

ภาพรวมของสารเคมีที่มีการประยุกต์ใช้งานในภาชนะน้ำมันรั่วไหล

(Oil spill) ลงสู่ทะเล

รองศาสตราจารย์ ดร.พิสุทธิ์ เพียรมนกุล (pisut.p@chula.ac.th)

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปฏิภาณ ปัญญาพลกุล (patiparn.p@chula.ac.th)

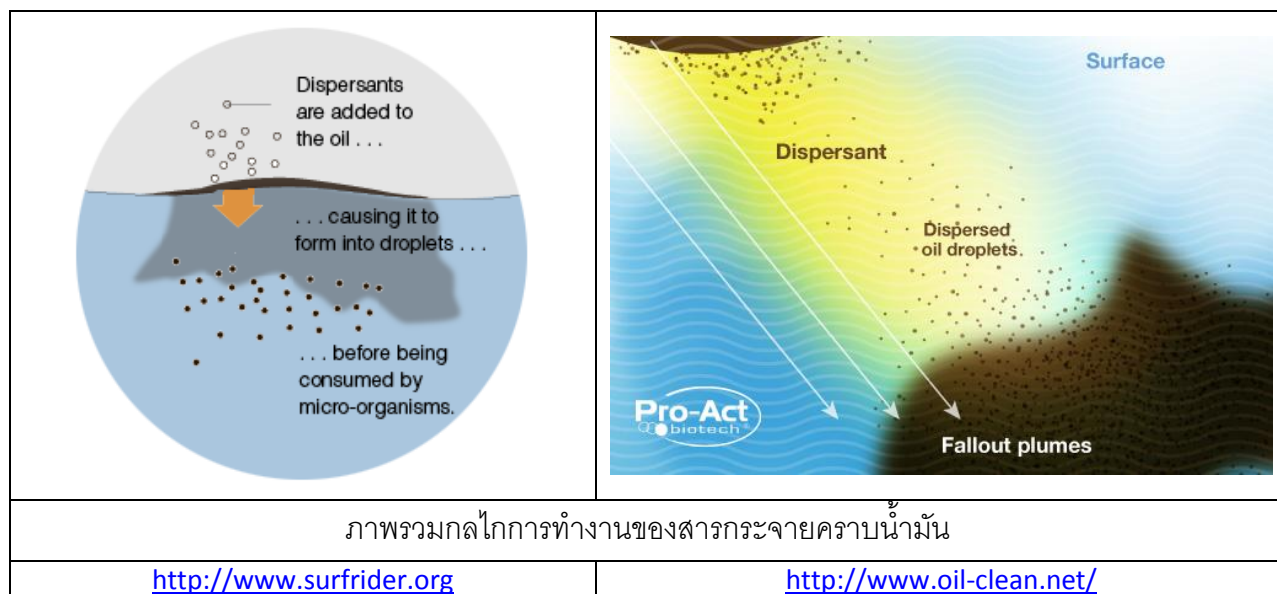
ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในกรณีที่ไม่สามารถจำกัดพื้นที่ (Oil containment / control) และแยกน้ำมัน (Oil separation / recovery) ออกได้อย่างมีประสิทธิภาพในสภาวะที่เกิดการรั่วไหลของน้ำมันลงสู่ทะเล กล่าวได้ว่าจะมีปริมาณน้ำมันบางส่วนหลุดรอดและหลงเหลืออยู่ที่บริเวณผิวหน้าของเฟสน้ำ ในการนี้ การบำบัดน้ำมันที่รั่วโดยใช้สารเคมี (Chemical treatment) มักเป็นกระบวนการหนึ่งที่มีการเลือกใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การใช้สารกระจายคราบน้ำมัน (Dispersant) ซึ่งมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในการกำจัดคราบน้ำมันที่บริเวณผิวหน้า (ส่งผลเสียต่อการถ่ายเทออกซิเจนและต่อสัตว์ทะเลขนาดใหญ่) ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ดังนั้น ในบทความวิชาการนี้จึงจะขอให้ข้อมูลในทางทฤษฎีเกี่ยวกับสารกระจายคราบน้ำมัน รวมไปถึงสารเคมีชนิดอื่นๆ ที่มักมีการใช้งานภาชนะน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล (ทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำมัน ด้านการบำบัดด้วยการดูดซับ และด้านการฟื้นฟูสภาพและระบบนิเวศน์) ซึ่งน่าจะเป็นประโยชน์ไม่มากนักน้อยต่อท่านผู้ในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่เลือกใช้และข้อควรพิจารณา

สารกระจายคราบน้ำมัน(Dispersants)

