บทที่ 1

บทนำ

1. บทนำต้นเรื่อง

น้ำมันเป็นทรัพยากรหนึ่งที่เป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาประเทศ ประเทศไทยใช้น้ำมันดีเซลมากเป็นอันดับหนึ่ง (ร้อยละ 41) รองลงมาเป็นน้ำมันเตา (ร้อยละ 26) (การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย, 2541 : 88) แต่กำลังการผลิตในประเทศไทยไม่เพียงพอที่จะสนองความต้องการดังกล่าวได้ จึงทำให้มีการนำเข้าจากต่างประเทศ ดังเช่นมีการนำเข้าน้ำมันดิบประมาณ 697,815 บาร์เรล/วัน น้ำมันเตา ประมาณ 10.9 พันบาร์เรล/วัน (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ, 2542 : 103-110) การขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันในรูปแบบต่าง ๆ จากแหล่งผลิตทั้งในและต่างประเทศไปยังผู้ซื้อส่วนใหญ่ขนส่งโดยทางทะเล เส้นทางหลักในการขนส่งน้ำมันทางทะเลในประเทศไทย แสดงไว้ในภาพประกอบ 1 เรือบรรทุกน้ำมันขนาดใหญ่เหล่านี้มีการระมัดระวังและระบบการป้องกันเพื่อที่จะไม่ให้เกิดการรั่วไหลโดยเฉพาะอย่างยิ่งขณะขนถ่าย แต่ถึงแม้ว่าจะมีการป้องกันดีเพียงใดอุบัติเหตุก็ยังอาจจะเกิดขึ้นได้เสมอ (สมรัตน์ ยินดีพิธ, 2534ข : 22)

ปริมาณการรั่วไหล[1]ของน้ำมันลงสู่ทะเลในแต่ละปีประมาณได้ว่าอยู่ระหว่าง 1.7-8.8 ล้านตันต่อปี แม้ว่าในปัจจุบันปริมาณน้ำมัน ที่รั่วไหลลงสู่ทะเลจะลดลงบ้าง (Clark,1997 : 38) แต่น้ำมันเหล่านี้จะคงความเป็นพิษอยู่ในสภาพแวดล้อมได้นาน ซึ่งกว่าที่พิษของน้ำมันส่วนที่ตกค้างอยู่จะสลายตัวหมดไปและสภาพแวดล้อมกลับคืนสู่สภาพปกติอาจจะต้องใช้เวลานาน 5-6 ปี (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย, 2537 : 10)

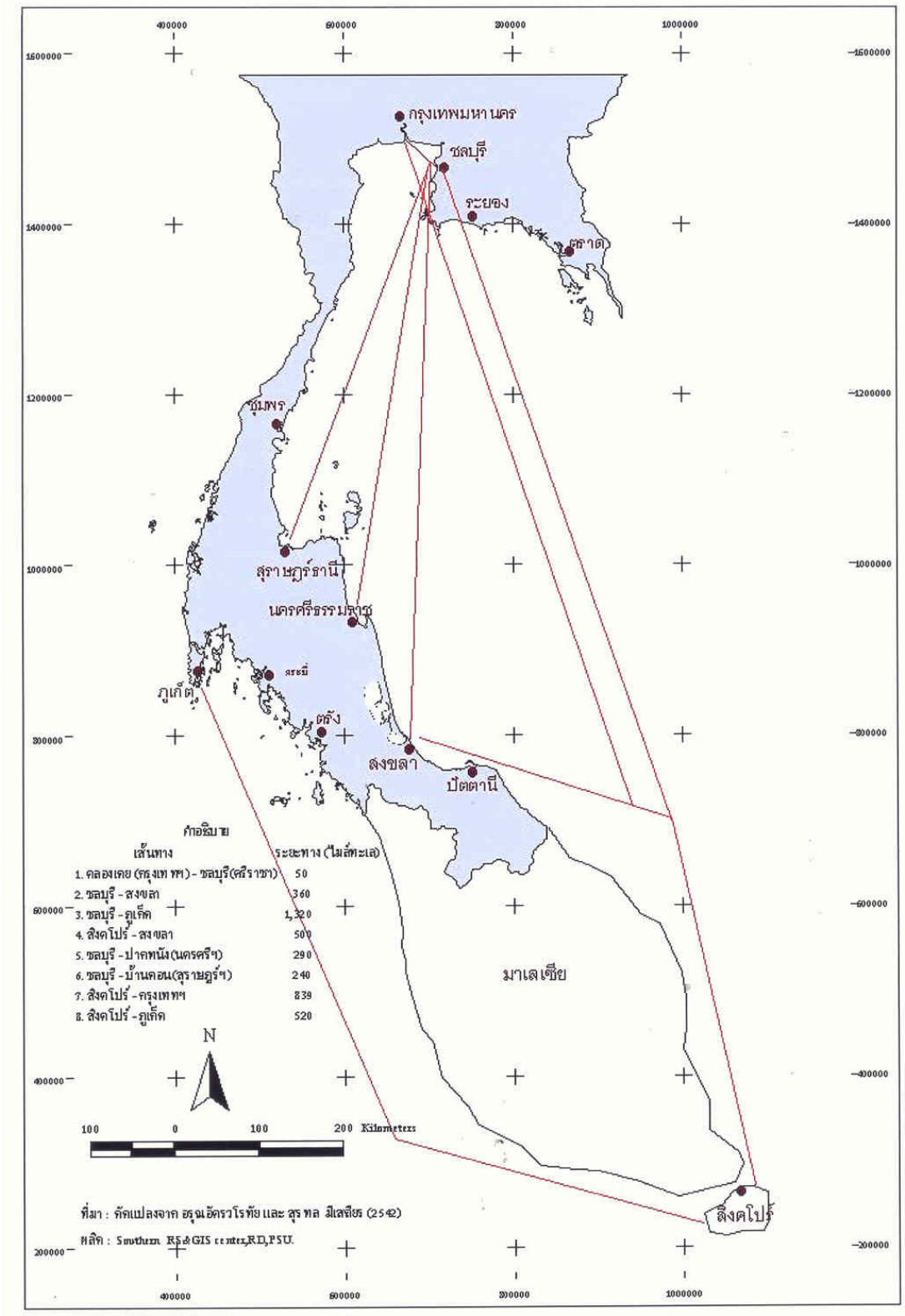
การปนเปื้อนของน้ำมันในแหล่งน้ำไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตามย่อมจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในระบบนิเวศของแหล่งน้ำนั้นทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพ จึงจำเป็นต้องมีมาตรการในการป้องกันและกำจัดคราบน้ำมัน[2]

น้ำมันที่รั่วไหลลงสู่ทะเลส่วนใหญ่เป็นน้ำมันเตามากที่สุด ร้อยละ 50.57 รองลงมาเป็นน้ำมันดีเซล ร้อยละ 12.64 (ชนะชัย เลิศสุชาติวนิช, 2542 : 97) เมื่อเกิดอุบัติเหตุการรั่วไหลของน้ำมันในหลายกรณีมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน การรั่วไหลของน้ำมันลงสู่

---

[1] ดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่แหล่งน้ำได้จากภาคผนวก ก

[2] ดูข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการควบคุม และการกำจัดคราบน้ำมันที่รั่วไหลได้จากภาคผนวก ข



ภาพประกอบ 1 แผนที่สังเขปการขนส่งน้ำมันทางเรือในประเทศไทยของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย

ที่มา : ดัดแปลงจากอรุณ อัครโรทัย และสุรพล มีเสถียร (2542)

แหล่งน้ำและการใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมันจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำบริเวณชายฝั่งและต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น ทั้งในรูปแบบของพิษเฉียบพลันและพิษเรื้อรัง สิ่งมีชีวิตกลุ่มแรกที่จะได้รับผลกระทบในทันที คือ แพลงก์ตอน (Plankton) ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีปริมาณมากและค่อนข้างไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม (เสาวภา สวัสดิ์พีระ และคณะ, 2537 : 9)

แม้จะมีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของน้ำมันและสารเคมีขจัดคราบน้ำมันบ้าง แต่ก็มีค่อนข้างน้อย ผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000[3] ซึ่งเป็นตัวเลือกหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในประเทศไทยนั้นยังไม่พบว่ามีรายงานการศึกษาไว้

อนึ่งพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลเป็นพื้นที่ที่มีความเสี่ยง[4]ต่อการปนเปื้อนของน้ำมันและสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ประกอบกับบริเวณชายฝั่งในประเทศไทยมักมีกิจกรรมการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำอยู่อย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon* Fabricius) การปนเปื้อนของน้ำมันและสารเคมีขจัดคราบน้ำมันในบริเวณดังกล่าวอาจก่อให้เกิดผลกระทบทั้งทางตรง (เฉียบพลัน) และทางอ้อม (เรื้อรัง) ต่อกิจกรรมการเพาะเลี้ยงกุ้งกุลาดำได้

จากเหตุผลดังกล่าว ผู้ศึกษาจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลกระทบของน้ำมันเตา น้ำมันดีเซล และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ต่อกุ้งกุลาดำ เพราะคาดว่าข้อมูลจากการศึกษาเช่น ค่าความเป็นพิษและผลกระทบต่อการเจริญเติบโต ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงทางด้านพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อกุ้งกุลาดำเมื่อสัมผัสกับสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน ชนิด OD 4000 น้ำมันเตา (ส่วนที่ละลายน้ำ) น้ำมันดีเซล (ส่วนที่ละลายน้ำ) นั้นอาจใช้เป็นดัชนีบ่งถึงความเป็นพิษที่จะเกิดขึ้นกับสัตว์ทะเลได้ นอกจากนี้ค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัย (Safety Level) สามารถที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางประกอบการพิจารณา ในการกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำของแหล่งน้ำ (Water Quality Ccriteria) ของประเทศไทย เพื่อใช้ประโยชน์ในการควบคุมและป้องกันปัญหามลภาวะทางน้ำอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของคราบน้ำมันต่อไป

---

[3] เป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้สำหรับขจัดคราบน้ำมัน โดยมีบริษัท Fast French Asiatic Services and Techniques เป็นผู้นำเข้า ซึ่งคลังปิโตรเลียมสงขลาได้นำมาใช้ในการขจัดคราบน้ำมันกรณีการเกิดอุบัติเหตุรั่วไหลของน้ำมันมีปริมาณมาก และไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการอื่น ๆ

[4] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่อการรั่วไหลของน้ำมันได้จากภาคผนวก ค

2. การตรวจเอกสาร

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับน้ำมัน

น้ำมันประเภทปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน (Petroleum Hydrocarbon) เป็นสารประกอบกลุ่มไฮโดรคาร์บอน ซึ่งมีสารอื่น ๆ อาทิ ออกซิเจน ไนโตรเจน กำมะถัน และโลหะบางชนิด (เช่น วาเนเดียม และนิเกิล) ปนอยู่ในปริมาณเล็กน้อย (Sammut, 1991:103) เกิดจากการทับถมของซากพืชและสัตว์ ความดันซึ่งเกิดจากแรงกดทับจากดินตะกอนและความร้อนใต้พื้นผิวโลกจะทำให้ซากอินทรีย์เหล่านี้ย่อยสลายกลายเป็นปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนแทรกตัวอยู่ตามชั้นหินซึ่งอาจอยู่ในรูปของก๊าซธรรมชาติ หรือในรูปของเหลว

2.2 สมบัติของน้ำมัน

2.2.1 น้ำมันดิบ (Crude Oils)

โดยทั่วไปจะมีสีดำหรือสีน้ำตาล มีกลิ่นคล้ายน้ำมันเชื้อเพลิงสำเร็จรูป แต่บางชนิดจะมีกลิ่นของสารอื่นผสมด้วย เช่น กลิ่นกำมะถัน กลิ่นไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น น้ำมันสำเร็จรูปที่ผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วในแต่ละชนิดจะมีสมบัติและการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกันออกไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 4)

2.2.2 น้ำมันดีเซล

เป็นน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เตาเผาบางชนิด หรือเครื่องปั่นไฟขนาดใหญ่ ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด คือ ดีเซลหมุนช้า และดีเซลหมุนเร็ว น้ำมันดีเซลมีความหนืดสูง เผาไหม้ยากก่อให้เกิดเขม่าและควันดำ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 และ กองทุนอุตสาหกรรมน้ำมัน, 2542) เดิมเป็นน้ำมันพวก Straight – Run จากการกลั่นน้ำมันดิบ ในปัจจุบันเนื่องจากมีกระบวนการแตกตัวในโรงกลั่นหลายกระบวนการ จึงอาจมีน้ำมันส่วนที่ได้จากการแตกตัวผสมอยู่ เช่น น้ำมันก๊าด น้ำมันก๊าซออยล์ที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ (Light Gas Oil และ Heavy Gas Oil) น้ำมันเบาจากหอกลั่นสุญญากาศ (Light Vacuum Gas Oil) น้ำมันก๊าซออยล์จากกระบวนการเทอร์มอลแคร้กเกอร์ (Thermally Cracked Gas Oil)) น้ำมันก๊าซออยล์จากกระบวนการแคทแคร้กเกอร์ (Cat. Cracked Light Oil) และน้ำมันก๊าซออยล์จากกระบวนการไฮโดรแคร้กเกอร์ (Hydrocracked Gas Oil) มีช่วงจุดเดือดอยู่ระหว่าง 150-400 ^{O}C (300-755 ^{O}F) (ปราโมทย์ ไชยเวท, 2537)

ไฮโดรคาร์บอน[5]ที่มีอยู่ในน้ำมันดีเซล มีดังนี้ (ปราโมทย์ ไชยเวท, 2537) คือ พาราฟินที่มีแขนตรง (N-Paraffin Hydrocarbons) ไอโซพาราฟินและพาราฟินแบบกิ่ง (Isoparaffin and Branched Paraffins) ไซโคลพาราฟิน หรือแนฟทีน (Cycloparaffins or Naphthene) และ อโรมาติก 2 วงแหวน พวกแนฟทาลีน (Naphthalene)

นอกจากนี้ในน้ำมันดีเซลยังมีสารประกอบของกำมะถัน ของออกซิเจน และของไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย (ดูตัวอย่างสารประกอบจากภาคผนวก จ)

2.2.3 น้ำมันเตา (Fuel Oil)

เป็นส่วนของกากน้ำมันที่เหลือจากการกลั่น มีสิ่งตกค้างต่าง ๆ บนอยู่มาก น้ำมันเตาจะมีความหนืดสูงมาก ราคาถูก เผาไหม้ได้ยาก และมีเขม่าจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ แต่ก็ยังมีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมการผลิตไฟฟ้า และการเดินเรือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 และกองทุนอุตสาหกรรมน้ำมัน, 2542) ไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญในน้ำมันเตา คือ อะโรมาติกที่มีหลาย ๆ วงแหวนติดกัน (Polynuclear Aromatic) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของ Asphaltene ในกากน้ำมัน นอกจากนี้น้ำมันเตายังมีสารประกอบกำมะถัน เช่น Mercaptans, Thiophenes และยังมีสารประกอบอินทรีย์ที่มีโลหะพวกวาเนเดียม และนิเกิลปนอยู่ด้วย ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีโมเลกุลซับซ้อนประกอบด้วยวงแหวนแนฟทีน หรือวงแหวนอะโรมาติก (ปราโมทย์ ไชยเวท, 2537)

2.3 พฤติกรรมของน้ำมันในน้ำ

เมื่อน้ำมันเกิดการรั่วไหลลงในแหล่งน้ำ จะเกิดกระบวนการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านกายภาพ เคมี และชีวภาพในรูปแบบต่าง ๆ (ภาพประกอบ 2) กระบวนการเหล่านี้ทำให้น้ำมันมีสมบัติเปลี่ยนแปลงไป

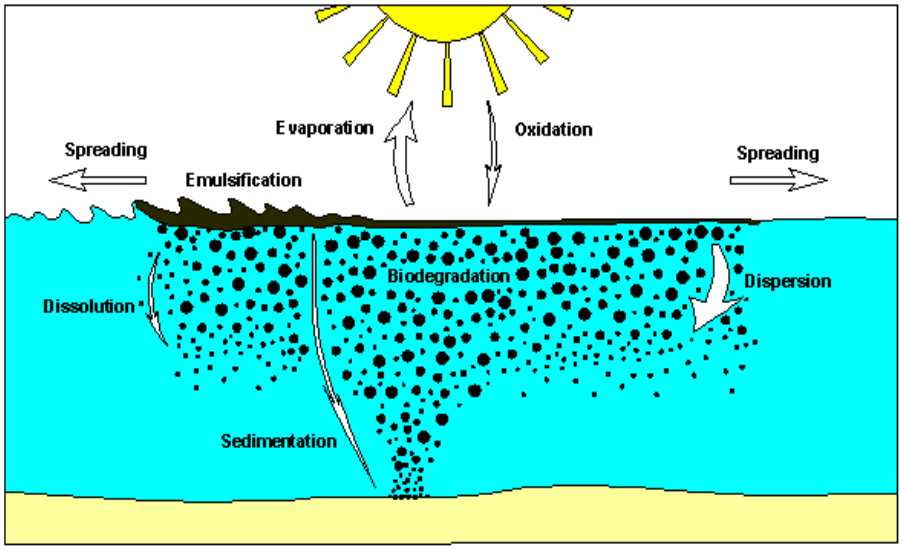
2.3.1 กระบวนการทางกายภาพและเคมี

(1) การแผ่กระจาย (Spreading) ของน้ำมัน การแผ่กระจายของน้ำมันในน้ำขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ หลายประการด้วยกัน (ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์, 2533 :1-2) ได้แก่

- ประเภทของการรั่วไหล (Type of Spill) และอัตราการไหล (Flow Rate) จะเป็นตัวกำหนดการแผ่กระจายของน้ำมัน การรั่วไหลอย่างต่อเนื่องจะทำให้คราบน้ำมันมีโอกาสแผ่กระจายเป็นบริเวณกว้างได้มากกว่า นอกจากนี้อัตราการไหลก็มีส่วนสำคัญต่อการแผ่กระจายออกไปของคราบน้ำมัน

