมาตรฐานคุณภาพน้ำ (Water Quality Criteria) เพื่อที่จะจำกัดว่าในแหล่งน้ำหนึ่งควรมีปริมาณโลหะหนักอยู่ในปริมาณเท่าใด เพื่อที่จะได้ไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ และมนุษย์ใช้ประโยชน์จากแหล่งน้ำนั้น

3. เพื่อประโยชน์ในด้านการเพาะเลี้ยง เนื่องจากไข่ของหอยเม่นสามารถใช้เป็นอาหารได้อย่างดี โดยที่มีการทำวิจัยต่อไปจนถึงขั้นการเจริญเติบโตเป็นตัวที่เจริญวัยเต็มที่และสามารถที่จะได้รับไข่ของมันซึ่งจะได้ประโยชน์ทางด้านการเพาะเลี้ยงต่อไป

งานศึกษาและสำรวจเอกสาร

1. อนุกรมวิธาน

หอยเม่นชนิด Temnopleurus toreumaticus ภาพที่ 1 - 4 จัดตามลำดับอนุกรมวิธานตาม Clark (1946)ได้ดังนี้

Phylum Echinodermata

Class Echinoidae

Order Centrechinoidae

Family Temnopleuridae

Genus Temnopleurus

Species toreumaticus

Mortenson(1943)และ Clark (1946) ได้บรรยายลักษณะของหอยเม่นชนิดนี้ไว้ดังนี้ ลักษณะของกระดอง (test) มีขนาดกลางหรือขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างแบน ด้านปากจะแบนค่อย ๆ เรียวเป็นรูปกรวยทางด้านบน ขนาดไม่ค่อยใหญ่โดยเฉลี่ยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระดองมีค่าประมาณ 40 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลางของกระดอง 58 มิลลิเมตร ความสูงของกระดอง (รวมทั้งหนาม) โดยเฉลี่ย 60 มิลลิเมตร ลักษณะของกระดองจะประกอบไปด้วยส่วนที่เรียกว่า Ambulacral และInterambulacral ซึ่งจะอยู่สลับกันไป

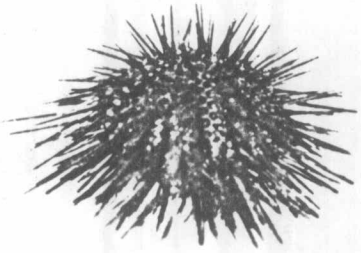
Mortenson (1943), Clark (1946), Hyman (1955), Chuang (1961) และกสินณศักดิ์ (2508) รายงานว่าการแพร่กระจายของหอยเม่นชนิดนี้พบว่าอาศัยอยู่ในเขตเกาหลี ญี่ปุ่น เรื่อยมาถึงฝั่งทะเลทางตอนใต้ของเอเชีย อินโด-แปซิฟิค และฝั่งทะเลตะวันออกของออสเตรเลีย มาเลเซีย ในประเทศไทยพบที่อ่างศิลา ชลบุรี

ภาพที่ 1 ลักษณะหอยเม่นชนิด Temnopleurus toreumaticus ทางด้านบน (aboral)

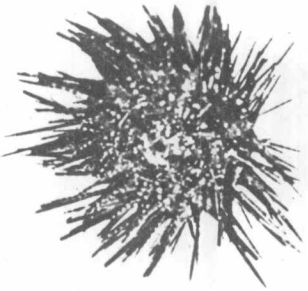
ภาพที่ 2 ลักษณะหอยเม่นชนิด Temnopleurus toreumaticus ทางด้านล่าง (oral)

ภาพที่ 3 ลักษณะ ambulacral และ interambulacral ทางด้านบน (aboral)

ภาพที่ 4 ลักษณะ ambulacral และ interambulacral ทางด้านล่าง (oral) ของ Temnopleurus toreumaticus

