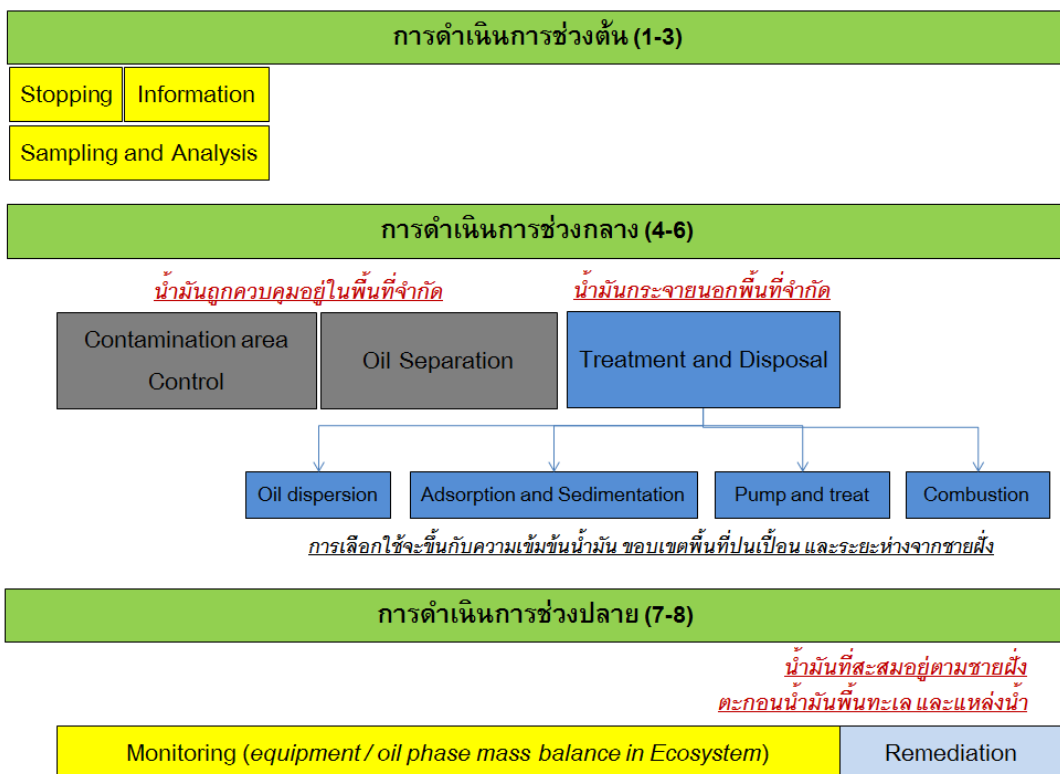


# ภาพรวมแนวทางจัดการน้ำมันรั่วไหล (Oil Spill) ลงสู่ทะเล

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ เพ็ชรมนกุล ([pisut.p@chula.ac.th](mailto:pisut.p@chula.ac.th))

ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากเหตุการณ์ท่อน้ำมันดิบขนาด 16 นิ้วของบริษัท พีทีที โกลบอล เคมิคอล จำกัด (มหาชน) รั่วลงทะเลใกล้ชายฝั่งมาบตาพุด จ.ระยอง เมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ในขั้นต้นได้มีการประมาณว่ามีน้ำมันดิบรั่วประมาณ 50,000 – 70,000 ลิตร (<http://www.manager.co.th/daily>) ลงสู่ทะเล รวมถึงได้ส่งผลให้เกิดมีคราบน้ำมันที่ซัดเข้าฝั่งบริเวณอ่าวพร้าว เกาะเสม็ด กินพื้นที่ยาว 400-500 ไร่ ยาว 30-40 เมตร (<http://www.dailynews.co.th/politics>) ซึ่งส่งผลกระทบต่อในวงกว้างในพื้นที่ โดยเราอาจกล่าวได้ว่าเหตุการณ์ดังกล่าวเป็นกรณีน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเลครั้งใหญ่มากที่สุดครั้งหนึ่งของประเทศ ดังนั้น ประเด็นในด้านการจัดการ การเตรียมความพร้อม และด้านประสบการณ์เกี่ยวกับอุบัติเหตุการรั่วไหลหรือการปนเปื้อนของน้ำมันทางทะเล จึงเป็นคำถามที่หลากหลายภาคส่วนให้ความสนใจและต้องการทราบถึงแนวทางการดำเนินการเพื่อรับมือกับสถานการณ์ดังกล่าว จากการทำผู้เขียนได้มีโอกาสสอนและทำวิจัยเกี่ยวกับการแยกและบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมัน จึงอยากแลกเปลี่ยนแนวคิดและประสบการณ์เกี่ยวกับแนวทางการจัดการโดยรวมซึ่งจะประกอบไปด้วย 8 ขั้นตอน ดังสรุปได้รูปด้านล่าง โดยแบ่งขั้นตอนต่างๆ ออกเป็น 3 ช่วงหลัก



