ภาคผนวก ก

ตาราง ก-1 พิกัดตำแหน่งสถานีการเก็บตัวอย่าง

สถานีที่	พิกัด	
	ละติจูด	ลองจิจูด
ทะเลน้อย		
N1	94° 29’ 15”	5° 47’ 10”
N2	94° 29’ 18”	5° 42’ 03”
N3	94° 29’ 15”	5° 48’ 34”
N4	94° 29’ 16”	5° 46’ 48”
N5	94° 29’ 17”	5° 44’ 11”
N6	94° 29’ 18”	5° 41’ 57”
N7	94° 29’ 15”	5° 48’ 34”
N8	94° 29’ 16”	5° 46’ 23”
N9	94° 29’ 17”	5° 44’ 13”
N10	94° 29’ 18”	5° 42’ 05”
N11	94° 29’ 19”	5° 40’ 21”
N12	94° 29’ 19”	5° 41’ 35”
N14	94° 29’ 17”	5° 44’ 10”
N15	94° 29’ 18”	5° 43’ 38”
ทะเลสาบตอนบน		
N13 = S0	94° 29’ 16”	5° 46’ 11”
S1	94° 29’ 18”	5° 43’ 56”
S2	94° 29’ 17”	5° 46’ 24”
S3	94° 29’ 17”	5° 46’ 10”
S4	94° 29’ 17”	5° 46’ 20”
S5	94° 29’ 16”	5° 48’ 44”
S6	94° 29’ 14”	5° 51’ 53”
S7	94° 29’ 13”	5° 53’ 54”
S8	94° 29’ 13”	5° 53’ 43”
S9	94° 29’ 14”	5° 52’ 49”
S10	94° 29’ 13”	5° 54’ 58”
S11	94° 29’ 15”	5° 50’ 36”
S12	94° 29’ 14”	5° 53’ 21”
S13	94° 2 9’ 13”	5° 55’ 23”
S14	94° 29’ 12”	5° 56’ 14”
S15	94° 29’ 11”	5° 58’ 15”
S16	94° 29’ 11”	5° 59’ 23”
S17	94° 29’ 13”	5° 55’ 03”
S18	94° 29’ 12”	5° 56’ 20”
S19	94° 29’ 11”	5° 58’ 18”

ตาราง ก-1 (ต่อ)

สถานีที่	พิกัด	
	ละติจูด	ลองจิจูด
ทะเลสาบตอนกลาง		
S20	94° 29’ 10”	6° 00’ 26”
S21	94° 29’ 10”	6° 01’ 47”
S22	94° 29’ 08”	6° 05’ 37”
S23	94° 29’ 08”	6° 04’ 51”
S24	94° 29’ 09”	6° 03’ 15”
S25	94° 29’ 12”	5° 57’ 06”
S26	94° 29’ 13”	5° 56’ 05”
S27	94° 29’ 11”	6° 00’ 45”
S28	94° 29’ 09”	6° 04’ 18”
S29	94° 29’ 10”	6° 01’ 43”
S30	94° 29’ 11”	5° 59’ 45”
S31	94° 29’ 21”	5° 39’ 44”
S32	94° 29’ 21”	5° 39’ 48”
S33	94° 29’ 21”	5° 38’ 47”
S34	94° 29’ 22”	5° 38’ 14”
S35	94° 29’ 21”	5° 39’ 12”
S36	94° 29’ 21”	5° 40’ 44”
ทะเลสาบตอนล่าง		
S37	94° 29’ 22”	5° 38’ 42”
S38	94° 29’ 22”	5° 38’ 01”
S39	94° 29’ 21”	5° 39’ 21”
S40	94° 29’ 21”	5° 40’ 30”
S41	94° 29’ 22”	5° 38’ 21”
S42	94° 29’ 21”	5° 40’ 46”
S43	94° 29’ 20”	5° 42’ 28”
S44	94° 29’ 22”	5° 38’ 06”
S45	94° 29’ 22”	5° 38’ 01”
S46	94° 29’ 17”	5° 44’ 18”
S47	94° 29’ 15”	5° 48’ 30”
S48	94° 29’ 19”	5° 39’ 51”
S49	94° 29’ 17”	5° 45’ 34”
S50	94° 29’ 17”	5° 44’ 39”
S51	94° 29’ 16”	5° 47’ 56”
S52	94° 29’ 15”	5° 50’ 26”
S53	94° 29’ 14”	5° 53’ 19”
S54	94° 29’ 10”	6° 00’ 05”
S55	94° 29’ 12”	5° 57’ 17”
S56	94° 29’ 08”	6° 05’ 23”
S57	94° 29’ 11”	5° 59’ 26”
S58	94° 29’ 12”	5° 58’ 12”
S59	94° 29’ 09”	6° 03’ 49”

ภาคผนวก ข

สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ทั้งหมดเป็น analytical grade (AR grade) มีรายการทั้งหมด ดังนี้

- โซเดียมโพลีฟอสเฟต (sodium polyphosphate, $(NaPO_3)_n$) (Merck, Germany)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide, H_2O_2) (Merck, Germany)
- กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid, H_3PO_4) (APS, Australia)
- โซเดียมฟลูออไรด์ (sodiumfluoride, NaF) (APS, Australia)
- เดกซ์โทรส (dextrose, $C_6H_{12}O_6$) (Himedia, India)
- กรดซัลฟูริก (sulfuric acid, H_2SO_4) (J.T.Baker, USA)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (silver sulphate, Ag_2So_4) (BDH, England)
- โพแทสเซียมไดโครเมท (potassium dicromate, $K_2Cr_2O_7$) (Fisher Chemicals, England)
- แอมโมเนียไอรอน (II)ซัลเฟต (ammonia iron (II) sulfate,$(NH_4)_2\ SO_4.FeSO_4.6H_2O$) (Fisher Chemicals, England)
- ไดฟีนิลลามีน (diphenylamine, $C_{12}H_{11}N$) (Fluka, Switzerland)
- กรดแอสคอบิก (ascorbic acid, $C_6H_8O_6$) (UNILAB, Australia)
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid, HCl) (Lab-scan, Ireland)
- แอมโมเนียมเฮบตะโมลิบเดต เตตราไฮเดรต (ammonium heptamolybdate tetrahydrate, $(NH_4)_4Mo_7O_{24}.4H_2O$)(Merck, Germany)
- โพแทสเซียมแอนทิโมนิลตาเตรต (potassium antimonyl tartrate, $C_8H_4K_2O_{12}Sb_2.3H_2O$) (Carloerba, Ronado)
- โพแทสเซียมฟอสเฟต (potassium phosphate, K_2HPO_4) (J.T.Baker, USA)

ภาคผนวก ค

การหาขนาดอนุภาคตะกอน

การวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน ใช้ตะกอนแห้ง 10-20 กรัม ทำการกำจัดสารอินทรีย์ด้วย 10% H_2O_2 ร่อนตะกอนที่หมดสารอินทรีย์ผ่านตะแกรงร่อนขนาดรูเปิด 63 ไมโครเมตร ด้วยวิธีการ wet sieving ตะกอนที่ผ่านตะแกรงนำไปวิเคราะห์ต่อโดยการตกตะกอนอย่างอิสระในน้ำ เรียกวิธี sedimentation method หรือ pipette method

<u>หลักการ</u>

การหาขนาดอนุภาคตะกอนระดับการแพร่กระจายของผิวหน้าตะกอนดำเนินการโดยใช้เทคนิคการร่อนและการตกตะกอนด้วยวิธีการปิเปตซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ตามกฎของสโตรก (Annual Book of ASTM Standard, 1982)

ก่อนการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนโดยเทคนิคการตกตะกอน คำนวณเวลาที่จะใช้ในการปิเปตสารละลายออกจากระดับความลึกกำหนด เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่ต้องการ โดยใช้กฎของสโตรก (Stroke' Law) ดังนี้

$$D = \sqrt{[30n / 980(G - G_1)]xL / T}$$

เมื่อ

D คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาค (มิลลิเมตร)

n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของตัวกลางแขวนลอย (poises) ซึ่งในกรณีนี้คือ น้ำ (ค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวกลางแขวนลอย)

L คือ ระยะทางจากผิวหน้าของตัวกลางแขวนลอย ถึงระดับซึ่งความหนาแน่นของตัวกลางแขวนลอยถูกวัด (เซนติเมตร)

T คือ ระยะเวลาจากที่เริ่มตกตะกอนจนถึงตอนที่ดูดสารละลายออกโดยใช้ปิเปต (นาที)

G คือ ความถ่วงจำเพาะของอนุภาคดิน

G_1 คือ ความถ่วงจำเพาะ (ความหนาแน่นสัมพัทธ์) ของตัวกลางแขวนลอย

การทดลองในครั้งนี้อนุภาคที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการคำนวณหาเวลาที่ต้องการ คือ ควอทซ์ (Quartz) ซึ่งเมื่อมีการกระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิ 20°C จะมีค่า G = 2.65, G_1 = 0.998 และ n = 0.01 เมื่อนำมาคำนวณเวลา (T) ซึ่งไม่มีขนาดอนุภาคที่มากกว่า D ไมโครเมตร ในชั้นของสารละลายเหนือความลึก L (เมื่อ D = 2 ไมโครเมตร และ L = 5 เซนติเมตร) จะได้ ค่า T = 231.7 นาที หรือ 3 ชั่วโมง 52 นาที

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

- ปิเปตอัตโนมัติ ขนาด 5 มิลลิลิตร
- กระบอกตกตะกอน
- ไม้คนตะกอน
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ
- เทอร์โมมิเตอร์
- นาฬิกาจับเวลา
- ตะแกรงร่อน
- อลูมิเนียมฟรอย
- เดสิกเคเตอร์
- เครื่องชั่ง
- ตู้อบ

<u>สารเคมี</u>

- สารกระจายเม็ดดิน (Dispersing Agent) ใช้ สารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 10% (w/v)
- 10% H_2O_2 (v/v)

<u>วิธีการดำเนินการ</u>

1) กำจัดสารอินทรีย์ออกจากตะกอนดังนี้
   - ชั่งตะกอนแห้งประมาณ 20-30 กรัม (บันทึกน้ำหนักที่แน่นอน ทศนิยม 2 ตำแหน่ง)
   - เติมสารละลาย 10% H_2O_2 (v/v) เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และช่วยให้ตะกอนกระจายตัว
   - ตั้งทิ้งข้ามคืนเพื่อให้ H_2O_2 เกิดปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ในตะกอน

- ให้ความร้อนที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียสเพื่อเร่งให้เกิดปฏิกิริยาสมบูรณ์
- บางตัวอย่าง ตะกอนซึ่งมีสารอินทรีย์อยู่มากอาจต้องมีการเติม10% H_2O_2 เพิ่ม
- กำจัด H_2O_2 ที่เหลือจากการทำปฏิกิริยาสารละลาย โดยให้ความร้อนจนเกือบเดือด

2) ร่อนตะกอนแบบเปียก (Wet-Sieved) ผ่านตะแกรงร่อนขนาดรูเปิด 63 ไมโครเมตร
3) ตะกอนที่มีขนาดใหญ่กว่า 63 ไมโครเมตรทำให้แห้งและชั่งน้ำหนัก ผลที่ได้จะเป็นน้ำหนักอนุภาคขนาดทราย (sand)
4) ส่วนที่ผ่านตะแกรงจะเป็นตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 63 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบด้วยอนุภาคขนาดทรายแป้ง (silt) ผสมรวมอยู่กับตะกอนขนาดดินเหนียว (clay) นำมาวิเคราะห์ต่อโดยนำตะกอนส่วนนี้ใส่ลงในกระบอกตกตะกอน ทำการตกตะกอนที่อุณหภูมิคงที่ 20 ^{o}C
5) เติมสารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 10% (w/v) ประมาณ 8-10 มิลลิลิตร
6) เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตรบนสุดของกระบอกตวง
7) เริ่มใช้ไม้คนกระบอกตวงจนอนุภาคภายในฟุ้งกระจาย เริ่มจับเวลาทันทีหลังจากหยุดคน
8) หลังจากเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง 52 นาที ดูดน้ำที่เหนือระดับความลึก 5 เซนติเมตร ใส่ในอลูมิเนียมฟอยล์ซึ่งชั่งน้ำหนักไว้ก่อนแล้วโดยใช้ปิเปตอัตโนมัติ
9) ทำให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 100^{o}C ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก ผลที่ได้จะเป็นน้ำหนักของอนุภาคขนาดดินเหนียว (<2 ไมโครเมตร)
10) คำนวณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคแต่ละขนาด (ทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว) โดยถือว่าน้ำหนักรวมของทุกขนาดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก ง

การตรวจวัดปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ที่ออกซิไดซ์ได้ง่ายในตะกอน

สารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์โดยวิธี วอลกี-แบล็ค (Walkey-Black Method) ซึ่งพัฒนาและปรับปรุงโดย Loring and Rantala (1995) เป็นวิธีที่แยกสารฮิวมัสออกจากคาร์บอนอินทรีย์อื่นๆ เช่น แกรไฟท์ (graphite) ถ่านหิน (coal) และคาร์บอนอินทรีย์ที่เฉื่อยต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในการวิเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในตะกอน โดยสารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ออกมาโดยวิธีนี้ เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถออกซิไดซ์ได้ (Readily Oxidizable Organic Matter) ซึ่งถือเป็นสารอินทรีย์ในรูปที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยง่ายในสิ่งแวดล้อม

หลักการวิเคราะห์ คือ ในสภาวะที่เป็นกรด คาร์บอนอินทรีย์ในตัวอย่างจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นกับไดโครเมต ดังแสดงในสมการ ง-1

$$2Cr_2O^{2-}_7 + 3C + 28H^+ \rightarrow 4Cr^{3+} + 3C^{4+} + 14H_2O \qquad (ง\text{-}1)$$

เมื่อใส่ไดโครเมตให้มีปริมาณที่มากเกินพอ เมื่อคาร์บอนอินทรีย์ถูกออกซิไดซ์ไปหมดแล้ว สามารถหาปริมาณไดโครเมตที่เหลือ โดยปฏิกิริยารีดักชั่นของไดโครเมตด้วยสารละลายเฟอรัส ใช้ไดฟีนิลลามีนเป็นอินดิเคเตอร์ เติมกรดฟอสฟอริกลงไปเพื่อสังเกตจุดยุติได้ง่ายขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น แสดงในสมการ ง-2

$$Cr_2O^{2-}_7 + 6Fe(NH_4)^{4+}_2 + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe(NH_4)^{4+} + 6NH^+_4 + 7H_2O \qquad (ง\text{-}2)$$

เนื่องจากไดโครเมตทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ไอออน ดังสมการ ง-3 เพื่อป้องกันการสูญเสียไดโครเมตไปในปฏิกิริยานี้ จึงมีการเติมซิลเวอร์ซัลเฟตลงไป

$$Cr_2O^{2-}_7 + 6Cl^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3Cl_2 + 7H_2O \qquad (ง\text{-}3)$$

วิธีการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอน มีรายละเอียดและขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

- บิวเรตขนาด 50 มิลลิลิตร
- เครื่องกวนสาร (Magnetic stirrer)
- ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร

<u>สารเคมีและวิธีการเตรียม</u>

- กรดฟอสฟอริก
- โซเดียมฟลูออไรด์
- เดกซ์โทรส
- สารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นและซิลเวอร์ซัลเฟต (Concentrated H_2SO_4 with Ag_2SO_4) (เตรียมโดย ละลายซิลเวอร์ซัลเฟต 2.5 กรัม ในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร)
- สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 1 นอร์มอล (Standard 1 N $K_2Cr_2O_7$ Solution) (เตรียมโดย ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต 49.04 กรัม ในน้ำ และเจือจางเป็น 1 ลิตร)
- สารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล (0.5 N Ferrous Solution) (เตรียมโดย ละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต 196.1 กรัม ในน้ำ 800 มิลลิลิตรซึ่งมีกรดซัลฟูริกเข้มข้นอยู่ 20 มิลลิลิตร จากนั้นเจือจางให้เป็น 1 ลิตร)
- ไดฟีนิลลามีนอินดิเคเตอร์
  (เตรียมโดย ละลายไดฟีนิลลามีนประมาณ 0.5 กรัม ในน้ำ 20 มิลลิลิตร และกรดซัลฟูริกเข้มข้น 100 มิลลิลิตร)

<u>วิธีดำเนินการ</u>

1) ใช้ตัวอย่างตะกอนแห้งที่ผ่านการร่อนด้วยตะแกรงขนาดรู 1000 ไมโครเมตร จำนวน 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร
2) เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต เข้มข้น 1 นอร์มอล ปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยใช้บิวเรต และเติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นที่ผสมซิลเวอร์ซัลเฟต จำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมกันโดยค่อยๆ หมุนประมาณ 1 นาที
3) ตั้งของผสมที่ได้ไว้ประมาณ 30 นาที

4) ทำแบลงก์ทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนชุดทดลองใหม่
5) หลังจาก 30 นาทีผ่านไป เติมน้ำกลั่นปริมาตร 200 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดฟอสฟอริก จำนวน 10 มิลลิลิตร และโซเดียมฟลูออไรด์ 0.2 กรัม
6) เติมไดฟีนิลลามีนอินดิเคเตอร์ จำนวน 15 หยด (0.5 มิลลิลิตร)
7) ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีเขียวหัวเป็ด (brilliant green)

<u>การคำนวณผล</u>

$$\% \text{ คาร์บอนอินทรีย์} = 10(1-T/S) \times F$$

$$\% \text{ สารอินทรีย์} = \% \text{ คาร์บอนอินทรีย์} \times 1.72$$

เมื่อ S = ปริมาณสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรทแบลงก์ (มิลลิลิตร)

T = ปริมาณสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

F = ค่าที่ได้จาก

$F = (1.0\ N) \times 12/4000 \times 100/$น้ำหนักตัวอย่างตะกอน

$= 1.03$ เมื่อน้ำหนักของตัวอย่างเท่ากับ 0.5 กรัม

<u>การทำตรวจสอบประสิทธิภาพวิธีวิเคราะห์คาร์บอนอินทรีย์</u>

ทำมาตรฐานของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรทสารอินทรีย์โดยใช้เดกซ์โทรส ($C_6H_{12}O_6$) เป็นสารมาตรฐานซึ่งในเดกซ์โทรสจะมีคาร์บอนอยู่ประมาณ 39.99%

ดำเนินการโดย ชั่งเดกซ์โทรส 0.01 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ แล้วทำการทดลองหาปริมาณคาร์บอนด้วยวิธีการเหมือนกับขั้นตอนการหาสารอินทรีย์ในตัวอย่างตะกอนดินหรือแบลงก์ จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ค่าที่ได้ควรใกล้เคียงกับ 39.99% ตามวิธีคำนวณดังสมการ

$$\%\text{คาร์บอนในเดกซ์โทรส} = 10(1-T/S) \times F$$

เมื่อ F = (1.0 N) x 12/4000 x 100/น้ำหนักเดกซ์โทรส

= 30 เมื่อเดกซ์โทรสหนัก 0.01 กรัม

ภาคผนวก จ

วิธีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมดในตะกอน

การวิเคราะห์หาความเข้มข้นของฟอสฟอรัสโดยรวมนั้น จะใช้การเผาเถ้าตะกอนที่ 550°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง หลังจากการเผาแล้วจะนำเถ้าดังกล่าวมาย่อยด้วยกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 N เป็นเวลา 16 ชั่วโมง สิ่งที่ได้ คือ Orthophosphate ซึ่งจะเป็นตัวแทนของการบอกปริมาณฟอสฟอรัสโดยรวมทั้งหมด