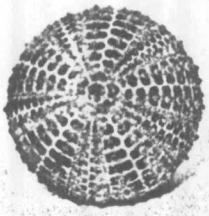


ภาพที่ 1

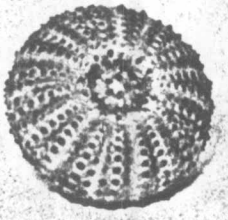


ภาพที่ 2

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาพที่ 3



ภาพที่ 4

2. การเจริญของไข่หอยเม่น

Giudice (1973) และ Brusca (1975) รายงานว่า การเจริญของไข่หอยเม่น ที่ได้รับการผสมแล้ว ครั้งแรกจะสร้าง fertilization membrane ขึ้นมาหุ้มไข่ แล้วจึงมีการแบ่งเซลของไข่ที่ได้รับการผสมแล้ว ซึ่งเรียกว่า cleavage จากเซล 1 เป็น 2, 2 เป็น 4 และ 4 เป็น 8 ในหอยเม่น 8 เซล จะมีขนาดไม่เท่ากัน เซลขนาดใหญ่ 2 เซล เรียก macromeres เซลขนาดกลาง 4 เซล่ เรียก mesomeres เซลขนาดเล็ก 2 เซล เรียก micromeres และเซลที่ได้แต่ละชนิดนี้ จะมีการแบ่งเรื่อยไป จนถึงการแบ่งครั้งสุดท้ายของระยะ cleavage ได้ เซล 64 เซล ซึ่งเรียกว่า morula ต่อมาถึงขั้นระยะ blastula ยังคงอยู่ใน fertilization membrane หลังจากอยู่ในระยะ blastula ประมาณ 2 ชั่วโมง (ที่อุณหภูมิห้องปกติ) เอมบริโอสร้างขนละเอียด (cilia) เกิดขึ้นรอบ ๆ ผิว พัดโบกให้เอมบริโอหมุนอยู่ใน fertilization membrane พร้อมกับปล่อย hatching enzyme ออกมาทำลาย fertilization membrane เพื่อหลุดออกว่ายน้ำเป็นอิสระต่อไป ซึ่งระยะนี้เรียกว่า swimming blastula หลังจากนั้นมี mesenchyme cells เคลื่อนมาอยู่ทาง vegetal pole ซึ่งระยะนี้เรียกว่า mesenchyme blastula ต่อจากนั้นมีการเคลื่อนตัวของเซลเข้าด้านใน (invagination) ทางด้าน vegetal pole ได้ระยะ gastrula เมื่อสิ้นสุด gastrula จะเริ่มมี prism รูปแฉก ปรากฏทาง vegetal ระยะนี้เรียกว่า prism stage หรือ pyramid prism ที่เจริญยื่นออกไปทาง anterior และ posterior และแตกกิ่งก้านสาขาออกไป ตัวอ่อนจะเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปจากเดิมจนได้ตัวอ่อนพลูเทียส

3. การเลี้ยงตัวอ่อนของหอยเม่น

Giudice (1973) รายงานว่าวิธีการนำไข่และอสุจิออกจากหอยเม่น ทำได้โดยวิธีการฉีด 0.5 M. KCl. เข้าไปในช่องลำตัว โดยผ่านทางเนื้อเยื่อที่ล้อมรอบปาก (peristomial membrane) ด้วยปริมาณ 0.5 - 1 มิลลิลิตร นอกจากนี้อาจชักนำให้ปล่อยไข่และอสุจิในปริมาณที่จำกัดได้โดยใช้กระแสสลับ ประมาณ 10 โวลต์ โดยการผ่าน electrode บนเปลือกหรือกระดอง การปล่อยไข่และอสุจิมันจะหยุดเมื่อเอากระแสไฟฟ้าออก

ไข่ที่ได้นั้นนำไปล้างด้วยน้ำทะเลที่กรองสะอาดแล้ว 2 ครั้ง เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ ออก โดยการล้างไข่ผ่านบนผ้ากรองแพลงก์ตอน

Wilt and Wessells(1967) รายงานว่า ไข่ที่พอเหมาะต่อปริมาตรน้ำคือไข่ที่มีปริมาณ 5000 ฟอง ต่อน้ำทะเลที่กรองแล้ว 1 มิลลิลิตร หรือไข่ที่ซ้อนกันแน่น 2 มิลลิลิตร ต่อน้ำทะเล 100 มิลลิลิตร ผสมกับอสุจิที่เข้มข้น 1 มิลลิลิตร

การเลี้ยงตัวอ่อนของหอยเม่นต้องเลี้ยงในน้ำทะเลที่กรองแล้วมีออกซิเจนเพียงพอ ซึ่งอาจทำได้โดยการคนน้ำเสมอ ๆ หรือใช้เครื่องพ่นฟองอากาศ หรือเลี้ยงในน้ำที่มีระดับต่ำมาก

สภาพความเป็นกรดเป็นด่างของน้ำทะเล เป็นสิ่งสำคัญที่สุดต่อการเจริญของตัวอ่อนหอยเม่น สำหรับการเจริญที่พอเหมาะ (optimum development) pH ของน้ำทะเลควรจะอยู่ในระหว่าง 7.7 - 8.3

4. <u>อิทธิพลของอุณหภูมิต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล</u>

กฎของ Van't Hoff กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของสัตว์ทะเล เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น 10 องศาเซลเซียส ในขอบเขตที่สิ่งมีชีวิตสามารถอยู่ได้ ขบวนการและปฏิกริยาเคมีต่าง ๆ ภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 - 3 เท่า

สัตว์ทะเลมักจะชอบอาศัยอยู่ในที่ที่อุณหภูมิพอเหมาะซึ่งเรียกว่า optimum temperature เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป มันจะปรับตัวให้เข้ากับอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ซึ่งเมื่อถึงจุดใดจุดหนึ่งที่มันไม่สามารถจะปรับตัวได้ หรือทนได้ ก็จะสลบและตายไปในที่สุด อุณหภูมิจุดนี้เราเรียกว่า lethal temperature

ความทนทานของสัตว์ทะเลต่ออุณหภูมินั้นไม่แน่นอนในแต่ละชนิด เนื่องจากมันสามารถปรับตัวชั่วระยะเวลาหนึ่ง ให้คุ้นกับอุณหภูมิต่ำหรือสูงได้โดยการปรับตัวให้เข้ากับ sublethal temperature ระยะหนึ่งก่อน ซึ่งขบวนการนี้เรียกว่า acclimation

Allen (1969) รายงานว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจากความร้อนที่ปล่อยออกมาจากโรงไฟฟ้าพลังปรมาณู ซึ่งความร้อนของน้ำที่ปล่อยออกมาอยู่ในช่วงอุณหภูมิแคบ ๆ ในพื้นที่บริเวณนั้นจะมีผลทางด้านชีววิทยา ซึ่งอุณหภูมิที่ปล่อยออกมาไม่เหมาะต่อการวางไข่ของสัตว์ทะเล อุณหภูมิจะมีผลทำให้เป็นหมัน ผลของอุณหภูมิมีผลกระทบต่อการผสมพันธุ์และการสืบพันธุ์ ส่วนสัตว์ทะเลที่อาศัยอยู่ในเขตหนาว จะมีการกระตุ้นให้มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ความร้อนที่ปล่อยออกมาจะมีผลต่ออัตราการเพิ่มการเจริญเติบโต และแก่เร็วกว่ากำหนด มีผลในการลดขนาดของตัวที่เจริญเต็มที่แล้ว และบางทีทำให้สัตว์บางชนิดมีชีวิตอยู่ในระยะเวลาสั้น ๆ

Kobayashi (1971, 1973) รายงานว่า อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากกว่า 3 องศาเซลเซียส ของอุณหภูมิปกติในฤดูร้อนจะมีผลต่อการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตในทะเล อิทธิพลของอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นจะไปลดอัตราการเกิด การปฏิสนธิ และการแบ่งเซลระยะ cleavage ของไข่หอยเม่น (Anthocidaris crassispina)และทำให้เกิดการแบ่งเซลผิดปกติขึ้นเป็นจำนวนมาก และต่อมาเซลพวกนี้จะมีการสลายตัวไป (cytolysis)

Salzen (1957) และ Giudice (1973) ได้รายงานไว้เช่นเดียวกันว่า อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การเจริญเติบโตของหอยเม่นเร็วขึ้นแต่ไข่มีการเจริญไม่พร้อมกัน อุณหภูมิต่ำทำให้การเจริญเติบโตของไข่ช้าลง

Mac Innes and Calabrese (1977) รายงานว่า อุณหภูมิที่มีผลต่อการเจริญของเอมบริโอหอยนางรม (Crassostrea virginica) ที่อุณหภูมิ 20, 25 และ 30 องศาเซลเซียส พบว่า ทำให้เกิดการผิดปกติของเอมบริโอหอยนางรมชนิดนี้ 4.3, 2.3 และ 11.6 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ ซึ่งอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิปกติ ทำให้เกิดการผิดปกติของตัวอ่อนที่กล่าวมาแล้วน้อยที่สุด

5. อิทธิพลของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล

โลหะปรอท

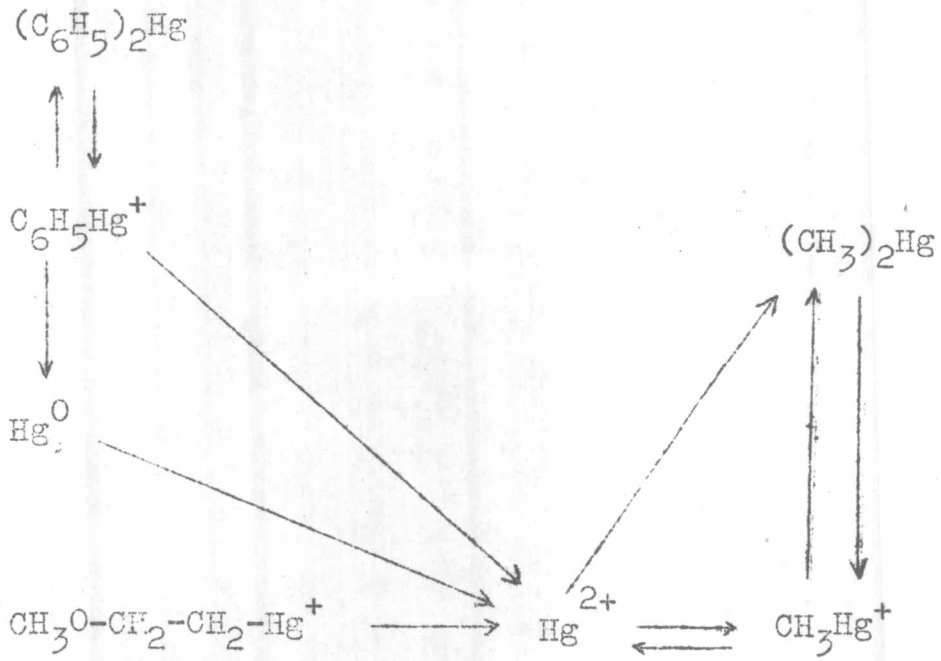
สุทธาโรจน์ (2519) รายงานว่า ในแหล่งน้ำธรรมชาติทั่ว ๆ ไป ซึ่งไม่อยู่ในเขตที่มีแหล่งแร่ปรอท พบว่าปริมาณปรอทจะต่ำกว่า 1 ppb ส่วนแหล่งน้ำที่อยู่ในเขตอุตสาหกรรม ซึ่งรับน้ำทิ้งที่มีปรอทเจือปนจะมีปริมาณปรอทสูงกว่า 5ppb แหล่งน้ำประเทศไทย เช่น แม่น้ำเจ้าพระยา แม่น้ำท่าจีน แม่น้ำแม่กลอง และแม่น้ำปราณบุรี ตรวจพบค่าปรอทสูงกว่า 5 ppb ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าที่ควรจะมีในแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

ปิยะกาญจน์และคณะ (2521) รายงานว่า จากการสำรวจอ่าวไทยตอนบน ปี พ.ศ. 2516 พบว่า มีปรอทอยู่ในช่วงระหว่าง 0.05 - 4.00 ppb และตรวจพบปรอทในดินตะกอนทางตอนบนของอ่าวอยู่ในช่วงระหว่าง 17.9 - 49.3 ppm ส่วนอ่าวไทยตอนล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 0.00 - 43.9 ppm

Menasveta (1975) อ้างตาม Jernelov (1969) ว่า ปรอทที่อยู่ในแหล่งน้ำจะพบได้รูปสารประกอบทั้งหมด 5 แบบ คือ

1. inorganic divalent mercury, Hg^{2+}
2. metallic mercury, Hg^{0}
3. phenylmercury, $C_6 H_5 Hg^{+}$
4. methylmercury, $CH_3 Hg^{+}$
5. alkoxyalkylmercury, $CH_3O-CH_2-CH_2-Hg^{+}$

สารประกอบปรอททั้ง 5 แบบนี้ สามารถที่จะเปลี่ยนรูปกลับไปกลับมาได้ดังแผนภาพข้างล่างนี้



ในสภาพธรรมชาติ สารประกอบปรอทสามารถที่จะเปลี่ยนสภาพไปเป็น methylmercury และ dimethylmercury โดยจุลินทรีย์ในทะกอนต่าง ๆ

ปิยะกาญจน์และคณะ (2521) อ้างตาม Tonamura. et. al. (1972) ว่าบักเตรีอย่างน้อย 2 ชนิด สามารถเปลี่ยนสารประกอบได้คือ บักเตรีชนิด Clostridium cochlearium สามารถสร้าง methylmercury จากโลหะปรอท และ Pseudomonas strain K_{62} สามารถเปลี่ยน methylmercuric chloride mercuric chloride เป็นโลหะปรอท

ผลการทดลองที่แสดงความเป็นพิษของปรอทที่ระดับความเข้มข้น, ระยะเวลา, และอุณหภูมิต่าง ๆ ต่อตัวอ่อนของสัตว์น้ำบางชนิดที่ปรากฏในรายงานบางฉบับ ก่อนการศึกษาครั้งนี้พอที่จะนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 1.

ตารางที่ 1. แสดงความเป็นพิษของปรอทที่มีต่อสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ	conc^{n} Hg-ppm LC_5	conc^{n} Hg-ppm LC_{10}	conc^{n} Hg-ppm LC_{50}	conc^{n} Hg-ppm LC_{95}	conc^{n} Hg-ppm LC_{100}	เวลา ชั่วโมง	อุณหภูมิ °c	ผู้รายงาน
เอมบริโอของ								
Crassostrea virginica	-	-	0.0056	-	0.008	48	26±1	Calabrese (1973) Glicksteen (1978)
Crassostrea virginica	-	0.0025	-	-	-	48	26±1	Calabrese and Nelson (1974)
Crassostrea virginica	0.0033	-	0.012	0.0207	-	12	25±1	Calabrese,et.al.(1977)
Crassostrea virginica	-	-	-	-	0.0114	48	20	
Crassostrea virginica	-	-	-	-	0.0126	48	25	MacInnes and
Crassostrea virginica	-	-	-	-	0.0102	48	30	Calabrese (1977)
Crassostrea virginica	-	-	180.5	-	-	2	26±1	Mac Innes and Calabrese (1977)
Juvenile								
Argopecten irradians	-	-	0.134	0.15	-	96	25	Nelson,et.al.(1976)
Rangia cuneata	-	-	8.7	-	-	96	25	Nelson,et.al.(1976) อ้างอิง Nelson and Harrel (1973)
Argopecten irradians	-	0.004	0.0147	0.0254	-	192-240	25±1	Calabrese,et.al.(1977)
Mercenaria mercenaria	0.0025	-	0.0048	-	0.0075	48	26±1	Calabrese and Nelson (1974)
Mytilus edulis	-	-	13.0	-	-	2	25±1	Calabrese,et.al.(1977)

โลหะทองแดง

Riley (1965) รายงานว่า ทองแดงที่พบอยู่ในแหล่งน้ำทะเลตามปกติมีค่าตั้งแต่ 1 - 20 ppb โรงงานอุตสาหกรรม เช่นโรงงานทอผ้า,โรงกลั่นน้ำมัน, การทำเหมืองแร่ ซึ่งมักปล่อยของเสียลงสู่แหล่งน้ำ จึงทำให้ทองแดงอยู่ในแหล่งน้ำมากกว่าปกติ

Noddack and Noddack (1940) รายงานไว้ว่า ความสามารถในการสะสมโลหะทองแดงจากน้ำทะเลสำหรับสิ่งมีชีวิตในทะเลมีค่าถึง 7,500 เท่า

Waterman (1937) รายงานว่าเกลือทองแดงที่ระดับความเข้มข้นที่ต่ำมากจะมีอันตรายต่อสัตว์ทะเล มันจะขัดขวางการปฏิสนธิของสัตว์ทะเล และขัดขวางการแบ่งเซลระยะ cleavage เช่น หอยเม่น

Mckee and Wolf (1963) รายงานว่า ความเข้มข้นของทองแดง 0.065 ppm ไม่มีผลต่อการปฏิสนธิ และการแบ่งเซลระยะ cleavage ของไข่หอยเม่น แต่จะมีความผิดปกติเกิดขึ้นที่ความเข้มข้นของทองแดงเป็น 0.16 ppm และความเข้มข้นของทองแดง 0.05 - 0.16 ppm จะเป็นพิษต่อตัวอ่อนของหอยนางรม

Heslinga (1976) รายงานว่า ทองแดงที่ความเข้มข้น 0.05 และ 0.22 ppm จะลดการปฏิสนธิของไข่หอยเม่น (Echinometra mathaei) เหลือเพียง 75 เปอร์เซนต์ และ 58 เปอร์เซนต์ ตามลำดับ เมื่อเทียบกับการปฏิสนธิของไข่หอยเม่นที่ไม่มีทองแดง

ผลการทดลองที่แสดงความเป็นพิษของทองแดงที่ระดับความเข้มข้น, ระยะเวลา และอุณหภูมิต่าง ๆ ต่อตัวอ่อนของสัตว์น้ำบางชนิดที่ปรากฏในรายงานบางฉบับก่อนการศึกษาครั้งนี้ พอที่จะนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2. แสดงความเป็นพิษของทองแดงที่มีต่อสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ	conc^{n} Cu-ppm LC_{0}	conc^{n} Cu-ppm LC_{50}	conc^{n} Cu-ppm LC_{100}	เวลาชั่วโมง	อุณหภูมิ °c	ผู้รายงาน
เอมบริโอของ						
Crassostrea virginica	-	1.9	-	96	-	Mckee and Wolf (1963)
Crassostrea virginica	0.08	0.103	0.13	48	26±1	Calabrese,et.al.(1973)
Mytilus edulis	-	32.3	-	2	26±1	Calabrese,et.al.(1973)
						อ้างอิง Wisely and
						Blick, (1967)
Crassostrea virginica	-	0.11	-	หลังจาก 24 ชม.	-	
			0.11	หลังจาก 96 ชม.	-	Heslinga (1976)
		0.05	-	หลังจาก 72 ชม.	-	

004562

โลหะสังกะสี

Riley (1965) รายงานว่า สังกะสีในน้ำทะเลปกติมีค่า 1-20 ppb สังกะสีที่มีอยู่ในแหล่งน้ำมากกว่าปกติ เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทำแผ่นสังกะสี, ชุบสังกะสี ทำใยสังเคราะห์ และทำยาง ปล่อยของเสียซึ่งมีโลหะสังกะสีลงไปในน้ำทะเล

Silker (1961) พบว่าสัตว์ทะเลบางชนิดสามารถสะสมพวก particulate zinc โดยมีขีดความสามารถในการสะสมโลหะนี้จากน้ำทะเลสูงถึง 10,000 เท่า

Mckee and Wolf (1963) รายงานว่า สังกะสีที่ความเข้มข้นต่ำเพียง 0.16 ppm จะทำให้เกิดความผิดปกติในการปฏิสนธิ และการแบ่งเซลระยะ cleavage ของไข่หอยเม่น

