



บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันประเทศไทยมีการพัฒนาทั้งทางด้านอุตสาหกรรม สังคม และเศรษฐกิจ มากขึ้น ประกอบกับการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร โดยเฉพาะในชุมชนเมืองสำคัญต่าง ๆ การขยายตัวอย่างมากของโรงงาน การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งและการประมง รวมถึงการพัฒนาของแหล่งท่องเที่ยวในแถบชายฝั่งทะเลในระยะเวลาที่ผ่านมา ทำให้มีของเสียและน้ำทิ้งต่าง ๆ เกิดขึ้นมาก เกี่ยวกับเรื่องนี้ Menasveta (1987) กล่าวว่า ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์ เป็นน้ำทิ้งจากบ้านเรือน ส่วนที่เหลือเกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมอื่น ๆ โดยเกือบ 100 เปอร์เซ็นต์ ปราศจากการบำบัดที่ดีพอและถูกวิธี ยังผลให้มีของเสียจำพวกสารอินทรีย์ต่าง ๆ ถูกปล่อยลงสู่แม่น้ำและอ่าวไทยเป็นปริมาณมหาศาลในแต่ละปี ทั้งนี้จะก่อให้เกิดภาวะมลพิษในแหล่งน้ำอย่างกว้างขวางและรุนแรงมากขึ้นทุกขณะ โดยจะทำให้มีน้ำมีสีขุ่นคล้ำขึ้น มีสารประกอบต่าง ๆ ละลายและแขวนลอยอยู่มาก และอาจส่งกลิ่นเหม็น ไม่เหมาะแก่การอยู่อาศัยและแพะพันธุ์ของสัตว์น้ำอีกต่อไป เกิดความเสียหายของทรัพยากรประมงและสิ่งแวดล้อมทางน้ำ ตลอดจนผลที่เกิดขึ้นตามมาต่อสภาพเศรษฐกิจของประเทศและสุขภาพอนามัยของประชาชน (เปี่ยมศักดิ์ ฆมนะเสวต, 2534)

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมากโดยเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ พืชและสัตว์น้ำต้องการออกซิเจนในการหายใจ ส่วนจุลชีพต่างๆ โดยเฉพาะแบคทีเรียซึ่งเป็นกลุ่มหลัก (วิทยา มะเสนา, 2526; Austin, 1988) ต้องการใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยจะเปลี่ยนไปเป็นส่วนประกอบของเซลล์ และสารอนินทรีย์ต่าง ๆ ละลายอยู่ในน้ำ (เปี่ยมศักดิ์ ฆมนะเสวต, 2534) ถ้าในแหล่งน้ำมีสารอินทรีย์ในปริมาณสูง จะมีการดึงเอาออกซิเจนในน้ำมาใช้มากขึ้นเช่นกัน (วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ, 2531; Justice, 1991) ลักษณะดังกล่าวทำให้สามารถใช้ออกซิเจนเป็นเครื่องชี้บ่งคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำได้ (Justice, 1991) วิธีการที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพน้ำที่เกี่ยวข้องกับการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในปัจจุบัน ได้แก่ การตรวจหาค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมีเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพในน้ำ (Biochemical oxygen demand, BOD) และหาค่าปริมาณของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ (Dissolved oxygen, DO) โดยมีข้อกำหนดไว้ว่า แหล่งน้ำที่มีคุณภาพดีต้องมีค่าบีโอดีไม่เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และควรมีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ไม่ต่ำกว่า 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จะไม่ทำให้ปลาและสัตว์น้ำอื่น ๆ ตาย

ได้ (Boyd, 1979) อย่างไรก็ตามวิธีการตรวจวัดดังกล่าว ยังมีข้อจำกัดอยู่มากทั้งในด้านวิธีการและประสิทธิภาพในการใช้ ซึ่งอาจไม่สามารถบ่งชี้สถานะที่แท้จริงของแหล่งน้ำได้

Capone and Bauer (1992) กล่าวว่า ดินตะกอนท้องน้ำเป็นส่วนสำคัญในการรองรับสารปนเปื้อนต่าง ๆ ของแหล่งน้ำ การย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพในสภาพที่มีออกซิเจน นอกจากจะเกิดขึ้นในน้ำแล้วยังเกิดมากที่ผิวหน้าดินตะกอน บริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง ออกซิเจนที่ผิวหน้าดินตะกอนจะถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณน้อยมากหรือหมดไป Kawai and Maeda (1984) กล่าวว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนในดินตะกอนต่อหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการหายใจของจุลชีพ จะมีสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกย่อยสลาย นอกจากนี้ดินตะกอนเป็นส่วนที่อยู่กับที่และมีการสะสมของสารอินทรีย์ต่างๆ อย่างต่อเนื่อง จึงมีโอกาสเกิดภาวะมลพิษได้สูง ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับดินตะกอนจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในบริเวณนั้น ๆ โดยตรง ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ การศึกษาถึงอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน จึงน่าจะวิธีการที่ดีอย่างหนึ่งในการเป็นเครื่องชี้บ่งถึงภาวะการเกิดมลพิษจากสารอินทรีย์ของแหล่งน้ำได้อย่างใกล้ชิดเคียงความเป็นจริงมากที่สุด

ในการศึกษาอัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพในดินตะกอน จะทำประกอบไปกับตัวแปรที่เกี่ยวข้อง อันได้แก่ ปริมาณสารอินทรีย์และสารอาหาร ปริมาณแบคทีเรีย ขนาดของตะกอนดิน และลักษณะของชั้นดิน ตลอดจนคุณภาพน้ำบางประการ เช่น บีโอดี ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำ และปริมาณซัลไฟด์ เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้สามารถวิเคราะห์ถึงภาวะการเกิดมลพิษอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ในแหล่งน้ำอย่างละเอียดถี่ถ้วนและมีความถูกต้องมากขึ้น โดยเฉพาะในแถบชายฝั่งทะเล ซึ่งเป็นบริเวณที่ได้รับอิทธิพลของน้ำทิ้งสูงและมีการเปลี่ยนแปลงของมวลน้ำ อันเนื่องมาจากน้ำขึ้นน้ำลงตลอดเวลา

วัตถุประสงค์

จากประเด็นปัญหา ในการที่จะบ่งชี้ถึงภาวะการเกิดมลพิษอันเนื่องมาจากสารอินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายได้ในแหล่งน้ำใดๆ ซึ่งวิธีการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันคือ การตรวจวัดบีโอดีในน้ำ ยังมีข้อจำกัดอยู่มากและอาจไม่สามารถแสดงสถานะที่แท้จริงของแหล่งน้ำได้อย่างถูกต้องมากนัก สิ่งที่จะนำเสนอในที่นี้เป็นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการใช้อัตราการใช้ออกซิเจนของจุลชีพชนิดที่ต้องการออกซิเจนในดินตะกอน เพื่อเป็นเครื่องชี้บ่งถึงภาวะมลพิษทางน้ำจากสารอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ โดยทำการศึกษาในบริเวณชายฝั่งทะเลด้านตะวันออกของอ่าวไทย

สำรวจเอกสาร

คำจำกัดความ

มลพิษ (pollution) ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2525) หมายถึง พิษที่เกิดจากความมัวหมองหรือความสกปรก

มลพิษทางสิ่งแวดล้อม หมายถึง สภาวะที่สิ่งแวดล้อมที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เช่น น้ำ อากาศ ถูกปะปนหรือปนเปื้อนด้วยสิ่งแปลกปลอม หรือสารพิษ (pollutant) ทำให้คุณภาพสิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยเปลี่ยนแปลงไปในทางที่เลวลง หรือคุณภาพเสื่อมโทรมลง ยังผลให้การใช้ทรัพยากรสิ่งแวดล้อมนั้นลดลงไป หรือใช้ประโยชน์ไม่ได้เลย รวมทั้งมีผลเสียต่อสุขภาพอนามัย (วิชชัย มุ่งการดี, 2530)

มลพิษทางน้ำ Coulson and Forbes (1952) อ้างถึงใน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2534ก) ให้ความหมายว่า สภาวะที่น้ำมีสภาพผิดไปจากธรรมชาติ โดยการเติมบางสิ่งบางอย่างลงไป หรือการเพิ่มความสกปรกให้กับน้ำ ยังผลให้สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนี้ ไม่สามารถใช้ประโยชน์จากน้ำตามธรรมชาติที่ควรได้รับ

Libes (1992) ได้กล่าวถึงความหมายของ มลพิษทางทะเล (marine pollution) ว่าเป็นภาวะที่เกิดขึ้นจากการชักนำหรือนำมาซึ่งสารหรือพลังงานเข้าสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลโดยมนุษย์ทั้งทางตรงและทางอ้อม อันเป็นผลให้เกิดความเสียหายขึ้น เป็นต้นว่า ต่อทรัพยากรสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ เป็นอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ รวมถึงเกิดผลกระทบต่อกิจกรรมทางทะเล อันได้แก่ การประมง การสูญเสียประสิทธิภาพในการใช้ประโยชน์จากน้ำทะเล และยังทำให้วิสัยทัศน์ที่ดีมีอันต้องด้อยลงไป นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงคำ pollutant ว่าเป็นสารที่มักมีอยู่ตามธรรมชาติแต่ได้เกิดมีความเข้มข้นที่สูงขึ้นเกินกว่าระดับปกติหรือระดับที่เหมาะสมต่อสิ่งมีชีวิต ซึ่งได้รวมเอาคำว่า contaminants ที่หมายถึงสิ่งที่มีอยู่ตามธรรมชาติอย่างอุดมสมบูรณ์และได้เพิ่มปริมาณขึ้นจากการกระทำของมนุษย์เข้าไว้ด้วย

Gorlinski (1957) อ้างถึงใน เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2534ก) ได้แยกความหมายของการปนเปื้อน (contamination) โดยการกล่าวว่าควรใช้กับน้ำเสียที่เป็นภัยทางสาธารณสุข ส่วนมลพิษ (pollution) ควรใช้กับน้ำเสียที่ไม่เป็นภัยทางสาธารณสุข แต่เป็นภัยต่อการใช้น้ำทางอื่น เช่น การประมง การเกษตร และการอุตสาหกรรม เป็นต้น

มลพิษทางน้ำ ได้ถูกกล่าวถึงใน พรบ. การประมง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2491 มาตรา 19 มีใจความว่า “ห้ามมิให้ผู้ใด เททิ้ง ระบาย หรือทำให้เกิดวัตถุมีพิษ ตามที่รัฐมนตรีประกาศกำหนดในพระราชกิจจานุเบกษา ลงไปในที่จับสัตว์น้ำหรือกระทำการใดๆ ที่ทำให้สัตว์น้ำมีเน่า หรือเททิ้ง ระบาย หรือทำให้สิ่งใดลงไปในที่จับสัตว์น้ำ ในลักษณะที่เป็นอันตรายแก่สัตว์น้ำ หรือทำให้ที่จับสัตว์น้ำเกิดมลพิษ เว้นแต่เป็นการทดลองเพื่อประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ และได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ (บงอร สายสิทธิ์, 2530)

เกี่ยวกับเรื่องนี้ เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต (2534ก) ได้กล่าวว่า มลพิษทางน้ำ คือการที่น้ำซึ่งอยู่ในสภาพที่คนใช้ได้ สัตว์น้ำอาศัยอยู่ได้ตลอดวงจรชีวิต มีสภาพเลวลงเนื่องจากมีสิ่งแปลกปลอมถูกเติมลงไป

มลพิษทางน้ำที่จะกล่าวในที่นี้ จะหมายความเฉพาะมลพิษที่เกิดจากการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ประเภทที่ย่อยสลายได้ง่ายโดยจุลชีพเท่านั้น

จุลชีพ (microbe) หมายถึง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กมากที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ต้องใช้กล้องจุลทรรศน์ (Sarles et al., 1950) และในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะพวกที่สามารถย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอน อันได้แก่ แบคทีเรีย เป็นสำคัญ

สาเหตุการเกิดมลพิษทางน้ำในประเทศไทย

ภายหลังสงครามโลกครั้งที่สอง ประเทศไทยมีการเพิ่มขึ้นของประชากรอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันกันทำมาหากิน กระตุ้นให้เกิดการวิวัฒนาการทั้งในด้านการเกษตรและอุตสาหกรรม มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆ เข้ามาใช้อย่างกว้างขวาง เพื่อปรับปรุงสภาพเศรษฐกิจของประเทศให้ดีขึ้น ซึ่งเบื้องต้นจะเกิดเฉพาะในเมืองและแหล่งชุมชนขนาดใหญ่ก่อน การพัฒนาทั้งทางด้านเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม มีส่วนสำคัญในการชักนำให้มีการอพยพย้ายถิ่นของคนในชนบทเข้า มาสู่เมืองใหญ่ๆ เช่น กรุงเทพฯ สมุทรปราการ สมุทรสาคร มากขึ้น การอยู่อาศัยรวมกันของคนประกอบกับโรงงานที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ทำให้มีของเสียเกิดขึ้นอย่างมากมาย ซึ่งส่วนใหญ่และเกือบทั้งหมดยังไม่มียุทธวิธีกำจัดของเสียที่ดีพอ ทั้งนี้เนื่องจากการไม่เห็นความสำคัญและไม่มีการวางแผนสิ่งแวดล้อมอย่างเหมาะสมของเจ้าของกิจการหรือผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้อง จึงก่อให้เกิดปัญหา มลพิษขึ้นในแหล่งน้ำทั่วไปทั้งในแม่น้ำและทะเลชายฝั่ง (เปี่ยมศักดิ์ เมณะเสวต, 2534ก,ข)

นอกจากนั้นนโยบายการกระจายกิจกรรมทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมให้ไปตั้งอยู่ในส่วนภูมิภาค โดยเฉพาะอย่างยิ่งการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งตะวันออกให้เป็นแหล่งอุตสาหกรรมและท่าเรือ

น้ำลึก จะส่งผลให้มีการแพร่กระจายของมลพิษทางน้ำกว้างขวางมากขึ้นในอนาคต (เววตา ทองระอา, 2537)

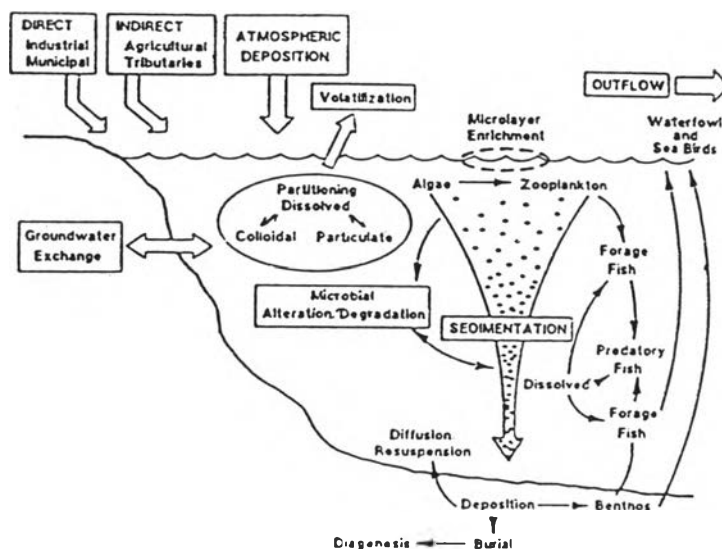
จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2530-2534) ที่สนับสนุนให้มีการพัฒนาการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเพาะเลี้ยงกุ้งทะเล ซึ่งได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงจากประชาชนเกินเป้าหมายที่ตั้งไว้ ทำให้มีผลผลิตกุ้งทะเลส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศเป็นจำนวนมาก และทำรายได้ให้แก่ประเทศเป็นจำนวนอย่างมหาศาล อย่างไรก็ตาม การพัฒนาดังกล่าวได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องหลายประการด้วยกัน เป็นต้นว่า การแปรสภาพพื้นที่ป่าชายเลนไปเป็นบ่อเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ทำให้ต้องสูญเสียพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการวางไข่และเลี้ยงตัวอ่อนของสัตว์น้ำ และที่สำคัญคือ ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำในบริเวณใกล้เคียงทั้งในลักษณะของน้ำทิ้งที่มีสารอินทรีย์และสารเคมีผสมอยู่ในอัตราสูง

แหล่งที่มาของสารมลพิษ

ของเสียและน้ำทิ้งที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ (degradable organic matter) จัดเป็นประเภทที่สำคัญที่สุดของการเกิดมลพิษในแหล่งน้ำของไทยในปัจจุบัน และทำให้เกิดการเสื่อมโทรมของสิ่งแวดล้อมทางทะเล โดยเกิดจากหลายลักษณะด้วยกัน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2534ก; วรรณศิลป์ พีรพันธ์, 2534; และ Eng et al., 1989) ซึ่งสามารถจัดอันดับประเภทของการปนเปื้อนจากที่มีความสำคัญมากไปหาน้อยได้ดังนี้

- ก. น้ำโสโครกจากบ้านเรือนและชุมชน ได้แก่ น้ำโสโครกที่ถูกปล่อยจากห้องน้ำ ห้องครัว ซักผ้า น้ำทิ้งจากตลาด โรงพยาบาล เทศบาล และแหล่งท่องเที่ยวต่างๆ
- ข. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่ปล่อยสารอินทรีย์ลงมาในแม่น้ำ และชายฝั่งทะเล เช่น โรงงานแปรรูปผลิตผลทางการเกษตร โรงงานผลิตอาหาร การขนถ่ายแป้งมันสำปะหลังโดยใช้ครนดัก เป็นต้น
- ค. น้ำทิ้งจากการเกษตรและการเลี้ยงสัตว์น้ำต่าง ๆ ได้แก่ ปุ๋ย เศษเหลือของอาหาร และสิ่งขับถ่ายต่าง ๆ
- ง. ของเสียจากการใช้ที่ดิน เช่น การชะล้างหน้าดิน การนำเสีย เป็นต้น
- จ. ปรากฏการณ์น้ำเปลี่ยนสี (red tide) จากแพลงค์ตอนพืชต่าง ๆ

ลักษณะการปนเปื้อนของสารมลพิษ วัฏจักรและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในบริเวณชายฝั่งทะเล แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 การปนเปื้อนของสารมลพิษ วัฏจักรและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในน้ำชายฝั่ง
ที่มา : Capone and Bauer (1992)

น้ำทิ้งและของเสียที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำต่างๆ ประมาณว่า 75% เป็นน้ำทิ้งจากบ้านเรือนและแหล่งชุมชน ส่วนที่เหลือเป็นน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและอื่นๆ โดยในปี พ.ศ. 2534 ประชากรในกรุงเทพฯ ได้ทำให้เกิดน้ำโสโครกคิดเป็นค่า BOD ถึงกว่า 200,000 กิโลกรัมต่อวัน ลงสู่แม่น้ำเจ้าพระยา (เปี่ยมศักดิ์ เมาะเสวต, 2534) ในส่วนของน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมโดยรวมในปีเดียวกันคิดเป็น 0.5 ล้านตัน BOD ต่อปี (เทียบเท่าน้ำโสโครกจากประชากร 27.2 ล้านคน) โดยร้อยละ 33 เกิดจากโรงงานน้ำตาล ร้อยละ 24 เกิดจากโรงงานสุรา เบียร์ และเครื่องดื่ม ร้อยละ 16 เกิดจากโรงงานกระดาษ และภายใต้สภาวะการเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและทางอุตสาหกรรมในปัจจุบัน คาดว่าปี พ.ศ. 2539 ปริมาณน้ำเสียจากอุตสาหกรรมจะสูงถึง 0.73 ล้านตัน BOD ต่อปี (เทียบเท่าน้ำโสโครกจากประชากร 40.5 ล้านคน) (TDRI, 2533 อ้างถึงใน ธีระพันธุ์วนิชย์และคณะ, 2534)

ข้อจำกัดของแหล่งน้ำของไทย

ส่วนบนของอ่าวไทยตอนในเป็นบริเวณที่มีแม่น้ำสายใหญ่สี่สาย ซึ่งนำพาของเสียต่างๆ ลงมาสู่อ่าวไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งแม่น้ำเจ้าพระยาซึ่งไหลผ่านกรุงเทพฯ นั้นมีการนำพาน้ำโสโครกที่ปล่อยออกจากกรุงเทพฯ คิดเป็นค่า BOD ประมาณ 250,000 กิโลกรัม/วัน (เปี่ยมศักดิ์

เมนะเสวต, 2534ก) ลงมาในอ่าวไทย ประกอบกับอัตราการแลกเปลี่ยนน้ำกับอ่าวไทยตอนนอกกินเวลามากกว่า 1 เดือน ค่าเฉลี่ยความแตกต่างระหว่างน้ำลงต่ำสุดและน้ำขึ้นสูงสุดในช่วงน้ำตายแคบมาก คือประมาณ 1.5 เมตร (Menasveta, 1987) อีกทั้งอ่าวไทยตอนในยังมีลักษณะเป็น *partially mixed estuary* ซึ่งมีการขึ้นลงของน้ำสองครั้งในหนึ่งวัน ทำให้การถ่ายเทของสารมลพิษออกสู่อ่าวไทยตอนนอกเป็นไปได้น้อย (สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสมยศ สิทธิโชคชัย, 2527) ดังกล่าวนี้อาจมีส่วนให้อ่าวไทยตอนในเกิดภาวะมลพิษได้ง่ายถ้ามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ปริมาณมากและติดต่อกันเป็นเวลานาน

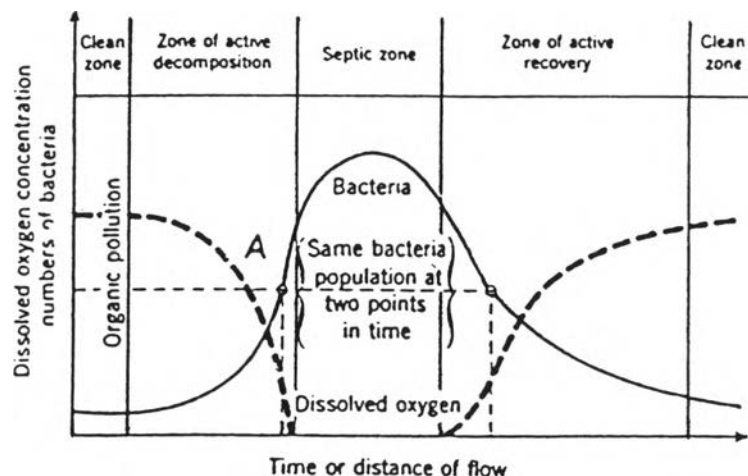
ผลกระทบจากมลพิษทางน้ำ

ถ้าน้ำทิ้งและของเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ถูกถ่ายเทลงสู่แหล่งน้ำโดยไม่มีมาตรการกำจัดสิ่งโสโครกที่ละลายหรือแขวนลอยออกเสียก่อน (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2534ก; Hungspreugs et al., 1989) อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำดังต่อไปนี้

ก. ผลกระทบทางสาธารณสุข อาจทำให้เกิดการแพร่กระจายของเชื้อโรค โดยเฉพาะโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินอาหาร เช่น เชื้อบิด ไทฟอยด์ และอหิวาตกโรค ซึ่งทางการสาธารณสุขได้ใช้ “coliform bacteria” เป็นดัชนีมาตรฐานคุณภาพน้ำในเรื่องนี้ ผลดังกล่าวอาจเกิดโดยตรงจากการใช้น้ำหรือเกิดจากการเจือปนของเชื้อโรคในผลิตภัณฑ์สัตว์น้ำก็ได้

ข. ผลกระทบในเรื่องการลดปริมาณการละลายของออกซิเจน แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำโสโครกจากแหล่งชุมชนอาจเกิดการเน่าเสียขึ้นได้ อันเนื่องมาจากกิจกรรมของจุลชีพพวกที่ต้องการออกซิเจนในการย่อยสลายอินทรีย์สารต่าง ๆ ในน้ำ ทำให้ออกซิเจนลดปริมาณลง และถ้าแหล่งน้ำมีการถ่ายเทของเสียลงไปมาก อาจทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงมากจนปลาและสัตว์น้ำต่าง ๆ ไม่สามารถอาศัยอยู่ได้ ซึ่งลักษณะการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจนและประชากรแบคทีเรียในแหล่งน้ำที่เกิดการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ แสดงดังรูปที่ 1.2 โดยผลที่เกิดขึ้นดังกล่าวนี้ อาจก่อให้เกิดความเสียหายต่อธุรกิจการประมงได้มาก นอกจากนี้ Justice (1991) ยังกล่าวว่า การหายใจของดินตะกอนที่เพิ่มขึ้นยังทำให้สมดุลของแหล่งน้ำลดลงด้วย

นอกจากนี้ ผลที่เกิดขึ้นอาจเป็นไปในลักษณะของ “Over-eutrophication” อันเนื่องจากการมีแร่ธาตุอาหารในแหล่งน้ำ อันได้แก่ ไนโตรเจน ไนเตรท แอมโมเนีย และ ฟอสเฟต ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพต่างๆ มากเกินไป ธาตุอาหารเหล่านี้มีความสำคัญต่อพวกพืชในแหล่งน้ำ ทำให้เกิดการแพร่พันธุ์และเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็วของแพลงก์ตอนพืชต่าง ๆ และถ้ามีมากเกินไปอาจทำให้เกิดการขาดออกซิเจนในเวลากลางคืนได้



รูปที่ 1.2 การเปลี่ยนแปลงออกซิเจนและประชากรแบคทีเรียในลำน้ำ

ที่มา : วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ (2531)

ค. ผลกระทบโดยตรงต่อระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ สภาพแวดล้อมของแหล่งน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ อาจมีผลต่อชนิดของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ที่อยู่ในน้ำ พวกที่ไม่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสถานะใหม่ได้ก็จะตายหรืออพยพย้ายถิ่น ไปอยู่ที่อื่น เป็นเหตุให้เกิดการเสื่อมโทรมของทรัพยากรประมง (สุธรรม สิทธิชัยเกษม และสมยศ สิทธิโชคชัย, 2527) การเจือปนของอินทรีย์สารและการลดปริมาณการละลายของออกซิเจนในน้ำ มีผลทำให้การเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำชายฝั่งไม่ได้ผล (Eng et al., 1989) และยังเป็นผลจากการทำลายแหล่งวางไข่และเลี้ยงตัวอ่อนของปลาและสัตว์น้ำโดยธรรมชาติอีกด้วย

ง. ผลกระทบในแง่ความสวยงามของแหล่งน้ำ น้ำทิ้งต่างๆ มักมีปริมาณตะกอนแขวนลอยอยู่สูง การย่อยสลายอาจทำให้น้ำเปลี่ยนเป็นสีเทา จนกระทั่งดำคล้ำ สูญเสียทัศนียภาพที่สวยงามของแหล่งน้ำ ก่อให้เกิดความรำคาญต่อผู้คนที่อาศัยอยู่ใกล้แหล่งน้ำ และกระทบต่อธุรกิจการท่องเที่ยวอีกด้วย (วรรณศิลป์ พิรพันธ์, 2534)

การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในทะเล

Lines (1992) กล่าวว่า สารอินทรีย์ คือสารประกอบที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ เป็นองค์ประกอบสำคัญ โดยสารอินทรีย์เกิดจากการสังเคราะห์จากสารอนินทรีย์ของสิ่งมีชีวิตพวก autotrophs

1. ขบวนการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในน้ำโดยทั่วไป

สารอินทรีย์ในทะเล ส่วนใหญ่อยู่ในรูปองค์ประกอบที่ไม่มีชีวิต หรือ detritus ซึ่งเมื่อลงสู่แหล่งน้ำจะถูกย่อยสลายโดยกิจกรรมการหายใจ (respiration) ของพวกแบคทีเรีย, เชื้อรา, โปรโตซัว และสัตว์ต่างๆ ขบวนการที่เกิดขึ้น ดังสมการ



ขบวนการนี้เรียกว่า nutrient regeneration สารประกอบอินทรีย์ต่างๆ เมื่อถูกย่อยสลายแล้ว จะกลับมาอยู่ในรูปไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และคาร์บอน ซึ่งเป็นพวกสารอาหารของพืช (nutrients) ละลายอยู่ในน้ำ และแหล่งค้ดอนพืชจะสามารถนำกลับมาใช้ในขบวนการ สังเคราะห์แสง (photosynthesis) ดังสมการ

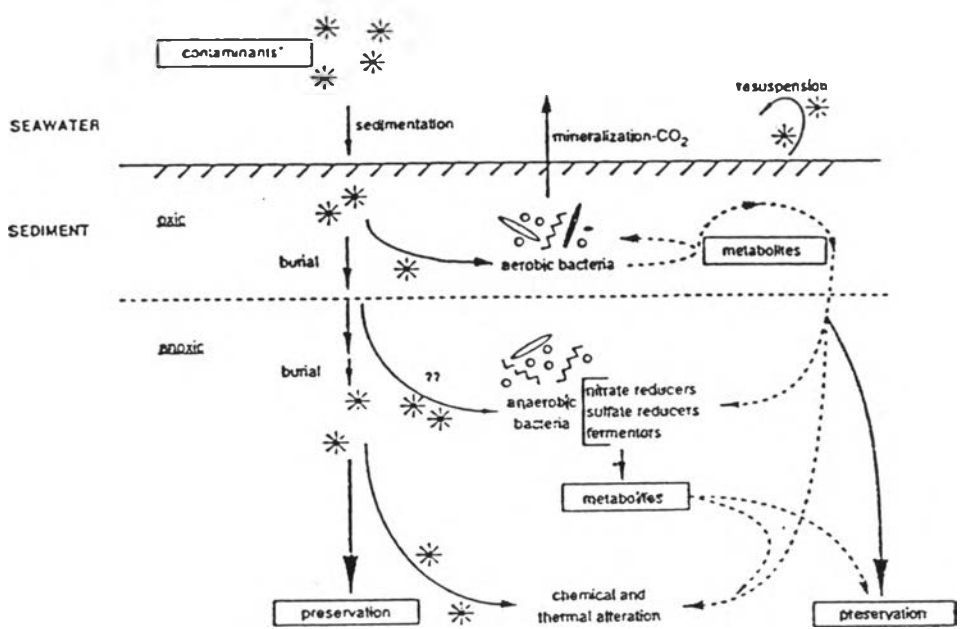


ค่าเฉลี่ยโดยปกติทั่วไปของ atomic ratio ของ C : N : P ในแหล่งค้ดอนพืชต่าง ๆ อันเป็นตัวเลขสำคัญของสารอินทรีย์ในทะเล มีค่าเท่ากับ 106 : 16 : 1 ซึ่งอาจเรียกว่า Redfield-Richards ratio อย่างไรก็ตาม ในบางบริเวณค่าดังกล่าวนี้อาจมีการเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดและปริมาณสารอินทรีย์ที่ลงสู่ทะเล อันเป็นการกระตุ้นต่อขบวนการทั้งสองและอาจเกิดเป็นมลพิษทางทะเลขึ้น

ในขบวนการสังเคราะห์แสง พืชจะดึงเอาสารอาหารจากน้ำ (assimilated) เข้าสู่เซลล์โดยวิธีการ active transport เอาไอออนต่าง ๆ ผ่านทางเซลล์เมมเบรน โดยสารพวกอนินทรีย์ คาร์บอนจะถูกดึงเข้าไปในรูปไบคาร์บอเนต (HCO_3^-) ในระดับที่สมดุลกับ $\text{CO}_2(\text{aq})$ ที่มีอยู่ในน้ำ ส่วนไนโตรเจน ซึ่งประกอบด้วยไนไตรท์ (NO_2^-) และแอมโมเนียม (NH_4^+) จะถูกดึงไปใช้ในรูปไนเตรท (NO_3^-) ฟอสฟอรัสเอาไปใช้ในรูปฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และซัลเฟอร์ในรูปซัลเฟต (SO_4^{2-}) อย่างไรก็ตาม ซัลเฟอร์ในอินทรีย์วัตถุ มีความเกี่ยวข้องกับระบบการผลิตและการนำไปใช้โดยพืชน้อยมาก ดังนั้นจึงอาจมีเหลือตกค้างอยู่ในแหล่งน้ำในอัตราสูง ถ้ามีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ในปริมาณมาก

2. การเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ในดินตะกอน

การตกตะกอนในอัตรารอบบริเวณชายฝั่งและเอสทูรีทำให้สารอินทรีย์ที่ไม่ได้ละลายน้ำถูกพาตกตะกอนไปด้วย การทำหน้าที่ของแบคทีเรียซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตที่มีบทบาทสำคัญในการย่อยสลายอินทรีย์สารต่างๆ ในขั้นต้นจะเกิดในสภาพที่มีออกซิเจนที่ผิวหน้าดินตะกอน ผลการย่อยในสภาวะดังกล่าวจะได้น้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ โดย 60 เปอร์เซ็นต์ของสารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายเป็นแร่ธาตุต่างๆ ส่วนอีก 40 เปอร์เซ็นต์ จะถูกเปลี่ยนเป็นส่วนประกอบของเซลล์แบคทีเรีย ส่วนในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูง ออกซิเจนที่ผิวหน้าดินตะกอนจะถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วจนมีปริมาณน้อยมากหรือหมดไป ซึ่งต่อมาจะเกิดการย่อยในสภาวะที่ไม่ใช้ออกซิเจน ทำให้ได้สารต่างๆ เช่น มีเทน ไฮโดรเจน คาร์บอนไดออกไซด์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งโดยปกติจะเป็นสารสีดำ มีกลิ่นเหม็น และเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำ (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2525; Capone and Bauer, 1992) ลักษณะการเกิดกิจกรรมการย่อยสลายสารปนเปื้อนอินทรีย์ของจุลชีพในดินตะกอน แสดงดังรูปที่ 1.3 อย่างไรก็ตาม ลักษณะและปริมาณของสารอินทรีย์ ความอุดมสมบูรณ์ของ electron acceptors และการเกิดกิจกรรมการกวนตะกอน (bioturbation) ของสิ่งมีชีวิต อาจทำให้ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์มีความแตกต่างออกไป (Capone and Bauer, 1992)



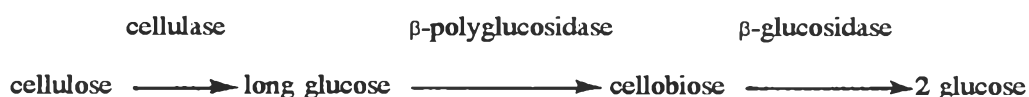
รูปที่ 1.3 กิจกรรมการย่อยสลายสารปนเปื้อนอินทรีย์ของจุลชีพในดินตะกอน
ที่มา : Capone and Bauer (1992)

การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพ

ทวี มิตรไมตรี (2528) ได้กล่าวว่า การย่อยสลายสารอินทรีย์ของจุลชีพสามารถแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอนคือ สารอินทรีย์จะถูกย่อยสลายโดยที่จุลชีพจะสร้างน้ำย่อยขึ้นมา ในเวลาเดียวกันจะมีการสร้างเซลล์ใหม่เพื่อการเจริญและทวีจำนวน ซึ่งเป็นการเพิ่มโปรตีน โพลีแซคคาไรด์และกรดนิวคลีอิก และสารที่เป็นผลพลอยได้จากการย่อยสลายจะถูกปล่อยออกมา (อ้างตาม ชลิต โนระดี, 2535) นอกจากนี้ยังอาจมีการสะสมหรือมีการย่อยสลายต่อไปอีก ซึ่งจะขอกกล่าวถึงการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่สำคัญๆ ดังนี้

1. ผลการย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสโดยแบคทีเรีย

1.1 ผลการย่อยสลายเซลลูโลส วิทยา มะเสนา (2528), สมศักดิ์ วังโน (2528) และ Alexander (1961) ได้เขียนอธิบายปฏิกิริยาการย่อยสลายไว้ดังต่อไปนี้

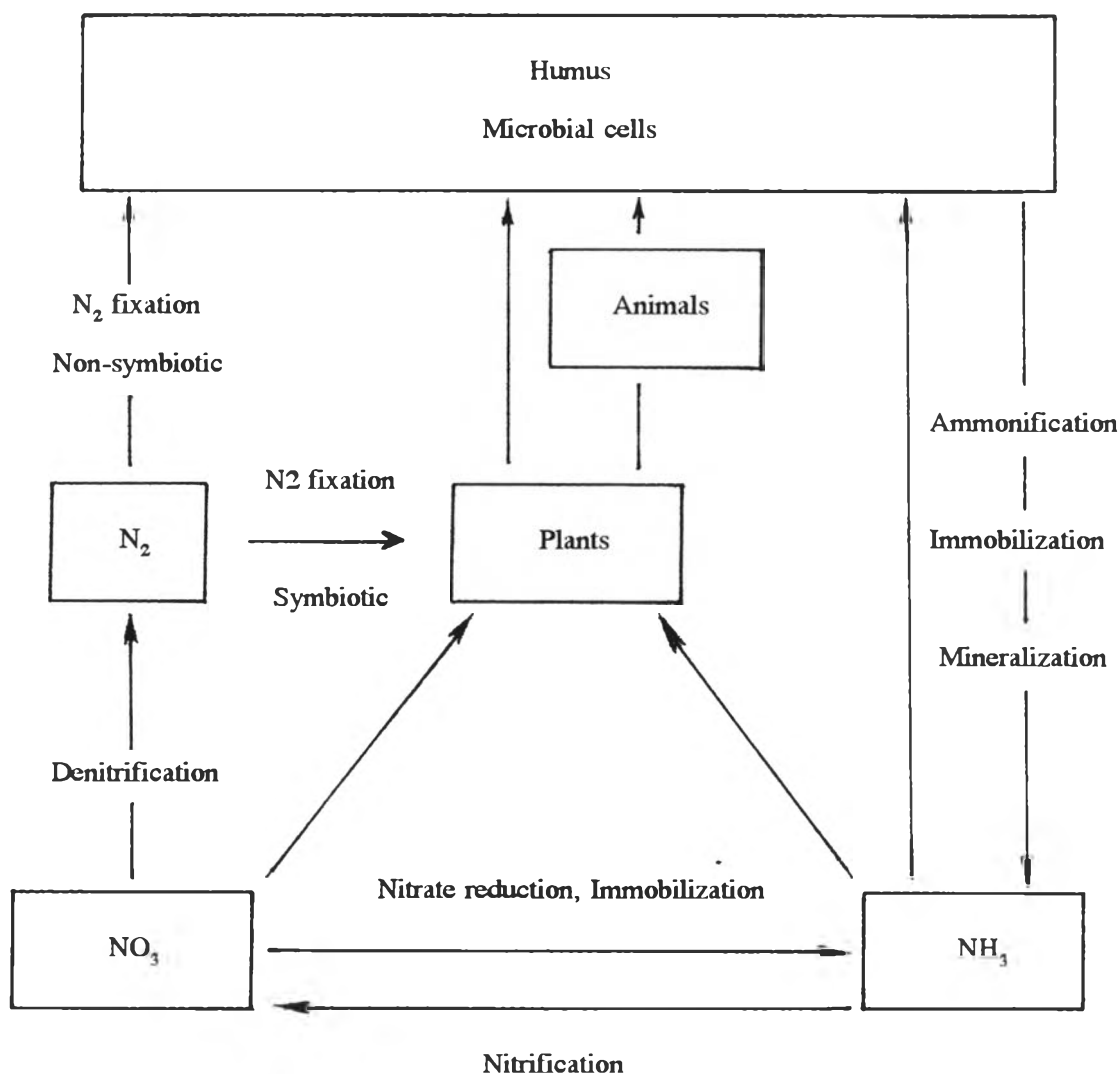


พวกแบคทีเรียที่ต้องการออกซิเจนจะย่อยสลายเซลลูโลส ได้คาร์บอนไดออกไซด์และสารประกอบคาร์บอน โดยภายในเซลล์อาจมี intermediate products เกิดขึ้นบ้าง แบคทีเรียพวกนี้ได้แก่ *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Angiococcus*, *Polyangium*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Vibrio*, *Bacillus*, *Cellulomonas*, *Cellvibrio* และ *Cellfacicula* ส่วนผลที่ได้จากการสลายตัวของเซลลูโลสในสภาพที่ไร้อากาศ จะประกอบไปด้วยคาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน เอทานอล กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดบิวไทริก กรดแลคติก และมีเทน ซึ่งแบคทีเรียที่มีบทบาทในการย่อยสลายในสภาพเช่นนี้ ได้แก่ ชนิด *Clostridium cellobioparus*, *C. dissolvens*, *C. thermophilis*, *Bacteroides suceinogenes* และ *Rumminococcus flavefaciens*

1.2 ผลการย่อยสลายเฮมิเซลลูโลส การย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสจำเป็นต้องมีเอนไซม์ hemicellulase ย่อยสารประกอบให้มีขนาดเล็กก่อนจึงผ่านผนังเซลล์ได้ แบคทีเรียที่มีบทบาทในการย่อยสลาย ได้แก่ *Bacillus*, *Achromobacter*, *Pseudomonas*, *Cytophaga*, *Sporocytophaga*, *Lactobacillus* และ *Vibrio* ผลที่ได้จากการย่อยสลายในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ คือ คาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ถ้าสภาพในดินมีอากาศถ่ายเทไม่ดีหรือปราศจาก ออกซิเจน ผลที่เกิดขึ้นจะมี intermediate products สะสมอยู่เช่นเดียวกับกรณีของเซลลูโลส

นอกจากนี้ ผลการย่อยสลายสารอินทรีย์อย่างอื่น เช่น กลีเซอรอล กรดไขมัน กรด ยูโรอิก และโมโนแซคคาไรด์ ซึ่งถ้าอยู่ในสภาพขาดออกซิเจน ผลที่ได้คือกรดฟอร์มิก กรดอะซิติก กรดโพรพิโอนิก กรดแลคติก กรดบิวไทริก เอซิลแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ ไฮโดรเจน มีเทน อัลดีไฮด์ อะเซทิล-เมทิล-คาร์บอนอล และกำมะถัน แต่ถ้าอยู่ในสภาพที่มีออกซิเจนเพียงพอ ผลสุดท้ายที่ได้คือ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ (Sarles et al., 1950)

2. การแปรสภาพของสารประกอบไนโตรเจนโดยจุลชีพ



รูปที่ 1.4 วัฏจักรของไนโตรเจน

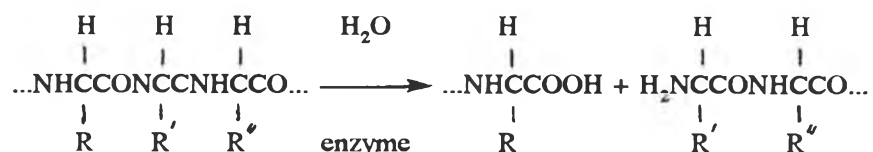
ที่มา : Alexander (1961)

สารประกอบไนโตรเจนในแหล่งน้ำ สามารถเปลี่ยนแปลงกลับไปกลับมาได้หลายรูปแบบคือ N_2 , NO_2 , NO_3 และ NH_3 โดยกิจกรรมของจุลชีพต่าง ๆ ตามลักษณะและปริมาณการปนเปื้อนของสารอินทรีย์ รวมถึงสภาวะของออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ กระบวนการแปรสภาพไนโตรเจนโดยจุลชีพ ดังแสดงในรูปที่ 1.4

2.1 การสลายตัวของสารประกอบโปรตีน

โปรตีนประกอบด้วยโมเลกุลขนาดใหญ่ซึ่งมีกรดอะมิโนหลายชนิดจับต่อกันเป็นเส้นยาว สูตรทั่วไปของกรดอะมิโนคือ $H_2NCHRCOOH$ ในโมเลกุลหนึ่งๆ ของโปรตีนจะมีกรดอะมิโนประมาณ 20 ชนิด จับกันอยู่โดยมีพันธะเปปไทด์ (peptide bonds) เป็นตัวเชื่อม (วิทยา มะเสนา, 2528 : Alexander, 1961)

Alexander (1961) กล่าวไว้ว่า ในการย่อยสลายของโปรตีนและเปปไทด์ จะได้กรดอะมิโนและ free carboxyl groups ดังสมการต่อไปนี้



เนื่องจากโปรตีนมีโมเลกุลใหญ่มาก จุลชีพไม่สามารถนำเข้าสู่เซลล์ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการย่อยสลายให้เป็นหน่วยย่อยเสียก่อน การย่อยสลาย proteolytic enzymes จะย่อยสลายให้เป็นเปปโทน (peptones) เปปไทด์ และกรดอะมิโนอิสระ

Alexander ยังได้แบ่งกลไกการย่อยสลายกรดอะมิโนออกเป็น 4 แบบ คือ

1. Deamination by Direct Removal of Ammonia :



2. Oxidation Deamination :



3. Reductive Deamination :



4. Decarboxylation :



2.2 การแปรสภาพสารอินทรีย์ในโตรเจนเป็นอนินทรีย์ในโตรเจน (mineralization) โดยทั่วไปสารประกอบในโตรเจนที่ถูกปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ ในชั้นต้นจะอยู่ในรูปอินทรีย์ในโตรเจน มีองค์ประกอบเป็นพวกกรดอะมิโน ซึ่งเกือบทั้งหมดจะอยู่ในรูป combined amino acids จะมีกรดอะมิโนอิสระเป็นส่วนน้อย

การเปลี่ยนแปลงปริมาณของอนินทรีย์ในโตรเจน จะเห็นได้ชัดจากสมการข้างล่าง (วิทยา มะเสนา, 2528; สมศักดิ์ วังใน, 2528; และ Alexander, 1961)

$$\Delta N_i = N_m - (N_n + N_c + N_a + N_d)$$

เมื่อ ΔN_i = ปริมาณการเปลี่ยนแปลงของอินทรีย์ในโตรเจน

N_m = อินทรีย์ในโตรเจนที่เปลี่ยนเป็นอนินทรีย์ในโตรเจน

N_n = อนินทรีย์ในโตรเจนที่ถูกจุลชีพนำไปใช้

N_c = อนินทรีย์ในโตรเจนที่ถูกพืชดูดไปใช้

N_a = อนินทรีย์ในโตรเจนที่สูญเสียไปโดยการชะล้าง

N_d = อนินทรีย์ในโตรเจนที่สูญเสียไปโดยเปลี่ยนเป็นก๊าซ

ปริมาณของอินทรีย์ในโตรเจนที่ถูกแปรสภาพเป็นแอมโมเนียหรือไนเตรท ทราบได้จาก mineralization rate และอัตราของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวของซากพืชที่มีในโตรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่มาก จะอยู่ในช่วง 1.0-2.0 ส่วนในล้านส่วน (วิทยา มะเสนา, 2528; Alexander, 1961) จุลชีพที่ทำกรแปรสภาพอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ในโตรเจนนั้นมีมากมายหลายชนิด ส่วนผลพลอยได้จากกระบวนการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว จะทำให้ได้อินทรีย์ในโตรเจนในรูปของแอมโมเนียเป็นส่วนใหญ่ จึงมักจะเรียกจุลชีพที่เกี่ยวข้องว่า ammonifiers ในการย่อยถ้าหากสภาพ

แวดล้อมมีอากาศเพียงพอก็จะทำได้ คาร์บอนไดออกไซด์ แอมโมเนีย ซัลเฟต และน้ำ แต่ในสภาพที่ปราศจากอากาศจะทำได้พวก แอมโมเนีย อามีน คาร์บอนไดออกไซด์ กรดอินทรีย์ อินโดล สเตกอลเมอแคปแทน และไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งสารเหล่านี้จะมีกลิ่นเหม็น กระบวนการเน่าเปื่อย เช่นนี้ เรียกว่า *putrefaction* แอมโมเนียที่เกิดขึ้นสามารถเปลี่ยนรูปหรือถูกนำไปใช้ได้หลายทาง เช่น ถูกออกซิไดส์เป็นไนเตรท ซึ่งพืชชั้นสูงนำไปใช้ได้ จุลินทรีย์นำไปใช้สร้างเซลล์ และแร่ดินเหนียวหรือฮิวมัสเกาะยึดไว้ (เพิ่มพูน กิริติกสิกร, 2528) ปัจจัยที่ควบคุมการแปรสภาพ พวกอินทรีย์ในโตรเจนให้เป็นอนินทรีย์ในโตรเจน ได้แก่ pH อุณหภูมิ การถ่ายเทอากาศ ปริมาณของไนโตรเจนทั้งหมดในดิน และปริมาณธาตุไนโตรเจนที่ใส่ลงไปดิน (เพิ่มพูน กิริติกสิกร, 2528; วิทยา มะเสนา, 2526; สมศักดิ์ วังใน, 2528; และ Alexander, 1961)

2.3 การแปรสภาพอินทรีย์ในโตรเจนเป็นอินทรีย์ในโตรเจน (Immobilization)

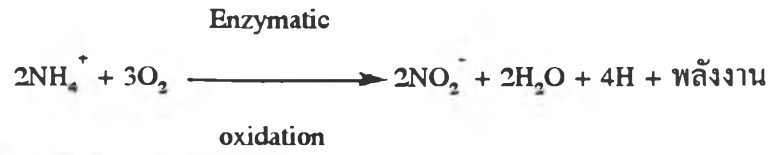
กระบวนการนี้เป็นการสังเคราะห์ไนโตรเจนในรูปแอมโมเนียและไนเตรท ให้เป็นพวกสารประกอบอินทรีย์ในโตรเจนในเซลล์จุลชีพ ในกรณีของไนโตรเจน กระบวนการ *immobilization* จะเป็นผลมาจากการที่แอมโมเนียและไนเตรท ถูกเปลี่ยนให้เป็นโปรตีน กรดนิวคลีอิก และสารประกอบอินทรีย์ต่าง ๆ ภายในเซลล์ของจุลชีพ ถ้าหากไม่มีการดูแลเอาใจใส่ไนโตรเจนเข้าไปในเซลล์แล้ว ก็ย่อมเป็นไปได้ที่จุลชีพจะสามารถเจริญเติบโตได้ และสารอินทรีย์ก็จะไม่ถูกย่อยสลาย (วิทยา มะเสนา, 2526; Alexander, 1961)

2.4 Nitrification

Nitrification เป็นกระบวนการแปรสภาพแอมโมเนียให้เป็นไนเตรท โดยกิจกรรมของจุลชีพ (วิทยา มะเสนา, 2526; เพิ่มพูน กิริติกสิกร, 2528; Alexander, 1961) ซึ่งกระบวนการนี้จะเกี่ยวข้อง กับกระบวนการ *amminization* ซึ่งเป็นกระบวนการที่สารประกอบโปรตีนจะสลายตัว คือถูกจุลชีพย่อยสลายเป็นสารประกอบไนโตรเจนพวก *amino compounds* ต่างๆ และในที่สุดจะเป็นอามีนและกรดอะมิโน อีกกระบวนการหนึ่งที่เกี่ยวข้องกันคือกระบวนการ *ammonification* เป็นการเกิดต่อเนื่องจาก *amminization* โดยการเปลี่ยนสารประกอบอามีนหรือกรดอะมิโน ให้เป็นแอมโมเนีย แอลกอฮอล์ และพลังงาน (วิทยา มะเสนา, 2526)

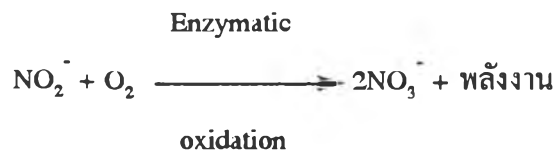
การแปรสภาพแอมโมเนียจะเกิดขึ้น โดยขบวนการ *enzymatic oxidation* ซึ่งเป็นกิจกรรมของ *nitrifying bacteria* ซึ่งเป็นพวกที่ต้องการออกซิเจน กระบวนการในการการแปรสภาพจะมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ

1. NH₃ หรือ NH₄⁺ จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนไตรท์



จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Nitrosomonas, Nitrosococcus

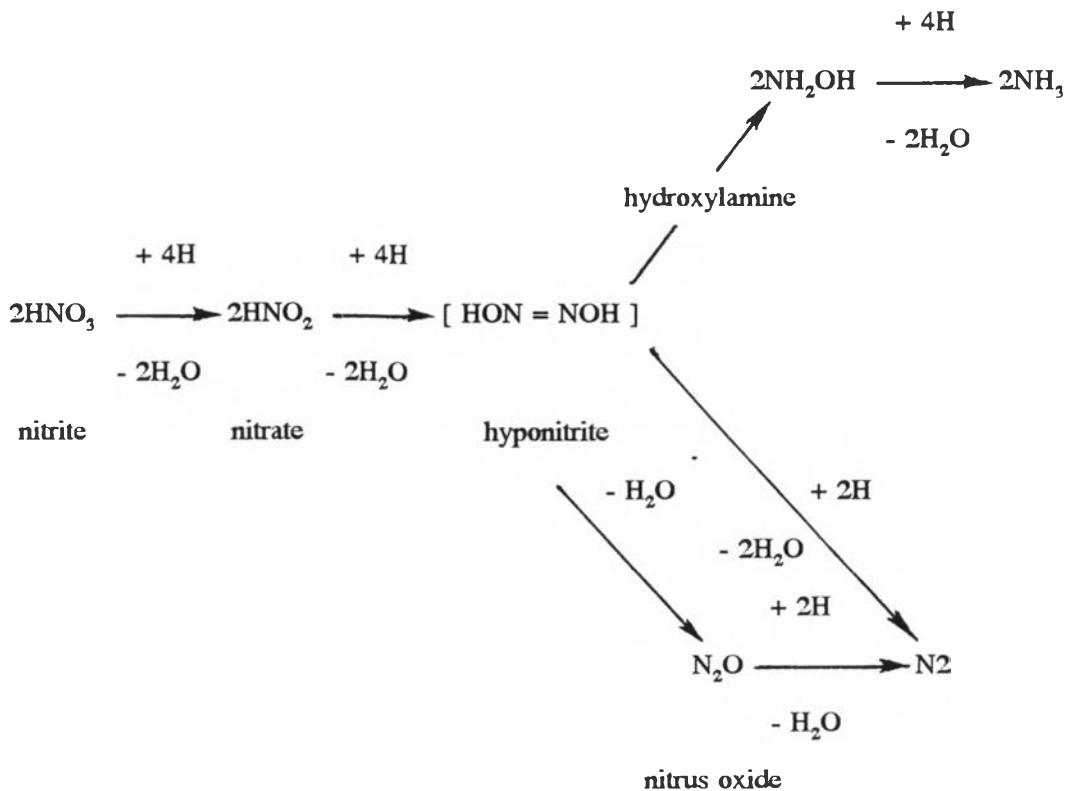
2. ไนไตรท์จะถูกออกซิไดซ์เป็นไนเตรท



จุลินทรีย์ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ Nitrobacter

2.5 Denitrification

Alexander (1961) ได้สรุปปฏิกิริยา Denitrification ไว้ดังสมการต่อไปนี้



กระบวนการเกิด denitrification เป็นการแปรสภาพสารประกอบไนโตรเจนหรือไนเตรทให้เป็นก๊าซไนโตรเจนโดยจุลชีพในแหล่งน้ำ จุลชีพที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการนี้ได้แก่ *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, และ *Thiobacillus denitrificans* (วิทยา มะเสนา, 2526; สมศักดิ์ วังไฉน, 2528; Alexander, 1961)

ความสำคัญของออกซิเจนต่อแหล่งน้ำ

1. สภาพโดยทั่วไป

ออกซิเจนมีความสำคัญต่อแหล่งน้ำมาก โดยเป็นตัวควบคุมกระบวนการใช้พลังงานของแหล่งน้ำ ไม่ว่าพืชหรือสัตว์ต้องการออกซิเจนในการหายใจ รวมถึงจุลชีพใช้ออกซิเจนในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ ทำให้สามารถใช้ปริมาณการละลายของออกซิเจนเป็นเครื่องบ่งชี้ถึงคุณภาพของน้ำในแหล่งน้ำได้ (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2534ก; Justic, 1991)

ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำได้มาจากหลายแหล่ง แหล่งแรกคือ จากอากาศโดยการแพร่ลงสู่น้ำ การไหลของน้ำและคลื่นจะทำให้กระบวนการนี้เกิดได้ดีขึ้น และถ้าบรรยากาศมีความชื้นน้อยก็จะทำให้ออกซิเจนมีโอกาสละลายได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามแหล่งน้ำมีการถ่ายออกซิเจนให้กับบรรยากาศได้เช่นกัน ออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำอีกส่วนหนึ่งนั้นได้มาจากการสังเคราะห์แสงของพืช และในทางกลับกันการหายใจของพืชก็จะทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง โดยในการสังเคราะห์แสงของพืชนั้นจะเกิดเฉพาะในระดับของความลึกที่เรียกว่า “Euphotic zone” หรือบริเวณที่แสงสว่างส่องลงไปได้ถึง

ปริมาณการละลายของออกซิเจนในเวลาใดเวลาหนึ่งขึ้นกับ อุณหภูมิของน้ำ ความกดอากาศ และความเค็ม (Boyd, 1987) ปริมาณการละลายของออกซิเจนจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง โดยออกซิเจนในน้ำจะสามารถละลายเพิ่มขึ้น 40% เมื่ออุณหภูมิของน้ำลดลงจาก 25 องศาเซลเซียส ไปจนกระทั่งเกือบ 0 องศาเซลเซียส ความกดอากาศที่เพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำมากขึ้น และในทางกลับกันการที่น้ำมีความเค็มสูงขึ้นจะทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนลดลง โดยที่ 15 องศาเซลเซียส น้ำจืดจะมีออกซิเจนมากกว่าน้ำทะเลประมาณ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร (เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต, 2534ก)

ปริมาณการละลายของออกซิเจนโดยเฉลี่ยในน้ำทะเลของประเทศไทย จะอยู่ระหว่าง 7-8 มิลลิกรัมต่อลิตร (วันเพ็ญ วิโรจนกูฏ, 2531) โดยระดับออกซิเจนละลายในน้ำมีความสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในทะเล เช่น ปะการัง ปลา กุ้ง ฯลฯ ต้องการระดับออกซิเจนที่สูงกว่า 5.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Train, 1979) ส่วนในน้ำกร่อย เช่น บริเวณปากแม่น้ำ สิ่งมีชีวิตจะต้องการ

สภาพน้ำที่มีออกซิเจนเกินกว่า 4.0 มิลลิกรัมต่อลิตร (Dilligham Corp, 1971 อ้างถึงใน นิศากร โนมิตรัตน์, 2527)

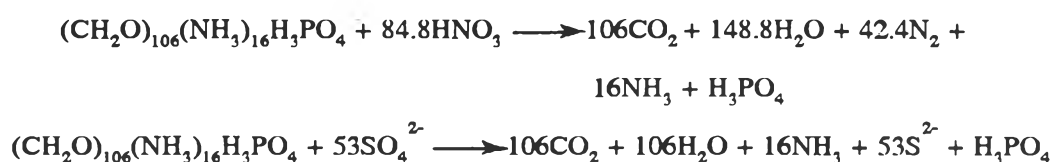
2. ความสำคัญต่อการย่อยสลายสารอินทรีย์

Capone and Bauer (1992) กล่าวว่า ออกซิเจนจะเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งบอกให้ทราบถึงวิธีการ (mode) อัตรา (rate) และปริมาณ (extent) ของการเปลี่ยนรูปสารอินทรีย์ในน้ำ และการย่อยสลายในบริเวณดินตะกอนมักจะถูกจำกัดโดยปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่

โดยปกติอัตราส่วนของสารประกอบอินทรีย์ต่อออกซิเจน (C : N : O) จากขบวนการย่อยสลาย มีค่าเท่ากับ 106 : 16 : 138 moles อย่างไรก็ตาม ลักษณะและปริมาณที่แตกต่างของสารอินทรีย์ โดยเฉพาะในบริเวณที่มีการปลดปล่อยน้ำทิ้งหรือของเสียในอัตราสูง ประกอบกับผลจากการออกซิไดซ์ของ N ที่เกิดได้เร็วกว่า C ฉะนั้นจึงเป็นผลทำให้อัตราส่วนดังกล่าวในกลุ่มของ decomposers จะมีค่าสูงกว่านี้ได้ แต่ P ไม่ได้มีการออกซิไดส์ในขณะที่เกิดการย่อยสลายดังกล่าว จึงไม่มีความสัมพันธ์กับปริมาณการใช้ออกซิเจน

ออกซิเจนมีบทบาทสำคัญในการควบคุมการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (oxidation) และรีดักชัน (reduction) ของสารต่างๆ ในแหล่งน้ำ เนื่องจากสารอินทรีย์มีด้วยกันหลายชนิดจึงทำให้เกิดการแข่งขันกันในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยออกซิเจนจะต้องการที่จะทำปฏิกิริยากับชนิดของสารอินทรีย์ที่มีศักยภาพในการให้พลังงานสูงสุดก่อน และเมื่อออกซิเจนหมดไปจะเกิดการใช้อิเล็กตรอน acceptor ที่ชอบและให้พลังงานน้อยแทน นอกจากนี้ Kawai and Maeda (1983) ยังได้กล่าวอีกว่า ปริมาณการใช้ออกซิเจนในดินตะกอนต่อหนึ่งหน่วยเวลาจะมีสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารอินทรีย์ที่ยังไม่ถูกย่อยสลายที่มีอยู่ในแหล่งน้ำ

การปล่อยน้ำเสียที่มีองค์ประกอบสำคัญเป็นสารอินทรีย์ลงสู่สิ่งแวดล้อมทางทะเลในอัตราสูง การย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ทำให้เกิดสภาพขาดออกซิเจนขึ้น สารอินทรีย์ที่เหลืออยู่ในน้ำจะถูกย่อยสลายโดยจุลินทรีย์กลุ่มที่ไม่ต้องการออกซิเจน ในสภาวะเช่นนี้ไนเตรทและซัลเฟตจะทำหน้าที่สำคัญในการเป็น electron acceptors เกิดการออกซิไดส์สารอินทรีย์ในขบวนการ denitrification และ sulfate reduction ดังสมการ



จากขบวนการทั้งสองนี้ nitrification จะเกิดขึ้นก่อน จนกระทั่งไนเตรทหมดไป ถ้ายังมีสารอินทรีย์อยู่ก็จะเกิด sulfate reduction ต่อไป ซึ่งมักพบได้ในดินตะกอนท้องน้ำบริเวณชายฝั่งทะเล

การศึกษาจุลชีพในแหล่งน้ำ

จุลชีพซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในแหล่งน้ำ มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น แบคทีเรีย เชื้อรา สาหร่ายเซลล์เดียวต่างๆ และโปรโตซัว เป็นต้น จุลชีพแต่ละชนิดมีลักษณะและหน้าที่ในระบบนิเวศน์ที่แตกต่างกันออกไป โดยพวกพืชจะดึงเอาสารอาหารในน้ำประกอบกับแสงแดด เพื่อทำการสังเคราะห์สารอาหารขึ้นใช้และสะสมในเซลล์ ซึ่งเรียกว่าพวก autotrophs ส่วนพวกที่เป็นสัตว์จะใช้พลังงานจากพืชและสัตว์อื่นๆ เพื่อการดำรงชีวิต เรียกว่าพวก heterotrophs โดยจุลชีพที่มีความสำคัญและได้กล่าวถึงในที่นี้คือ กลุ่มของแบคทีเรีย ซึ่งยากแก่การแบ่งว่าเป็นพวกพืชหรือสัตว์ แต่อย่างไรก็ตาม พวกแบคทีเรียมีหน้าที่หลักในการย่อยสลายและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสารอินทรีย์ (decomposer) ในแหล่งน้ำ และเป็นกลุ่มจุลชีพที่พบมากที่สุดใต้น้ำและดินตะกอน (มัทนา แสงจินดาวงค์, 2527; Capone and Bauer, 1992) โดยทั่วไป

จุลชีพโดยเฉพาะแบคทีเรีย สามารถกำจัดสารอินทรีย์จากน้ำทิ้งได้โดยการสังเคราะห์เป็นโปรโตพลาสซึม แต่การดูดซึมเข้าไปในเซลล์จะมีได้จำกัด เพราะเซลล์จะใช้ปริมาณสารอินทรีย์ที่แน่นอนสำหรับการสร้างโปรโตพลาสซึม และปริมาณที่แน่นอนเช่นกันในออกซิเดชันให้เกิดเป็นพลังงาน (Capone and Bauer, 1992)

จุลชีพในแหล่งน้ำสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงสภาพของแหล่งน้ำได้ โดยชนิดและจำนวนของจุลชีพเป็นผลโดยตรงจากชนิดและความเข้มข้นของอาหาร รวมถึงลักษณะทางกายวิภาควิทยาและนิเวศวิทยาของแหล่งน้ำนั้นๆ โดยที่อัตราของการเมตาโบลิซึมจะถูกจำกัดด้วยปริมาณสารอินทรีย์และปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ (วันเพ็ญ วิโรจนกฎ, 2531)

ความหนาแน่นของแบคทีเรีย ที่มีชีวิตบริเวณผิวหน้าดินตะกอนในแหล่งน้ำตื้น มีค่าอยู่ในระหว่าง 10^9 - 10^{10} เซลล์/ดินตะกอน 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ส่วนในน้ำโดยทั่วไป มีค่าประมาณ 10^6 - 10^7 เซลล์/ลูกบาศก์เซนติเมตร (Capone and Bauer, 1992) ในลำน้ำที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์ต่ำ จำนวนทั้งหมดของจุลชีพจะต่ำ แต่จำนวนชนิดของจุลชีพจะสูง ส่วนในสภาพที่มีสารอินทรีย์สูงและเป็นสภาพไร้อากาศ ปริมาณของแบคทีเรียอาจมีค่าสูงถึง 10^7 - 10^8 เซลล์/ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ชนิดของจุลชีพจะมีน้อย ซึ่งอาจใช้แสดงถึงการเกิดมลพิษของลำน้ำได้ (วันเพ็ญ วิโรจนกฎ, 2531) นอกจากนี้โดยธรรมชาติจุลชีพที่อยู่ในบริเวณดินตะกอนจะเป็นอาหารของสิ่ง

มีชีวิตพวก deposit feeding infauna อีกต่อหนึ่ง

โดยทั่วไปจุลชีพที่พบในน้ำทะเลจะมีจำนวนน้อยกว่าในน้ำจืด ทั้งนี้เพราะในน้ำทะเลมีเกลือแร่ต่างๆ เข้มข้นมาก ทำให้จุลชีพส่วนใหญ่ไม่สามารถเจริญได้ ชนิดของแบคทีเรียที่มักพบในน้ำเค็ม เช่น *Azotobacter*, *E. coli*, *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Streptococcus*, *Clostridium*, *Beggiatoa*, *Micrococcus*, *Spirillum*, *Alcaligenes*, *Cytophaga*, *Streptomyces*, *Flavobacterium* สำหรับชนิดของแบคทีเรียที่พบในบริเวณชายฝั่งทะเลและดินตะกอนของไทยมากที่สุดคือ *Bacillus* (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2525)

ในการศึกษาจุลชีพที่เกี่ยวข้องกับมลพิษในแหล่งน้ำ ส่วนใหญ่มักเน้นไปที่การศึกษาถึงปริมาณ coliform bacteria ซึ่งโดยปกติมีถิ่นที่อยู่ในลำไส้ของสัตว์เลือดอุ่น และจะถูกขับออกมา กับอุจจาระและสิ่งขับถ่ายอื่นๆ ดังนั้นน้ำที่ตรวจพบว่ามี coliform bacteria ปะปนอยู่ด้วยแสดงให้เห็นว่าได้มีการปะปนของอุจจาระและสิ่งขับถ่ายอยู่ด้วย และอาจมีแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคต่อมนุษย์ปะปนมาด้วยก็ได้ โดยเฉพาะโรคที่เกิดกับระบบทางเดินอาหารต่างๆ เช่น ท้องร่วง บิด เป็นต้น (บัญญัติ สุขศรีงาม, 2525)

การศึกษามลพิษทางน้ำจากสารอินทรีย์

การศึกษาถึงภาวะมลพิษในแหล่งน้ำทำได้ โดยการวัดการสลายตัวของสารอินทรีย์ ซึ่งอาจทำได้ 3 วิธีคือ การวัดปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ที่ปล่อยออกมา การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไป และการวัดปริมาณของอินทรีย์วัตถุที่ลดลงโดยวิธีการทางเคมี หรือโดยการชั่งน้ำหนักและตรวจสอบการสูญเสียองค์ประกอบบางชนิดของอินทรีย์วัตถุ เช่น เซลลูโลส และลิกนิน (สมศักดิ์ วังใน, 2528)

การวัดปริมาณออกซิเจนที่ถูกใช้ไปจัดเป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากและมีความถูกต้องที่สุด จากรายงานของสุธรรม สิทธิชัยเกษม และสมยศ สิทธิโชคชัย (2527) กล่าวว่า ลักษณะที่แสดงถึงความเสื่อมของแหล่งน้ำคือ ค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD) ที่มีค่าสูงมาก และความเข้มข้นของออกซิเจนที่ละลายในน้ำ (DO) มีค่าต่ำมาก ทำให้เกิดปัญหาหมลพิษทางน้ำขึ้นทั้งในแม่น้ำและชายฝั่งทะเลโดยทั่วไป

วิธีการตรวจวัดคุณภาพน้ำที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่

1. Biochemical oxygen demand (BOD) เป็นการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่จุลชีพต้องการใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ที่แขวนลอยหรือละลายอยู่ในน้ำ การวิเคราะห์ทำได้โดย ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมาทำการวิเคราะห์ทางเคมีเพื่อหาปริมาณออกซิเจนเริ่มต้น หลังจากนั้น

เก็บตัวอย่างน้ำดังกล่าวไว้ในตู้ควบคุมอุณหภูมิที่ 20 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 วัน แล้วนำตัวอย่างดังกล่าวออกมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณออกซิเจนอีกครั้งหนึ่ง ค่า BOD ที่ได้ก็คือผลต่างของปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในตอนแรกและเมื่อเวลาผ่านไป 5 วัน ซึ่งมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมของออกซิเจนต่อลิตร ($\text{mg O}_2/\text{l}$)

2. Dissolved oxygen (DO) เป็นการตรวจวัดปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำในขณะนั้นๆ ทั้งนี้ขบวนการย่อยสลายสารอินทรีย์โดยจุลชีพมีผลให้ปริมาณออกซิเจนที่ละลายในน้ำลดลง และในบริเวณที่มีการปนเปื้อนของสารอินทรีย์สูงยังทำให้ความสามารถในการละลายของออกซิเจนในน้ำลดลงอีกด้วย ซึ่งอาจหาได้โดยใช้เครื่องมือ DO meter หรือการทำปฏิกิริยากับสารเคมีที่เหมาะสม อย่างไรก็ตามการที่จะอธิบายถึงการเกิดมลพิษทางน้ำโดยวิธีนี้อาจไม่ถูกต้องตามสภาพความเป็นจริงมากนัก เนื่องจากในแหล่งน้ำมีปัจจัยที่ทำให้เกิดการได้รับหรือเสียไปของออกซิเจนหลายประการด้วยกัน

เกี่ยวกับเรื่องนี้ เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต (2534ก) ได้กล่าวว่า น้ำทิ้งที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำไม่ควรมี BOD เกิน 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และรายงานของ Atkins (1968) กล่าวว่า ในน้ำทิ้งไม่ควรมี coliform bacteria เหลืออยู่เลย ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความเสื่อมโทรมขึ้นในแหล่งน้ำ

ตารางที่ 1.1 คุณภาพน้ำบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออก (2530-2533)

สถานที่	คุณภาพน้ำทะเล					หมายเหตุ (หน่วยวัด)
	Temp	pH	Salinity	DO	BOD	
อ่าวชลบุรี	27.0-30.7	7.3-8.8	21-34	4.0-9.2	0.5-3.2	Temperature : C Salinity : ppt. DO : $\text{mg O}_2/\text{l}$ BOD : $\text{mg O}_2/\text{l}$
บางแสน	27.0-32.0	7.8-8.5	17-36	5.5-8.8	1.2-1.7	
ศรีราชา	27.7-31.0	8.0-8.8	22.5-34	5.5-8.8	1.3-3.2	
แหลมฉบัง	28.0-32.6	8.1-8.5	26-35	6.3-8.3	0.6-3.0	
พัทยา	28.0-31.5	7.5-8.7	16-34	5.3-7.9	0.9-3.9	
จอมเทียน	27.5-32.0	7.7-8.3	28-36	6.3-8.9	0.9-2.0	
บางเสร่	27.7-31.7	7.9-8.4	30.5-35	6.0-8.1	0.5-3.0	
มาบตาพุด	28.0-31.0	8.0-8.4	31-34	5.2-8.1	1.0-3.0	
ระยอง	28.0-31.0	7.8-8.3	25.5-34	5.7-8.3	1.3-3.8	
อ่าวเพ	28.5-31.0	7.5-8.2	30.5-34	5.3-8.3	0.7-5.9	

ที่มา : แววดา ทองระอา (2534); สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534)

1. การศึกษาคุณภาพน้ำในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย

จากการศึกษาของในช่วงระยะเวลาที่ผ่านมาของ แววดา ทองระอา (2534) และ สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (2534) สามารถรายงานคุณภาพในบริเวณชายฝั่งตะวันออกของอ่าวไทย พ.ศ. 2530-2533 ดังตารางที่ 1.1

2. การศึกษาการใช้ออกซิเจนในดินตะกอน

การศึกษาถึงการใช้ออกซิเจนในดินตะกอนได้มีผู้ทำมาแล้วบ้างในต่างประเทศ ซึ่งสามารถรวบรวมได้ดัง ตารางที่ 1.2

Community	Average Respiration g O ₂ /m ² /day	References
River mud	2.4	Edwards and Rolley (1965)
Freshwater lake	0.35	Hargrave (1969)
Georgia sublittoral	2.6 biological	Smith (1973)
	2.8 total	
Atlantic slope	0.01	Smith and Teal (1973)
San Diego trough	0.04 biological	Smith (1974)
	0.08 total	
Intertidal salt marsh, Ga.	3.9	Teal and Kanwisher (1961)
Salt marsh mud, La.	0.45 biological	Hopkinson et al (1978)
	0.8 total	
Denish fjord	1.2	Jorgensen (1977)
South basin of Lake Biwa	0.10 biological	Kawae and Maeda (1984)
	0.12 total	
North basin of Lake Biwa	0.10 biological	Kawae and Maeda (1984)
	0.40 total	

ที่มา : Kawae and Maeda (1984)

ตารางที่ 1.2 การศึกษาปริมาณการใช้ออกซิเจนในดินตะกอนในต่างประเทศ

หมายเหตุ

biological = อัตราการหายใจของจุลชีพในดินตะกอน

total = อัตราการหายใจทั้งหมดในดินตะกอน