การวิเคราะห์หาฟอสฟอรัสโดยใช้กรดในการหมักย่อยนั้นอาศัยปฏิกิริยาจากแอมโมเนียมโมลิบเดตจะทำให้ Orthophosphate กลายเป็น Molybdophosphoric acid หลังจากนั้นสารดังกล่าวจะถูกรีดิวซ์ด้วยกรดแอสคอบิก ซึ่งจะเกิดสารประกอบที่มีสี (heteropoly molybdophosphorus) ซึ่งความเข้มของสีที่แตกต่างกันมีความสัมพันธ์ในเชิงปริมาณจึงสามารถนำคุณสมบัติดังกล่าวมาหาปริมาณสารสำคัญได้ นอกจากนี้การใส่ antimony potassium tartrate จะช่วยสร้างสารประกอบที่มีสีไวกว่าและดูดกลืนแสงที่ 880 นาโนเมตร

<u>วัสดุและอุปกรณ์</u>

- เตาเผา
- ครูซิเบิล
- เครื่องปั่นเหวี่ยง
- หลอดปั่นเหวี่ยง
- บีกเกอร์ 100 มิลลิลิตร
- ปิเปตอัตโนมัติ
- หลอดทดลอง
- เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สารเคมีและวิธีการเตรียม

- กรดไฮโดรคลอริก 1 นอร์มอล
  (กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 89 มิลลิลิตร ในน้ำกลั่น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร)
- กรดซัลฟูริก 4.5 โมลต่อลิตร = Rgt 1
  (กรดซัลฟูริกเข้มข้น 250 มิลลิลิตร กับน้ำกลั่น 750 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น แล้วปรับปริมาตรเป็น 1,000 มิลลิลิตร)
- กรดแอสคอบิก
  (ละลายกรดแอสคอบิก 10 กรัม ในน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร แล้วเติม Rgt 1 50 มิลลิลิตร เก็บไว้ในขวดสีชา ที่ อุณหภูมิ < 8°C)
- แอมโมเนียมโมลิบเดต
  (ละลายแอมโมเนียมโมลิบเดต 25 กรัม ในน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร= สารละลาย A)
- โพแทสเซียมแอนทิโมนีตาเตรต
  (ละลายโพแทสเซียมแอนทิโมนีตาเตรต 1 กรัม ในน้ำกลั่น 40 มิลลิลิตร = สารละลาย B)
  - ค่อย ๆ เทสารละลาย A ลงใน Rgt 1 700 มิลลิลิตร คนตลอดเวลาระหว่างเท
  - ผสมสารละลายที่ได้กับ สารละลาย B ให้เข้ากัน เรียกว่า Mix reagent
  - เก็บในขวดพลาสติก
- โพแทสเซียมฟอสเฟต (stock 1)
  (ละลายโพแทสเซียมฟอสเฟต ที่อบที่ 100°C 0.136 กรัมในน้ำกลั่นที่เติม Rgt 1 0.2 มิลลิลิตรไว้แล้ว ปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร)

วิธีการดำเนินการ

1) ชั่งตัวอย่างตะกอนที่อบแห้ง 0.2 กรัม ใส่ในครูซิเบิล แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 550° เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
2) นำตัวอย่างที่เผาเสร็จแล้วมาใส่ในบีกเกอร์ แล้วเติมกรดไฮโดรคลอริก 1 N 50 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 16 ชั่วโมง โดยมีการเขย่า ทุกๆ 1 ชั่วโมง
3) หลังจากย่อยตัวอย่างเสร็จแล้ว นำน้ำส่วนใสมาใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที
4) นำสารละลายที่ผ่านการปั่นเหวี่ยงแล้ว 1 มิลลิลิตร มาปรับปริมาตรเป็น 10 มิลลิลิตร แล้วนำไป

หาปริมาณออร์โธฟอสเฟต ตามวิธีวิเคราะห์น้ำ (Grasshoff *et al*., 1999) ดังนี้

<u>วิธีการ</u>

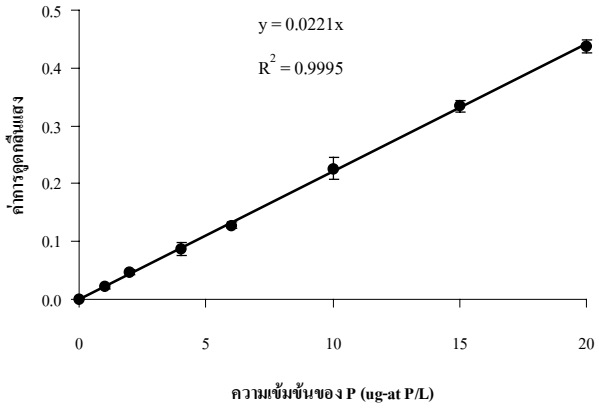
1) นำตัวอย่างน้ำ 5 มิลลิลิตร
2) เติมกรดแอสคอบิก 100 ไมโครลิตร และ Mix reagent 100 ไมโครลิตรผสมให้เข้ากัน
3) ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 10 นาที แต่ไม่เกิน 30 นาที
4) วัดค่าดูดกลืนแสงที่ 880 นาโนเมตร
5) คำนวนค่าจาก Calibration Curve

<u>การเตรียม Calibration Curve</u>

Stock 2 เข้มข้น 100 µg-at P/L เตรียมจาก Stock 1 1 mL → 100 mL

Working standard

Concentration (µg-at P/L)	Stock 2 (µL)	Final solution (mL)
1	100	10
2	200	10
4	400	10
6	600	10
10	1000	10
15	1500	10
20	2000	10



ภาคผนวก ฉ

ตาราง ฉ-1 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคและโครงสร้างของตะกอนทะเลน้อย

Station	%Sand	%Silt	%Clay	Sediment structure
N1	0.8	65.6	33.6	Clayey silt
N2	0.6	63.9	35.5	Clayey silt
N3	0.4	65.4	34.2	Clayey silt
N4	0.6	59.2	40.2	Clayey silt
N5	0.8	61.0	38.2	Clayey silt
N6	0.8	66.8	32.4	Clayey silt
N7	0.6	76.0	23.4	Clayey silt
N8	0.4	71.1	28.5	Clayey silt
N9	0.6	60.1	39.3	Clayey silt
N10	0.3	64.2	35.5	Clayey silt
N11	1.4	62.6	36.0	Clayey silt
N12	0.5	65.6	33.9	Clayey silt
N14	1.1	65.3	33.6	Clayey silt
N15	0.5	59.0	40.5	Clayey silt

ตาราง ฉ-2 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคและโครงสร้างของตะกอนทะเลสาบตอนบน

Station	%Sand	%Silt	%Clay	Sediment structure
N13	0.8	70.9	28.3	Clayey silt
S1	3.2	67.9	28.9	Clayey silt
S2	2.7	65.2	32.1	Clayey silt
S3	1.9	47.7	50.4	Silty clay
S4	1.9	72.9	25.2	Clayey silt
S5	3.2	68.0	28.8	Clayey silt
S6	0.8	74.6	24.6	Clayey silt
S7	0.7	73.5	25.8	Clayey silt
S8	0.5	55.6	43.9	Clayey silt
S9	2.1	56.2	41.7	Clayey silt
S10	0.5	64.0	34.5	Clayey silt
S11	0.7	60.8	38.5	Clayey silt
S12	0.8	67.7	31.5	Clayey silt
S13	1.2	65.1	33.7	Clayey silt
S14	7.1	52.7	40.2	Clayey silt
S15	3.9	73.6	22.5	Clayey silt
S16	1.9	71.7	26.4	Clayey silt
S17	1.2	69.4	29.4	Clayey silt
S18	1.5	66.1	32.4	Clayey silt
S19	2.6	66.5	30.9	Clayey silt

ตาราง ฉ-3 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคและโครงสร้างของตะกอนทะเลสาบตอนกลาง

Station	%Sand	%Silt	%Clay	Sediment structure
S20	3.9	70.6	25.5	Clayey silt
S21	1.5	65.5	33.0	Clayey silt
S22	1.8	66.7	31.5	Clayey silt
S23	0.8	73.4	25.8	Clayey silt
S24	2.8	68.7	28.5	Clayey silt
S25	6.2	58.7	35.1	Clayey silt
S26	1.4	67.4	31.2	Clayey silt
S27	0.9	67.2	31.9	Clayey silt
S28	0.9	67.6	31.5	Clayey silt
S29	2.3	70.4	27.3	Clayey silt
S30	1.2	66.4	32.4	Clayey silt
S31	1.7	68.3	30.0	Clayey silt
S32	1.3	65.3	33.4	Clayey silt
S33	2.2	47.9	49.9	Silty clay
S34	32.4	30.4	37.2	Sandy-silty-clay
S35	3.7	51.6	44.7	Clayey silt
S36	1.1	56.3	42.6	Clayey silt

ตาราง ฉ-4 การกระจายตัวของขนาดอนุภาคและโครงสร้างของตะกอนทะเลสาบตอนล่าง

Station	%Sand	%Silt	%Clay	Sediment structure
S37	1.4	65.2	33.4	Clayey silt
S38	1.1	66.4	32.5	Clayey silt
S39	1.7	65.3	33.0	Clayey silt
S40	1.6	60.3	38.1	Clayey silt
S41	2.1	66.1	31.8	Clayey silt
S42	2.5	71.4	26.1	Clayey silt
S43	1.8	64.3	33.9	Clayey silt
S44	0.9	64.6	34.5	Clayey silt
S45	1.8	51.9	46.3	Clayey silt
S46	2.1	56.8	41.1	Clayey silt
S47	1.7	51.7	46.6	Clayey silt
S48	0.7	55.7	43.6	Clayey silt
S49	5.7	36.3	58.0	Silty clay
S50	0.9	65.1	34.0	Clayey silt
S51	1.0	56.7	42.3	Clayey silt
S52	0.6	64.5	34.9	Clayey silt
S53	66.3	11.8	21.9	Silty clayey sand
S54	1.2	61.5	37.3	Clayey silt
S55	3.6	56.5	39.9	Clayey silt
S56	0.8	58.3	40.9	Clayey silt
S57	1.0	53.7	45.3	Clayey silt
S58	1.6	52.2	46.2	Clayey silt
S59	64.3	4.8	30.9	Clayey sand

ภาคผนวก ช

ตาราง ช-1 ข้อมูลปัจจัยทางเคมีในตะกอนทะเลน้อย

Station	% OC	% TC	%TH	% TN	% TS	% TP	C:N	C:P	N:P
N1	6.45	7.27	1.51	0.76	1.86	0.0192	11.2	973.9	87.3
N2	7.73	10.34	1.90	0.84	2.53	0.0197	14.4	1353.9	93.8
N3	6.44	8.56	1.84	0.82	2.27	0.0142	12.2	1549.0	127.3
N4	4.53	5.70	1.28	0.52	0.91	0.0091	12.8	1614.7	126.5
N5	2.93	3.49	1.01	0.38	0.88	0.0086	10.7	1048.1	97.9
N6	4.17	5.26	1.05	0.41	1.24	0.0070	15.0	1935.8	129.4
N7	5.31	6.49	1.52	0.61	2.62	0.0142	12.4	1182.0	95.3
N8	9.22	14.45	2.41	1.30	2.39	0.0419	13.0	890.0	68.7
N9	4.89	5.98	1.39	0.60	1.03	0.0121	11.7	1273.5	108.8
N10	7.57	9.73	2.03	1.02	3.18	0.0289	11.2	866.7	77.6
N11	8.67	12.12	2.07	0.81	1.81	0.0255	17.4	1224.6	70.2
N12	4.65	4.79	1.35	0.45	1.54	0.0188	12.5	655.4	52.2
N14	7.44	7.93	1.47	0.57	1.49	0.0145	16.4	1405.7	16.8
N15	7.29	9.11	1.99	0.80	1.56	0.0478	13.3	491.4	85.9
Max	9.22	14.45	2.41	1.30	3.18	0.0478	17.4	1935.8	129.4
Min	2.93	3.49	1.01	0.38	0.88	0.0070	10.7	491.4	16.8
Average	6.23	7.94	1.63	0.70	1.81	0.0201	13.1	1176.1	88.4
SD	1.86	3.02	0.41	0.25	0.70	0.0122	1.99	390.23	31.02

ตาราง ช-2 ข้อมูลปัจจัยทางเคมีในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนบน

Station	% OC	% TC	%TH	% TN	% TS	% TP	C:N	C:P	N:P
N13	2.13	2.36	0.68	0.13	0.72	0.0171	21.2	355.0	37.0
S1	0.78	1.02	0.58	0.15	0.26	0.0135	7.9	194.9	24.6
S2	1.23	1.54	0.88	0.22	0.31	0.0174	8.2	228.1	27.9
S3	1.95	1.36	0.71	0.21	0.23	0.0207	7.5	169.0	22.4
S4	0.93	1.13	0.53	0.12	0.22	0.0132	11.0	220.5	20.1
S5	0.93	1.14	0.58	0.08	0.21	0.0115	16.6	255.3	15.4
S6	1.02	1.19	0.62	0.07	0.29	0.0168	19.8	183.0	9.2
S7	1.14	1.30	0.60	0.33	0.33	0.0155	4.6	215.9	47.0
S8	1.14	1.35	0.58	0.25	0.23	0.0154	6.3	225.8	35.9
S9	2.52	2.76	0.74	0.40	0.40	0.0157	8.0	452.8	56.3
S10	0.74	1.05	0.48	0.30	0.34	0.0129	4.1	210.7	51.6
S11	0.96	1.19	0.55	0.36	0.33	0.0140	3.9	219.1	56.9
S12	0.84	1.19	0.57	0.30	0.27	0.0153	4.6	201.0	43.5
S13	0.89	1.24	0.54	0.35	0.25	0.0151	4.1	212.4	51.4
S14	1.37	1.81	0.63	0.50	0.23	0.0136	4.2	343.1	81.3
S15	0.65	0.88	0.43	0.29	0.11	0.0101	3.5	225.1	63.6
S16	0.79	0.96	0.63	0.27	0.24	0.0138	4.1	179.7	43.4
S17	0.75	0.89	0.59	0.22	0.17	0.0156	4.7	147.0	31.2
S18	1.10	1.37	0.66	0.26	0.25	0.0150	6.1	235.6	38.4
S19	0.79	0.95	0.51	0.24	0.16	0.0115	4.6	213.1	46.2
Max	2.52	2.76	0.88	0.50	0.72	0.0207	21.2	452.8	81.3
Min	0.65	0.88	0.43	0.07	0.11	0.0101	3.5	147.0	9.2
Average	1.13	1.33	0.60	0.25	0.28	0.0147	7.8	234.4	40.2
SD	0.50	0.48	0.10	0.11	0.12	0.0024	5.35	71.53	17.68

ตาราง ช-3 ข้อมูลปัจจัยทางเคมีในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนกลาง

Station	% OC	%TC	% TH	% TN	% TS	% TP	C:N	C:P	N:P
S20	0.64	0.83	0.38	0.17	0.16	0.0111	5.7	193.3	34.0
S21	0.73	0.92	0.60	0.27	0.15	0.0146	4.0	162.7	41.0
S22	0.58	0.67	0.48	0.22	0.08	0.0093	3.6	185.9	52.4
S23	0.60	0.76	0.55	0.19	0.09	0.0106	4.7	184.5	39.6
S24	0.69	0.74	0.52	0.17	0.10	0.0104	5.1	183.6	36.2
S25	0.57	0.71	0.59	0.18	0.13	0.0111	4.6	165.3	35.9
S26	0.43	0.62	0.49	0.14	0.14	0.0100	5.2	159.8	31.0
S27	0.61	0.65	0.44	0.15	0.14	0.0097	5.1	173.7	34.4
S28	0.55	0.63	0.48	0.16	0.16	0.0108	4.6	150.2	32.7
S29	0.63	0.67	0.55	0.23	0.20	0.0106	3.4	162.3	47.8
S30	0.64	0.72	0.53	0.32	0.19	0.0105	2.6	176.7	67.4
S31	0.59	0.59	0.42	0.05	0.09	0.0084	13.8	181.5	13.2
S32	0.62	0.60	0.39	0.04	0.06	0.0104	17.5	148.6	8.5
S33	0.72	0.93	0.73	0.07	0.13	0.0199	15.5	120.5	7.8
S34	0.66	0.84	0.83	0.03	0.17	0.0284	32.6	76.3	2.3
S35	0.93	1.10	0.80	0.07	0.17	0.0197	18.3	143.8	7.9
S36	1.01	0.99	0.63	0.05	0.18	0.0133	23.1	192.1	8.3
Max	1.01	1.10	0.83	0.32	0.20	0.0284	32.6	193.3	67.4
Min	0.43	0.59	0.38	0.03	0.06	0.0084	2.6	76.3	2.3
Average	0.66	0.76	0.55	0.15	0.14	0.0129	9.95	162.40	29.42
SD	0.14	0.15	0.13	0.09	0.04	0.0052	8.68	29.47	18.54

ตาราง ช-4 ข้อมูลปัจจัยทางเคมีในตะกอนทะเลสาบสงขลาตอนล่าง

Station	% OC	% TC	% TH	% TN	% TS	% TP	C:N	C:P	N:P
S37	0.83	0.90	0.41	0.03	0.16	0.0112	35.0	207.3	5.9
S38	1.18	1.52	0.51	0.05	0.22	0.0122	35.4	322.1	9.1
S39	0.58	0.58	0.40	0.02	0.03	0.0116	33.8	128.8	3.8
S40	0.97	0.98	0.68	0.17	0.22	0.0160	6.7	158.3	23.6
S41	1.10	1.18	0.57	0.17	0.23	0.0143	8.1	213.3	26.4
S42	0.54	0.59	0.33	0.13	0.16	0.0071	5.3	213.3	40.3
S43	1.20	1.67	0.60	0.18	0.31	0.0156	10.8	276.0	25.5
S44	0.86	0.92	0.62	0.23	0.16	0.0157	4.7	150.6	32.3
S45	0.73	0.83	0.74	0.18	0.11	0.0193	5.4	111.1	20.7
S46	0.60	0.65	0.71	0.18	0.10	0.0246	4.2	68.0	16.2
S47	1.05	1.25	1.00	0.23	0.40	0.0206	6.3	156.7	24.7
S48	1.30	1.03	0.79	0.22	0.62	0.0346	5.5	76.7	14.1
S49	1.01	1.35	0.86	0.22	0.28	0.0373	7.2	93.3	13.0
S50	0.57	0.61	0.45	0.15	0.06	0.0235	4.7	67.0	14.1
S51	0.85	0.89	0.66	0.21	0.18	0.0184	4.9	125.0	25.3
S52	0.75	0.87	0.69	0.22	0.44	0.0194	4.6	115.5	25.1
S53	0.38	0.38	0.27	0.12	0.19	0.0133	3.7	73.8	20.0
S54	0.99	0.91	0.70	0.23	0.58	0.0294	4.6	79.9	17.3
S55	0.65	0.68	0.81	0.20	0.29	0.0279	4.0	62.8	15.8
S56	0.88	0.84	0.88	0.28	0.31	0.0277	3.5	78.2	22.4
S57	1.83	2.64	1.18	0.59	0.68	0.0392	5.2	173.8	33.3
S58	0.81	0.86	0.89	0.65	0.24	0.0315	1.5	70.4	45.7
S59	0.52	0.61	0.43	0.67	0.19	0.0180	1.1	87.6	82.5
Max	1.83	2.64	1.18	0.67	0.68	0.0392	35.44	322.05	82.54
Min	0.38	0.38	0.27	0.02	0.03	0.0071	1.1	62.8	3.8
Average	0.88	0.99	0.66	0.23	0.27	0.0212	9.0	135.2	24.2
SD	0.32	0.48	0.22	0.17	0.17	0.0089	10.40	71.39	16.24