Brereton, et. al. (1973) รายงานว่า สังกะสีที่ความเข้มข้น 125 ppb ทำให้เกิดการหมุนที่ผิดปกติในระยะ D-shaped ของตัวอ่อนหอยนางรม (Crassostrea gigas) แต่ที่ความเข้มข้นของสังกะสี 50 ppb หรือน้อยกว่านี้จะกระตุ้นการเจริญเติบโตของตัวอ่อนหอยนางรมชนิดเดียวกันนี้

ผลการทดลองที่แสดงความเป็นพิษของสังกะสีที่ระดับความเข้มข้น, ระยะเวลา และอุณหภูมิต่าง ๆ ต่อตัวอ่อนของสัตว์น้ำบางชนิดที่ปรากฏในรายงานบางฉบับก่อนการศึกษาครั้งนี้ พอจะนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3. แสดงความเป็นพิษของสังกะสีที่มีต่อสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ	conc^{n} Zn-ppm LC_5	conc^{n} Zn-ppm LC_{50}	conc^{n} Zn-ppm LC_{95}	conc^{n} Zn-ppm LC_{100}	เวลาชั่วโมง	อุณหภูมิ °c	ผู้รายงาน
เอมบริโอของ							
Ostrea edulis	-	0.01	-	-	96	-	Portmann (1972)
Crassostrea virginica	-	-	-	0.50	48	-	Calabrese,et.al.(1973)
Mercenaria merceraria	-	0.166	-	0.25	48	-	Calabrese and Nelson (1974)
Mercenaria mercenaria	0.05	0.1954	0.341	-	192-240	25±1	Calabrese,et.al.(1973)
Crassostrea virginica	-	0.2057	-	-	48	20	
Crassostrea virginica	-	0.3245	-	-	48	25	Mac. Innes and
Crassostrea virginica	-	0.2296	-	-	48	30	Calabrese (1977)

โลหะตะกั่ว

Costa and Molins (1957) รายงานว่า ตะกั่วที่ไม่ละลายน้ำ พบว่ามีปริมาณที่อยู่ในน้ำทะเลมีค่า 9 ppb และเกลือของตะกั่วที่ละลายในน้ำมีค่าประมาณ 1 ppm ตะกั่วที่ตรวจพบในน้ำมีปริมาณสูงกว่าปริมาณปกติ เนื่องจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานทำสี โรงงานทำแบตเตอรี่, โรงกลั่นน้ำมัน, โรงงานทำสายเคเบิ้ล และกระสุนปืน มักจะปล่อยน้ำเสียซึ่งมีโลหะตะกั่วปะปนอยู่ลงในน้ำ จึงทำให้ตรวจพบปริมาณตะกั่วในน้ำทะเลมีค่ามากกว่าปริมาณปกติ

Noddack and Noddack (1940) พบว่าสัตว์ทะเลบางชนิดสามารถสะสมตะกั่วจากน้ำทะเลได้ประมาณ 1400 เท่า

ปิยะกาญจน์และคณะ (2521) ได้รายงานว่าในอ่าวไทยมีตะกั่วอยู่ในน้ำทะเลโดยเฉลี่ย 7.0 ppb ในดินตะกอนของอ่าวตอนบนตรวจไม่พบ ส่วนดินตะกอนอ่าวตอนล่างมีตะกั่วอยู่ในช่วง 0.0 - 0.5 ppm

Mckee and Wolf (1963) รายงานว่าตะกั่วไนเตรทที่ความเข้มข้น 200 ppm ทำให้เกิดความผิดปกติในไข่ของหอยเม่น และตะกั่วคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่ำ มีผลทำให้การเจริญของไข่หอยเม่นช้าลง

ผลการทดลองที่แสดงความเป็นพิษของตะกั่วที่ระดับความเข้มข้น, ระยะเวลา และอุณหภูมิต่าง ๆ ต่อตัวอ่อนของสัตว์น้ำบางชนิดที่ปรากฏในรายงานบางฉบับก่อนการศึกษาครั้งนี้ พอที่จะนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4. แสดงความเป็นพิษของตะกั่วที่มีต่อสัตว์น้ำ

