

## บทที่ 2

### วิธีการวิจัย

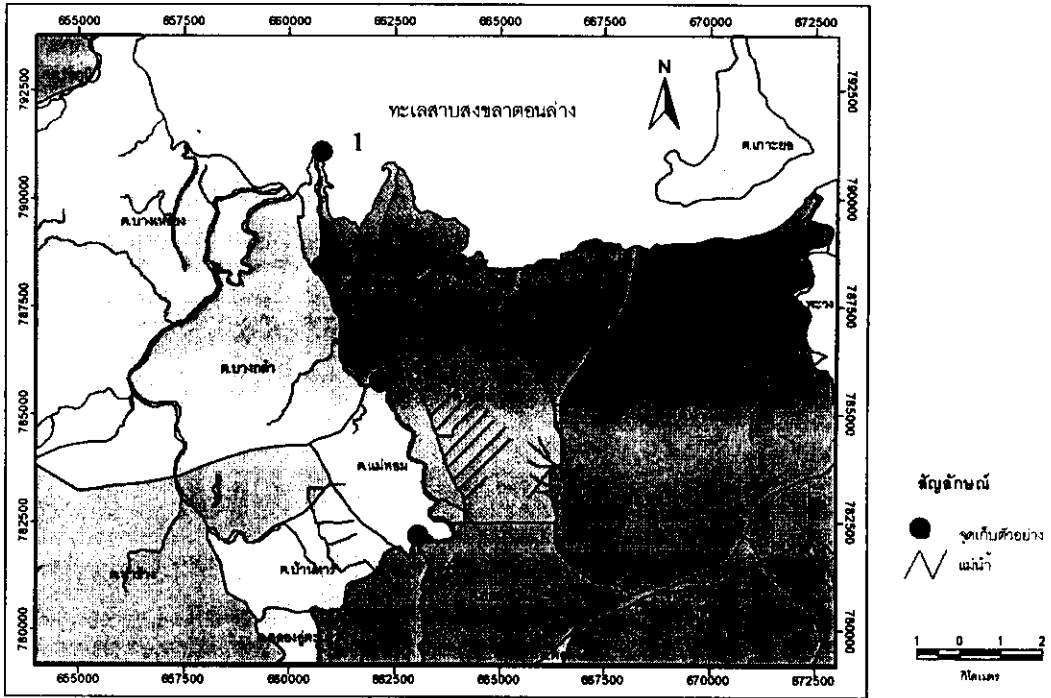
#### 2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณลำน้ำคลองอู่ตะเภา โดยเริ่มจากปากคลองอู่ตะเภา และเข้ามาตามลำน้ำ เป็นระยะทางประมาณ 12 กิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำตั้งแต่ตำบลคูเต่าและคลองแห อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา และ ตำบลบางกล้าและแม่athom อำเภอบางกล้า จังหวัดสงขลา

ในการวางแผนการเก็บตัวอย่างข้อมูล พิจารณาตามลักษณะทางกายภาพและเคมีของพื้นที่ซึ่งเอื้อต่อการสะสมสารประเภทโลหะหนักซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาวะทางฟิสิกเคมีกัล (physico-chemical condition) ใด ๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณนั้น มีแนวโน้มจะส่งผลกระทบต่อความเข้มข้นของโลหะหนัก โดยใช้เกณฑ์ระยะทางที่ได้รับอิทธิพลจากการหนุนตัวของน้ำเค็มเข้ามาทางบริเวณปากคลองอู่ตะเภา ที่เป็นเขตต่อเนื่องกับทะเลสาบสงขลาตอนล่าง ซึ่งในฤดูแล้งน้ำเค็มสามารถรุกเข้าในคลองอู่ตะเภา เป็นระยะทาง 12 กิโลเมตร (บริเวณบ้านนารังนก) (สมบูรณ์ พรพิเนตพงศ์, 2541) จากนั้นแบ่งสถานีเก็บตัวอย่างออกเป็น 4 จุดครอบคลุมระยะทางดังกล่าว

การเก็บตัวอย่างเริ่มจากปากคลองอู่ตะเภาซึ่งเป็นเขตต่อเนื่องกับทะเลสาบสงขลาตอนล่าง เป็นสถานี 1 สถานี 2 อยู่บริเวณวัดท่าเมรุ ห่างจากสถานี 1 ประมาณ 3 กิโลเมตร สถานี 3 อยู่บริเวณวัดคูเต่าห่างจากสถานี 1 ประมาณ 7 กิโลเมตร และสถานีสุดท้ายบริเวณวัดนารังนก ซึ่งเป็นบริเวณที่คลองอู่ตะเภาไหลบรรจบกับคลองเตย (หนึ่งในคลองสาขาของคลองอู่ตะเภา) สถานี 4 ห่างจากสถานี 1 ประมาณ 12 กิโลเมตร (ภาพประกอบ 2-1) โดยมีพิกัดสถานีเก็บตัวอย่างดังแสดงในตาราง 2-1

เก็บตัวอย่างตะกอน 2 วัน คือ ในวันที่ 12 และ 16 มีนาคม ปี 2544 ซึ่งเป็นฤดูแล้งโดยในวันแรกดำเนินการเก็บตัวอย่างตะกอนบริเวณสถานี 3 และ 4 ส่วนสถานี 1 และ 2 เก็บตัวอย่างในวันที่สอง สำหรับน้ำระหว่างตะกอนดำเนินการเก็บตัวอย่างทั้งสี่สถานีในวันที่ 16 มีนาคม ปี 2544



ภาพประกอบ 2 - 1 สถานีเก็บตัวอย่างตะกอนและน้ำระหว่างตะกอนบริเวณคลองอยู่ตะเภา

ตาราง 2- 1 พิกัดสถานีเก็บตัวอย่าง

สถานี	บริเวณ	Lat-Long		UTM	
		Latitude (N)	Longitude (E)	X	Y
1	ปากคลองอยู่ตะเภา	100° 26' 57"	7° 09' 22"	660668	791199
2	วัดท่าเมรุ	100° 27' 23"	7° 07' 54"	660819	788492
3	วัดคูเต่า	100° 28' 03"	7° 06' 22"	662057	785667
4	วัดนารังนก	100° 28' 46"	7° 04' 20"	663366	751940

## 2.2 วัสดุและอุปกรณ์

### 2.2.1 สารเคมีที่ใช้

สารเคมีที่ใช้ทั้งหมดเป็น analytical grade (AR grade) และสารละลายมาตรฐานโลหะเป็น ชนิด intra-analyzed reagent รายการสารเคมีที่ใช้ทั้งหมดมีดังนี้

- กรดซัลฟูริก (sulfuric acid;  $H_2SO_4$ ) (J.T. Baker, USA.)
- กรดไนตริก (nitric acid;  $HNO_3$ ) (Lab-Scan, Ireland)
- กรดฟอสฟอริก (phosphoric acid;  $H_3PO_4$ ) (APS, Australia)
- กรดอะซิติก (acetic acid;  $CH_3COOH$ ) (J.T. Baker, USA.)
- กรดไฮโดรคลอริก (hydrochloric acid;  $HCl$ ) (Lab-Scan, Ireland)
- โซเดียมคาร์บอเนต (sodium carbonate;  $Na_2CO_3$ ) (Fluka, Switzerland)
- โซเดียมฟลูออไรด์ (sodium fluoride;  $NaF$ ) (APS, Australia)
- โซเดียมโพลีฟอสเฟต (sodium polyphosphate;  $(NaPO_3)_n$ ) (Merck, Germany)
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (sodium hydroxide;  $NaOH$ ) (Merck, Germany)
- ซิลเวอร์ซัลเฟต (silver sulphate;  $Ag_2SO_4$ ) (BDH, England)
- เดกโทรส (dextrose;  $C_6H_{12}O_6$ ) (Himedia, India)
- ไดฟีนีลลามีน (diphenylamine;  $C_{12}H_{11}N$ ) (Fluka, Switzerland)
- โบรโมครีซอลกรีน (bromocresol green;  $C_{21}H_{14}Br_4O_5S$ ) (Fluka, Switzerland)
- โพแทสเซียมไดโครเมต (potassium dicromate;  $K_2Cr_2O_7$ ) (Fisher Chemicals, England)
- โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟทาเลต (potassium hydrogen phthalate;  $KHC_8H_4O_4$ ) (Merck, Germany)
- ฟีนอล์ฟทาลีน (phenolphthalein;  $C_{20}H_{14}O_4$ ) (Merck, Germany)
- สารละลายมาตรฐานเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว ความเข้มข้น 1000  $\mu g/ml$  (metals in 0.3M HCl) (J.T. Baker, USA.)
- เอทานอล (ethanol;  $C_2H_5OH$ ) (J.T. Baker, USA.)
- แอมโมเนียมเฟอร์รัสซัลเฟต (ammonium iron (II) sulfate;  $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ ) (Fisher Chemicals, England)
- ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (hydrogen peroxide;  $H_2O_2$ ) (Merck, Germany)

## 2.2.2 วัสดุอื่นๆ

- หลอดสำหรับหมุนเหวี่ยง (polypropylene centrifuge tube) Corning® ขนาด 50 มิลลิลิตร
- ชุดกรองสำหรับใช้ครั้งเดียว (disposable filter device) ชนิด PURADISC™ 25 AS พร้อมแผ่นกรองโพลีซัลโฟน (polysulfone membrane) Whatman® ขนาดรู 0.45 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร
- ชุดกรอง (filter holder) ขนาด 4.7 เซนติเมตร พร้อมแผ่นกรองเซลลูโลสไนเตรด (cellulose nitrate membrane) ขนาดรู 0.45 ไมโครเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 4.7 เซนติเมตร
- กระดาษกรอง (filter paper) Whatman® เบอร์ 1 Qualitative
- ขวดพลาสติก (high density polyethylene) NALGENE® ขนาด 16 และ 125 มิลลิลิตร
- ก๊าซไนโตรเจน
- ก๊าซอะเซทิลีน
- ก๊าซฮีเลียม

## 2.2.3 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างภาคสนาม

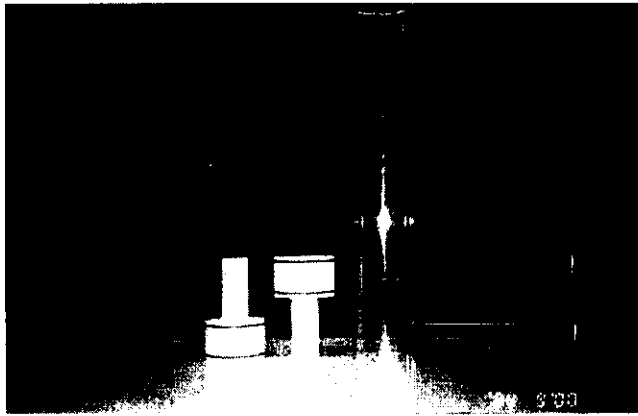
### 2.2.3.1 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างตะกอนแบบกดด้วยมือหรือคอร์แบบกด (push corer)

อุปกรณ์ในการเก็บตัวอย่างตะกอน เป็นแบบกดด้วยมือ (Mudroch and MacKnight, 1994; Mudroch and Azcue, 1995) มีลักษณะเป็นท่อพลาสติกใส ทำจากเพล็กซีกลาส (plexi-glass) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก 9 และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ ยาว 51 เซนติเมตร มีปลายเปิดทั้ง 2 ด้าน โดยมีฝาสำหรับปิดด้านบนและล่างทำจากพลาสติกซูเปอร์ลิเน (superlene) และใส่วงยาง (o-ring) เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นสามารถเปิดปิดได้ง่าย (ภาพประกอบ 2-2)

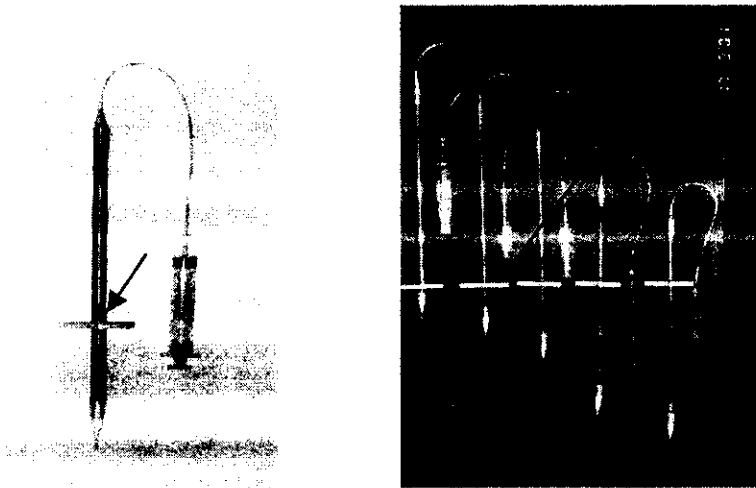
### 2.2.3.2 อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนแบบดูดโดยตรง (direct suction porewater sampler)

อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอน เป็นแบบดูดโดยตรงจากตะกอนในภาคสนาม ซึ่งเป็นวิธีแบบการเก็บตัวอย่างโดยตรง หรือเรียกว่า *in situ* method (Mudroch and Azcue, 1995) ทำจากท่อพีวีซี (PVC) ขนาดความยาว 30 เซนติเมตร เส้นผ่านศูนย์กลางภายในและภายนอก 1.0 และ 1.2 เซนติเมตร ตามลำดับ ภายในท่อพีวีซีเป็นสายยาง (ชนิด tubing trans) ซึ่งมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.6 มิลลิเมตร ปลายด้านหนึ่งของสายยางสัมผัสกับส่วนที่กรองน้ำชั้นแรก (prefilter โดยใช้ cotton

wool) ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของสายยางต่อกับหลอดฉีดยาพลาสติกโพลีเอทิลีน (polyethylene syringe) ขนาด 25 มิลลิลิตร เพื่อใช้ในการควบแน่นระหว่างตะกอนที่ผ่านการกรองในขั้นแรก ลักษณะอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอน แสดงในภาพประกอบ 2-3 ส่วนลูกศรชี้ในภาพ คือ ระดับนำทางเพื่อใช้วัดระยะความลึกของตะกอนที่ต้องการเก็บน้ำระหว่างตะกอน (เนื่องจากน้ำคลองอยู่ตะกอน ชุ่น จึงไม่สามารถมองเห็น ขณะอยู่ใต้น้ำ)



ภาพประกอบ 2 - 2 ลักษณะคอร์เก็บตัวอย่างตะกอนแบบกด และฝาปิดบน-ล่าง



ภาพประกอบ 2 - 3 ลักษณะอุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนแบบการดูดโดยตรง

### 2.2.3.3 เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายตัวแปร HORIBA (Japan) รุ่น U-22

เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายตัวแปร HORIBA (Japan) รุ่น U-22 ประกอบด้วย เครื่องวัดรุ่น U-2000 และหัววัด (sensor probe) ชนิด TEMP/COND/TURB sensor, water depth, sensor, temperature sensor, DO sensor และ pH/ORP sensor

## 2.2.4 เครื่องมือวิเคราะห์

### 2.2.4.1 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอเนส (graphite furnace atomic absorption spectrophotometer; GFAAS)

เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ Shimadzu (Japan) รุ่น AA-680G ประกอบด้วย

- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (graphite furnace atomizer) รุ่น GFA-4B
- หลอดแกรไฟต์ (graphite tube)
- หลอดหลอดโลแคโทด (hollow cathode lamp) สำหรับสังกะสี ทองแดง และตะกั่ว
- เครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ (auto sample changer) รุ่น ASC-60G
- เครื่องพิมพ์ (graphic printer) รุ่น PR-50

### 2.2.4.2 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบเปลว (flame atomic absorption spectrophotometer; FAAS)

ก) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ Shimadzu (Japan) รุ่น AA-680 ประกอบด้วย

- หลอดหลอดโลแคโทด สำหรับเหล็ก และแมงกานีส
- เครื่องพิมพ์ รุ่น PR-50

ข) เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ Varian (Australia) รุ่น Spectra 220 ประกอบด้วย

- หลอดหลอดโลแคโทด สำหรับเหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดง
- เครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมและประมวลผล

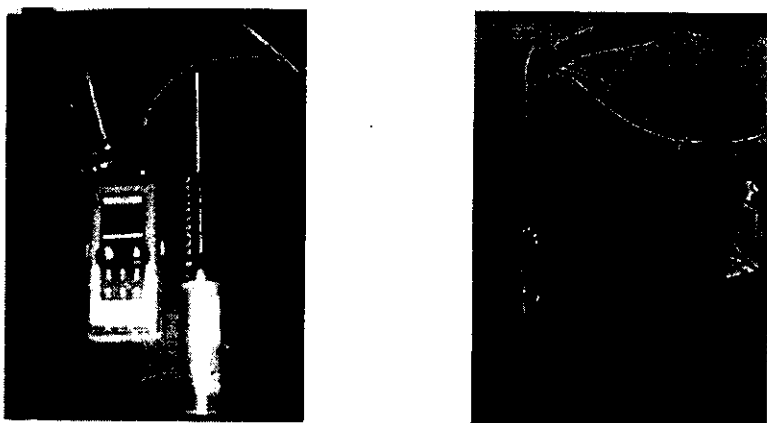
## 2.2.5 เครื่องมือสำหรับเตรียมตัวอย่าง

- เครื่องกลั่นกรด (แบบ sub-boiling) Berghof (Germany) สำหรับเตรียมกรดชนิดบริสุทธิ์สูง (suprapure)
- เครื่องกรองไอออนออกจากน้ำ Barnstead (Germany) สำหรับเตรียมน้ำนาโนเพียว (nanopure water) ซึ่งมีความต้านทานทางไฟฟ้า  $>18\Omega$
- เครื่องฟรีซไดรเออร์ (freeze dryer) Dura-Stop™ (USA) รุ่น  $\mu P$
- เครื่องหมุนเหวี่ยงแบบทำความเย็นอัตโนมัติ (automatic refrigerated centrifuge) Sorvall รุ่น RT 7
- ตู้ปลอดฝุ่น (laminar flow cabinet) Class 100
- เครื่องเขย่ากวน (mechanical shaker) Heidolph รุ่น Promax 2020r
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง Mettler (Switzerland) รุ่น Toledo AB104-S
- เครื่องชั่ง 2-3 ตำแหน่ง Mettler (Switzerland) รุ่น Toledo PB3002-S DeltaRange
- ตะแกรงร่อนมาตรฐานสหรัฐอเมริกา (ASTM E-11 specification, USA standard test sieve) W.S. Tyler (USA) ขนาดตา 75 ไมโครเมตร
- ชุดกระบอกตกตะกอน (sedimentation cylinder) Witeg Diffico (Germany)
- กระจกไนโตรเจน (สร้างในห้องปฏิบัติการ)

## 2.3 การเก็บตัวอย่างภาคสนาม

### 2.3.1 การเก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างตะกอนและน้ำระหว่างตะกอนจากสถานีเก็บตัวอย่างทั้ง 4 สถานี จะมีการตรวจวัดข้อมูลคุณภาพน้ำที่จำเป็นในการวิจัยก่อนที่จะเก็บตัวอย่างในแต่ละสถานี โดยการใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายตัวแปร (ภาพประกอบ 2-4) เพื่อวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH), อุณหภูมิ, ความเค็ม, ค่าออกซิเจนละลายในน้ำ (DO), ค่าศักย์ไฟฟ้ารีดอกซ์ (Eh), ความขุ่น, ปริมาณของแข็ง-ละลายรวม (TDS) และความลึกจากระดับผิวน้ำนำของตำแหน่งที่หัววัดทำการตรวจวัด



ภาพประกอบ 2 - 4 การวัดข้อมูลคุณภาพน้ำโดยใช้เครื่องวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลายตัวแปร

### 2.3.2 การเก็บตัวอย่างตะกอน

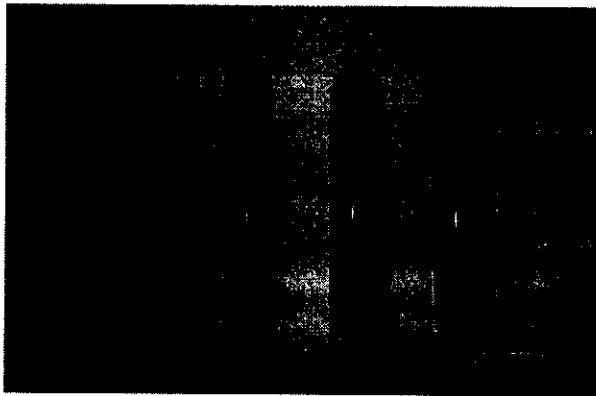
การเก็บตัวอย่างตะกอนดำเนินการด้วยวิธีดำนํ้าโดยใช้ถังอัดอากาศ ไปยังตำแหน่งที่ต้องการเก็บตัวอย่าง แล้วกดคอร์<sup>1</sup> ให้จมลงไปใตตะกอน จากนั้นดึงคอร์ขึ้นจากตะกอนพร้อมกับปิดฝาด้านล่างของคอร์ และปิดฝาด้านบนของคอร์ให้สนิทก่อนยกขึ้นจากนํ้า ส่วนบนเหนือผิวตะกอนจะมีนํ้าอยู่เรียกว่านํ้าเหนือตะกอน ภาพประกอบ 2-5 เป็นลักษณะของคอร์ตัวอย่างที่ได้ โดยทำการเก็บตัวอย่างสถานีละ 2 คอร์ และบันทึกลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างตะกอนที่ได้โดยละเอียด จากนั้นบรรจุคอร์ตัวอย่างทั้งหมดลงในถังไม้ในแนวตั้ง

### 2.3.3 การเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอน

การเก็บตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนดำเนินการด้วยวิธีดำนํ้าโดยใช้ถังอัดอากาศ เช่นเดียวกับการเก็บตะกอน แต่ใช้อุปกรณ์ดังแสดงในภาพประกอบ 2-3 กดลงไปใตตะกอน แต่ละสถานีจะเก็บน้ำระหว่างตะกอนทั้งหมด 5 ระดับความลึก คือ ที่ระดับความลึก 1, 6, 10, 18 และ 22 เซนติเมตร ลักษณะน้ำระหว่างตะกอนที่ได้จากการเก็บตัวอย่างโดยวิธีนี้ ดังภาพประกอบ 2-7ก จากนั้นกรองตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนที่เก็บได้ด้วยแผ่นกรอง PURADISC™ 25 AS ขนาดรู 0.45 ไมครอน ลงสู่ขวดเก็บตัวอย่างพลาสติก (ชนิด high density polyethylene) (ภาพประกอบ 2-7ข) ซึ่งล้างด้วยกรดและนํ้านาโนเพียว (nanopure) ก่อนใช้ (วิธีเตรียมขวดในภาคผนวก ค) เก็บรักษาตัวอย่างโดยใช้กรดไนตริกเข้มข้น

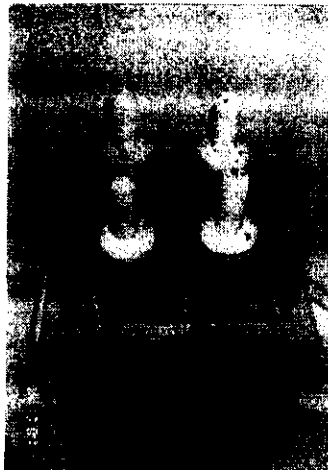
<sup>1</sup> เตรียมโดยการแช่ด้วยกรดและล้างด้วยนํ้านาโนเพียว (nanopure) ก่อนใช้ (วิธีล้างและเตรียมอุปกรณ์ในภาคผนวก ค)





อศิวตะคอน

ภาพประกอบ 2 - 5 ลักษณะคอร์ตัวอย่างตะคอนและน้ำเหนียวตะคอน



ภาพประกอบ 2 - 6 การวางคอร์ในกล่องไม้ที่ใช้ในการเคลื่อนย้ายตะคอน

#### 2.3.4 การเก็บรักษาตัวอย่าง

ในการเคลื่อนย้ายตะคอน (หลังจากเก็บตัวอย่าง) เพื่อขนส่งกลับมายังห้องปฏิบัติการ คอร์ตะคอนต้องอยู่ในแนวตั้ง ดังภาพประกอบ 2-6 เพื่อป้องกันให้ตัวอย่างตะคอนเกิดการฟุ้งกระจายน้อยที่สุด เมื่อถึงห้องปฏิบัติการ นำคอร์ตะคอนแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอดำเนินการแยกตัวอย่างต่อไป สำหรับตัวอย่างน้ำระหว่างตะคอนนำมาแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรอการวิเคราะห์ เช่นเดียวกันกับตัวอย่างตะคอน



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 2 - 7 (ก) ลักษณะตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนที่เก็บโดยใช้อุปกรณ์เก็บตัวอย่างน้ำ  
ระหว่างตะกอนแบบการดูดโดยตรง

(ข) การกรองตัวอย่างน้ำระหว่างตะกอนด้วยแผ่นกรอง PURADISC™ 25 AS

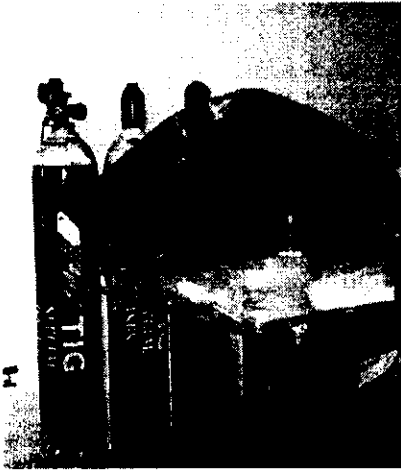
## 2.4 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์

### 2.4.1 การแยกตัวอย่างตะกอน

นำคอร์ตะกอนมาตัดเก็บตามระดับความลึกของชั้นตะกอน ภายใต้บรรยากาศไนโตรเจน (ภาพประกอบ 2-8) โดยแยกน้ำเหนือผิวตะกอนออกก่อนโดยการดูดด้วยหลอดฉีดยาพลาสติก (ล้างทำความสะอาดด้วยกรดแล้ว) กรองทันทีด้วยแผ่นกรองเซลลูโลสไนเตรด ขนาดรู 0.45 ไมโครเมตร ด้วยชุดกรองที่เตรียมไว้ จากนั้นเลือกเก็บตัวอย่างตะกอนที่ระดับความลึก 1, 2, 6, 10, 14, 18, และ 22 เซนติเมตร ตามลำดับ ทำตะกอนให้แห้งโดยการแช่แข็ง (freeze dry) ตะกอนส่วนหนึ่งนำไปหาขนาดอนุภาค และนำตะกอนบางส่วนมาผ่านตะแกรงขนาด 58 ไมโครเมตร ส่วนที่ผ่านตะแกรงเป็นส่วนที่นำไปสกัดและนำไปหาปริมาณสารอินทรีย์ต่อไป วิธีการนี้เป็นวิธีการปรับข้อมูลให้เป็นฐานเดียวกัน (Barbanti and Bothner, 1993)

### 2.4.2 การหาขนาดอนุภาคตะกอน

การหาขนาดอนุภาค (grain size) ของตะกอนในแต่ละระดับความลึก ดำเนินการโดยใช้เทคนิคการร่อน (sieve technique) และการตกตะกอน (sedimentation technique) ด้วยวิธีการปิเปต (pipette method) โดยใช้ตะกอนที่ผ่านการทำให้แห้ง รายละเอียดของวิธีการแสดงในภาคผนวก ง



ภาพประกอบ 2 - 8 การแยกตัวอย่างตะกอนภายใต้กระโจมในโตรเจน

#### 2.4.3 การสกัดตัวอย่างตะกอนด้วยกรด

สกัดตัวอย่างตะกอนขนาด <math>< 58</math> ไมโครเมตร ด้วยกรดอะซิติก เข้มข้น 25% โดยปริมาตร (Loring and Rantala, 1995) ส่วนที่สามารถละลายได้ในกรดเป็นส่วนของโลหะในตะกอนในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ จากนั้นนำสารละลายที่ได้จากการสกัดตะกอนไปดำเนินการวิเคราะห์ เพื่อหาปริมาณโลหะหนักต่อไป รายละเอียดของวิธีการสกัดแสดงในภาคผนวก จ

#### 2.4.4 การหาปริมาณโลหะ

##### 2.4.4.1 การหาปริมาณโลหะในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้

ดำเนินการ โดยนำสารละลายส่วนที่ได้จากการสกัดด้วยกรดอะซิติกไปวิเคราะห์หาปริมาณของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง ที่สะสมอยู่ในตะกอนแต่ละความลึก ด้วยเครื่องอะตอมมิก แอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบเฟลม ทั้งนี้ปริมาณทองแดงในบางระดับความลึกที่ต่ำกว่าขีดจำกัดการตรวจวัดของเครื่องนี้ นำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอเนส สำหรับตะกั่ววิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอเนส

##### 2.4.4.2 การหาปริมาณโลหะในน้ำระหว่างตะกอนและน้ำเหนือผิวตะกอน

เหล็กและแมงกานีสวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบเฟลม ส่วนสังกะสี ทองแดง และตะกั่ว วิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอเนส

#### 2.4.5 การหาปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอน

การหาปริมาณสารอินทรีย์ที่ถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย (readily oxidizable organic matter) ในตะกอน ตามระดับความลึกของชั้นตะกอน ดำเนินการโดยวิธีวอลกี-แบล็ค (Walkey-Black method) ซึ่งพัฒนาและปรับปรุงโดย Loring and Rantala (1995) โดยใช้ตะกอนขนาด <58 ไมโครเมตร รายละเอียดของวิธีการแสดงในภาคผนวก ฉ

#### 2.4.6 การหาค่าการถ่ายเทโดยการแพร่

คำนวณค่าการถ่ายเทโดยการแพร่ของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี ทองแดง และตะกั่ว โดยใช้ความสัมพันธ์ตามกฎข้อที่ 1 ของ ฟิคค์ (Fick's First Law of Diffusion) (Buffle and Vitre, 1994; Berner, 1980) รายละเอียดและตัวอย่างวิธีการคำนวณแสดงในภาคผนวก ช