DOI: 10.14456/jem.2021.7

บทความวิชาการ / Viewpoint

07

การควบคุมการสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือเดินทะเล เพื่อป้องกันผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งและสิ่งแวดล้อมทางทะเล

CONTROL OF BALLAST WATER PUMPING IN VESSEL FOR THE PREVENTION OF THE IMPACTS IN COASTAL ECOSYSTEM AND MARINE ENVIRONMENT

ผสันต์ ธัมปราชญ์ [a],ภูเบศ อยู่สุข [a] วีระพงษ์ แสนกล้า [a] และ พชร กิจจาเจริญชัย [a,✉]
[a] คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา

Phasan Thamparj [a], Phubet Yoosuk [a], Weeraphong Sankla[a] and Patchara Kitjacharoenchai[a,✉]
[a] Faculty of Logisitcs, Burapha University

✉ pk.popita@gmail.com

วันที่รับ (received) 2 มี.ค.2564 วันที่แก้ไขเสร็จ (revised) 19 เม.ย. 2564 วันที่ตอบรับ (accepted) 7 พ.ค. 2564

บทคัดย่อ

การสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือเดินทะเลมีความสำคัญต่อการบริหารจัดการความปลอดภัยของเรือ แต่เนื่องจากการปล่อยน้ำดังกล่าวลงสู่ทะเลมีผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งและเป็นภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลเป็นอย่างมากเพราะน้ำอับเฉาของเรือมีสิ่งมีชีวิตสายพันธุ์ต่างถิ่นมากมายรวมถึงแบคทีเรีย จุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่างๆ ปะปนไปด้วย นำมาซึ่งอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของชีวิตมนุษย์ และทำให้เกิดการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิตต่างสายพันธุ์ในพื้นที่ต่างๆ ที่เรือเดินทางไปถึงทั่วโลก ส่งผลกระทบขึ้นในระดับภูมิภาคและระดับโลกด้วย องค์การทางทะเลระหว่างประเทศได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการออกกฎข้อบังคับจนพัฒนาขึ้นเป็นอนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยการควบคุม และการจัดการน้ำอับเฉาเรือและตะกอน พ.ศ. 2547 เพื่อให้ประเทศที่เป็นภาคีของอนุสัญญาฯ ควบคุมการสูบถ่ายน้ำอับเฉาเรือและใช้เทคโนโลยีในการบำบัดก่อนปล่อยลงสู่ทะเลเพื่อไม่ให้เป็นอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมทางทะเลอีกต่อไป

คำสำคัญ : การควบคุม น้ำอับเฉาเรือ ความปลอดภัย สิ่งแวดล้อมทางทะเล

Abstract

The pumping of the ballast water is important for the management of the maritime safety; however, it impacts the coastal ecosystem and poses a serious threat to the marine environment. The ship's ballast water contains many exotic species, including bacteria, microorganisms and pathogens. It poses a danger to the health of human life and causes the spread of different species in different areas where the ships traveled to with a greater impact on the regional and global levels as well. This issue has been evoked by the International Maritime Organization and therefore regulations have been issued before developing into a legal instrument called International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004. The Convention has enabled the parties to control the pumping of ballast water and use pre-treatment technology before being released into the sea in order not to harm the ecology and marine environment.

Keywords : Control, Ballast water, Safety, Marine environment

บทนำ

แต่เดิมเรือเดินทะเลเคยใช้คอนกรีตเทลงไปในถังใต้ท้องเรือหรือใช้ตุ๊กตาหิน (solid ballast) เป็นวัตถุในการถ่วงเรือให้เกิดความสมดุลเสถียร (stable equilibrium) และป้องกันไม่ให้เรือเกิดการพลิกคว่ำขณะเผชิญกับคลื่นจัดลมแรงในระหว่างการเดินทางในทะเล ต่อมายุคปัจจุบันเรือสินค้ามีการแข่งขันทางธุรกิจมากขึ้น ทำให้มีความต้องการบรรทุกสินค้าในเรือให้ได้จำนวนสูงสุด (maximum load) โดยที่เรือต้องอยู่ในสภาวะที่ปลอดภัยในทุกขณะเวลาของการบรรทุก ขนถ่ายสินค้าและตลอดเส้นทางการเดินเรือ เรือทุกลำส่วนใหญ่จึงใช้น้ำอับเฉาในการถ่วงเรือเพราะมีความสะดวกในการบริหารจัดการมากกว่าการใช้วัตถุถาวรอย่างอื่น โดยเฉพาะการออกแบบระบบถังน้ำอับเฉาใต้ท้องเรือที่มีความจุได้มากทุกถังตั้งแต่ถังหัวเรือ (forepeak tank) ถังใต้ท้องเรือ (double bottom tank) ถังท้ายเรือ (after peak tank) และระบบปั๊มน้ำที่ใช้ในการสูบถ่ายมีกำลังแรงสูง ทำให้การสูบถ่ายน้ำจากบริเวณใกล้ฝั่งหรือในท่าเรือเข้าไปเก็บไว้ในถังหรือทำการปล่อยออกในที่ต่าง ๆ ได้ง่ายและสะดวกทุกขณะเวลาที่ทางเรือต้องการ โดยอาจไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นตามมากับระบบนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมทางทะเล จึงเป็นที่มาของอนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยการควบคุม และการจัดการน้ำอับเฉาเรือและตะกอน พ.ศ. 2547 (The International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments, 2004: BWM Convention) ซึ่งจัดทำโดยองค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (International Maritime Organization : IMO) ด้วยวัตถุประสงค์เพื่อการควบคุมและการจัดการน้ำอับเฉาเรือและตะกอนของเรือเดินทะเลโดยอนุสัญญาฉบับนี้มีผลใช้บังคับเมื่อวันที่ 8 กันยายน พ.ศ. 2560

ความสำคัญของการสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือเดินทะเลและปัญหาที่เกิดจากการดำเนินงานดังกล่าว

ปัจจุบันเรือสินค้าส่วนใหญ่ใช้น้ำอับเฉาในการถ่วงเรือด้วยการสูบน้ำในบริเวณที่เรือจอดอยู่เข้าไปเก็บไว้ในถังน้ำบริเวณท้องเรือ (ballast tanks) จนเต็มเกือบทุกถังเพื่อชดเชยน้ำหนักของสินค้าในขณะที่เรือทำการขนถ่ายสินค้าส่งมอบให้กับผู้รับตราส่ง (consignee) ณ เมืองท่าปลายทางจนเรืออยู่ในสภาพเป็นเรือเปล่า (lightship condition) ซึ่งการสูบน้ำเข้าเรือจนเต็มถัง (full ballast) จะทำให้เรือกินน้ำลึกเพิ่มขึ้นจนกระทั่งใบจักรของเรือจมน้ำสามารถออกเดินทางไปรับสินค้าในเมืองท่าต่อไปได้อย่างปลอดภัย เมื่อเรือเดินทางถึงเมืองท่าที่ทำการรับสินค้า (port of loading) โดยในระหว่างที่เรือทำการบรรทุกสินค้า ทางเรือก็จะเริ่มสูบถ่ายปล่อยน้ำอับเฉาตามถังต่าง ๆ ออกนอกตัวเรือเพื่อให้เรือเบาขึ้นและสามารถบรรทุกน้ำหนักของสินค้าได้สูงสุดตามที่เส้นแนวน้ำบรรทุกของเรือกำหนดไว้ (load line) นอกจากนี้ระบบน้ำอับเฉาของเรือจะช่วยให้เรืออยู่ในสภาพสมดุลเสถียร (stable equilibrium) และช่วยลดอาการผิดรูปหรืออาการโก่งและงอ (hogging & sagging) ของเรือที่เกิดจากโมเมนต์ดัด (bending moment) กับความเค้นเฉือน (shear stress) ทำให้เรือมีความคงทนทะเล (seaworthiness) และลอยตัวอยู่ได้ในทะเลตลอดการเดินทางอย่างปลอดภัย ด้วยเหตุนี้เรือเดินทะเลจึงต้องมีระบบน้ำอับเฉาภายในเรือไว้และต้องมีการสูบถ่ายน้ำเข้า-ออกจากตัวเรืออยู่เป็นประจำเพื่อบริหารจัดการความปลอดภัยของเรือ แต่ในขณะเดียวกันน้ำอับเฉาที่เรือมีการสูบถ่ายตามสถานที่ต่าง ๆ ที่เรือเดินทางไปถึงนั้นก็มีผลทำให้เกิดการแพร่กระจาย ขยายพันธุ์ของชนิดพันธุ์ต่างถิ่น สิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ที่ปะปนมากับน้ำอับเฉาของเรือจากภูมิภาคหนึ่งไปยังอีกภูมิภาคหนึ่งของโลก ทำให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศชายฝั่งและความหลากหลายทางธรรมชาติ รวมถึงระบบเศรษฐกิจท้องถิ่น อีกทั้งยังเป็นภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเลทั่วภูมิภาคของโลกด้วย

การปฏิบัติของเรือเดินทะเลในการควบคุมการสูบถ่ายน้ำอับเฉาตามมาตรฐานสากล

ในฐานะที่ผู้เขียนเคยปฏิบัติหน้าที่เป็นนายเรือหรือกัปตันเรือของเรือสินค้าที่ออกเดินทะเลระหว่างประเทศซึ่งมีหน้าที่ในการจัดการเรื่องการสูบถ่ายน้ำอับเฉาให้เป็นไปตามหลักเกณฑ์ของกฎหมายระหว่างประเทศที่เกี่ยวข้อง ในการนี้จึงขอถ่ายทอดวิธีการปฏิบัติในการควบคุมการสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือตามข้อกำหนดของอนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยการควบคุม และการจัดการน้ำอับเฉาและตะกอนจากเรือ พ.ศ.2547 เพื่อป้องกันการแพร่กระจายของสิ่งมีชีวิต ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรวมถึงแบคทีเรีย จุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่างๆ ที่ปะปนมากับน้ำอับเฉาของเรือ ด้วยการปฏิบัติตามมาตรฐานการจัดการน้ำอับเฉาเรือ ดังต่อไปนี้

1. การเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉาเรือกลางทะเล (Ballast Water Exchange) ตามข้อบังคับบี-4 และ ดี-1 ของอนุสัญญาฯ

องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO) ได้ยอมรับวิธีการดำเนินการสูบถ่ายเปลี่ยนน้ำอับเฉาเรือกลางทะเล โดยอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

วิธีการแรก การสูบน้ำออกทีละถังจนหมดแล้วสูบน้ำใหม่เข้าถังดังกล่าวทันทีจนเต็มถัง (sequential method) โดยทำตามลำดับของถังที่วางแผนเอาไว้ วิธีนี้สรั่งเรือจะเป็นผู้รับผิดชอบในการเฝ้าวัดน้ำในถังที่สั่งให้ห้องเครื่องสูบน้ำออกจนกระทั่งหมดแล้ว จึงสั่งการให้ห้องเครื่องสูบน้ำเข้าถังเดียวกันทันทีจนเต็ม เมื่อเสร็จแล้วจึงค่อยดำเนินการในวิธีเดียวกันกับถังต่อไปจนครบทุกถัง วิธีนี้เป็นการรักษาสถานะการทรงตัวของเรือให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัยอยู่ตลอดเวลาในระหว่างที่มีการสูบถ่ายน้ำอับเฉาเรือตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งเสร็จ

วิธีการที่สอง การสูบน้ำเข้าไปเพิ่มในถังจนล้นเพื่อแทนที่น้ำเดิม (flow through method) โดยให้มีปริมาณน้ำใหม่เป็นจำนวน 3 เท่าของปริมาตรของถัง และในแต่ละถังทางเรือต้องแสดงให้เห็นว่ามีการสูบน้ำใหม่เข้าไปแทนที่อย่างน้อยร้อยละ 95 ของน้ำเดิมของทุก ๆ ถังที่ทำการเปลี่ยนถ่าย วิธีนี้ทางเรือต้องระวังกำลังแรงของการสูบน้ำอัดเข้าไปเพิ่มในถัง ซึ่งถ้าหากว่าน้ำที่สูบเพิ่มเข้าไปนั้นมีกำลังแรงทำให้น้ำเดิมล้นออกมาเป็นระยะเวลานาน ๆ อาจทำให้ถังบวมหรือแตกได้

วิธีการที่สาม การเติมน้ำเข้าไปเพิ่มในถังเพื่อทำให้น้ำเดิมเจือจาง (dilution method) ด้วยการใช้สายน้ำดับเพลิงใส่ลงไปด้านบนของถังทำให้เกิดแรงดันให้น้ำที่อยู่ก้นถังระบายออกสู่นอกตัวเรือ จนกระทั่งน้ำใหม่สามารถแทนที่น้ำเดิมได้อย่างน้อยร้อยละ 95 ของแต่ละถังที่ทำการเปลี่ยนถ่ายจนกระทั่งเสร็จ วิธีนี้ทางเรือต้องระวังกำลังแรงของการอัดน้ำเข้าไปเพิ่มในถัง เพราะอาจเป็นเหตุให้ถังบวมหรือรั่วได้

อนุสัญญาฯ ได้กำหนดให้ทำการเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉาเรือในขณะที่เรือวิ่งอยู่ห่างฝั่งอย่างน้อย 200 ไมล์ทะเล และที่ความลึกของน้ำอย่างน้อย 200 เมตร โดยกรณีที่เรือไม่สามารถดำเนินการดังกล่าวได้ให้กระทำในขณะที่เรืออยู่ห่างจากฝั่งอย่างน้อย 50 ไมล์ทะเล และที่ซึ่งมีความลึกของน้ำอย่างน้อย 200 เมตร ซึ่งวิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉานี้ จะต้องดำเนินการ 2-3 ครั้ง เพื่อให้น้ำอับเฉาสะอาดก่อนถึงบริเวณเมืองท่าปลายทาง อย่างไรก็ดี ในปัจจุบัน ระเบียบข้อบังคับตามอนุสัญญาฯ ไม่อนุญาตให้ใช้วิธีการเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉากับเรือเดินทะเลที่จดทะเบียนวิ่งระหว่างประเทศ (Vessel engaged on international voyages) แล้ว อย่างไรก็ตามวิธีการดังกล่าวนี้ยังคงใช้ได้กับเรือสินค้าที่จดทะเบียนเป็นเรือเดินทะเลวิ่งใกล้ฝั่ง (Vessel engaged on near-coastal voyages) ที่วิ่งรับ-ส่งสินค้าอยู่ในบริเวณประเทศใกล้เคียงกัน

2. การติดเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาเรือ (Ballast Water Treatment) ตามข้อบังคับ ดี-2 และดี-4 ของอนุสัญญาฯ

องค์การทางทะเลระหว่างประเทศ (IMO) ได้มีการกำหนดมาตรฐานเกี่ยวกับการติดเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาเรือไว้ โดยทางเรือจะต้องจัดให้มีตัวชี้วัดซึ่งสามารถแสดงผลลัพธ์การปล่อยน้ำอับเฉาที่ผ่านระบบบำบัดให้เป็นไปตามมาตรฐานที่สามารถระบุรายละเอียดถึงจำนวนของสิ่งมีชีวิตที่ได้รับอนุญาตให้ปล่อยออกมา โดยหลักการทำงานของเครื่องบำบัดจะมีกระบวนการทำลายพืชและสัตว์ตลอดจนแบคทีเรีย จุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่าง ๆ ที่ติดมากับน้ำอับเฉา เช่น การใช้ระบบรังสียูวี (radiation treatment) ด้วยการนำน้ำอับเฉาผ่านหลอดยูวีเพื่อให้รังสีกำจัดสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ หรือการใช้อิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำทำให้สามารถทำลายหรือยุติการขยายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตได้ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมี (chemical substance) ใส่ลงไปในถังบำบัดน้ำอับเฉาของเรือและการใช้ระบบโอโซน (Ozone) โดยเครื่องจะผลิตโอโซนและอัดฉีดเข้าไปในน้ำอับเฉาที่อยู่ในถังบำบัดเพื่อยุติการแพร่กระจายและขยายพันธุ์ของชนิดพันธุ์ต่างถิ่นได้เช่นกัน โดยการเลือกเครื่องบำบัดที่ใช้เทคโนโลยีระบบใดนั้นต้องคำนึงถึงประเภทของเรือ เส้นทางการค้าที่เรือเดินทะเลอยู่ รวมถึงการปฏิบัติการของระบบน้ำอับเฉาเรือ ทั้งกำลังของเครื่องสูบน้ำและขนาดของถังในเรือ โดยเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาที่ดีควรที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งน้ำอับเฉาที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำทะเลเพื่อเหมาะสมกับเรือสินค้าที่วิ่งเข้าท่าเรือชายฝั่งทะเล (sea port) และท่าเรือในแม่น้ำ (river port)

ทั้งนี้เพื่อประโยชน์ในการให้คำแนะนำแนวทางที่เหมาะสมในการติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาของเรือ (ballast water treatment) สำหรับเจ้าของเรือไทย ที่มีขนาดตั้งแต่ 400 ตันกรอสขึ้นไป ที่จดทะเบียนเรือเดินทะเลระหว่างประเทศ (international voyage) ซึ่งผู้ผลิตใช้เทคโนโลยีอยู่ในปัจจุบันมี 4 ระบบหลัก ได้แก่ การใช้สารเคมี การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับน้ำ การใช้แสงยูวี และการใช้โอโซน โดยในแต่ละเทคโนโลยีผู้ผลิตแต่ละรายจะมีต้นทุนการติดตั้งที่ต่างกัน ยกตัวอย่างเช่นกรณีการติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำแบบสารเคมีในการทำลายหรือยุติการขยายพันธุ์ของพืชและสัตว์ ซึ่งในรูปแบบนี้การบำบัดจะต้องทิ้งระยะเวลาให้สารเคมีเกิดปฏิกิริยาประมาณ 1-2 วัน เพราะฉะนั้น กรณีของเรือบรรทุกสินค้าคอนเทนเนอร์ที่จอดเทียบท่าด้วยระยะเวลาอันจำกัดอาจไม่เหมาะสำหรับระบบนี้ อีกทั้งปัญหาเรื่องการจัดเก็บสารเคมีบนเรือที่มีข้อจำกัดในเรื่องสถานที่และการป้องกันอันตรายด้วย ส่วนการติดตั้งระบบโอโซน อาจต้องพิจารณาเรื่องของการกัดกร่อนของกรดที่เกิดจากการทำงานของโอโซนเอง และการติดตั้งโดยใช้รังสียูวีต้องคำนึงถึงกำลังไฟฟ้าที่ต้องการและการป้องกันรังสี รวมไปถึงอายุการใช้งานของหลอดยูวีด้วย ในขณะที่บริษัทเรือใช้ระบบอิเล็กโทรไลซิส (electrolysis) คือใช้กำลังไฟฟ้าทำให้มีปฏิกิริยาเคมีในน้ำที่มีผลทำให้สัตว์และพืชที่ติดมากับน้ำอับเฉาตาย หรือไม่สามารถแพร่พันธุ์ได้ต่อไป เพราะระบบนี้มีความเหมาะสมกับเรือบรรทุกสินค้าเทกอง (bulk carrier) แต่ระบบก็มีข้อจำกัดคืออาจใช้กำลังไฟฟ้าบนเรือเพิ่มขึ้น หรือเกิดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงมากขึ้นอีก ซึ่งการเลือกใช้เครื่องบำบัดจากผู้ผลิตต้องศึกษารายละเอียดปลีกย่อยให้ดี และจะต้องตอบสนองต่อการปฏิบัติการบรรทุก ขนถ่ายสินค้าให้เป็นไปได้อย่างรวดเร็ว ไม่เสียเวลา การใช้งานไม่ยุ่งยาก และค่าบำรุงรักษาไม่สูง (Hemawong, E, interview, 2020. P.39)

นอกจากนี้ ในการจัดการน้ำอับเฉาเรือยังมีวิธีอื่น ๆ อีก เช่น การผนึกหรือซีล (seal) ถังน้ำอับเฉาใต้ท้องเรือทั้งหมด โดยไม่มีการเติมน้ำหรือของเหลวใด ๆ ลงไปในถังและปล่อยให้เป็นถังที่ว่างเปล่าในระหว่างการเดินทางของเรือไปยังภูมิภาคต่าง ๆ ทำให้ไม่มีผลกระทบใด ๆ กับสิ่งแวดล้อมทางทะเล โดยทางเรือต้องมีแผนการบริหารจัดการการบรรทุก ขนถ่ายสินค้า ร่วมกับการจัดการน้ำมันเชื้อเพลิงกับน้ำจืดของเรืออย่างสมดุล หรือใช้วิธีการบรรจุน้ำจืดลงไปในถังน้ำอับเฉาของเรือทุกถัง (fixed ballast) เพราะการปล่อยน้ำจืดที่อยู่ภายในถังน้ำอับเฉาบริเวณใกล้ชายฝั่งทะเลหรือภายในท่าเรือจะไม่ทำให้เกิดอันตรายต่อระบบนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อมทางทะเล แต่ข้อเสียคือค่าใช้จ่ายของน้ำจืดมีมูลค่าสูง ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งของเรือเพิ่มสูงขึ้นตามไปด้วย รวมถึงการสูบถ่ายน้ำอับเฉาและตะกอนจากเรือส่งขึ้นอุปกรณ์รองรับหน้าท่า (reception facility) หรือสูบถ่ายลงเรือลำเลียงที่มาเทียบข้างเรือเพื่อรองรับการสูบถ่ายน้ำอับเฉาและตะกอนของเรือเดินทะเล ข้อเสียคือค่าใช้จ่ายในการใช้บริการของอุปกรณ์รองรับการสูบถ่ายน้ำอับเฉาบนฝั่งมีมูลค่าสูงและต้องใช้เวลาในการดำเนินการอาจทำให้เรือต้องเสียเวลาและอาจเกิดความล่าช้าในการเดินทางได้

การเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาเรือ

ตามที่ผู้เขียนได้นำเสนอมาข้างต้น จะเห็นว่าอนุสัญญาฯ ได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ทั้งในเรื่องของการเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉาเรือกลางทะเลและการติดเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาเรือ แต่ในเรื่องของเทคโนโลยีที่จะใช้สำหรับการบำบัดน้ำอับเฉาเรือนั้นเป็นสิ่งที่ขึ้นอยู่กับการพัฒนาของนวัตกรรมที่ใช้ในอุตสาหกรรมพาณิชนาวี ซึ่งเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาเรือในแต่ละระบบในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นการใช้รังสี UV (radiation treatment) การใช้โอโซน (Ozone) การใช้สารเคมี (chemical substance) และการใช้อิเล็กโทรลิซิส (electrolysis) ต่างก็มีข้อดีและข้อเสียที่ไม่เหมือนกัน ดังรายละเอียดตามที่ปรากฏอยู่ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 : การเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาเรือ

ชื่อระบบ	วิธีการบำบัดของระบบ	ข้อดี	ข้อเสีย	อ้างอิง
การใช้รังสี UV (Radiation treatment)	ใช้รังสี UV ในการฆ่าเชื้อโรคของสิ่งปฏิกูลที่หน้าผิว	ต้นทุนถูก	ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดและขนาดจุลินทรีย์แบคทีเรีย	Montani et. al (1995).
	ให้ UV ทำปฏิกิริยากับตัว DNA และ RNA ของสิ่งมีชีวิตในน้ำอับเฉา	สามารถกำจัดแบคทีเรียและจุลินทรีย์ได้ดีเยี่ยม		Xiangpeng et. al (2007).
		ไม่มีสารเคมี สารพิษ		Sassi et. al (2005).
		ใช้เวลาเพียงนิดเดียว		Carlton et.al
การใช้โอโซน (Ozone)	ปฏิกิริยากับสารประกอบทั้ง Organics และ Inorganics	ประหยัดพลังงาน	ประสิทธิภาพไม่สเถียร	Oemcke et. al (2005).
	ทำปฏิกิริยาออกซิเดชั่น (Oxidation Potential) กับสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เกือบทุกชนิดสูงกว่าคลอรีน 152%	ใช้เวลาค่อนข้างสั้น	มีค่าใช้จ่ายค่อนข้างแพง	Viitasalo et. al (2005).
	สามารถทำลายและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อโรค	เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม		Jones et. al (2006).
การใช้สารเคมี (Chemical substance)	การใช้ยาฆ่าแมลงและสารเคมีที่เป็นพิษ (Biocides) ในการกำจัดแบคทีเรียและจุลินทรีย์	ไม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง	มีราคาค่อนข้างสูง	Chelossi and Faimali (2006).
	การใช้สารเคมีประเภทโบรมีน, โซเดียมไฮโปคลอไรท์และสารประกอบที่มีส่วนผสมของคลอรีน	ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ	อาจก็ก่อให้เกิดสารตกค้างในระบบนิเวศได้	Faimali et. al (2006).
	ทำให้เกิดการไร้สมรรถภาพ (Chemical inactivation), เกิดการทำลายโครงสร้างอินทรีย์สาร มีผลรบกวนระบบการขยายพันธุ์ (Reproductive) ระบบสั่งการ (neural) หรือระบบการเผาผลาญ (Metabolic) ของสิ่งมีชีวิต	ใช้เวลาน้อย		Ichikawa et. al (1992).
	สารเคมีจะเข้าไปทำลายตัวผนังเซลล์ เปลี่ยนแปลงและทำลายตัวโปรตีน RNA และ DNA ในเซลล์			Gregg Hallegraeff (2007).
การใช้อิเล็กโทรลิซิส (Electrolysis)	กระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) จากภายนอกเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี	มีประสิทธิภาพสูง	ก่อให้เกิดสารตกค้างในน้ำ	Dang et. Al (2003).
	เป็นกระบวนการผลิตคลอรีนจากน้ำทะเล ทำให้สามารถกำจัดเชื้อราโปรโตซัว ไวรัส แบคทีเรียและจุลินทรีย์ในน้ำอับเฉาได้	ใช้เวลาไม่มากในการเกิดปฏิกิริยา		Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (1995)
		ต้นทุนต่ำ		Jorquera et. al (2002)
		มีอำนาจในการออกซิไดซ์สารต่างๆ		พิเชฐ พิศภา. (2549)

จากการเปรียบเทียบเทคโนโลยีที่ใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาบนเรือทั้ง 4 ประเภทนั้น พบว่าแต่ละประเภทมีข้อดีและข้อเสียที่ต่างกัน จึงควรจะมีการนำมาผสมผสานบูรณาการกันเพื่อให้เกิดเป็นการใช้เทคโนโลยีที่สามารถกำจัดน้ำอับเฉาได้ในทุกสภาวะ ซึ่งโดยหลักๆแล้วสิ่งที่ทางกองเรือพาณิชย์ไทยต้องให้ความสำคัญในการพิจารณาการเลือกใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมนั่น คือ ประสิทธิภาพและต้นทุนในการใช้เทคโนโลยีชนิดนั้นๆ ในเบื้องต้นทางกองเรือควรเริ่มการบำบัดจากการใช้เทคโนโลยีทางการบำบัดน้ำโดยวิธีทางกล (mechanical treatment) ด้วยการกรองสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ออกก่อน จากนั้นจึงใช้การฉายรังสีแบบยูวี (UV Radiation treatment) มาใช้ในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งมักจะใช้ได้ผลกับจุลินทรีย์ขนาดเล็กหลากหลายรูปแบบ เนื่องจากประสิทธิภาพของการบำบัดด้วยวิธีทางกลนั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการฉายรังสียูวีที่ดี น้ำอับเฉาที่นำมาบำบัดนั้นควรมีความขุ่นค่อนข้างน้อย (low turbidity) เมื่อการฉายรังสียูวี รวมกับการเติมโอโซนซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นที่มีช่วยให้การฉายรังสียูวี มีประสิทธิภาพมากขึ้น นอกจากนั้นการใช้ความร้อนและการลดปริมาณออกซิเจนในน้ำอับเฉายังช่วยให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาได้ดียิ่งขึ้น

หลังจากการใช้เทคโนโลยี UV และการใช้โอโซนในการบำบัดเบื้องต้นแล้ว จะต้องใช้การฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เหลือโดยการใช้ปฏิกิริยาทางเคมี อันได้แก่ การใช้ยาฆ่าแมลงและสารเคมีที่เป็นพิษ (biocides) ในการกำจัดแบคทีเรียและจุลินทรีย์ การใช้สารเคมีประเภทโบรมีน, กรด,โซเดียมไฮโปคลอไรท์และสารประกอบที่มีส่วนผสมของคลอรีน เป็นต้น (Nakswatdi, 2018) วิธีการ electrolysis ถือเป็นการใช้ปฏิกิริยาเคมีอีกประเภทหนึ่งที่ได้รับความนิยมสูง เนื่องจากเป็นการผลิตสารคลอรีนออกมาจากน้ำทะเลโดยธรรมชาติในขณะที่เรือกำลังแล่นอยู่ทำให้เป็นการประหยัดต้นทุนในการเก็บและซื้อสารเคมีมาใช้

สิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาในการใช้เทคโนโลยีบำบัดน้ำอับเฉาบนเรือคือการลดผลกระทบจากสารพิษ (toxic) หรือสารพิษตกค้างที่เกิดจากปฏิกิริยาประเภทต่างๆให้เหลือในระบบนิเวศทางทะเลให้น้อยที่สุด สารพิษที่เกิดขึ้นจะต้องไม่ไปทำลายสภาพแวดล้อมและสิ่งมีชีวิตในท้องทะเล ดังนั้นประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นจึงต้องคำนึงถึงปริมาณสารตกค้างที่เกิดขึ้นนอกเหนือไปจากความสามารถในการกำจัดเชื้อโรค แบคทีเรียและจุลินทรีย์ด้วย

อย่างไรก็ดี เทคโนโลยีที่ผู้เขียนเห็นว่าเหมาะสมที่จะถูกนำมาใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาคือ การสร้างกรดไฮโปคลอรัส (Hypochlorous Acid) จากการทำปฏิกิริยาอิเล็กโทรลิซิส (electrolysis) ซึ่งเป็นกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้า ด้วยเครื่องมือที่ใช้แยกสารละลายด้วยไฟฟ้า (Jawjit, S, Jawjit, V, Piboon, P, Leamsawang, P & Kanchanapitak A, 2019) มีชื่อเรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรไลต์ หรือ อิเล็กโทรลิติกเซลล์ ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า (อิเล็กโทรด electrode) ภาชนะบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (D.C.) เช่น เซลล์ไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่ และเมื่อกระแสไฟฟ้าถูกส่งผ่านไปยังสารละลายที่มีคุณสมบัตินำไฟฟ้า คือ น้ำอับเฉา (H2O) ซึ่งประกอบไปด้วยคลอรีนอิสระ (free chlorine) และการใส่เกลือบริสุทธิ์ที่มีส่วนประกอบคือ โซเดียมคลอไรท์ (NaCl) ลงไปในน้ำอับเฉา จนก่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมี หรือเรียกว่าการออกซิเดชั่น (oxidation) ก็จะได้สารประกอบใหม่ขึ้นมา ได้แก่ Hypochlorous Acid (HOCl) และสารอื่น ๆ

กรดไฮโปคลอรัสมีความสามารถในการใช้กำจัดเชื้อไวรัส แบคทีเรีย จุลินทรีย์ และเชื้อโรคต่าง ๆ ได้ค่อนข้างมีประสิทธิภาพ โดยผลการทดลองจากการวิจัยการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ที่มีกรดไฮโปคลอรัสในการฆ่าเชื้อไวรัสประเภทต่าง ๆ พบว่ามีอัตราสำเร็จในการกำจัดไวรัสถึงร้อยละ 100 ในทุกๆสถานการณ์โดยอ้างอิงจาก Project Report - Evaluation of the “Anolyte Water” or “Neutral Electrolyzed Water” Disinfectant Solution on Inactivation of Avian Influenza Virus and Other Avian Viruses (Lu, 2020) จึงเป็นที่นิยมใช้กรดไฮโปคลอรัสในการบำบัดน้ำอับเฉาบนเรือพาณิชย์ เมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีอื่น ๆ ในตระกูลที่ใช้ในการบำบัดน้ำอับเฉาแล้ว ถือได้ว่ากรดไฮโปคลอรัสถือเป็นสารเคมีที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในการฆ่าเชื้อ เพราะกรดไฮโปคลอรัส ไม่มีประจุไฟฟ้า จึงสามารถเข้าไปทำลายผนังหุ้มเซลล์ของเชื้อโรคได้รวดเร็วกว่า จากบทความของวารสาร British Dental Journal (2018) กล่าวว่า กรดไฮโปคลอรัสสามารถฆ่าเชื้อไวรัส แบคทีเรีย เชื้อรา และสปอร์ ได้ภายใน 15 วินาที ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงกว่าสารฟอกขาวทั่วไปถึง 200-300 เท่าและยังเป็นสารเคมีที่มีความปลอดภัยต่อคนและสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศวิทยา

ตารางที่ 2 : ผลการใช้น้ำอิเล็กโทรไลต์ในการกำจัดไวรัสชนิดต่างๆในหลากหลายสถานการณ์ (Lu, 2020): Project Report - Evaluation of the “Anolyte Water” or “Neutral Electrolyzed Water” Disinfectant Solution on Inactivation of Avian Influenza Virus and Other Avian Viruses)

Aviation Respiratory	Neutral Electrolyzed Water at 1:2 -to- 1:5 dilutions			
Virus	10-15 min	30 min	60 min	120 min
AIV subtypes				
H1N1	100%	100%	100%	100%
H2N2	100%	100%	100%	100%
H3N3	100%	100%	100%	100%
H4N8	100%	100%	100%	100%
H5N2	100%	100%	100%	100%
H5N3	100%	100%	100%	100%
H5N9	100%	100%	100%	100%
H6N8	100%	100%	100%	100%
H7N2	100%	100%	100%	100%
H9N2	100%	100%	100%	100%
PMV				
PMV-1(NDV)	100%	100%	100%	100%
PMV-2	100%	100%	100%	100%
IBV strains				
Mass	100%	100%	100%	100%
Conn	100%	100%	100%	100%
Ark	100%	100%	100%	100%
Del	100%	100%	100%	100%
PA	100%	100%	100%	100%
Avian Enteric	Neutral Electrolyzed Water at 1:2 - to 1:5 dilutions			
Virus	5-10 min	30 min	60 min	120 min
FAV				
M2	100%	100%	100%	100%
LA/C	100%	100%	100%	100%
C229	100%	100%	100%	100%
KR5	100%	100%	100%	100%
Avian Reovrus				
10 field isolates	100%	100%	100%	100%
Avian Herpersvirus				
10 field isolates	100%	100%	100%	100%

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การสูบถ่ายน้ำอับเฉาเข้า-ออกจากตัวเรือของเรือเดินทะเล ถึงแม้จะเป็นความจำเป็นที่นายเรือต้องทำเพื่อรักษาเสถียรภาพการทรงตัวเรือและบูรณภาพความแข็งแรงของตัวเรือให้เกิดความปลอดภัยกับเรือขณะทำการบรรทุก ขนถ่ายสินค้า และการเดินทางในทะเลก็ตาม แต่ก็ส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศวิทยา ความหลากหลายทางชีวภาพและเป็นภัยคุกคามต่อสิ่งแวดล้อมทางทะเล ทำให้เกิดปัญหาการแพร่กระจาย ขยายพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ชนิดพันธุ์ต่างถิ่นรุกรานเข้ามาสู่สิ่งแวดล้อมใหม่ที่อาจทำให้ชนิดพันธุ์ท้องถิ่นหรือพันธุ์พื้นเมืองสูญพันธุ์ ก่อให้เกิดการสูญเสียต่อระบบเศรษฐกิจและสุขอนามัยของคนในท้องถิ่นทั่วภูมิภาคของโลก จึงเห็นควรว่าถึงเวลาแล้วที่จำเป็นจะต้องมีการควบคุมการสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือเดินทะเล ดังนั้นจึงนำไปสู่ข้อเสนอเพื่อการพัฒนาและป้องกันการสูญเสียระบบนิเวศชายฝั่งและสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทยต่อไป ดังนี้

1. ประเทศไทยโดยหน่วยงานผู้ทรงอำนาจคือ กรมเจ้าท่า ควรดำเนินการทำข้อตกลงกับประเทศในแถบภูมิภาคใกล้เคียง ที่เป็นพื้นที่ความเสี่ยงเดียวกัน (same risk area) ในการกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนถ่ายน้ำอับเฉาเรือร่วมกันในทะเลจีนใต้ ซึ่งควรห่างจากฝั่งอย่างน้อย 50 ไมล์ทะเลและที่ความลึกของน้ำอย่างน้อย 200 เมตร เพื่อให้เรือสินค้าที่จดทะเบียนเป็นเรือเดินทะเลวิ่งใกล้ฝั่ง (Vessel engaged on near-coastal voyages) ของแต่ละประเทศถือปฏิบัติก่อนวิ่งเข้าน่านน้ำหรือท่าเรือของแต่ละประเทศ โดยที่ไม่จำเป็นต้องติดตั้งเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาบนเรือ

2. เจ้าหน้าที่ประจำกลุ่มควบคุมเรือในเมืองท่า สำนักมาตรฐานเรือ กรมเจ้าท่า ในฐานะที่เป็นเจ้าหน้าที่ผู้มีอำนาจในการตรวจและควบคุมเรือในเมืองท่า (Port State Control Officer: PSCO) ควรเคร่งครัดในการตรวจสอบมาตรฐานและการใช้งานของเครื่องบำบัดน้ำอับเฉาของเรือต่างประเทศ (international voyage) ที่เข้ามาในท่าเรือของประเทศไทย ว่ามีมาตรฐานและประสิทธิภาพเป็นไปตามข้อกำหนดของอนุสัญญาฯ ที่ออกโดยองค์การทางทะเลระหว่างประเทศ

3. สมควรมีการแก้ไขกฎหมายเพื่อเข้าร่วมเป็นภาคีในอนุสัญญาระหว่างประเทศว่าด้วยการควบคุมและจัดการน้ำอับเฉาและตะกอนจากเรือ พ.ศ. 2547 และให้เกิดการบูรณาการในการบังคับใช้กฎหมายเพื่อป้องกันการสูญเสียระบบนิเวศชายฝั่งและสิ่งแวดล้อมทางทะเลของประเทศไทย โดยเห็นว่าควรแก้ไขเพิ่มเติมกฎหมายการเดินเรือในน่านน้ำไทยเพราะมีบทบัญญัติที่ใกล้เคียงและเกี่ยวข้องกับอนุสัญญาฉบับนี้ โดยจัดทำเป็น “ร่างพระราชบัญญัติการเดินเรือในน่านน้ำไทย” (Marine department, 2020 P.180-184.)

นอกจากนี้เมื่อผู้เขียนพิจารณาบทบัญญัติตามมาตรา 199 แห่งพระราชบัญญัติการเดินเรือในน่านน้ำไทย พระพุทธศักราช 2456 เห็นว่าหลักเกณฑ์ทางกฎหมายที่มีอยู่นั้นยังไม่เพียงพอที่จะใช้ควบคุมหรือจัดการกับการสูบถ่ายน้ำอับเฉาของเรือเดินทะเลได้ ดังนั้นจึงควรมีการแก้ไขเพิ่มรายละเอียดในวิธีการปฏิบัติตาม

พันธสัญญาฯ ไว้ในกฎหมายลำดับรอง โดยให้มีความสอดคล้องกับข้อบังคับของอนุสัญญาดังกล่าวด้วย

4. สมควรให้มีการส่งเสริมการทำวิจัยเพื่อสร้างเทคโนโลยีในการบำบัดน้ำอับเฉาเรือที่ได้มาตรฐานส่งออกไปขายยังต่างประเทศเพื่อใช้กับเรือเดินทะเลที่มีอยู่ทั่วโลก

เอกสารอ้างอิง

APHA, AWWA and WPCA. (1995). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*.

British Dental Journal (2018). Nature's own powerful, non-toxic disinfectant. *Br Dent J*. *224*(7), 553.

Carlton JT, Reid Dm and van LeeuwenH. *The role of shipping in the introduction of non-indigenous organisms to the coastal waters of the United States and the analysis of control options*. National.

Chelossi E and Faimali M. (2006) Comparative assessment of antimicrobial efficacy of new potential biocides for treatment of cooling and ballast waters. *SciTotalEnviron*. *356* (1-3),1-10.

Dang K, Yin P, Sun P and Song Y. (2003). *Application study of ballast water treatment by electrolyzing seawater*. IMO Proc 2nd Int Bal Wat Tr R&D Symp. P.103 – 111.

Gregg MD and Hallegraeff GM. (2007). Efficacy of three commercially available ballast water biocides against vegetative microalgae, dinoflagellate cysts and bacteria. *Harmful Algae*. *6*(4), 567 – 584.

Hemawong, E. (2019). Ballast Water Treatment: Sustainable maritime transportation. *TSA Maritime Directory 2018-2019*, 38-39.

Ichikawa S, Wakao Y and Fukuyo Y. (1992). Extermination efficacy of hydrogen peroxide against cysts of red tide toxic dinoflagellates and its adaptability to ballast water of cargo ships. *Nip Su Gak*. *58*(12), 2229–2233.

Jawjit, S, Jawjit, V, Piboon, P, Leamsawang, P and Kanchanapitak, A. (2019). Application of Acidic Electrolyte Water for Disinfection In Water Supply Treatment". *KKU Sci J*. *47*(3), 520-528.

Jorquera, M.A., G. Valencia, M. Eguchi, M. Katayose and C. Riquelme. (2002). Disinfection of seawater for hatchery aquaculture systems using electrolytic water treatment. *Aquaculture*. *207*(3), 213-224.

Jones AC, Gensemer RW. (2006). Stubblefield WA, van Genderen E, Dethloff GM and Cooper WJ, Toxicity of ozonated seawater to marine organisms. *Environ Toxic Chem*. *25*(10), 2683 – 2691.

Lu, Huaguang, Evaluation of the "Anolyte Water" or "Neutral Electrolyzed Water" Disinfectant Solution on Inactivation of Avaian Influenza Virus and Other Avian Viruses 2020.

Marine department. (2020). *The International Convention for the Control and Management of Ships' Ballast Water and Sediments 2004:* BWM Convention. P.180-184.

Montani S, Meksumpun L and Ichimi K.(1995). Chemical and physical treatments for destruction of phytoflagellate cysts. *J Marine Biotechnol*. *2*(4), 179–181.

Nakswatdi. (2018). *Safety of using Sodium hypochlorite in Ice factories*. Department of industrial works.

Oemcke DJ and van Leeuwen J. (2005). Ozonation of the marine dinoflagellate alga Amphidinium sp.–implications for ballast water disinfection. *Water Res. 39*(20), 5119 – 5125.

Sassi J, Viitasalo S, Rytko ¨nen J and Leppa ¨koski E. (2005). Experiments with ultraviolet light, ultrasound and Ozone technologies for onboard ballast water treatment. *VTT Tiedotteita- Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus. 2313*(2313), 1 – 86.

Tsolaki, E., & Diamadopoulos, E. (2010). Technologies for ballast water treatment: a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology. 85*(1), 19-32.

Viitasalo S, Sassi J, Rytko ¨nen J and Leppa ¨koski E. (2005). Ozone, ultraviolet light, ultrasound and hydrogen peroxide as ballast water treatments–experiments with mesozooplankton in low-saline brackish water. *J Marine Environ Eng. 8*(2), 35 – 55.

Xiangpeng K, Yimin Z, Manxia Z, Xuejing S and Wei Z. (2007). Simulated experiment on minimizing the presence chlorella and bacteria in ballast water by combination of micro-hole filtration and UV radiation. *J Adv Oxid Technol. 10*(1), 186 – 188.