บทที่ 2

การค้นคว้าเอกสาร

<u>แหล่งที่ตั้งและสภาพแวดล้อมของพื้นที่ลุ่มน้ำบางปะกง</u>

ลุ่มน้ำบางปะกงครอบคลุมพื้นที่ของจังหวัดนครนายก ปราจีนบุรี ฉะเชิงเทราและชลบุรี โดยทั่วไปเป็นที่ราบลุ่ม เหมาะในการทำเกษตรกรรม ดินส่วนใหญ่เป็นสีเหลืองแดงและสีเทา รองลงไปในลุ่มน้ำตอนล่างมี alluvial soil และดินสีเทาที่มีฮิวมัสต่ำ ดินส่วนใหญ่มีสภาพเป็นกรดและมีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง แต่บริเวณที่สูงชันจะเกิดการผุกร่อนสูงและเป็นดินทรายปนดินเหนียวเล็กน้อย (มนูวดี หังสพฤกษ์, ศิริชัย ธรรมวนิช, และกัลยา วัฒยากร, 2528)

แม่น้ำบางปะกงเกิดจากการรวมตัวของแม่น้ำ 2 สาย คือ แม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้ำนครนายก ไหลมารวมกันที่เส้นแบ่งเขต 3 จังหวัด คือ อำเภอองครักษ์ จังหวัดนครนายก อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา และอำเภอบ้านสร้าง จังหวัดปราจีนบุรี แม่น้ำบางปะกงไหลผ่านอำเภอต่างๆ ในจังหวัดฉะเชิงเทรา 4 อำเภอ คือ อำเภอบางน้ำเปรี้ยว, อำเภอบางคล้า, อำเภอเมือง, อำเภอบางปะกง แล้วไหลออกอ่าวไทยที่บางปะกง โดยมีความยาว 122 กิโลเมตร (รูปที่ 2.1)

แม่น้ำบางปะกงมีคลองต่างๆ บน 2 ฝั่งจำนวน 74 คลอง เป็นคลองทางฝั่งขวา 34 คลอง และฝั่งซ้าย 40 คลอง (รูปที่ 2.2 และตารางที่ 2.1) ทางฝั่งขวาของแม่น้ำบางปะกงมีบางคลองที่เชื่อมโยงกับแม่น้ำเจ้าพระยา (รูปที่ 2.3) คือ

- คลองแสนแสบ แบ่งเป็น 2 คลอง คือ คลองบางน้ำเปรี้ยวและคลองนครเนื่องเขต
- คลองประเวศบุรีรมย์ (คลองท่าถั่ว)
- คลองสำโรง

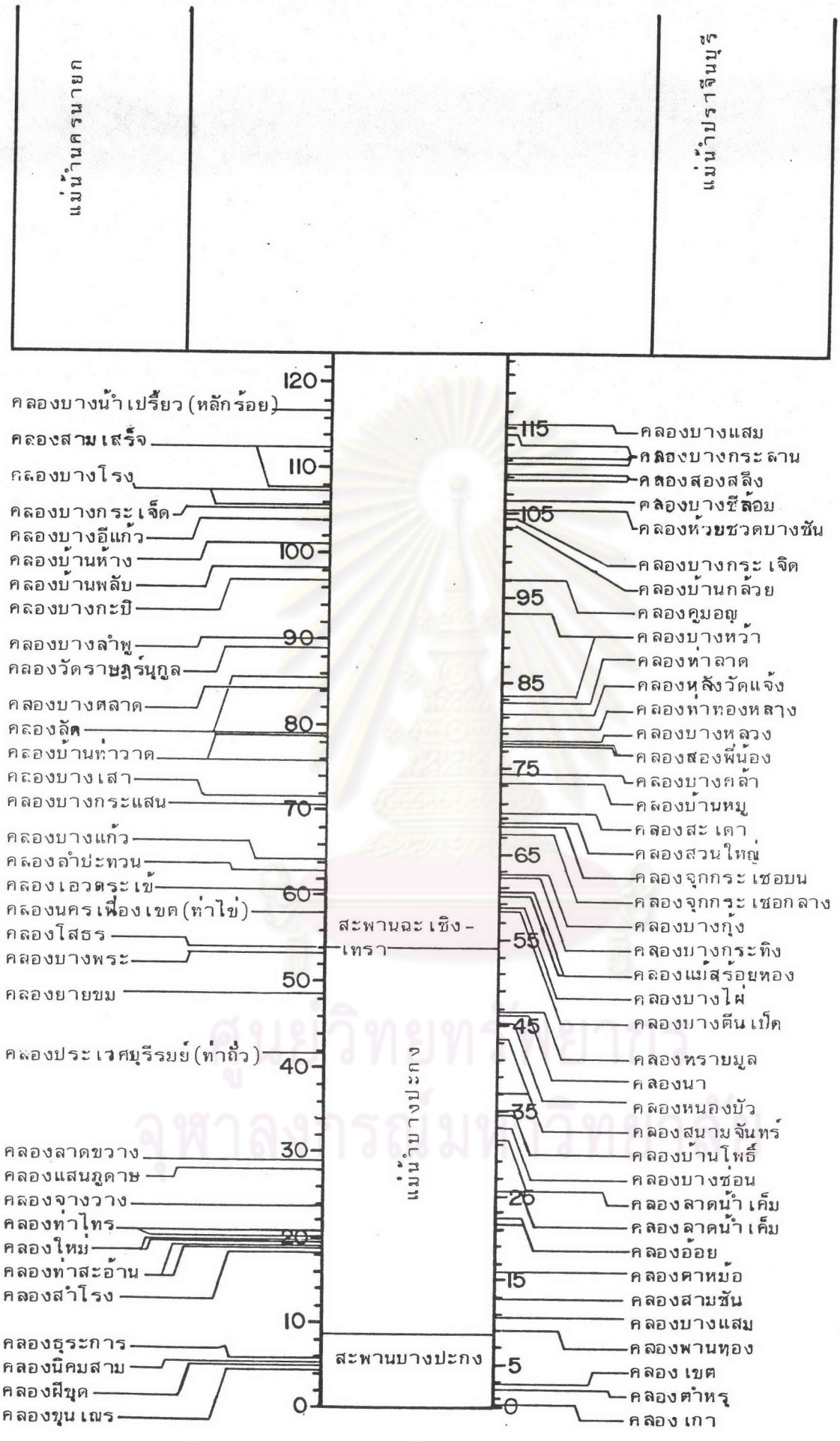
ซึ่งปากคลองเหล่านี้มีประตูน้ำสำหรับการระบายน้ำ ควบคุมปริมาณน้ำเพื่อการเกษตรและป้องกันน้ำเค็ม (รายงานการสำรวจคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง, 2524-2525)

การไหลของแม่น้ำบางปะกงแบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ ฤดูน้ำน้อย (เดือนธันวาคมถึงเดือนมีนาคม) และฤดูน้ำมาก (เดือนเมษายนถึงเดือนพฤศจิกายน) จากสถิติระหว่างปี พ.ศ. 2506 ถึง พ.ศ. 2524 ปริมาณน้ำในแม่น้ำบางปะกงในช่วงฤดูน้ำมาก เป็น 132,300 ลูกบาศก์เมตร/ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ช่วงฤดูน้ำน้อยมีน้ำเพียง 33,200 ลูกบาศก์เมตร/

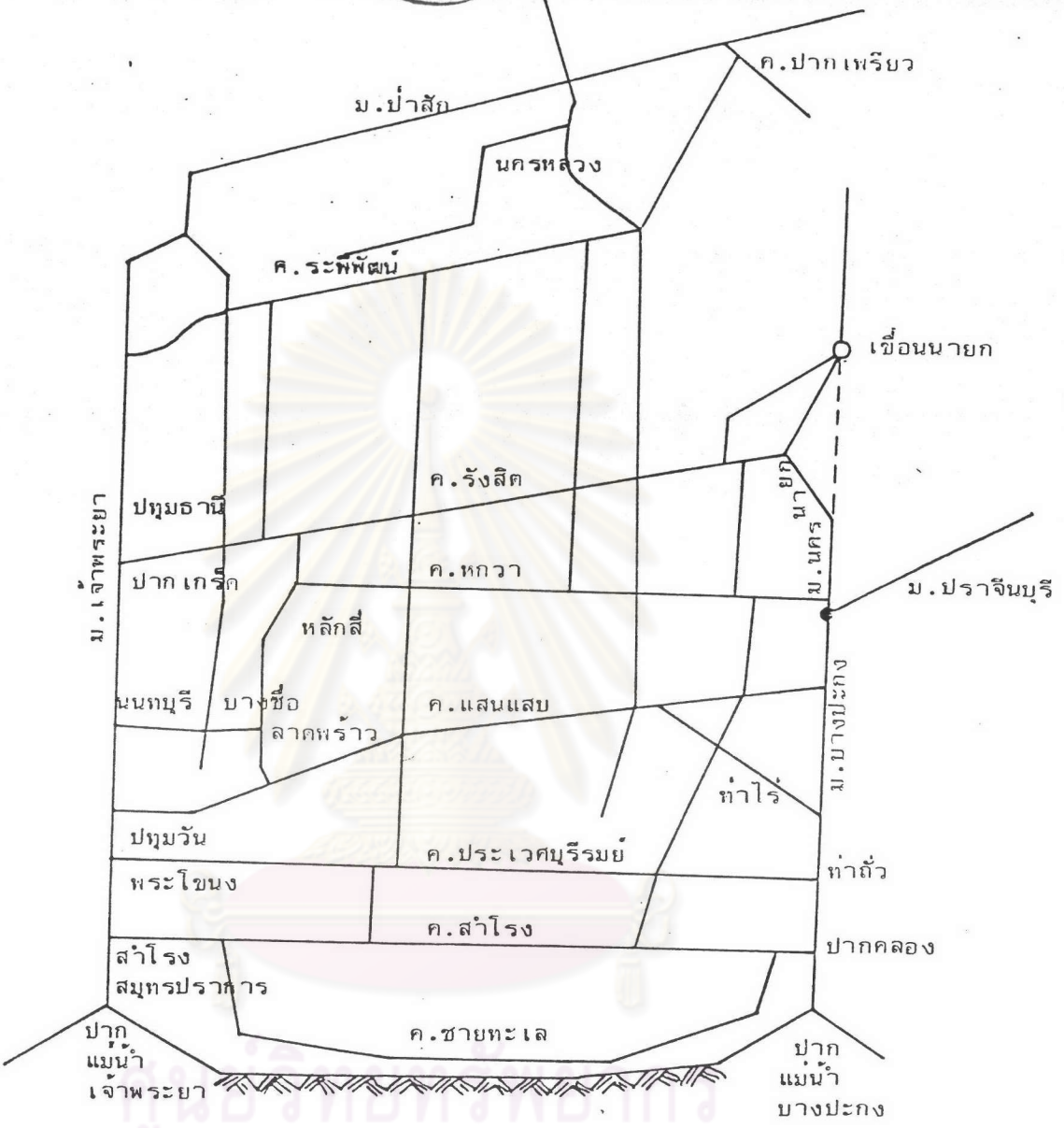
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.1 แผนที่แม่น้ำบางปะกงและสถานีเก็บตัวอย่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.2 ผังแสดงที่ตั้งคลองที่อยู่สองฝั่งแม่น้ำบางปะกง, แม่น้ำปราจีนบุรีและแม่น้ำนครนายก.



รูปที่ 2.3 แสดงคลองต่างๆ ที่เชื่อมโยงระหว่างแม่น้ำบางปะกงและแม่น้ำเจ้าพระยา

ตารางที่ 2.1 คลองของแม่น้ำบางปะกง (รายงานการสำรวจคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง, พ.ศ. 2524-2525 : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2525)

ชื่อคลองทางฝั่งขวา	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)	ชื่อคลองทางฝั่งซ้าย	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)
1. คลองขุนเณร	1.1,4.1	1. คลองเกา	0.02,0.08
2. คลองฝีขุด	4.4	2. คลองตำหรุ*	2.0
3. คลองนิคมสาม	4.9	3. คลองเขต	2.9
4. คลองธุระการ	5.6	4. คลองพานทอง*	9
5. คลองสำโรง*	18.6	5. คลองบางแสม	10.5
6. คลองท่าสะอ้าน*	18.9	6. คลองสามชัน	12.9
7. คลองใหม่	19.5,19.7	7. คลองตาหม้อ	15.9
8. คลองท่าไทร	19.9,20.6	8. คลองอ้อม*	21.7,22.3
9. คลองจางวาง	23.4	9. คลองลาดน้ำเค็ม	25.7,31.9
10. คลองแสนภูดาษ	27.9	10. คลองบางซ่อน	33.0
11. คลองลาดขวาง	28.8	11. คลองบ้านโพธิ์	34.5,35.1, 35.5
12. คลองประเวศบุรีรมย์ (คลองท่าถั่ว)*	41.8	12. คลองสนามจันทร์	37,43.7
13. คลองยายขม	48.7	13. คลองหนองบัว	45.1
14. คลองบางพระ	53.4	14. คลองนา	46.0
15. คลองโสธร	53.7	15. คลองทรายมูล	46.7
16. คลองนครเนื่องเขต (คลองท่าไข่)*	57.9	16. คลองบางตีนเป็ด	58.7
17. คลองเอวตะเข้	60.1	17. คลองบางไผ่	58.8
18. คลองสำปะทวน	63.2	18. คลองแม่สร้อยทอง	60.2,60.5
19. คลองบางแก้ว	64.5	19. คลองบางกระทิง	62.2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ชื่อคลองฝั่งขวา	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)	ชื่อคลองทางฝั่งซ้าย	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)
20. คลองบางกะแสน	70.5	20. คลองบางกุ้ง	62.5
21. คลองบางเล่า	71.2	21. คลองจุกกระเชอกลาง	67.2
22. คลองบ้านท่าวาด	75.9,78.5	22. คลองจุกกระเชอบน	68.5
23. คลองบางตลาด	84.2	23. คลองสวนใหญ่	68.8
24. คลองลัด*	79.0,85.1	24. คลองสะเดา	69.1
25. คลองวัดราษฎร์นุกูล	88.8	25. คลองบ้านหมู	73.2
26. คลองบางลำพู	89.8	26. คลองบางคล้า	74.1
27. คลองบางกะปิ	96.8	27. คลองสองพี่น้อง	77.1,77.2
28. คลองบ้านพลับ	98.5	28. คลองบางหลวง	77.4
29. คลองบ้านห้าง	100.9	29. คลองท่าทองหลาง	79.4
30. คลองบางอีแก้ว	104.0	30. คลองหลังวัดแจ้ง	81.1
31. คลองบางกระเจ็ด	105.3	31. คลองท่าลาด*	82.8
32. คลองบางโรง	105.6,107.2	32. คลองบางหว้า	83.2,93.0
33. คลองสามเสร็จ	107.5,112.5	33. คลองคูมอญ*	97
34. คลองบางน้ำเปรี้ยว (คลองหลักร้อย)*	116.9	34. คลองบ้านกลวย	99.8,103.2
		35. คลองบางกระเจ็ด*	104.3
		36. คลองห้วยชวดบางชัน	105.5
		37. คลองบางซีล้อม	106.3
		38. คลองสองสลึง	108.9,109.2
		39. คลองบางกระดาน	110.5,111.2, 114.1
		40. คลองบางแคน	115.3

