

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากน้ำถึงปากคลองเทเวศน์ เพื่อให้งานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี จึงได้แบ่งการดำเนินงานตามลักษณะแผนงานดังนี้

#### 3.1 การรวบรวมข้อมูลและเตรียมการสำรวจ

3.1.1 รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับงานวิจัย จากการสำรวจและศึกษาของหน่วยงานต่าง ๆ เช่น กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการพลังงาน สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ตลอดจนสถานศึกษาบางแห่ง เช่น สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย และจากเอกสารการวิจัยที่ผ่านมา

3.1.2 ทำการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อพิจารณาถึงสถานการณ์ในด้านต่าง ๆ เกี่ยวกับมลพิษทางน้ำของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากแม่น้ำถึงปากคลองเทเวศน์

3.1.3 วางแผนงานสำหรับการสำรวจและเก็บตัวอย่างรวมทั้งการวิเคราะห์ตัวอย่าง

#### 3.2 การสำรวจและเก็บตัวอย่าง

การสำรวจและเก็บตัวอย่าง เป็นลักษณะของงานในสนาม ซึ่งจะแบ่งออกตามขั้นตอนสำคัญดังต่อไปนี้

##### 3.2.1 การกำหนดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่าง

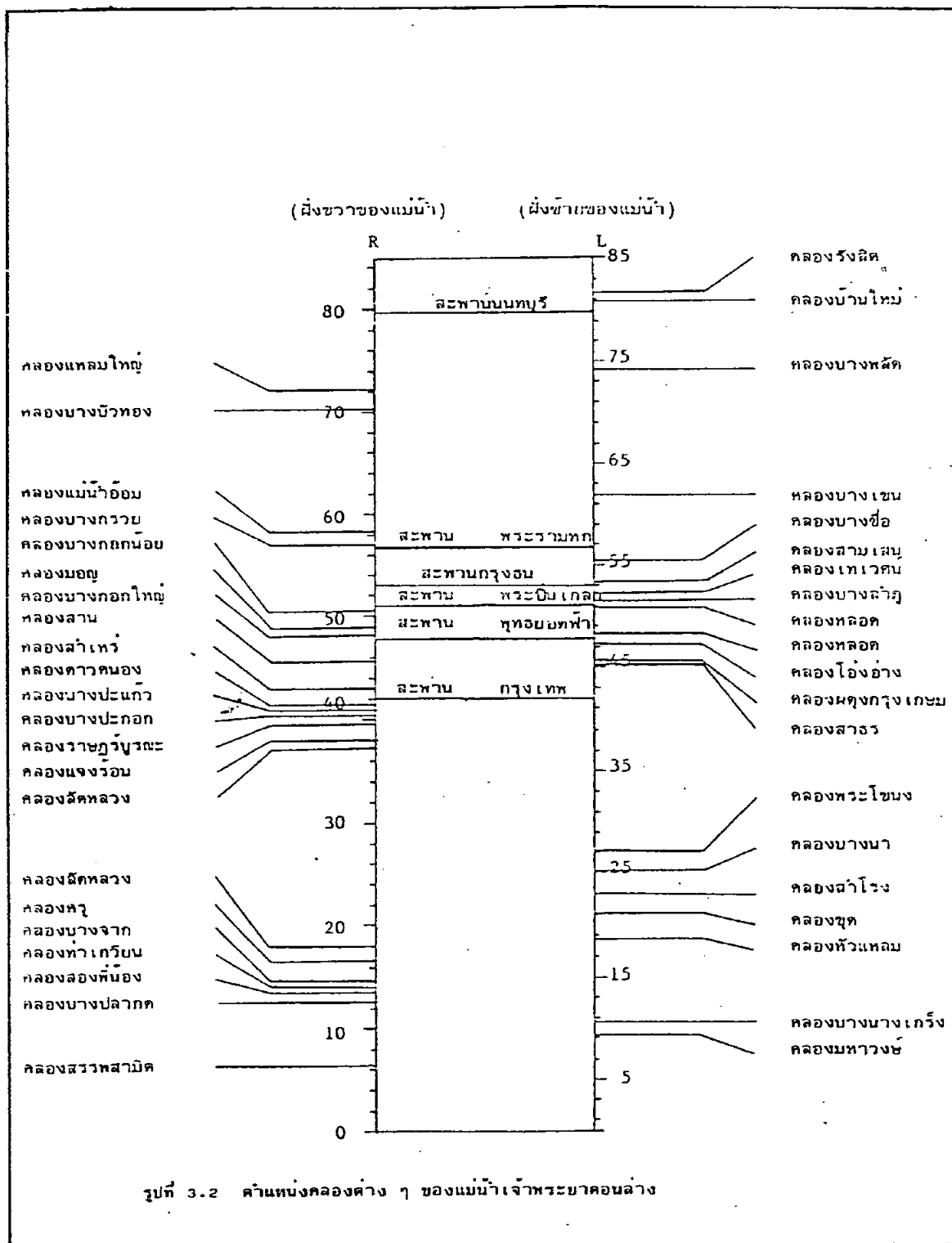
ในการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำ โดยทั่วไปนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการตรวจวัดคุณภาพน้ำ การตรวจวัดเพื่อต้องการทราบถึงความเป็นจริงของคุณภาพน้ำในแม่น้ำจะต้องเลือกจุดเก็บตัวอย่างที่เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในแม่น้ำได้และจุดเก็บตัวอย่างน้ำจะต้องไม่อยู่ใกล้กับบริเวณที่มีการระบายน้ำเสีย เนื่องจากน้ำเสียจะมีผลกระทบต่อตัวอย่างน้ำ ทำให้คุณภาพน้ำที่ได้

มิใช่คุณภาพน้ำที่แท้จริงของแม่น้ำ หรือถ้าต้องการจะศึกษาถึงแนวโน้มในการเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำในแม่น้ำ จุดเก็บตัวอย่างควรอยู่ทางตอนล่างของจุดทิ้งน้ำเสีย ซึ่งเป็นจุดที่น้ำในแม่น้ำและน้ำเสียได้ผสมเข้ากันแล้ว คุณภาพน้ำที่ได้จะชี้ให้เห็นถึงผลกระทบของคุณภาพน้ำจากน้ำเสียที่ระบายลงสู่แม่น้ำได้ สำหรับการศึกษาคูณภาพน้ำของแม่น้ำที่มีโรงงานอุตสาหกรรมจำนวนมากและตั้งอยู่ติดแม่น้ำโดยปล่อยน้ำเสียลงสู่แม่น้ำนั้น การเลือกจุดเก็บตัวอย่างจะต้องกำหนดจุดบริเวณเหนือโรงงาน ระหว่างโรงงานและตอนใต้โรงงาน เพื่อผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถแสดงให้เห็นถึงผลกระทบต่อคุณภาพน้ำอันเนื่องมาจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมและทราบถึงลักษณะคุณภาพน้ำในแม่น้ำอย่างแท้จริง

การสำรวจตรวจสอบคุณภาพน้ำในแม่น้ำเจ้าพระยาที่ผ่านมาและในปัจจุบัน มีหน่วยงานหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง เช่น กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข, กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม, สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน, สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างของแต่ละหน่วยงานก็แตกต่างกันออกไป ทำให้เกิดการซ้ำซ้อนของการทำงานและเกิดปัญหาสับสน เกี่ยวกับการอ้างถึงจุดเก็บตัวอย่างของแต่ละหน่วยงาน และยากที่จะนำค่าต่าง ๆ มาเปรียบเทียบกันได้

สำหรับจุดเก็บตัวอย่างในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในโครงการศึกษานี้ เนื่องจากว่าแม่น้ำเจ้าพระยาเป็นแม่น้ำที่ไหลผ่านชุมชนหนาแน่นคือกรุงเทพมหานคร และมีโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และบ้านเรือนตั้งอยู่ริมสองฝั่งแม่น้ำ และยังมีทางน้ำที่เชื่อมต่อกับแม่น้ำทั้ง 2 ฝาก ได้แก่ คูคลองต่าง ๆ (รูปที่ 3.1 และรูปที่ 3.2) ซึ่งเป็นแหล่งใหญ่ที่ระบายน้ำเสียลงสู่แม่น้ำโดยตรง เนื่องจากในแต่ละวันคลองจะเป็นที่รองรับน้ำเสียจากแหล่งชุมชนที่อยู่ห่างจากแม่น้ำเข้าไป และอาจเป็นที่รองรับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ริมคลองได้ โรงงานอุตสาหกรรมบางโรงงานก็มีระบบกำจัดน้ำเสียและบางโรงงานก็ไม่มี น้ำเสียที่แม่น้ำได้รับจึงมาจากแหล่งใหญ่ 3 แหล่ง คือ น้ำเสียจากชุมชน โรงงานอุตสาหกรรม และจากพื้นที่การเกษตร โลหะหนักที่เป็นพิษส่วนมากมาจากของเสียที่ระบายจากโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ โรงงานแบตเตอรี่ โรงงานกระดาษ โรงงานทำยาง โรงงานผลิตพลาสติก โรงงานผลิตโซดาไฟ เหล่านี้เป็นต้น





รูปที่ 3.2 ตำแหน่งคลองต่าง ๆ ของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง

จากการสำรวจโรงงานที่ตั้งอยู่สองฝั่งของแม่น้ำเจ้าพระยา (กองสิ่งแวดล้อมโรงงาน กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2524) พบว่าในช่วงบริเวณปากน้ำ (กิโลเมตรที่ 10 จากปากแม่น้ำ) ถึงปากคลองเทเวศน์ (กิโลเมตรที่ 52 จากปากแม่น้ำ) มีโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่และเล็กที่ปล่อยสารโลหะหนักที่เป็นพิษออกมาลงสู่แม่น้ำลำคลอง และช่วงบริเวณดังกล่าวนี้คุณภาพของลำน้ำจัดอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำมาก (สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ, 2525) และอีกเหตุผลอันหนึ่งก็เนื่องมาจากว่าทางสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ได้ทำการศึกษา สุ่มเกี่ยวกับโลหะหนักและสารพิษ โดยร่วมกับสถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชียในแม่น้ำเจ้าพระยามาแล้ว เพราะฉะนั้นการศึกษาคั้งนี้จะเป็นการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและต่อเนื่อง รวมทั้งจะได้เปรียบเทียบความสัมพันธ์กับข้อมูลที่มีอยู่แล้ว ด้วยเหตุนี้เองจึงได้กำหนดตำแหน่งสถานีเก็บตัวอย่างอยู่ในช่วงบริเวณดังกล่าว และสถานีเก็บตัวอย่างนี้ตำแหน่งเดียวกันกับที่ทางสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติได้กำหนดขึ้นในโครงการศึกษาคุณภาพน้ำแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง โดยกำหนดสถานีเก็บตัวอย่างทั้งสิ้น 11 สถานีโดยพิจารณาสถานีเก็บตัวอย่างจากแหล่งของสารมลพิษและคุณภาพของลำน้ำประกอบสถานีเก็บตัวอย่างดังแสดงในตารางที่ 3.1 และในรูปที่ 3.3

### 3.2.2 วิธีการเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากน้ำ (กิโลเมตรที่ 10 จากปากแม่น้ำ) ถึงปากคลองเทเวศน์ (กิโลเมตรที่ 52 จากปากแม่น้ำ) ตัวอย่างที่เก็บมาวิเคราะห์แยกออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ ตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดินตะกอน โดยกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดินตะกอนไว้ในตำแหน่งเดียวกัน

#### ก. การเก็บตัวอย่างน้ำ

ในการเก็บตัวอย่างน้ำจากแม่น้ำลำคลอง เนื่องจากค่าที่ได้จะแปรผันไปตามความลึก อัตราเร็วของการไหลและระยะทางจากฝั่ง ดังนั้นควรที่จะเก็บน้ำจากผิวจนถึงก้นแม่น้ำแล้วนำมาผสมกัน และตรงตำแหน่งซ้าย กลาง และขวาของแม่น้ำ แต่สำหรับในการศึกษาวิจัยของโครงการนี้มีข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและระยะเวลาในการศึกษา เพราะฉะนั้นจึงได้กำหนดการเก็บตัวอย่างน้ำแบบตัวอย่างแยก (Grap Sample) ด้วยเครื่องมือ Bottom Water Sampler เก็บที่บริเวณใจกลางแม่น้ำตรงจุดกึ่งกลางของความลึก (50-60% ของความลึกทั้งหมดจากผิวน้ำ) เก็บใส่ขวดพลาสติกที่ทำด้วยโพลีเอธิลีนปริมาณตัวอย่างน้ำที่เก็บ 1 ลิตร รักษาตัวอย่างน้ำก่อนการวิเคราะห์ด้วยกรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$  conc) 5 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร

ขณะที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำอยู่ในแม่น้ำตัวอย่างน้ำที่เก็บได้แช่ในถังน้ำแข็ง หลังจากนั้นนำตัวอย่างน้ำ เก็บไว้ในห้องหรือตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 °ซ.

ช่วงระยะเวลาและความถี่ในการเก็บตัวอย่างน้ำ (ตารางที่ 3.2) ทำการเก็บตัวอย่างน้ำเป็นประจำทุกเดือน ๆ ละ 1 ครั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคม 2526 ถึงเดือนธันวาคม 2526 เนื่องจากแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากน้ำถึงปากคลองเทเวศน์จะได้รับอิทธิพลของน้ำทะเลระหว่างเวลาน้ำขึ้น เพื่อให้ได้ตัวแทนของตัวอย่างน้ำในแม่น้ำที่แท้จริง จึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำในขณะที่น้ำลง โดยยึดถือมาตรฐานน้ำ น่านน้ำไทย กรมอุทกศาสตร์ กองทัพเรือ พ.ศ. 2526 เป็นหลัก

#### ข. การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

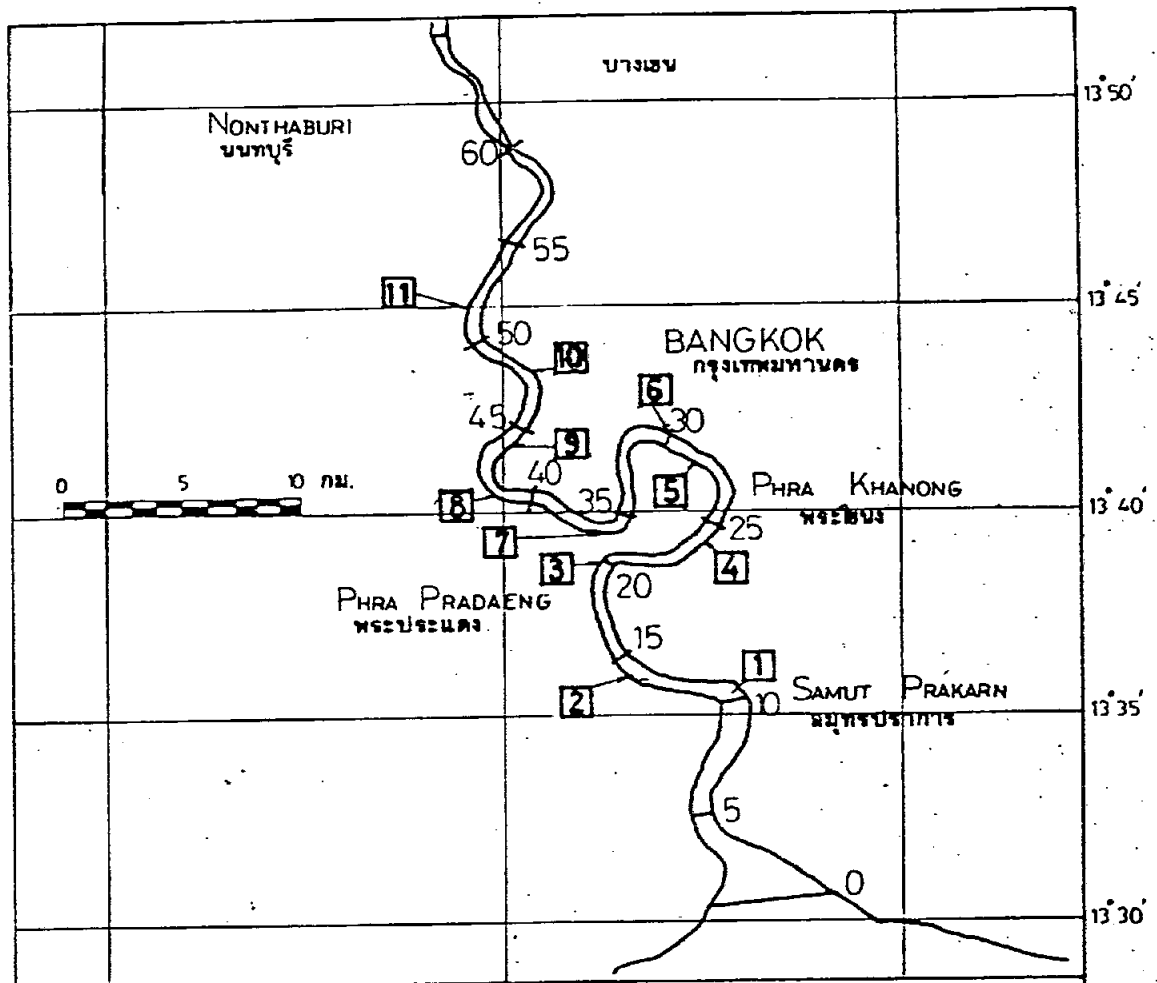
ในการเก็บตัวอย่างดินตะกอน ทำการเก็บตัวอย่างด้วยเครื่องมือ Grab Sampler เก็บที่ก้นแม่น้ำตรงตำแหน่งเดียวกันกับสถานีเก็บตัวอย่างน้ำ เก็บขณะที่น้ำลง ปริมาณตัวอย่างดินตะกอนที่เก็บประมาณ 500 กรัม เมื่อเก็บตัวอย่างดินตะกอนขึ้นมาแล้วผสมตัวอย่างดินตะกอนให้สุก เคล้ากัน แล้วนำบรรจุใส่กล่องพลาสติกที่ทำด้วยโพลีเอทิลีนต่อมานำมาเก็บไว้ในห้องเย็นหรือตู้เย็นที่มีอุณหภูมิ 4 °ซ. ก่อนที่จะทำการวิเคราะห์

ช่วงระยะเวลาและความถี่ในการเก็บตัวอย่างดินตะกอน (ตารางที่ 3.2) เนื่องจากว่าโลหะหนักที่สะสมอยู่ในดินตะกอนในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ ความเข้มข้นของโลหะจะไม่มีเปลี่ยนแปลงมากนัก เพราะฉะนั้นจึงได้กำหนดระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างดินตะกอนเป็นเวลา 3 ครั้ง ต่อ 1 ปี



ตารางที่ 3.1 สถานีเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากน้ำถึงปากคลอง เทเวศน์

สถานีที่	ระยะทางจากปากแม่น้ำ (กิโลเมตร)	ชื่อสถานี	จุดสังเกตที่สถานีเก็บตัวอย่าง		ละติจูด - ลองจิจูด
			ฝั่งซ้ายของแม่น้ำ	ฝั่งขวาของแม่น้ำ	
1	10	พระสมุทรเจดีย์	-	เจดีย์กลางแม่น้ำ	13°35'30"N - 100°38'00"E
2	14	โรงจักรพระนครใต้	โรงจักรพระนครใต้	-	13°37'00"N - 100°35'00"E
3	20	พระประแดง	ที่ว่าการอำเภอ พระประแดง	-	13°39'00"N - 100°32'20"E
4	24	วัดโยธินประดิษฐ์	วัดโยธินประดิษฐ์	-	13°39'10"N - 100°37'30"E
5	28	ปากคลองพระโขนง	ปากคลองพระโขนง	-	13°41'30"N - 100°36'30"E
6	30	ท่าเรือกรุงเทพฯ	ท่าเรือกรุงเทพฯ	-	13°40'00"N - 100°36'00"E
7	36	โรงน้ำมันรำ	-	โรงน้ำมันรำไทยพัฒนา	13°40'30"N - 100°34'30"E
8	42	สะพานกรุงเทพฯ	สะพานกรุงเทพฯ	-	13°40'30"N - 100°29'40"E
9	44	โรงงานยาสูบ	โรงงานยาสูบ	-	13°42'00"N - 100°30'20"E
10	48	สะพานพุทธฯ	-	สะพานพุทธฯ	13°44'20"N - 100°31'00"E
11	52	ปากคลอง เทเวศน์	ปากคลอง เทเวศน์	-	13°45'00"N - 100°29'00"E



100° 15' 100° 30' 100° 45'  
 13° 30' 13° 35' 13° 40' 13° 45' 13° 50'  
 ภูมิภาคที่เก็บตัวอย่างน้ำ และ ดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยา

หมายเลข	ชื่อสถานที่	( กิโลเมตรที่ 10 )
1.	พระสมุทรเจดีย์	( .. .. 14 )
2.	โรงจักรพระนครใต้	( .. .. 20 )
3.	พระประแดง	( .. .. 24 )
4.	วัดโยธินประดิษฐ์	( .. .. 28 )
5.	ปากคลองพระโขนง	( .. .. 30 )
6.	ท่าเรือกรุงเทพฯ	( .. .. 36 )
7.	โรงน้ำมันรำ	( .. .. 42 )
8.	สะพานกรุงเทพ	( .. .. 44 )
9.	โรงงานยาสูบ	( .. .. 48 )
10.	สะพานพุทธ	( .. .. 52 )
11.	ปากคลองเทเวศน์	

รูปที่ 3.3 แสดงตำแหน่งการ เก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนของแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ช่วงปากแม่น้ำถึงปากคลอง เทเวศน์



ตารางที่ 3.2 แสดงช่วงความถี่และจำนวนตัวอย่างที่เก็บ

ครั้งที่	เดือน, ปี	เก็บขณะ	จำนวนจุดเก็บตัวอย่าง		จำนวนตัวอย่าง	
			น้ำ	ดินตะกอน	น้ำ	ดินตะกอน
1	ม.ค. 26	น้ำลง	11	-	11	-
2	ค.พ. 26	น้ำลง	11	-	11	-
3	มี.ค. 26	น้ำลง	11	-	11	-
4	เม.ย. 26	น้ำลง	11	11	11	11
5	พ.ค. 26	น้ำลง	11	-	11	-
6	มิ.ย. 26	น้ำลง	11	-	11	-
7	ก.ค. 26	น้ำลง	11	-	11	-
8	ส.ค. 26	น้ำลง	11	11	11	11
9	ก.ย. 26	น้ำลง	11	-	11	-
10	ต.ค. 26	น้ำลง	11	-	11	-
11	พ.ย. 26	น้ำลง	11	-	11	-
12	ธ.ค. 26	น้ำลง	11	11	11	11
รวม					132	33



### 3.3 การวิเคราะห์ตัวอย่าง

การวิเคราะห์ตัวอย่างโดยมากจะเป็นงานในห้องปฏิบัติการ ตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดินตะกอนที่ถูกเก็บมาถ้าเป็นไปได้ควรที่จะวิเคราะห์ทันทีหลังจากที่ทำการเก็บตัวอย่างมา แต่ถ้าหากว่ายังไม่สามารถจะทำการวิเคราะห์ได้ทันที จำเป็นจะต้องเก็บรักษาตัวอย่างไว้ระยะหนึ่งก่อนระยะเวลาในการเก็บรักษาตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักทั้งหมด (Total Heavy Metals) อาร์เซนิก (As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) เมื่อเติมกรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$  conc) 5 มิลลิลิตรต่อตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร ระยะเวลาที่เก็บได้นานที่สุดก่อนการวิเคราะห์ 6 เดือน ยกเว้นปรอท (Hg) เก็บไว้ได้เพียง 14 วัน เมื่อเก็บตัวอย่างไว้ในขวดพลาสติก (EPA., 1979)

ในการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดินตะกอน ทำการวิเคราะห์ในรูปของโลหะทั้งหมด (Total Metals) ตัวอย่างดินตะกอนวิเคราะห์ต่อน้ำหนักแห้ง (Dry weight) โลหะที่ต้องการวิเคราะห์ ดังแสดงตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 โลหะที่ต้องการตรวจวิเคราะห์

ลำดับ	ตัวอย่างน้ำและดินตะกอน		หมายเหตุ
	ชื่อโลหะ	สัญลักษณ์	
1	อาร์เซนิก	As	ตัวอย่างน้ำและตัวอย่างดินตะกอน แต่ละตัวอย่างวิเคราะห์หาปริมาณ โลหะทั้งหมด (Total Metals)
2	แคดเมียม	Cd	
3	โครเมียม	Cr	
4	ทองแดง	Cu	
5	ปรอท	Hg	
6	แมงกานีส	Mn	
7	นิกเกิล	Ni	
8	ตะกั่ว	Pb	
9	สังกะสี	Zn	

### 3.3.1 การเตรียมตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์

#### ก. ตัวอย่างน้ำ

1. วิธีเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะทั้งหมด (Total metals) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) โดยวิธี Direct Aspiration หรือ Flame Process (APHA, AWWA, and WPCF, 1980)

##### 1.1 สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$  conc.)
2. กรดไฮดรอกลอริก 1:1 ( $\text{HCl}$  1:1)
3. น้ำกลั่นดีไอออนไนซ์ (Deionized distilled water)
4. สารละลายโลหะมาตรฐาน (Standard solution)

ของ Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, และ Zn

##### 1.2 วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างน้ำที่จะทำการวิเคราะห์มา 100 มิลลิลิตรของตัวอย่างน้ำที่ผสมเข้ากันดีแล้ว ถ่ายใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร
2. เติมกรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$  conc.) 3 มิลลิลิตร (เติมในตู้ควัน)
3. นำไปตั้งบน Hot Plate ระเหยเป็นไอจนเกือบแห้ง (โดยมิให้น้ำตัวอย่างเดือดขณะทำการระเหย) แล้วทำบีกเกอร์ให้เย็น
4. เติมกรดไนตริกเข้มข้น ( $\text{HNO}_3$  conc.) ลงไปอีก 3 มิลลิลิตร (เติมในตู้ควัน) ปิดฝาบีกเกอร์ด้วยกระดาษฟิลา
5. นำตั้งบน Hot Plate อีก ค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิของ Hot Plate จนกระทั่งทำให้ สารละลายในบีกเกอร์เดือดปุด ๆ เบา ๆ (Gentle reflux) ให้ความร้อนต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งการย่อยสลายเป็นไปอย่างสมบูรณ์ (สารละลายจะใส) แล้วทำให้เย็น
6. เติมกรดไฮดรอกลอริก 1:1 ( $\text{HCl}$  1:1) ลงไป 5 มิลลิลิตรต่อสารละลายสุดท้าย 100 มิลลิลิตร

7. ล้วนปีกเกอร์นี้อีก เพื่อละลายส่วนที่เป็นกากจากการระเหย  
ของผงภายในของปีกเกอร์และกระจกนาฬิกาด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์

8. กรองสารละลายที่ได้ เพื่อกำจัดสารพวกซิลิเกตและสารที่  
ไม่ละลายอื่น ๆ ออกไป ด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 ลงใน Volumetric flask  
ขนาด 50 มิลลิลิตร

9. ปรับปริมาตรที่กรองได้ ให้มีปริมาตรเท่ากับ 50 มิลลิลิตร  
ด้วยน้ำกลั่นดีไอออนไนซ์

10. นำสารละลายที่ได้นี้วิเคราะห์หาความเข้มข้นของโลหะ Cd,  
Cr, Cu, Mn, Ni, Pb และ Zn ด้วยเครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometers  
(Varian AA-575 Series)

2. วิธีเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะอาร์เซนิกทั้งหมด  
(Total Arsenic) ในการวิเคราะห์ใช้หลัก Hydride Generation Atomic Absorption  
ใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometers. (PERKIN-ELMER, 5000)

### 2.1 สารเคมี

1. 32% Hydrochloric acid (32% HCl. conc)
2. 10% Potassium iodide solution (10% KI)
3. Sodium borohydride ( $\text{NaBH}_4$ )
4. Sodium hydroxide (NaOH)

### 2.2 วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์มา 10 มิลลิลิตรของตัวอย่าง  
ที่ผสมเข้ากันดีแล้ว

2. เติม 32% HCL.conc. 3 มิลลิลิตร
3. เติม 10% KI. 1 มิลลิลิตร
4. ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 60 นาทีที่อุณหภูมิห้อง
5. นำสารละลายนี้เข้าเครื่องวัดค่า Absorbance ออกมา

### 2.3 การคำนวณ

ความเข้มข้นของโลหะอาร์เซนิกหาได้โดยเทียบค่า Absorbance  
กับกราฟแปลผลมาตรฐานของอาร์เซนิกที่เตรียมไว้

### 3. วิธีเตรียมตัวอย่างน้ำเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะปรอททั้งหมด

(Total Hg) ในการวิเคราะห์ใช้หลัก Cold Vapour Technique (EPA, 1979) โดยใช้  
เครื่องมือ Mercury Analyzer (HIRANUMA HG-1)

#### 3.1 สารเคมี

1. Sulfuric Acid, Conc

2. Sulfuric Acid, 0.5N : เจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น  
14.0 มิลลิลิตร เป็น 1 ลิตร ด้วยน้ำกลั่น

3. Nitric Acid, Conc

4. Stannous Sulfate : เติม Stannous Sulfate  
25 กรัม ลงในกรดซัลฟูริก 0.5N 250 มิลลิลิตร

5. Sodium Chloride-Hydroxylamine Sulfate  
Solution : ละลาย Sodium Chloride 120 กรัม และ Hydroxylamine Sulfate  
120 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1000 มิลลิลิตร

6. Potassium Persulfate : 5% solution, w/v.  
ละลาย Potassium Permanganate 50 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

7. Potassium Persulfate : 5% solution, w/v.  
ละลาย Potassium Persulfate 50 กรัม ในน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร

8. Stock Mercury Solution : ละลาย Mercuric  
chloride 0.1354 กรัม ในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร เติมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร  
แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร สารละลายนี้ 1 มิลลิลิตรมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิกรัมของปรอท

9. Working Mercury Solution : เจือจาง Stock  
mercury solution ตามขั้นตอน เพื่อให้ได้สารละลายสุดท้ายมีความเข้มข้นของปรอทอยู่ 0.1  
ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ( $\mu\text{g/ml}$ ) สารละลายนี้ต้องเตรียมขณะที่ทำการทดลองทุกครั้ง ความเป็น  
กรดของสารละลาย Working standard นี้ควรควบคุมให้มีกรดไนตริกอยู่ 0.15%

#### 3.2 การสร้างกราฟแปลผลมาตรฐาน

1. เตรียมอนุกรมของ Standards โดยการดูดสารละลาย  
Working mercury solution 0, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 และ 10 มิลลิลิตร ตามลำดับ

(มีปรอทอยู่ 0-1.0  $\mu\text{g}$ .) ลงในขวดบีโอดี (ซึ่งใช้เป็นขวดปฏิกิริยา) ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงในขวดแต่ละขวด เพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 100 มิลลิลิตรผสมให้เข้ากัน

2. เติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร และกรดไนตริกเข้มข้น

2.5 มิลลิลิตรลงในแต่ละขวด

3. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$  Solution) 15 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวดแล้วตั้งทิ้งไว้ นานอย่างน้อย 15 นาที

4. เติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (Potassium Persulfate Solution) 8 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวดแล้วอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิระหว่าง 90-95°ซ. เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

5. ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์-ไฮดรอกซิลลามีนซัลเฟต (Sodium Chloride-hydroxylamine Sulfate Solution) 6 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด เพื่อกำจัดเปอร์แมงกาเนตที่เหลืออยู่ ถ้าสารละลายยังมีสีของเปอร์แมงกาเนตเหลืออยู่ ให้ค่อย ๆ เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ไฮดรอกซิลลามีนซัลเฟต จนสีหมดไป

6. ทำการทดลองที่ละขวด (ไม่ใช่ทำทุกขวดพร้อมกัน) เติม Stannous Sulfate Solution 5 มิลลิลิตร แล้วต่อขวดเข้ากับเครื่องมือที่ให้อากาศผ่านทันที

7. ในขณะที่ปรอทกลายเป็นไอไหลเข้ามาแอมบอร์บซินเซล ค่าแอมบอร์บแมนซ์จะสูงขึ้นและถึงค่าสูงสุดในเวลาไม่นานนัก

8. ในขณะที่เข็มของเครื่องมือบันทึก กลับมาถึงเส้นฐาน เปิดจุกที่มีหลอดนำอากาศติดอยู่ด้วยออกจากขวดปฏิกิริยา แล้วแทนที่ด้วยขวดที่เป็นแบบลงค์

9. ปลอ่ยให้อากาศไหลผ่านระบบประมาณ 1 นาที หลังจากนั้น เริ่มทำการทดลองกับสารละลายปรอทมาตรฐานในขวดต่อไปแบบเดียวกัน ตามขั้นตอนที่ 6 ถึง ขั้นตอนี่ 8

10. สร้างกราฟแปรผลมาตรฐาน โดยเขียนกราฟระหว่างความสูงของพีค (Peak height) กับปริมาณความเข้มข้นของปรอทคิดเป็นไมโครกรัม ( $\mu\text{g}$ )

### 3.3 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

นำน้ำตัวอย่างที่จะทำการวิเคราะห์มา 100 มิลลิลิตร (หรือตัวอย่างที่มีปริมาตรหนึ่งมา เจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร) ลงในขวดบีโอดี (ซึ่งใช้

เป็นขบวนการปฏิกิริยา) ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วทำการทดลองเป็นลำดับตามขั้นตอนที่ 2 ถึงขั้นตอนที่ 8 ในหัวข้อการสร้างกราฟแปลผลมาตรฐาน

### 3.4 การคำนวณ

วัดความสูงของพีค (Peak height) ที่ได้จากสารละลาย นำตัวอย่าง จากกระดาดบันทึกของเครื่อง แล้วนำไปเปรียบเทียบกับกราฟแปลผลมาตรฐานที่เตรียมได้จากข้อ 10 จะสามารถทราบค่าความเข้มข้นของโลหะปรอทได้

#### ข. ตัวอย่างดินตะกอน

##### 1. วิธีเตรียมตัวอย่างดินตะกอนเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะอาร์เซนิก

(As) แคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) (Parker, 1972)

##### 1.1 สารเคมี

1. กรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub> conc.)
2. 2% HNO<sub>3</sub>
3. สารละลายโลหะมาตรฐาน (Standard Solution) ของ As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb และ Zn

##### 1.2 วิธีวิเคราะห์

1. นำตัวอย่างดินตะกอนที่อบแห้งแล้ว (อบในตู้อบที่อุณหภูมิ 105°C จนแห้ง) บดด้วยครก (Morta) ที่ทำด้วย Mullite (3 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·2 SiO<sub>2</sub>)
2. ชั่งตัวอย่างดินตะกอนที่บดแล้ว 3 กรัมใส่ลงใน Boiling flask (ขวด BOD)
3. เติมกรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub> conc.) 20 มิลลิลิตร (เติมในตู้ควัน)
4. นำไป Reflux ให้เดือดเป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง
5. ปลอ่ยให้ตัวอย่างเย็นแล้วนำมากรองด้วยกระดาษกรอง Whatman กรองลงใน Volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร
6. ปรับสารละลายที่กรองได้ให้มีปริมาตร 100 มิลลิลิตร ด้วย 2% HNO<sub>3</sub>

7. นำสารละลายที่ได้วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของ อาร์เซนิก (As) ด้วยวิธี Hydride Generation Atomic Absorption โดยใช้เครื่องมือ Arsenic Analyser Attachment (ASA.-1) for Atomic Absorption Flame Spectrophotometer และหาปริมาณความเข้มข้นของโลหะแคดเมียม (Cd) โครเมียม (Cr) ทองแดง (Cu) แมงกานีส (Mn) นิกเกิล (Ni) ตะกั่ว (Pb) และสังกะสี (Zn) ด้วยวิธี Direct Aspiration หรือ Flame Process โดยใช้เครื่องมือ Atomic Absorption Spectrophotometers (Varian AA-575 Series)

### 1.3 การคำนวณ

ความเข้มข้นของโลหะแต่ละตัวในตัวอย่างดินตะกอนที่อ่านได้จาก เครื่องมือวิเคราะห์หรือจากกราฟแปลผลมาตรฐาน เป็นมิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

ความเข้มข้นของโลหะแต่ละตัวในตัวอย่างดินตะกอน

$$(\mu\text{g/g. dry weight}) = \frac{A \times B}{C}$$

ในเมื่อ

A = ค่าความเข้มข้นของโลหะแต่ละตัวในตัวอย่างดินตะกอนที่อ่านได้จาก เครื่องมือวิเคราะห์หรือจากกราฟแปลผลมาตรฐาน เป็น มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/l)

B = ปริมาตรของตัวอย่างที่ปรับเป็นมิลลิลิตร (ml.)

C = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดินตะกอนที่ใช้เป็นกรัม (g)

2. วิธีเตรียมตัวอย่างดินตะกอนเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะปรอททั้งหมด (Total Hg) ในการวิเคราะห์ใช้หลัก Cold Vapour Technique (EPA, 1979) โดยใช้ เครื่องมือ Mercury Analyzer (HIRANUMA, HG-1)

### 2.1 สารเคมี

1. Aqua Regia : เตรียมขณะที่ใช้ โดยการเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น (HCl conc.) อย่างช้าๆ ปริมาตร 3 ส่วน ลงในกรดไนตริกเข้มข้น (HNO<sub>3</sub> conc.)

2. Sulfuric Acid, 0.5 N : เจือจางกรดซัลฟูริกเข้มข้น (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> conc.) 14.0 มิลลิลิตร ให้เป็น 1 ลิตรด้วยน้ำกลั่น



3. Stannous Sulfuric Solution : เดิม Stannous Sulfate 25 กรัม ลงในกรดซัลฟูริก 0.5 N สารละลายนี้เป็นตะกอน เพราะฉะนั้นเวลาใช้ ต้องเขย่าเสียก่อน

4. Sodium Chloride-Hydroxylamine Sulfate Solution : ละลายโซเดียมคลอไรด์ 120 กรัม และ Hydroxylamine Sulfate 120 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 1,000 มิลลิลิตร

5. Potassium Permanganate :5% Solution, w/v. : ละลาย Potassium Permanganate 50 กรัมในน้ำกลั่น 1,000 มิลลิลิตร

6. Stock Mercury Solution : ละลาย Mercuric Chloride 0.1354 กรัมในน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร เดิมกรดไนตริกเข้มข้นลงไป 10 มิลลิลิตร แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตรด้วยน้ำกลั่น (สารละลายนี้ 1.0 มิลลิลิตรเท่ากับ 1.0 มิลลิกรัมของปรอท)

7. Working Mercury Solution : เจือจาง Stock Mercury Solution ตามขั้นตอนเพื่อให้ได้สารละลายสุดท้ายมีความเข้มข้นของปรอทอยู่ 0.1 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ( $\mu\text{g/ml}$ ) สารละลายนี้ต้องเตรียมขณะที่ทำการทดลองทุกครั้ง ความเป็นกรดของสารละลาย Working Standard นี้ควรควบคุมให้มีกรดไนตริกอยู่ 0.15%

## 2.2 การสร้างกราฟแปลผลมาตรฐาน

1. เตรียมอนุกรมของ Standards โดยการดูดสารละลาย Working Mercury Solution 0, 0.5, 1.0, 2.0 และ 5 มิลลิลิตรตามลำดับ ลงในขวดบีโอดี (ซึ่งใช้เป็นขวดปฏิกิริยา) ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปเพื่อให้ได้ปริมาตรสุดท้ายเป็น 10 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน

2. เดิม Aqua Regia 5 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด แล้วอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิระหว่าง 90-95°ซ. เป็นเวลา 2 นาที

3. ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปอีก 50 มิลลิลิตร พร้อมกับเติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$  Solution) 15 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด แล้วอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิระหว่าง 90-95°ซ. อีกครั้งหนึ่ง เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์-ไฮดรอกซิลลามีนซัลเฟต (Sodium chloride-hydroxylamine Sulfate Solution) 6 มิลลิลิตร ลงในแต่ละขวด เพื่อกำจัดเปอร์แมงกาเนตที่เหลืออยู่ ถ้าสารละลายยังมีสีของเปอร์แมงกาเนตเหลืออยู่ให้ค่อย ๆ เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์-ไฮดรอกซิลลามีนซัลเฟต จนสีหมดไป

5. เติมน้ำกลั่นลงไปอีก 50 มิลลิลิตร ของแต่ละขวด

6. ทำการทดลองที่ละขวด (ไม่ใช่ทำทุกขวดพร้อมกัน) เติม Stannous Sulfate Solution 5 มิลลิลิตร แล้วต่อขวดเข้ากับเครื่องมือที่ให้อากาศผ่านทันที

7. ในขณะที่ปรอทกลายเป็นไอไหลเข้ามาแอมบอร์บขึ้น เซลล์ค่าแอมบอร์บแมนซัลจะสูงขึ้นและถึงค่าสูงสุด ภายในเวลาไม่นานนัก

8. ในขณะที่เข็มของเครื่องบันทึกกลับมาถึงเส้นฐาน ให้เปิดจุกที่มีหลอดนำอากาศติดอยู่ด้วยออกจากขวดปฏิบัติการ แล้วแทนที่ด้วยขวดที่เป็นแบลนด์

9. ปล่อยให้อากาศไหลผ่านระบบประมาณ 1 นาที หลังจากนั้น เริ่มทำการทดลองกับสารละลายปรอทมาตรฐานในขวดต่อไปแบบเดียวกัน ตามขั้นตอนที่ 6 ถึงขั้นตอนที่ 8

10. สร้างกราฟแปลผลมาตรฐาน โดยเขียนกราฟระหว่าง ความสูงของพีค (Peak height) กับปริมาณความเข้มข้นของปรอท คิดเป็นไมโครกรัม ( $\mu\text{g}$ )

### 2.3 วิธีวิเคราะห์ตัวอย่าง

1. นำตัวอย่างดินตะกอนที่อบแห้งแล้ว (อบในตู้อบอุณหภูมิ 60 °ซ. จนแห้ง) 0.2 กรัม ลงในขวด บีโอดี (ซึ่งใช้เป็นขวดปฏิบัติการ) ขนาด 300 มิลลิลิตร แล้วเติมน้ำกลั่นลงไป 5 มิลลิลิตร

2. เติม Aqua Regia 5 มิลลิลิตร แล้วอุ่นในอ่างน้ำร้อน อุณหภูมิระหว่าง 90-95 °ซ. เป็นเวลา 2 นาที

3. ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิห้องแล้วเติมน้ำกลั่นลงไปอีก 50 มิลลิลิตร พร้อมกับเติมสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$  Solution) 15 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วอุ่นในอ่างน้ำร้อนอุณหภูมิระหว่าง 90-95 °ซ. อีกครั้งหนึ่ง เป็นเวลา 30 นาที

4. ทำให้เย็นถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์-ไฮดรอกซิลลามีนซัลเฟต (Sodium chloride-hydroxylamine Sulfate Solution)

6 มิลลิลิตร เพื่อกำจัดเปอร์แมงกาเนตที่เหลืออยู่ ถ้าสารละลายยังมีสีของเปอร์แมงกาเนตเหลืออยู่ให้ค่อย ๆ เติมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ไฮดรอกซิลลาминаซัลเฟตจนสีหมดไป

5. เติมน้ำกลั่นลงไปอีก 55 มิลลิลิตร

6. ทำการทดสอบ โดยการเติม Stannous Sulfate Solution 5 มิลลิลิตร แล้วต่อขวดเข้ากับเครื่องมือที่ให้อากาศผ่านทันที บันทึกสัญญาณการดูดคลื่นแสงเป็น Peak height ด้วยเครื่องมือบันทึกที่ต่อกับเครื่อง

#### 2.4 การคำนวณ

วัดความสูงของพีค (Peak height) ที่ได้จากสารละลายน้ำตัวอย่าง จากกระดาษของเครื่องบันทึกแล้วนำไปเทียบกับกราฟแปลผลมาตรฐานที่เตรียมได้จากข้อ 10 จะสามารถทราบค่าความเข้มข้นของปรอทเป็นไมโครกรัมต่อลิตร ( $\mu\text{g}/\text{l}$ )

$$\text{ความเข้มข้นของปรอทในดินตะกอน } (\mu\text{g}/\text{g}) = \frac{A \times B \times 1}{C \times 1000}$$

ในเมื่อ A = ค่าความเข้มข้นของปรอทที่อ่านได้จากกราฟแปลผลมาตรฐานหน่วยเป็น  $\mu\text{g}/\text{l}$

B = ปริมาตรของน้ำตัวอย่างที่ปรับเป็น 100 มิลลิลิตร (ml.)

C = น้ำหนักแห้งของตัวอย่างดินตะกอน หน่วยเป็นกรัม (g)

#### 3.4 ขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ในการศึกษาปริมาณโลหะหนักที่เป็นพิษในแม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่างช่วงปากน้ำถึงปากคลองเทเวศน์ พอดีจะสรุปขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงขั้นตอนและระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย

ขั้นตอน	ระยะเวลา (เดือน) รายละเอียด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
		พ.ย. 25	ธ.ค.	ม.ค. 26	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค. 27	ก.พ.	มี.ค.	
1.	ศึกษาข้อมูลขั้นพื้นฐาน ค้นคว้าเอกสารอ้างอิงทฤษฎี	█																	
2.	เตรียม เครื่องมือวิเคราะห์ เตรียมสารเคมีที่ใช้	█	█																
3.	เก็บตัวอย่างและดำเนินการวิเคราะห์ตัวอย่าง		█																
4.	รวบรวมข้อมูล และสรุปผล การวิจัย			█															
5.	เขียนและตรวจทานวิทยานิพนธ์												█						
6.	จัดพิมพ์และแก้ไขวิทยานิพนธ์												█						