1. **การหยุดการรั่วไหลของน้ำมันให้ได้โดยเร็วที่สุด (Stopping)** โดยดำเนินการตามคู่มือการปฏิบัติการในสถานการณ์ฉุกเฉินหรืออุบัติเหตุ อาทิ การหยุดการส่งน้ำมันและควบคุมสถานการณ์ด้วยการปิดวาล์วทันที เพื่อ

ไม่ให้มีการรั่วเพิ่ม การส่งสัญญาณหรือแจ้งสถานการณ์ให้บุคลากรรับทราบและให้ความร่วมมือ รวมไปถึงป้องกันการระเบิดหรือลุกไหม้ในบริเวณพื้นที่โดยรวม เป็นต้น

2. **การแจ้งเตือนและให้ข้อมูลกับภาคส่วนต่างๆ (Information)** โดยทันทีที่เกิดเหตุการณ์ขึ้น เจ้าหน้าที่หรือองค์กรที่เกี่ยวข้องจะต้องรีบดำเนินการแจ้งเตือนและให้ข้อมูลโดยด่วน เพื่อป้องกันไม่ให้มีผู้เสียชีวิตหรือผู้ได้รับบาดเจ็บซึ่งอาจประกอบไปด้วย 1) เจ้าหน้าที่ที่กำลังปฏิบัติงาน และ 2) เรือประมงหรือเรือโดยสารที่อยู่ในบริเวณโดยรอบ นอกจากนี้ การดำเนินข้างต้นอย่างเหมาะสมและทันที่วงที่นั้น ยังส่งผลดีต่อการป้องกันผลกระทบทางอ้อมที่อาจเกิดขึ้นอีกด้วยกล่าวคือ ปัญหาต่อสุขภาพของประชากรในระยะยาวที่เกิดขึ้นจากการปนเปื้อนของน้ำมันที่รั่วไหลลงในสภาพแวดล้อม (สัตว์น้ำ พืชน้ำ และคุณภาพน้ำทะเล) นอกจากนี้ การประสานและร่วมมือกับทีมงานผู้เชี่ยวชาญนั้นมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการวางแผนรับมือ และการคัดเลือกแนวทางการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ให้เหมาะสมกับปริมาณน้ำมันที่รั่วไหล และสภาพแวดล้อมโดยรวม
3. **การเก็บตัวอย่างและวิเคราะห์ (Sampling and Analysis)** ในส่วนนี้จะเกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลกระทบที่อาจเกิดขึ้น โดยทั่วไป มักจะแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่
  - a. **ข้อมูลด้านปริมาณ** (ปริมาณและอัตราการไหลของน้ำมันที่รั่วไหลลงสู่ทะเล รวมถึงความเข้มข้นของน้ำมันในเฟสของเหลว) โดยข้อมูลในส่วนนี้จะมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการประเมินผลลัพธ์การดำเนินการโดยรวม (เพื่อยืนยันว่าสามารถหยุดการรั่วไหลของน้ำมันได้จริง) รวมไปถึงการประยุกต์ใช้เพื่อพิจารณาแนวทางการแยก รวมไปถึงการบำบัดและกำจัดซึ่งจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป
  - b. **ข้อมูลด้านคุณภาพ** (คุณภาพแหล่งน้ำ และลักษณะของสัตว์น้ำ) ซึ่งจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญในการเปรียบเทียบและประเมินผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม มนุษย์ และสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นทั้งในระยะสั้นและระยะยาว
  - c. **ข้อมูลด้านปัจจัยทางกายภาพ** (สภาพภูมิประเทศ สภาพอากาศ ความเร็วลม ลักษณะคลื่น อุณหภูมิ เป็นต้น) ซึ่งจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่จำเป็นและความสำคัญต่อการออกแบบและปรับเปลี่ยนแนวทางการจัดการและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างเหมาะสมและทันที่วงที่ ในปัจจุบัน กล่าวได้ว่าข้อมูลทางดาวเทียมจัดเป็นเครื่องมือหนึ่งที่เข้ามามีบทบาทอย่างมากต่อการดำเนินการในกรณีที่เกิดอุบัติเหตุเกี่ยวกับน้ำมันทางทะเล
4. **การควบคุมและจำกัดพื้นที่ของการปนเปื้อนน้ำมัน (Contamination area Control)** โดยจะเป็นการรวบรวมและจำกัดปริมาณน้ำมันเอาไว้มันในบริเวณที่ไกลจากพื้นที่ที่มีความอ่อนไหวให้มากที่สุด โดยทั่วไป คราบน้ำมันถูกควบคุมโดยการใช้ทุ่นลอยน้ำ (Floating) หรือทุ่นกักน้ำมัน (Boom) ที่มีลักษณะของพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการดักจับคราบน้ำมัน (ความไม่ชอบน้ำสูงหรือมีค่าพลังงานพื้นผิวดำต่ำใกล้เคียงกับของน้ำปนเปื้อนน้ำมัน รวมไปถึงมีลักษณะผิวที่ค่อนข้างขรุขระ) เพื่อป้องกันบึง ป่าชายเลน ฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และพื้นที่อ่อนไหวอื่นๆ โดยในทางเดียวกัน หน่วยงานและชุมชนที่เกี่ยวข้องหรือใกล้เคียงก็ควรมีการประสานระหว่าง