สัตว์น้ำ	conc^{n} Pb-ppm LC_0	conc^{n} Pb LC_{50}	conc^{n} Pb-ppm LC_{100}	เวลาชั่วโมง	อุณหภูมิ °c	ผู้รายงาน
เอมบริโอของ						
Ostrea edulis	0.5	2.45	-	48	26±1	Calabrese (1973)
Crassostrea virginica	0.40	0.78	1.20	48	26±1	Calabrese and Nelson (1974)

โลหะแคดเมี่ยม

Brooks (1960) รายงานว่า น้ำทะเลปกติมีแคดเมี่ยมอยู่ 0.02 ppm แคดเมี่ยมที่อยู่ในน้ำซึ่งมีปริมาณสูงกว่าปริมาณปกติที่ละลายจากแร่ธาตุในพื้นดิน ได้มาจากของเสียที่ปล่อยออกมาจากโรงงาน เช่น โรงกลั่นน้ำมัน, โรงงานทำ Cadmium plating

Noddack and Noddack (1940) รายงานว่าในสัตว์ทะเลบางชนิดพบว่ามีความสามารถในการสะสมโลหะแคดเมี่ยมจากน้ำทะเลมีค่าประมาณ 4500 เท่า

ปิยะกาญจน์และคณะ (2521) รายงานว่าแคดเมี่ยมในน้ำทะเลบริเวณอ่าวไทยตอนบนอยู่ในช่วงระหว่าง 0.02 - 0.03 ppb และในอ่าวไทยตอนล่างอยู่ในช่วงระหว่าง 0.02 - 0.05 ppm

Waterman (1937) รายงานว่าในแคดเมี่ยมที่ความเข้มข้นเล็กน้อยจะมีผลในการลดขนาดในระยะ blastula, gastrulaของหอยเม่น (Arbacia punctulata)

ผลการทดลองที่แสดงความเป็นพิษของแคดเมี่ยมที่ระดับความเข้มข้น , ระยะเวลา และอุณหภูมิต่าง ๆ ต่อตัวอ่อนของสัตว์น้ำบางชนิดที่ปรากฏในรายงานบางฉบับก่อนการศึกษาครั้งนี้ พอจะนำมาสรุปเปรียบเทียบได้ในตารางที่ 5

ตารางที่ 5. แสดงความเป็นพิษของแคดเมี่ยม

สัตว์น้ำ	conc^{n} Cd-ppm LC_0	conc^{n} Cd-ppm LC_{00}	conc^{n} Cd-ppm LC_{95}	conc^{n} Cd-ppm LC_{100}	เวลาชั่วโมง	อุณหภูมิ °c	ผู้รายงาน
เอมบริโอของ							
Crassostrea virginica	1	3	-	8.6	48	26±1	Calabrese,et.al.(1973)
Mya arenaria	-	2.2	-	-	48	-	Nelson (1971)
Juvenile							
Argopecten irradians	-	1.48	2.33	-	48	-	Nelson, et. al. (1976)

คำศัพท์เทคนิค

Control	หมายถึง	ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิในน้ำทะเลปกติ และเอมบริโอถูกนำมาเลี้ยงต่อในน้ำทะเลปกติ
Control + โลหะหนัก	หมายถึง	ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิจากน้ำทะเลปกติ แล้วเอมบริโอถูกนำมาเลี้ยงต่อในน้ำทะเลที่มีโลหะหนัก
โลหะหนัก	หมายถึง	ไข่ที่ได้รับการปฏิสนธิในน้ำทะเลที่มีโลหะหนัก แล้วเอมบริโอถูกนำมาเลี้ยงต่อในน้ำทะเลที่มีโลหะหนัก
LC_0	หมายถึง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำให้ตัวอ่อนรอดทั้งหมด
LC_5	หมายถึง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำให้ตัวอ่อนตาย 5 เปอร์เซนต์
LC_{50}	หมายถึง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำให้ตัวอ่อนตาย 50 เปอร์เซนต์
LC_{95}	หมายถึง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำให้ตัวอ่อนตาย 95 เปอร์เซนต์
LC_{100}	หมายถึง	ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ทำให้ตัวอ่อนตายทั้งหมด
ppb	(part per billion) =	µg/l
ppm	(part per million) =	mg/l