---

[5] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับประเภทและโครงสร้างของไฮโดรคาร์บอนที่สำคัญได้จากภาคผนวก ง



ภาพประกอบ 2 พฤติกรรมของน้ำมันเมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำ
ที่มา : http://www.itopf.com/fate.html

- ประเภทของน้ำมัน (Type of Oil) คุณสมบัติเฉพาะตัวของน้ำมันแต่ละชนิดทำให้ขนาดของพื้นที่ที่แผ่กระจายไม่เท่ากัน แม้ว่าจะมีการรั่วไหลในปริมาณที่เท่ากัน

- ลักษณะของสภาพพื้นที่ (Type of Location) พื้นที่ที่มีความลาดชันจะมีผลทำให้น้ำมันสามารถแผ่กระจายได้รวดเร็วกว่าในสภาพพื้นที่ที่เป็นที่ราบ ในแม่น้ำน้ำมันจะมีพื้นที่การแผ่กระจายตามรูปแบบของแหล่งน้ำ สำหรับน้ำมันที่รั่วไหลในทะเลจะมีรูปแบบการแผ่กระจายที่ไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับปัจจัยด้านสภาวะแวดล้อม เช่น สภาพอากาศ สภาพทางสมุทรศาสตร์ เป็นต้น

- ระยะเวลาที่เกิด (Time of Occurence) ยิ่งเกิดการรั่วไหลนานการแผ่กระจายของคราบน้ำมันก็จะครอบคลุมอาณาเขตพื้นที่กว้างไกล

- สภาพแวดล้อม (Environmental Condition) ลักษณะภูมิอากาศ ลักษณะทางอุทกวิทยา และสมุทรศาสตร์ เป็นปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา และมีอิทธิพลอย่างมากต่อทิศทางและการเคลื่อนตัวของมวลน้ำมันในน้ำ

(2) การระเหย (Evaporation) การระเหยเป็นกระบวนการที่สำคัญที่ทำให้น้ำมันระเหยออกไปจากผิวน้ำ อัตราการระเหยของน้ำมันขึ้นอยู่กับขนาดพื้นที่ของคราบน้ำมัน (Slick Area) ชนิดของน้ำมัน อุณหภูมิ และความเร็วของลม น้ำมันเบา เช่น น้ำมันเบนซิน ระเหยได้อย่างรวดเร็วถึงร้อยละ 50 ภายในระยะเวลาไม่กี่ชั่วโมง ในขณะที่น้ำมันหนักจะระเหยได้ช้า น้ำมันที่มีจุดเดือดต่ำ

กว่า 200 °C จะระเหยไปจากผิวน้ำภายในเวลา 24 ชั่วโมง น้ำมันซึ่งมีความสามารถในการระเหยสูงเมื่อรั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำอาจมีความเสี่ยงที่จะเกิดไฟไหม้และเกิดการระเบิดได้

น้ำมันจะเริ่มต้นระเหยทันทีที่รั่วไหลออกจากแหล่งที่มา และจะมีอัตราการระเหยเร็วในช่วงแรก โดยสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำซึ่งเป็นสารระเหยได้ง่ายจะระเหยออกจากมวลน้ำมันจนเหลือสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงซึ่งไม่สามารถระเหย น้ำมันส่วนที่เหลือนี้จะมีลักษณะหนืด ๆ เรียกว่า “มูส” (Mousse) ซึ่งเป็นน้ำมันที่มีความถ่วงจำเพาะสูงและมีความหนืดมาก ในที่สุดก็จะตกตะกอนลงสู่ท้องน้ำเกิดเป็นน้ำมันดิน (Tarball) ปริมาณน้ำมันที่รั่วไหลลงสู่แหล่งน้ำจะเกิดเป็นน้ำมันดินร้อยละ 30 (http//www.itopf.com/fate.html)

(3) การผสมของน้ำมันกับน้ำ (Emulsification) น้ำมันเมื่อโดนแรงกระทำจากภายนอก เช่น คลื่น ลม หรือกระแสน้ำ จะทำให้ผสมคลุกเคล้าเข้ากับน้ำกลายเป็นสารที่มีลักษณะแขวนลอย ซึ่งเรียกว่า “อิมัลชัน” (Emulsion) ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของอิมัลชันแบบ น้ำมันในน้ำ (Oil-in-Water) หรือแบบน้ำในน้ำมัน (Water-in-Oil) แต่โดยมากแล้วน้ำมันจะดูดซับน้ำเข้ามาอยู่ในรูปของน้ำในน้ำมัน ซึ่งจะมีความหนืดสูงมากอันเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ทั้งน้ำมันเบาและน้ำมันหนักสามารถคงตัวอยู่ในน้ำได้เป็นเวลานาน ในน้ำที่มีการเคลื่อนไหวของมวลน้ำ น้ำมันจะกลายเป็น อิมัลชันอย่างรวดเร็ว ยิ่งถ้าในน้ำนั้นมี Asphaltene ผสมอยู่มากกว่าร้อยละ 0.5 มักจะกลายเป็น อิมัลชันที่ค่อนข้างคงตัวเรียกว่า Chockcolate Mousse (http://www.itopf.com/fate.html และ Wardley-Smith, 1983)

(4) การแยกกระจายเป็นส่วนย่อย ๆ (Dispersion) การแยกกระจายของน้ำมันเป็นผลมาจากการกระทำของคลื่นและลมทำให้น้ำมันกระจายตัวออกเป็นหยดขนาดต่าง ๆ หยดที่มีขนาดเล็กจะแขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนหยดที่มีขนาดใหญ่จะลอยขึ้นมาบนผิวน้ำ และอาจจะเกิดการรวมตัวกันกลับเป็นคราบน้ำมันใหม่หรือแผ่ออกเป็นแผ่นฟิล์มบาง ๆ การกระจายของคราบน้ำมันขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของน้ำมัน และสภาวะของแหล่งน้ำอีกด้วย (http://www.itopf.com/fate.html)

(5) การละลาย (Dissolution) องค์ประกอบของสารบางอย่างในน้ำมันมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้ โดยอาศัยคลื่นและลมเป็นตัวช่วยกระทำ น้ำมันแต่ละชนิดจะมีคุณสมบัติในการละลายน้ำได้แตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโครงสร้างของโมเลกุล และธาตุอื่นซึ่งเป็นองค์ประกอบอยู่ (http://www.itopf.com/fate.html)

(6) การตกตะกอน (Sedimentation) เมื่อน้ำมันที่รั่วไหลผ่านกระบวนการระเหย จะทำให้น้ำมันมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น หรือเกิดการรวมตัวกันของอนุภาคที่กระจายอยู่ในน้ำ สารที่เหลือจากกระบวนการเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นสารกึ่งของแข็งลอยบริเวณผิวน้ำ ต่อมาจะแตกออกเป็น

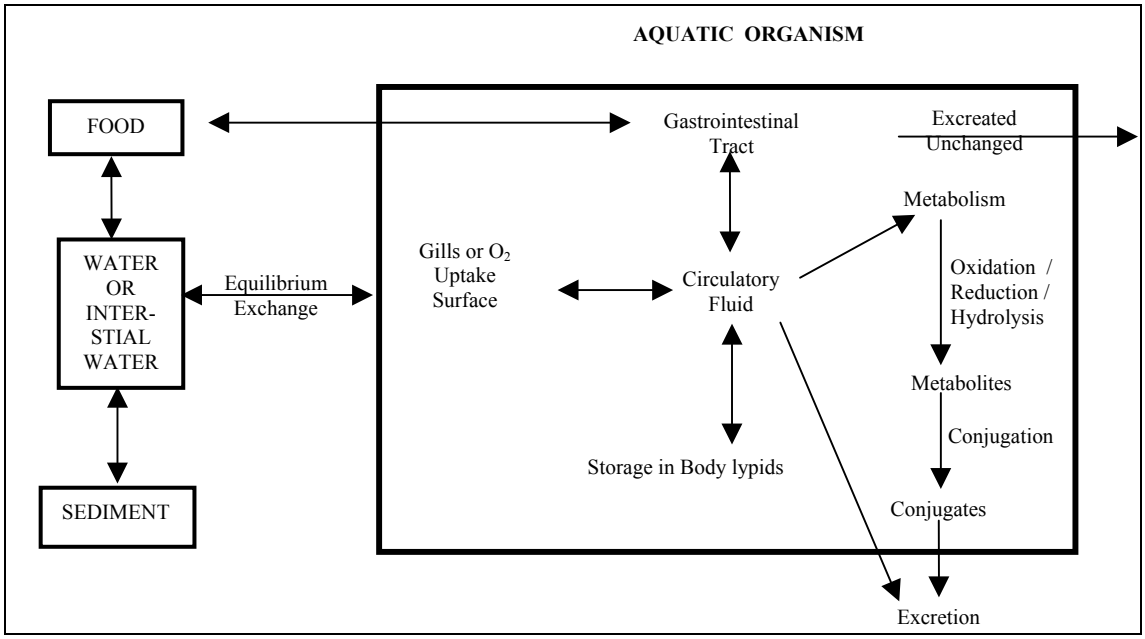
อนุภาคเล็ก ๆ และจมสู่ท้องน้ำ นอกจากนี้อนุภาคของน้ำมันที่ละลายในน้ำอาจจะรวมตัวกันหรือเกาะกับสารแขวนลอยแล้วตกตะกอน (http://www.itopf.com/fate.html)