สารกระจายคราบน้ำมันเป็นสารที่ใช้ทั่วไปในการจัดการน้ำมันที่รั่ว โดยสารนี้มีคุณสมบัติช่วยให้น้ำมันเกิดการกระจายตัวเป็นหยดน้ำมันขนาดเล็กจากบริเวณผิวหน้าของน้ำ ซึ่งจะส่งผลต่อการกระจายและเจือจางของอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กในทะเล รวมไปถึงจะส่งผลดีต่อการย่อยสลายอนุภาคน้ำมันขนาดเล็กๆ ดังกล่าวด้วยกลไกการย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradable mechanism) โดยทั่วไป สารกระจายคราบน้ำมันนั้นมักประกอบได้ด้วย สารลดแรงตึงผิว (surfactant) สารเคมีจำพวกสบู่ และสารซักล้าง (detergent) โดยสารเหล่านี้มีคุณสมบัติทั้งละลายในน้ำ และละลายในน้ำมัน สารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในสารช่วยเพิ่มการกระจายตัวนั้นมีค่าสมบัติการละลายเท่ากับน้ำและน้ำมัน ทำให้หยดน้ำมันมีความเสถียรมากขึ้น จึงสามารถกระจายตัวในน้ำได้นาน ไม่เกิดการรวมตัวกลับมาเป็นหยดน้ำมันขนาดใหญ่ แต่อย่างไรก็ตามใช้สาร

เพิ่มการกระจายตัวในกรณีที่เกิดกรณีน้ำมันรั่วนั้นควรต้องมีการพิจารณาโดยละเอียดในด้านต่างๆ อาทิ ชนิด (Type) องค์ประกอบของสาร (Component) ความเข้มข้น (Concentration) ปริมาณ (Amount) จุดที่ปล่อยสาร (Feeding point) และรูปแบบหรืออุปกรณ์ที่ใช้ในการปล่อยสาร (Feeding patterns or equipment) เป็นต้น เนื่องจากมีข้อได้เสียกันถึงผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในทะเล



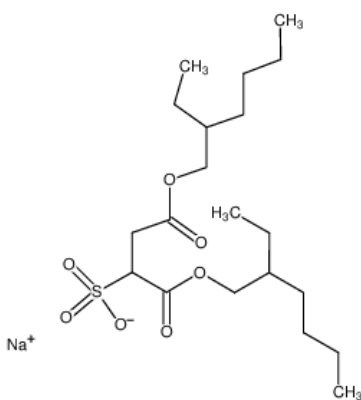
จากกรณีน้ำมันรั่วไหลจากเหตุการณ์ที่น้ำมันดิบขนาด 16 นิ้วของบริษัท พีทีที โกลบอลเคมิคอล จำกัด (มหาชน) ร่วงลงทะเลใกล้ชายฝั่งมาบตาพุด จ.ระยอง เมื่อวันที่ 27 กรกฎาคม พ.ศ. 2556 ในขั้นต้นได้มีรายงานว่าน้ำมันดิบรั่วประมาณ 50,000 – 70,000 ลิตร ทั้งนี้ จากสภาพภูมิอากาศและข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับการดำเนินการโดยรวมจึงส่งผลทำให้จำกัดพื้นที่ (Oil containment / control) และแยกน้ำมัน (Oil separation / recovery) ไม่สามารถทำได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ ดังนั้น จึงได้มีการประยุกต์ใช้แนวทางการบำบัดน้ำมันรั่วโดยใช้สารกระจายคราบน้ำมัน โดยเติมสารดังกล่าวจากทั้งทางเรือและทางเครื่องบิน โดยสารที่เลือกใช้ได้แก่ **สาร Slickgone NS จาก Dasic International Ltd. ประเทศสหราชอาณาจักร** โดยจากเอกสารด้านความปลอดภัยของผู้ผลิตได้ระบุถึงองค์ประกอบหลักของสาร Slickgone NS ไว้ดังนี้

1. สาร Kerosene (Light petroleum distillates) (ความเข้มข้น 60-70%) CAS No. 64742-47-8
2. สาร Sodium Dioctylsulphosuccinate (ความเข้มข้น 1-10%) CAS No.577-11-7

โดยสาร Kerosene ทำหน้าที่เป็นตัวทำละลาย (Solvent) ให้กับสาร Sodium Dioctylsulphosuccinate ซึ่งทำหน้าที่ เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) จากเอกสารด้านความปลอดภัยของผู้ผลิตได้ระบุวิธีการและข้อควร

