บทความ: มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย

สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ [1], อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์ [2], เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์ [3,*], จงรักษ์ ผลประเสริฐ [4]

[1] สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[2] คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล

[3] ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[4] คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

* E-mail: jenyuk.l@chula.ac.th

การอ้างอิง: สุทธิรัตน์ กิตติพงษ์วิเศษ, อาทิตย์ เพ็ชร์รักษ์, เจนยุกต์ โล่ห์วัชรินทร์, จงรักษ์ ผลประเสริฐ. (2562). มลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสีย. วารสารสิ่งแวดล้อม, ปีที่ 23 (ฉบับที่ 1).

---

1. บทนำ

ปัจจุบัน ภาคอุตสาหกรรมของประเทศไทยมีการใช้พลาสติกเป็นสารตั้งต้นการผลิตในเกือบทุกสาขาและผลิตภัณฑ์ อาทิ บรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนวัสดุก่อสร้าง ขนส่งยานยนต์ เฟอร์นิเจอร์ เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิคส์ เครื่องใช้ในครัวเรือน และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ จากข้อมูลรายงานสถิติการผลิตพลาสติกของประเทศพบว่าการใช้ประโยชน์พลาสติกเป็นวัสดุสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ (Packaging) มีสัดส่วนสูงสุดและเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดขยะมากที่สุด โดยสถาบันพลาสติกรายงานข้อมูลการใช้พลาสติกเพื่อผลิตบรรจุภัณฑ์ ในปี พ.ศ. 2558 สูงถึง 2.048 ล้านตัน ในจำนวนนี้ประกอบด้วยการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทถุง 0.476 ล้านตัน การผลิตถาดโฟม 0.09 ล้านตัน และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น กล่อง ถ้วย 1.482 ล้านตัน ตามลำดับ โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา พบว่าขยะพลาสติกเกิดขึ้นในประเทศทั้งสิ้นร้อยละ 12 ของปริมาณขยะทั้งหมด หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน โดยตัวอย่างขยะพลาสติกที่พบส่วนใหญ่ในสิ่งแวดล้อม ได้แก่ ถุงพลาสติกประเภทถุงร้อน ถุงเย็น ถุงหูหิ้วที่ทำจากพลาสติกประเภท Polypropylene High-Density-Polyethylene และ Low-Density-Polyethylene เป็นต้น

นอกเหนือจากขยะพลาสติกขนาดใหญ่ที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมแล้วนั้น ปัจจุบัน มักพบการปนเปื้อนของขยะพลาสติกที่มีขนาดเล็กซึ่งเกิดจากการแตกตัว (disintegration) การหลุดลอกของเนื้อพลาสติกขนาดใหญ่ โดยเฉพาะพลาสติกในกลุ่ม Oxo-biodegradable หรือ Oxo-fragmentable เช่นพลาสติกในกลุ่ม Polyethylene Polystyrene และ Polyvinyl chloride ซึ่งแตกตัวออกเป็นชิ้นเล็ก ๆ รวมไปถึงขยะพลาสติกที่มีอนุภาคขนาดเล็กตั้งแต่เริ่มแรกปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม และเข้าสู่ห่วงโซ่อาหารของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะมลสารประเภทไมโครพลา

สติกที่มีขนาดอนุภาคเล็กกว่า 5 มม. ซึ่งมักใช้เป็นสารตั้งต้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ไมโครบีด (Microbeads) เม็ดบีดสครับ ของผลิตภัณฑ์หรือสารเติมแต่งในเครื่องสำอางและเวชภัณฑ์พวกยาสีฟัน แชมพู ครีมขัดผิว ครีมโกนหนวด รวมไปถึงเส้นใยสังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์สิ่งทอในแหล่งน้ำ แม่น้ำและทะเล โดยทั่วไปแล้ว ธรรมชาติของไมโครพลาสติกคือมีขนาดอนุภาคเล็ก เบาและลอยน้ำได้จึงมักหลุดรอดจากกระบวนการบำบัดน้ำเสียและไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ

นอกจากนี้ ยังเป็นสารตกค้างในสิ่งแวดล้อม สะสมได้ในห่วงโซ่อาหารและมีความเป็นพิษ (Persistent bio-accumulative and toxic substances: PBTs) เนื่องจากอนุภาคดังกล่าวสามารถดูดซับมลสารชนิดอื่นที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำได้ อาทิ โลหะหนัก สารมลพิษที่ตกค้างยาวนานในสิ่งแวดล้อม (Persistent organic pollutants: POPs) ไฮโดรคาร์บอนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ เช่น Polychlorinated Biphenyls (PCBs) เป็นต้น ทั้งนี้ การรวมตัวกันของอนุภาคไมโครพลาสติกและมลสารที่มีความเป็นพิษส่งผลต่อคุณภาพน้ำแหล่งน้ำและห่วงโซ่อาหารอาจนำไปสู่ผลกระทบที่อาจมีต่อสุขภาพอนามัยของผู้บริโภคหรือสัมผัสมลสารเหล่านั้นที่พบในแหล่งน้ำ เกิดความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัย การเปลี่ยนแปลงของยีนและระบบพันธุกรรม รวมไปถึงศักยภาพในการก่อให้เกิดโรคมะเร็ง เป็นต้น ถึงแม้ว่ากิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์เป็นสาเหตุสำคัญของการปนเปื้อนมลสารประเภทไมโครพลาสติกในสิ่งแวดล้อม เช่น การใช้เครื่องสำอางและเวชภัณฑ์ในชีวิตประจำวัน หรือการซักผ้าที่มีเส้นใยพลาสติกเป็นองค์ประกอบ ล้วนแต่เป็นสาเหตุของการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในน้ำเสียชุมชนซึ่งระบบบำบัดไม่สามารถกำจัดและบำบัดมลสารดังกล่าวได้ทั้งหมด อย่างไรก็ดี มีงานวิจัยในต่างประเทศหลายแห่งได้ศึกษารวบรวมและประมวลองค์ความรู้เกี่ยวกับมลสารประเภทไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสียดังต่อไปนี้

2. ชนิดและแหล่งกำเนิดไมโครพลาสติกที่พบปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม

ไมโครพลาสติก หมายรวมถึง อนุภาคพลาสติกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กกว่า 5 มม. มีแหล่งกำเนิดมาจากพลาสติกที่ใช้เป็นสารตั้งต้นที่ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมเคมี ได้แก่ เม็ดพลาสติกที่ใช้ในการผลิตและสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น สารตั้งต้นประเภท Polyethylene Polypropylene Polystyrene (Fendall and Sewell, 2009) และ ไมโครพลาสติกที่ใช้เป็นสารตั้งต้นของผลิตภัณฑ์เวชสำอาง อาทิ ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางที่ใช้ชำระล้าง (Rinse-off cosmetic) รวมถึง ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและผลัดเซลล์ผิวหน้า ได้แก่ เม็ดบีดส์ (Microbeads/ scrubbers) ที่พบในโฟมล้างหน้า สบู่อาบน้ำ ยาสีฟัน แชมพูสระผม เป็นต้น โดยทั่วไปมักพบในรูปร่างทรงกลม ทรงรี หรือมีรูปร่างไม่แน่นอน มักผลิตจากวัสดุพอลิเมอร์หรือพลาสติกชนิดต่างๆ ที่ไม่สามารถย่อยสลายทางธรรมชาติในระยะเวลาอันสั้นและยังหมายรวมถึงการย่อยสลายของขยะพลาสติกชิ้นใหญ่ ขยะที่มีเส้นใยหรือมีพลาสติกเป็นองค์ประกอบเองอีกด้วย สำหรับสถานการณ์ปัจจุบันสภาผู้แทนราษฎรของประเทศสหรัฐอเมริกาได้อนุมัติพระราชบัญญัติว่าด้วยการปลอดเม็ดไมโครบีด ในแหล่งน้ำ

(The Microbead Free Water Act 2015) โดยมีสาระสำคัญในการห้ามผลิต จำหน่ายผลิตภัณฑ์ที่มีส่วนผสมของไมโครบีดดังกล่าวและมีผลบังคับใช้ในปี ค.ศ. 2017 สำหรับชนิดไมโครพลาสติกจำแนกตามธรรมชาติของอนุภาคและแหล่งกำเนิดสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มดังนี้

Primary microplastic หมายถึง ไมโครพลาสติกที่มีการผลิตเป็นพลาสติกขนาดเล็กมาตั้งแต่ต้น เช่นเม็ดพลาสติกที่นำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้นของการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก เช่น พลาสติกเอทิลีนโพรพิลีน โพลี สไตรีน เป็นต้น หรือไมโครบีดที่ใช้เป็นส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางและเวชภัณฑ์ โดยมากพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกดังกล่าวจากการทิ้งของเสียโดยตรงจากบ้านเรือนลงสู่แหล่งน้ำเสียชุมชน

Secondary microplastic หมายถึง ไมโครพลาสติกที่เกิดจากพลาสติกขนาดใหญ่ซึ่งสะสมในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน เกิดการย่อยสลาย แตกหักกลายเป็นอนุภาคหรือชิ้นส่วนขนาดเล็กในสิ่งแวดล้อม

3. การเคลื่อนที่ของมลสารไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำ

การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำมักเกิดจากกิจกรรมการอุปโภคผลิตภัณฑ์หรือเวชสำอางที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งเมื่อมีการใช้ผลิตภัณฑ์หนึ่งครั้งจะก่อให้เกิดการปล่อยไมโครพลาสติกหรือเม็ด ไมโครบีดส์ลงสู่ท่อระบายน้ำประมาณ 4,594-95,000 เม็ด และพบการปนเปื้อนในแหล่งน้ำเสียชุมชนและแหล่งอุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติก ทั้งนี้ มีการคาดการณ์อัตราการทิ้งของเสียประเภทไมโครพลาสติกลงสู่แหล่งน้ำประมาณ 40.5-215 มก.ต่อคน·วัน หรือ 16-86 ตันต่อปี (Napper, 2015) โดยเส้นทางการเคลื่อนที่ของมลสารในแหล่งน้ำมักผ่านเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน และเนื่องจากอนุภาคของไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กและเบาจึงมักลอดผ่านกระบวนการบำบัดในขั้นต่าง ๆ และปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติในที่สุด ส่วนอนุภาคของไมโครพลาสติกส่วนหนึ่งที่มีไบโอฟิล์มมาเกาะบนพื้นผิวในขณะที่เคลื่อนที่ในระบบรวบรวมและระบบบำบัดน้ำเสียจะมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นและสามารถตกตะกอนลงได้ อนุภาคส่วนนี้จะสะสมในรูปแบบของสลัดจ์

โดยงานวิจัยของ Ziajahrom et al. (2017) ได้ศึกษาไมโครพลาสติกในน้ำที่ผ่านระบบบำบัดน้ำเสียของเมืองซิดนีย์ ประเทศออสเตรเลีย 3 แห่ง ได้แก่ 1) WWTP (A): น้ำผ่านการบำบัดด้วยการบำบัดขั้นต้น 2) WWTP (B): น้ำผ่านการบำบัดขั้นต้นและขั้นที่สอง และ 3) WWTP (C): น้ำผ่านการบำบัดขั้นต้น ขั้นที่สาม และ ระบบ RO จากนั้นจึงเตรียมตัวอย่างสำหรับจำแนกคุณลักษณะของอนุภาค (Characterization) ด้วยกล้องจุลทรรศน์อินฟราเรด (Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) ผลการศึกษาตรวจพบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate แบบ Fibers และ Polyethylene แบบ Irregular shape ในสัดส่วนสูงที่สุด โดยแหล่งกำเนิดของไมโครพลาสติกดังกล่าวอาจจะเกิดจากการใช้ผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์ เช่น ยาสีฟัน แชมพู รวมไปถึงการทำความสะอาด ซักล้างเสื้อผ้าที่มีเส้นใยพลาสติกเป็นองค์ประกอบ

ทั้งนี้ ตัวอย่างน้ำที่เก็บจาก WWTP (A) พบไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene terephthalate แบบ Fibers สูงที่สุด (80%) รองลงมาคือ ไมโครพลาสติกชนิด Polyethylene ในกลุ่มสีน้ำเงิน (20%) โดยขนาดอนุภาคที่พบอยู่ในช่วง 25-500 ไมโครเมตร (มคม.) ส่วนตัวอย่างน้ำที่เก็บจาก WWTP (B) พบ Polyethylene terephthalate (35%) Nylon (blue and red) (28%) Polyethylene (23%) Polypropylene (10%) และ Polystyrene (4%) สำหรับ Polyethylene ที่ตรวจพบส่วนใหญ่มีรูปร่างกลมคล้ายไมโครบีดส์ที่พบในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางเวชภัณฑ์

นอกจากนี้ ผลศึกษาพบว่าความเข้มข้นของไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สองมีค่าลดลงประมาณ 66% เมื่อเทียบกับตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นแรก โดยคาดการณ์ว่า WWTP (B) จะมีการปล่อยน้ำเสียที่มีไมโครพลาสติกปนเปื้อนลงมหาสมุทรประมาณ 8.16 x 106 หน่วยต่อวัน ส่วนผลการศึกษาตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดขั้นต้น ขั้นที่สาม และ ระบบ RO ใน WWTP (C) พบ Polyethylene terephthalate แบบ Fibers มากที่สุดเมื่อเทียบกับไมโครพลาสติกชนิดอื่น โดยตรวจพบในระบบบำบัดขั้น ที่สาม (65% ของไมโครพลาสติกที่พบ) และระบบ RO (88% ของไมโครพลาสติกที่พบ) ตามลำดับ จากที่กล่าวมาข้างต้นเนื่องจากไมโครพลาสติกมีขนาดเล็กมากและมีความเบาทำให้อนุภาคดังกล่าวมีการแพร่กระจายในระยะทางไกล (Long-range transport) ในแหล่งน้ำ หากแต่ กระบวนการติดตาม ตรวจวัดและเฝ้าระวังการปนเปื้อนของมลสารดังกล่าวจึงมีความจำกัด ทั้งนี้ งานวิจัยหลายชิ้นตรวจพบการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำธรรมชาติหลายแห่งทั้งในทวีปเอเชีย ยุโรปและอเมริกา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1

การสะสมของไมโครพลาสติกย่อมส่งผลต่อระบบนิเวศวิทยาและแหล่งน้ำ โดยเฉพาะการเคลื่อนย้ายของมลสาร และการย่อยสลายของไมโครพลาสติกเองทำให้อนุภาคมีขนาดเล็กลงทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นและเพิ่มโอกาสในการดูดซับมลสารชนิดอื่นที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำได้มากขึ้น อีกทั้ง ไมโครพลาสติกยังมีคุณสมบัติแบบ Hydrophobic จึงดูดซับสารอินทรีย์ในน้ำเสียได้ดี หรืออาจกล่าวได้ว่า ไมโครพลาสติกขนาดเล็กดังกล่าวมักทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการสะสมและเคลื่อนย้ายสารพิษชนิดอื่นที่ปนเปื้อนในระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น กลุ่มสารอินทรีย์ที่มีการตกค้างยาวนาน ได้แก่ Aldrin, Chlordane, DDT, Dieldrin, Heptachlor, Mirex และ Toxaphene ที่มักพบในกลุ่มยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืช หรือ สารในกลุ่ม Hexachlorobenzene และ Polychlorinated biphenyls ซึ่งมักพบในสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตอุตสาหกรรม เป็นต้น

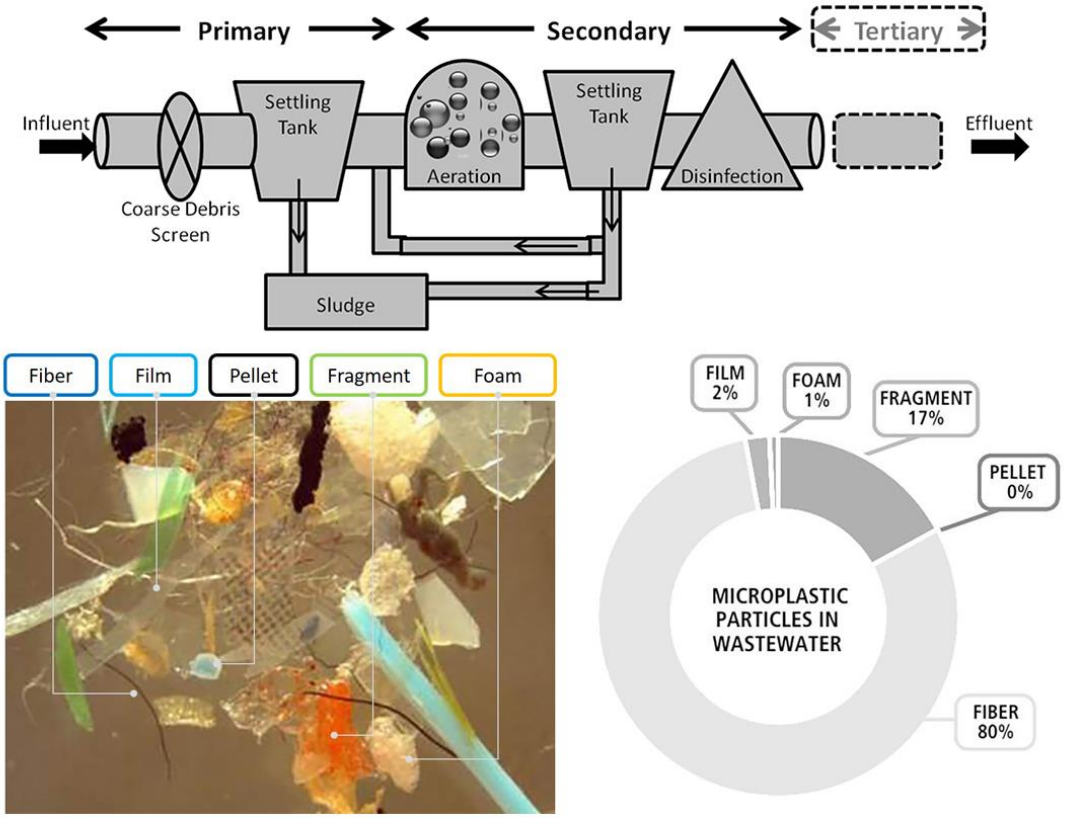
ตารางที่ 1 รายงานข้อมูลการตรวจพบไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำธรรมชาติ จำแนกตามแหล่งที่พบและขนาดของอนุภาค

แหล่งน้ำ/ภูมิภาคที่ตรวจพบ	ขนาดอนุภาค/ตัวอย่างที่พบ	อ้างอิง
Lake Hovsgol, ประเทศมองโกเลีย : เอเชีย	0.355-0.999 มม., 1.00 -4.749 มม., >4.75 มม. Sampling mesh: 333 มคม.	Free et al., 2014
Lake Geneva : ยุโรป	<2 มม., <5 มม. (ตะกอนดิน) <5 มม., >5 มม. (น้ำ) Sampling mesh: 300 มคม.	Faure et al., 2012
Lake Garda, ประเทศอิตาลี : ยุโรป	9-500 มคม., 500 มคม. - 1 มม., 1-5 มม., >5 มม.	Imhof et al., 2013
Danube river, ประเทศออสเตรีย : ยุโรป	<2 มม., 2-20 มม. Sampling mesh: 500 มคม.	Lechner et al., 2014
Tamar estuary, ประเทศอังกฤษ : ยุโรป	1 มม., 1-3 มม., 3-5 มม., >5 มม. Sampling mesh: 300 มคม.	Sadri and Thompson, 2014
Lakes Superior, Huron, and Erie, ประเทศแคนาดา อเมริกา : อเมริกา	0.355-0.999 มม., 1.00-4.749 มม., >4.75 มม. Sampling mesh: 333 มคม.	Eriksen et al., 2013

สารดังกล่าวมีความเป็นพิษและปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมและน้ำเสียได้หลายทางทั้งจากท่อระบายน้ำทิ้งครัวเรือน ชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม รวมไปถึงระบบกำจัดกากและหลุมฝังกลบ เป็นต้น และถึงแม้ผลกระทบดังกล่าวกำลังเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญ หากแต่ประเทศไทยยังขาดการตรวจสอบ ติดตามและเฝ้าระวังการปนเปื้อนของมลสารดังกล่าว รวมไปถึงการศึกษาและพัฒนางานวิจัยที่นำไปสู่การพัฒนาวิธีวิเคราะห์ที่ถูกต้องและเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ปนเปื้อนจริงได้

4. การตรวจวัดมลสารไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย

สถานการณ์และการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียส่วนใหญ่เริ่มมีการศึกษาอย่างแพร่หลายในต่างประเทศอยู่บ้างโดยเป็นการตรวจวิเคราะห์ จำแนกคุณลักษณะ รวมไปถึงระบุแหล่งกำเนิดของไมโครพลาสติกที่ตรวจพบได้ เป็นต้น เนื่องจากฐานข้อมูลวิจัยของประเทศไทยที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อดังกล่าวมีอยู่อย่างจำกัด และวิธีการและมาตรฐานที่ใช้สำหรับวิเคราะห์ (Analytical methods) ยังไม่มีการกำหนดแน่ชัดทั้งภายในประเทศและต่างประเทศ รูปภาพที่ 1 แสดงเส้นทางการเคลื่อนที่ของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสีย และพิจารณาตามชนิดและสัดส่วนไมโครพลาสติกที่พบในแหล่งน้ำเสียแล้วพบว่า ไมโครพลาสติกแบบ Fiber มีอยู่มากในระบบบำบัดน้ำเสียหลายแห่ง และรองลงมาคือ แบบ Fragment (San Francisco Estuary Institute, 2015)



รูปภาพที่ 1 เส้นทางการเคลื่อนที่และสัดส่วนไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสีย จำแนกตามชนิดและประเภทมลสาร

ที่มา: Mason et al. (2016), San Francisco Estuary Institute (2015), Cosmeticsinfo (2017)

เช่นเดียวกับผลงานวิจัยของ Mason et al. (2016) ซึ่งทำการศึกษาสถานการณ์ไมโครพลาสติกในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยเก็บตัวอย่างน้ำทั้งสิ้น 90 ตัวอย่างจากระบบบำบัดน้ำเสีย 17 แห่ง ผลศึกษาตรวจพบไมโครพลาสติกในรูปแบบ Fibers สูงที่สุด (ร้อยละ 59) รองลงมาคือแบบ Fragment (33%) พบบางส่วนในรูปแบบ Film (5%) แบบ Foam (2%) และ แบบ Pellet (1%) ขนาดของอนุภาคในภาพรวมมีขนาดเล็ก (0.125–0.355 มม.) ตัวอย่างผลการศึกษาวิจัยในช่วงเวลาที่ผ่านมาสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

Estahbanati et al. (2016) ได้ศึกษาการปนเปื้อนของไมโครพลาสติกในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน 4 แห่งในเมืองนิวเจอร์ซีย์ ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยจำแนกไมโครพลาส ติกออกเป็นกลุ่ม Primary และ Secondary microplastic ตามโครงสร้างและลักษณะของอนุภาคที่สังเกตได้ ผลการศึกษาพบว่าตัวอย่างน้ำเสียที่เก็บจากระบบบำบัดตรวจพบมลสารในกลุ่ม Secondary microplastic ในปริมาณที่มากกว่า Primary microplastic โดยเฉพาะอนุภาคขนาด 125, 250 และ 500 มคม. ขณะเดียวกัน ความเข้มข้นของมลสารในกลุ่ม Primary microplastic ที่พบในตัวอย่างที่เก็บจากปลายน้ำมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเทียบกับตัวอย่างจากต้นน้ำ

Talvitie al. (2015) รายงานว่าระบบบำบัดน้ำเสียอาจเป็นเส้นทางหนึ่งที่ทำให้เกิดการปนเปื้อนไมโครพลาสติกในแหล่งน้ำทะเล ผลศึกษาตรวจพบไมโครพลาสติกแบบ Fiber และ Particle ทั้งในตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นที่สามและตัวอย่างน้ำทะเลในประเทศฟินแลนด์ โดยไมโครพลาสติกแบบ Fiber ส่วนใหญ่ถูกกำจัดในถังตกตะกอนขั้นต้น ขณะที่ไมโครพลาสติกแบบ Particle ส่วนใหญ่ตกตะกอนในถังตกตะกอนขั้นที่สอง และผลการวิเคราะห์ตัวอย่างไมโคร พลาสติกในน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดตรวจพบพลาสติกแบบ Fiber 4.9 (±1.4) หน่วยต่อลิตร และแบบ Particle 8.6 (±2.5) หน่วยต่อลิตร ตามลำดับ

Dyachenko et al. (2016) ทำการศึกษามลสารประเภทไมโครพลาสติกที่พบในตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดขั้นที่สองและระบุชนิดของไมโครพลาสติก โดยเก็บตัวอย่างน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบผสมรวมแล้วกรองด้วยตะแกรงร่อนขนาดต่างๆ เพื่อคัดขนาดอนุภาคตัวอย่าง ได้แก่ 0.125 0.355 1 และ 5 มม. จากนั้น จึงวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีการสกัดอ้างอิงตาม National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) Protocol จากนั้นจึงจำแนกลักษณะอนุภาคด้วย FTIR ผลการวิเคราะห์ตรวจพบไมโครพลาสติกจำพวก Polyacrylate, Poly(octadecyl methacrylate) โดยตัวอย่างที่พบส่วนมากมีสีดำและพบอนุภาคอยู่ในช่วง 0.125-0.355 มม. นอกจากนี้ ยังตรวจพบไมโครพลาสติกประเภท Poly(styrene-isoprene) Polyamide Polyacrylonitrile และ Poly(vinyl acetate) ในตัวอย่างที่ทำการศึกษาอีกด้วย

Thompson (2004) ตรวจพบ Secondary microplastic ในตัวอย่างน้ำและตะกอนที่เก็บจากปากแม่น้ำในเมือง Plymouth ประเทศอังกฤษ ทั้งสิ้น 9 ชนิด ได้แก่ Acrylic, Alkyd, Poly (ethylene: propylene), Polyamide (Nylon), Polyester, Polyethylene, Polymethylacrylate, Polypropylene, และ Polyvinyl-alcohol

Leslie et al. (2017) ได้ทำการตรวจวัดและวิเคราะห์ความเข้มข้นของไมโครพลาสติกที่พบในน้ำเสียและกากตะกอนในระบบน้ำเสียทั้ง 7 แห่งในประเทศเนเธอร์แลนด์ ส่วนใหญ่พบอนุภาคไมโครพลาสติก 3 รูปแบบ ได้แก่ แบบ Fiber แบบ Sphere และแบบ Foil ทั้งนี้ พบอนุภาคแบบ Fiber มากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอนุภาคชนิดอื่น

Magnusson & Norén (2014) ได้ศึกษาและวิเคราะห์สถานการณ์การปนเปื้อนไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียแห่งหนึ่งในเมือง Lysekil ของประเทศสวีเดนที่มีการปล่อยน้ำที่ผ่านการบำบัดลงสู่ทะเลและสังเกตเส้นทางการเคลื่อนที่ของมลสารในแหล่งน้ำนั้น โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัด กากตะกอน และตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัด ผลการศึกษาตรวจพบปริมาณไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัดสูงถึง 1,500 หน่วยต่อ ลบ.ม. ในขณะที่พบไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำหลังการบำบัด 8 หน่วยต่อ ลบ.ม. โดยตรวจพบอนุภาคแบบ Fiber มากที่สุด รองลงมาคือ แบบ Fragment และ แบบ Flake ตามลำดับ และพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียในการศึกษากำจัดไมโครพลาสติกได้ถึง 99.9% นอกจากนี้ ผลวิเคราะห์จาก FTIR ทำให้ทราบถึงสีและชนิดของไมโครพลาสติก เช่น ตัวอย่างน้ำก่อนการบำบัดพบไมโครพลาสติกสีแดงและขาวจำพวก Thermoset plastic / Aliphatic polyester resin ขณะที่ตัวอย่างน้ำหลังการบำบัดพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงิน สีขาวและพลาสติกกึ่งโปร่งแสงจำพวก Polyethene และ Polypropene เป็นต้น

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์มลสารไมโครพลาสติกในตัวอย่างน้ำเสียที่ตรวจพบในแต่ละขั้นตอนการบำบัด (Carr et al., 2016)

ตำแหน่ง	ปริมาณตัวอย่าง	ปริมาณไมโครพลาสติก	ประมาณการณ์ไมโครพลาสติกต่อวัน
Grit	2.1 ก.	1	7.78×10^6
1st Skimming	5 ก.	20	-
2nd Skimming	5 ก.	-	-
Centrate thickening system (CTS) influent	100 มล.	51	-
Thickened centrate	100 มล.	267	-
Biosolids	5 ก.	5	1.09×10^9
Final effluent	4.23×10^5 ลิตร	373	0.93×10^6
Grit + biosolids + final effluent	-	-	1.10×10^9 ต่อวัน
Grit + biosolids	-	-	1.10×10^9 ต่อวัน (99.9% removal by the plant)
Influent	-	-	1 หน่วยต่อลิตร

Carr et al. (2016) ศึกษารูปแบบการเคลื่อนที่ของไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชน ผลการศึกษาพบว่าไมโครพลาสติกส่วนใหญ่ถูกกำจัดในกระบวนการบำบัดน้ำเสียขั้นต้น โดยเฉพาะขั้นตอนการตักกวาด (Skimming) การตกตะกอน (Sludge settling process) ส่วนมากพบไมโครพลาสติกสีน้ำเงินจำพวก Polyethylene ใน Primary skimmer และกระบวนการบำบัดขั้นที่สองซึ่งมีประสิทธิภาพการบำบัดมลสารดังกล่าวสูงถึง 99.9% โดยผลวิเคราะห์ปริมาณไมโครพลาสติกที่ตรวจพบในแต่ละกระบวนการบำบัดน้ำเสียแสดงดังตารางที่ 2

5. บทสรุปและอภิปราย

แม้ว่าประเด็นมลสารไมโครพลาสติกกำลังเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่ใหม่และมีความท้าทายในเชิงวิศวกรรมและการจัดการ อย่างไรก็ดี การรวบรวมฐานข้อมูลสถานการณ์ปัจจุบันและพัฒนางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับไมโครพลาสติกภายในประเทศ โดยเฉพาะการศึกษาเกี่ยวกับสถานการณ์การปนเปื้อนมลสารประเภท ไมโครพลาสติกในระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนและเทคโนโลยีการบำบัดที่เกี่ยวข้องยังมีอยู่จำกัด

ด้วยเหตุนี้ การศึกษาเพื่อวิเคราะห์ความเข้มข้นและปริมาณไมโครพลาสติก การจำแนกลักษณะทางกายภาพและเคมีของมลสารประเภทไมโครพลาสติกที่พบในแหล่งน้ำเสียดิบ การเคลื่อนย้ายของมลสารในแต่ละ

ขั้นตอนการบำบัดของระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงความเป็นไปได้ในการวิเคราะห์ผลกระทบของปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศที่อาจส่งผลต่อมลสารประเภทไมโครพลาสติกที่พบในแหล่งน้ำเสียดิบและระบบบำบัดน้ำเสียจึงเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญในการพัฒนาข้อเสนอแนะเชิงเทคนิคและนโยบายแก่หน่วยงานรับผิดชอบในการเฝ้าระวังและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนที่เหมาะสม เพื่อบรรเทาผลกระทบจากการปนเปื้อนไมโครพลาสติก รวมถึงการเพิ่มขีดความสามารถในการรับมือต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศและปัญหาที่เกี่ยวข้องอาศัยการบูรณาการองค์ความรู้ด้านอุตุนิยมวิทยาที่สัมพันธ์กับข้อมูลทางอุทกวิทยา (Meteorological and hydrological data) อย่างเหมาะสมและครอบคลุมทุกมิติ

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนรัชดาภิเษกสมโภช ปีงบประมาณ 2561 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โครงการวิจัยภายใต้แผนบูรณาการวิจัย นวัตกรรม ยุทธศาสตร์การวิจัยเป้าหมายที่ 2 ยุทธศาสตร์ชาติ ที่สนับสนุนการดำเนินโครงการวิจัยและบทความวิชาการนี้

เอกสารอ้างอิง

Carr, S. A., Liu, J., & Tesoro, A. G. (2016). Transport and fate of microplastic particles in wastewater treatment plants. Water Res, 91, 174–182. https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.01.002

Cosmeticsinfo. (2017). Understanding Microplastic Litter. Retrieved from http://www.cosmeticsinfo.org/microplastic.

Dyachenko, A., Mitchell, J., & Arsem, N. (2017). Extraction and identification of microplastic particles from secondary wastewater treatment plant (WWTP) effluent. Anal Method,. 9(9), 1412–1418.

Eriksen, M., Mason, S., Wilson, S., Box, C., Zellers, A., Edwards, W., Farley, H., Amato, S. (2013). Microplastic pollution in the surface waters of the Laurentian Great Lakes. Mar Pollut Bull, 77, 177-182.

Estahbanati, S., & Fahrenfeld, N. L. (2016). Influence of wastewater treatment plant discharges on microplastic concentrations in surface water. Chem, 162, 277–284. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.07.083

Faure, F., Corbaz, M., Baecher, H., de Alencastro, L. (2012). Pollution due to plastics and microplastics in Lake Geneva and in the Mediterranean Sea. Arch Des Sci, 65, 157-164.

Free, C.M., Jensen, O.P., Mason, S.A., Eriksen, M.,Williamson, N.J., Boldgiv, B. (2014). High-levels of microplastic pollution in a large, remote, mountain lake. Mar Pollut Bull, 85 (1), 156-163.

Imhof, H.K., Ivleva, N.P., Schmid, J., Niessner, R., Laforsch, C. (2013). Contamination of beach sediments of a subalpine lake with microplastic particles. Curr Biol, 23 (19), R867-R868.

Lechner, A., Keckeis, H., Lamesberger-Loisl, F., Zens, B., Krusch, R., Tritthart, M., Glas, M., Schludermann, E. (2014) The Danube so colourful: a potpourii of plastic litter outnumbers fish larvae in Europe's second largest river. Environ. Pollut. 188, 177-181.

Leslie, H. A., Brandsma, S. H., van Velzen, M. J. M., & Vethaak, A. D. (2017). Microplastics en route: Field measurements in the Dutch river delta and Amsterdam canals, wastewater treatment plants, North Sea sediments and biota. Environment International, 101, 133–142. https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.01.018

Magnusson, K., & Norén, F. (2014). Screening of microplastic particles in and down-stream a wastewater treatment plant. IVL Swedish Environmental Research Institute. C 55, 22. https://doi.org/naturvardsverket-2226

Mason, S. A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J., Rogers, D. L. (2016). Microplastic pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. Environ Pollut, 218, 1045–1054. https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056

Napper, I. E., Bakir, A., Rowland, S. J., & Thompson, R. C. (2015). Characterisation, quantity and sorptive properties of microplastics extracted from cosmetics. Mar Pollut Bull, 99(1–2), 178–185. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.07.029

Sadri, S.S., Thompson, R.C. (2014). On the quantity and composition of floating plastic debris entering and leaving the Tamar Estuary, Southwest England. Mar Pollut Bull, 81 (1), 55-60.

San Francisco Estuary Institute (2015). Microplastic Contamination in San Francisco Bay - Fact Sheet. Retrieved from http://www.sfei.org/sites/default/files/biblio_files/MicroplasticFacts.pdf

Talvitie, J., Heinonen, M., Pääkkönen, J. P., Vahtera, E., Mikola, A., Setälä, O., & Vahala, R. (2015). Do wastewater treatment plants act as a potential point source of microplastics? Preliminary study in the coastal Gulf of Finland, Baltic Sea. Water Sci Technol, 72(9), 1495–1504. https://doi.org/10.2166/wst.2015.36011.

Thompson, R. C. (2004). Lost at Sea: Where Is All the Plastic? Science, 304(5672), 838–838. https://doi.org/10.1126/science.1094559

Ziajahromi, S., Neale, P.A., Rintoul, L., Leusch, F.D.L. (2017). Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. Water Res, 112, 93-99.