(7) การเกิดปฏิกริยาโฟโตออกซิเดชัน (Photo-Oxidation Reaction) เป็นปฏิกริยาแรกในกระบวนการย่อยสลายน้ำมัน โดยอัตราการเกิดปฏิกริยาจะขึ้นอยู่กับชนิดขององค์ประกอบในน้ำมัน เช่น สารละลายอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Aromatic Hydrocarbons) เมื่อได้รับพลังงานแสงอาทิตย์จะเปลี่ยนสภาพ (Degrade) ได้เร็วกว่ากลุ่มอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (Aliphatic Hydrocarbons) และกลุ่มอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอนชนิดที่โครงสร้างโมเลกุลมีกิ่งก้านจะถูกย่อยสลายได้เร็วกว่าชนิดที่เป็นสายตรง (http://www.itopf.com/fate.html)

2.3.2 กระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากการกระทำของจุลินทรีย์ หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำ เช่น แบคทีเรีย แพลงก์ตอน รา และยีสต์ เข้าไปย่อยสลายคราบน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำ ถ้าน้ำมันมีพื้นที่ผิวมากอัตราการย่อยสลายก็จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งประสิทธิภาพในการย่อยสลายจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ออกซิเจน และธาตุอาหารที่สำคัญ คือ ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส โดยจุลินทรีย์แต่ละชนิดจะมีความจำเพาะเจาะจงในการย่อยสลายไฮโดรคาร์บอนแต่ละกลุ่มได้ต่างกัน (กลุ่มอนุรักษ์สภาพแวดล้อมของวงการอุตสาหกรรมน้ำมันกลุ่มภาคใต้, ม.ป.ป. : 8)

2.4 ผลกระทบของน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิต

น้ำมันทุกชนิดไม่ว่าจะเป็นน้ำมันดิบ น้ำมันดีเซล น้ำมันเตา หรือชนิดอื่น ๆ จะมีไฮโดรคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่ ซึ่งไฮโดรคาร์บอนในน้ำมันอาจจะเป็นประเภทอลิฟาติก (Aliphatic) ไซโคลอลิฟาติก (Cycloaliphatic) หรืออโรมาติก (Aromatic) สิ่งมีชีวิตดูดดึง (Uptake) สารไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้เข้าไปสะสมในตัวของมันได้ ซึ่งมีการถ่ายทอดไปตามสายใยอาหารต่อไป การดูดดึงเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตนี้อาจจะผ่านกระบวนการดูดซึมผ่านผนังเซลล์หรือการกลืนกินอนุภาคแขวนลอยที่มีไฮโดรคาร์บอนถูกดูดซับอยู่ หรือโดยการกลืนหรือกินน้ำที่มีไฮโดรคาร์บอนปนเปื้อนเข้าไปโดยตรง ผลของไฮโดรคาร์บอนเหล่านี้ต่อสิ่งมีชีวิตจะเป็นแบบไม่เฉพาะเจาะจง (Nonspecific Toxicity) (Chaisuksant *et al.*,1999 : 2) กลไกในการรับสารไฮโดรคาร์บอนเข้าสู่ร่างกายสิ่งมีชีวิตแสดงไว้ในภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 กลไกการได้รับสารปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนเข้าสู่ร่างกายของสิ่งมีชีวิตในน้ำ
ที่มา : Chaisuksant *et al.,* (1999)

Laws (1995) ได้แบ่งผลกระทบที่เกิดขึ้นออกเป็น 2 ประเภท คือ

(1) ผลที่เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตได้รับหรือสัมผัสกับน้ำมันหรือถูกปนเปื้อนน้ำมันตามลำตัว ปีก ขน เป็นต้น

(2) ผลที่เกิดจากการที่สิ่งมีชีวิตเหล่านั้นรับน้ำมันเข้าไปโดยการกิน เมื่อเกิดการสะสมถึงช่วงระยะเวลาหนึ่งก็จะส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย

สารประกอบประเภทโพลิไซคลิกอโรมาติกไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbon, PAHs) เป็นส่วนประกอบสำคัญในน้ำมันที่จะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (Anderson, 1977; Connell and Miller, 1981 และ Barron *et al.,* 1999) โดยพบว่าอโรมาติกไฮโดรคาร์บอนมีความเป็นพิษสูงสุด รองลงมาเป็นไซโคลอัลเคน (Cycloalkane) โอลิฟิน (Olefins) และอัลเคน (Alkane) ตามลำดับ ความเป็นพิษของน้ำมันอาจเกิดจากการที่น้ำมันเข้าไปทำลายหรือขัดขวางกระบวนการเมทาบอลิซึม (Metabolism) ของสิ่งมีชีวิต หรือเกิดจากการสะสมไฮโดรคาร์บอนในเนื้อเยื่อต่าง ๆ หากสิ่งมีชีวิตรับเข้าไปในปริมาณมากก็จะทำลายเซลล์ต่างๆ ภายในร่างกายได้

การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเมื่อสัมผัสกับน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน แบ่งออกได้เป็น 4 ระดับ (Capuzzo,1987 : 345) คือ ระดับเซลล์ ระดับชีวิต ระดับประชากร และระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต (ตาราง 1)

ตาราง 1 ระดับการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเมื่อสัมผัสกับน้ำมันหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน

ระดับการตอบสนอง	ลักษณะการตอบสนอง
ระดับเซลล์ (Biochemical- Cellular)	1. รบกวนกระบวนการเมทาบอลิซึม (Metabolism) ของเซลล์ 2. มีการกำจัดสารพิษออกจากร่างกาย (Detoxification)
ระดับชีวิต (Organismal)	1. เปลี่ยนแปลงกระบวนการ Metabolism 2. เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม 3. การเจริญเติบโตและการสืบพันธุ์ลดน้อยลง 4. การทำงานของโครงสร้างต่าง ๆ ขาดประสิทธิภาพ อาจนำไปสู่การเกิดโรค
ระดับประชากร (Population)	1. มีการเปลี่ยนแปลงทางด้านพลวัตรของประชากร (Population Dynamic) 2. ประชากรต้องมีการปรับตัว ซึ่งนำไปสู่การเกิดความเครียด
ระดับกลุ่มสิ่งมีชีวิต (Community)	1. องค์ประกอบทางด้านชนิดพันธุ์ (Species) เปลี่ยนไป 2. การหมุนเวียนของพลังงานลดน้อยลง 3. มีการปรับตัวทางด้านระบบนิเวศน์

ที่มา : ดัดแปลงจาก Capuzzo (1987)

ผลกระทบของน้ำมันและผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ในแหล่งน้ำ สรุปได้ดังต่อไปนี้

2.4.1 แพลงก์ตอน

แพลงก์ตอนโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชซึ่งทำหน้าที่ผู้ผลิตขั้นปฐมภูมิที่สำคัญในมหาสมุทร เมื่อมีการรั่วไหลของน้ำมันลงในแหล่งน้ำ สารบางชนิดซึ่งละลายในน้ำได้อาจเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตเหล่านี้ (เสาวภา สวัสดิ์พีระ และคณะ, 2537 : 9 และ ITOPF, 1987B : 23) น้ำมันส่งผลกระทบต่อแพลงก์ตอนได้หลายประการ เช่น คราบน้ำมันที่ลอยอยู่เหนือผิวน้ำเสมือนเกราะกำบังระหว่างน้ำกับอากาศทำให้ก๊าซออกซิเจนจากอากาศไม่สามารถละลายลงสู่น้ำได้ คราบน้ำมันยัง

บดบังหรือกั้นแสงไม่ให้ผ่านลงไปในน้ำได้สะดวก ซึ่งขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงของแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้ยังส่งผลให้แพลงก์ตอนสัตว์มีพฤติกรรมการกินอาหารเปลี่ยนแปลงไป ความสามารถในการกินอาหารลดลง จำกัดความสามารถในการยึดเกาะ สูญเสียความสามารถในการป้องกันตัวจากศัตรู และการแพร่กระจายผิดไปจากปกติ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้จะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของแพลงก์ตอน (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 54-59 และ Wardley-Smith, 1983 : 47-52)

ความเข้มข้นของน้ำมันตั้งแต่ 1-10 mg/L ก่อให้เกิดพิษเฉียบพลันและเรื้อรังต่อแพลงก์ตอนพืช โดยขัดขวางการสังเคราะห์แสงทำให้การเจริญเติบโตถูกยับยั้งส่งผลให้จำนวนประชากรของแพลงก์ตอนพืชลดน้อยลง น้ำมันเตามีความเป็นพิษต่อสาหร่ายมากกว่าน้ำมันดิบ (Spies,1987 : 416) น้ำมันเตาความเข้มข้นมากกว่า 40 ppm ทำให้ไดอะตอม *Thalasiosia pseudonana* มีการเจริญเติบโตลดลง (Pulich *et al.,* 1974 อ้างถึงใน Spies, 1987 : 416) น้ำมันเตาเบอร์ 2 ความเข้มข้นมากกว่า 50 ppm จะส่งผลให้การเจริญเติบโตของสาหร่ายสีน้ำตาล (*Fucus vesiculosus*) ลดลง (Wrabel and Peckol, 2000)

มีรายงานการศึกษาพบว่าสาหร่ายสีเขียว (Green Algae) มีความไวต่อการรับสัมผัสกับน้ำมันมากกว่าไดอะตอม (Diatoms) สาหร่ายสีน้ำเงินแกมเขียว (Blue Green Algae) และแฟลกเจลเลต (Flagellate) (Winter *et al .,* 1976, 1977a ; Batterton *et al.,* 1978 อ้างถึงใน Spies, 1987 : 415) เสาวภา สวัสดิ์พีระ และคณะ (2537) พบว่าน้ำมันดีเซล และน้ำมันเบนซินมีผลต่อสาหร่ายสีเขียว *Tetraselmis helle* ทำให้ช่องว่างภายในเซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น แต่คลอโรพลาสต์มีขนาดเล็กลง

แพลงก์ตอนสัตว์สามารถดูดดึงน้ำมันทั้งในรูปของหยดเล็ก ๆ หรือในส่วนที่ละลายน้ำ จากการสัมผัสโดยตรงหรือซึมผ่านตามอวัยวะต่าง ๆ หรือโดยการกลืนกินเข้าไปพร้อมกับอาหาร ความเข้มข้นของน้ำมันตั้งแต่ 0.05 –9.4 mg/L ส่งผลให้ผลผลิตมวลชีวภาพลดน้อยลง และก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของกลุ่มสิ่งมีชีวิตของแพลงก์ตอนสัตว์ด้วย (NAS, 1985 อ้างถึงใน Scholz *et al.,* 2000 : 48) ความพิษของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนต่อแพลงก์ตอนสัตว์ทะเลแสดงไว้ในตาราง 2

ตาราง 2 ความเป็นพิษของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนต่อแพลงก์ตอนสัตว์ทะเล

กลุ่มสิ่งมีชีวิต	ปิโตรเลียม ไฮโดรคาร์บอน	ระยะการสัมผัส (ช.ม.)	ค่า LC_{50} (ppm)
Protozoa	crude-WSF	90	1.7
Ctenophora	No.2-WSF	24	0.6
Mollusca			
Bivalve			
Embryo	crude-WSF	48	0.2-1.2
	No.2-WSF	48	0.4
	No.6-WSF	48	1.0
Larvae	crude-WSF	48	0.25->25
	No.2-WSF	48	1.3
	No.6-WSF	48	3.2
Larvae	crude-WSF	240	0.05->2.1
	No.2-WSF	240	0.5
	No.6-WSF	240	1.6
Pteropods	No.2-OWD	48	<0.2
Crustacea			
Barnacles	No.2-WSF	1	2.6
Copepods	crude-OWD	96	13.5-73
	No.6-OWD	96	5.1
	No.2-WSF	72	1.0-2.5
	crude-OWD	48	0.8
Amphipods	No.2-OWD	48	0.3
	No.4-OWD	48	6.2
Decapods			
Shrimp Larvae	crude-WSF	96	0.5-8.5
Post Larvae	crude-OWD	96	>1000
	No.2-OWD	96	1.7-9.4
	crude-WSF	96	>19.8
	No.2-WSF	96	1.2-6.6
	No.6-WSF	96	1.9
Lobstre Larvae	crude-OWD	96	0.9-4.9
		720	0.14
Crab Larvae	crude-WSF	96	1.3->10.8
Mysids	crude-OWD	96	0.05-0.2
Teleostei			
Eggs	No.2-WSF	96	1.5
	No.6-WSF	144	0.02-0.2
Larvae	crude-OWD	96	43
	No.2-WSF	96	1.5

ที่มา : Capuzzo (1987)

หมายเหตุ WSF = Water Soluble Fraction , OWD = Oil – in-Water Dispersion

2.4.2 ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ

หากเกิดการรั่วไหลของน้ำมันในบริเวณน้ำตื้น ปลาและสัตว์ขนาดเล็กจะได้รับอันตรายถึงตายในทันที ส่วนสัตว์ที่สามารถว่ายน้ำได้และมีขนาดใหญ่ เช่น ปลา หมึก และโลมา จะได้รับผลกระทบจากการเกิดน้ำมันรั่วไหลน้อยกว่า (ITOPF, 1987B : 23-26) โดยทั่วไปแล้วปลาจะได้รับน้ำมันและไฮโดรคาร์บอนโดยตรงจากน้ำ และจากอาหารที่กลืนกินเข้าไป ความเข้มข้นของไฮโดรคาร์บอนตั้งแต่ 1-10 ppm จะส่งผลต่อการฟักออกเป็นตัวของไข่ และยับยั้งการเจริญเติบโตของตัวอ่อนปลา สำหรับสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมในทะเลถ้าหากได้รับน้ำมันโดยการหายใจเข้าไปจะทำให้เนื้อเยื่อเมือก (Mucous Membrane) ถูกทำลายส่งผลให้พฤติกรรมการกินอาหารหยุดชะงัก (http://www.science.mcmaster.ca/biology/4s03/os.html) ตาราง 3 เป็นสรุปรายงานความเป็นพิษและผลกระทบของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์น้ำบางชนิด

ตาราง 3 ความเป็นพิษและผลกระทบของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอนต่อสัตว์น้ำบางชนิด

ชนิดของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	ชนิดของสัตว์น้ำ	ความเป็นเป็นพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้น	แหล่งอ้างอิง
น้ำมันดิบอะเรเบียนชนิดเบาในรูปที่ละลายน้ำ (WSF)	ลูกปลากระพงขาว (*Lates calcariter*)	96 hrs.-LC_{50} เท่ากับ 1.0 mg/L ที่ระดับความเข้มข้นมากกว่า 0.11 mg/L ระยะเวลาสัมผัสนานติดต่อกัน 8 สัปดาห์ พบว่าเหงือกของปลามีอาการบวมน้ำ (Edema) และมีการโป่งพองของกิ่งเหงือก มีการเพิ่มจำนวนของเซล์สร้างเมือกจำนวนมากในชั้น Mucosa ของ Olfactory Lamellae ที่ระดับความเข้มข้นเท่ากับ 0.46 mg/L	สุจิตรา เชาว์ปรีชา (2529), ชะลอ ลิ้ม-สุวรรณ และคณะ (2531)
น้ำมันดิบ	ปลาค็อด, เฮอร์ริง, เพลช	ปลาว่ายน้ำช้าลงจนหยุดนิ่ง ผิวหนังถูกทำลาย เกิดอาการกล้ามเนื้อตาย หายใจถี่กว่าเดิม และเมื่อสัมผัสเป็นเวลานานจะส่งผลต่อตับ	Kuhnhold (1972) อ้างถึงใน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2536)
	กุ้งแชบ๊วยขาว *(Penaeus merquiensis)*	ค่า 24 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยอ่อน อายุ 5-7 วัน เท่ากับ 0.28 mg/L และ ค่า 96 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยรุ่น อายุ 45-60 วัน เท่ากับ 0.08 mg/L	มนัส เพ็ชรทองคำ (2522)

ตาราง 3 (ต่อ)

ชนิดของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	ชนิดของสัตว์น้ำ	ความเป็นเป็นพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้น	แหล่งอ้างอิง
น้ำมันดิบ	ปลา *Hypomesus pretiosus*	ความเข้มข้น 54-113 ppb สัมผัสนาน 3 ช.ม./วัน ประมาณ 15-21 วัน พบว่าในช่วงตัวอ่อน จะเกิด Necrotic บริเวณเส้นประสาท	Capuzzo (1987)
	ปลา *Menidia beryllinia*	ความเข้มข้น 5-100 mg/L ทำให้เนื้อเยื่อเหงือก และ Olfactory เกิด Hyperplasia และระดับความเข้มข้นของ WSF 5-50% ระยะเวลาประมาณ 21-30 วัน ทำให้ Pancreatic เกิด Atrophy และ Necrosis	Capuzzo (1987)
	ปลา *Menidia beryllinia*	ระดับความเข้มข้น 140 ppb สัมผัสเป็นเวลานาน 168 ชั่วโมง ก่อให้เกิด Hyperplasia	Capuzzo (1987)
น้ำมันเบนซิน	ลูกปลากระพงน้ำจืด	96 hrs. TLm เท่ากับ 10.9 mg/L ปลาเกิดอาการกล้ามเนื้อตาย เกิดพิษต่อระบบประสาท น้ำมันเข้าไปทำลายระบบขนถ่ายออกซิเจน	Linden (1975) อ้างถึงใน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2536)
	กุ้งแชบ๊วยขาว *(P. merquiensis)*	ค่า 24 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยอ่อน อายุ 5-7 วัน เท่ากับ 0.98 mg/L และ ค่า 96 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยรุ่น อายุ 45-60 วัน > 0.20 mg/L	มนัส เพ็ชรทองคำ (2522)
น้ำมันดีเซล	กุ้งแชบ๊วยขาว *(P. merquiensis)*	ค่า 24 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยอ่อน อายุ 5-7 วัน เท่ากับ 0.45 mg/L และ ค่า 96 hrs. LC_{50} ต่อกุ้งวัยรุ่น อายุ 45-60 วัน เท่ากับ 0.04 mg/L	มนัส เพ็ชรทองคำ (2522)
น้ำมันเตา เบอร์ 2	Sheepshead Minow (*Cyprinodon varie gatus*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 94 mg/L	Adam *et al.,* (1999)

ตาราง 3 (ต่อ)

ชนิดของปิโตรเลียมไฮโดรคาร์บอน	ชนิดของสัตว์น้ำ	ความเป็นเป็นพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้น	แหล่งอ้างอิง
น้ำมันเตา เบอร์ 2	Crustaceans *P. aztecus*	ค่า LC_{50} ในระยะ Post Larvae, Early Juvenile และ Late Juvenile เท่ากับ 6.82, 3.95 และ 3.00 ppm ตามลำดับ	Capuzzo (1987)
	P. setiferus	ค่า LC_{50} ในระยะ Post Larvae และ Late Juvenile เท่ากับ 1.45 และ 1.00 ppm ตามลำดับ	
	P. setiferus	ค่า LC_{50} ในระยะ Larvae, Post Larvae และ Adults เท่ากับ 1.38, 2.65 และ 3.82 ppm ตามลำดับ	
น้ำมันเตา เบอร์ 2	Crustaceans *Mysidopsis almira*	ค่าLC_{50} ในระยะ Post Larvae และ Adults เท่ากับ 1.82 และ 0.65 ppm ตามลำดับ	Capuzzo (1987)
น้ำมันเตา (Bunker C)	Grey seals (*Halichoerus grypus*)	สิงโตทะเลชนิดนี้ซึ่งสัมผัสกับน้ำมันเตาที่รั่วไหลบริเวณอ่าว Chedabucto ประเทศแคนาดา เมื่อปี 1970 พบว่าทุกตัวที่ตายจะมีคราบน้ำมันอยู่ในปากและกระเพาะอาหาร	Anonymous (1970) และ Anonymous (1971) อ้างถึงใน Jenssen (1996)
PAHs ในรูป WAF	Mysid Shrimp (*Mysidopsis bahia*)	ค่า LC_{50} อยู่ในช่วง 0.9-1.5 mg/L (TPH) ส่วนค่า EC_{20} อยู่ในช่วง 0.13-1.1 mg/L	Barron *et al.,* (1999)

2.4.3 สัตว์หน้าดิน

เมื่อเกิดการรั่วไหลของน้ำมันในแหล่งน้ำ หยดน้ำมันอาจเคลื่อนตัวลงไปถึงท้องน้ำและตะกอนท้องน้ำได้ ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นได้ น้ำมันอาจจะแพร่เข้าสู่เนื่อเยื่อซึ่งจะมีผลให้กระบวนการเผาผลาญอาหารในร่างกายผิดปกติ การสืบพันธุ์และพฤติกรรมการกินอาหารเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม และยังทำให้สัตว์เหล่านี้มีอัตราการหายใจลดลง

และตายในที่สุด (http://www.science.master.ca/ biology/4s03/os.html) สัตว์หน้าดินบางประเภท เช่น ปลาขนาดเล็ก ปู และหอยแครงอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีน้ำมันชนิด Cook Inlet เข้มข้นมากกว่า 3.0 mg/L เกินกว่า 96 ชั่วโมง จะเป็นอันตรายถึงชีวิต (ชรัตน์ รุ่งเรืองศิลป์, 2533) นอกจากนี้ยังพบว่าปูประเภท Fiddler Crabs (*Uca pugnax*) เปลี่ยนพฤติกรรมไปจากเดิมถ้าได้รับน้ำมันเตา และสัตว์จำพวกเพรียง Barnacles (*Chthamalus fissus*) จะมีความไวในการตอบสนองต่อการสัมผัสกับน้ำมันมาก (Foster *et al*., 1971 อ้างถึงใน Scholz *et al*., 2000 : 51)

2.4.4 ป่าชายเลนและพืชน้ำ

ป่าชายเลนมีความสำคัญทางเศรษฐกิจมากเพราะเป็นแหล่งที่อยู่อาศัย และแหล่งอนุบาลของสัตว์นานาชนิดทั้งสัตว์น้ำและสัตว์บก ในภูมิภาคเขตร้อนมักจะมีป่าชายเลนกระจายอยู่ทั่วไปตามชายฝั่งและบริเวณปากแม่น้ำ ต้นไม้บริเวณป่าชายเลนหลายชนิดมีรากหายใจจำนวนมาก ซึ่งหากถูกคราบน้ำมันเคลือบ ก็จะไม่สามารถหายใจได้สะดวก คราบน้ำมันที่ติดค้างอยู่ตามพื้นดินจะทำให้เมล็ดของต้นไม้ที่ตกลงมาไม่สามารถงอก ดังนั้นการปนเปื้อนของน้ำมันจะส่งผลกระทบและสร้างความเสียหายต่อแหล่งที่อยู่อาศัยและแหล่งอนุบาลตัวอ่อนของสัตว์น้ำด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 54-55)

นอกจากนี้น้ำมันจำพวก Unsaturated Compound Aromatics และ Petro Acid จะมีส่วนประกอบที่พืชดูดซึมเข้าไปแล้วก็จะทำลายส่วนต่าง ๆ ของเซลล์ และคราบน้ำมันที่เกาะตามใบจะ ขัดขวางกระบวนการคายน้ำและการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช (ปรีกมาศ สุวรรณสิงห์, 2522 : 3-4) และทำให้พืชเหล่านี้มีการเจริญเติบโตลดลง (Pezeshki *et al*., 2000 : 129-139)

2.4.5 นกน้ำ

คราบน้ำมันที่เคลือบปีกของสัตว์จำพวกนกที่หากินในน้ำและตามชายฝั่ง บางส่วนจะถูกดูดซึมเข้าไปในร่างกายหรือพร้อมกับการกินอาหาร เมื่อได้สัมผัสกับน้ำมันเป็นเวลานานจะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่ออวัยวะต่าง ๆ ภายในร่างกาย หากกินเข้าไปจะทำให้เกิดโรค Anemia และ Pneumonia ส่งผลให้เซลล์ตับถูกทำลาย และทำให้องค์ประกอบทางเคมีของเลือดนกเปลี่ยนแปลงไป (http://www.science.mcmaster.ca/biology/4s03/os.html และNewman *et al.,* 2000 : 295-304) น้ำมันยังส่งผลกระทบต่อการสืบพันธุ์ของนก เนื่องจากไข่นกจะมีความไวต่อคราบน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งนกน้ำ เมื่อน้ำมันซึมผ่านเข้าไปตามเปลือกไข่ จะทำให้เปลือกไข่อ่อนตัว ไม่สามารถฟักเป็นตัวได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 55)

3. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (Oil Dispersant)

สารเคมีขจัดคราบน้ำมันเป็นของผสมทางเคมี มีคุณสมบัติในการกระจายคราบน้ำมันให้แตกตัวออกเป็นอนุภาคเล็ก ๆ อนุภาคเหล่านี้จะแขวนลอยในน้ำและเจือจางหายไปกับคลื่นลมในทะเลตามธรรมชาติด้วยกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation)โดยจุลินทรีย์ หรือการย่อยสลายทางเคมีโดยการทำปฏิกริยากับออกซิเจนและแสงแดด (Photodegradation)

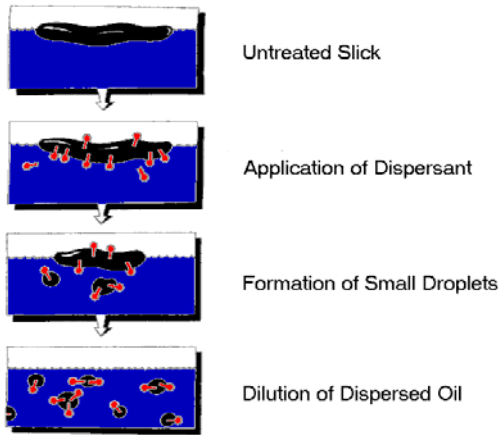
3.1 ประเภทของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน

สารเคมีขจัดคราบน้ำมันสามารถจำแนกได้ 3 ประเภท (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 64-65) คือ

1) **สารประกอบไฮโดรคาร์บอนและตัวทำละลาย** ประเภทนี้มีสารลดแรงตึงผิวอยู่ประมาณร้อยละ 15-20 การใช้งานให้พ่นลงบนพื้นคราบน้ำมันโดยตรงในอัตราส่วนสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน : น้ำมัน เท่ากับ 1:1 ถึง 1:3
2) **สารประกอบกึ่งน้ำกึ่งแฮลกอฮอล์** ประเภทนี้มีสารลดแรงตึงผิวมากกว่าประเภทแรก รวมตัวกับน้ำได้ดีทั้งในน้ำจืดและน้ำทะเล อัตราส่วนสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน : น้ำมัน เท่ากับ 1:10
3) **สารประกอบคล้ายประเภทที่สอง** ประเภทนี้มีความเข้มข้นสูงมาก พ่นลงบนคราบน้ำมันในอัตราส่วนสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน : น้ำมัน เท่ากับ 1:30