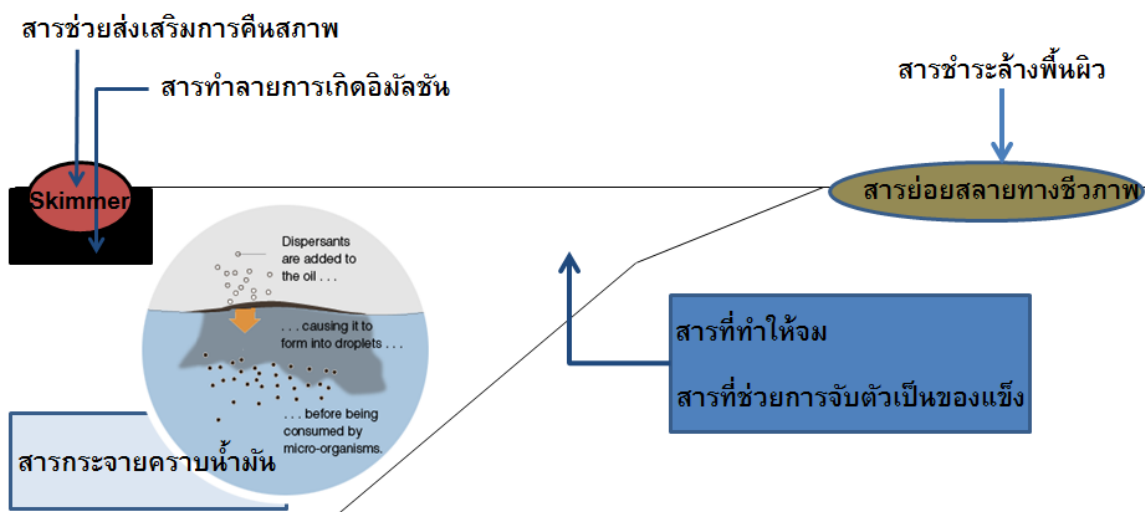
ระวังในการใช้งาน การขนส่ง และการเก็บรักษา เนื่องจากอาจเกิดการระคายเคืองต่อตา ผิวหนัง และอาจเกิดอันตรายต่อปอดถ้าเกิดการกลืนเข้าไป (R36, R38 และ R65) ในแง่ความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีววิทยา (Biodegradability) ของสาร Slickgone NS จากเอกสารด้านความปลอดภัยของผู้ผลิตได้ระบุไว้โดยเป็นไปตามมาตรฐานของสารลดแรงตึงผิว ของสหภาพยุโรป (Regulation (EC) No. 648/2004)) โดยมีวิธีการทดสอบความสามารถในการถูกย่อยสลายทางชีวภาพอย่างน้อย 60-70% ภายใน 28 วัน และจากข้อมูลของผู้ผลิตไม่พบการสะสมทางชีววิทยา (Bioaccumulation)

นอกจากนี้จากการศึกษาเอกสารข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมี (Material Safety Data Sheets) (MSDS) ขององค์ประกอบหลักทั้ง 2 ชนิดจากผู้ผลิตต่างๆ ระบุว่าข้อมูลความเป็นพิษทางด้านระบบนิเวศของ สาร Kerosene (Light petroleum distillates) (CAS No. 64742-47-8) ยังไม่มีการศึกษาโดยตรงแต่มีการให้ข้อมูลความเป็นพิษ (Toxicity information) โดยอาศัยข้อมูลจากผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะคล้ายกัน นอกจากนี้ยังมีการระบุว่าสารดังกล่าวมีความสามารถในการถูกย่อยสลายได้ตามธรรมชาติ และส่วนที่ระเหยได้สามารถถูกย่อยสลายโดยปฏิกิริยาโฟโตออกซิเดชัน (Photo-oxidation) ได้รวดเร็วในอากาศ ส่วน สาร Sodium Dioctylsulphosuccinate (CAS No.577-11-7) ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) มีโครงสร้างที่ไม่มีหมู่เบนซีน (ดังรูปด้านล่าง) ทำให้สามารถย่อยสลายได้ง่ายตามธรรมชาติ แต่อย่างไรก็ตามจากข้อมูล MSDS ได้ระบุข้อควรระวังหรืออันตรายที่เกิดจากการสัมผัสโดยตรงของสารเคมี เช่น การกลืนกิน การสัมผัสกับผิวหนัง และเข้าตา เป็นต้น (R22, R38 และ R41 ตามลำดับ) นอกจากนี้จากการศึกษาของ Garcia และคณะ (2009) ได้ระบุความสามารถในการย่อยสลายทางชีวภาพจนหมดไปของสารกลุ่ม Sulphosuccinates ในสภาวะต่างๆ ที่ประมาณ 50-80% ในระยะเวลา 50 วัน



โครงสร้างทางเคมีของ Sodium Dioctylsulphosuccinate (CAS No.577-11-7)

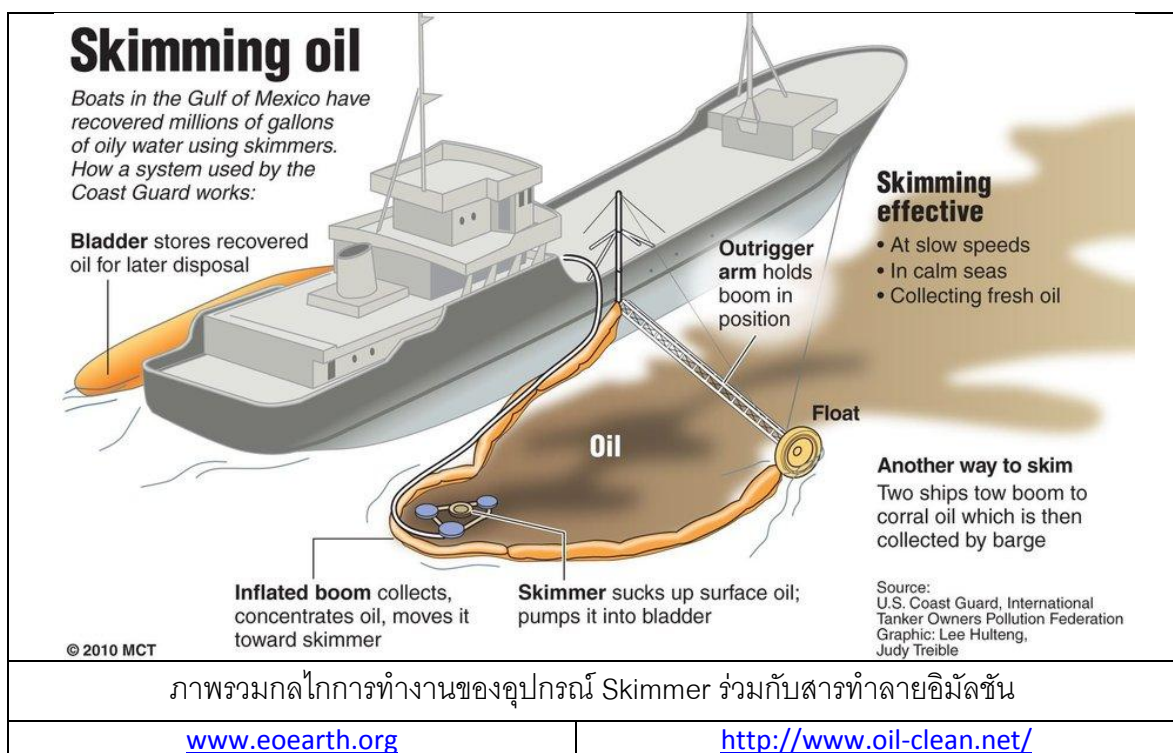
นอกจากสาร Sodium dioctylsulphosuccinate แล้วยังมีสารองค์ประกอบที่ใช้เป็นสารลดแรงตึงผิวในสารกระจายคราบน้ำมัน ได้แก่ สาร Fatty acid esters และ สาร Ethoxylated Fatty acid esters เป็นต้น ซึ่งจากข้อมูล MSDS สารประเภทดังกล่าวมีความเป็นพิษต่ำมาก สามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้เร็ว ไม่พบการสะสมทางชีววิทยาอย่างมีนัยสำคัญ เช่นเดียวกัน นอกจากสาร Kerosene แล้ว สารในกลุ่ม Glycol ethers (เช่น Ethylene glycol, Dipropylene glycol, 2-butoxyethanol และ Di-propylene glylene monomethyl ether เป็นต้น) ที่ถูกใช้เพื่อเป็นตัวทำละลาย (Solvent) โดยจากข้อมูลการศึกษา ของ Environmental Protection Agency (EPA) และ Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) พบว่าการย่อยสลายของสารกลุ่ม Glycol ethers มีความเป็นพิษค่อนข้างน้อยจนถึงไม่มีพิษ และความสามารถย่อยสลายทางชีวภาพได้ดี (92-100% ในระยะเวลา 28 วันในห้องปฏิบัติการ)



นอกจากสารกระจายคราบน้ำมัน (Dispersant) ที่ได้กล่าวถึงข้างต้นแล้ว ยังมีสารเคมีอีกหลายชนิดที่มีการประยุกต์ใช้งานในการจัดการกับปัญหาน้ำมันรั่วไหลลงสู่ทะเล ทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำมันด้วยอุปกรณ์ ด้านการบำบัดและกำจัดน้ำมัน รวมไปถึงด้านการฟื้นฟูชายฝั่งหรือระบบนิเวศน์ โดยทั่วไป การจัดประเภทของสารเคมีที่ใช้ในการบำบัดน้ำมันขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งานว่าเป็นการทำความสะอาด หรือใช้ในการกำจัดน้ำมันออกจากพื้นที่ อย่างไรก็ตามก่อนที่จะใช้สารเคมีเหล่านี้ นั้นผู้ใช้ควรมีความรู้เกี่ยวกับสารเคมีดังกล่าวก่อน เนื่องจากสารเคมีเหล่านี้ถ้านำไปใช้ไม่ถูกต้องก็จะไม่เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตได้โดยในทางปฏิบัติ เราสามารถแบ่งประเภทสารเคมีที่ใช้ในภาวะน้ำมันรั่วไหล (Oil spill) ตามบริเวณต่างๆ ซึ่งจะมีหน้าที่และกลไกการทำงานที่แตกต่างกันออกไป ดังต่อไปนี้

สารเคมีด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกน้ำมันด้วยอุปกรณ์

- สารทำลายการเกิดอิมัลชันหรือสารยับยั้ง (Emulsion Breaker and Inhibitors) ใช้ในการป้องกันการเกิดอิมัลชันของน้ำและน้ำมัน หรือทำให้อิมัลชันที่เกิดขึ้นแยกกับไปเป็นน้ำและน้ำมัน เนื่องจากการรวมตัวเป็นอิมัลชันระหว่างน้ำและน้ำมัน จะทำให้ยากต่อการทำความสะอาด เพิ่มอุปกรณ์ที่ใช้ปริมาณถึงที่ต้องจัดเก็บและนำไปกำจัด อิมัลชันระหว่างน้ำและน้ำมันมีความหนืดมากซึ่งเป็นปัญหาต่ออุปกรณ์ สกิมเมอร์ และเครื่องสูบน้ำ โดยทั่วไป สารทำลายการเกิดอิมัลชันหรือสารยับยั้งมีหลายประเภท แต่ละประเภทมีความเหมาะสมในแต่ละกรณี เช่น บางประเภทสามารถใช้งานได้ดีเมื่อมีปริมาณน้ำอยู่น้อยหรือระบบปิด บางประเภทสามารถใช้งานได้ดีเมื่อมีปริมาณน้ำมากหรือระบบเปิดเนื่องจากในกรณีที่อิมัลชันประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิวมากทำจะมีคุณสมบัติละลายน้ำได้ดีมาก จึงควรทำในระบบปิด ซึ่งจะทำให้สารเหล่านี้ไม่เกิดการหลุดรอดออกไปได้ ขณะที่อิมัลชันประกอบด้วยพอลิเมอร์ จะมีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย ดังนั้นสามารถทำได้ในระบบเปิด ระดับความเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตของสารเหล่านี้จึงไม่ทราบแน่ชัด ในทางปฏิบัติ ประสิทธิภาพของสารทำลายการเกิดอิมัลชันหรือสารยับยั้งสามารถวัดได้โดยหาปริมาณน้อยที่สุดที่ใช้ในการทำลายเสถียรภาพของอิมัลชัน แต่ประสิทธิภาพและระดับความเป็นพิษของสารเหล่านี้ยังมีการทดสอบที่น้อยมาก ทำให้ไม่นิยมใช้ในพื้นที่เปิดหรือกระบวนการทำความสะอาดมากนัก



- **สารช่วยส่งเสริมการคืนสภาพ (Recovery enhancers)** หรือสารเพิ่มความยืดหยุ่น (viscoelastic) ลดความหนืด โดยสารเหล่านี้จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องสกิมเมอร์ หรืออุปกรณ์สำหรับสูบน้ำมันที่รั่วโดยจะเป็น การเพิ่มความสามารถในการยึดติดของน้ำมันกับอุปกรณ์ เพิ่มอัตราการนำน้ำมันกลับคืนของสารดูดซับบริเวณผิวอุปกรณ์สกิมเมอร์ แต่สารเหล่านี้ ไม่สามารถใช้ได้ทุกกรณี อาทิเช่นสารที่มีคุณสมบัติหนืดมาก พวกน้ำมันดิบ และ Bunker C. สารช่วยส่งเสริมการคืนสภาพ จะประกอบด้วย พอลิเมอร์ที่ไม่เป็นพิษอยู่ในลักษณะ เป็น microsprings หรือ โมเลกุลวงแหวน (Coiled molecular form)

สารเคมีด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการด้านการบำบัดและกำจัดน้ำมัน

- **สารที่ช่วยการจับตัวเป็นของแข็ง (solidifiers)** ใช้ใน การเปลี่ยนน้ำมันที่เป็นของเหลวเป็นสารประกอบที่เป็นของแข็ง ซึ่งทำให้สามารถจับเก็บสารประกอบเหล่านี้จากผิวน้ำด้วยตาข่าย หรือเครื่องจักรกล ซึ่งอาจสามารถเรียกสารชนิดนี้ได้ว่า สารทำให้เกิดเจล (gelling agents) หรือสารช่วยในการจับเก็บ (collecting agents) ในปัจจุบันนี้ยังไม่มีการพัฒนาอย่างเต็มที่ สารเหล่านี้ประกอบด้วย สารเคมีที่เป็น cross-linking ตั้งแต่ 2 โมเลกุลขึ้นไป หรือสารช่วยกระตุ้นการเกิดสารประกอบพอลิเมอร์ โดยทั่วไปสารชนิดนี้จะใช้งานเป็นผงเพื่อให้ทำปฏิกิริยากับและตัวรวมกับน้ำมัน อย่างไรก็ตาม ในอดีตไม่ได้มีการใช้สารที่ช่วยการจับตัวเป็นของแข็ง เนื่องจากการทำให้น้ำมันกลายเป็นของแข็งนั้น เป็นการเพิ่มความยากลำบากในการจับเก็บโดยการใช้เครื่องสกิมเมอร์ เครื่องสูบล้างเก็บ และเครื่องมือแยกอื่นๆ เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้จัดการกับของเหลว และของเหลวที่มีความหนืดมากเท่านั้น อีกทั้งสารเคมีเหล่านี้ไม่เหมาะสำหรับการเกิดการรั่วของน้ำมันในปริมาณที่มาก เนื่องจากต้องใช้สารชนิดนี้มากเกินไป และเมื่อสารชนิดนี้ทำปฏิกิริยากับน้ำมัน เกิดเป็นของแข็งในบริเวณจุดเริ่มต้นอย่างรวดเร็วไปเกิดการขัดขวางการทำปฏิกิริยากับน้ำมันในบริเวณที่ห่างออกไป ดังนั้นการใช้สารชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับการรั่วของน้ำมันในบริเวณที่มีขนาดเล็ก
- **สารที่ทำให้จม (Sinking agents)** เป็นวัตถุชนิดใดก็ได้ที่ สามารถในการดูดซับน้ำมันในน้ำได้และจมลงสู่ก้นทะเล ซึ่งสารชนิดนี้ไม่ได้รับการอนุญาตให้ใช้ในเกือบทุกประเทศ เนื่องจากเกิดปัญหารุนแรงขึ้นกับสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ก้นทะเล และน้ำมันยังสามารถหลุดออกจากสารชนิดนี้กลับขึ้นมารั่วซึมในทะเลได้อีก

สารเคมีด้านการฟื้นฟูชายฝั่งหรือระบบนิเวศน์

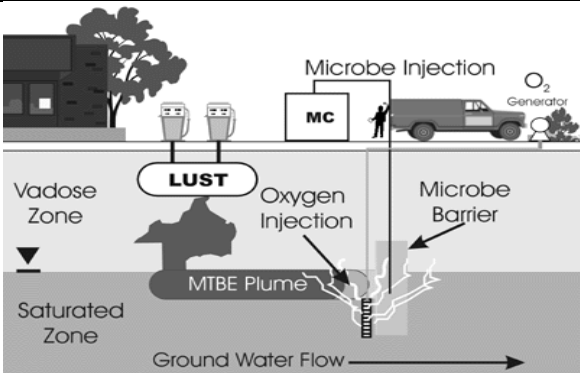
- สารชำระล้างพื้นผิว (Surface-washing agents) หรือสารที่ใช้ทำความสะอาดชายหาด โดยทั่วไปจะมีสารประกอบ (สารลดแรงตึงผิว) คล้ายกันกับสารกระจายน้ำมัน (Dispersant) แต่มีกลไกการทำงานที่แตกต่างกับสาร Dispersant ที่คุณสมบัติการละลายของสารลดแรงตึงผิว โดยชนิดของสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) ที่ใช้ในสารชำระล้างพื้นผิวจะมีคุณสมบัติการละลายน้ำได้ดีกว่าละลายในน้ำมัน ทำให้กลไกการทำงานของสารชำระล้างมีลักษณะเป็นสารซักล้างซึ่งคล้ายกับการซักล้างเสื้อผ้าตามบ้านเรือน นอกจากนี้ จุดประสงค์การใช้งานและจุดที่ฉีดสารชำระล้างพื้นผิว และสารเพิ่มกระจายมีความแตกต่างกัน กล่าวคือ จะมีการใช้สารชำระล้างพื้นผิวในบริเวณชายฝั่ง หรือสิ่งก่อสร้างโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเวลาที่น้ำลง (Low tide) จะมีการฉีดพ่นสารชำระล้างพื้นผิวเพื่อป้องกันน้ำมันซึมเข้าไปใต้ดิน และยึดเกาะกับวัตถุอื่นๆ โดยจะมีการฉีดน้ำอัดความดันต่ำในพื้นที่นั้นหลังจากพ่นสารชำระล้าง โดยพบว่าสารเหล่านี้สามารถทำให้น้ำมัน 90-95% หลุดออกจากหินหรือวัตถุอื่นๆ จากการทดลองที่ผ่านมาพบว่า สารชำระล้างพื้นผิวมีความเป็นพิษน้อยมาก และสามารถช่วยป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับสิ่งมีชีวิตบริเวณชายฝั่งได้อีกด้วย



- สารย่อยสลายทางชีวภาพ (Biodegradation agent) เป็นสารที่ช่วยเร่งกระบวนการย่อยสลายทางชีวภาพของน้ำมันโดยใช้จุลินทรีย์ วิธีนี้เหมาะสมสำหรับการใช้งานบนชายฝั่งหรือพื้นดิน แต่วิธีนี้ไม่สามารถใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อใช้ในทะเลเพราะเกิดการเจือจาง (Dilution) และการ

เคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของน้ำมัน (Rapid movement of oil) จากการวิจัยต่างๆพบว่า การย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) นั้น การเลือกใช้ biodegradation agent มีความสำคัญกับการดำเนินการด้วยวิธีนี้อย่างมาก เนื่องจากมีการค้นพบแบคทีเรีย (bacteria) และรา (Fungi) หลากหลายสายพันธุ์ที่มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายองค์ประกอบของน้ำมัน เช่น น้ำมันชนิดอิ่มตัว (Saturate component) ที่ประกอบด้วยอะตอมของคาร์บอน 12 ถึง 20 อะตอม เป็นต้น และบางสายพันธุ์ยังมีความสามารถในการย่อยสลายประกอบในหมู่โอรมาติกที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำอีกด้วย ในขณะที่ชนิดของน้ำมันที่แตกต่างกันก็จะส่งผลต่อรูปแบบการเกิดการย่อยสลายทางชีวภาพ (biodegradation) ที่แตกต่างกัน โดยพบว่าส่วนที่อิ่มตัว (Saturate content) เป็นส่วนที่สามารถย่อยสลายได้เป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น น้ำมันดีเซล (Diesel fuel) มีส่วนที่อิ่มตัวมากกว่า 95% จึงทำให้น้ำมันประเภทนี้สามารถถูกย่อยสลายได้อย่างรวดเร็วเมื่ออยู่ในสภาวะที่เหมาะสม แต่อย่างไรก็ตามน้ำมันชนิด Bunker C. ซึ่งมีองค์ประกอบที่อิ่มตัวในปริมาณที่น้อย ทำให้สามารถถูกย่อยสลายด้วยการย่อยสลายทางชีวภาพได้น้อยมากไม่ว่าจะอยู่ในสภาวะใดก็ตาม เป็นผลทำให้ยางมะตอย (asphalt) ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบวงโอรมาติกตามน้ำหนักโมเลกุล จึงไม่เกิดการย่อยสลายและนิยมนำมาประยุกต์ใช้สร้างถนนในปัจจุบัน

ในทางปฏิบัติ สาร Biodegradation agent จะประกอบด้วยสาร 2 ชนิดคือ **1) สาร Bioenhancement** จะประกอบด้วยสารอาหาร ปุ๋ย (Fertilizer) วัสดุหรือองค์ประกอบที่ไปช่วยส่งเสริมการทำงานของจุลินทรีย์ในการย่อยสลายสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและ **2) สาร Bioaugmentation** จะประกอบด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายน้ำมัน

	
ตัวอย่างการทำงานของสาร Bioenhancement	ตัวอย่างการทำงานของสาร Bioaugmentation
http://oilsplat.wordpress.com/how-oil-spill-cleaning-agents-work/	http://www.oil-clean.net/

โดยมีงานวิจัยที่แสดงว่าการใส่ สาร Bioenhancement ไปยังน้ำมันที่รั่วไหลบนพื้นผิวดิน (land) สามารถเพิ่มอัตราการย่อยสลายน้ำมันส่วนที่อึดตัวและสารประกอบอะโรมาติกบางส่วนในน้ำมัน โดยเพิ่มขึ้นมากกว่า 40% ของน้ำมันสามารถย่อยสลายได้ และลดระยะเวลาในการย่อยสลายจากใช้เวลาเป็นปี เหลือระยะเวลา 1 เดือน แต่อย่างไรก็ดี จุลินทรีย์ไม่สามารถย่อยสลายน้ำมันได้ทุกชนิด เช่น ในกรณีที่น้ำมันมีน้ำหนักโมเลกุลสูงมาก (Heavier type) เป็นต้น ดังนั้นองค์ประกอบบางส่วนของน้ำมัน จะไม่สามารถย่อยสลายได้แม้จะใช้เวลาผ่านไปเป็นปี และมีการศึกษาพบว่า Biodegradation agent จะเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด เมื่อใช้อัตราส่วนของน้ำมัน : ไนโตรเจน : ฟอสฟอรัส ในอัตราส่วน 100:10:1 นอกจากนี้ คุณสมบัติของสาร Fertilizer ซึ่งเป็นสารที่เติมเข้าไปในดินและทำให้ดินมีพีเอช เป็นกลาง (Neutral pH) จะช่วยทำให้การย่อยสลายน้ำมันได้ดีมาก แต่ถ้าหาก Fertilizer ที่เติมเข้าไปในดินมากเกินไป จะส่งผลทำให้ดินมีพีเอชเป็นกรด และการย่อยสลายเกิดขึ้นได้ช้า โดยทั่วไป เราควรเลือกใช้ Fertilizer ที่ละลายได้ดีในน้ำมัน (แต่ละลายในน้ำไม่ดี) ซึ่งจะส่งผลดีทำให้ประสิทธิภาพในการย่อยสลายดีขึ้นเนื่องจากช่วยป้องกันไม่ให้น้ำมันถูกชะล้างออกไป (washed away)

สำหรับ สาร Bioaugmentation ไม่ได้มีจุดประสงค์เพื่อใช้เป็นสารช่วยส่งเสริมการย่อยสลายทางชีวภาพที่เกิดขึ้นบริเวณที่น้ำมันปนเปื้อนโดยตรง เนื่องจาก เป็นเทคโนโลยีที่มีการเติมจุลินทรีย์กลุ่มใหม่ ลงไปพร้อมกับสารที่ช่วยส่งเสริมการย่อยสลายของจุลินทรีย์กลุ่มใหม่กลุ่มนี้ในการบำบัดน้ำมันที่ปนเปื้อน ดังนั้น เราอาจกล่าวได้ว่าสารช่วยส่งเสริม (Bioenhancement agent) ที่เติมลงไปในการนี้ อาจไม่ช่วยส่งเสริมการย่อยสลายน้ำมันของกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มเดิมที่มีอยู่ในพื้นที่ปนเปื้อน เนื่องจากมีการเติมกลุ่มจุลินทรีย์กลุ่มใหม่เข้าไปในสิ่งแวดล้อม ในการนี้ ทำให้มีกฎหมายของรัฐบาลที่ควบคุมการเติมจุลินทรีย์ชนิดใหม่ที่ไม่ใช่สายพันธุ์ท้องถิ่นลงไปในดิน เพราะอาจเป็นจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค หรืออาจส่งผลกระทบต่อความหลากหลายทางชีวภาพในพื้นที่ดังกล่าว ดังนั้น สาร Biodegradation ทุกชนิด จะต้องได้รับการอนุญาตจากทางรัฐบาลก่อนนำไปใช้งาน

โดยสรุป การบำบัดและจัดการกับน้ำมันที่รั่วไหลลงสู่ทะเล โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อไม่สามารถจำกัดพื้นที่และแยกน้ำมันออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ หลังจากที่เกิดการรั่วไหล เราอาจกล่าวได้ว่ากระบวนการบำบัดทางเคมี (Chemical treatment) จะเป็นแนวทางที่มีความจำเป็นและมีการประยุกต์ใช้งานทั้งในด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการแยกและการบำบัด รวมไปถึงการทำความสะอาดและฟื้นฟูระบบนิเวศน์ อย่างไรก็ตาม การศึกษาและพิจารณาถึงชนิดและปริมาณสารเคมีที่เลือกใช้ จุดหรือบริเวณที่จะเติม รวมไปถึงการย่อยสลายที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อระบบนิเวศน์ของบริเวณโดยรอบ

ตัวอย่างรายชื่อสารเคมีที่ใช้นำบำบัดน้ำมันรั่วที่ในใช้ในปัจจุบัน (เรียงตามลำดับตัวอักษรภาษาอังกฤษ)

PRODUCT NAME	PRODUCT CLASSIFICATION WITHIN THIS SELECTION GUIDE
1. Alsocup	Solidifier
2. Aquaclean	Surface Washing Agent
3. BET BIOPETRO	Bioremediation Agent
4. Biogee-HC (MicrobesHC)	Bioremediation Agent
5. Biosolve®	Surface Washing Agent
6. BR (Biota Earth)**	Bioremediation Agent
7. CI Agent or Cheap Insurance	Solidifier
8. CN-110	Surface Washing Agent
9. Corexit 7664	Surface Washing Agent
10. Corexit 9500	Dispersant
11. Corexit 9527	Dispersant
12. Corexit 9580 Shoreline Cleanse	Surface Washing Agent
13. CytoSol	Surface Washing Agent
14. Dispersit SPC 1000™	Dispersant
15. Do-All #18	Surface Washing Agent
16. Elastol**	Elasticity Modifier
17. Enviro-Bond 403**	Solidifier
18. Enzyt (Liquid/Crystal)**	Bioremediation Agent
19. F-500	Surface Washing Agent
20. FM-186-2	Surface Washing Agent
21. Gold Crew SW (ECP Responders SW)	Surface Washing Agent
22. Imbiber Beads**	Sorbents
23. Inipol EAP 22	Bioremediation Agent
24. JD-109	Dispersant
25. JD-2000™	Dispersant

PRODUCT NAME	PRODUCT CLASSIFICATION WITHIN THIS SELECTION GUIDE
26. Land and Sea Restoration Product 001	Bioremediation Agent
27. Mare Clean 200	Dispersant
28. Micro-Blaze®	Bioremediation Agent
29. Nale-it	Surface Washing Agent
30. Nature's Way HS (Micro Clean)	Surface Washing Agent
31. NEOS AB 3000	Dispersant
32. Slickgone NS	Dispersant

****** Not currently listed or required to be listed for use in the US.

******* EPA has determined that this product is a Sorbent. therefore, this product does not need to be listed on the NCP Product Schedule.

*** Warning:** Ensure that the revision date of this Guide is consistent with the most recent version of the NCP Product Schedule. If dates are not consistent, the information could be outdated. **Note:** As of this publication, there are only five product categories on the NCP Product Schedule: Dispersants, Bioremediation Agents, Surface

เอกสารอ้างอิง

1. Garcia, M. T., E. Campos, A. Marsal and I. Ribosa. 2009. Biodegradability and toxicity of sulphonate-based surfactants in aerobic and anaerobic aquatic environments. Water Research 43: 295-302.
2. Fate, Transport, and Transformation Test Guidelines, OPPTS 835.3110, Ready Biodegradability, EPA 712-C-98-076, January 1998.
3. OECD Guidelines for Testing of Chemicals, Organization for Economic Cooperation and Development, Vol. 2, Section 3, Degradation and Accumulation, Updated 1993.
4. Alsop, G. M., R. A. Conway, "Bacterial Growth Inhibition Test," Journal Water Pollution Control Federation, Vol. 52, No.10, October 1980.
5. Methods for Measuring the Acute Toxicity of Effluents to Freshwater and Marine Organisms, EPA/600/4-85/O1 3, March 1985
6. EPA, CFR 797.1400, Fish Acute Toxicity Test, February 1997.
7. EPA, CFR 797.1300, Daphnid Acute Toxicity Test, February 1997.

8. Annual Book of ASTM Standards, Water and Environmental Technology, Vol.11.05, (1995).
9. OECD Guidelines for Testing of Chemicals, Organization for Economic Cooperation and Development, Vol. 1, Section 2, "Effects On Biotic Systems," Updated 1993

ขอขอบคุณคณะกรรมการระดับปริญญาโท – เอก ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ร่วมมือในการหาข้อมูล และร่วมจัดทำบทความวิชาการ ได้แก่

นาย ธนากร อึ้งมุกดากุล

น.ส. ลักษิกา กองวิเชียร

น.ส. ภัทรีศรี พักแก้ว

น.ส. อรภา ปรีชาวาท

น.ส. นวพร ทาเพชร

น.ส. ชมทิศา ชื่นแถม