หมายเหตุ * คลองที่มีขนาดใหญ่หรือมีความสำคัญ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางกิโลเมตร ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวกรมชลประทานจะกักเก็บน้ำไว้ใช้ในการเกษตรกรรม และการประปาในตอนบน จึงปิดประตูน้ำที่เขื่อนนครนายกทำให้แม่น้ำบางปะกงได้รับน้ำจากแม่น้ำปราจีนบุรีเป็นส่วนใหญ่ (มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528)

รายงานการสำรวจคุณภาพน้ำแม่น้ำบางปะกง, 2524-2525 ของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้รวบรวมข้อมูลการสำรวจเกี่ยวกับคุณภาพของน้ำแม่น้ำบางปะกง ซึ่งรวมถึงความเค็ม (salinity) และปริมาณโลหะหนักในน้ำแม่น้ำบางปะกงด้วย

<u>รายงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</u>

1. <u>เอสทูรี</u>

ในแง่ของนักสมุทรศาสตร์เคมี เอสทูรีหมายถึงบริเวณที่น้ำทะเลถูกเจือจางด้วยน้ำจืดจากพื้นดิน โดยเน้นถึงอิทธิพลความแตกต่างในองค์ประกอบทางเคมีของน้ำทั้งสองประเภทที่มีต่อกระบวนการทางเคมีในบริเวณเอสทูรี โดยทั่วไปในเอสทูรีจะประกอบด้วยน้ำแม่น้ำที่จืด มีปริมาณเกลือละลายอยู่โดยเฉลี่ยประมาณ 120 มิลลิกรัม/ลิตร ไปจนถึงน้ำความเค็มระดับน้ำทะเลปกติประมาณ 35 ส่วนต่อพันส่วน (ppt, ‰) ปัญหาหลักในทางเคมีของเอสทูรีได้แก่ ความเข้มข้นของอิออนและรูปแบบทางเคมี (chemical species) ซึ่งจะแตกต่างกันได้มากและมีองค์ประกอบต่างๆ กันด้วย นอกจากนี้เอสทูรีส่วนมากค่อนข้างตื้นจึงทำให้เกิดกระบวนการกลับลอยขึ้นอีก (resuspension) ของตะกอนได้มาก ทำให้เกิดความซับซ้อนมากขึ้นอีก (มนูวดี หังสพฤกษ์, 2526)

พฤติกรรมทางเคมีของน้ำในเอสทูรี หมายถึงสิ่งที่เกิดขึ้นเมื่อน้ำจืดจากแม่น้ำและน้ำเค็มจากทะเลที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันมากมาผสมกัน ในทางทฤษฎีจะมี end member (ที่ปราศจากสารแขวนลอย) 2 อัน คือ น้ำจืดและน้ำทะเล ตัวแปรที่ควบคุมขบวนการนี้ได้แก่ ความเป็นกรดด่าง ความเข้มข้นของอิออน รีดอกซ์โพเทนเชียล (redox potential) องค์ประกอบทางเคมีของแต่ละ end member และสัดส่วนที่ผสมกันในแต่ละส่วนของเอสทูรี ซึ่งในความเป็นจริงแล้วจะซับซ้อนกว่านี้ เพราะการผสมกันไม่ได้มีเฉพาะระหว่าง 2 end member เท่านั้น แต่ยังมีคลองที่ไหลลงแม่น้ำ น้ำทิ้งจากชุมชน และแหล่งอุตสาหกรรม เป็นต้น (มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528)

การศึกษาพฤติกรรมของธาตุปริมาณน้อย เช่น เหล็ก แมงกานีส ทองแดง สังกะสี แคดเมียม ตะกั่ว เป็นต้น จะเป็นประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพสิ่งแวดล้อมทางน้ำได้ นิยมที่จะทำโดยการกรองน้ำผ่านแผ่นกรองขนาด 0.45 ไมโครเมตร เพื่อแบ่งแยกสารเป็นส่วนที่ละลายน้ำ (dissolved species) และส่วนที่แขวนลอยในน้ำ (particulate species) ซึ่งส่วนที่ละลายน้ำจะรวมถึงส่วนที่ยึดกับสารอินทรีย์ (organically bound) และส่วนที่เป็นคอลลอยด์ (colloid) ด้วย ส่วนที่แขวนลอยมีทั้งส่วนที่เป็นสารอนินทรีย์ และส่วนที่เป็นสารอินทรีย์ซึ่งได้แก่สิ่งมีชีวิตและส่วนที่ได้จากการย่อยสลายของมัน

2. <u>พฤติกรรมของโลหะที่ละลายน้ำ</u>

วิธีที่นิยมมากที่สุดคือ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะที่ละลายน้ำที่ความเค็มต่างๆ กัน เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยใช้ความเค็มเป็นดัชนีแสดงองค์ประกอบของน้ำทะเลที่คงที่ ถ้าปริมาณของโลหะที่ละลายมีความสัมพันธ์กับความเค็มที่เพิ่มขึ้นเป็นเส้นตรง (theoretical dilution line) เกิดเนื่องจากการเจือจางเพียงอย่างเดียว จัดว่าเป็นพฤติกรรมแบบ conservative แต่ถ้าปริมาณโลหะที่ละลายไม่เป็นเส้นตรง เกิดการเบี่ยงเบนไปจากเส้นตรงไม่ว่าจะเพิ่มขึ้นหรือลดลง จัดว่าเป็นพฤติกรรมแบบ non-conservative (Burton, 1976)

Aston และ Chester (1973) กล่าวว่าเหล็กที่ละลายในน้ำและที่เป็น colloid จะตกตะกอนในการผสมในเอสทูรี โดยการเกิด flocculation และ precipitation และส่วนใหญ่จะแยกตัวออกในช่วงความเค็มต่ำ (Duinker และ Nolting 1976) นอกจากนี้ยังพบหลายครั้งว่าเหล็กที่มีระดับความเข้มข้น 3 ถึง 22 ไมโครโมลาร์ (μM) ในเอสทูรีจะมีพฤติกรรมเป็นแบบ non-conservative (Eaton, 1979) ซึ่งจากการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กใน Potomac Estuary ว่าเป็นแบบ non-conservative เช่นเดียวกับใน Beaulieu Estuary ซึ่งมีการกำจัดเหล็กอย่างรวดเร็ว (Holliday และ Liss, 1976) และพฤติกรรมของเหล็กใน Delaware Estuary ก็เกิดการกำจัดถึง 56-70% ในช่วงความเค็ม 0 ถึง 10 ppt. เช่นเดียวกัน (Eastman et al., 1984) อย่างไรก็ตาม อาจมีการเพิ่มเหล็กให้แก่น้ำโดยการละลายกลับจากตะกอน (Duinker et al., 1974) ซึ่งอาจเกิดโดยการปล่อยออกจากน้ำที่แทรกอยู่ระหว่างตะกอน กระบวนการนี้จะเกิดเมื่อมีการก่อกวนตะกอนให้กลับขึ้นมา

ใหม่หรือโดยการที่ Fe^{2+} ในตะกอนเคลื่อนที่ฟุ้งกระจาย (diffuse) ออกจากตะกอนสู่น้ำที่อยู่ติดกับตะกอน ในกรณีเช่นนี้จะพบว่าไม่มีความสัมพันธ์อย่างชัดเจนระหว่างเหล็กกับความเค็ม (มนูวดี และคณะ, 2528) การกำจัดเหล็กเกิดจากแนวโน้มที่จะเกิดคอลลอยด์ หรือส่วนที่แขวนลอย โดยกระบวนการดูดซับ (adsorption) และการตกตะกอนร่วม (co-precipitation) (Kester et al., 1975) นอกจากนี้ยังอาจเกิดจากกระบวนการ co-agulation เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของ electrolyte หรือการเกิด bacterial polymer ก็ได้ (Eaton, 1979) ในประเทศไทยได้มีการศึกษาพฤติกรรมของเหล็กที่ละลายน้ำในเอสทูรีแม่น้ำบางปะกงว่าเป็น non-conservative แบบ removal (มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528) แต่ในปากแม่น้ำเจ้าพระยามีลักษณะที่ยุ่งยากและซับซ้อน (กัลยา อำนวย, 2527)

สำหรับแมงกานีสที่ละลายน้ำ พฤติกรรมยังไม่ชัดเจนเหมือนเหล็ก แม้จะมีการศึกษากันแพร่หลายในหลายเอสทูรีก็ตาม พฤติกรรมของแมงกานีสใน Delaware Estuary เป็นแบบ conservative (Eastman et al., 1984) และพฤติกรรมของแมงกานีสใน Beaulieu Estuary ก็เป็นแบบ conservative (Holliday และ Liss, 1976) ในขณะที่ Rhine Estuary และ Scheldt Estuary มีการเบี่ยงเบนไปจาก dilution line โดยมีการเพิ่มในช่วงบนของเอสทูรีและลดลงในช่วงล่างของเอสทูรี (Wallast, 1979; Duinker, 1979) เช่นเดียวกับ St.Lawrence Estuary ซึ่งก็เป็นแบบ conservative (Subramanian et al., 1976) ซึ่งการเพิ่มของแมงกานีสอาจมาจากเหตุ 3 ประการ คือ

1. เกิดการปล่อยแมงกานีสจากสารแขวนลอยที่พัดมากับแม่น้ำ
2. เกิดการปล่อยจากสารแขวนลอยที่มากับน้ำทะเลเมื่อมาพบกับน้ำจืดในบริเวณเอสทูรี
3. เกิดจากการแพร่กระจายจากน้ำส่วนที่แทรกอยู่ระหว่างตะกอน

สำหรับพฤติกรรมของแมงกานีสในปากแม่น้ำเจ้าพระยาก็แสดงค่าสูงสุดที่ความเค็มประมาณ 1 ppt. และค่าจะลดลงเมื่อความเค็มเพิ่มขึ้น (กัลยา อำนวย, 2527)

3. <u>พฤติกรรมของโลหะส่วนที่แขวนลอย</u>

สารแขวนลอยมีอิทธิพลต่อโลหะปริมาณน้อยในเอสทูรี การศึกษาพฤติกรรมของโลหะที่แขวนลอยในน้ำควบคู่ไปกับโลหะที่ละลายน้ำจะทำให้อธิบายพฤติกรรมได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งองค์ประกอบของสารแขวนลอยจะบอกแหล่งที่มาของมัน สามารถติดตามดูการหมุนเวียนของน้ำในเอสทูรีได้

(มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528) ประจุที่ผิวของสารแขวนลอยในน้ำจืดจะมีค่าลบ เสมอ Pravdic' (1970) วัดประจุรวมจากสารแขวนลอยหลายชนิด และพบว่าประจุจะลดลง เมื่อความเข้มข้นของอิออนในน้ำเพิ่มขึ้น และจะเกิดการกลับของประจุที่ความเค็มประมาณ 2 ppt. ตะกอนส่วนใหญ่จะแสดงค่าประจุรวมเป็นบวก เมื่อความเค็มมีค่าประมาณ 6 ppt.

ในน้ำจืดมีอิออนละลายอยู่น้อยจึงอยู่ค่อนข้างห่างกัน สารแขวนลอยที่มีประจุลบก็จะแยกกันอยู่เพราะมีแรงผลักดัน เมื่อน้ำเค็มขึ้นแรงผลักดันจะลดลงทำให้เกิดการทำลายสภาพเสถียร (destabilization) ทำให้เกิดการเกาะตัวมากขึ้น

Gibbs (1973) ศึกษาแม่น้ำ Yukon และแม่น้ำ Amazon พบว่า การนำพาธาตุเหล็กโดยการละลายมีเป็นส่วนน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณในสภาพแขวนลอย ส่วนใหญ่แล้วเหล็กจะอยู่ในรูปของสารที่เคลือบอยู่รอบนอกของสารแขวนลอย และอยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์ (Aston และ Chester, 1973) ปริมาณของเหล็กที่เคลือบบนอนุภาคสารแขวนลอยจะสัมพันธ์กันกับพื้นที่ผิวของอนุภาค โดยที่อนุภาคที่เล็กจะมีพื้นที่ผิวมาก จึงดูดซับโลหะปริมาณน้อยได้มากกว่าอนุภาคที่ใหญ่ (Moore และ Hunter, 1985) ซึ่ง Boyden et al., (1979) ศึกษาใน Cornish Estuary พบว่าในสารแขวนลอยที่มีขนาดเล็ก (น้อยกว่า 2 ไมโครเมตร) จะมีโลหะปริมาณน้อยมากกว่าในสารแขวนลอยที่มีขนาดใหญ่กว่า (35 ไมโครเมตร)

แมงกานีสเป็นโลหะปริมาณน้อยที่พบว่ามีปริมาณที่ละลายน้ำเกิน 10% ของปริมาณทั้งหมด (Gibbs, 1973) Duinker (1979) ศึกษา Rhine Estuary พบว่าปริมาณของแมงกานีสที่แขวนลอยมีน้อยกว่าแมงกานีสที่ละลายน้ำมาก และแมงกานีสที่ละลายน้ำมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงกับความเค็ม แต่พฤติกรรมของแมงกานีสที่แขวนลอยไม่เป็นเส้นตรงกับความเค็ม ทำให้การพิจารณาพฤติกรรมของแมงกานีสง่ายขึ้น เพราะถ้าพบว่าไม่มีความสัมพันธ์ในทางตรงกันข้ามของแมงกานีสในน้ำกับในสารแขวนลอยในช่วงความเค็มต่ำ ก็แสดงว่ามีการเติมแมงกานีสให้แก่น้ำจากแหล่งอื่น ซึ่งอาจเป็นการละลายกลับจากตะกอนท้องแม่น้ำเป็นต้น (มนูวดี หังสพฤกษ์ และคณะ, 2528)

4. <u>การดูดซับและการตกตะกอนโลหะปริมาณน้อยโดยออกไซด์ของเหล็ก</u>

การดูดซับโลหะปริมาณน้อยโดยสารแขวนลอยเป็นส่วนสำคัญในการศึกษาการแบ่งแยกชนิดของมัน (Laxen, 1985; Jenne, 1977; Florence, 1982) การศึกษาการดูดซับและ

การตกตะกอนของแคดเมียม, นิกเกิลและทองแดง โดยออกไซด์ของเหล็ก (ferric oxide) จะเกิดได้ดีถ้ามีสารประกอบพวก humic อยู่ด้วย (Laxen, 1985) ออกไซด์ของเหล็กและแมงกานีสจะจับโลหะตัวอื่นด้วยกระบวนการดูดซับและการตกตะกอนร่วมกัน (co-precipitation) โดยที่การดูดซับจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อโลหะในสารละลายมีความเข้มข้นมากขึ้น (Robinson, 1981) และเมื่อปริมาณสารแขวนลอยมากขึ้น (Gardiner, 1974) กระบวนการดูดซับจะขึ้นกับความเป็นกรดด่างและความเค็ม นอกจากนี้อิออนอิสระยังถูกดูดซับได้น้อยกว่าอิออนที่เป็น complex อีกด้วย (Elliott และ Huang, 1979) อย่างไรก็ตาม แม้กระบวนการดูดซับจะเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว (Gardiner, 1974) แต่ก็เกิดหลังการตกตะกอน ดังนั้นอิออนของโลหะทรานสิชั่นจะถูกจับในระหว่างที่ hydrous oxide เกิดการตกตะกอนด้วยกระบวนการตกตะกอนร่วม (Burke, 1970)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย