บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญ

จังหวัดภูเก็ตเป็นพื้นที่ซึ่งอุดมไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญ เช่นทรัพยากรประมง แร่ธาตุ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญและทำรายได้ให้แก่ประเทศไทยเป็นอันดับหนึ่งตลอดระยะเวลา 10 ปีที่ผ่านมา (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2535) ด้วยความงามตามธรรมชาติของหาดทราย แนวปะการัง ตลอดจนอุทยานแห่งชาติทางทะเลสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวจากทั้งในและต่างประเทศให้มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุกปีโดยเฉพาะบริเวณที่มีกิจกรรมท่องเที่ยวหนาแน่น เช่น บริเวณชายฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ตซึ่งได้แก่อ่าวกะตะ กะรน และป่าตอง

อ่าวป่าตองตั้งอยู่ทางตะวันตกของจังหวัดภูเก็ต มีทิศเหนือติดต่อกับอ่าวกมลาและหาดสุรินทร์ ทิศใต้ติดต่อกับอ่าวกะรนน้อย มีพื้นที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร เป็นอ่าวที่มีหาดทรายยาว พื้นทะเลมีความลาดชันน้อยและกำบังคลื่นลมได้ดีเมื่อเทียบกับอ่าวอื่นๆในบริเวณใกล้เคียง นอกจากนี้ทางด้านเหนือและใต้ของอ่าวยังมีแหล่งปะการังที่สวยงาม อ่าวป่าตองจึงเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญแห่งหนึ่งของจังหวัดภูเก็ต แนวปะการังในบริเวณดังกล่าวยังเป็นเขตรักษาพืชพันธุ์ตามพระราชบัญญัติการประมง พ.ศ.2490 อีกด้วย และด้วยเหตุที่อ่าวป่าตองได้รับการกำหนดให้เป็นสถานที่ท่องเที่ยวชายฝั่งทะเลในแผนหลักพัฒนาการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต ทำให้มีกิจกรรมต่างๆที่ตามมากับการพัฒนาการท่องเที่ยวมากมาย มีการเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วและมีการเร่งรัดนำทรัพยากรออกมาใช้ประโยชน์เป็นจำนวนมากพร้อมๆกัน ไม่ว่าจะเป็นการพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเลหรือการใช้ทรัพยากรทางทะเลเพื่อการท่องเที่ยวย่อมก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะปัญหามลพิษของน้ำชายฝั่งอันเนื่องมาจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่ทะเล แม้ว่าจะได้มีการจัดสร้างโรงงานบำบัดน้ำเสียขึ้นในชุมชนแห่งนี้แล้วแต่ก็ยังมีข้อบกพร่องหลายประการทั้งที่เกิดจากตัวระบบบำบัดน้ำเสียเองและจากการขาดความร่วมมือของประชาชน (สุขาภิบาลป่าตอง, ม.ป.ป.) ทำให้บริเวณดังกล่าวโดยเฉพาะตอนใต้ของอ่าวเป็นบริเวณที่มีการระบายน้ำจากโรงบำบัดน้ำเสียลงสู่ทะเล ก่อให้เกิดผลเสียต่อคุณภาพน้ำและทัศนียภาพของการเป็นแหล่งท่องเที่ยวในบริเวณนี้ นอกจากนี้ยังอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อระบบนิเวศทางทะเลโดยเฉพาะแนวปะการังซึ่งตั้งอยู่ห่างจากแหล่งระบายน้ำทิ้งดังกล่าวออกไปประมาณ 200 เมตร

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงได้มีการศึกษาถึงคุณภาพน้ำ สภาพการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตลอดจนองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตบริเวณแนวปะการัง ปริมาณแพลงก์ตอนพืช และปริมาณแบคทีเรียใน-

ดิน เพื่อสังเกตความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นและใช้ในการอธิบายรูปแบบการกระจายของน้ำทิ้งชุมชนที่ถูกปล่อยลงในบริเวณอ่าวป่าตอง ตลอดจนผลกระทบบางประการที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังบริเวณนี้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาผลของน้ำทิ้งชุมชนที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง โดยใช้สภาพการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตบริเวณแนวปะการัง, ความชุกชุมของแพลงก์ตอนพืชและปริมาณแบคทีเรียในดินเป็นตัวบ่งชี้

2. ศึกษาคุณภาพน้ำทะเลในแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง ซึ่งเป็นบริเวณที่มีกิจกรรมบริเวณชายฝั่งหนาแน่น

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถบอกถึงคุณภาพน้ำและผลของน้ำทิ้งที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง

2. เป็นข้อมูลพื้นฐานทางนิเวศวิทยาที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อมในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ทรัพยากร การใช้ประโยชน์จากแนวปะการังและประยุกต์ใช้ในการศึกษาบริเวณใกล้เคียงอื่นๆ

การสำรวจเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. **ระบบนิเวศแนวปะการัง**

ปะการังเป็นสัตว์ทะเลไม่มีกระดูกสันหลัง จัดอยู่ในจำพวก (Phylum) Coelenterata กลุ่ม (Class) Anthozoa กลุ่มย่อย (Subclass) Zoantharia ซึ่งประกอบด้วยสัตว์มากมายหลายชนิด สำหรับปะการังที่จะกล่าวถึงในที่นี้จะหมายถึงปะการังแข็งที่จัดอยู่ในอันดับ (Order) Scleractinia ซึ่งมีลักษณะเด่นคือมีหนวดจำนวน 6 หรืออนุกรมของ 6 เส้นเรียงรายอยู่รอบปากและสามารถสร้างโครงร่างแข็งซึ่งเป็นสารประกอบประเภทหินปูนขึ้นมาล้อมรอบเนื้อเยื่ออันอ่อนนุ่ม ภายในเนื้อเยื่อของตัวปะการังเป็นที่อยู่ของสาหร่าย Zooxanthellae ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลล์เดียวในกลุ่ม Dinoflagellate สาหร่ายชนิดนี้จะมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพากับปะการัง โดยสาหร่ายที่อยู่ภายในเนื้อเยื่อของปะการังนี้จะได้รับสารอาหารจากตัวปะการัง คือจะได้ธาตุอาหารประเภทไนโตรเจน ฟอสฟอรัสรวมทั้งกาซคาร์บอนไดออกไซด์จากของเสีย

ที่ปะการังขับถ่ายออกมาร่วมกับกระบวนการสังเคราะห์แสงเพื่อสร้างอาหาร ซึ่งผลผลิตประเภทสารอินทรีย์ที่ได้จากการสร้างอาหารของสาหร่ายดังกล่าวจะเป็นอาหารโดยตรงของปะการัง สาหร่ายชนิดนี้จึงมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของปะการัง โดยพบว่าปะการังชนิดที่มีสาหร่ายอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อ ซึ่งพบในความลึกที่แสงส่องถึงจะมีอัตราการสะสมหินปูนรวดเร็วและก่อตัวเป็นแนวปะการังได้เรียกว่า Hermatypic coral โดยสาหร่ายจะเป็นตัวนำกาซคาร์บอนไดออกไซด์และฟอสเฟตซึ่งเป็นตัวยับยั้งการสะสมหินปูนออกจากเนื้อเยื่อของปะการังไปใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง เป็นผลให้กระบวนการสะสมหินปูนของปะการังเกิดได้เร็วขึ้น (Goreau, 1959; Simkiss,1964 อ้างถึงใน ทัศนีย์ คชสีห์, 2529) ส่วนปะการังที่มีสาหร่ายชนิดนี้อยู่น้อยหรือไม่มีเลยซึ่งอยู่ได้ในที่ลึกและมีอุณหภูมิต่ำจะมีการสร้างหินปูนได้ช้าจึงไม่สามารถสร้างเป็นแนวปะการังได้เรียกว่า Ahermatypic coral

ดังนั้นจึงสามารถให้คำจำกัดความของแนวปะการังโดยสรุปได้ว่าเป็นโครงสร้างหินปูนที่ก่อตัวเป็นแนวใต้ทะเลในระดับที่แสงส่องถึง โครงสร้างนี้เกิดจากโครงสร้างหินปูนของสิ่งมีชีวิตหลายชนิด เช่นสาหร่ายบางชนิด สัตว์ในกลุ่มหอยทะเล ไบรโอซัว เม่นทะเล กุ้งและปู แต่ตัวที่เด่นที่สุดคือปะการังชนิดที่สร้างแนวได้ (hermatypic coral) และสาหร่ายหินปูน (calcareous algae) ซึ่งการสร้างในลักษณะนี้ถือว่าเป็นผลจากการสร้างทางชีวภาพ (organic constructional force) ส่วนอีกลักษณะหนึ่งจะมีการสร้างทางกายภาพ (physical constructional force) ช่วยเสริมในการก่อตัวของแนวปะการัง ตัวอย่างของการสร้างลักษณะนี้คือมีการทับถมของซากหักพังของปะการังซึ่งต่อมาจะถูกเชื่อมประสานกันด้วยแคลเซียมคาร์บอเนตที่ตกตะกอนจากน้ำทะเล

แนวปะการังเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์ของสิ่งมีชีวิตทั้งชนิดและปริมาณ เนื่องจากความสลับซับซ้อนทางโครงสร้างของปะการังทำให้บริเวณนี้เป็นที่อยู่อาศัย หาอาหาร วางไข่ เลี้ยงดูตัวอ่อนของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ แนวปะการังจึงเป็นแหล่งรวมความสัมพันธ์อันซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตใต้ทะเล มีการเปลี่ยนแปลงและถ่ายทอดพลังงานตลอดเวลา จึงนับได้ว่าเป็นแหล่งสร้างและหมุนเวียนสารอาหารที่สำคัญ เป็นที่น่าสังเกตว่าผลผลิตรวมของบริเวณแนวปะการังมีปริมาณมากเมื่อเทียบกับระบบนิเวศในทะเลอื่นๆจนเปรียบเสมือนว่าแนวปะการังเป็นโอเอซิสในทะเลทราย (Gordon and Kelly, 1962 อ้างถึงใน นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ, ม.ป.ป.; Polovina,1984) ถึงแม้ว่าน้ำทะเลบริเวณแนวปะการังมีปริมาณสารอาหารค่อนข้างต่ำ ซึ่งผลการศึกษาปริมาณสารอาหารในแนวปะการังบริเวณต่างๆจะแสดงในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลการศึกษาปริมาณสารอาหารในแนวปะการังบริเวณต่างๆ
(หน่วยเป็นไมโครกรัมอะตอมต่อลิตร) (ที่มา : Crossland, 1983)

สถานที่ศึกษา	ธาตุอาหาร				ผู้ศึกษา
	ไนเตรท	ไนไตรท์	แอมโมเนีย	ฟอสเฟต	
Canton Atoll lagoon	0.02		0.03		Smith & Henderson (1973)
Enewetok Atoll off shore	0.02		0.03		Smith & Jokiel (1975)
reef 1	0.06-1.0			0.26-64	Odum & Odum (1955)
reef 2	0.08-0.3		0.20-0.29		Webb et. al. (1975)
reef 3	0.11-0.17		0.24-0.29	0.17	Johannes et. al. (1972)
lagoon	0.07		0.28		Webb et. al. (1975)
Fanning Atoll	0.48-1.98				Krasnick (1973)
Tarawa Atoll	0.05-2.6		0.36		Johannes et. al. (1979)
Lizard Islands off shore windward	0.54	0.14	0.32	0.25	Crossland & Barnes (1983)
reef lagoon	0.22-1.02	0.11-0.17	0.22-0.26	0.22-0.3	"
leeward reef	0.59-0.82	0.17	0.25-0.34	0.18-0.24	"
	0.54-0.58	0.07-0.14	0.23-0.38	0.15-0.23	"
Abrolhos Islands	0.79-5.17	0.01-0.50	0.07-11.0	0.16-2.92	Crossland & Barnes (1983)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาหร่ายและพืชทะเลอื่นๆที่อยู่ในบริเวณแนวปะการังจะมีบทบาทสำคัญในแง่ของการเป็นผู้ผลิตในระบบนิเวศแห่งนี้และพบว่าจะมีมวลชีวภาพค่อนข้างสูงเมื่อเทียบสัดส่วนกับผู้บริโภคอันดับต่างๆ เช่นพบว่ามวลชีวภาพของผู้ผลิตในแนวปะการังบริเวณ Eniwetok มีถึง 703 กรัมต่อตารางเมตร ในขณะที่มวลชีวภาพของผู้บริโภคอันดับแรกและอันดับสองมีเพียง 132 และ 11 กรัมต่อตารางเมตร ตามลำดับ (Odum and Odum,1955)

โดยทั่วไปหากไม่นับสาหร่ายเซลล์เดียวที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของปะการังและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบางชนิด รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชที่อยู่ในมวลน้ำบริเวณแนวปะการังแล้ว พืชทะเลที่พบในแนวปะการังจะมีอยู่ 3 ลักษณะ (Berner, 1990) คือ

1. สาหร่ายเส้นขนาดเล็ก (microfilamentous algae) ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Cyanophyta) และสาหร่ายสีแดง (Rhodophyta)

2. สาหร่ายหินปูน (coralline algae) ส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มสาหร่ายสีแดง แต่มีสาหร่ายสีเขียว (Chlorophyta) และสาหร่ายสีน้ำตาล (Phaeophyta) บางชนิดที่อยู่ในกลุ่มนี้

3. สาหร่ายขนาดใหญ่ (Frondose macroalgae) ได้แก่กลุ่มสาหร่ายสีเขียว สาหร่ายสีน้ำตาล และสาหร่ายสีแดง

การกระจายของสาหร่ายในแนวปะการังจะไม่มีรูปแบบที่แน่นอนโดยจะขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่ของแนวปะการังและสภาพสิ่งแวดล้อม เช่นปริมาณธาตุอาหาร อุณหภูมิ ปริมาณแสง ความใสของน้ำ กระแสน้ำ ระยะเวลาสัมผัสกับอากาศขณะน้ำลง ความเค็ม ตลอดจนชีววิทยาและความสามารถในการปรับตัวของสาหร่ายแต่ละชนิด ในบางบริเวณอาจมีชนิดและปริมาณสาหร่ายแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาล เช่นบริเวณ Gulf of Eilat จะมีสาหร่ายขนาดใหญ่อยู่ตลอดปีทั้งบริเวณ reef flat และส่วนบนของแนวปะการังตอนหน้า (upper fore reef slope) แต่จะมีปริมาณน้อยในช่วงฤดูร้อนเนื่องจากสาหร่ายมีการหลุดจากพื้นที่เกาะซึ่งเป็นผลจากพายุในช่วงฤดูใบไม้ผลิและจะเพิ่มปริมาณขึ้นในฤดูหนาวและฤดูใบไม้ผลิในช่วงเดือนเมษายนและเดือนพฤษภาคมทั้งนี้เนื่องจากมีการลงเกาะและเจริญของสาหร่ายดังกล่าว ในแนวปะการังที่มีปะการังมีชีวิตค่อนข้างน้อยจะมีสาหร่ายหินปูนและสาหร่ายเส้นขนาดเล็กขึ้นคลุมพื้นที่แทนดังนั้นสาหร่ายจึงเป็นตัวแก่งแย่งพื้นที่กับแนวปะการัง บริเวณที่มีปะการังขึ้นหนาแน่นจึงมีปริมาณสาหร่ายเหล่านี้ค่อนข้างน้อย สาหร่ายเส้นขนาดเล็กและสาหร่ายขนาดใหญ่มักจะเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดแรกที่เกิดขึ้นบนวัตถุใต้น้ำหรือเกิดขึ้นภายหลังการที่มีธาตุอาหารปริมาณมากในน้ำ (Benayahu and Loya, 1977)

ได้มีการตั้งสมมุติฐานว่าบริเวณแนวปะการังน่าจะมีกระบวนการที่มีประสิทธิภาพสูงที่จะทำให้สารอาหารหมุนเวียนอยู่ภายในระบบจึงทำให้บริเวณดังกล่าวมีผลผลิตรวมสูงตลอดเวลา อย่างไรก็ตามพบว่าศักยภาพการผลิตทางการประมงในบริเวณแนวปะการังมีไม่สูงนักเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตเบื้องต้นทั้งนี้เนื่องจากมีการกินกันเองภายในกลุ่ม เช่นในกลุ่มของสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่สร้างอาหารเอง

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ได้ (heterophic benthos) และปลาในแนวปะการัง ทำให้มีลำดับในห่วงโซ่อาหารย่อยๆเพิ่มขึ้นในระบบ ดังนั้นพลังงานที่สูญเสียไปในขั้นตอนต่างๆจึงมีมากขึ้น ผลผลิตในแนวปะการังจึงมีไม่สูงนักเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตขั้นต้นที่สูงมาก อีกประการหนึ่งกระบวนการที่จะถ่ายทอดพลังงานของผลผลิตขั้นต้นไปสู่ผู้บริโภคโดยตรงจะมีน้อยมาก ดังนั้นระบบนิเวศแนวปะการังจึงเป็นระบบปิดซึ่งมีผลผลิตทางการประมงต่ำเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตเบื้องต้นที่มีอยู่ในบริเวณนี้แม้ว่าจะมีองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตเป็นจำนวนมากก็ตาม (Polovina, 1984)

2. ผลของน้ำทิ้งต่อระบบนิเวศชายฝั่งทะเล

ปัจจุบันแนวปะการังซึ่งเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญและมีความอุดมสมบูรณ์ที่สุดระบบหนึ่งในโลก กำลังมีความเสื่อมโทรมลงด้วยสาเหตุต่างๆทั้งสาเหตุอันเนื่องมาจากธรรมชาติและสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ สาเหตุของความเสื่อมโทรมที่เกิดขึ้นในแนวปะการังหลายแห่งของโลกประการหนึ่งก็คือผลที่เกิดจากการระบายของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ (antropogenic discharge) ลงสู่บริเวณชายฝั่งทะเลรวมทั้งบริเวณแนวปะการัง และแม้ว่าการศึกษาเรื่องของผลของน้ำทิ้งหรือของเสียจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังเพิ่งเริ่มขึ้นในช่วงค.ศ. 1975 (Grigg and Dollar, 1990) แต่เรื่องดังกล่าวกำลังเป็นที่สนใจอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน (Kinsey, 1990) อย่างไรก็ตามการศึกษาผลของน้ำทิ้งดังกล่าวที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังยังมีค่อนข้างน้อย (Bell, 1992)

ของเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ที่ถูกระบายลงสู่ทะเลไม่ได้หมายถึงน้ำทิ้งจากบ้านเรือน ชุมชน หรือโรงงานอุตสาหกรรม ที่ส่วนใหญ่จะมีสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงตะกอน น้ำจืด โลหะหนัก น้ำที่ใช้ในกระบวนการหล่อเย็นซึ่งมีอุณหภูมิสูง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารกัมมันตภาพรังสีและเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ (Hawker and Connell,1991; Grigg and Dollar, 1990; Nemerow, 1991) ซึ่งมีสาเหตุมาจากการเพิ่มของจำนวนประชากร การพัฒนาพื้นที่ชายฝั่งทะเล การท่องเที่ยว การชะพาของน้ำฝน ตลอดจนน้ำทิ้งจากชุมชน บ้านเรือน โรงงานอุตสาหกรรม พื้นที่ทำการเกษตร ทั้งที่ถูกปล่อยทิ้งโดยตรงและน้ำทิ้งจากโรงงานบำบัดน้ำเสียที่ปล่อยลงสู่ทะเล นอกจากสาเหตุต่างๆที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์แล้ว สารอินทรีย์ปริมาณมากยังอาจเกิดจากกระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นในตัวกลางตามธรรมชาติเช่นป่าชายเลน พื้นที่ชุ่มน้ำ (wet land) บริเวณที่เกิดน้ำผุด (upwelling) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากตะกอนที่สะสมอยู่ตามพื้นที่ชายฝั่งทะเลซึ่งสามารถปลดปล่อยธาตุอาหารมายังมวลน้ำบริเวณชายฝั่ง (Crossland and Barnes, 1983)

ปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นจากการระบายน้ำเสียที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์ก็คือปริมาณธาตุอาหาร (Hawkins and Robert, 1994) ซึ่งอาจอยู่ทั้งในรูปสารอนินทรีย์และสารอินทรีย์ที่ละลายในน้ำ และ/หรือสารอินทรีย์แขวนลอย (Hatcher, 1989) ซึ่งสารประกอบเหล่านี้อาจเปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปของสารอนินทรีย์ที่พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยกิจกรรมของแบคทีเรีย สาหร่าย หรือแพลงก์ตอนบาง

ชนิด (Stewart,1968; North, Stephens and North,1972) แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าน้ำทิ้งที่ระบายลงสู่ทะเลจะประกอบด้วยธาตุอาหารประเภทไนโตรเจนและฟอสฟอรัสเป็นปริมาณมาก นอกจากนี้ยังประกอบด้วยสารอินทรีย์และตะกอนแขวนลอย

ความเสียหายของระบบนิเวศชายฝั่งทะเลอันเนื่องมาจากน้ำเสียที่ระบายจากแผ่นดินจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความสามารถของแหล่งน้ำในการที่จะรองรับน้ำทิ้งนั้นๆ กระบวนการเจือจาง ตลอดจนชนิดและปริมาณของสิ่งที่ปนเปื้อนในน้ำรวมทั้งการบำบัดเบื้องต้นก่อนที่น้ำทิ้งจะถูกปล่อยลงสู่บริเวณชายฝั่งทะเลอีกด้วย (Hawker and Connell, 1991)

น้ำเสียที่ระบายจากแผ่นดินลงสู่ทะเลหรือบริเวณแนวปะการังจึงมีผลต่อการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ซึ่งจะมีผลโดยตรงในแง่ของการเพิ่มผลผลิตปฐมภูมิและมวลชีวภาพและผลผลิตทางการประมง (Kinsey and Domm,1974; Gulland, 1976 อ้างถึงใน Birkeland, 1988) ส่วนผลอีกประการหนึ่งของการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในน้ำก็คือการเปลี่ยนแปลงขั้นพื้นฐานของโครงสร้างห่วงโซ่อาหารและองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตหน้าดิน กระบวนการดำรงชีวิตขั้นพื้นฐานเช่นการแก่งแย่งหรือล่าเหยื่อรวมทั้งการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตที่เป็นสิ่งมีชีวิตเด่นในบริเวณนั้นๆ โดยจะสามารถสรุปถึงผลของการระบายน้ำเสียจากแผ่นดินต่อระบบนิเวศแนวปะการังได้ดังตารางที่ 1.2

ในบริเวณที่มีธาตุอาหารสูง สิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจะได้รับประโยชน์จากธาตุอาหารได้อย่างมีประสิทธิภาพกว่าสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ (Geider et al., 1986) ดังนั้นการศึกษาถึงอัตราการเจริญของแบคทีเรียจึงเป็นสิ่งสำคัญ จากการศึกษาพบว่าแบคทีเรียมีการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณธาตุอาหารได้อย่างรวดเร็ว (Moriaty, ม.ป.ป.) เนื่องจากสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจะมีอัตราการเผาผลาญอาหาร (metabolic rate) สูง มีอายุของเซลสั้นและมีความต้องการธาตุอาหารมากเมื่อเทียบกับสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ ส่วนสาหร่ายจะมีการตอบสนองต่อธาตุอาหารดังกล่าวช้ากว่า (Kerr, et al.,1970) ในสภาพแวดล้อมบางประการแบคทีเรียจะมีบทบาทเหนือกว่าสาหร่ายในการใช้สารอาหารประเภทฟอสเฟตที่อยู่ในรูปสารอนินทรีย์ (Harrison et.al., 1977) น้ำทิ้งจากแผ่นดินจะมีธาตุอาหารซึ่งมีผลโดยตรงต่อการเจริญของแบคทีเรียและแพลงก์ตอนพืช นอกจากนี้สารแขวนลอยหรือตะกอนที่ปะปนอยู่ในน้ำทิ้งบริเวณชายฝั่งทะเลยังสามารถเป็นตัวเพิ่มพื้นที่ผิวในการลงเกาะและเจริญเติบโตให้แก่แบคทีเรีย (Kjelleberg et. al., 1982 อ้างถึงใน Moriaty, ม.ป.ป.) ดังนั้นแบคทีเรียบางชนิดจึงสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ที่ดีในการบอกถึงปริมาณธาตุอาหารหรือปริมาณเชื้อโรคที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำธรรมชาติได้ การวัดกิจกรรมต่างๆของแบคทีเรียจะเป็นสิ่งบ่งบอกถึงการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารได้เป็นอย่างดีเนื่องจากแบคทีเรียมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพสิ่งแวดล้อมแม้เพียงเล็กน้อย การศึกษาถึงปริมาณธาตุอาหารที่ถูกใช้ไปโดยแบคทีเรียยังทำให้สามารถติดตามศึกษาการเกิดการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในน้ำได้อีกด้วย (Seki, 1982 อ้างถึงใน Seki, 1986) แต่การศึกษาดังกล่าวในประเทศไทยยังมีค่อนข้างน้อย การใช้แบคทีเรียในการบ่ง

บอกคุณภาพน้ำในประเทศไทยมักเป็นการศึกษาด้านสุขาภิบาลเช่นการใช้แบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มเป็นตัวบ่งชี้การปนเปื้อนของอุจจาระมนุษย์และสัตว์ในแหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งมีการศึกษาอย่างกว้างขวางมาตั้งแต่พ.ศ. 2516 (Wimon Hemachandra, 1995) โดยพบว่าปริมาณแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มจะมีในผิวน้ำบริเวณใกล้ฝั่งมากกว่าในน้ำลึกหรือบริเวณที่อยู่ห่างออกไปจากชายฝั่ง (กัลยา ทรัพย์สมวงศ์, 2523) อย่างไรก็ตามแบคทีเรียชนิดนี้มีการกระจายอยู่ทั่วไปทั้งบริเวณใกล้และไกลฝั่ง โดยอ่าวไทยฝั่งตะวันออกจะมีการปนเปื้อนของแบคทีเรียชนิดนี้มากกว่าอ่าวไทยฝั่งตะวันตก (เกรียงศักดิ์ สายธนู และคณะ, 2524) โดยปริมาณแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มในแม่น้ำที่ไหลลงสู่อ่าวไทยในช่วงฤดูฝนจะมีมากกว่าในช่วงฤดูแล้งซึ่งมีความเค็มสูง เนื่องจากแบคทีเรียชนิดนี้ไม่สามารถทนอยู่ในความเค็มสูงได้ (เกรียงศักดิ์ สายธนู และคณะ, 2530)

ตารางที่ 1.2 สรุปผลของการทิ้งน้ำเสียจากแผ่นดินที่มีต่อสรีระเคมีและชีววิทยาของระบบนิเวศแนวปะการัง (ที่มา : Hawker and Connell, 1989)

ปัจจัย	การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากน้ำทิ้งชุมชน
มวลชีวภาพ	เพิ่มขึ้น
ผลผลิตเบื้องต้น	เพิ่มขึ้น
จำนวนปะการัง	ลดลง
คลอโรฟิล เอ	เพิ่มขึ้นอย่างมาก
สิ่งมีชีวิตที่กินสารอินทรีย์และกินอาหารโดยการกรอง	เพิ่มขึ้นอย่างมาก
สาหร่ายหน้าดิน	เพิ่มขึ้นอย่างมาก
ตะกอน	เปลี่ยนจากตะกอนขนาดกลางซึ่งมีสารอินทรีย์ต่ำ เป็นตะกอนขนาดเล็กและมีสารอินทรีย์สูง
ความสามารถในการแลกเปลี่ยนอิออนที่เกิดในตะกอน	เปลี่ยนจากสูง เนื่องจากมีออกซิเจนละลายในน้ำที่แทรกในตะกอนสูง กลายเป็นต่ำลง เนื่องจากปริมาณออกซิเจนลดลง และบางบริเวณเกิดภาวะไร้ออกซิเจน
คุณสมบัติของน้ำ	ความเป็นกรดด่าง, ออกซิเจนละลาย, ค่าบีโอดี เปลี่ยนแปลงไปจากธรรมชาติ
ความขุ่นของน้ำ	เพิ่มขึ้น
การเพิ่มปริมาณอย่างผิดปกติของแพลงก์ตอนพืช	มีจำนวนครั้งของการเพิ่มปริมาณของแพลงก์ตอนพืชเพิ่มขึ้นอย่างมาก

ในการศึกษาด้านปริมาณและผลผลิตของแบคทีเรียในดินมีค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับการศึกษาปริมาณและผลผลิตของแบคทีเรียในน้ำ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเก็บตัวอย่างและการศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในดินทำได้ค่อนข้างยากและมีวิธีที่ซับซ้อนกว่าโดยเฉพาะในบริเวณแนวปะการังซึ่งดินมีลักษณะค่อนข้างหยาบจึงทำให้การเก็บตัวอย่างทำได้ยาก (Moriarty and Pollard, 1981; Fallon et.al., 1983 อ้างถึงใน Ducklow, 1990)

สำหรับพืชขนาดเล็กไม่ว่าจะเป็นแพลงก์ตอนพืชหรือสาหร่ายจะสามารถใช้ประโยชน์จากธาตุอาหารในน้ำได้ค่อนข้างรวดเร็วเช่นเดียวกัน ดังนั้นการที่มีปริมาณธาตุอาหารในน้ำเพิ่มขึ้นจึงอาจเป็นเหตุให้มีการเพิ่มจำนวนของพืชน้ำและมีผลต่อเนื่องไปถึงคุณภาพน้ำ พืชน้ำบางชนิดอาจมีสารที่เป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น เช่นการเพิ่มจำนวนของ Noctiluca scintillans ซึ่งองค์ประกอบภายในเซลล์เป็นแอมโมเนีย เมื่อมีการสลายของเซลล์จะทำให้สารเหล่านี้ปนเปื้อนในน้ำเป็นปริมาณมากและก่อให้เกิดผลเสียต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น นอกจากนี้กระบวนการย่อยสลายเซลล์สิ่งมีชีวิตเหล่านี้จำเป็นต้องใช้ออกซิเจนเป็นปริมาณมาก ออกซิเจนในน้ำจึงลดลงทำให้คุณภาพน้ำเสื่อมลงกว่าที่เป็นอยู่จนอาจเป็นเหตุให้มีการตายของสัตว์น้ำปริมาณมาก (สิทธิพันธ์ ศิริรัตนชัย และแววตา ทองระอา, 2536)

สาหร่ายและแพลงก์ตอนพืชแต่ละชนิดมีความต้องการธาตุอาหารแต่ละชนิดในอัตราส่วนที่แตกต่างกัน ดังนั้นการที่ธาตุอาหารชนิดใดชนิดหนึ่งในน้ำมีปริมาณลดลงจะไม่สามารถทำให้ปริมาณสาหร่ายลดลงได้ นอกจากนี้พืชน้ำบางชนิดจะสามารถดำรงชีวิตและขยายพันธุ์ในบริเวณที่มีการทิ้งน้ำเสียลงสู่ทะเลจึงสามารถใช้พืชน้ำบางชนิดเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเกิดมลภาวะในทะเลเช่น Corallina, Bossiella และ Lithothrix ซึ่งเป็นสาหร่ายกลุ่มเด่นที่พบบริเวณที่มีการระบายน้ำเสียลงสู่ทะเลในบริเวณตอนใต้ของแคลิฟอร์เนียและไม่ค่อยพบในบริเวณอื่นๆ (State Water Quality Control Board, 1965 อ้างถึงใน North et.al., 1972) ส่วนที่อ่าว Kaneohe มลรัฐฮาวาย พบว่ามีการเพิ่มจำนวนของสาหร่าย Dictyospheria carvernosa ในช่วงที่มีการระบายน้ำเสียจากชุมชนลงสู่อ่าว นอกจากนี้ยังพบว่าสาหร่ายในสกุล Enteromorpha และ Ulva จะเป็นสาหร่ายสกุลที่เติบโตได้ดีในทะเลเขตร้อนในบริเวณที่ได้รับอิทธิพลจากน้ำทิ้งที่ถูกระบายลงสู่ทะเล (Dong et.al., 1972; Tewari, 1972; Doty, 1961 อ้างถึงใน Johannes, 1975)

กระบวนการที่ทำให้เกิดการเพิ่มจำนวนของพืชน้ำอาจแบ่งได้เป็น 3 สาเหตุใหญ่ๆ คือ เกิดการแก่งแย่งระหว่างชนิด เนื่องจากพืชน้ำแต่ละชนิดมีความทนทานต่อสิ่งแวดล้อมและต้องการธาตุอาหารที่แตกต่างกันเป็นเหตุให้เกิดพืชน้ำชนิดเด่นขึ้นและเมื่อสภาพแวดล้อมเปลี่ยนไปก็จะทำให้พืชน้ำชนิดอื่นที่สามารถเพิ่มจำนวนได้ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปนั้นเกิดขึ้นแทน จึงมีการเปลี่ยนแปลงแทนที่ของพืชน้ำแต่ละชนิดเกิดขึ้น สาเหตุอีกประการหนึ่งก็คือการเพิ่มของธาตุอาหารปริมาณน้อย (micronutrient) หรือวิตะมินบางชนิดที่พืชสามารถนำไปใช้ได้ และประการสุดท้ายก็คือการเพิ่มปริมาณสารอินทรีย์ต่างๆซึ่งเป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการของจุลินทรีย์หรือสาหร่ายบางชนิดที่จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นธาตุอาหารปริมาณมาก (macronutrient) เช่นคาร์บอน ฟอสฟอรัส หรือไนโตรเจน ซึ่งพืชน้ำ-

สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวน

โดยปกติแล้วเมื่อน้ำบริเวณแนวปะการังมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น พืชน้ำต่างๆจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีกว่าสาหร่าย Zooxanthellae ที่อยู่ในเนื้อเยื่อปะการัง (Hallock, 1981 อ้างถึงใน Hallock 1988) ดังนั้นสาหร่ายจึงมีโอกาสเจริญและเพิ่มจำนวนขึ้นจนแก่งแย่งปัจจัยในการดำรงชีวิตของ Zooxanthellae และปะการังซึ่งได้แก่ปริมาณแสง พื้นที่ ดังนั้นแนวปะการังจึงมีโอกาสเสื่อมโทรมลงด้วยสาเหตุดังกล่าว ในเขตอบอุ่นธาตุอาหารบางชนิดโดยเฉพาะไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และเหล็กจะลดลงในน้ำชั้นผิวของมหาสมุทร ในกรณีที่แสงไม่เป็นปัจจัยจำกัดธาตุอาหารเหล่านี้จะเป็นตัวควบคุมปริมาณพืชน้ำ และด้วยเหตุที่ธาตุอาหารซึ่งเป็นสารอนินทรีย์มักจะถูกใช้ไปอย่างรวดเร็วโดยพืชน้ำเหล่านี้ ดังนั้นปริมาณธาตุอาหารอนินทรีย์เหล่านี้จึงไม่สามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณธาตุอาหารในน้ำได้ แต่พบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืช คลอโรฟิลเอ หรือปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ทั้งหมดในน้ำ (Total Organic Carbon) จะเป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณธาตุอาหารในน้ำได้ดีกว่า (Hallock, 1988) และจากการศึกษาถึงผลของปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่มีต่อแนวปะการังพบว่าปริมาณฟอสเฟต ค่าความต้องการออกซิเจนเพื่อใช้ในการย่อยสลายสารอินทรีย์ (Biological Oxygen Demand) และปริมาณสารแขวนลอยในน้ำสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณธาตุอาหารในน้ำ (Hawker and Connell, 1989) จากการศึกษาข้อมูลระยะยาวในแนวปะการังในเขต Great Barrier Reef พบว่าในช่วง 50-60 ปีที่ผ่านมาปริมาณฟอสเฟตและแพลงก์ตอนพืชได้เพิ่มปริมาณขึ้นจนอาจเรียกได้ว่าเป็นการเพิ่มจำนวนของแพลงก์ตอนที่เกิดจากการเพิ่มของปริมาณธาตุอาหาร (eutrophication) ขึ้นในแนวปะการังโดยพบว่าธาตุอาหารดังกล่าวถูกพัดพามากับน้ำในแม่น้ำเป็นสาเหตุหลักของการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในแนวปะการังในบริเวณนี้ นอกจากนี้การเพิ่มจำนวนของสาหร่าย Trichodesmium ซึ่งเป็นสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงินที่สามารถตรึงไนโตรเจนในน้ำได้เป็นปริมาณมากและเมื่อปริมาณฟอสฟอรัสในน้ำมีเพิ่มขึ้นจะยิ่งทำให้สาหร่ายชนิดนี้มีการเพิ่มจำนวนขึ้น (Bell, 1992) และพบว่าน้ำเสียที่ระบายจากแผ่นดินยังสามารถกระตุ้นการเจริญของสาหร่ายหินปูน (coralline algae) อีกหลายชนิดจนสามารถแย่งพื้นที่ของแนวปะการังได้ (Litter, 1973 อ้างถึงใน Johannes,1975)

แนวโน้มที่คล้ายคลึงกันนี้ยังพบได้ในสัตว์โดยพบว่าอัตราการเจริญของสิ่งมีชีวิตที่กินอาหารโดยการกรองเช่นหอยสองฝา เพรียงและไบรโอซัวจะมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับปริมาณธาตุอาหารในน้ำ (Widdow et. al., 1979 อ้างถึงใน Birkeland, 1988) ในบริเวณ Kingston Harbor, Jamaica โพลีชีดชนิด Spiochaetopterus oculatus และ Capitella sp. จะสามารถใช้เป็นตัวบ่งบอกถึงปริมาณสารอินทรีย์ที่มากผิดปกติในน้ำได้ นอกจากนี้ฟองน้ำบางชนิดในเขตร้อนจะมีการเพิ่มจำนวนเพื่อตอบสนองการเพิ่มปริมาณของสารอินทรีย์แขวนลอยในน้ำ แต่สำหรับสิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่หรือที่อยู่รวมกันเป็นโคโลนีหรือพืชและสัตว์ที่มีการดำรงชีวิตแบบพึ่งพาเช่นสาหร่าย Zooxanthellae และปะการังจะไม่มีการเพิ่มจำนวนเมื่อมีการเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร

แนวปะการังเป็นบริเวณที่มีความอุดมสมบูรณ์จนเปรียบเสมือนเป็นโอเอซิสท่ามกลางทะเลทราย (Kinsey,1985) แต่จะพบว่าแนวปะการังส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่มีธาตุอาหารในน้ำต่ำ (Simkiss,1964) โดยสาหร่าย Zooxanthellae ซึ่งเป็นสาหร่ายเซลเดียวที่มีความสัมพันธ์กับปะการังจะมีการปรับตัวต่อสภาพที่มีปริมาณธาตุอาหารในน้ำต่ำได้เป็นอย่างดี (Hallock,1988) ในทางกลับกันพบว่าหากธาตุอาหารในน้ำมีปริมาณมาก Zooxanthellae จะไม่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเท่าที่ควร (Hallock, 1981 อ้างถึงใน Hallock, 1988) ดังนั้นการเพิ่มปริมาณของธาตุอาหารในน้ำจึงมีผลอย่างยิ่งต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างตลอดจนองค์ประกอบสิ่งมีชีวิต ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงขั้นพื้นฐานของโครงสร้างห่วงโซ่อาหารไปจนถึงองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตเด่นในบริเวณแนวปะการัง เช่นจากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตบริเวณแนวปะการังเนื่องจากการทิ้งน้ำเสียบริเวณ Coconut Island ในช่วงค.ศ.1978 พบว่ามีการลดจำนวนลงของสิ่งมีชีวิตประเภทปู หอยสองฝาและสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังที่กินอาหารโดยการกรอง และการเพิ่มจำนวนของปลิงทะเลซึ่งอาจเนื่องจากพื้นดินที่มีสารอินทรีย์สูงจนกระทั่งเกิดการย่อยสลายในสภาพขาดออกซิเจน (anoxic) ซึ่งสภาพดังกล่าวอาจมีความเหมาะสมแก่การดำรงชีวิตของปลิงทะเล (Guinther and Bartlett, 1986)

การที่มีธาตุอาหารปริมาณมากในน้ำทั้งจากสาเหตุทางธรรมชาติ เช่นการเกิดปรากฏการณ์น้ำผุดหรือเกิดจากการระบายน้ำทิ้งจากแผ่นดินซึ่งมักจะประกอบด้วยธาตุอาหารในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูง เป็นเหตุให้มีสิ่งมีชีวิตประเภทเกาะติด (fouling organism) รวมทั้งแพลงก์ตอนพืชสาหร่าย และสิ่งมีชีวิตหน้าดินซึ่งกินอาหารโดยการกรอง (benthic filter-feeder) สามารถเจริญเพิ่มจำนวนขึ้นและครอบคลุมพื้นที่บริเวณแนวปะการัง เมื่อธาตุอาหารในน้ำถูกใช้ไปจนมีปริมาณลดลงสิ่งมีชีวิตเหล่านี้จึงลดจำนวนลง ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมบางประการเช่นปริมาณสารแขวนลอยหรือแพลงก์ตอนในมวลน้ำลดลงทำให้น้ำใสขึ้นปริมาณแสงที่ส่องลงในน้ำจึงมีเพิ่มขึ้น ปะการังจึงมีโอกาสเจริญขึ้นจนครอบคลุมพื้นที่ได้อีกครั้ง ดังนั้นธาตุอาหารจึงเป็นปัจจัยสำคัญทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อสภาพแนวปะการัง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและสภาพของแนวปะการังด้วย ในบริเวณที่มีธาตุอาหารต่ำ การที่มีธาตุอาหารปริมาณมากในน้ำที่ถูกทิ้งลงสู่แนวปะการังอาจเป็นผลให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพสังคมของสิ่งมีชีวิตในแนวปะการังจากสิ่งมีชีวิตประเภทปะการังเป็นสิ่งมีชีวิตหน้าดินที่กินอาหารโดยการกรองอาหารจากมวลน้ำ แต่หากมีธาตุอาหารจากการระบายน้ำจากแผ่นดินในปริมาณไม่สูงนักลงสู่แนวปะการังที่มีปริมาณธาตุอาหารตามธรรมชาติค่อนข้างสูงอยู่แล้วอาจไม่ส่งผลกระทบต่อสภาพแนวปะการังนั้นๆมากนัก เนื่องจากสิ่งมีชีวิตในแนวปะการังมีการปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงของปริมาณธาตุอาหารในน้ำนั้นๆอยู่แล้ว แต่โดยทั่วไปแล้วพบว่าแนวปะการังจะเป็นบริเวณที่มีแนวโน้มจะเปลี่ยนแปลงไปได้ง่ายเมื่อได้รับผลจากปริมาณธาตุอาหารในน้ำที่เพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลโดยทั่วไปของธาตุอาหารในน้ำทิ้งที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการังได้ดังนี้

รูปที่ 1.1 แสดงผลของธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากชายฝั่งที่มีต่อระบบนิเวศแนวปะการัง
(ที่มา : Hawker and Connell,1989)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากการศึกษาพบว่าปริมาณฟอสเฟตในแนวปะการังหลายแห่งเช่นบริเวณอ่าว Kaneohe อ่าว Aquaba และ Great Barrier Reef มีแนวโน้มจะสูงขึ้นกว่าปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติ 2-3 เท่าตัว ซึ่งอาจเป็นผลให้มีการเพิ่มของแพลงก์ตอนพืชและสาหร่ายซึ่งจะมีผลกระทบต่อปริมาณธาตุอาหาร การเจริญเติบโตและการดำรงชีวิตของปะการังรวมทั้งองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตในแนวปะการัง อย่างไรก็ตามธาตุอาหารที่มีปริมาณเพิ่มขึ้น(โดยเฉพาะปริมาณฟอสเฟตรวม)อาจใช้เป็นสิ่งบ่งชี้ถึงผลของการระบายน้ำทิ้งจากแผ่นดิน จากการศึกษาเบื้องต้นพบว่าปริมาณธาตุอาหารไม่ควรมีมากกว่า 3 เท่าของปริมาณที่มีอยู่ในธรรมชาติ (Hawker and Connell, 1991)

ได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของระบบนิเวศแนวปะการังอันเนื่องมาจากการทิ้งน้ำจากระบบบำบัดน้ำเสียลงสู่ทะเลที่อ่าว Kaneohe รัฐฮาวาย สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 31.5 ตารางกิโลเมตร มีการเปรียบเทียบปริมาณและการกระจายของปะการังก่อนและหลังการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่อ่าว โดยเริ่มทำการศึกษาตั้งแต่ช่วงปี ค.ศ. 1950 จนถึงปี 1977 อ่าวดังกล่าวได้รับอิทธิพลจากกิจกรรมบนชายฝั่งหลายประการเช่นตะกอนจากการพัฒนาชายฝั่ง การระบายน้ำจืดและน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียในปีค.ศ. 1970 ซึ่งเป็นช่วงที่มีการปล่อยน้ำเสียลงสู่อ่าวเป็นเหตุให้ธาตุอาหารในน้ำมีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากน้ำทิ้งส่วนใหญ่ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจนอนินทรีย์และฟอสฟอรัสอนินทรีย์ถูกปล่อยลงสู่อ่าวประมาณ 214,000 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ธาตุอาหารเหล่านี้จะถูกสิ่งมีชีวิตโดยเฉพาะแพลงก์ตอนพืชนำไปใช้ในการเจริญและเพิ่มจำนวนทำให้มีการถ่ายทอดพลังงานจากผู้ผลิตไปตามห่วงโซ่อาหารจนกระทั่งถึงกระบวนการย่อยสลาย นอกจากนี้การที่มีตะกอนและสารแขวนลอยถูกปล่อยลงสู่ทะเลในปริมาณมากทำให้มีการเพิ่มจำนวนของสัตว์หน้าดินชนิดที่กินสารอินทรีย์ในดินเป็นอาหาร (Smith et al., 1981) สำหรับผลต่อแนวปะการังในบริเวณนี้นั้นพบว่ามีการเพิ่มจำนวนของสาหร่าย Dictyosphaeria carvernosa ในช่วงที่มีปริมาณธาตุอาหารสูง สาหร่ายชนิดนี้จะเพิ่มจำนวนจนปกคลุมแนวปะการังมีชีวิตโดยเฉพาะทางตอนใต้ของอ่าวซึ่งได้รับผลกระทบค่อนข้างรุนแรงทำให้ปะการังมีชีวิตในบริเวณนี้มีปริมาณลดลงอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากตะกอนและสารแขวนลอยในน้ำและอาจรวมถึงสภาพความเป็นพิษเนื่องจากมีการปลดปล่อยกาซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในสภาวะไร้ออกซิเจนจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ซึ่งเพิ่มขึ้นอันเป็นผลมาจากการเพิ่มปริมาณธาตุอาหาร (Hunter & Evans, 1993) ส่วนตอนกลางและตอนเหนือของอ่าวพบว่ามีการเพิ่มจำนวนของสาหร่าย D. carvernosa เช่นเดียวกัน แต่หลังจากที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงทิศทางและจุดปล่อยน้ำทิ้งให้ลงสู่มหาสมุทรเปิดที่มีการหมุนเวียนของมวลน้ำค่อนข้างดีในค.ศ. 1977-1978 แล้ว พบว่าธาตุอาหาร ความขุ่นใสและแพลงก์ตอนพืชในบริเวณที่ได้รับผลกระทบคือตอนกลางและตอนใต้ของอ่าวจะมีปริมาณลดลงอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังพบว่าโครงสร้างสังคมสิ่งมีชีวิตในบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน โดยสาหร่ายและสิ่งมีชีวิตที่กินสารอินทรีย์ในดินหรือกรองอาหารจากมวลน้ำมีปริมาณลดลงในขณะที่การครอบคลุมพื้นที่ของปะการังมีชีวิตจะเพิ่มขึ้น และพบว่าแนวปะการังจะเริ่มมีการฟื้นตัวภายใน 6 ปีหลังจากมีการปรับเปลี่ยนทิศทางของระบบระบายน้ำเสีย

อย่างไรก็ตามจากการศึกษาใน ค.ศ. 1990 พบว่าอัตราการเพิ่มของปะการังจะลดลงและมีการเพิ่มของสาหร่ายในบางพื้นที่ ซึ่งกรณีดังกล่าวอาจเนื่องมาจากมีการปลดปล่อยธาตุอาหารจากตะกอน การรับ-ส่งธาตุอาหารจากแนวปะการังรวมทั้งกิจกรรมต่างๆบนชายฝั่ง ไม่สามารถติดตามการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้จากการสังเกตได้ปริมาณธาตุอาหารในน้ำ ความขุ่นใสและปริมาณคลอโรฟิล เอ ซึ่งยังคงมีการลดลงตามลำดับในช่วง 10 ปีให้หลัง นอกจากนี้ยังพบว่าปัจจุบันสาเหตุการลดลงของการครอบคลุมพื้นที่ของปะการังในบริเวณนี้จะมีความซับซ้อนกว่าในอดีต เช่นพบว่าการสร้างถนนซึ่งเริ่มตั้งแต่ค.ศ. 1988 ทำให้มีตะกอนไหลลงสู่อ่าวมากกว่าปกติถึง 6 เท่า (Hill & De Carlo, 1991 อ้างถึงใน Hunter & Evans, 1993) การมีร่องระบายน้ำจืดในตอนกลางและตอนใต้ของอ่าวทำให้มีน้ำจืดปริมาณมากไหลลงสู่อ่าวในช่วงฝนตกจึงมีตะกอนเพิ่มขึ้นและมีการเปลี่ยนแปลงความเค็มอย่างรุนแรง

มีการศึกษาผลของน้ำทิ้งจากชุมชนต่อแนวปะการังบริเวณทิศตะวันตกของ Babados ใน ค.ศ. 1985 พบว่าปริมาณธาตุอาหารในน้ำมีเพิ่มขึ้นในช่วง 15 ปี อย่างไรก็ตามปริมาณธาตุอาหารในน้ำยังไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดผลโดยตรงต่อตัวปะการัง แต่จะมีผลทางอ้อมคือมีการเพิ่มของสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ทำให้มีการแก่งแย่งพื้นที่เกิดขึ้นในแนวปะการังรวมทั้งปริมาณตะกอนที่มีเพิ่มขึ้นและตกลงบริเวณแนวปะการัง จากการวัดอัตราการเจริญของปะการังชนิด Montastrea annularis ตามระยะทางที่ห่างออกมาจากจุดระบายน้ำเสีย ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอัตราการเจริญเติบโตของปะการังมีความสัมพันธ์อย่างยิ่งกับคุณภาพน้ำ โดยพบว่าในกลุ่มของสารอาหารประเภทอนินทรีย์ ฟอสเฟตจะมีผลในด้านลบต่อการเจริญเติบโตของปะการังมากที่สุดตามด้วยแอมโมเนีย และไนเตรท ไนไตรท์เป็นอันดับต่อมา (Tomascik and Sander, 1985) แนวปะการังมีความไวต่อปริมาณฟอสเฟตอย่างชัดเจนโดยพบว่าร้อยละ 90 ของปะการังจะมีอัตราการเจริญลดลงและบางครั้งถึงกับตายหากมีปริมาณฟอสเฟตเพิ่มขึ้น 2-3 เท่า (Hawker and Connell, 1991) และพบว่าอัตราการสะสมหินปูนของปะการังจะลดลงเมื่อน้ำในบริเวณแนวปะการังมีปริมาณฟอสเฟตสูง (Kinsey and Davies, 1979)

จากการศึกษาพบว่าผลจากน้ำทิ้งชุมชนซึ่งได้แก่ปริมาณธาตุอาหารที่เพิ่มขึ้น ตะกอนแขวนลอยในน้ำ ความขุ่น ความเป็นพิษและกิจกรรมของแบคทีเรียจะมีผลทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อโครงสร้างและสภาพสังคมสิ่งมีชีวิตบริเวณแนวปะการังไม่ว่าจะเป็นอัตราการครอบคลุมพื้นที่ ความหลากหลายและองค์ประกอบของชนิดปะการัง โดยผลกระทบที่เกิดจะลดลงตามระยะทางที่ห่างออกไปจากจุดที่มีการระบายน้ำเสีย ปัจจัยสำคัญที่ทำให้ปะการังสามารถอยู่ได้ท่ามกลางผลอันเนื่องมาจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่บริเวณแนวปะการังได้แก่ความสามารถในการกำจัดตะกอนร่วมกับกระบวนการพื้นฐานทางชีววิทยาเช่นการกินอาหาร ความสามารถในการสืบพันธุ์และกระบวนการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม (Tomascik and Sander,1987)

3. **การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแนวปะการัง**

แนวปะการังเป็นระบบนิเวศที่ซับซ้อนมีความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตทั้งในแง่ชนิดและปริมาณ บริเวณนี้จึงง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงและสูญเสียสมดุลย์ไม่ว่าจะเป็นการเปลี่ยนแปลงอย่างรุนแรงที่เห็นได้ชัดเจนเช่นการเกิดพายุ การระบาดของปลาดาวหนาม หรือการเปลี่ยนแปลงระดับย่อยที่เกิดขึ้นเช่นการมีโคโลนีของปะการังเกิดใหม่ ดังนั้นการศึกษาระยะยาวเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแนวปะการังอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆทั้งจากการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติและจากกิจกรรมต่างๆของมนุษย์จึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งนอกจากจะเป็นสิ่งที่สามารถบ่งบอกถึงสภาพของแนวปะการังแล้ว การศึกษาดังกล่าวยังจำเป็นอย่างยิ่งในการจัดการพื้นที่และทรัพยากรแนวปะการังอีกด้วย (Soekarno, 1989)

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพแนวปะการังสามารถทำได้หลายวิธี ในการจะเลือกใช้วิธีใดนั้นจะต้องคำนึงถึงความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ กำลังคน อุปกรณ์ ระยะเวลา งบประมาณ ตลอดจนความสามารถของผู้เก็บข้อมูลอีกด้วย ในโครงการ ASEAN-Australia ซึ่งเป็นโครงการศึกษาทรัพยากรชายฝั่งทะเลในกลุ่มประเทศอาเซียนภายใต้การสนับสนุนของรัฐบาลออสเตรเลียมีการกำหนดอุปกรณ์ วิธีการศึกษา การเก็บ วิเคราะห์และการนำเสนอข้อมูลให้เป็นรูปแบบเดียวกันในทุกประเทศที่ร่วมโครงการ ได้กำหนดวิธีการศึกษาและติดตามสภาพแนวปะการังไว้ 3 วิธี คือ Manta Tow Survey, Line Intercept Transect และ Permanent Ouadrat (English, et.al., 1994)

การศึกษาสภาพแนวปะการังโดยวิธี Manta Tow Survey เป็นวิธีการที่ง่ายไม่ต้องใช้อุปกรณ์ที่ยุ่งยากซับซ้อน เพียงใช้เรือเล็กลากนักดำน้ำไปตามขอบแนวปะการังเพื่อประเมินสภาพแนวปะการังตามแนวที่เรือวิ่งผ่านในระยะที่สามารถมองเห็นได้ เป็นวิธีการศึกษาบริเวณกว้างในระยะเวลาอันสั้น เหมาะสำหรับการศึกษาบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพปะการังในพื้นที่กว้างๆและสามารถเห็นได้ชัดเจนเช่นการเกิดพายุ การฟอกขาวของปะการัง (coral bleaching) หรือการระบาดของปลาดาวหนาม แต่ไม่เหมาะกับบริเวณที่มีน้ำขุ่นหรือการติดตามการเปลี่ยนแปลงระดับย่อยๆที่ยากแก่การสังเกต ตัวอย่างของการใช้วิธี Manta Tow Survey ในการศึกษาแนวปะการังได้แก่การศึกษาการระบาดของปลาดาวหนามในไมโครนีเซีย (Chesher, 1969) ทะเลแดง (Roads and Ormond,1971) และ Great Barrier reef (Endean and Stablum, 1973; Moran et al. 1988)

การศึกษาอัตราการครอบคลุมพื้นที่ของสิ่งมีชีวิตหน้าดิน สามารถใช้ในการอธิบายถึงโครงสร้างสังคมของสิ่งมีชีวิตหน้าดิน (Loya, 1972 อ้างถึงใน Vipoosit Manthachitra, in press) ในการศึกษาดังกล่าวจะใช้วิธี Line Intercept Transect ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการศึกษานิเวศวิทยาของพืชบก และดัดแปลงโดยนักนิเวศวิทยาแนวปะการัง (Loya, 1978) ในการบันทึกข้อมูลขององค์ประกอบสิ่งมีชีวิตอาจบันทึกในรูปของชื่อทางอนุกรมวิธานหรือตามรูปทรงภายนอก (lifeform catagories) โดยขึ้นกับวัตถุประสงค์ที่จะนำข้อมูลไปใช้ (Vipoosit Manthachitra, in press) แต่วิธีนี้ยังมีข้อเสียบางประการคือไม่สามารถจะมีจุดทำการ

ศึกษาซ้ำ (replication) รวมทั้งยังไม่สามารถหาความยาวที่เหมาะสมของระยะทางที่จะทำการเก็บข้อมูลและการเปรียบเทียบข้อมูลจากวิธีเดียวกันนี้ระหว่างจุดทำการศึกษาในแต่ละแห่งได้ (Mundy, 1991 อ้างถึงใน English et al. 1994) เนื่องจากจุดที่ทำการศึกษาเป็นเพียงจุดที่กำหนดขึ้นเท่านั้นจึงไม่สามารถถือเป็นตัวแทนของสภาพแนวปะการังทั้งหมดได้ (Nippon Phongsuwan and Hansa Chansang, 1992) อย่างไรก็ตามวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น การใช้วิธี Line Intercept Transect ในการเปรียบเทียบสภาพของสังคมปะการัง (Bradbury et al.,1988 ; Reichelt et al., 1986)

การศึกษาองค์ประกอบสิ่งมีชีวิตหน้าดินโดยวิธี Permanent Quadrat เป็นวิธีที่ใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงสังคมสิ่งมีชีวิตหน้าดินตามระยะเวลาเช่นอัตราการเจริญเติบโตของปะการัง การตายและการเกิดโคโลนีใหม่ในพื้นที่ที่กำหนดไว้เป็นจุดศึกษาถาวร โดยอาจบันทึกรายละเอียดที่มีอยู่ลงในแผ่นบันทึกข้อมูลหรือบันทึกโดยใช้กล้องถ่ายภาพใต้น้ำและกรอบที่ออกแบบโดยเฉพาะเพื่อให้สามารถบันทึกการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น การศึกษาโดยวิธีนี้มีข้อดีคือสามารถเก็บข้อมูลที่มีความละเอียดภายในจุดศึกษาถาวร ซึ่งหากทำการศึกษาอย่างระมัดระวังแล้วจะได้ข้อมูลที่ต่อเนื่องและสามารถเห็นการเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลาได้อย่างชัดเจน แต่วิธีดังกล่าวจะต้องศึกษาเป็นระยะเวลานานและจำกัดอยู่ในพื้นที่แคบๆ นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ยังต้องออกแบบให้มีความเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการจะศึกษาอีกด้วย ตัวอย่างของการศึกษาได้แก่การใช้วิธี Permanent Quadrat ประกอบกล้องถ่ายภาพในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของปะการังที่อยู่ภายใน Quadrat (Connell, 1973,1976) และใช้ในการติดตามการเจริญของปะการัง (Done, 1981, 1992; Witman,1992)

4. การศึกษาทางนิเวศวิทยาบริเวณอ่าวป่าตอง

4.1 คุณภาพน้ำทะเลบริเวณอ่าวป่าตอง

อ่าวป่าตองตั้งอยู่ในตำบลป่าตอง อำเภอกะทู้ จังหวัดภูเก็ต โดยตั้งอยู่ทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ของเกาะภูเก็ต ที่ละติจูดที่ $7^{\circ}\ 53'\ 20''$ เหนือ ลองติจูดที่ $98^{\circ}\ 16'\ 30''$ ตะวันออก ถึง $7^{\circ}\ 55'\ 10''$ เหนือ $98^{\circ}18'20''$ ตะวันออก ทิศเหนือติดต่อกับอ่าวกมลาและหาดสุรินทร์ ทิศใต้จรดอ่าวกะรนน้อย ทิศตะวันออกจรดชายฝั่งทะเลบ้านป่าตอง และทิศตะวันตกจรดทะเลอันดามัน มีลักษณะเป็นอ่าวค่อนข้างปิดเป็นรูปตัว U มีความกว้างประมาณ 3 กิโลเมตร ความลึกจากปากอ่าวถึงก้นอ่าวประมาณ 3.8 กิโลเมตร และหาดทรายยาวประมาณ 3 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 12 ตารางกิโลเมตร (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2532) ภายในอ่าวมีหาดทรายที่ละเอียด มีความลาดชันน้อยและกำบังคลื่นลมได้ดี จึงเหมาะสมสำหรับการว่ายน้ำ ทางด้านเหนือและใต้ของอ่าวมีแนวปะการังที่มีสภาพสมบูรณ์ โดยจะพบด้านใต้มากกว่าด้านเหนือของอ่าว (กรมทรัพยากรธรณี,2530)

ด้วยเหตุที่สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติของอ่าวป่าตองมีความเหมาะสมในการเป็นแหล่งท่องเที่ยว จึงได้รับการพัฒนาเป็นหาดหลักในการวางแผนการท่องเที่ยวของจังหวัดภูเก็ต โดยให้เป็น

แหล่งที่มีที่พักตากอากาศ สถานเริงรมย์ ส่วนบนภูเขาด้านตะวันออกเฉียงเหนือของอ่าวถูกจัดให้เป็นศูนย์พักผ่อนหย่อนใจ (กรมทรัพยากรธรณี, 2530) อ่าวป่าตองจึงเป็นแหล่งที่มีกิจกรรมท่องเที่ยวหนาแน่นและมีการขยายตัวของชุมชนเกิดขึ้นอย่างมากจนต้องยกระดับจากสุขาภิบาลตำบลเป็นเทศบาล ในพ.ศ. 2537 ปัจจุบันเทศบาลป่าตองมีจำนวนประชากรตามทะเบียนราษฎร์ประมาณ 8,500 คน แต่จำนวนประชากรจริงๆมีจำนวนไม่ต่ำกว่า 30,000 คนโดยเป็นนักท่องเที่ยวประมาณ 10,000-20,000 คน มีโรงแรมจำนวน 75 แห่ง มีจำนวนห้องพักประมาณ 8,000 ห้อง (งานทะเบียนราษฎร์ สำนักงานเทศบาลป่าตอง: ติดต่อส่วนตัว) ผลจากการขยายตัวของชุมชนและการพัฒนาดังกล่าวจึงก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมและความเสื่อมโทรมของทรัพยากรชายฝั่งทะเล โดยเฉพาะปัญหามลภาวะของน้ำชายฝั่งอันเนื่องมาจากการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่ทะเล

จากการตรวจสอบคุณภาพน้ำทะเลบริเวณชายฝั่งทะเลตะวันตกของเกาะภูเก็ต โดยสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ระหว่างพ.ศ. 2528-2530 พบว่าน้ำทะเลบริเวณอ่าวป่าตองและอ่าวกะตะที่สถานีชายฝั่งมีคุณภาพต่ำกว่าบริเวณอื่นๆ เนื่องจากมีค่าปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์ม (Total coliform bacteria) สูงกว่า 1,000 MPN/100 ml. ซึ่งเป็นค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำเพื่อการว่ายน้ำซึ่งทางสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดไว้ โดยมีสาเหตุจากการระบายน้ำทิ้งลงสู่ทะเล (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2532) และจากการศึกษาของภาควิชาสุขาภิบาลวิศวกรรม คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าบริเวณชายหาดซึ่งเป็นที่เล่นน้ำในหาดป่าตองมีค่าปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มสูงมากในบางฤดู เนื่องจากการรั่วไหลของอุจจาระและปนเปื้อนไปกับน้ำฝนและถูกระบายลงสู่คลองบางลา(คลองปาก-บาง)ซึ่งอยู่ทางทิศใต้ของหาดป่าตองและพบว่าอิทธิพลของน้ำในคลองมีผลกระทบโดยตรงต่อคุณสมบัติของน้ำทะเลเป็นอย่างมาก โดยพบว่าค่าปริมาณแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มในน้ำทะลบริเวณจุดระบายน้ำทิ้งมีค่ามากกว่า 2,400 MPN/100ml. และจะค่อยๆลดลงเป็นลำดับเมื่อห่างจากจุดระบายน้ำทิ้ง นอกจากนี้การระบายน้ำจากคลองทำให้ค่าความเค็มของน้ำทะเลลดลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูฝน (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2530)

ผลจากการศึกษาข้างต้นทำให้หน่วยงานต่างๆให้ความสำคัญกับปัญหาคุณภาพน้ำบริเวณอ่าวป่าตอง โดยกระทรวงมหาดไทยได้มอบหมายให้กรมโยธาธิการดำเนินการจัดทำโครงการแก้ไขปัญหาน้ำเสียชุมชนสุขาภิบาลป่าตอง(ในขณะนั้น)และได้ทำการศึกษารายละเอียดเพื่อออกแบบก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียหาดป่าตอง โดยเริ่มดำเนินการระยะที่ 1 ในพื้นที่ประมาณ 450 ไร่ เมื่อเดือนพฤษภาคม 2532 การบำบัดน้ำเสียใช้ระบบ Activated Sludge แบบ Oxidation-ditch ซึ่งสามารถบำบัดน้ำเสียได้เฉลี่ยประมาณ 2,250 ลูกบาศก์เมตรต่อวันและอัตราสูงสุด 3,600 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และด้วยเหตุที่กิจกรรมการท่องเที่ยวและชุมชนบริเวณนี้มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วจึงต้องมีการดำเนินโครงการระยะที่ 2 และ 2/1 ซึ่งได้ดำเนินการก่อสร้างเพิ่มเติมจากระยะแรกและได้เปิดดำเนินการแล้ว

โดยระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองโครงการสามารถรับน้ำเสียเข้าโรงบำบัดได้ 5,500 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน สามารถรับน้ำปริมาณสูงสุดได้ถึง 7,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยสามารถบำบัดน้ำเสียในพื้นที่ 1,000 ไร่ ปัจจุบันได้มีการดำเนินโครงการระยะที่ 3 ซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างการเขียนแบบ ซึ่งหากโครงการดังกล่าวแล้วเสร็จระบบบำบัดน้ำเสียบริเวณอ่าวป่าตองจะสามารถบำบัดน้ำเสียได้เป็นพื้นที่ทั้งหมด 3,500 ไร่

ปัจจุบันมีน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดดังกล่าวประมาณ 5,200 ลูกบาศก์เมตรต่อวัน และจากการวิเคราะห์ของศูนย์ปฏิบัติการพิษวิทยาสิ่งแวดล้อมและอาชีวอนามัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล พบว่าคุณภาพน้ำหลังจากผ่านระบบบำบัดน้ำเสียยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากชุมชนของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ (คุณสมชาย เหล่าพิทักษ์วรกุล,ติดต่อส่วนตัว)

อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีการจัดสร้างโรงบำบัดน้ำเสียขึ้นในชุมชนแห่งนี้แล้ว แต่ก็พบว่ายังมีการระบายน้ำทิ้งจากชุมชนลงสู่อ่าวโดยเฉพาะทางด้านใต้ของอ่าว เนื่องจากดังที่กล่าวข้างต้นแล้วว่าระบบบำบัดน้ำเสียในปัจจุบันสามารถบำบัดน้ำเสียในบางพื้นที่ของอ่าวป่าตองเท่านั้น ยังมีน้ำเสียที่ไม่ได้ผ่านการบำบัดก่อนระบายลงสู่ชายฝั่งทะเลโดยตรงหรือระบายลงสู่ชั้นทรายและไหลซึมเจือปนในน้ำทะเล นอกจากนี้น้ำเสียบางส่วนยังถูกระบายลงสู่ท่อระบายน้ำฝนและไหลลงบริเวณคลองปากบาง การขาดความรู้และความร่วมมือของประชาชนทำให้มีการลักลอบนำท่อระบายน้ำเสียต่อเข้ากับท่อระบายน้ำฝน ซึ่งปัจจุบันกรมโยธาธิการได้แก้ปัญหาดังกล่าวแล้วโดยการต่อท่อรวบรวมน้ำฝนทั้งหมดผ่านเข้าโรงงานบำบัดน้ำเสีย แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องหลายประการทั้งที่เกิดจากระบบบำบัดน้ำเสียเช่นการอุดตันของระบบท่อน้ำ การเสื่อมอายุของเครื่องจักรต่างๆ การขาดแคลนเจ้าหน้าที่ในการควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย (สุขาภิบาลป่าตอง, ม.ป.ป.) ดังจะพบว่าปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มในน้ำทะเลบริเวณแนวปะการังที่อ่าวป่าตองในพ.ศ. 2533 มีค่าสูงจนเกินมาตรฐาน (1,000 MPN/100ml.) (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2535)

จากการศึกษาปัญหาความเสื่อมโทรมของสภาพแวดล้อมบริเวณอ่าวกะตะ กะรน และป่าตองระหว่าง พ.ศ. 2535-2537 พบว่าอ่าวป่าตองบริเวณคลองปากบางจะมีความเค็มเฉลี่ยค่อนข้างต่ำ มีปริมาณไนไตรท์ ไนเตรทและฟอสเฟตในน้ำสูงกว่าบริเวณอื่นๆ และปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มมีค่าสูงกว่า 2,4000 MPN/100ml. เกือบตลอดปี จากการเปรียบเทียบคุณภาพน้ำระหว่าง พ.ศ. 2535-2537 พบว่าบริเวณอ่าวป่าตองมีปริมาณความเข้มข้นของไนเตรทและฟอสเฟตเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ ส่วนปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มจะมีการเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน โดยเฉพาะบริเวณปากคลองระบายน้ำและด้านเหนือของอ่าวซึ่งมีลักษณะน้ำวน โดยใน พ.ศ. 2535 จะมีคุณภาพน้ำเสื่อมโทรมมากเมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำ อย่างไรก็ตามในพ.ศ.2537คุณภาพน้ำบริเวณอ่าวป่าตองมีแนวโน้มดีขึ้นกว่าพ.ศ. 2536 ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากระบบบำบัดน้ำเสียอ่าวป่าตองและพบว่าฤดูมรสุมมีส่วนทำให้การสะสมของมลสารเพิ่มขึ้นโดยเฉพาะธาตุอาหารในอ่าวป่าตองจะเพิ่มขึ้นในฤดูมรสุมตะวันออก

เฉียงเหนือ ส่วนปริมาณรวมของแบคทีเรียชนิดโคลิฟอร์มจะพบมากที่สุดในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ อย่างไรก็ตามพบว่าระบบบำบัดน้ำเสียบริเวณอ่าวป่าตองยังขาดประสิทธิภาพอยู่เนื่องจากยังมีมลสาร ระบายลงทะเลอยู่เสมอแม้ว่าจะเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว (ประวีณ ลิมปสายชล และคณะ,2537)

4.2 สภาพแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง

หรรษา จรรย์แสง และคณะ, 2529 ได้ทำการศึกษาสภาพปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง ใน พ.ศ. 2523-2525 โดยวิธี shore profile ซึ่งใช้การวางเชือกซึ่งบอกระยะทุกๆเมตรให้ตั้งฉากกับแนวปะการัง จากแนวต่ำสุดของหาดไปจนถึงขอบแนวปะการังในบริเวณน้ำลึกและบันทึกความลึกของน้ำตลอดแนว เพื่อให้ทราบถึงความลาดเอียงของแนวปะการังและโซนของปะการังชนิดที่พบได้มากในแต่ละโซนหรือ ทุกๆ 20 เมตร พบว่าแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตองสามารถเจริญเติบโตเป็นแนวกว้าง มีพัฒนาการของ แนวปะการังในโซนต่างๆค่อนข้างดี แนวปะการังที่อยู่ตอนใต้ของอ่าวจะอยู่ในบริเวณที่ตื้นกว่าแนว ปะการังที่อยู่ทางด้านเหนือของอ่าว แนวปะการังที่อยู่ด้านใต้จะอยู่ในช่วงความลึก 6-10 เมตร ในขณะที่ แนวปะการังด้านเหนือจะเจริญจนถึงระดับความลึก 15 เมตร และพบว่าแนวปะการังด้านใต้จะปกคลุม ด้วยปะการังตายมากกว่าพื้นที่ปะการังมีชีวิต ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปะการังในบริเวณดังกล่าวมักมีรูป ร่างแบบกิ่งก้านหรือเป็นแผ่นจึงง่ายต่อการแตกหักเสียหาย สาเหตุของการถูกทำลายมีหลายประการเช่น การทอดสมอเรือ การว่ายน้ำของนักท่องเที่ยวที่ไม่มีประสบการณ์ การระเบิดปลา การเก็บตัวอย่างสัตว์ ส่วนแนวปะการังด้านเหนือของอ่าวจัดได้ว่าเป็นแนวปะการังที่อยู่ในสภาพค่อนข้างดี แต่ในบริเวณด้าน บนของแนว (upper zone) บางครั้งจะพบพื้นที่ที่มีปะการังตายมากกว่าปะการังมีชีวิตและบริเวณที่ เสียหายมักเป็นบริเวณที่มีปะการังเขากวาง (Acropora spp.) กิจกรรมที่พบในบริเวณนี้ได้แก่ การนำนัก ท่องเที่ยวไปชม การเก็บสัตว์น้ำ ซึ่งบางครั้งจะพบชิ้นส่วนของเนื้อวนที่ใช้ในการประมงคลุมอยู่บน ปะการัง (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526) จากการศึกษาการระบาดของปลาดาว หนามในแนวปะการังในทะเลอันดามัน พบว่าปลาดาวหนามเริ่มเข้ามามีบทบาทในแนวปะการัง บริเวณอ่าวป่าตองตั้งแต่พ.ศ. 2528 ปะการังเริ่มถูกทำลายมากขึ้นเป็นลำดับ จากการสำรวจในพ.ศ. 2529 พบว่าแนวปะการังบริเวณปากอ่าวทางด้านเหนือได้รับความเสียหายมาก ปะการังเขากวางซึ่งอยู่บริเวณ ส่วนบนของแนวลาดตายไปเป็นส่วนใหญ่และมีปะการังสีน้ำเงิน (Heliopora coerulea) เข้ามาเจริญเติบโต แทนที่ ส่วนแนวปะการังทางทิศใต้ของอ่าวยังอยู่ในสภาพค่อนข้างดีแต่มีปะการังเขากวางถูกทำลายไป บ้างและจำนวนปลาดาวหนามยังมีปริมาณค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับทางทิศเหนือ

การติดตามการเปลี่ยนแปลงสภาพแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตองตั้งแต่ พ.ศ.2531 ถึง พ.ศ. 2537 พบว่าแนวปะการังทางตอนเหนือของอ่าวมีแนวโน้มจะฟื้นตัวจากการระบาดของปลาดาวหนาม ในพ.ศ. 2527 และปัญหาการทิ้งสมอของเรือนักดำน้ำ แต่ปัจจุบันได้มีการติดตั้งทุ่นจอดเรือ ปะการังชนิด ที่มีการฟื้นตัวมากได้แก่ปะการังก้อนชนิด Porites lutea และ P. (Synaraea) rus ส่วนแนวปะการังทางตอน นอกของชายฝั่งทิศใต้ของอ่าวพบว่ามีการฟื้นตัวดี ปะการังที่มีการฟื้นตัวมากได้แก่ Cyphastrea sp.

ปัญหาที่พบบริเวณนี้คือเคยมีเรือเข้ามาทอดสมอบ่อยแต่ปัจจุบันมีการติดตั้งทุ่นจอดเรือ สำหรับแนวปะการังทางตอนในของชายฝั่งด้านใต้ของอ่าว(ใกล้กับบริเวณที่มีการระบายน้ำจากโรงงานบำบัดน้ำเสียลงสู่ทะเล)จะมีการเสื่อมโทรมลงในช่วงพ.ศ. 2531-2535 ปะการังที่มีปริมาณลดน้อยลงมามากได้แก่ Porites lutea, P. (Synaraea) rus, Fungia spp., Montipora sp., และ Diploastrea heliopora หลังจากพ.ศ. 2535 เป็นต้นมาพบว่ามีการฟื้นตัวเกิดขึ้น ปัญหาที่พบบริเวณนี้ได้แก่น้ำทะเลมีตะกอนแขวนลอยมาก เนื่องจากมีตะกอนไหลมากับน้ำจากคลองปากบาง (นิพนธ์ พงศ์สุวรรณ และอุกกฤต สตภูมินทร์, 2537) ได้มีการสันนิษฐานถึงสาเหตุความเสื่อมโทรมของปะการังบริเวณนี้ว่าเกิดจากการเพิ่มปริมาณธาตุอาหารในน้ำเนื่องมาจากการระบายน้ำเสียลงสู่ทะเล (eutrophication) เนื่องจากพบว่ามีสาหร่ายประเภท filamentus algae และตะกอนขึ้นคลุมบริเวณแนวปะการัง (Nippon Phongsuwan and Hansa Chansang, 1992)

4.3 ข้อมูลทางชีวภาพอื่นๆในบริเวณอ่าวป่าตอง

จากการศึกษาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนพบว่าบริเวณอ่าวป่าตองมีปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอนเฉลี่ยอยู่ในช่วง 2.36-4.38% ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอ่าวอื่นๆที่อยู่ทางฝั่งตะวันตกของภูเก็ตคือ อ่าวบางเทา กมลา และกะรนแล้ว จัดว่าอ่าวป่าตองมีความอุดมสมบูรณ์ของสารอินทรีย์ในดินเป็นอันดับสองรองจากอ่าวกมลา ส่วนปริมาณสัตว์หน้าดินที่พบบริเวณอ่าวป่าตองจะมีค่ามวลชีวภาพอยู่ในช่วง 6.531-28.618 กรัม/ตารางเมตร และมีจำนวนประชากรเฉลี่ยอยู่ในช่วง 179.5-283.0 ตัว/ตารางเมตร จัดว่าเป็นอ่าวที่มีความอุดมสมบูรณ์ของประชากรสัตว์ทะเลหน้าดินเป็นอันดับที่สองรองจากอ่าวกะรน แต่เมื่อพิจารณาถึงค่ามวลชีวภาพแล้ว พบว่าอ่าวป่าตองมีค่ามวลชีวภาพต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับอ่าวอื่นๆ สัตว์ที่มีโอกาสพบมากที่สุดคือสัตว์ในกลุ่มไส้เดือนทะเล รองลงมาได้แก่สัตว์ในกลุ่มกุ้ง-ปู สำหรับการศึกษาชนิดและปริมาณแพลงก์ตอนพืชและแพลงก์ตอนสัตว์นั้นพบว่าปริมาณแพลงก์ตอนพืชบริเวณอ่าวป่าตองมีแนวโน้มจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ จากการศึกษาในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2529 ถึงช่วงเดือนเมษายน พ.ศ. 2530 จะพบจำนวนแพลงก์ตอนพืชระหว่าง 9,314,723-16,402,699 เซลล์ต่อลูกบาศก์เมตร ชนิดของแพลงก์ตอนที่พบมากคือแพลงก์ตอนพืชในสกุล Oscillatoria ส่วนการศึกษาแพลงก์ตอนสัตว์ในช่วงเดียวกันพบว่าอ่าวป่าตองมีแพลงก์ตอนสัตว์อยู่ในช่วง 802-880 ตัวต่อลูกบาศก์เมตร (กรมทรัพยากรธรณี, 2530)

4.4 ข้อมูลด้านกายภาพอื่นๆของอ่าวป่าตอง

มีการตรวจวัดคุณภาพน้ำทะเลในแนวปะการังบริเวณอ่าวป่าตอง ระหว่างพ.ศ. 2529-2533 พบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-31 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 8.1-8.5 ความเค็ม 32-35 ส่วนในพันส่วน ปริมาณออกซิเจนละลาย 6.3-6.7 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นใส 9.4-13 เมตร และปริมาณตะกอนแขวนลอย 2.4-7.1 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนคุณภาพน้ำทะเลในแหล่งท่องเที่ยวเพื่อการว่ายน้ำบริเวณอ่าวป่าตองในช่วงเดียวกันพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 28-31 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 8.2-8.5

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความเค็ม 32-34.7 ส่วนในพันส่วน ปริมาณออกซิเจนละลาย 6.2-6.8 มิลลิกรัมต่อลิตร ความขุ่นใส 7-8.7 เมตร และปริมาณตะกอนแขวนลอย 3.3-9.5 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณไนไตรท์-ไนโตรเจน ไนเตรท-ไนโตรเจน และปริมาณไนโตรเจนรวม มีค่าต่ำมากจนไม่สามารถวัดได้, 0.019 และ 0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ส่วนปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีค่า 0.028-0.06 มิลลิกรัมต่อลิตร (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ,2535) จากการศึกษาคุณภาพน้ำทะเลที่สถานีต่างๆบริเวณอ่าวป่าตองระหว่าง พ.ศ. 2535-2537 พบว่ามีอุณหภูมิเฉลี่ยแต่ละปีอยู่ในช่วง 30.06-30.38 องศาเซลเซียส ความเป็นกรดด่าง 7.96–8.11 ความเค็ม 28.66-32.06 ส่วนในพันส่วน ปริมาณออกซิเจนละลาย 6.28-6.58 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณตะกอนแขวนลอย 22.9-24.6 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนปริมาณธาตุอาหารพบว่าปริมาณไนไตรท์ ไนเตรทและฟอสเฟต มีค่า 0.11-0.6, 0.71-3.01 ไมโครกรัมอะตอมไนโตรเจนต่อลิตร และ 0.25-3.16 ไมโครกรัมอะตอมฟอสฟอรัสต่อลิตรตามลำดับ โดยพบว่าบริเวณปากคลองปางบางจะมีปริมาณธาตุอาหารในน้ำสูงที่สุด (ประวีณ ลิมปสายชล และคณะ, 2537)

การศึกษากระแสน้ำเพื่อหาลักษณะการไหลเวียนของน้ำทะเลทางฝั่งตะวันตกของเกาะภูเก็ตพบว่าการไหลเวียนของน้ำทะเลทางฝั่งตะวันตกมีลักษณะที่ซับซ้อน เป็นการผสมของกระแสน้ำทุกประเภทไม่มีกระแสน้ำประเภทใดที่มีลักษณะเด่น ทำให้กระแสน้ำทางฝั่งตะวันตกเป็นลักษณะของ Turbulence คือไม่มีรูปแบบที่แน่นอนโดยเฉพาะตั้งแต่แนวน้ำลึก 40 เมตรเข้ามาหาฝั่ง ส่วนนอกเขตนี้ไปกระแสน้ำจะเป็น Oceanic current และมีทิศทางลงใต้ (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2526 อ้างถึงใน สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2532) ต่อมากรมทรัพยากรธรณี (2530) ได้ทำการตรวจวัดความเร็วและทิศทางของกระแสน้ำ 3 ระดับ (ระดับผิวน้ำ กึ่งกลางความลึกและเหนือท้องน้ำ 1 เมตร) บริเวณอ่าวบางเทา กมลา ป่าตองและกะรน พบว่าในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2529 กระแสน้ำในอ่าวป่าตองมีการไหลวนแบบทวนเข็มนาฬิกาโดยไหลเข้าทางทิศใต้และไหลออกทางทิศเหนือ มีความเร็วต่ำสุด 0.030 น๊อต ที่ระดับลึก 12 เมตร ส่วนในเดือนเมษายน 2530 พบว่าที่ผิวน้ำมีกระแสน้ำไหลวนภายในอ่าวป่าตองแบบตามเข็มนาฬิกาและไหลลงทางตอนใต้ ส่วนที่ระดับกลางน้ำและระดับเหนือท้องน้ำพบว่ากระแสน้ำมีแนวโน้มไหลทวนเข็มนาฬิกาโดยไหลเข้าทางทิศใต้และไหลออกทางทิศเหนือ

ดินตะกอนของอ่าวป่าตองในช่วงเดือนธันวาคม พ.ศ.2527 จะมีค่ามัธยฐานของตะกอนอยู่ในช่วง 0.014-0.778 มิลลิเมตร ส่วนในเดือนเมษายน พ.ศ. 2528 จะมีค่าดังกล่าวอยู่ในช่วง 0.019-0.653 มิลลิเมตร ในเดือนธันวาคม พ.ศ. 2529 จะอยู่ในช่วง 0.018-0.459 มิลลิเมตร และเดือนเมษายน พ.ศ. 2530 อยู่ในช่วง 0.02-0.567 มิลลิเมตร จะเห็นว่าแม้จะเป็นช่วงมรสุมต่างกันแต่การสะสมของตะกอนดินยังคงลักษณะเดิม ทั้งนี้อาจเนื่องจากอ่าวป่าตองมีลักษณะค่อนข้างปิดจึงได้รับอิทธิพลของลมมรสุมค่อนข้างน้อยเมื่อเทียบกับอ่าวอื่นๆที่อยู่ทางฝั่งตะวันตกของจังหวัดภูเก็ต (กรมทรัพยากรธรณี, 2530)