3.2 กลไกการทำงานของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน

น้ำมันสามารถรวมตัวเป็นกลุ่มอยู่บนน้ำได้ เนื่องจากน้ำมันส่วนที่หนืดมีแรงตึงผิวมากกว่าน้ำถ้าต้องการให้น้ำมันแยกตัวออกจากกันก็ต้องลดความแตกต่างของแรงตึงผิว การพ่นสารเคมีขจัดคราบน้ำมันลงบนผิวของน้ำมันจะทำให้แรงตึงผิวของน้ำมันมีค่าใกล้เคียงกับน้ำ คราบน้ำมันจึงถูกคลื่นลมตีออกเป็นหยดเล็ก ๆ และแยกออกจากกันแล้วแผ่กระจายออกไปจึงทำให้มีพื้นที่ผิวของน้ำมันเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในน้ำสามารถย่อยสลายคราบน้ำมันได้เร็วขึ้น (ภาพประกอบ 4) และนอกจากนี้สารเคมีขจัดคราบน้ำมันยังช่วยป้องกันการรวมตัวของหยดน้ำมันขนาดเล็กที่ได้กระจายออกไปแล้ว (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 65-66 และ ITOPF, 1987A : 3-4)



ภาพประกอบ 4 การทำงานของสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน

ที่มา : http://www.soton.ac.uk/~engenvir/pictures/disperse.gif

3.4 ผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันต่อสิ่งแวดล้อม

การใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมัน[6]อาจเกิดผลเสียหายต่อสิ่งแวดล้อม ผลกระทบมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับสภาพของธรรมชาติ เช่น การกระจายของลม กระแสน้ำ และระบบนิเวศของแหล่งน้ำนั้น ๆ (กรมควบคุมมลพิษ, 2539 : 66)

3.4.1 จุลินทรีย์

สารเคมีขจัดคราบน้ำมันอาจจะเป็นตัวขัดขวางหรือกระตุ้นกิจกรรมของจุลินทรีย์ การใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมันจะช่วยเพิ่มแหล่งไฮโดรคาร์บอนให้แก่จุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายน้ำมันได้ จึงเป็นการเพิ่มอัตราการย่อยสลายน้ำมันในน้ำ (Trett, 1989 : 174-175)

3.4.2 พืชน้ำและสัตว์น้ำ

สารเคมีขจัดคราบน้ำมีผลกระทบต่อเยื่อหุ้มเซลล์ (Membrane) ของพืชน้ำ อาจทำให้พืชตาย นอกจากนี้ยังเพิ่มอัตราการทำลายคลอโรฟิลล์ (Chlorosis) และการทำลายเนื้อเยื่อของพืชน้ำ สำหรับสัตว์น้ำโดยเฉพาะที่มีขนาดเล็กที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายออกไปจากบริเวณที่เกิดมลพิษได้ทันท่วงที การใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมันอาจทำอันตรายต่อชีวิตสัตว์น้ำ เช่น มีผลต่อการวางไข่ การฟักไข่ และการเจริญเติบโตของสัตว์น้ำเหล่านั้น สารเคมีขจัดคราบน้ำมันแต่ละชนิดจะมีผลกระทบต่อสัตว์น้ำแตกต่างกันไปโดยโดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารที่มีอยู่ในสารเคมีขจัดคราบน้ำมัน (Trett, 1989 : 178-180)

---

[6] ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับการพิจารณาใช้สารเคมีขจัดคราบน้ำมันได้จากภาคผนวก ฉ

ความเป็นพิษและผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิตบางชนิดสรุปไว้ในตาราง 4

ตาราง 4 ค่าความเป็นพิษและผลกระทบของสารเคมีขจัดคราบน้ำมันต่อสิ่งมีชีวิตบางชนิด

ชนิดของสารเคมีขจัด-คราบน้ำมัน	**ชนิดของสิ่งมีชีวิต**	**ความเป็นพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้น**	**แหล่งอ้างอิง**
Corexit 9554	Red Abalone (*Haliotis rufescen*), Topmelt (*Atherinops affins*), Crustacean (*Holmesimysis costs*) และ Giant Kelp (*Macrocystis pyrifera*)	ค่า LC_{50} อยู่ในช่วง 8-184.3 ppm โดยที่ *H. rufescen* มีความไวในการตอบสนองมากที่สุด รองลงมาเป็น *M. pyrifera*, *A. affins* และ *H. costs* ตามลำดับ	Singer *et al.,* (1995)
Corexit 9500	Red Abalone (*H. rufescens*), Crustacean (*H. coststs*)	ค่า LC_{50} อยู่ในช่วง 12.8-19.7 และ 158.0 - 245.4 ppm ตามลำดับ	Singer *et al.,* (1996)
	Green Hydra (*Hydra viridissima*)	ค่า LC_{50} เท่ากับ 160 ppm	Mitchell and Holdway (2000)
	Amphipod (*Allorchestes cpmpressa*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 3.48 ppm ค่า NOEC และ LOEC เทากับ 0.5 และ 1.0 ppm ตามลำดับ	Gulec, Leonard and Holdway (1999)
Corexit 9500	Snail (*Polinices conicus*)	ค่า 24 hrs. NOEC และ LOEC เท่ากับ 10.0 และ 20.0 ppm ตามลำดับ ส่วน EC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับ 42.3 ppm	Gulec, Leonard and Holdway (1999)
Corexit 9527	ลูกกุ้งกุลาดำ (*Penaeus monodon*) อายุประมาณ 11 วัน	ค่า 24-96 hrs. LC_{50} อยู่ในช่วง 14.2-1.3 ppm	นิภาวรรณ บุศราวิช (2540)
	กุ้งก้ามกราม (*Macrobracium* resenbergii)	ความเข้มข้น > 250 mg/L ยับยั้งการฟักไข่ของกุ้งได้ 100 เปอร์เซนต์	Law (1995)
	Green Hydra (*H. viridissima*)	ค่า LC_{50} เท่ากับ 230 ppm	Mitchell and Holdway (2000)

ตาราง 4 (ต่อ)

ชนิดของสารเคมีขจัด-คราบน้ำมัน	ชนิดของสิ่งมีชีวิต	ความเป็นพิษและผลกระทบที่เกิดขึ้น	แหล่งอ้างอิง
Corexit 9527	Crustacean (*Mysidopsis bahia*)	ค่า LC_{50} เท่ากับ 31.9 ppm	Anderson *et al.,* (1974)
Conco K	Crustacean (*M. bahia*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 3.5 ppm	Anderson *et al.,* (1974)
Noble Super Dispersant-25	ปลากระพงขาว (*Lates calcariter*) อายุประมาณ 1 เดือน	ค่า 24-96 hrs. LC_{50} อยู่ในช่วง 126.0-56.1 ppm	นิภาวรรณ บุศราวิช (2540)
Noble Super Dispersant-25	ลูกกุ้งกุลาดำ (*P. monodon*) อายุประมาณ 11 วัน	ค่า 24-96 hrs. LC_{50} อยู่ในช่วง 44.1-2.2 ppm	นิภาวรรณ บุศราวิช (2540)
Finasol ORS-7	Crustacean (*M. bahia*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 204.0 ppm	Anderson *et al.,* (1974)
OMNI-CLEAN	Sheepshead Minow (*Cyprinodon variegatus*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 191.2 mg/L	Adam *et al.,* (1999)
BP1100X และ BP1100WD	Crustacean (*M. bahia*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 17.0 และ1.4 ppm ตามลำดับ	Anderson *et al.,* (1974)
Bioreico, Emulgal, Biosolv และ Inipol	ปะการังวัยอ่อน	สารเคมีทั้ง 4 ชนิดที่ความเข้มข้น 100% ของ Stock Solution ก่อให้เกิดความเป็นพิษอย่างรุนแรง	Epstein, Bak and Rinkelvich (2000)
Petromend	Crustacean (*M. bahia*)	ค่า 96 hrs. LC_{50} เท่ากับ 3.7 ppm	Anderson *et al.,* (1974)

หมายเหตุ NOEC = No observed effect concentration

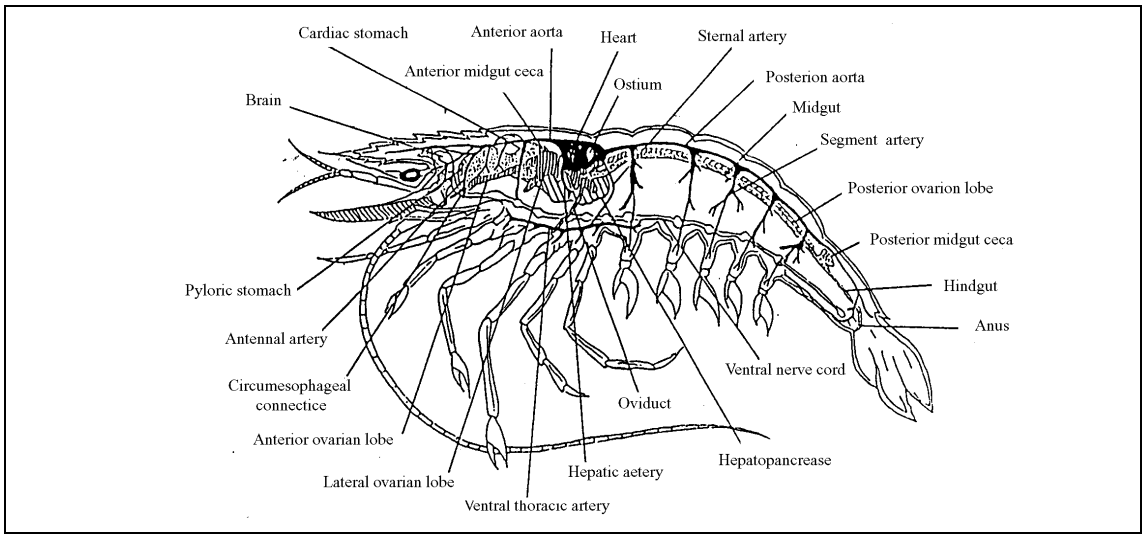
LOEC = Lowest observed effect concentration

4. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับกุ้งกุลาดำ

กุ้งกุลาดำ เป็นสัตว์ประเภท Crustacean อยู่ใน Phylum Arthropoda มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Penaeus monodon* Fabricius ชื่อสามัญ Black Tiger Prawn จัดเป็นกุ้งที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในวงศ์ Penaeidae บริเวณที่พบมาก ได้แก่ เขตมหาสมุทรอินเดีย ออสเตรเลีย และไทย (สุเมธ ชัยวัชรากูล และคณะ, 2530 : 11) สำหรับประเทศไทยพบทั่วไปในบริเวณอ่าวไทย (ผุสดี วณิชย์กุล และคณะ, 2530)

4.1 ลักษณะทั่วไป

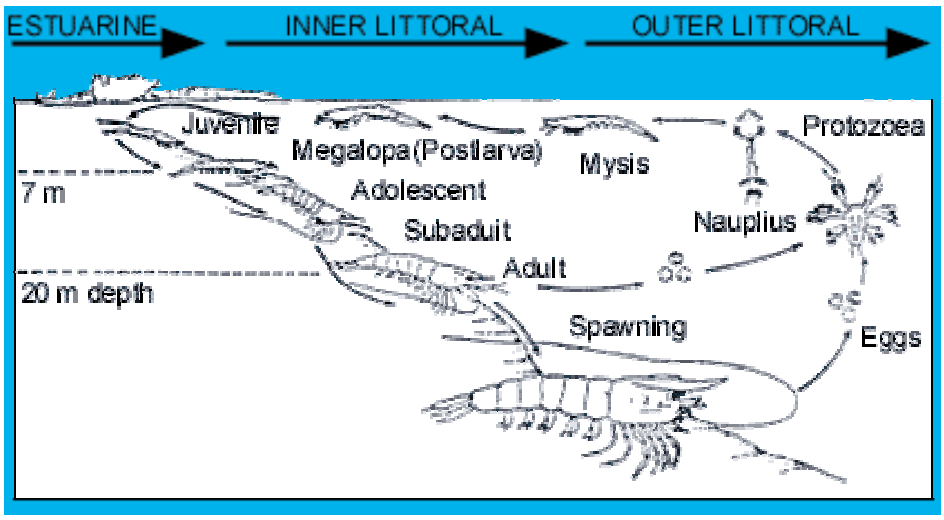
กุ้งกุลาดำ มีสีสันสดใสผิวเป็นมันมองเห็นได้ชัดเจน เนื่องจากมีการสะสมของเม็ดสี (Chromatophore) ที่เปลือกคลุม (Cuticle) โดยมักจะมีสีแดงถึงแดงคล้ำ และมีวงแหวนสีขาวสลับสีดำของแต่ละปล้องตลอดลำตัว ลำตัวจะเป็นข้อปล้อง 19 ปล้อง แต่ละปล้องจะมีระยางค์ 1 คู่ (ภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างและอวัยวะต่าง ๆ ของกุ้งกุลาดำ
ที่มา : Mclaunghlin, 1983.

4.2 วงจรชีวิต

กุ้งกุลาดำมีช่วงชีวิตประมาณ 18-24 เดือน วางไข่ในทะเลที่ระดับความลึกประมาณ 30-40 เมตร ใกล้กับพื้นดิน กุ้งกุลาดำขนาด 50-150 กรัม จะวางไข่ประมาณ 1-1.2 ล้านใบ ไข่ที่ได้รับการผสมแล้วจะเจริญฟักออกเป็นตัวภายในเวลา 15 ชั่วโมง จากนั้นลูกกุ้งจะมีพัฒนาการและเปลี่ยนรูปร่างไปตามขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ช่วงแรกซึ่งยังเป็นแพลงก์ตอนจนกระทั่งโตเต็มวัย (ภาพประกอบ 6) (บรรจง เทียนส่งรัศมี, 2530 : 2 และบังอร ศรีมุกดา, 2530 : 4)



ภาพประกอบ 6 วงจรชีวิตของกุ้งกุลาดำ

ที่มา : http://www.shrimpfarming.org/farming/hatchery_availability.htm

ลูกกุ้งกุลาดำวัยอ่อนมีการพัฒนา แบ่งออกได้เป็น 4 ระยะ (บังอร ศรีมุกดา, 2530 : 4-9) คือ

(1) ระยะที่หนึ่ง หรือ Nauplius Stage ลูกกุ้งมีขนาดเล็กมากมองดูด้วยตาเปล่าเกือบไม่เห็น มีลักษณะคล้ายแมงมุมขนาดเล็ก รูปร่างค่อนข้างกลมมีระยางค์ (Antenna) 3 คู่ คู่แรกจะเจริญเป็นหนวดคู่สั้นอยู่ด้านหัวสุด ระยางค์คู่ที่ 2 จะเจริญเป็นหนวดคู่ยาว และคู่ที่ 3 จะเจริญเป็นขากรรไกร (Mandible) ลูกกุ้งระยะนี้จะไม่กินอาหาร เนื่องจากได้อาหารจากถุงอาหาร (Yolk Sac) ลูกกุ้งจะอยู่ในระยะนี้ประมาณ 45-50 ชั่วโมง มีการลอกคราบ 6 ครั้ง

(2) ระยะที่สอง หรือ Protozoea Stage ลูกกุ้งจะมีลำตัวยาวขึ้น ส่วนหัวโต กินแพลงก์ตอนพืชขนาดเล็กตั้งแต่ 5-100 ไมครอน และแพลงก์ตอนสัตว์บางชนิด เช่น พวกโรติเฟอร์ เป็นอาหาร อยู่ในระยะนี้ประมาณ 4 วัน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง และมีขนาดความยาวประมาณ 0.8-1.5 มิลลิเมตร

(3) ระยะที่สาม หรือ Mysis Stage ลูกกุ้งมีลักษณะคล้ายกับพ่อแม่มาก มีขนาดความยาวประมาณ 2.5 มิลลิเมตร มองเห็นส่วนหัวและท้องได้ชัดเจน มีการลอกคราบ 3 ครั้ง อยู่ในระยะนี้ประมาณ 3 วัน

(4) ระยะที่สี่ หรือ Postlarva Stage ลูกกุ้งมีขนาดความยาวประมาณ 5.5 มิลลิเมตร ขาสำหรับเดินสามคู่แรกมีลักษณะเป็นก้ามมองเห็นได้ชัดเจน เริ่มมีระยางค์ครบเหมือนกุ้งตัวเต็มวัย และจะมีการลอกคราบไปเรื่อยๆ จนเข้าสู่กุ้งวัยรุ่นใช้เวลาประมาณ 30 วันมีความยาว 1.5-2 เซนติเมตร อาศัยเลี้ยงตัวอยู่บริเวณป่าชายเลนหรือในแหล่งน้ำกร่อย ประมาณ 3-4 เดือนก็จะโตเป็นกุ้งวัยรุ่น เมื่ออายุได้ประมาณ 6 เดือนก็จะออกสู่ทะเลเพื่อผสมพันธุ์ต่อไป

5. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.1 ศึกษาระดับความเป็นพิษเฉียบพลันของน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ต่อกุ้งกุลาดำ

5.2 ศึกษาผลกระทบของน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000 ที่มีต่อการเจริญเติบโตของกุ้งกุลาดำ

5.3 ศึกษาทางด้านพยาธิสภาพของเนื้อเยื่อเหงือกและตับอ่อนของกุ้งกุลาดำที่สัมผัสกับน้ำมันดีเซล น้ำมันเตา และสารเคมีขจัดคราบน้ำมันชนิด OD 4000

5.4 เพื่อใช้ค่าระดับความเข้มข้นที่ปลอดภัยเป็นแนวทางในการป้องกันและจัดการปัญหามลภาวะทางน้ำอันเนื่องมาจากการปนเปื้อนของน้ำมัน