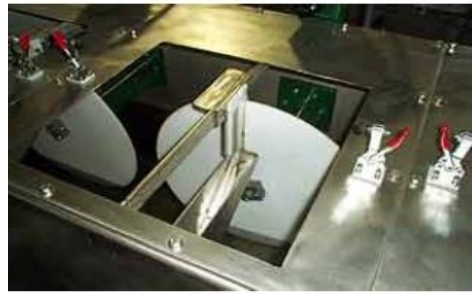
กันโดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลด้านปัจจัยทางกายภาพและข้อมูลทางดาวเทียม เพื่อก่อสร้างคันทรายหรือแนวป้องกันบริเวณนอกชายฝั่งเพื่อเป็นแนวป้องกันน้ำมัน รวมไปถึงพิจารณาหาแนวทางป้องกันและแจ้งเตือนประชาชนอีกทางหนึ่ง



โดยอาจกล่าวได้ว่าในกรณีฉุกเฉิน (Emergency situation) อย่างน้อยการควบคุมและจำกัดพื้นที่ของคราบน้ำมันให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุดนั้น จัดเป็นการดำเนินการที่มีควรให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเราสามารถจำแนกปริมาณและลักษณะของคราบน้ำมันซึ่งโดยทั่วไปมักจะลอยตัวอยู่บริเวณผิวน้ำได้อย่างชัดเจน นอกจากนี้ การดำเนินการดังกล่าวยังส่งผลดีต่อกลไกการรวมตัวของอนุภาคน้ำมัน (Coalescence mechanism) ทำให้เกิดชั้นน้ำมันที่มีความหนาขึ้น และทำให้ง่ายต่อการแยกน้ำมันปนเปื้อนดังกล่าวออกจากน้ำทะเล ด้วยขั้นตอนการแยกซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

5. **การแยกน้ำมันปนเปื้อน (Oil Separation)** ในทางปฏิบัติ ขั้นตอนการแยกนี้มักจะมีการดำเนินการควบคู่ไปกับขั้นตอนการควบคุมและจำกัดพื้นที่ที่กล่าวถึงข้างต้น โดยจะควบคุมและรวบรวมคราบน้ำมันให้มีความหนาหรือปริมาณเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นจะใช้เครื่องมือเก็บคราบน้ำมัน หรือเรียกว่าอุปกรณ์สกิมเมอร์ (Skimmer) เพื่อทำการเก็บคราบน้ำมันขึ้นไปเก็บในภาชนะที่เตรียมไว้บนเรือ ในปัจจุบัน อุปกรณ์ Skimmer มีอยู่ 2 แบบ ได้แก่
  - a. **แบบที่ใช้ระบบสูบหรือแบบไฮดรอลิก (Pumping or hydraulic devices)** น้ำมันจะถูกสูบออกไปหรือสกัดโดยอุปกรณ์ที่ควบคุมด้วยระบบไฮดรอลิก เช่น ฝายที่สามารถปรับได้ (Adjustable weir) ปัจจัยที่สำคัญคือ ความหนาของชั้นน้ำมัน ทำให้บางครั้งต้องเพิ่มกลไกที่ทำให้น้ำมันมีความหนาขึ้นก่อนที่จะเอาออกไป ยกตัวอย่างเช่น สกิมเมอร์แบบสูบ (Pump skimmer) และสกิมเมอร์แบบฝาย (Weir skimmer) เป็นต้น
  - b. **แบบที่ใช้สมบัติการดูดซับ (Adsorption property)** ได้แก่ ได้แก่ สกิมเมอร์แบบลูกกลิ้ง (Drum skimmer) สกิมเมอร์แบบดิสก์ (Disc skimmer) สกิมเมอร์แบบสายพาน (Belt skimmer) เป็นต้น อุปกรณ์ประเภทนี้จะอาศัยการดูดซับบนวัสดุของน้ำกับน้ำมันที่แตกต่างกัน ซึ่งเกี่ยวกับแรงตึงผิว (Interfacial tension) ของวัสดุนั้นๆ โดยที่การเลือกใช้วัสดุที่มีค่าแรงตึงผิววิกฤตต่ำ คือ มีค่าน้อยกว่า

ค่าแรงตีงผิวของน้ำมันมากๆ ยกตัวอย่างเช่น วัสดุประเภท PTFE และฟลูออโรคาร์บอน จะยิ่งส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการแยก รวมไปถึงการคัดเลือกน้ำมันที่ดีขึ้น เนื่องจากค่าพลังงานพื้นผิวต่ำยิ่งต่ำจะส่งผลให้น้ำมันเกาะติดยากขึ้น โดยเราอาจกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมค่อนข้างมากในการประยุกต์ใช้งานในปัจจุบัน นอกจากนี้ ในปัจจุบันได้มีชุดอุปกรณ์ดูดซับน้ำมันในกรณีฉุกเฉิน (Emergency oil spill kit) ซึ่งจะประกอบไปด้วยชนิดผ้ากรองหรือดูดซับน้ำมันที่บรรจุอยู่ในถังพลาสติกเพื่อให้ในการแยกน้ำมันปนเปื้อนออกจากเฟสน้ำ [Rachu 2009]



a) Disc skimmer (source: Highland tank)



b) Belt skimmer (Source: Ultraspin)



c) Drum skimmer (source: ELF/GPI lab)



d) Mop skimmer (source: Ultraspin)



e) Weir skimmer (Source: Skimoil)




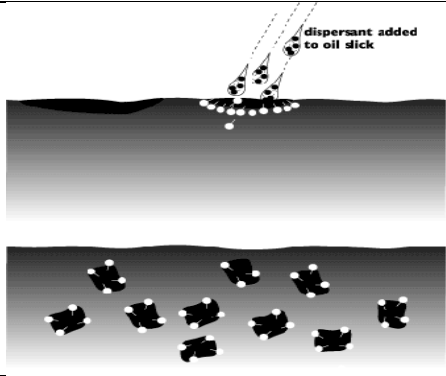
f) Pump skimmer (Source: Ro cleandesmi)

ในการนี้ เราอาจกล่าวได้ว่าขั้นตอนการควบคุมและขั้นตอนการแยก (ที่กล่าวถึงข้างต้น) จัดเป็นการบำบัดขั้นต้น (Pre-treatment) ที่มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำกลับปริมาณน้ำมันออกจากเฟสน้ำให้ได้ปริมาณมากและรวดเร็วที่สุด และเพื่อลดภาระความสกปรก (Loading) จากการปนเปื้อนของน้ำมันโดยด่วน และช่วยลดผลกระทบในด้านปริมาณสารเคมี ด้านพลังงาน ด้านค่าใช้จ่าย และผลเสียระยะยาวที่อาจเกิดขึ้นจากขั้นตอนการบำบัดและกำจัดซึ่งจะได้กล่าวถึงในส่วนต่อไป ดังนั้น การเตรียมความพร้อมในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับขั้นตอนการควบคุมและการแยก รวมไปถึงการออกแบบ เลือกลงอุปกรณ์ และเดินระบบอย่างเหมาะสมและทันต่วงที่นับว่ามี

ความจำเป็นและสำคัญอย่างยิ่งต่อการรับมือกับอุบัติเหตุเกี่ยวกับการรั่วไหลหรือการปนเปื้อนของน้ำมันทางทะเล

6. **การบำบัดและกำจัด (Treatment and Disposal)** สำหรับการดำเนินการในขั้นตอนนี้มักจะเกี่ยวข้องกับการจัดการกับปริมาณน้ำมันที่หลงเหลือภายหลังจากขั้นตอนการควบคุมและขั้นตอนการแยก หรือจัดการกับอนุภาคน้ำมันที่กระจายออกไปภายนอกบริเวณที่ได้ทำการควบคุมไว้ โดยจัดเป็นกระบวนการ **Post-treatment** โดยเราอาจแบ่งรูปแบบการดำเนินการ ที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน (ตามความเข้มข้นและพื้นที่ปนเปื้อน) ออกเป็น 4 วิธี ได้แก่

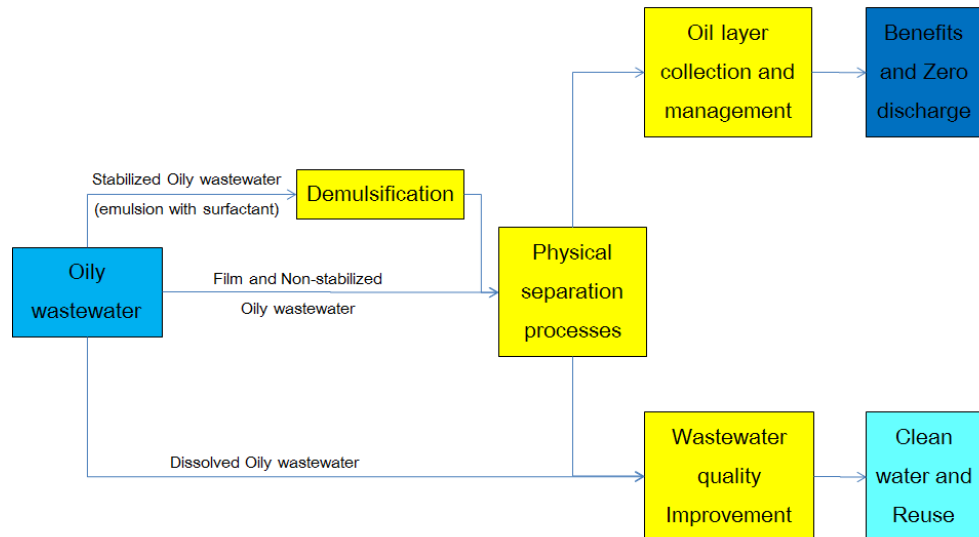
- a. **วิธีการกระจายน้ำมัน (Oil dispersion method)** สำหรับวิธีการนี้ สารเคมีจำพวกสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) และสารกระจาย (Dispersant) ซึ่งเป็นสารเพิ่มการกระจายตัวของน้ำมันมักจะถูกนำมาใช้เพื่อเร่งกระจายตัวของน้ำมันให้น้ำมันแตกตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กและสามารถย่อยสลายได้ง่ายด้วยจุลินทรีย์ โดยการโปรยจากเครื่องบินและการฉีดเข้าไปที่จุดที่มีการรั่วไหลของน้ำมัน ถึงแม้ว่านักวิจัยหลายคนจะยังมีความกังวลเกี่ยวกับผลข้างเคียงของสารเคมีนี้ทั้งต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม แต่หลายหน่วยงานก็ยังยืนยันยังว่าการใช้สารเพิ่มการกระจายตัวของน้ำมันจะช่วยให้จัดการน้ำมันได้ง่ายขึ้น และพิษของสารเคมีนี้ก็ยังมีน้อยกว่าน้ำมันเอง โดยเทคนิคนี้ได้มีการประยุกต์ใช้งานสารกระจายน้ำมันจำพวก **Corexit : Corexit EC9500A และ Corexit EC9517A** ในเหตุการณ์การระเบิดและลุกไหม้ของแท่นขุดเจาะน้ำมัน “ดีป วอเตอร์ ฮอไรซัน” (Deepwater Horizon) ของบริษัทบริติชปิโตรเลียม (บีพี) ในอ่าวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปัจจุบัน ได้มีการคิดค้นและออกแบบสารหรือชีวภัณฑ์ทางธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยสารกระจายน้ำมันหรือสารลดแรงตึงผิวธรรมชาติ (Bio-surfactant) จุลินทรีย์ และเอนไซม์ ซึ่งสามารถทำหน้าที่ทั้งการกระจายอนุภาคน้ำมันให้มีขนาดเล็กและเพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมัน รวมไปถึงช่วยลดผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมจากการใช้สารเคมีอีกทางหนึ่งด้วย

	
<p>ตัวอย่างการการฉีดพ่นสาร Dispersant ในอ่าวเม็กซิโก</p>	<p>ตัวอย่างกลไกการทำงานของสาร Dispersant ในการทำให้หยดน้ำมันมีขนาดเล็กลง</p>
<p><a href="http://rdscience-news.blogspot.com/2010/05/blog-post.html">http://rdscience-news.blogspot.com/2010/05/blog-post.html</a></p>	

โดยทั่วไป วิธีการนี้ควรใช้จัดการกับความเข้มข้นน้ำมันปนเปื้อนที่ค่อนข้างต่ำและมีพื้นที่ปนเปื้อนของคราบน้ำมันในวงกว้าง รวมไปถึงอยู่ห่างไกลจากพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (ชุมชน สถานที่ท่องเที่ยว หรือฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) นอกจากนี้ ควรทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้านกายภาพและข้อมูลดาวเทียมเพื่อใช้ในการออกแบบ ติดตามการกระจายตัวและการเคลื่อนที่ของอนุภาคน้ำมัน และควบคุมการทำงานอย่างเหมาะสม

- b. วิธีการดูดซับน้ำมันและตกตะกอน (Adsorption and Sedimentation method) สำหรับวิธีนี้จะอาศัยกลไกการดูดซับอนุภาคน้ำมันให้มาเกาะติดอยู่ที่ตัวกลางดูดซับน้ำมัน (Oil adsorbent) จากนั้นปล่อยตัวกลางดังกล่าวตกตะกอนลงสู่พื้นทะเลด้านล่างด้วยแรงโน้มถ่วงของโลก เพื่อรอให้เกิดการย่อยสลายอนุภาคน้ำมันทางธรรมชาติ (Bio-degradable) ด้วยจุลินทรีย์ โดยทั่วไป ตัวกลางดูดซับที่ใช้งานมักจะทำมาจากวัสดุตามธรรมชาติ รวมไปถึงมีขนาดและความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมต่อการตกตะกอน ในปัจจุบัน ได้มีการออกแบบสารดูดซับธรรมชาติที่ประกอบไปด้วยจุลินทรีย์และเอนไซม์เพิ่มประสิทธิภาพการย่อยสลายน้ำมันอีกทางหนึ่งด้วย โดยทั่วไป วิธีการนี้มักใช้จัดการกับความเข้มข้นน้ำมันปนเปื้อนที่ค่อนข้างต่ำและมีพื้นที่ปนเปื้อนของคราบน้ำมันในวงกว้าง รวมไปถึงอยู่ใกล้กับพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (ชุมชน สถานที่ท่องเที่ยว หรือฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) เช่นเดียวกับวิธีการกระจายน้ำมันที่กล่าวถึงข้างต้น ข้อมูลกายภาพและดาวเทียมนับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินการ นอกจากนี้ เราควรประยุกต์ใช้สารดูดซับให้เหมาะสมกับผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นน้ำมันปนเปื้อนในพื้นที่ต่างๆ ทั้งนี้ เพื่อคำนวณและควบคุมปริมาณสารดูดซับที่จำเป็นต้องใช้อย่างเหมาะสม เนื่องจากในกรณีที่ใช้ในปริมาณมากเกินไป สารดูดซับดังกล่าวจะกลายเป็นชั้นตะกอนน้ำมันที่พื้นทะเล รวมไปถึงส่งผลเสียต่อสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในทะเล และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโดยรวม
- c. วิธีการสูบส่งและบำบัด (Onsite pump and treat method) สำหรับการดำเนินการด้วยวิธีนี้กล่าวได้ว่าเราสามารถประยุกต์ใช้แนวทางการบูรณาการระบบบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมัน ซึ่งโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน เพื่อจัดการบำบัดน้ำเสียปนเปื้อนน้ำมันทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) การทำลายเสถียรภาพของอิมัลชัน (Demulsification) ในกรณีที่มีการปนเปื้อนด้วยสารลดแรงตึงผิวหรือในกรณีที่มีเสถียรภาพของอิมัลชันสูง 2) การบำบัดหรือแยกเฟสน้ำและน้ำมันออกจากกันด้วยกระบวนการกายภาพ (Physical treatment process) 3) การบำบัดน้ำมันที่ละลายได้ในน้ำเสียและส่วนน้ำใสที่ได้จากการบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพ โดยเป็นการเพิ่มคุณภาพของน้ำทิ้งที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม (Wastewater quality improvement) และ 4) การจัดการส่วนที่เป็นน้ำมันเข้มข้น (Oil layer management) เพื่อนำน้ำมันส่วนดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด [Aurelle. 1995 และ พิสุทธิ เพียรมนกุล. 2549] โดยทั่วไป วิธีการนี้มักใช้จัดการกับความเข้มข้นน้ำมันปนเปื้อนและมีพื้นที่ปนเปื้อนของคราบน้ำมันปานกลาง รวมไปถึงอยู่ใกล้กับพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (ชุมชน สถานที่

ท่องเที่ยว หรือฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) โดยอาจทำการติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียบนเรือที่เคลื่อนที่ไปในทะเล หรือติดตั้งระบบบำบัดบริเวณนอกชายฝั่ง นอกจากนี้ ผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นน้ำมันบนเป็อนนับว่าจำเป็นอย่างยิ่งต่อการออกแบบและเลือกสภาวะการเดินระบบบำบัดอย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลดีต่อประสิทธิภาพการบำบัดและค่าใช้จ่ายในการดำเนินการโดยรวม



- d. วิธีการเผาทำลาย (Combustion method) จัดเป็นวิธีการดำเนินการที่อาศัยกลไกการเผาไหม้เพื่อเปลี่ยนรูปของอนุภาคน้ำมันที่ปนเปื้อนในเฟสน้ำให้กลายเป็นผลิตภัณฑ์หลักได้แก่ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) และน้ำ (H<sub>2</sub>O) โดยวิธีนี้ได้มีการประยุกต์ใช้งานในการกำจัดน้ำมันออกจากเฟสน้ำที่เกิดจากเหตุการณ์การระเบิดและลุกไหม้ของแท่นขุดเจาะน้ำมันของบริษัทบริติช ปิโตรเลียม (บีพี) ในอ่าวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา อย่างไรก็ตาม ประเด็นด้านมลพิษอากาศจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ และการเกิดมลพิษประเภทออกไซด์ของซัลเฟอร์ (SOx) และออกไซด์ของไนโตรเจน (NOx) จัดเป็นสิ่งที่วิศวกรและผู้ที่เกี่ยวข้องควรให้ความสำคัญและพิจารณาในการประยุกต์ใช้งานวิธีการเผาทำลาย นอกจากนี้ ผลจากก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ได้จากการเผาไหม้ยังเป็นปัจจัยหลักต่อการเกิดปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลก (Climate change) อีกทางหนึ่งด้วย



ตัวอย่างการการประยุกต์ใช้วิธีการเผาทำลาย

(<http://www.oilspillsolutions.org/controlledburning.htm>)

โดยทั่วไป วิธีการนี้มักใช้จัดการกับความเข้มข้นน้ำมันปนเปื้อนที่ค่อนข้างสูง และมีพื้นที่ปนเปื้อนของคราบไขมันต่ำ (อยู่ในวงจำกัด) รวมไปถึงอยู่ห่างไกลกับพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (ชุมชน สถานที่ท่องเที่ยว หรือฟาร์มเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ) โดยข้อมูลกายภาพ (ลม สภาพอากาศ) และดาวเทียมนับว่ามี ความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินการ นอกจากนี้ ควรมีการเตรียมอุปกรณ์และแนวทางการควบคุม การเผาทำลายให้ได้อย่างเหมาะสมและทันท่วงที เพื่อรับมือกับภาวะที่ไม่คาดคิด อาทิ การลุกลามของ เปลวไฟ เป็นต้น

7. **การติดตามตรวจสอบ (Monitoring)** สำหรับการดำเนินการในขั้นตอนนี้ จะเกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ อุปกรณ์และระบบ (Equipment and System) ที่นำมาใช้งาน โดยทั่วไป มักจะถูกใช้งานเป็นระยะเวลา ค่อนข้างนานและอยู่ในสภาพแวดล้อมที่แปรปรวน (ขึ้นกับสภาพอากาศ คนหรือเจ้าหน้าที่ และอุบัติเหตุที่อาจ เกิดขึ้นได้เสมอ) นอกจากนี้ ในขั้นตอนนี้ยังสัมพันธ์กับการเก็บตัวอย่างและการวิเคราะห์ผลการดำเนินการตาม แนวทางที่กล่าวถึงข้างต้น โดยจะเกี่ยวข้องเกี่ยวกับปริมาณและความเข้มข้นของน้ำมันที่ปนเปื้อนอยู่ในองค์ประกอบ ส่วนต่างๆ อาทิ

- a. เฟสของเหลว (Liquid phase) เกี่ยวข้องกับมลพิษทางน้ำในรูปของน้ำมัน สารเคมี และสารอินทรีย์ที่ ย่อยสลายได้ยากทางชีวติ (Refractory organic substance) ในบริเวณพื้นที่โดยรอบที่ได้รับ ผลกระทบจากการปนเปื้อนของกราว์โหลของน้ำมัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งอนุภาคน้ำมันส่วนที่ละลายน้ำ ได้ (เช่น โลหะหนัก ไฮโดรคาร์บอนขนาดเล็ก ฯลฯ) ซึ่งควรมีการระบุความเสี่ยงในการสะสมในระบบ นิเวศน์และระยะเวลาครึ่งชีวติในการย่อยสลาย (เพื่อใช้เป็นพารามิเตอร์ติดตามสภาพการกระจายตัว ประเมินประสิทธิภาพของเจือจางทางธรรมชาติ (Natural dilution) การย่อยสลายตามธรรมชาติ และผลกระทบทางระบบนิเวศน์อื่นๆ
- b. เฟสก๊าซ (Gas phase) เกี่ยวข้องกับมลพิษอากาศ เช่น ปริมาณ NOx หรือ SOx รวมไปถึงสารอินทรีย์ ระเหยง่าย (VOCs) ที่อาจเกิดขึ้นตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ และความดัน
- c. เฟสของแข็ง (Solid phase) เกี่ยวข้องกับของเสียที่ต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสม อาทิ ตะกอน น้ำมันที่พื้นทะเล ชั้นหิน ชั้นทราย หรือแนวปะการัง ที่อาจเกิดการปนเปื้อน
- d. สัตว์น้ำและสิ่งมีชีวิต (Aquacultural living organism) เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของน้ำมันใน สิ่งมีชีวิต ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมสู่ประชากร และการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ ของทะเลและชายฝั่งอย่างไม่เหมาะสม

การดำเนินการติดตามและเก็บข้อมูลข้างต้นอย่างต่อเนื่องนั้น จะทำให้เราทราบถึงสถานการณ์ของปัญหาการ รั่วไหลของน้ำมัน และประสิทธิภาพการดำเนินการได้อย่างทันเหตุการณ์ ซึ่งจะส่งผลดีต่อการวางแผนและ ปรับเปลี่ยนรูปแบบการดำเนินการของแต่ละแนวทางที่กล่าวถึงข้างต้น รวมไปถึงการจัดสรรทีมงานได้อย่าง เหมาะสม นอกจากนี้ ข้อมูลที่ได้ข้างต้นยังสามารถถูกประยุกต์ใช้เพื่อการจัดทำสมดุลมวล (Mass balance)



ของปริมาณน้ำมัน ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการดำเนินการในขั้นตอนการฟื้นฟูสภาพ (Remediation method) ซึ่งกล่าวได้ว่าจะเป็นขั้นตอนสุดท้ายในการดำเนินการ อย่างไรก็ตาม ขั้นตอนนี้มักจะถูกมองข้ามหรือถูกให้ความสำคัญค่อนข้างน้อยกว่าทีมทำงานหรือผู้ที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น ผู้เขียนหวังว่าบทความนี้จะทำให้หลายๆ ภาคส่วนเล็งเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินการในขั้นตอนนี้ต่อไป

8. **การฟื้นฟูสภาพ (Remediation)** สำหรับการดำเนินการในขั้นตอนนี้กล่าวได้ว่ามักจะเป็นขั้นตอนสุดท้าย (Final Step) ของการดำเนินการเพื่อจัดการกับน้ำมันที่รั่วไหลในทะเล ดังนั้น ก่อนที่จะเริ่มการดำเนินการในขั้นตอนนี้ เราควรที่จะทราบให้แน่ชัดถึงข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินการในขั้นตอนต่างๆ ที่กล่าวถึงข้างต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเด็นที่ว่า

- เราสามารถหยุดการรั่วไหลของน้ำมันจากแหล่งกำเนิดได้แล้วหรือยัง ?
- ยังมีปริมาณน้ำมันอีกเท่าไรที่แขวนลอยอยู่ในทะเล ?
- ประสิทธิภาพการแยก รวมไปถึงการบำบัดและกำจัดจะเป็นอย่างไร ?
- ลักษณะการเคลื่อนที่ และระยะเวลาที่จะเคลื่อนที่เข้าสู่ฝั่งเป็นเท่าใด ?

เนื่องจากจะส่งผลกระทบต่อการวางแผนในการฟื้นฟูสภาพ (อาจต้องมีการปิดกั้นพื้นที่เพื่อดำเนินการ) และการประสิทธิผลการดำเนินการโดยรวม นอกจากนี้ การดำเนินการในขั้นตอนนี้ยังต้องการความร่วมมือจำนวนมากจากหลากหลายภาคส่วนที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นองค์กรต้นเหตุของปัญหา หน่วยงานภาครัฐ (ส่วนกลาง และส่วนท้องถิ่น) นักวิชาการและผู้เชี่ยวชาญในด้านต่างๆ รวมไปถึงภาคประชาชน เนื่องจากเราคงปฏิเสธไม่ได้ว่าไม่อาจมีการดำเนินการในแต่ละขั้นตอนข้างต้นอย่างเหมาะสมและเต็มความสามารถอย่างไรก็ตาม แต่ในความเป็นจริงแล้วก็จะยังคงมีอนุภาคน้ำมันที่สะสมหรือแขวนลอยอยู่ในสภาพแวดล้อม (โดยเฉพาะอย่างยิ่งส่วนที่ปนเปื้อนอยู่บริเวณชายฝั่ง ซึ่งส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตและการประกอบอาชีพของประชากร) นอกจากนี้ การโปรยและใส่สารเคมีหรือสารดูดซับเพื่อจัดการกับคราบน้ำมันนั้น ก็จัดเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งที่สะสมอยู่ในสภาพแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของพื้นที่โดยรวม ดังนั้น แนวทางการฟื้นฟูสภาพที่ควรพิจารณาและความสำคัญนั้น น่าจะประกอบไปด้วย



ตัวอย่างการการฟื้นฟูสภาพ (Remediation) เพื่อจัดการกับพื้นที่บริเวณชายฝั่งอ่าวเม็กซิโก

- a. การจัดการกับพื้นที่บริเวณชายฝั่ง (Management of contaminated area / coast) โดยทั่วไปมักจะเกี่ยวข้องกับการจัดเก็บทรายที่ปนเปื้อนน้ำมันออกจากพื้นที่ และการทำความสะอาดพื้นที่โดยรอบ และจัดการกับซากพืชซากสัตว์ที่อาจก่อให้เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นตามมา
- b. การจัดการกับตะกอนน้ำมันที่พื้นทะเล (Oil sediment management) และการบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว (Wastewater treatment) โดยควรมีการดำเนินการในสองส่วนอย่างต่อเนื่องควบคู่ไปกับการติดตามตรวจสอบ (Monitoring) อย่างเป็นระบบ
- c. การจัดอบรมและให้ความรู้ (Training) กับภาคส่วนต่างๆ เพื่อให้ข้อมูลในด้านต่างๆ อาทิ ที่มาและผลกระทบที่เกิดขึ้น แนวทางการดำเนินการและประเด็นต่างๆ ที่ควรพิจารณาปรับปรุง แนวปฏิบัติสำหรับเจ้าหน้าที่และประชาชนทั่วไป รวมไปถึงคำแนะนำที่เหมาะสมเกี่ยวกับข้อควรปฏิบัติในการฟื้นฟูสภาพและระบบนิเวศน์โดยรวม

โดยสรุป แม้ว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่เกิดขึ้นกับแท่นขุดเจาะน้ำมัน Deepwater Horizon ของบริษัทบริติชปิโตรเลียม (บีพี) ในอ่าวเม็กซิโก ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อกว่า 3 ปีที่ผ่านมา (น้ำมันดิบปริมาณมากถึง 4.9 ล้านบาร์เรล (780,000 ลูกบาศก์เมตร) รั่วไหลออกสู่อ่าวเม็กซิโกเป็นเวลานานถึง 3 เดือน ก่อนที่การรั่วไหลจะสามารถหยุดได้ และต้องใช้เวลานานถึง 5 เดือน กว่าที่การปิดตายบ่อน้ำมันอย่างถาวร) เราอาจกล่าวได้ว่าปริมาณการรั่วไหลของน้ำมันที่เกิดขึ้นในประเทศเราจะมีค่าที่ต่ำกว่ามากๆ (กว่า 4000 เท่า) แต่ก็เห็นได้ว่าผลกระทบที่เกิดขึ้นจากน้ำมันรั่วไหลนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อขาดความชัดเจนในการจัดการ การเตรียมความพร้อม และประสบการณ์ ก็สามารถส่งผลเสียในวงกว้างให้กับหลากหลายภาคส่วนของประเทศ ดังนั้น การป้องกันและการเตรียมความพร้อมเพื่อรับมือกับเหตุการณ์ที่อาจจะเกิดขึ้น จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ทุกๆ ฝ่ายต้องให้ความสำคัญ รวมถึงเราควรรีให้เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเป็นบทเรียนที่จะต้องไม่เกิดขึ้นอีก หรือถ้าเกิดขึ้นอีกก็ต้องมีแนวทางการบริหารจัดการที่ดีกว่านี้ เพราะปัญหาดังกล่าวกระทบกับระบบเศรษฐกิจ การท่องเที่ยว สิ่งแวดล้อม และเหนือสิ่งอื่นใดของผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนคนไทย