

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในคลองธรรมชาติ
รอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



นางสาวจรูญศรี พาชะยะตระกูล
นางสาวไอยดา เทียนธรรม

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2542

เลขที่.....
เลขทะเบียน..... 37641
วัน, เดือน, ปี 19 ก.ย. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**Levels of Some Heavy Metal in Natural Canals
around King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang**



Miss Jaroonsri Pachayatrakul

Miss Iyada Tiantum

**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for The Degree of Bachelor of Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1999

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในคลองธรรมชาติรอบสถาบันเทคโนโลยีพระ
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นักศึกษา นางสาวจรรยาตรี พาชะยะตระกูล
นางสาวไอยดา เทียนธรรม
ภาควิชา เคมี
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์กณีนุสคนธ์ สุวรรณรัตน์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

(ผศ.ดร.สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาควิชาเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบโครงการพิเศษ

(รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

ประธานกรรมการ

(อาจารย์ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

กรรมการ

(อาจารย์ กณีนุสคนธ์ สุวรรณรัตน์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการพิเศษ	ปริมาณ โลหะหนักบางชนิดในคลองธรรมชาตียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
นักศึกษา	นางสาว จริญญาตรี พาชะยะตระกูล นางสาว ไอยดา เทียนธรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์
สาขาวิชา	เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา	2542

บทคัดย่อ

การศึกษาปริมาณโลหะหนักบางชนิด ในคลองธรรมชาตียบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนทั้งหมด 7 จุด ทำการวิเคราะห์ปัจจัยคุณภาพน้ำต่างๆในช่วงฤดูแล้ง (มีนาคม 2542 ถึง มิถุนายน 2542) กับฤดูฝน (กรกฎาคม 2542 ถึง กันยายน 2542) ผลการศึกษา พบว่าในน้ำมีปริมาณแคดเมียม (Cd) 0.001-0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ทองแดง (Cu) 0.027-0.065 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว (Pb) 0.000-0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสี (Zn) 0.063-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในดินตะกอนพบว่ามีปริมาณแคดเมียม (Cd) 0.01-0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ทองแดง (Cu) 0.172-0.935 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่ว (Pb) 0.138-0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสี (Zn) 0.877-2.915 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล พบว่า ค่าเฉลี่ยของแคดเมียม (ค่ามาตรฐาน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร) ทองแดง (ค่ามาตรฐาน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร) ตะกั่ว (ค่ามาตรฐาน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) และสังกะสี (ค่ามาตรฐาน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร) ในน้ำอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในดินตะกอนพบค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี (เทียบกับมาตรฐานของคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล) มีค่าสูงกว่ามาตรฐาน

การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวแปรต่างๆ ในแต่ละจุดเก็บ ทำการวิเคราะห์โดยใช้การทดสอบทางสถิติ โดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยในน้ำของแคดเมียม ทองแดง สังกะสี ในแต่ละพื้นที่และแต่ละช่วงปริมาณน้ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนตะกั่วไม่สามารถเปรียบเทียบได้ และในดินตะกอนพบว่า ค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ตะกั่ว ในแต่ละพื้นที่และ

แต่ละช่วงปริมาณน้ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนค่าเฉลี่ยของทองแดง
สังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังนั้นแนวทางการจัดการคุณภาพ
น้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ควรทำการ
ควบคุมปริมาณและคุณภาพน้ำทั้งจากแหล่งกำเนิดมลสารก่อนปล่อยลงสู่ลำน้ำ รวมทั้งมีการเฝ้า
ระวังคุณภาพน้ำและส่งเสริมการให้ข่าวสาร ความรู้แก่ประชาชน และสถานประกอบการที่ตั้งอยู่
บริเวณลำน้ำ เพื่อให้เกิดความร่วมมือในการรักษาคุณภาพแหล่งน้ำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Project Title	Levels of Some Heavy Metal in Natural canals around King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Author	Miss Jaroonsri Pachayatrakul Miss Iyada Tiantum
Advisor	Miss Glinsukol Suwannarat
Major Program	Environmental Resource Chemistry
Academic year	1999

Abstract

Levels of some heavy metals in Natural canals around King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang were studied from 7 points. The samples were collected from March 1999 to September 1999 which were wet (August - September 1999) and dry (March-June 1999) seasons. The results in water showed that the ranges of heavy metals were cadmium (Cd) 0.001-0.003 mg/l, copper (Cu) 0.027-0.065 mg/l, lead (Pb) 0.000-0.006 mg/l and Zinc (Zn) 0.063-0.3 mg/l, in sediment the range of heavy metals were cadmium (Cd) 0.01-0.032 mg/l, copper (Cu) 0.172-0.935 mg/l, lead (Pb) 0.138-0.345 mg/l and Zinc (Zn) 0.877-2.915 mg/l. The results of study revealed in water showed that average levels of cadmium (standard level 0.005 mg/l) copper (standard level of 0.1 mg/l) lead (standard level of 0.05 mg/l) and zinc (standard level of 1.0 mg/l) were below the limit for Standard of Surface Water (not sea water) Quality. But for the result in sediment, the level of cadmium copper lead and zinc were slightly higher than the standard limit.

The comparison of water quality parameter during wet and dry seasons were analysed by T-test. The results in water showed that the mean of cadmium copper and zinc were non-significantly different at the level of 0.05 and lead can't be comparable. In sediment the results for average levels of cadmium and lead were significantly different at level 0.05 However the mean of copper and zinc were not significantly different at the level of 0.05. From this study, the results that on the suggest the Natural Canals around

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang water quality management should be emphasized on the control of the quality and quantity of wastewater from each pollutant point source before discharging into the Natural Canals. The water quality monitoring is also needed for the Quality management The common knowledges and informations of the water quality should be given to the cooperation of residence on the water quality management.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้ล่วงด้วยดี ด้วยความกรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ตลอดจนการให้กำลังใจจากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ อาจารย์ กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ ผู้ทำการศึกษาจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้ ขอขอบคุณอาจารย์ คลชาติ ดันติวานิช ที่กรุณาให้คำแนะนำด้านสถิติวิจัย และขอขอบคุณกรรมการสอบโครงการพิเศษในครั้งนี้นักท่านที่กรุณาเสนอแนะแก้ไขเพิ่มเติม ทำให้โครงการพิเศษมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณเพื่อนๆ เคมิทรัพย์ากรสิ่งแวดล้อม ปี 4 ทุกคน ที่ให้กำลังใจและความช่วยเหลือในการทำโครงการพิเศษมาโดยตลอด

ท้ายที่สุดขอขอบคุณกรมอุดมศึกษา และภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีเกษตร ที่ให้การช่วยเหลือในด้านข้อมูลวิทยุ

ผู้จัดทำ

นางสาว จรูญศรี พาชะยะตระกูล

นางสาว ไอยดา เทียนธรรม

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญตาราง	ซ
สารบัญรูป	ฅ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	3
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	5
2.1 ประเภทน้ำทิ้ง	5
2.2 ประเภทสิ่งสกปรกในน้ำเสีย	9
2.3 โลหะหนักในน้ำ	10
2.4 วิธีเก็บตัวอย่างน้ำ	19
บทที่ 3 การวิจัยและการดำเนินงาน	24
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	24
3.2 อุปกรณ์	24
3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	24
3.4 วิธีการทดลอง	24
บทที่ 4 ผลการทดลอง	33
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ด้านโลหะหนัก ตั้งแต่เดือน มีนาคม 2542 ถึง เดือนกันยายน 2542	34
4.2 การวิเคราะห์ความแตกต่างทางโลหะหนักชนิดต่างๆ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แยกตามฤดูแล้ง-ฤดูฝน	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทวิจารณ์	51
5.1 การศึกษาคุณภาพน้ำด้านโลหะหนัก	51
5.2 การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักชนิดต่างๆระหว่างช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน	59
บทที่ 6 บทสรุป	67
6.1 การศึกษาปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง	67
6.2 การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในแต่ละช่วงฤดูกาล	69
6.3 แนวทางแก้ไข	69
6.4 ข้อเสนอแนะ	71
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก หลักการวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอปซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	73
ภาคผนวก ข ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง	88
ภาคผนวก ค มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน	89
ภาคผนวก ง การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเลเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนัก	94
ภาคผนวก จ ประเภทของโรงงานในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง	95
ภาคผนวก ฉ ปริมาณน้ำฝนในช่วงปี 2542 ในเขตลาดกระบัง	97
ภาคผนวก ช ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่างต่างๆ	103
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ช่วงความถี่ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับการวิเคราะห์ค่าต่างๆ	20
ตารางที่ 2.2 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง	21
ตารางที่ 2.3 แสดงการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ	22
ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในน้ำตัวอย่าง	34
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในน้ำตัวอย่าง	35
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในน้ำตัวอย่าง	36
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในน้ำตัวอย่าง	37
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในน้ำตัวอย่าง	38
ตารางที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในน้ำตัวอย่าง	39
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในน้ำตัวอย่าง	40
ตารางที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในดินตะกอน	41
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในดินตะกอน	42
ตารางที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในดินตะกอน	43
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในดินตะกอน	44
ตารางที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในดินตะกอน	45
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในดินตะกอน	46
ตารางที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในดินตะกอน	47
ตารางที่ 4.15 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักต่างๆ ในตัวอย่างน้ำ ระยะเวลา 3 เดือน แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แยกตามฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน	49
ตารางที่ 4.16 แสดงผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักต่างๆ ในดินตะกอน ระยะเวลา 3 เดือน แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แยกตามฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน	50

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงมลพิษต่างๆที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสูบน้ำดีไลต์	12
รูปที่ 3.1 แสดงแผนที่จุดเก็บตัวอย่างน้ำ	27
รูปที่ 3.2 แสดงจุดเก็บที่ 1 บริเวณคลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง	29
รูปที่ 3.3 แสดงจุดเก็บที่ 2 บริเวณคลองลำชวดเตย	29
รูปที่ 3.4 แสดงจุดเก็บที่ 3 บริเวณคลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุทธาโภชน์	30
รูปที่ 3.5 แสดงจุดเก็บที่ 4 รอยต่อระหว่างคลองลำปลาทิวกับคลองประเวศบุรีรมย์	30
รูปที่ 3.6 แสดงจุดเก็บที่ 5 บริเวณคลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์	31
รูปที่ 3.7 แสดงจุดเก็บที่ 6 รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่	31
รูปที่ 3.8 แสดงจุดเก็บที่ 7 บริเวณคลองสี่	32
รูปที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในน้ำตัวอย่าง	35
รูปที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในน้ำตัวอย่าง	36
รูปที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในน้ำตัวอย่าง	37
รูปที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในน้ำตัวอย่าง	38
รูปที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในน้ำตัวอย่าง	39
รูปที่ 4.6 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในน้ำตัวอย่าง	40
รูปที่ 4.7 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในน้ำตัวอย่าง	41
รูปที่ 4.8 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในดินตะกอน	42
รูปที่ 4.9 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในดินตะกอน	43
รูปที่ 4.10 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในดินตะกอน	44
รูปที่ 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในดินตะกอน	45
รูปที่ 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในดินตะกอน	46
รูปที่ 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในดินตะกอน	47
รูปที่ 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนัก ณ จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในดินตะกอน	48
รูปที่ 5.1 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม แยกตามจุดเก็บตัวอย่างเทียบกับ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล	52

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง แยกตามจุดเก็บตัวอย่างเทียบกับ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล	54
รูปที่ 5.3 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่ว แยกตามจุดเก็บตัวอย่างเทียบกับ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล	56
รูปที่ 5.4 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสี แยกตามจุดเก็บตัวอย่างเทียบกับ ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล	58
รูปที่ 5.5 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมในน้ำ ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	59
รูปที่ 5.6 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงในน้ำ ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	60
รูปที่ 5.7 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วในน้ำ ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	61
รูปที่ 5.8 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีในน้ำ ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	62
รูปที่ 5.9 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมในดินตะกอน ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	63
รูปที่ 5.10 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงในดินตะกอนในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	64
รูปที่ 5.11 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วในดินตะกอน ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	65
รูปที่ 5.12 แสดงค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีในดินตะกอน ในระหว่างฤดูแล้ง- ฤดูฝน	66

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการพิเศษ

น้ำเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่สำคัญในการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตทั้งมนุษย์ สัตว์ และพืช โดยเฉพาะมนุษย์มีการนำน้ำมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ เช่น นำมาใช้ในการอุปโภค บริโภค การเกษตร และการอุตสาหกรรม นอกจากนี้น้ำยังเป็นแหล่งรองรับของเสียจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ เมื่อประชาชนเพิ่มมากขึ้นมีการใช้ทรัพยากรน้ำเพิ่มมากขึ้น ส่งผลให้มีปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้นด้วย จนแหล่งน้ำมีศักยภาพในการรองรับน้ำเสียไม่เพียงพอ ของเสียที่ถูกปล่อยสู่แหล่งน้ำจะก่อให้เกิดปัญหามลพิษเพิ่มขึ้น และยังสามารถปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้ ยังผลให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยและการดำรงชีวิต ของเสียที่มีการปนเปื้อนของสารพิษจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์จะมีผลต่อสุขภาพและการดำรงชีวิตของมนุษย์อย่างมาก โดยเฉพาะสารพวกโลหะหนัก สารเหล่านี้สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายต่อชีวิตทั้งแบบเฉียบพลัน และเรื้อรัง ขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ ซึ่งสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนในแหล่งน้ำนั้นส่วนใหญ่มักมีสาเหตุมาจากการปล่อยของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม

โลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในแหล่งน้ำ ไม่สามารถสลายตัวได้โดยขบวนการธรรมชาติและบางส่วนจะตกตะกอนสะสมอยู่ในตะกอนดิน นอกจากนี้โลหะหนักในน้ำยังสามารถสะสมในเนื้อเยื่อของสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นด้วย ซึ่งการสะสมดังกล่าวจะเพิ่มขึ้นตามระดับชั้นอาหาร (trophic levels) ของระบบนิเวศ ดังนั้นการปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำจึงไม่เพียงแต่มีผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำและมีอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำเท่านั้น แต่ยังมีอันตรายต่อคนและสัตว์เลี้ยงที่บริโภคสัตว์น้ำที่สะสมโลหะหนักในเนื้อเยื่อเป็นปริมาณสูงด้วย

การปนเปื้อนของโลหะหนักในน้ำ บริเวณปากแม่น้ำสายต่างๆของอ่าวไทยตอนในมีแนวโน้มสูงขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แม่น้ำโดยเฉพาะอุตสาหกรรมเกี่ยวกับโลหะ (metal plating industries) มีปริมาณเพิ่มขึ้น จากการขยายตัวของการอุตสาหกรรมของประเทศ โลหะหนักที่ปนเปื้อนในแม่น้ำ และไม่ได้ตกตะกอนสะสมในดินตะกอน ก็จะไปไหลลงสู่บริเวณปากแม่น้ำ และบางส่วนก็จะแพร่กระจายไปสู่อ่าวไทยตอนในด้วย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีบางส่วนติดคลองธรรมชาติ โดยคลองธรรมชาตินั้นบริเวณใกล้เคียงเป็นที่ตั้งของนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง และบ้านเรือนของประชาชน ซึ่งนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังนั้น ประกอบด้วยโรงงานต่างๆประมาณ 200 โรงงาน หลายประเภท เช่น โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น น้ำเสียที่เกิดขึ้นภายในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง หลังผ่านการบำบัดและปล่อยออกสู่ภายนอกคลองธรรมชาติ ซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของโลหะหนักลงสู่ลำน้ำ และประชาชนที่อาศัยอยู่บริเวณคลองธรรมชาติ โดยรอบการนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังมีการใช้น้ำจากคลองธรรมชาติเพื่อกิจกรรมต่างๆ ในชีวิตประจำวัน ทำให้อาจได้รับสารโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายได้

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จึงมีการวิจัยเพื่อทำการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในคลองธรรมชาติ เพื่อใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงสภาพมลภาวะทางโลหะหนักของสิ่งแวดล้อมในช่วงเวลานั้นๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนด และวางมาตรการในการป้องกันและนำไปใช้ในการจัดการน้ำนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในน้ำ
2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักบางชนิดในดินตะกอน
3. ศึกษาคุณภาพของลำน้ำบริเวณโดยรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
4. เพื่อรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต
5. เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

สมมติฐาน

1. ค่าเฉลี่ยของค่าแคดเมียม (Cd) แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน
2. ค่าเฉลี่ยของค่าทองแดง (Cu) แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน
3. ค่าเฉลี่ยของค่าตะกั่ว (Pb) แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน
4. ค่าเฉลี่ยของค่าสังกะสี (Zn) แตกต่างกันระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

1.3 ขอบเขตการวิจัย

- 1. วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สังกะสี ในน้ำ บริเวณลำน้ำรอบสถาบันฯ โดยทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน กับฤดูแล้ง
- 2. วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก 4 ชนิด ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม ทองแดง สังกะสี ในดินตะกอน บริเวณลำน้ำรอบสถาบันฯ โดยทำการเก็บตัวอย่างในฤดูฝน กับฤดูแล้ง
- 3. ศึกษาคุณภาพของลำน้ำบริเวณรอบสถาบันฯ โดยทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญ เช่น ความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลายของออกซิเจน ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมด ปริมาณฟอสฟอรัสทั้งหมด อัลคาไลตี เป็นต้น
- 4. ทำการรวบรวมข้อมูลคุณภาพน้ำ จากการทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่สำคัญในขอบเขตการวิจัยข้อ 1- 3 เพื่อใช้ในการบริหารจัดการน้ำนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

- 1. สำรวจบริเวณลำน้ำรอบบริเวณสถาบันฯและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง
- 2. ทำการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอน โดยทำการเก็บตัวอย่าง 2 ช่วง คือ ฤดูแล้ง และฤดูฝน
- 3. นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์
- 4. นำข้อมูลการวิเคราะห์มาทำการประเมินคุณภาพน้ำ
- 5. เขียนรายงาน

กิจกรรม	2542										2543		
	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1	↔												
2		↔				↔							
3		↔						↔					
4										↔			
5													↔

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.ทราบถึงปริมาณโลหะหนักบางชนิดในบริเวณลำน้ำรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งในน้ำและดินตะกอน
- 2.สามารถประเมินคุณภาพของลำน้ำ บริเวณรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในการบริหารจัดการน้ำต่อไปในอนาคต
- 3.นำผลการศึกษาไปใช้ประกอบในการวางแผนเฝ้าระวังคุณภาพน้ำ



บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ประเภทน้ำทิ้ง

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆเป็นแหล่งใหญ่ที่ปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำและทำให้เกิดปัญหามลพิษขึ้นหลายแห่งทั่วโลก มีผู้ที่เคยประเมินผลแล้วว่าน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาลเพียงโรงเดียวเทียบได้เท่ากับน้ำโสโครกจากเมืองเล็กๆเมืองหนึ่งที่มีประชากรประมาณ 100,000 คน เช่น อำเภอบ้านโป่ง น้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมประเภทต่างๆนั้นบางแห่งก็ถูกปล่อยลงมาในท่อระบายน้ำโสโครกของเทศบาล บางแห่งก็ถูกถ่ายเทลงไปสู่แหล่งน้ำโดยตรง

ในการที่จะศึกษาปัญหามลพิษ ซึ่งเกิดจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมนั้นจำเป็นที่จะต้องมีการจำแนกประเภทของน้ำทิ้งเสียก่อน การจำแนกประเภทดังกล่าวนี้มีความสำคัญในแง่ของการวางแผน แก้ปัญหาและป้องกันมลพิษที่อาจจะเกิดขึ้น การจำแนกประเภทของน้ำทิ้งอาจทำได้ 2 รูปแบบ คือ

1. จำแนกประเภทน้ำทิ้งตามชนิดของโรงงาน
2. จำแนกประเภทน้ำทิ้งตามผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมของแหล่งน้ำ

การจำแนกประเภทในแบบแรกนั้น ยกตัวอย่างได้ เช่น น้ำทิ้งของโรงงานน้ำตาล โรงงานกระดาษ โรงงานกลั่นสุรา ฯลฯ โดยทั่วไปแล้วน้ำทิ้งของโรงงานชนิดเดียวกันจะมีส่วนประกอบของน้ำทิ้งที่คล้ายกัน ดังนั้น จึงมีประโยชน์ในการที่เราจะคำนวณปริมาณของน้ำทิ้งของโรงงานชนิดเดียวกันในเขตใดเขตหนึ่ง เช่น ในกรุงเทพฯ และทำการประเมินผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากโรงงานชนิดดังกล่าวได้

การจำแนกจากประเภทน้ำทิ้งของโรงงานตามผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมนั้นก็มีความประโยชน์ในแง่การประเมินผลกระทบและการวางมาตรการควบคุมและแก้ไขปัญหามลพิษ ยกตัวอย่าง เช่น การที่โรงงานปล่อยน้ำทิ้งประเภทสารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้ลงมาในแหล่งน้ำนั้น เราสามารถศึกษาและคาดคะเนผลกระทบที่จะเกิดขึ้นได้ ซึ่งก็ได้แก่การลดลงของออกซิเจนในน้ำ ต่อจากนั้นก็ทำการวางมาตรการว่าควรมีการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ดังกล่าวออกไปจากน้ำทิ้งปริมาณเท่าไรก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำถึงจะไม่เกิดผลกระทบ มาตรการดังกล่าวจึงนำไปใช้ได้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โรงงานทุกชนิดที่ปล่อยสารประกอบอินทรีย์ลงมา กล่าวคือ ไม่ว่าจะเป็นโรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมัน หรือโรงงานกลั่นสุรา จะต้องปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวที่กำหนดไว้ ในปัจจุบันการควบคุมน้ำทิ้ง จากโรงงานประเภทปล่อยน้ำทิ้งสารประกอบอินทรีย์ได้กำหนดไว้ว่าน้ำทิ้งจะต้องมี บีโอดีและของแข็งที่แขวนลอย (suspended solid) ไม่เกิน 15 ส่วนในล้านส่วน (ppm)

ประเภทของน้ำทิ้งที่จะเกิดตามผลเสียที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมแบ่งออกได้เป็น 8 ประเภท กล่าวคือ

1. ประเภทที่ทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลง (oxygen depleting wastes)

น้ำทิ้งประเภทนี้ได้แก่ สารประกอบอินทรีย์ที่ถูกย่อยสลายได้โดยจุลินทรีย์ จุลินทรีย์จะใช้ออกซิเจนไปในการย่อยสลายอินทรีย์สารเหล่านี้ ทำให้ออกซิเจนในน้ำลดลง และเป็นเหตุที่ทำให้ปลาและสัตว์น้ำอื่นๆในบริเวณนั้นได้รับผลกระทบ โดยทั่วไปปลาจะเริ่มตายเมื่อน้ำมีปริมาณการละลายของออกซิเจนต่ำกว่า 2 มิลลิกรัม/ลิตร โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งประเภทนี้ลงมายังแหล่งน้ำ ได้แก่ โรงงานกระดาษ โรงงานทำอาหารกระป๋อง โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานผลิตนม โรงงานน้ำตาล โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง โรงงานกลั่นสุรา ทำเทียบเรือประมง และโรงงานแปรรูปผลผลิตทางการเกษตรอีกหลายประเภท การวัดปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยทางอ้อม คือ การวัดค่า บีโอดี นั้นเอง วิธีการกำจัดสารประกอบอินทรีย์ในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าระบบบำบัดขั้นที่ 2 (secondary treatment) ซึ่งเป็นการกำจัดแบบชีวภาพ

2. ประเภทที่มีสารพิษปนเปื้อน (toxic wastes contamination)

สารพิษชนิดต่างๆในน้ำทิ้งได้แก่ โลหะหนัก และสารประกอบอื่นๆบางชนิดที่มีพิษ โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารพิษปนเปื้อนลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานอุตสาหกรรมเคมี โรงงานกลึงโลหะชนิดต่างๆ โรงงานย้อมผ้า โรงงานทำของดอง โรงงานจับโลหะและเหมืองแร่ต่างๆที่อยู่ใกล้แหล่งน้ำ

โรงงานอุตสาหกรรมเคมีบางชนิด เช่น โรงงานผลิตโซดาไฟเป็นโรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารปรอทปนเปื้อนลงมาด้วย เมื่อปี 1954 ได้มีเหตุการณ์ร้ายแรงเกิดขึ้นจากการปล่อยน้ำทิ้งของโรงงานชนิดนี้ลงมาในอ่าวมินามาตะ ประเทศญี่ปุ่น การเจ็บป่วยของสารปรอทในอ่าวดังกล่าวได้เกิดเป็นพิษต่อสัตว์น้ำและผู้คนที่ยังบริโภคสัตว์น้ำที่จับได้ในบริเวณนั้นมีผลทำให้คนเสียชีวิตไปหลายสิบราย และทุพพลภาพไปหลายร้อยคน เนื่องจากสารปรอทเป็นสารที่คงสภาพในสิ่งแวดล้อมนาน จึงมีผลกระทบมาถึงปัจจุบันนี้

การวิเคราะห์ปริมาณสารพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม และในน้ำทิ้งอาจทำได้โดยวิธีทางเคมี สำหรับโลหะหนักนั้นเราสามารถวิเคราะห์ได้โดยใช้วิธี อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Atomic Absorption Spectroscopy) และวิธี วิเคราะห์เชิงกัมมันตภาพรังสีของนิวตรอน (Neutron Activation Analysis)

การกำจัดสารพิษออกจากน้ำทิ้งของโรงงานอาจทำได้โดยวิธีทางเคมี เช่น

1. การใส่สารบางชนิดลงไปเพื่อให้ไปเกาะตัวกับสารพิษแล้วตกตะกอน
2. โซดาไฟ ถูกกำจัดได้โดยการ ออกซิไดส์ ด้วย คลอรีน
3. โลหะบางชนิดอาจถูกกำจัดออกไปได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าไปในกระบอกที่มี คีเลตติ้งเอเจนต์ บางชนิดบรรจุอยู่
4. เรซิน บางชนิดที่มี ซัลไฟไฮไดรล (SH) จะมีคุณสมบัติในการดึงสารปรอทออกจากน้ำได้เป็นอย่างดี

3. ประเภทที่ทำให้รสและกลิ่นของน้ำเปลี่ยนไป

การเปลี่ยนรสของน้ำ ทำให้ผู้บริโภคได้รับความเดือดร้อน โรงงานบางชนิดอาจปล่อยน้ำทิ้งที่มีสารบางชนิด เช่น phenolic compounds ผสมอยู่ด้วย ทำให้รสของน้ำในแหล่งน้ำเปลี่ยนไป แม้ของเสียจะมีปริมาณน้อยมากก็อาจทำให้รสและกลิ่นเปลี่ยนไปได้ น้ำทิ้งที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวได้แก่น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตยางเทียม โรงกลั่นน้ำมัน น้ำบางแห่งที่มีรสและกลิ่นเปลี่ยนไปนั้นยังอาจมีผลทำให้สัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในบริเวณนั้นมีรสและกลิ่นเปลี่ยนไปด้วย ทำให้ผู้บริโภคเกิดความรังเกียจ ตัวอย่างนี้ได้แก่ การที่ปูม้า ปูทะเล ในบริเวณศรีราชามีกลิ่นเปลี่ยนไปเนื่องจากของเสียที่ทิ้งจากโรงงานกลั่นน้ำมัน

การวัดปริมาณสารต้นเหตุที่ทำให้เกิดกลิ่นและรสเปลี่ยนได้แก่วิธีทางเคมี ถ้าเป็นสารประกอบพวกน้ำมันเราอาจใช้เครื่องมือแก๊สโครมาโทกราฟี วิเคราะห์ปริมาณได้

การกำจัดกลิ่นและรสนั้นอาจทำได้โดยวิธีการทางชีวภาพ โดยใช้จุลินทรีย์บางชนิดย่อยสลายสารประกอบที่เป็นต้นเหตุก่อนที่จะทิ้งน้ำเสียลงไปในแหล่งน้ำธรรมชาติ

4. ประเภทที่ปล่อยสารกัดโลหะออกมา

น้ำทิ้งที่มีความเป็นกรดหรือด่างมากอาจก่อให้เกิดการผุกร่อนของโลหะที่เป็นโครงสร้างของเรือ ท่าเรือ และสะพาน โรงงานที่ปล่อยน้ำทิ้งชนิดนี้ออกมาได้แก่ โรงงานทำของดอง โรงงานผลิตสบู่และผงซักฟอก เราอาจใช้เครื่องมือสำหรับวัดความเป็นกรดและด่างเพื่อวิเคราะห์น้ำทิ้งได้ สำหรับการกำจัดนั้นทำได้โดยการทำให้ น้ำทิ้งมีฤทธิ์เป็นกลางโดยการเติมสารเคมี

5. ประเภทที่ปล่อยเชื้อโรคลงสู่แหล่งน้ำ

โรงงานที่ปล่อยเชื้อโรคที่เป็นเชื้อโรคทั้งของคนและสัตว์ลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานฆ่าสัตว์ โรงงานฟอกหนัง โรงงานทำอาหารกระป๋อง และโรงพยาบาล น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ควรได้รับการกำจัดเชื้อโรคโดยสารเคมี เช่น เติมคลอรีนเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ

ผลกระทบของน้ำทิ้ง จากโรงงานต่อสิ่งแวดล้อมในแหล่งน้ำอาจทำให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ด้วยตัวประกอบ (factor) ต่อไปนี้

1. ปริมาณและความถี่ของฝน ถ้ามีฝนตกชุกมากก็จะเกิดการเจือจางได้มากขึ้นและทำให้มีผลกระทบน้อยลง
 2. ปริมาณและลักษณะของน้ำผิวดิน ถ้ามีมากก็จะเกิดการเจือจางได้มากขึ้น
 3. ปริมาณการไหลของน้ำในแม่น้ำ ถ้ามากและเร็วก็จะทำให้เกิดการเจือจางได้ดีขึ้น
 4. อุณหภูมิ ถ้าสูงขึ้นก็อาจทำให้สารพิษบางชนิดมีความเป็นพิษสูงขึ้น
 5. แสงแดด ถ้ามีความเข้มสูงก็อาจก่อให้เกิดการแพร่พันธุ์ของพืชน้ำเต้าน้ำได้อย่างรวดเร็ว
- Eutrophication ตัวประกอบชนิดนี้จะมียับยั้งที่ลำค่อน้ำทิ้งประเภทแรก
6. กิสาทางและกระแสลม ในอ่าวใหญ่ๆ กิสาทาง และกระแสลมจะมีอิทธิพลมากต่อการไหลของกระแสน้ำในอ่าว และอัตราการไหลนี้ ก็จะมีบทบาทที่สำคัญในการนำพาหรือเจือจางน้ำทิ้งของโรงงาน

6. ประเภทที่มีสารอินทรีย์ที่มีของแข็งละลายอยู่

พวกนี้ได้แก่ โขดเคี้ยว, โขดเคี้ยว, แคลเซียม, แมกนีเซียม, แคลด์ แร่ธาตุพวกนี้เป็นสารอาหารของพืชน้ำ แต่จะต้องอยู่ในปริมาณที่พอควร ถ้ามีอยู่ในน้ำมากเกินไปก็เกิดเป็นพิษเป็นภัยได้เช่นกัน โรงงานที่ปล่อยธาตุเหล่านี้ลงมาในแหล่งน้ำได้แก่ โรงงานฟอกหนัง นอกจากนี้ น้ำที่ถูกเก็บไว้ในเขื่อนนานๆ ก็จะมีธาตุเหล่านี้สูงได้เช่นกัน การวัดปริมาณแร่ธาตุเหล่านี้สามารถทำได้โดยวิธีวิเคราะห์ธรรมดาๆ การกำจัดแร่ธาตุเหล่านี้ออกจากน้ำทิ้งอาจทำได้โดยการผ่านน้ำทิ้งเข้าไปในคอลัมน์แลกเปลี่ยนไอออน หรืออีกวิธีหนึ่ง โดยการตกตะกอนด้วยสารเคมีบางชนิด

7. ประเภทที่ปล่อยสารกัมมันตภาพรังสีออกมา

โรงงานที่ปล่อยสารเหล่านี้ออกมาได้แก่ โรงงานปรมาณู เตาปฏิกรณ์ปรมาณูเพื่อการศึกษาและวิจัย โรงงานผลิตและแปรสภาพสารกัมมันตภาพรังสี โดยปกติแล้วถ้ามีการควบคุมที่ดีพอก็จะไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมแต่ในบางครั้งอาจเกิดอุบัติเหตุของการรั่วไหล ยกตัวอย่างเช่น การรั่วไหลที่ Three Miles Island สหรัฐอเมริกา เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณกัมมันตภาพรังสีในสิ่งแวดล้อมได้แก่ Geiger-Muller Counter นอกจากนี้ยังมีเครื่องมือพิเศษอีกหลายชนิด น้ำทิ้งจากโรงงานเหล่านี้ควรได้

รับความเอาใจใส่เป็นพิเศษ น้ำทิ้งควรถูกผ่านเข้าไปในคอลัมน์แลกเปลี่ยนไอออนเพื่อทำการแยกสารกับมันตาฟรังส์ออกเสียก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำในธรรมชาติ

8. ประเภทที่สามารถทำลายสภาพของแหล่งน้ำ

โรงงานเหล่านี้ได้แก่ โรงเลื่อย ที่ปล่อยเศษผงไม้ลงมาในแหล่งน้ำทำให้แหล่งน้ำคั่งเงิน เหมืองแร่ต่างๆอาจทำให้เกิดตะกอนในน้ำมากมีผลต่อสัตว์น้ำในบริเวณใกล้เคียง เช่น ที่ภูเก็ด การทำเหมืองแร่ดิบบุกในทะเลได้ก่อให้เกิดตะกอนอย่างมากในน้ำทะเลและมีผลเสียต่อปะการังที่อยู่ในบริเวณนั้น

การวัดปริมาณของเสียที่ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพทางฟิสิกส์ทำได้ด้วยวิธีต่างๆ เช่น ถ้าเป็นพวกตะกอน วัดความสามารถในการตกตะกอนของของแข็งที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ ส่วนน้ำมันใช้วิธีแก๊สโครมาโทกราฟี เป็นต้น

2.2* ประเภทสิ่งตกปรกในน้ำเสีย

เป็นสิ่งที่ต้องการกำจัดออกจากร้านเสียให้มากที่สุด เพื่อให้ร้านนั้นมีสภาพที่ดีขึ้นก่อนที่จะปล่อยออกไปสู่แหล่งน้ำอื่นๆ หรือสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป สิ่งตกปรกที่เจือปนอยู่ในน้ำเสียทั่วไปมีดังนี้ คือ

1. สารอินทรีย์ ได้แก่ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เช่น เศษข้าว พืชผัก จีนเนื้อ ฯลฯ
2. สารอนินทรีย์ ได้แก่ แร่ธาตุต่างๆที่อาจไม่ทำให้เกิดน้ำเน่าเหม็น แต่อาจเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตหรือเป็นอุปสรรคต่อกระบวนการผลิตน้ำประปา ได้แก่ คลอไรด์ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส ซัลเฟต เป็นต้น
3. โลหะหนักและสารพิษอื่นๆอาจอยู่ในรูปของสารอินทรีย์หรือสารอนินทรีย์ และสามารถสะสมอยู่ในวงจรอาหาร เกิดเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต เช่น ปลา ไก่เมี่ยม ทองแดง ปกติจะมาจากน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดศัตรูพืชปนเปื้อนมากับน้ำทิ้ง
- จากการเกษตร สำหรับเขตชุมชนอาจมีสารมลพิษนี้มาจากอุตสาหกรรมบางประเภท เช่น ร้านชุบโลหะ ตู้ซ่อมรถ น้ำเสียจากโรงพยาบาล ฯลฯ
4. น้ำมันและสารลอยน้ำต่างๆเป็นอุปสรรคต่อการสังเคราะห์แสงและกีดขวางการละลายของออกซิเจนจากอากาศลงสู่ น้ำ นอกจากนั้นยังทำให้เกิดสภาพไม่น่าดู
5. ความร้อน ทำให้อุณหภูมิของน้ำเสียสูงขึ้น มีผลทำให้เกิดการเร่งปฏิกิริยาการใช้ออกซิเจนของจุลินทรีย์ และลดระดับการละลายของออกซิเจนในน้ำ
6. ของแข็งจะประกอบด้วยของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids) ตะกอนหนัก (Settleable Solids) และของแข็งละลาย (Dissolved Solids) ซึ่งมีของแข็งแขวนลอยจำนวนมากทำให้เกิดสภาพไร้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกซิเจนที่ท้องถิ่น ทำให้แหล่งน้ำตื้นเขิน มีความขุ่นสูง มีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตของสัตว์น้ำ และการนำไปใช้ประโยชน์

7. สีและความขุ่น มักเกิดจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอ กระดาษ ฟอกหนัง และโรงฆ่าสัตว์ สีและความขุ่นจะขัดขวางกระบวนการสังเคราะห์แสงในลำน้ำและทำให้เกิดสภาพที่ไม่น่าดู
8. กรดและด่าง วัดโดยค่า pH (พีเอช) ค่าพีเอชมากกว่า 7 หมายถึง สภาพเป็นด่าง ค่าพีเอชน้อยกว่า 7 หมายถึง สภาพเป็นกรด น้ำสะอาดจะมีค่าพีเอชเท่ากับ 7 ค่าพีเอชมีผลต่อการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในน้ำและการนำไปใช้ประโยชน์ ค่าพีเอชของน้ำทิ้งที่เหมาะสมควรอยู่ในช่วง 5 ถึง 9
9. สารก่อให้เกิดฟอง/สารซักฟอก ได้แก่ ผงซักฟอก สบู่ ฟองจะกีดกันการกระจายของออกซิเจนในอากาศสู่ น้ำ และอาจเป็นอันตรายต่อปลา
10. จุลินทรีย์ (Microorganism) นำเสียจากโรงฟอกหนัง โรงฆ่าสัตว์ หรือโรงงานอาหารกระป๋องจะมีจุลินทรีย์มาก จุลินทรีย์เหล่านี้ใช้ออกซิเจนในการดำรงชีพ ทำให้สามารถลดระดับของออกซิเจนละลายในน้ำได้ในระยะเวลานั้น ทำให้เกิดสภาพเน่าเหม็น จุลินทรีย์บางชนิดอาจเป็นเชื้อโรคที่เป็นอันตรายต่อประชาชน เช่น จุลินทรีย์ในน้ำเสียจากโรงพยาบาล
11. สารกัมมันตรังสี ออกมาจากโรงพยาบาล หรือองค์กรของรัฐบาลเป็นสารอันตรายเมื่อสะสมอยู่ในสิ่งมีชีวิตจะก่อให้เกิดมะเร็งได้
12. ชาลอคาวเวอร์ ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส ถ้ามีปริมาณสูงจะทำให้เกิดการเจริญเติบโตเกินขีดของสาหร่าย (Algae Bloom) ซึ่งจะลดระดับออกซิเจนในน้ำในช่วงกลางคืนและทำให้เกิดวัชพืชน้ำ ซึ่งเป็นปัญหาแก่การสัญจรทางน้ำและการนำน้ำไปใช้
13. กลิ่น เกิดจากก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ซึ่งเกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์แบบไร้ออกซิเจน หรือกลิ่นอื่นๆจากโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงทำปลาป่น โรงฆ่าสัตว์ เป็นต้น

2.2 โลหะหนักในน้ำทิ้ง

2.2.1 ปัญหามลพิษของตะกั่วในสิ่งแวดล้อม

ตะกั่วเป็นโลหะที่มีอยู่ตามธรรมชาติทั้งในอากาศ ในน้ำ และในไบโอสเฟียร์ มนุษย์ได้รับสารตะกั่วเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานอาหาร น้ำดื่ม และจากการหายใจ ในสถานะตามธรรมชาติคาดว่าตะกั่วอยู่ในอาหารประมาณ 0.01 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ในน้ำ 0.0005 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และในอากาศ 0.0005 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($(\mu g/m^3)$) สำหรับปริมาณของตะกั่วในอากาศ ส่วนใหญ่มีแหล่งกำเนิดมาจากฝุ่นซิลิเกต และมีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่มาจากแก๊สภูเขาไฟและแหล่งอื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ๆ ส่วนในชุมชนเมืองขนาดใหญ่ของสหรัฐอเมริกา ปริมาณความเข้มข้นโดยเฉลี่ยของตะกั่วในอากาศตลอดปีมีค่า 1-3 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) แต่ถ้าคิดเฉพาะในบางแห่งที่มีการจราจรหนาแน่นหรือในอุโมงค์ที่มีรถวิ่งประจำ ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในอากาศอาจมีค่าสูงถึง 44 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ปัจจุบันพบว่าแหล่งที่ปล่อยสารตะกั่วเข้าสู่บรรยากาศมากที่สุดคือ ยานยนต์ที่ใช้ น้ำมันเชื้อเพลิงประเภทที่มีสารประกอบของตะกั่วเจือปนอยู่ด้วย จากการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำดื่มจากแหล่งน้ำใช้ของประชาชนต่าง ๆ ของสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1969 พบว่ามีปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วแตกต่างกัน แต่ค่าที่สูงที่สุดคือ 0.64 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L) สำนักงานคณะกรรมการป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำดื่มไว้ว่า ควรจะมีปริมาณของตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร (mg/L)

ผลของตะกั่วในทางชีววิทยามีหลายอย่าง เช่น เป็นตัวยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ โดยเฉพาะเอนไซม์ประเภทที่มีหมู่ sulphydryl (-SH) อยู่ด้วย ยับยั้งการสร้างฮีโม (heme) และการใช้เหล็กในร่างกาย การได้รับสารตะกั่วในปริมาณสูงเป็นระยะเวลานานจะมีผลทำให้ไตถูกทำลาย มีผลกระทบกระเทือนต่อการมีประจำเดือนของสตรี และอาจมีผลทำให้เกิดการแท้ง

2.2.1.1 ตะกั่วในสิ่งมีชีวิต

การที่ตะกั่วเจือปนในสิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้นนั้น สามารถเข้าสู่ร่างกายของคนเราได้สองทาง คือ ทางอาหาร และทางลมหายใจ อาหารในแต่ละวันมีตะกั่วเจือปนอยู่โดยเฉลี่ย 300 ไมโครกรัม แคร่ร้อยละ 5 หรือ 15 ไมโครกรัม จะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกาย ส่วนที่เหลือถูกถ่ายออกมากับอุจจาระในอากาศที่เราหายใจเข้าไปนั้นมีตะกั่วอยู่ในระดับที่ไม่แน่นอนแล้วแต่สถานที่

2.2.1.2 พิษของตะกั่ว

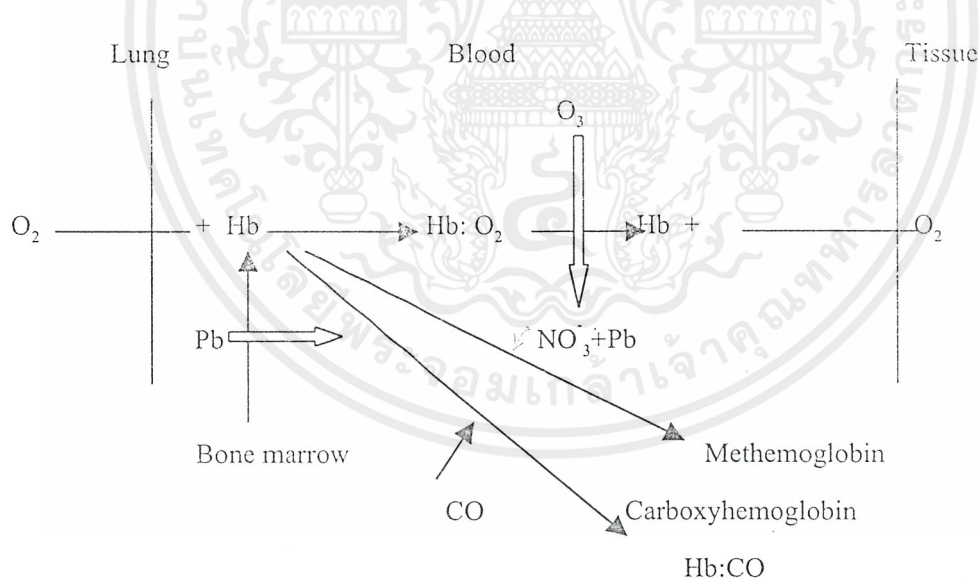
อาการเป็นพิษเนื่องจากตะกั่วแบบเฉียบพลันมีอยู่หลายแบบด้วยกัน เช่น อ่อนเพลีย คลื่นไส้ วิงเวียน การกระตุกของกล้ามเนื้อและอาการอื่น ๆ สำหรับพิษแบบเรื้อรังที่สำคัญได้แก่โรคโลหิตจาง

โลหิตจางซึ่งเกิดจากการเจือปนของตะกั่วในร่างกายเกิดขึ้นได้เพราะตะกั่วขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดง ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ “globulin protein” และหน่วยที่บรรจุเหล็กอยู่ซึ่งเรียกว่า “heme” ถูกสังเคราะห์โดยปฏิกิริยาทางชีวเคมี ALA-dehydrase ซึ่งเป็นน้ำย่อยเมื่อทำปฏิกิริยากับกรดอะมิโน (amino acid) ชนิดหนึ่ง ชื่อ ALA จะทำให้เกิดโพรไพริน (protoporphyrin) ซึ่งต่อมาเหล็กจะถูกเติมเข้าไปติดในโพรไพริน (protoporphyrin) ทำให้เกิดฮีโม (heme) ต่อมาเมื่อฮีโม (heme) รวมตัวกับ globulin protein จะทำให้เกิดฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ตะกั่วขัดขวางการสร้างฮีโมโกลบิน (hemoglobin) สองจุดคือ จุดแรกขัดขวางการทำงานของ ALA-dehydrase ฉะนั้น โพรไพริน (protoporphyrin) จึงถูกผลิตขึ้น

มาได้้น้อยมาก จุดที่สองนั้นจะกั้วขัดขวางการรวมตัวระหว่าง globulin protein กับ ฮีม (heme) ด้วยเหตุนี้ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

ปฏิกิริยาการขัดขวางของตะกั่วดังกล่าวข้างต้นนี้เกิดขึ้นกับเม็ดเลือดแดงที่ถูกผลิตขึ้นใหม่ ๆ ใน bone marrow นอกจากนี้ตะกั่วยังสามารถขัดขวางการทำงานของฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ที่มีอายุแล้วได้อีกด้วย โดยปกติแล้วฮีโมโกลบิน (hemoglobin) เมื่อมีอายุมากขึ้นจะถูกเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin)ซึ่งมีความสามารถนำพาออกซิเจนได้น้อยลง เม็ดเลือดแดงโดยทั่วไปมีอายุประมาณ 4 เดือน พอมีอายุใกล้ 4 เดือน ฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ตะกั่วจะทำให้เกิดการเปลี่ยนจากฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ก็จะถูกเปลี่ยนเป็นเมทฮีโมโกลบิน (methemoglobin) ได้เร็วขึ้น และนอกจากนั้นยังสามารถรบกวนการทำงานของม้ามและตับในการกำจัดเม็ดเลือดแดง ปฏิกิริยาทั้งหมดนี้เป็นตัวการที่ทำให้เกิดโรคโลหิตจาง

นอกจากตะกั่วซึ่งเป็นตัวการที่ทำให้เลือดมีความสามารถในการนำพาออกซิเจนลดน้อยลงแล้วยังมีสารพิษอื่น ๆ อีกหลายตัวที่สามารถให้ผลกระทบต่อเลือดคล้าย ๆ กัน สารมลพิษเหล่านี้ ได้แก่ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) , โอโซน (O₃) , ไนเตรต (NO₃) , รอยย่นระดับการรับอนุมูลออกไซด์ออกจากท่อไอเสียมาสู่สิ่งแวดล้อม เมื่อคาร์บอนมอนอกไซด์ เข้าสู่ร่างกายสามารถรวมกับฮีโมโกลบิน (hemoglobin) ของเม็ดเลือดแดงได้แน่นกว่าออกซิเจนสามารถทำได้ถึง 200 เท่า



แสดงมลพิษต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสุบจิตโลหิต

รูป 1.1 แสดงมลพิษต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อการทำงานของระบบสุบจิตโลหิต

นอกจากตะกั่วจะมีผลกระทบต่อร่างกายแล้ว ตะกั่วยังให้ผลกระทบทางอ้อมได้ เช่น ทำให้ความต้านทานของร่างกายต่อโรคหลายชนิดลดลง เช่น ตะกั่วสามารถทำให้ร่างกายมีความสามารถในการต้านทานต่อโรคไข้หวัดใหญ่ได้น้อยลง

ตะกั่วจะก่อให้เกิดผลเสียของร่างกายหลายระบบดังนี้

“เปลี่ยนแปลงโครงสร้างและการทำงานของเซลล์”

ระดับความเป็นพิษของโลหะหนัก ที่ไม่สูงพอที่จะทำให้เซลล์ตายอาจมีผลทำให้โครงสร้างและการทำงานของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปจนส่งผลให้เซลล์เกิดการเสื่อมสภาพตามมาภายหลัง เช่น เกิดการสะสมไขมัน ในบางกรณีโลหะหนักมีผลยับยั้งกิจกรรมหลักของเซลล์จนทำให้ระบบการทำงานของสิ่งมีชีวิตทั้งระบบล้มเหลวลง

“เป็นตัวการชักนำให้เกิดมะเร็ง”

โลหะหนักบางชนิดมีคุณสมบัติเป็นสารชักนำให้เกิดเป็นโรคมะเร็ง คุณสมบัติดังกล่าวนี้แม้ในปัจจุบันจะยังไม่เป็นที่เข้าใจกันอย่างดีก็ตามแต่ก็นับว่ามีความสำคัญมาก เช่น มีการทดลองที่แสดงว่าตะกั่วทำให้เกิดโรคมะเร็งในไต เป็นต้น

“เป็นตัวการทำให้เกิดความผิดปกติแต่กำเนิด”

ความผิดปกติแต่กำเนิด อันเป็นผลที่เกิดจากการที่มารดาได้รับโลหะหนักมากเกินไปได้มีปรากฏอยู่บ้างพอสมควร แต่ก็ยังไม่ได้มีการศึกษาและบันทึกข้อมูลที่ถูกต้องแน่นอน เช่น ผลจากการทดลองพบว่า ตะกั่วและโคบอลต์ทำให้ตัวอ่อนไก่ที่ฟักออกมามีพัฒนาการทางสมองผิดปกติ เป็นต้น

“ทำความเสียหายต่อโครโมโซม”

มีการศึกษาพบว่าโลหะหนักบางชนิด เช่น ตะกั่วและปรอทสามารถทำให้ออโตโซมหักขาดออกจากกันได้ ทำให้โครมาติด ที่ไม่มีเซนโตรเมียร์ขึ้น นอกจากนั้นยังมีผลการทดสอบที่ทำขึ้นภายนอกในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่เชื่อว่าโลหะหนักอีกหลายชนิดมีผลเช่นเดียวกัน แต่ยังไม่มีการสรุปที่แน่นอนว่าจะเกิดผลเช่นเดียวกันนี้ในสิ่งมีชีวิตหรือไม่

วิธีการรักษาที่ใช้อยู่ในปัจจุบันสำหรับผู้ที่ถูกตะกั่วเจือปนในร่างกายมากกว่าปกติ ได้แก่การให้ยาจำพวก คีเลทติงเอเจนท์ โมเลกุลของคีเลทติงเอเจนท์เหล่านี้ มีความสามารถในการรวมตัวกับตะกั่ว และเมื่อรวมตัวกับตะกั่วแล้วจะถูกขับออกจากร่างกายทางไต แต่การเยียวยาวิธีนี้อาจก่อให้เกิดผลกระทบอื่น ๆ ได้หลายประการ เช่นคีเลทติงเอเจนท์ อาจไปทำปฏิกิริยากับกระดูกทำให้กระดูกปลด

ปล่อยตะกั่วเข้าสู่สายโลหิต นอกจากนี้ ก็เล็ดลอดเอเจนท์ อาจไปรวมตัวเข้ากับธาตุอื่นๆ ที่ร่างกายต้องการ เช่น แคลเซียม และถูกขับออกจากร่างกาย วิธีการรักษาควรมีการวิจัยมากขึ้นเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีที่ดีและเหมาะสมมากกว่านี้

2.2.1.3 ตัวอย่างของโรคตะกั่วที่พบ

กรณีของเด็ก ๆ ในแถบพระประแดง และในสหรัฐอเมริกาพบว่าเด็กเล็กตามแหล่งของชนกลุ่มน้อยที่อาศัยอยู่ในบ้านที่ไม่ถูกสุขลักษณะได้เกิดการเจ็บป่วย เนื่องจากได้กลืนสีชนิดที่มีสารตะกั่วเป็นองค์ประกอบ และการเจ็บป่วยของสัตว์ในสวนสัตว์เมืองนิวยอร์ก เป็นต้น ดังนั้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 เป็นต้นมา อุตสาหกรรมผลิตสีส่วนใหญ่จึงหันไปใช้สีที่มีสารประกอบของทิตเนียมเป็นองค์ประกอบแทนการใช้สารประกอบของตะกั่ว

ดังเป็นที่ทราบกันว่าปริมาณการใช้สารตะกั่วของมนุษย์ในยุคปัจจุบันเพิ่มมากขึ้นทุกที ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากเทคโนโลยีได้เจริญประกอบกับความต้องการใช้เครื่องทุ่นแรงต่าง ๆ ของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ดังนั้นปริมาณการใช้น้ำมันเบนซินเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ฉะนั้นสารประกอบของตะกั่วในรูปของเตตระเอทิลเลด (tetraethyl lead) ก็จะถูกนำมาใช้มากขึ้นเพื่อเพิ่มออกเทน และกันเครื่องยนต์น็อค เตตระเอทิลเลด (tetraethyl lead) เมื่อถูกออกซิไดส์ จะให้ตะกั่วออกไซด์ (PbO) ซึ่งจะจับอยู่ที่หัวเทียนและลิ้นของลูกสูบในเครื่องยนต์ได้ ดังนั้นจึงมักเติมโบรมีนหรือคลอรีนลงไปในน้ำมันเบนซินด้วยเพื่อเปลี่ยนตะกั่วให้อยู่ในรูปของ $PbBrCl$, $PbBr_2$ และ $PbCl_2$ ซึ่งสาร ดังกล่าวจะถูกปล่อยออกมาสู่บรรยากาศภายนอกทางท่อไอเสีย แล้วเข้าสู่มนุษย์และสัตว์โดยการหายใจ ปัจจุบันได้มีบริษัทน้ำมันของอเมริกาเช่น Amoco ได้ผลิตน้ำมันเบนซินชนิดที่มีออกเทนสูงพอสมควรแต่ไม่มีสารตะกั่วเจือปนอยู่เลยและราคาของน้ำมันเบนซินก็ไม่แพงเกินไป นับเป็นวิธีหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของตะกั่วในบรรยากาศลงได้พอสมควร

2.2.1 ความเป็นพิษของแคดเมียม (Cd)

แคดเมียมเป็นโลหะสีขาวเงินที่อ่อน มีใช้ในผลิตภัณฑ์หลายชนิด เช่น ใช้ทำนิกเกิล-แคดเมียม แบตเตอรี่ชนิดอัลคาไลน์ใหม่ได้ ใช้ทำโลหะผสม หรือชุบโลหะ หรือทำยางและพลาสติกต่าง ๆ

แคดเมียมที่เข้าไปอยู่ในสถานะแวดล้อมมีแหล่งต้นกำเนิดหลายแหล่ง เช่น ในอากาศมีแหล่งกำเนิดมาจากโรงงานถลุงสังกะสี ตะกั่ว และทองแดง จากการเผาไหม้ของพลาสติก สีชนิดต่าง ๆ น้ำมันเครื่อง ผลิตภัณฑ์ยางและควันทหารี่ เป็นต้น ในชนบทโดยทั่วไปปริมาณของแคดเมียมในอากาศจะมีน้อยกว่า 0.01 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (g/m^3) แต่ถ้าเป็นปริมาณใกล้เคียงกับโรงงานอุตสาหกรรม

กรรมบางประเภท ปริมาณของแคลเซียมในอากาศอาจสูงถึงหลายไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตรได้ จากการศึกษาพบว่าถ้าในอากาศมีแคลเซียมอยู่ในปริมาณ 0.1-0.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร($\mu\text{g}/\text{m}^3$) การหายใจของมนุษย์อาจทำให้แคลเซียมเข้าสู่ปอดได้ในปริมาณ วันละ 2-10 ไมโครกรัม สำหรับแคลเซียมที่มนุษย์หายใจเข้าสู่ปอดบางส่วน จะจับอยู่ที่ปอดและบางส่วนเข้าไปอยู่ที่ตับ ไต และเส้นเลือด ซึ่งจะส่งผลทำให้การทำงานของอวัยวะดังกล่าวเสื่อมสมรรถภาพลงด้วย

แคลเซียมสามารถเข้าไปอยู่ในน้ำได้ โดยการระบายน้ำเสียออกจากโรงงานบางประเภท เช่น โรงงานทำโลหะผสม โรงงานชุบโลหะ และโดยการละลายของเหล็กที่เคลือบด้วยโลหะสังกะสีชนิดมีแคลเซียมปนอยู่ น้ำตามธรรมชาติและน้ำดื่มโดยทั่วไปมีปริมาณของแคลเซียมในระดับสูงกว่า 10 ส่วนในพันล้านส่วน แต่ระดับของแคลเซียมในลักษณะอนุภาคที่แขวนลอยอยู่ในน้ำหรือตะกอนที่จมอยู่ก้นแหล่งน้ำจะมีค่าสูงกว่าแคลเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำ ถ้าเราน้ำวันละ 1-2 ลิตรต่อวัน จะได้รับแคลเซียม 20-40 ไมโครกรัม ถ้าน้ำนั้นมีแคลเซียมเจือปนอยู่ 20 ส่วนในพันล้านส่วน สำนักงานคณะกรรมการป้องกันสิ่งแวดล้อมของสหรัฐอเมริกาได้กำหนดมาตรฐานสำหรับน้ำดื่มไว้ว่า ควรมีแคลเซียมเจือปนอยู่ไม่เกิน 10 ส่วนในพันล้านส่วน

แคลเซียมที่เข้าไปปะปนอยู่ในอาหาร เกิดจากการละลายของโลหะที่ใช้ทำกระป๋อง หรือภาชนะใส่อาหารอื่นเนื่องจากอาหารหรือเครื่องดื่มนั้น ๆ มีฤทธิ์เป็นกรด จากการศึกษาของนักวิจัยในหลายประเทศ พอประมาณการได้ว่า มนุษย์ได้รับแคลเซียมจากอาหารราววันละ 4-64 ไมโครกรัม สำหรับปริมาณของแคลเซียมที่สะสมอยู่ในร่างกายขึ้นอยู่กับวัยและแหล่งที่อยู่อาศัย เช่น เด็กแรกเกิดจะมีแคลเซียมอยู่ในร่างกายโดยเฉลี่ยเพียง 1 ไมโครกรัม แต่เมื่อเป็นผู้ใหญ่ปริมาณแคลเซียมจะสูงขึ้น เช่น ผู้ใหญ่ที่มีอายุประมาณ 50 ปี จะมีแคลเซียมอยู่ในร่างกายตั้งแต่ 10 มิลลิกรัม ถึง 50-60 มิลลิกรัม และพบว่าถ้าระดับของแคลเซียมในประชากรของแอฟริกาที่มีค่าต่ำที่สุด ส่วนชาวญี่ปุ่นมีค่าสูงที่สุด สำหรับในคนที่ตายด้วยโรคแคลเซียมเป็นพิษพบว่ามีความเข้มข้นแคลเซียมอยู่ในร่างกาย 100-1,200 มิลลิกรัม

สำหรับมลพิษของแคลเซียมนับว่าเป็นอันตรายร้ายแรงต่อสุขภาพมีหลักฐานว่า แคลเซียมมีส่วนทำให้เกิดเป็นโรคความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจวายได้ เช่น สหรัฐอเมริกาพบว่าปริมาณของแคลเซียม ในอากาศและในน้ำนั้นมีความสัมพันธ์กับอัตราการตายของมนุษย์ด้วยโรคหัวใจวาย จากการทดลองพบว่าแคลเซียมสามารถทำให้สัตว์ทดลองหลายชนิดเป็นหมันได้อย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะแคลเซียมเป็นพิษต่อลูกอ๊อดและเซลล์ของสเปิร์ม นอกจากนี้แคลเซียมและสารประกอบของแคลเซียมยังทำให้เกิดเนื้องอกชนิดร้ายแรงในหนูได้ แต่ยังไม่มีความชัดเจนว่าทำให้เกิดมะเร็งในมนุษย์ได้ สำหรับความดันของเลือดในสัตว์ทดลองและมนุษย์อันเนื่องมาจากแคลเซียมสามารถทำให้ลดลงได้โดยใช้ คีเลตติ้งเอเจนต์ ซึ่งสารจำพวกนี้จะทำให้แคลเซียมในร่างกายถูกแทนที่โดยสังกะสี

นอกจากมลพิษดังกล่าวโรคแคดเมียมเป็นพิษยังเป็นอันตรายต่อไตและตับ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีแคดเมียมสะสมอยู่ในปริมาณที่สูงมาก สำหรับความเป็นพิษของแคดเมียมเชื่อว่าเกิดจากการที่แคดเมียมไปแทนที่สังกะสีในเอนไซม์บางชนิดที่มีอยู่ในร่างกายทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำงานตามปกติได้

2.2.1.3 ตัวอย่างของโรคแคดเมียมเป็นพิษที่พบ

โศกนาฏกรรมครั้งสำคัญเกี่ยวกับแคดเมียมเป็นพิษเกิดขึ้นหลังสงครามโลกครั้งที่ 2 ในประเทศญี่ปุ่น โดยโรคนี้เกิดขึ้นในเมืองโทยามา อาการเริ่มแรกของโรคคือ ระบบไตทำงานผิดปกติ และต่อมาก็เกิดการเจ็บปวดที่กระดูกในส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย Dr. Noborn Hagino ได้เรียกโรคนี้ว่า “itai-itai kyo” หรือ “ouch-ouch disease” โรคนี้มักเกิดกับสตรีสูงอายุในวัยหมดประจำเดือนที่เคยมีบุตรแล้วหลายคน ชิ้นส่วนของกระดูกที่เกิดการเจ็บปวดคือกระดูกขาอ่อน กระดูกสันหลังและกระดูกซี่โครง ผลต่อเนื่องจากโรคดังกล่าวคือ ทำให้กระดูกเสียรูปทรงไปจากเดิม ทำให้การเดินของคนไข้มีลักษณะเช่นเดียวกับคนเป็นง่อย และในที่สุดกระดูกต่าง ๆ จะแตกหรือหักได้ง่ายมาก แม้การไอแรง ๆ ก็อาจทำให้กระดูกเกิดรอยแตกได้ และจากรายงานกล่าวว่าภายใน 20 ปีมีชาวญี่ปุ่นที่อาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงแม่น้ำ Jintsu ตายไปกว่า 100 คน สำหรับแหล่งของโรคแคดเมียมเป็นพิษเกิดจากการปล่อยของเสียจากเหมือง Komioka ซึ่งเป็นของ Mitsui Mining and Smelting Company ซึ่งเป็นผู้ผลิตทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี อนุภาคของแคดเมียมซึ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำได้ถูกระบายจากแม่น้ำ Jintsu ขึ้นไปเลี้ยงดินข้าวในนา จากการศึกษาพบว่าความสัมพันธ์อันเกี่ยวกับการเกิดของโรคและปริมาณแคดเมียมในข้าวซึ่งมีอยู่ประมาณ 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ประชากรในบริเวณที่เกิดโรคได้รับแคดเมียมเข้าสู่ร่างกายประมาณวันละ 605 ไมโครกรัม นอกจากนี้ในระยะต่อมายังพบโรคแคดเมียมเป็นพิษเกิดขึ้นที่เกาะ Tsushima ของญี่ปุ่นอีก โดยมีสาเหตุของมลพิษมาจากการระบายของเสียออกจากโรงงานของบริษัท Toho Zinc ดังนั้นจะเห็นได้ว่ากิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ที่ทำให้แคดเมียมเข้าไปอยู่ในสถานะแวดล้อมมีผลในทางลบคือ ทำให้มนุษย์และสัตว์เกิดโรคแคดเมียมเป็นพิษได้

2.2.3 ทองแดง (Copper : Cu)

เป็นโลหะที่ใช้มากที่สุดโลหะหนึ่ง (รองจากเหล็ก) เพราะมีคุณสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนดีเยี่ยม ทนต่อการผุกร่อน แข็งแรง ดึงเป็นเส้น และตีแผ่บางๆ ได้ มีความหนาแน่น 8.94 กรัมต่อลูกบาศก์เมตร ที่ 20 องศาเซลเซียส มีการนำทองแดงมาใช้ประโยชน์หลายด้านดังนี้

- ใช้ทำเส้นลวดไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าและเครื่องมือไฟฟ้าต่างๆ
- ใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง
- ใช้ในการผลิตหม้อต้มน้ำ ถังน้ำ ถังน้ำ ท่อน้ำ ขดลวด ถาดน้ำร้อน ฯลฯ
- ใช้เคลือบผิวโลหะ
- ใช้ทำโลหะเจือทองแดง (bronze) เป็นโลหะเจือของทองแดง ดีบุก และสังกะสีเล็กน้อย (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525 : 147-149)

ทองแดงเป็นโลหะที่ร่างกายต้องการในปริมาณเล็กน้อย (trace element) เช่น จำเป็นสำหรับกระบวนการเผาผลาญอาหาร (Metabolism) การสังเคราะห์เอ็นไซม์ และเป็นส่วนประกอบของฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ดังนั้นทองแดงในปริมาณน้อยไม่เพียงแต่ไม่เป็นพิษแต่ยังมีประโยชน์ต่อร่างกาย แต่ถ้ามีปริมาณสูงเกินไปอาจก่อให้เกิดโทษและเป็นพิษได้ เช่น คอปเปอร์ซัลเฟต (CuSO_4) 24 กรัม จะทำให้ตายได้ ถ้ารับประทานน้อยกว่านี้จะเกิดอาการอาเจียน เหน็บชา และลำคอก

นอกจากทองแดงจะมีประโยชน์ต่อร่างกายมนุษย์แล้ว ยังเป็นธาตุที่จำเป็นแก่พืช เพราะจำเป็นสำหรับการสังเคราะห์คลอโรฟิลล์ และเอ็นไซม์ของพืช

2.2.4 สังกะสี (Zinc : Zn)

สังกะสีไม่พบในรูปธาตุอิสระ โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของซัลไฟด์ (ZnS) เรียกว่า spalerite หรือ Zinc blende และมักอยู่ปะปนกับซัลไฟด์ของโลหะอื่นๆ เช่น เหล็ก ตะกั่ว แคลเมียม และทองแดง สังกะสีบริสุทธิ์เป็นโลหะสีขาวปนน้ำเงินเล็กน้อย มีความหนาแน่น 7.133 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร มีการนำสังกะสีมาใช้อย่างกว้างขวางเช่น

- ใช้ประโยชน์ในรูปของโลหะเจือ เช่น กับทองแดง (Cu) และอลูมิเนียม (Al)
- ใช้เคลือบผิว (galvanizing) เหล็กกล้าเพื่อป้องกันการขึ้นสนิมของเหล็กกล้า
- ใช้เติมในยางและสี
- อื่นๆ เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ ฟิล์มไฟฟ้า อะโนดของเซลล์ไฟฟ้า ถ่านไฟฉาย (dry cell) (ชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525 : 669-674)

สังกะสีเป็นธาตุชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญต่อการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต และเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของเอ็นไซม์หลายชนิด เช่นเดียวกับทองแดง ถ้าได้รับสังกะสีในปริมาณมากจะทำให้เกิดอาการอ่อนเพลีย วิงเวียนศีรษะ ปวดกล้ามเนื้อ คลื่นไส้ อาเจียน (กิตติ เอกอำพัน, 2531 : 30)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการเก็บตัวอย่างน้ำ

การที่จะเก็บตัวอย่างน้ำที่มีลักษณะใกล้เคียงกับลักษณะของน้ำเสียทั้งหมดนั้น จำเป็นต้องเลือกวิธีเก็บตัวอย่างน้ำที่เหมาะสม ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 วิธี คือ

1. การเก็บแบบจ้วง (grab sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงเอาเลย ๆ แล้วนำไปวิเคราะห์หาค่าที่ต้องการทราบ ดังนั้น ตัวอย่างน้ำจะแสดงให้เห็นถึงลักษณะของน้ำ ณ จุดเก็บเฉพาะเวลานั้นเท่านั้น การเก็บตัวอย่างน้ำแบบนี้มีข้อดีในกรณีที่

ก. น้ำเสียไม่ได้ไหลแบบต่อเนื่อง เช่น ปล่อยทิ้งเป็นครั้งคราวเนื่องจากกระบวนการผลิตเดินเครื่องเป็นช่วง ๆ

ข. น้ำเสียมีลักษณะไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก

ค. ต้องการศึกษาการเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเสีย ตามกรรมวิธีการผลิต ในกรณีนี้ต้องจ้วงเก็บตัวอย่างหลายตัวอย่าง ณ เวลาต่าง ๆ มาเทียบกัน

ง. ต้องการหาลักษณะบางอย่างของน้ำเสีย ณ จุดที่เก็บ เนื่องจากค่าเหล่านั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย เช่น พีเอช อุณหภูมิ ออกซิเจนละลาย ตะกอนหนักหรือคลอรีนหลงเหลือ

2. การเก็บแบบผสมรวม (composite sampling) เป็นการเก็บตัวอย่างหลาย ๆ ครั้งต่อช่วงการผลิต โดยแบ่งแต่ละช่วงระยะเวลาของการเก็บให้สม่ำเสมอ ปริมาณการเก็บขึ้นกับอัตราการไหลของน้ำ แล้วนำมารวมลงในถังเก็บใบเดียวกันซึ่งควบคุมอุณหภูมิไว้ประมาณ 10 องศาเซลเซียส การเก็บวิธีนี้มีข้อดีตรงที่ลดจำนวนตัวอย่างน้ำที่ต้องวิเคราะห์ ถ้าใช้จ่ายเคมีภัณฑ์ และเวลาในการศึกษาได้มาก แต่ถึงอย่างไรก็มีข้อเสีย คือ ต้องใช้เวลาในการเก็บตัวอย่างนานกว่าวิธีแรก

ข้อบกพร่องในการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวมอาจจะเกิดขึ้นได้ เป็นต้นว่า

ก. การเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้งที่จุดเดียวกัน ใช้วิธีไม่เหมือนกัน

ข. การถ่ายตัวอย่างน้ำจากจุดที่เก็บลงถึงพักไว้ในถัง อาจทำให้ผลการวิเคราะห์ผิดพลาดได้

ในการเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อให้ได้ข้อมูลจากกระบวนการผลิตอย่างสมบูรณ์ ต้องเก็บทั้งแบบจ้วงและแบบผสมรวม การเก็บไม่เพียงแต่จะเก็บจากท่อน้ำเสียรวมเท่านั้น แต่ควรเก็บจากแต่ละจุดในกระบวนการผลิตที่มีน้ำเสียออกมาด้วย

3. ช่วงความถี่ของการเก็บตัวอย่างน้ำและจำนวนครั้งของการเก็บขึ้นอยู่กับอัตราการไหลและลักษณะของน้ำเสียนั้น ๆ สำหรับการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วงอาจจะเก็บชั่วโมงละครั้งถ้ามีลักษณะที่แปรปรวนมาก หรืออาจจะเก็บทุก 2, 4, 8 และ 16 หรือ 24 ชั่วโมงต่อครั้งในกรณีที่ลักษณะของน้ำเสียนั้นไม่ค่อยแปรผัน แต่ถ้าเป็นการเก็บตัวอย่างน้ำแบบผสมรวม เวลาที่กำหนดจะขึ้น

อยู่กับลักษณะของน้ำเสียและไม่ควรเกิน 24 ชั่วโมง ถ้าลักษณะของน้ำค่อนข้างคงที่ควรใช้เวลาในการเก็บทั้งหมดอยู่ระหว่าง 8-12 ชั่วโมง ก็พอ

ตาราง 2.1 ช่วงเวลาที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างน้ำสำหรับวิเคราะห์หาค่าต่างๆ

ค่าที่ต้องการวิเคราะห์	น้ำเสียที่มีลักษณะแปรผันมาก	น้ำเสียที่มีลักษณะแปรผันน้อย
บีโอดี	4 ชั่วโมง	12 ชั่วโมง
ซีโอดี	2 ชั่วโมง	8 ชั่วโมง
เอสเอส	8 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
สภาพค่าง สภาพกรด	1 ชั่วโมง*	8 ชั่วโมง*
พีเอช	เก็บต่อเนื่องกันไป	4 ชั่วโมง
ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส	24 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง
โลหะหนัก	4 ชั่วโมง	24 ชั่วโมง

4. ปริมาณตัวอย่างน้ำ ในการเก็บตัวอย่างน้ำแต่ละครั้ง ผู้เก็บตัวอย่างน้ำต้องตั้งจุดมุ่งหมายไว้ก่อนว่าต้องการเก็บตัวอย่างน้ำไปเพื่อวิเคราะห์หาค่าอะไรบ้าง เพื่อที่จะได้เก็บตัวอย่างน้ำให้มีปริมาณมากพอที่จะทำการวิเคราะห์ได้ตามต้องการ ในกรณีการเก็บแบบผสมรวมปริมาณตัวอย่างน้ำควรจะสัมพันธ์กับอัตราการไหลของน้ำด้วย โดยทั่วไปแล้วควรเก็บตัวอย่างน้ำรวมแล้วปริมาณรวมไม่น้อยกว่า 5 ลบ.ม. (ลิตร)

2.3 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

โดยทั่วไปผลการวิเคราะห์จะน่าเชื่อถือ และเป็นตัวแทนคุณภาพน้ำที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงที่สุด เมื่อต้องทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำทันทีภายหลังการเก็บตัวอย่างทั้งนี้เพราะเมื่อทิ้งตัวอย่างไว้นาน จะเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะทั้งทางด้านเคมีและชีววิทยาได้ การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับลักษณะของตัวอย่างน้ำแต่ละประเภท ข้อมูลที่ต้องการวิเคราะห์และสภาพการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ เช่น การเปลี่ยนแปลงลักษณะน้ำเนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ถ้าทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิต่ำ (4 องศาเซลเซียส) จะสามารถลดการเปลี่ยนแปลงซึ่งอาจจะเกิดขึ้นในช่วงเวลาก่อนทำการตรวจวิเคราะห์ได้อย่างมาก

หลักการโดยทั่วไปที่ต้องทำการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ ก็เพื่อป้องกันและลดอัตราการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของตัวอย่างในช่วงเวลาหลังการเก็บและก่อนตรวจวิเคราะห์ เป็นต้นว่า

1. ชะลอปฏิกิริยาทางชีววิทยา
2. ชะลอการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบ (compounds) และสารประกอบเชิงซ้อน (complex compounds) ในกระบวนการไฮโดรไลซิส
3. ลดการระเหยขององค์ประกอบของสารในน้ำ

วิธีการเก็บรักษาตัวอย่างน้ำโดยทั่วไปทำได้โดย ควบคุมค่าพีเอช การเติมสารเคมี การแช่เย็น และการแช่แข็ง ดังแสดงในตารางที่ 2 และ 3

ตาราง 2.2 การเก็บรักษาตัวอย่างโดยการยับยั้งการเปลี่ยนแปลง

วิธีเก็บรักษา	กลไก	ใช้ได้กับ
HgCl_2 HNO_3 H_2SO_4	ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ละลายโลหะ , ป้องกันการตกผลึก ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	ฟอสฟอรัส โลหะ สารอินทรีย์ (ซีโอไซด์, น้ำมัน และ ไบโอมิน, อินทรีย์คาร์บอน ฯลฯ) แอมโมเนีย , อามีน
NaOH การแช่แข็ง หรือการแช่เย็น	สร้างเกลือโดยจับกับเบสในรูปสารอินทรีย์ สร้างเกลือโดยจับกับสารระเหยง่าย ยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์	โซดาไฟ, กรดอินทรีย์ สภาพกรด, สภาพด่าง, สาร อินทรีย์, บีโอดี, กลิ่น, อินทรีย์ ฟอสฟอรัส, ซี, อินทรีย์ ไนโตรเจน, คาร์บอน, โคลิฟอร์ม ฯลฯ

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย , พิมพ์ครั้งที่ 2 , ปี 2535

ตาราง 2.3 การเก็บรักษาตัวอย่างน้ำ

พารามิเตอร์	การเก็บรักษา	ช่วงระยะเวลาอมให้เก็บ
สภาพกรด-สภาพด่าง	แช่เย็น 4 °ซ	24 ชั่วโมง
บีโอดี	แช่เย็น 4 °ซ.	6 ชั่วโมง
แคลเซียม	ไม่จำเป็น	7 วัน
ซีโอดี	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช < 2 ,แช่เย็น 4 °ซ.	7 วัน
คลอไรด์	ไม่จำเป็น	7 วัน
สี	แช่เย็น 4 °ซ	48 ชั่วโมง
สภาพนำไฟฟ้า	แช่เย็น 4 °ซ	28 วัน
ปริมาณของแข็ง	แช่เย็น 4 °ซ	7 วัน
ความขุ่น	เก็บในที่มืด , แช่เย็น 4 °ซ	24 ชั่วโมง
สารฆ่าแมลง	เก็บในที่มืด , แช่เย็น 4 °ซ ถ้ามีกลอรีนตกค้างให้เติมกรดแอสลอบิก 1000 มก./ลบ.คม.	7 วัน
ไซยาไนด์	NaOHถึงพีเอช<12,เก็บในที่มืด,แช่เย็น4°ซ	24 ชั่วโมง
ดีโอ	วิเคราะห์ทันที	เก็บเก็บ
ฟลูออไรด์	ไม่จำเป็น	28 วัน
ความกระด้าง	เติม HNO_3 ถึงพีเอช<2	6 เดือน
โลหะ	เติม HNO_3 ถึงพีเอช<2	6 เดือน
โลหะละลาย	กรองทันที เติม HNO_3 ถึงพีเอช<2	6 เดือน
แอมโมเนีย	ควรวิเคราะห์เร็วที่สุดหรือเติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2 ถ้ามีกลอรีนตกค้างควรทำลายทันที	7 วัน
เจลาห์ลในโตรเจน	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2 , แช่เย็น4°ซ	7 วัน
ไนเตรด	ควรวิเคราะห์เร็วที่สุดหรือแช่เย็น4°ซ	48 ชั่วโมง
ไนไตรต์	ควรวิเคราะห์เร็วที่สุดหรือแช่เย็น4°ซ	ไม่คงรูป
ไนเตรด-ไนไตรต์	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2 , แช่เย็น4°ซ	ไม่คงรูป
น้ำมันและไขมัน	เติม H_2SO_4 ถึงพีเอช<2 , แช่เย็น4°ซ	24 ชั่วโมง
ทีโอซี	2 ลบ.ชม. H_2SO_4 /ลบ.คม.(pH2)	7 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พีเอช	วิเคราะห์ทันที	2 ชั่วโมง
กลิ่น	ควรวิเคราะห์เร็วที่สุดหรือแช่เย็น 4 ⁰ ซ	6 ชั่วโมง
ฟีนอล	เติม H ₂ SO ₄ ถึงพีเอช < 2 , แช่เย็น 4 ⁰ ซ	24 ชั่วโมง
ฟอสเฟต	ฟอสเฟตละลายให้กรองทันที, แช่เย็น 4 ⁰ ซ	48 ชั่วโมง

ที่มา : คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย , พิมพ์ครั้งที่ 2 , ปี 2535

2.4.1 การส่งตัวอย่างน้ำเข้าห้องปฏิบัติการ

ตัวอย่างน้ำเมื่อเก็บมาแล้วต้องรีบส่งเข้าห้องปฏิบัติการเพื่อตรวจวิเคราะห์ทันที แต่ถ้ามีเหตุจำเป็นไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ ควรเก็บรักษาดังต่อไปนี้ไว้ในห้องเย็นที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ และเขียนฉลากติดไว้ที่ข้างขวด



บทที่ 3

การวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

- 3.1.1 กรดไนตริก 65 % เกรดวิเคราะห์ บริษัท CARLO ERBA REAGENTI
- 3.1.2 ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 % เกรดวิเคราะห์ บริษัท MERCK
- 3.1.3 กรดเปอร์คลอริก 70 % เกรดวิเคราะห์ บริษัท MERCK

3.2 อุปกรณ์

- 3.2.1 เครื่องไมโครเวฟ ยี่ห้อ MILESTONE รุ่น MLS 1200 mega
- 3.2.2 ตู้อบแบบอากาศร้อน ยี่ห้อ MEMMERT
- 3.2.3 ตู้เย็น ยี่ห้อ NATIONAL
- 3.2.4 เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโคปี ยี่ห้อ SHIMAZU รุ่น 760
- 3.2.5 เครื่องชั่งแบบดิจิตอล ยี่ห้อ SWISS QUALITY รุ่น PRECISA 205 A
- 3.2.6 ขวดพอลิเอทิลีน
- 3.2.7 เครื่องเก็บตัวอย่างดิน (Grap Sampling)

3.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 3.3.1 สำนวณน้ำและกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง
- 3.3.2 การเก็บตัวอย่างและตรวจวิเคราะห์
- 3.3.3 สรุปผลการทดลอง

3.4 วิธีการทดลอง

3.4.1 การเก็บตัวอย่างน้ำ

- 3.4.1.1 นำขวดพลาสติกพอลิเอทิลีน มาแช่กรดเจือจาง(กรดไนตริก 20 %) อย่างน้อย 1 สัปดาห์
- 3.4.1.2 เมื่อจะเก็บตัวอย่างให้เทกรดออกแล้วนำมาล้างด้วยน้ำกลั่น แล้วเช็ดให้แห้ง
- 3.4.1.3 เขียนตำแหน่ง และจุดที่จะเก็บตัวอย่าง พร้อมวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

3.4.1.4 นำขวดพลาสติกมาทำการเก็บตัวอย่างน้ำแบบจ้วง

3.4.1.5 เติมกรดไนตริกเข้มข้น ประมาณ 5 มิลลิลิตรต่อตัวอย่าง 1 ลิตร ปิดฝาเขย่า เพื่อรักษาตัวอย่าง

3.4.1.6 นำขวดแช่ในกล่องที่บรรจุน้ำแข็งขณะเดินทางมาห้องปฏิบัติการ

3.4.1.7 นำตัวอย่างน้ำเก็บเข้าสู่เย็นที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.4.2 การเก็บตัวอย่างดินตะกอน

3.4.2.1 นำถุงพลาสติกสำหรับเก็บดินตะกอนมาเขียนตำแหน่ง จุดที่เก็บ และวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

3.4.2.2 เก็บตัวอย่างดินตะกอนจากลำน้ำ โดยใช้เครื่องมือเก็บดินตัวอย่าง

3.4.2.3 บรรจุดินตะกอนที่เก็บได้ใส่ถุงพลาสติกที่เตรียมไว้ แล้วเก็บใส่กล่องที่มีน้ำแข็ง นำมาที่ห้องปฏิบัติการ

3.4.2.4 นำดินตะกอนตัวอย่างเก็บใส่ตู้เย็นที่ อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาตัวอย่างก่อนทำการวิเคราะห์ต่อไป

3.4.3 การย่อยน้ำตัวอย่าง

3.4.3.1 ปิเปิดน้ำตัวอย่าง 10 มิลลิลิตร ลงในเวสเซลของไมโครเวฟ

3.4.3.2 เติมกรดไนตริก 65 % 5 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 35 % 1 มิลลิลิตร

3.4.3.3 นำเวสเซลเข้าเครื่องไมโครเวฟ แล้วทำตามคู่มือการใช้ เครื่องไมโครเวฟ โดยใช้โปรแกรม การย่อยน้ำเสีย (218)

3.4.3.4 เมื่อย่อยเสร็จนำไปปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริกให้ได้ 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.4.4 การย่อยดินตะกอน

3.4.4.1 นำดินตะกอนกรองด้วยเครื่องกรองสูญญากาศ

3.4.4.2 นำดินตะกอนที่กรองใส่ถ้วยระเหย แล้วเข้าสู่อบที่ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส อบนาน 2 ชั่วโมง

3.4.4.3 ชั่งดินตะกอนมา 0.2 กรัม ใส่ในเวสเซล

3.4.4.4 เติมกรดไนตริก 65 % 5 มิลลิลิตร กรดเปอร์คลอริก 70 % 2 มิลลิลิตร และไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ 30 % 1 มิลลิลิตร

3.4.4.5 นำเวสเซลเข้าเครื่องไมโครเวฟ แล้วตั้งโปรแกรมย่อยดินตะกอน

3.4.4.6 เมื่อย่อยเสร็จนำไปปรับปริมาตรด้วยกรดไนตริก ให้ได้ 25 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอ็บซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

3.4.5 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายมาตรฐานจากสต็อกเข้มข้น 1000 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ของแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เพื่อเตรียมเป็นสารละลายเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วน (ppm) โดยปิเปตมาอย่างละ 1 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร เติมน้ำปราศจากไอออน ปรับปริมาตรจนครบ ผสมให้เข้ากัน ปิเปตสารจากขวดวัดปริมาตร เพื่อทำการฟมาตรฐาน ณ ระดับความเข้มข้นต่างๆ



การกำหนดจุดเก็บตัวอย่าง

ในการทำการศึกษหาปริมาณโลหะหนักได้ทำการกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนบริเวณคลองธรรมชาติรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังและครอบคลุมที่มาของแหล่งน้ำเสียให้มากที่สุดโดยกำหนดจุดเก็บออกเป็น 7 จุดดังนี้

จุดที่ 1 บริเวณคลองลำปลาทิว เป็นจุดที่อยู่ใกล้นิคมฯ มากที่สุด มีการปล่อยน้ำเสียจากโรงงานในนิคมฯและชุมชนในบริเวณใกล้เคียง

จุดที่ 2 บริเวณคลองลำซวดเตย เป็นรอยต่อระหว่างนิคมฯ และน้ำจะไหลลงไปรวมที่คลองสี่ และเป็นบริเวณที่มีหมู่บ้านจัดสรรมากมีน้ำใช้จากบ้านเรือนปล่อยลงมามาก

จุดที่ 3 คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์ เป็นจุดอ้างอิงเพราะมีการใช้กิจกรรมน้อย

จุดที่ 4 บริเวณรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว เป็นแหล่งชุมชน มีตลาดตั้งอยู่มีการใช้กิจกรรมมาก

จุดที่ 5 คลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ เป็นจุดที่ติดกับสถาบันมากที่สุด และมีการใช้กิจกรรมบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับโลหะหนัก

จุดที่ 6 บริเวณรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่ เป็นจุดที่เชื่อมต่อระหว่างคลองที่ติดกับสถาบันฯกับคลองสี่

จุดที่ 7 บริเวณคลองสี่ เป็นคลองที่ยาวที่สุดและเป็นคลองที่น้ำจากคลองต่างๆไหลมารวมกัน



รูปที่ 3.2 แสดงจุดเก็บที่ 1 บริเวณคลองลำปลาหัว ต.คณิศรอุตสาหกรรมการเกษตรกระบัง



รูปที่ 3.3 แสดงจุดเก็บที่ 2 บริเวณคลองลำชวดเตยเป็นคลองเชื่อมต่อนิคมอุตสาหกรรมการเกษตรกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงจุดเก็บที่ 3 บริเวณคลองลำปลาทิว บริเวณวัดสุธาโกชน์ (เป็นจุดอ้างอิงเพราะมีการใช้กิจกรรมน้อย)



รูปที่ 3.5 แสดงจุดเก็บที่ 4 บริเวณรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³⁰ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงจุดเก็บที่ 5 คลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์



รูปที่ 3.7 แสดงจุดเก็บที่ 6 บริเวณรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา³¹จะต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงจุดเก็บที่ 7 บริเวณคลองสี่

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ด้านโลหะหนัก ซึ่งได้กำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อการวิเคราะห์ 7 จุด การกำหนดจุดเก็บตัวอย่างน้ำ กำหนดตามแหล่งที่อาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ ระยะเวลาเก็บตัวอย่างเริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม 2542 ถึงเดือนกันยายน 2542 โดยกำหนดให้เดือนมีนาคมถึงเดือนมิถุนายน 2542 เป็นตัวแทนของคุณภาพน้ำในช่วงฤดูแล้ง และกำหนดให้ตัวอย่างน้ำในเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนกันยายน 2542 เป็นตัวแทนคุณภาพน้ำในช่วงฤดูฝน

การเก็บตัวอย่างจะทำการเก็บ ณ ระดับกึ่งกลางความลึก โดยเก็บตัวอย่างน้ำในขวดพลาสติกขาว (polyethylene) ซึ่งทำความสะอาดเรียบร้อยด้วย กรดไนตริก 6 โมลาร์ ($6M HNO_3$) และเก็บรักษาน้ำตัวอย่างด้วยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูงในเกรดวิเคราะห์ ปริมาณ 1 มิลลิลิตรต่อปริมาณน้ำตัวอย่าง 500 มิลลิลิตร นำน้ำตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์โลหะหนักต่อไปนี้ คือ แคดเมียม , ทองแดง , ตะกั่ว และสังกะสี โดยเครื่อง Atomic Absorption spectrophotometer AA-760 (ของบริษัท Shimadzu) นำผลที่ได้จากการวิเคราะห์แสดงในตารางที่ 4.1-4.16 มีค่าเฉลี่ยของโลหะหนักต่าง ๆ ในน้ำ มีดังนี้ คือ ปริมาณแคดเมียมสูงสุด 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 6 (ซึ่งเป็นรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่) และต่ำสุด 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) ปริมาณทองแดงสูงสุด 0.065 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) และปริมาณต่ำสุด 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 4 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว) ปริมาณตะกั่วสูงสุด 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย) และปริมาณต่ำสุดไม่สามารถตรวจวัดได้ ในจุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) จุดเก็บที่ 4 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว) และจุดเก็บที่ 7 (คลองสี่) ปริมาณสังกะสีสูงสุด 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง) และต่ำสุด 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 6 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่) ส่วนค่าเฉลี่ยของโลหะหนักต่าง ๆ ในดินตะกอนมีดังนี้ คือ ปริมาณแคดเมียมสูงสุด 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย เป็นคลองเชื่อมต่อนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง) และต่ำสุด 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) ปริมาณทองแดงสูงสุด 0.935 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย เป็นคลองเชื่อมต่อนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง) และต่ำสุด 0.172 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์)

ปริมาณตะกั่วสูงสุด 0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 5 (คลองประเวศบุรีรมย์ติดคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์) และต่ำสุด 0.138 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดนิคมอุตสาหกรรม อุตฯ ลาดกระบัง) ปริมาณสังกะสีสูงสุด 2.915 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 2 (คลองลำซดเคยเป็นคลองเชื่อมต่อนิคมอุตสาหกรรม อุตฯ ลาดกระบัง) และต่ำสุด 0.877 มิลลิกรัมต่อลิตร ในจุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดนิคมอุตสาหกรรม อุตฯ ลาดกระบัง) เมื่อนำผลการวิเคราะห์ของตัวแปรต่าง ๆ มาเขียนกราฟ จะได้กราฟดังรูป 4.1-4.14

1. ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ด้านโลหะหนัก ตั้งแต่เดือนมีนาคม 2542 ถึง เดือนกันยายน 2542

ภายหลังการเก็บตัวอย่างน้ำและดินตะกอนมาทำการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ในช่วงมีนาคม - กันยายน 2542 ได้ผลดังตาราง 4.1- 4.16

ตาราง 4.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในน้ำตัวอย่าง

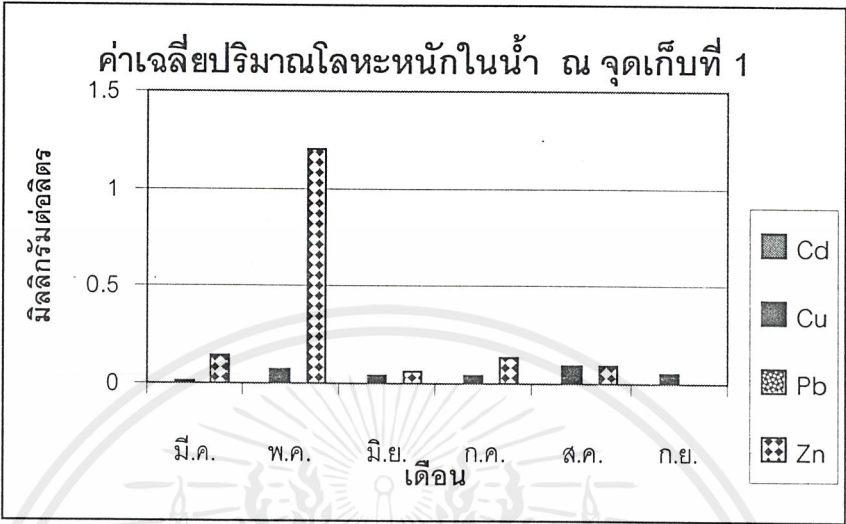
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.001	0.015	ND	0.141
พฤษภาคม	0.002	0.068	0.003	1.207
มิถุนายน	ND	0.046	0.001	0.064
กรกฎาคม	ND	0.045	ND	0.129
สิงหาคม	0.001	0.091	ND	0.095
กันยายน	ND	0.052	ND	ND
ค่าเฉลี่ย	0.001	0.053	0.002	0.327
SD	0.001	0.023	0.001	0.441

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.001% ทองแดงน้อยกว่า 0.023% ตะกั่วน้อยกว่า 0.001% และสังกะสีน้อยกว่า 0.441%

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.1 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในน้ำตัวอย่าง

เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.001	0.022	0.006	0.086
พฤษภาคม	0.002	0.061	0.006	0.451
มิถุนายน	0.002	0.068	ND	0.016
กรกฎาคม	ND	0.044	ND	0.094
สิงหาคม	ND	0.108	ND	0.144
กันยายน	0.001	0.044	ND	0.024
ค่าเฉลี่ย	0.002	0.058	0.006	0.136
SD	0.001	0.029	0.000	0.161

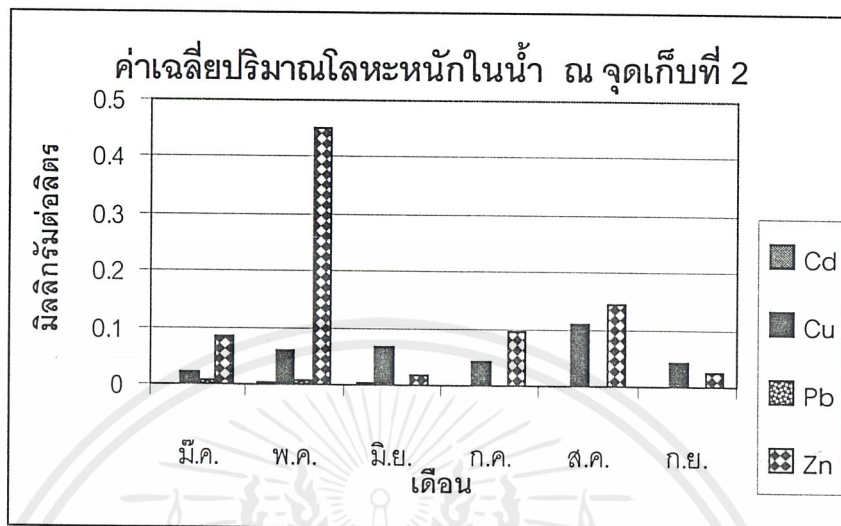
ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.001% ทองแดงน้อยกว่า 0.029% ตะกั่วน้อยกว่า 0.000% และสังกะสีน้อยกว่า 0.161%

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.2 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในน้ำตัวอย่าง

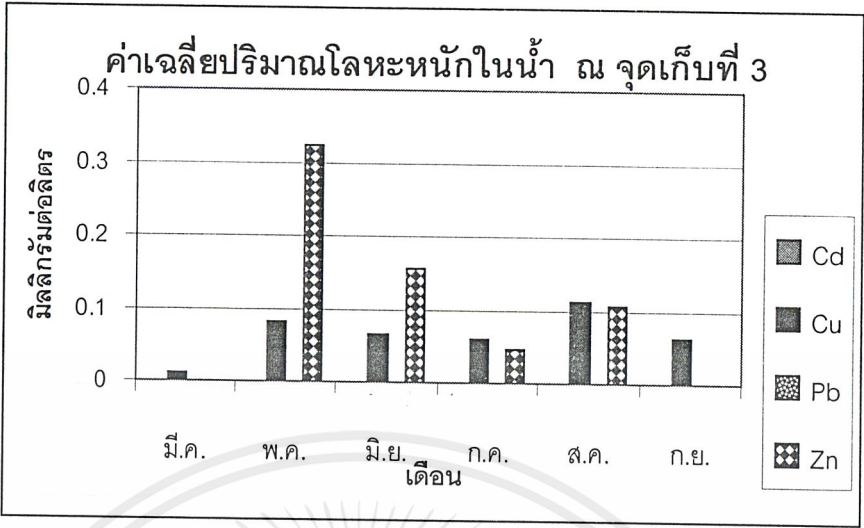
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	ND	0.012	ND	ND
พฤษภาคม	0.001	0.081	ND	0.323
มิถุนายน	ND	0.066	ND	0.155
กรกฎาคม	ND	0.059	ND	0.046
สิงหาคม	ND	0.112	ND	0.106
กันยายน	ND	0.062	ND	ND
ค่าเฉลี่ย	0.001	0.065	0	0.158
SD	-	0.033	-	0.118

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทองแดงน้อยกว่า 0.033% และสังกะสีน้อยกว่า 0.118% (ส่วนแคดเมียมและตะกั่วไม่สามารถหาค่าได้)

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.3 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในน้ำตัวอย่าง

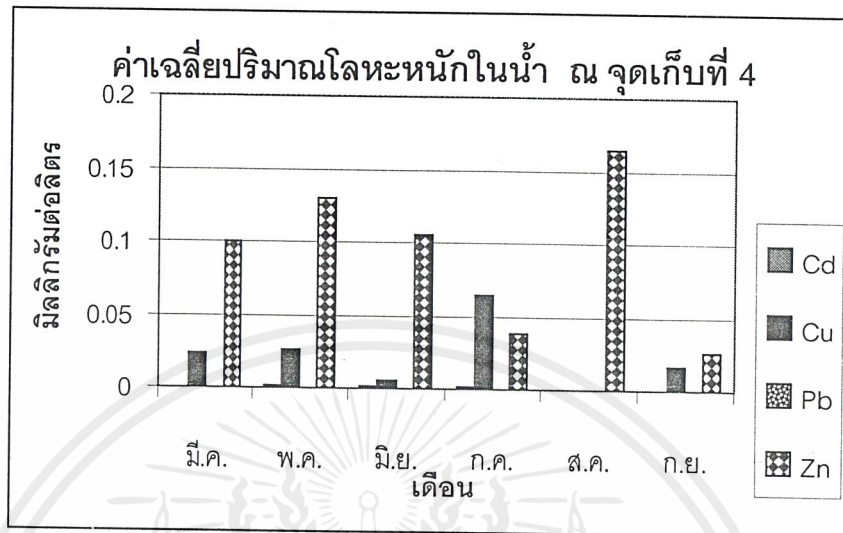
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	ND	0.023	ND	0.100
พฤษภาคม	0.002	0.026	ND	0.130
มิถุนายน	0.001	0.006	ND	0.106
กรกฎาคม	0.001	0.065	ND	0.038
สิงหาคม	ND	ND	ND	0.165
กันยายน	ND	0.016	ND	0.026
ค่าเฉลี่ย	0.001	0.027	0	0.094
SD	0.001	0.022	-	0.053

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.001% ทองแดงน้อยกว่า 0.022% และสังกะสีน้อยกว่า 0.053% (ส่วนตะกั่วหาไม่ได้)

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.4 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในน้ำตัวอย่าง

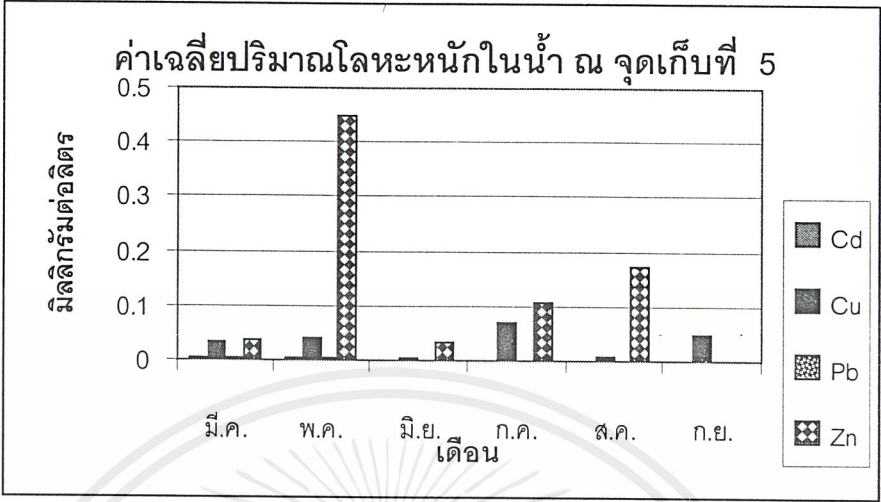
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.002	0.032	0.005	0.035
พฤษภาคม	0.002	0.040	0.004	0.447
มิถุนายน	ND	0.005	ND	0.032
กรกฎาคม	ND	0.069	ND	0.107
สิงหาคม	ND	0.008	ND	0.175
กันยายน	ND	0.049	ND	ND
ค่าเฉลี่ย	0.002	0.034	0.0045	0.159
SD	-	0.025	0.001	0.171

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทองแดงน้อยกว่า 0.025% ตะกั่วน้อยกว่า 0.001% และสังกะสีน้อยกว่า 0.171% (ส่วนแคดเมียมหาค่าไม่ได้)

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.5 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในน้ำตัวอย่าง

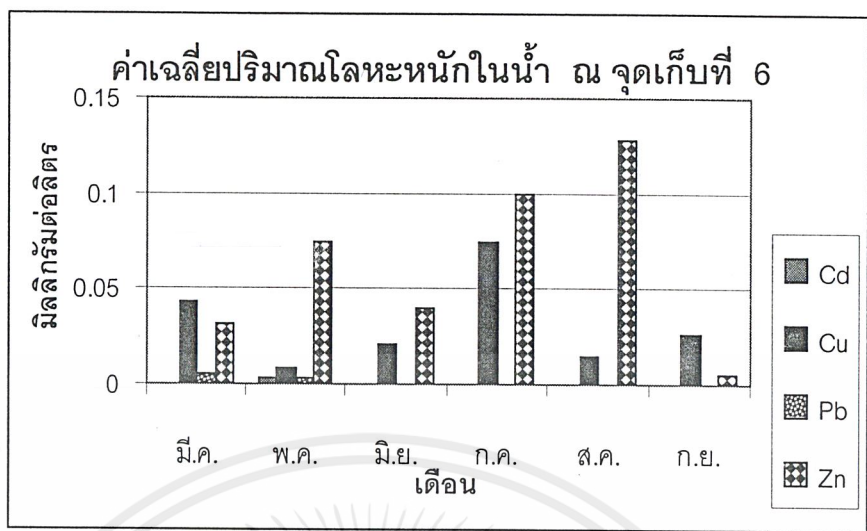
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	ND	0.043	0.005	0.031
พฤษภาคม	0.003	0.008	0.003	0.075
มิถุนายน	ND	0.021	ND	0.040
กรกฎาคม	ND	0.074	ND	0.100
สิงหาคม	ND	0.015	ND	0.128
กันยายน	ND	0.026	ND	0.005
ค่าเฉลี่ย	0.003	0.031	0.004	0.063
SD	-	0.024	0.001	0.046

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทองแดงน้อยกว่า 0.024% ตะกั่วน้อยกว่า 0.001% และสังกะสีน้อยกว่า 0.046 % (ส่วนแคดเมียมหาค่าไม่ได้)

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.6 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.7 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในน้ำตัวอย่าง

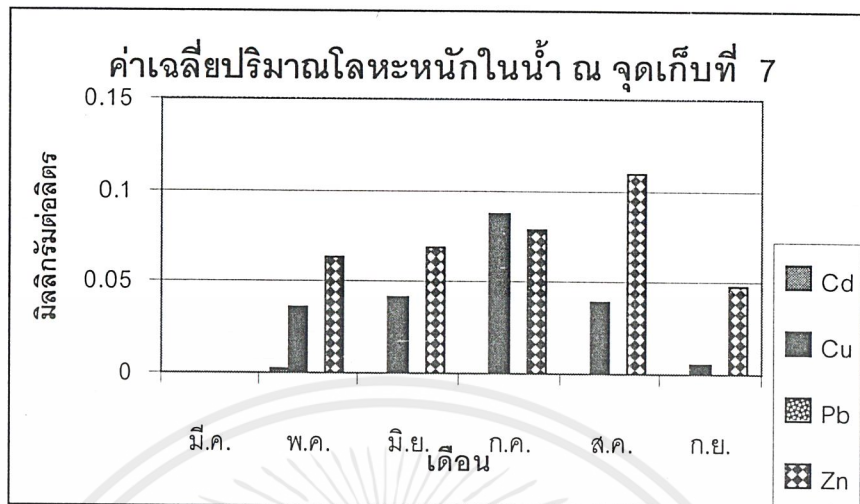
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	ND	ND	ND	ND
พฤษภาคม	0.002	0.036	ND	0.064
มิถุนายน	ND	0.042	ND	0.069
กรกฎาคม	ND	0.088	ND	0.079
สิงหาคม	ND	0.039	ND	0.109
กันยายน	ND	0.005	ND	0.048
ค่าเฉลี่ย	0.002	0.042	0	0.074
SD	-	0.030	-	0.023

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของทองแดงน้อยกว่า 0.030% และสังกะสีน้อยกว่า 0.023 % (ส่วนแคดเมียมและตะกั่วหาค่าไม่ได้)

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.7 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในน้ำตัวอย่าง

ตาราง 4.8 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในดินตะกอน

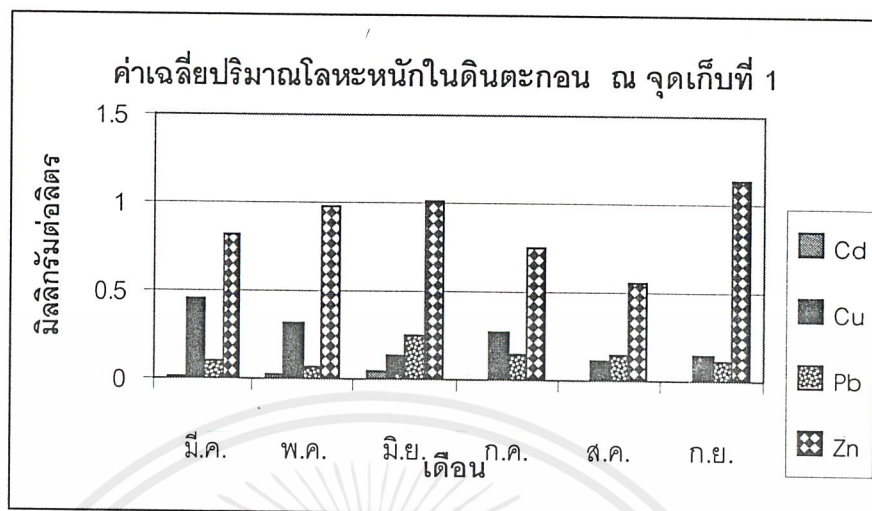
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.006	0.460	0.104	0.817
พฤษภาคม	0.023	0.322	0.066	0.981
มิถุนายน	0.048	0.134	0.248	1.017
กรกฎาคม	0.005	0.278	0.145	0.755
สิงหาคม	0.005	0.110	0.151	0.556
กันยายน	0.002	0.149	0.114	1.136
ค่าเฉลี่ย	0.015	0.242	0.138	0.877
SD	0.018	0.136	0.062	0.209

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.018% ทองแดงน้อยกว่า 0.136 % ตะกั่วน้อยกว่า 0.062% และสังกะสีน้อยกว่า 0.209 %

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.8 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 1 ในดินตะกอน

ตาราง 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในดินตะกอน

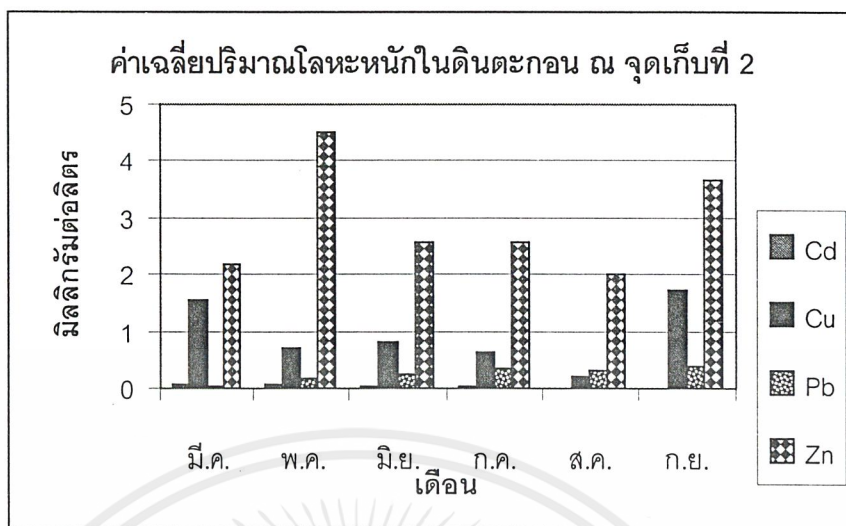
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.065	1.550	0.050	2.168
พฤษภาคม	0.055	0.693	0.175	4.509
มิถุนายน	0.020	0.802	0.263	2.567
กรกฎาคม	0.024	0.621	0.366	2.588
สิงหาคม	0.015	0.205	0.300	2.005
กันยายน	0.002	1.738	0.383	3.658
ค่าเฉลี่ย	0.032	0.935	0.256	2.916
SD	0.027	0.588	0.126	0.970

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.027% ทองแดงน้อยกว่า 0.588 % ตะกั่วน้อยกว่า 0.126 % และสังกะสีน้อยกว่า 0.970 %

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.9 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 2 ในดินตะกอน

ตาราง 4.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในดินตะกอน

เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.011	0.064	0.006	0.340
พฤษภาคม	0.003	0.154	0.023	2.143
มิถุนายน	0.028	0.291	0.088	0.917
กรกฎาคม	0.012	0.065	0.359	1.781
สิงหาคม	0.003	0.194	0.090	2.005
กันยายน	0.003	0.262	0.564	1.642
ค่าเฉลี่ย	0.010	0.172	0.188	1.741
SD	0.010	0.096	0.224	0.699

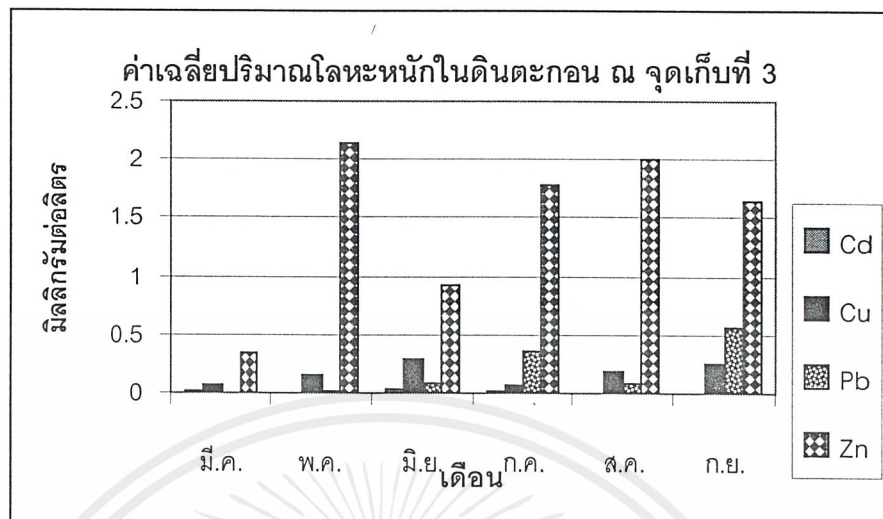
ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.010%

ทองแดงน้อยกว่า 0.096% ตะกั่วน้อยกว่า 0.224% และสังกะสีน้อยกว่า 0.699 %

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.10 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 3 ในดินตะกอน

ตาราง 4.11 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในดินตะกอน

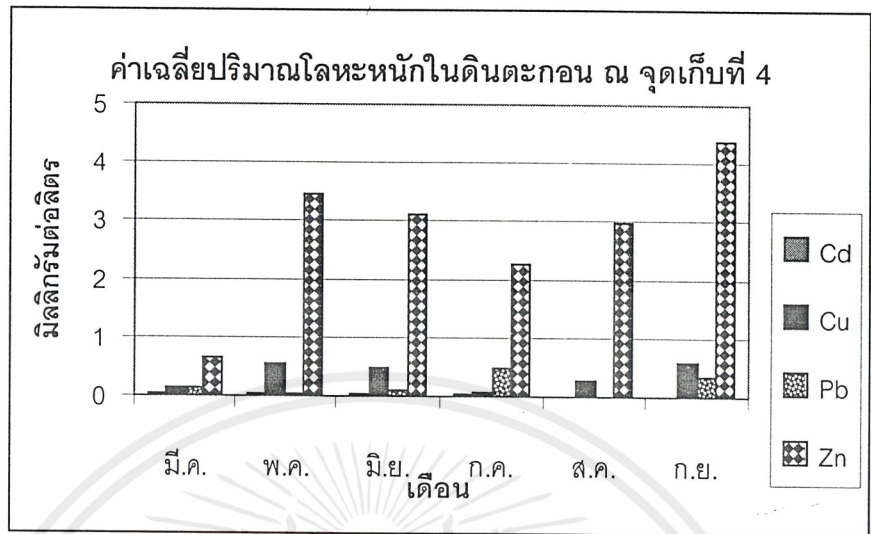
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.020	0.149	0.151	0.639
พฤษภาคม	0.035	0.540	0.023	3.473
มิถุนายน	0.035	0.485	0.115	3.124
กรกฎาคม	0.029	0.060	0.483	2.246
สิงหาคม	ND	0.261	ND	2.992
กันยายน	0.006	0.572	0.345	4.388
ค่าเฉลี่ย	0.025	0.345	0.223	2.810
SD	0.012	0.217	0.187	1.272

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.012% ทองแดงน้อยกว่า 0.217 % ตะกั่วน้อยกว่า 0.187 % และสังกะสีน้อยกว่า 1.272%

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.11 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 4 ในดินตะกอน

ตาราง 4.12 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในดินตะกอน

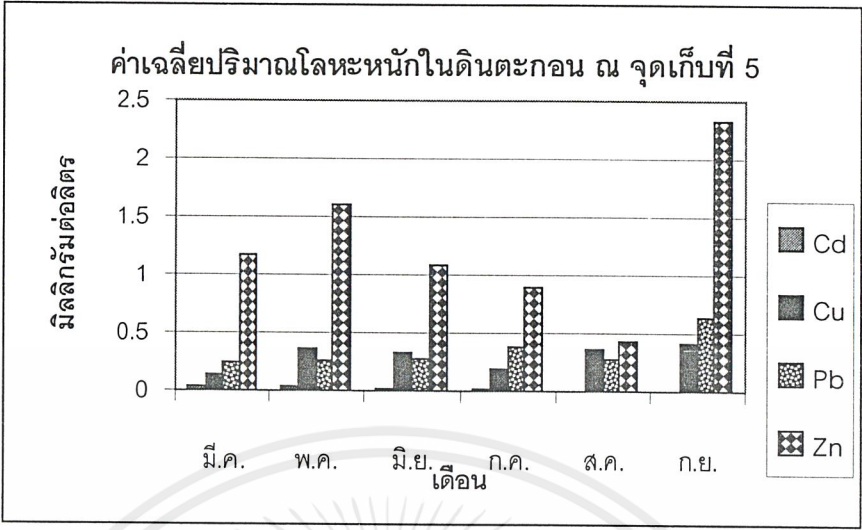
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.042	0.142	0.241	1.177
พฤษภาคม	0.040	0.364	0.252	1.612
มิถุนายน	0.022	0.325	0.279	1.086
กรกฎาคม	0.021	0.182	0.376	0.897
สิงหาคม	0.002	0.360	0.283	0.431
กันยายน	0.002	0.422	0.640	2.329
ค่าเฉลี่ย	0.022	0.299	0.345	1.255
SD	0.017	0.111	0.152	0.652

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.017% ทองแดงน้อยกว่า 0.111 % ตะกั่วน้อยกว่า 0.152 % และสังกะสีน้อยกว่า 0.652 %

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.12 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 5 ในดินตะกอน

ตาราง 4.13 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในดินตะกอน

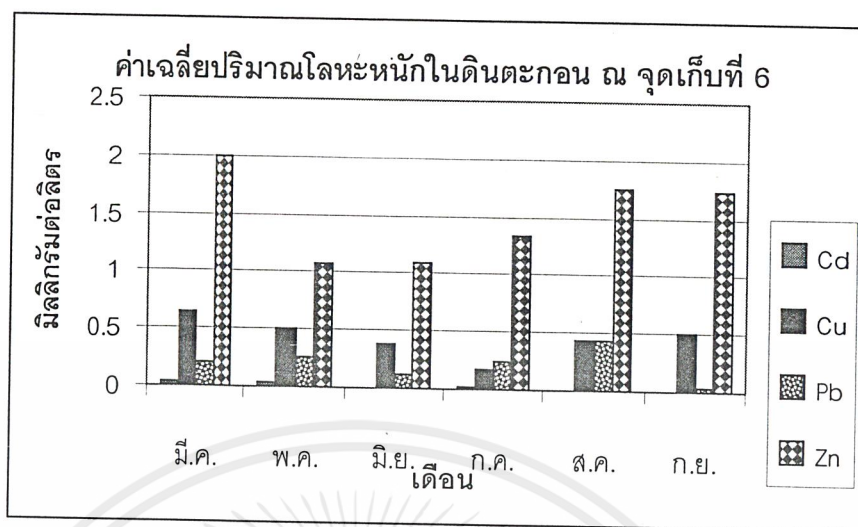
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	0.042	0.635	0.210	1.996
พฤษภาคม	0.031	0.502	0.258	1.074
มิถุนายน	0.005	0.383	0.119	1.091
กรกฎาคม	0.023	0.173	0.245	1.343
สิงหาคม	0.008	0.440	0.439	1.746
กันยายน	0.001	0.499	0.033	1.736
ค่าเฉลี่ย	0.018	0.439	0.217	1.498
SD	0.016	0.155	0.138	0.384

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.016% ทองแดงน้อยกว่า 0.155 % ตะกั่วน้อยกว่า 0.138 % และสังกะสีน้อยกว่า 0.384 %

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn =หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.13 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในดินตะกอน

ตาราง 4.14 ค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในดินตะกอน

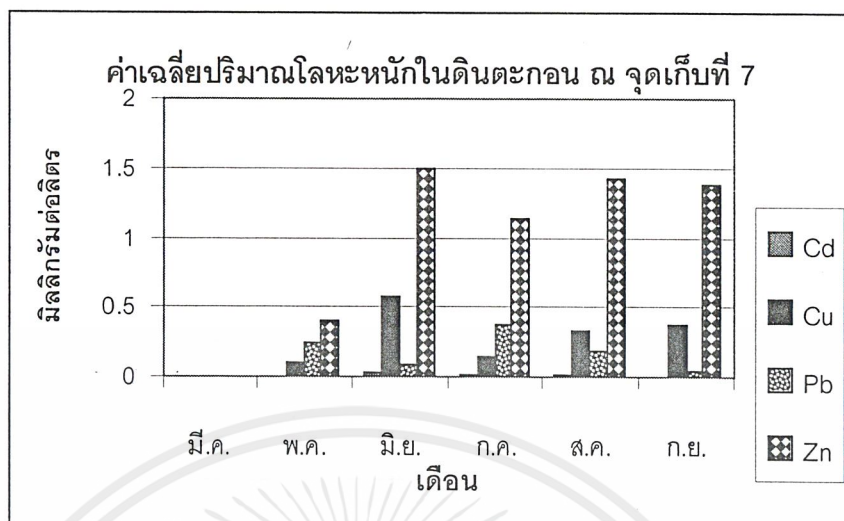
เดือน	Cd (mg/L)	Cu (mg/L)	Pb (mg/L)	Zn (mg/L)
มีนาคม	ND	ND	ND	ND
พฤษภาคม	0.003	0.099	0.242	0.396
มิถุนายน	0.035	0.569	0.081	1.491
กรกฎาคม	0.017	0.146	0.373	1.139
สิงหาคม	0.008	0.327	0.185	1.419
กันยายน	0.001	0.376	0.043	1.388
ค่าเฉลี่ย	0.013	0.303	0.185	1.167
SD	0.014	0.189	0.132	0.451

ค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3, ครั้ง โดยมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแคดเมียมน้อยกว่า 0.001% ทองแดงน้อยกว่า 0.029% ตะกั่วน้อยกว่า 0.000% และสังกะสีน้อยกว่า 0.161%

ND = ไม่สามารถวัดได้

Cd = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Pb = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร

Cu = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร ; Zn = หน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร



รูป 4.14 แสดงค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักของจุดเก็บตัวอย่างที่ 7 ในดินตะกอน

2. การวิเคราะห์ทางโลหะหนักชนิดต่างๆ ในแต่ละจุดเก็บตัวอย่างแยกตามฤดูแล้ง-ฝน โดยเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติโดยใช้ค่า T-test

ตาราง 4.15 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักต่างๆในน้ำ ระยะเวลา 3 เดือน แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แยกตามฤดูแล้ง-ฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ฤดูแล้ง				ฤดูฝน			
	Cd (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
จุดเก็บที่ 1	0.001	0.043	0.002	0.471	0.001	0.063	0.000	0.112
จุดเก็บที่ 2	0.002	0.050	0.006	0.184	0.001	0.065	0.000	0.087
จุดเก็บที่ 3	0.001	0.053	0.000	0.239	0.000	0.078	0.000	0.076
จุดเก็บที่ 4	0.001	0.018	0.000	0.112	0.001	0.041	0.000	0.076
จุดเก็บที่ 5	0.002	0.026	0.004	0.171	0.000	0.042	0.000	0.139
จุดเก็บที่ 6	0.003	0.024	0.004	0.049	0.000	0.038	0.000	0.078
จุดเก็บที่ 7	0.002	0.039	0.000	0.067	0.000	0.044	0.000	0.079
T-test	0	0	*	0	0	0	*	0

หมายเหตุ 0 : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

* : ทำการเปรียบเทียบไม่ได้

ใช้วิธี T-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยทำการเปรียบเทียบตัวอย่างโลหะหนักแต่ละชนิดเป็นคู่ๆ แล้วหาค่าความแตกต่างออกมา ($\Delta = 0.05$)

ตาราง 4.16 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยปริมาณ โลหะหนักต่างๆในดินตะกอน
ระยะเวลา 3 เดือน แต่ละจุดเก็บตัวอย่าง แยกตามฤดูแล้ง-ฝน

จุดเก็บตัวอย่าง	ฤดูแล้ง				ฤดูฝน			
	Cd (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)	Cd (mg/l)	Cu (mg/l)	Pb (mg/l)	Zn (mg/l)
จุดเก็บที่ 1	0.026	0.305	0.139	0.938	0.004	0.179	0.137	0.816
จุดเก็บที่ 2	0.060	1.015	0.163	3.081	0.014	0.855	0.349	2.750
จุดเก็บที่ 3	0.014	0.169	0.039	1.133	0.006	0.174	0.338	1.809
จุดเก็บที่ 4	0.030	0.391	0.096	2.412	0.017	0.298	0.414	3.209
จุดเก็บที่ 5	0.035	0.277	0.257	1.292	0.008	0.321	0.433	1.219
จุดเก็บที่ 6	0.026	0.507	0.196	1.387	0.011	0.371	0.239	1.608
จุดเก็บที่ 7	0.019	0.334	0.161	0.944	0.009	0.283	0.200	1.015
T-test	*	0	*	0	*	0	*	0

หมายเหตุ 0 : ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

* : มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ใช้วิธี T-test ในการเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยทำการเปรียบเทียบตัวอย่าง
โลหะหนักแต่ละชนิดเป็นคู่ๆ แล้วหาค่าความแตกต่างออกมา ($\Delta = 0.05$)

บทที่ 5

บทวิจารณ์

1. การศึกษาคุณภาพน้ำด้านโลหะหนัก

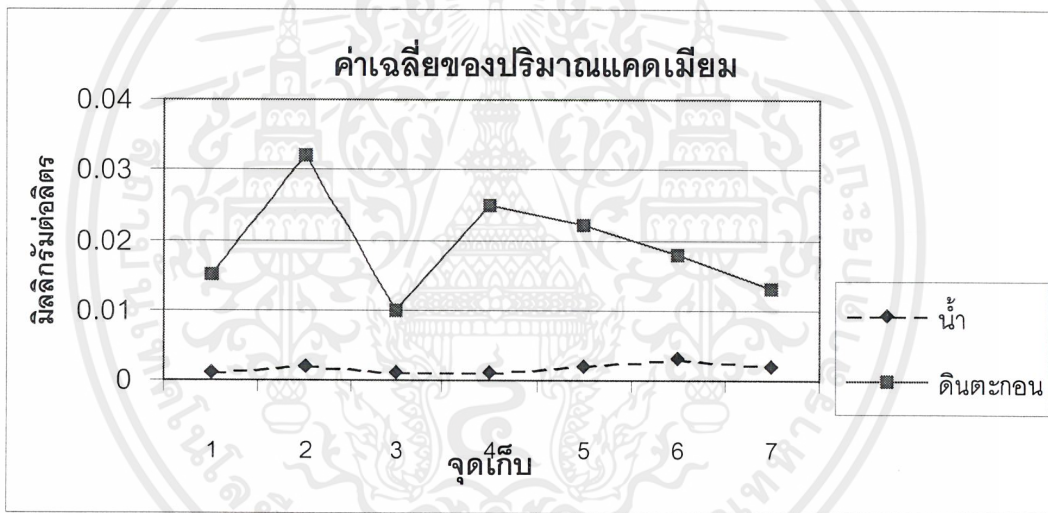
การศึกษาคุณภาพน้ำบริเวณคลองธรรมชาติรอบสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จะทำการศึกษาปริมาณแคดเมียม (Cadmium) ทองแดง (Copper) ตะกั่ว (Lead) และสังกะสี (Zinc) ในน้ำและดินตะกอน เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล โดยค่ามาตรฐานของแคดเมียมเท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร ทองแดงเท่ากับ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร ตะกั่วเท่ากับ 0.050 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสีเท่ากับ 1.000 มิลลิกรัมต่อลิตร แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง โดยนำข้อมูลจากตาราง 4.1-4.16 มาพล็อตกราฟ ได้ดังรูป 5.1-5.12

1.1 แคดเมียม (Cadmium)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ พบว่า คุณภาพน้ำมีค่าของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.001-0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 6 (เป็นรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติซึ่งกำหนดให้มีปริมาณแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าคุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติมีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน โดยจุดที่มีปริมาณแคดเมียมสูงเป็นบริเวณรอยต่อระหว่างคลองที่มีน้ำจากคลองต่างๆ ไหลมารวมกันทำให้มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าในบริเวณอื่น ในการศึกษาหาปริมาณแคดเมียมในแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆ พบว่าในแม่น้ำบางปะกงของสำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในระหว่างปี พ.ศ. 2529-2530 พบว่า มีปริมาณแคดเมียมน้อยกว่า 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณแคดเมียมในแม่น้ำแม่กลองในระหว่างปี 2532-2533 มีค่าอยู่ระหว่างน้อยกว่า 0.0001-0.0014 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณแคดเมียมในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ พบว่า ปริมาณแคดเมียมในคลองธรรมชาติมีปริมาณไม่แตกต่างจากลำน้ำธรรมชาติอื่นๆ

ส่วนในดินตะกอนผลการวิเคราะห์ พบว่า ในดินตะกอนมีค่าของแคดเมียมอยู่ระหว่าง 0.01-0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ

0.019 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) ส่วนค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย) เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล ตามประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติซึ่งกำหนดให้มีปริมาณแคดเมียมได้ไม่เกิน 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนมีค่าเกินเกณฑ์มาตรฐาน (ใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล) โดยจุดที่มีปริมาณแคดเมียมสูงเป็นบริเวณรอยต่อระหว่างคลองที่มีน้ำจากคลองต่างๆไหลมารวมกันทำให้มีปริมาณแคดเมียมสูงกว่าในบริเวณอื่น



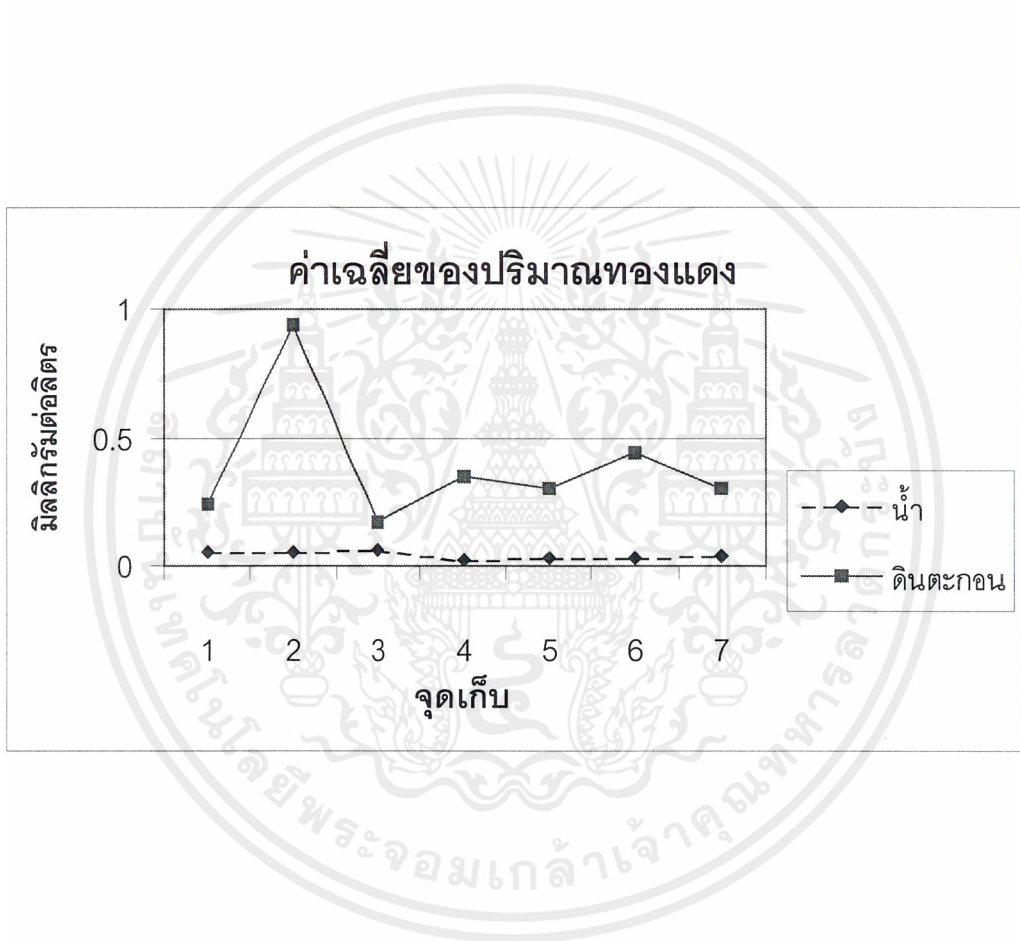
มาตรฐานแคดเมียม (ตามคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล) เท่ากับ 0.005 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพ 5.1 ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม ครั้งที่ 1-6 แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล

1.2 ทองแดง (Cu)

ปริมาณทองแดงที่ทำการวิเคราะห์ได้จากคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ พบว่า คุณภาพน้ำมีค่าของทองแดงอยู่ระหว่าง 0.027-0.065 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของทองแดงตลอดลำน้ำในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.044 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 4 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.065 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) เมื่อเปรียบเทียบกับประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่กำหนดให้ปริมาณทองแดงมาตรฐานในแหล่งน้ำมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเช่นเดียวกับปริมาณทองแดงที่กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ทำการศึกษาในปี 2536 ของแม่น้ำบางปะกง พบว่า มีปริมาณทองแดงอยู่ในช่วง 0.005-0.007 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนลำน้ำที่มีปริมาณทองแดงสูงกว่ามาตรฐานที่กองอนามัยสิ่งแวดล้อมได้ทำการศึกษาในปีเดียวกัน พบว่า แม่น้ำฝางและแม่น้ำประแสมีปริมาณ 0.24 และ 0.31 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนในดินตะกอนปริมาณทองแดงที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ในดินตะกอนมีค่าของทองแดงอยู่ระหว่าง 0.172-0.935 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของทองแดงตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.391 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.172 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.935 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเคย) เมื่อเปรียบเทียบกับประกาศของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ที่กำหนดให้ปริมาณทองแดงมาตรฐานในแหล่งน้ำมีค่าไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดงเกินเกณฑ์มาตรฐาน (ใช้เกณฑ์ของคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล) ที่มีปริมาณทองแดงเกินมาตรฐาน เพราะว่าในดินตะกอนจะมีการสะสมของปริมาณโลหะหนักทำให้มีปริมาณทองแดงมากกว่าในน้ำตัวอย่าง



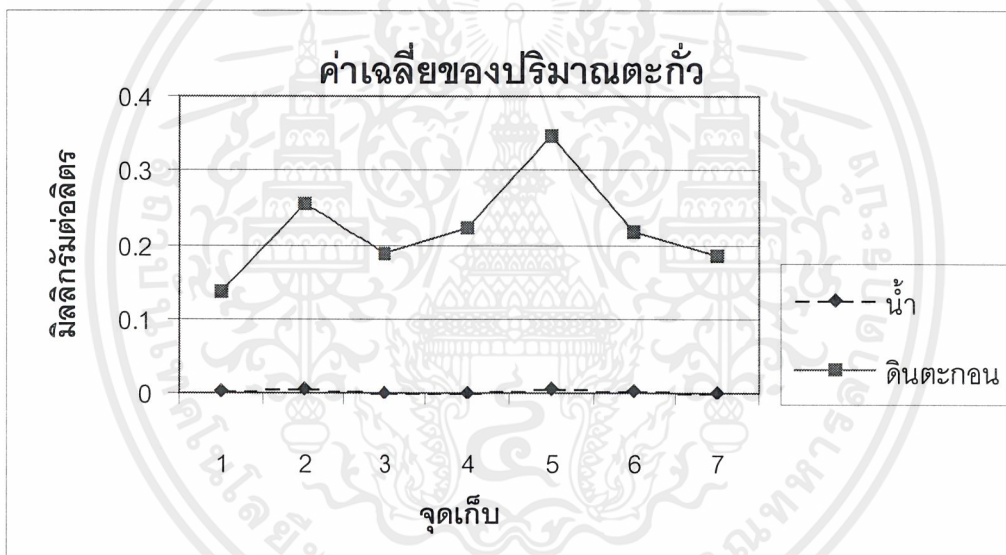
มาตรฐานทองแดง (ตามคุณภาพน้ำผิวดินที่มีไข้ทะเล) เท่ากับ 0.100 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพ 5.2 ค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง ครั้งที่ 1-6 แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง
เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีไข้ทะเล

1.3 ตะกั่ว (Lead)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาตียบสถาน พบว่าปริมาณตะกั่วที่สามารถวัดได้มีค่าน้อยกว่า 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของตะกั่วตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย) เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเลพบว่ามีค่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน และน้อยกว่าปริมาณตะกั่วที่กองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย ทำการศึกษบริเวณแม่น้ำเจ้าพระยา ในปี 2536 พบว่า แม่น้ำเจ้าพระยาตอนบน และตอนล่าง มีค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่ว 0.12 และ 0.11 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ส่วนในดินตะกอนผลการวิเคราะห์ พบว่า ปริมาณตะกั่วในดินตะกอนมีค่าอยู่ระหว่าง 0.138-0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยของตะกั่วตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.222 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.138 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมกระบัง) และมีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 5 (คลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรม) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตะกั่วในลำน้ำธรรมชาติของกองอนามัยสิ่งแวดล้อม กรมอนามัย พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วเกินค่ามาตรฐาน (ใช้มาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล) ทำให้มีปริมาณมากกว่าในน้ำ



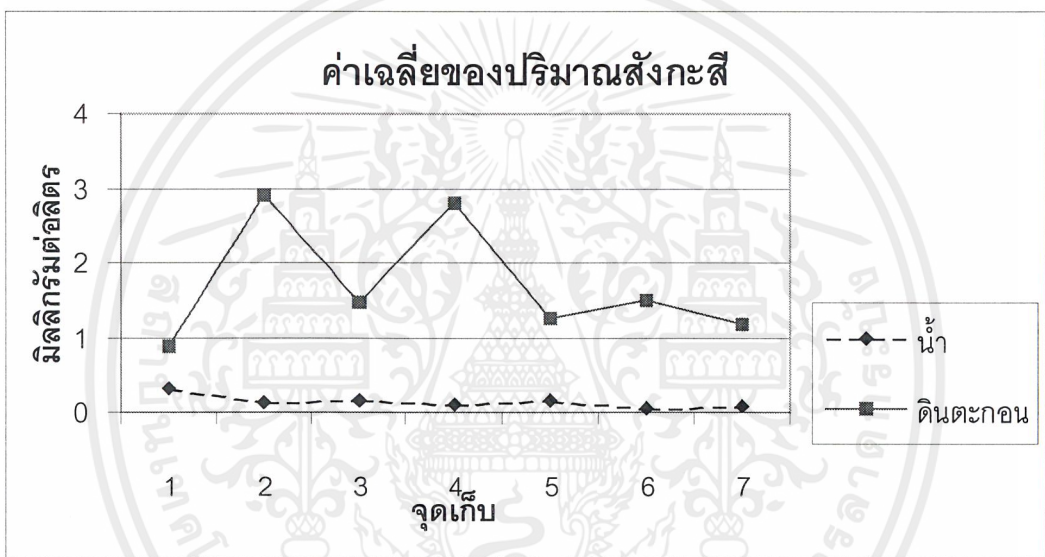
มาตรฐานตะกั่ว (ตามคุณภาพน้ำผิวดินที่มีโลหะ) เท่ากับ 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพ 5.3 ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่ว ครั้งที่ 1-6 แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง
เทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีโลหะ

1.4 สังกะสี (Zinc)

ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ พบว่า มีปริมาณสังกะสี อยู่ระหว่าง 0.063-0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 0.144 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 6 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่) และค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมบึง) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีกับค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณสังกะสีได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณสังกะสีที่ทำการศึกษามีค่าอยู่ในช่วงที่มาตรฐานกำหนด เช่นเดียวกับแหล่งน้ำธรรมชาติอื่นๆ ในปี 2531 ที่ทำการศึกษา พบว่า ปริมาณสังกะสีในแม่น้ำปาดานีมีปริมาณ 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร และแม่น้ำสาบური มีปริมาณ 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในปี 2532-2533 พบว่ามีปริมาณสังกะสี ในช่วง 0.02-0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร ในแม่น้ำแม่กลอง โดยการศึกษาของคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ

ส่วนในดินตะกอนผลการวิเคราะห์ พบว่า มีปริมาณสังกะสี อยู่ระหว่าง 0.877-2.915 มิลลิกรัมต่อลิตร มีค่าเฉลี่ยตลอดลำน้ำ ในระยะเวลา 6 เดือนเท่ากับ 1.713 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยมีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.877 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมบึง) และค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 2.915 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่จุดเก็บที่ 2 (คลองลำซวดเตย) เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสีกับค่ามาตรฐานของสังกะสีในแหล่งน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล ตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณสังกะสีได้ไม่เกิน 1.0 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าปริมาณสังกะสีที่ทำการศึกษามีค่าเกินช่วงที่มาตรฐานกำหนด



มาตรฐานสังกะสี (ตามคุณภาพน้ำผิวดินที่มีไขทะเล) เท่ากับ 1.000 มิลลิกรัมต่อลิตร

ภาพ 5.4 ค่าเฉลี่ยของปริมาณสังกะสี ครั้งที่ 1-6 แยกตามจุดเก็บตัวอย่าง
เทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดินที่มีไขทะเล

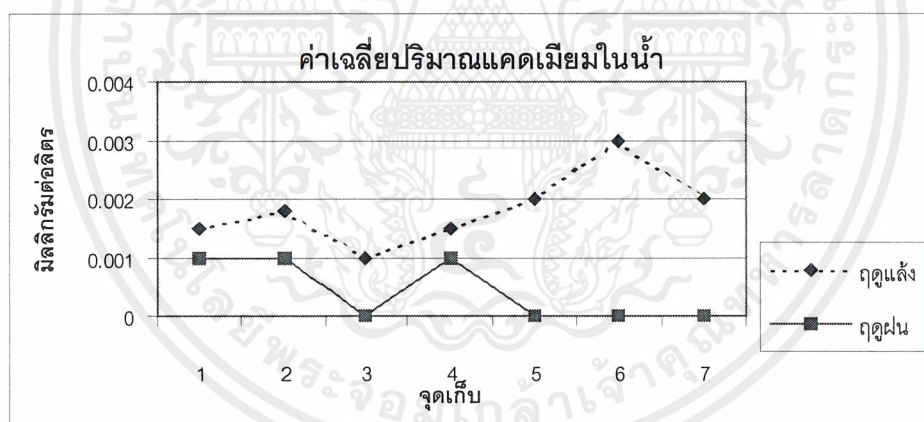
2. การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักชนิดต่างๆ ระหว่างช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

การเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักชนิดต่างๆ ระหว่างช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน มีรายละเอียดดังนี้

ในน้ำ

2.1 แคดเมียม (Cadmium)

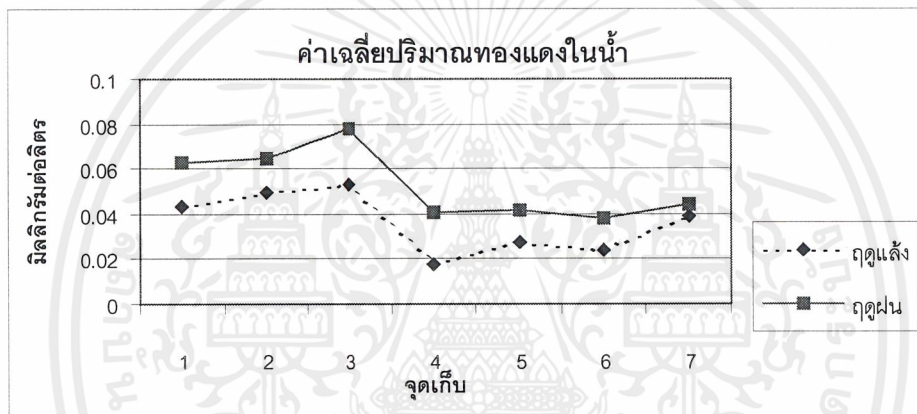
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า แคดเมียมในช่วงฤดูแล้ง มีค่าไม่แตกต่างจากช่วงฤดูฝน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพราะในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างมีฝนตกมาก ทำให้ปริมาณน้ำในคลองมากปริมาณของแคดเมียมจึงลดลง นอกจากนี้อัตราการไหลของน้ำค่อนข้างเร็ว ยังผลให้ปริมาณค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในช่วงฤดูแล้ง และ ฤดูฝนไม่แตกต่างกัน



ภาพ 5.5 ค่าเฉลี่ยของแคดเมียม ในระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.2 ทองแดง (Copper)

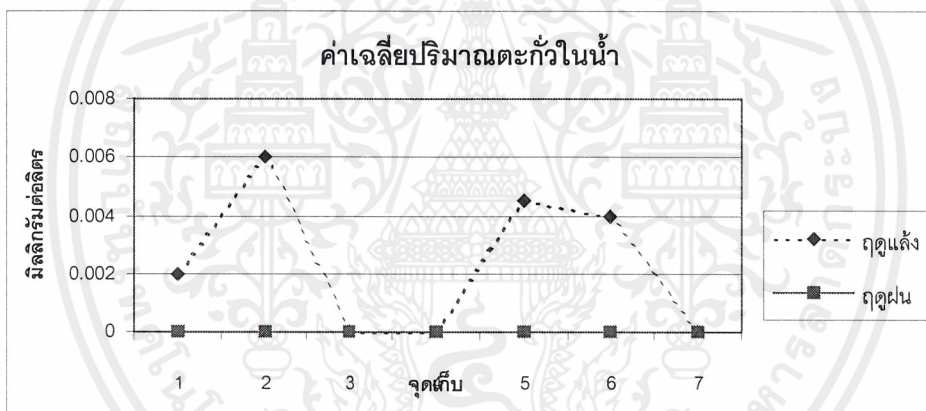
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทองแดงในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ในช่วงฤดู
แล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณทองแดงในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน มีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมี
นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ทั้งนี้เพราะทองแดงในธรรมชาติมักอยู่ในรูปซัลไฟด์
และซัลไฟเกต ซึ่งยากต่อการผุกร่อน (ชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์, 2525 : 147-149) นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่
จำเป็นในการเจริญเติบโตของพืช - จึงมีการดูดนำไปใช้ประโยชน์ ทำให้ปริมาณทองแดงในช่วง
ปริมาณน้ำที่ต่างกัน ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ



ภาพ 5.6 ค่าเฉลี่ยของทองแดง ในระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.3 ตะกั่ว (Lead)

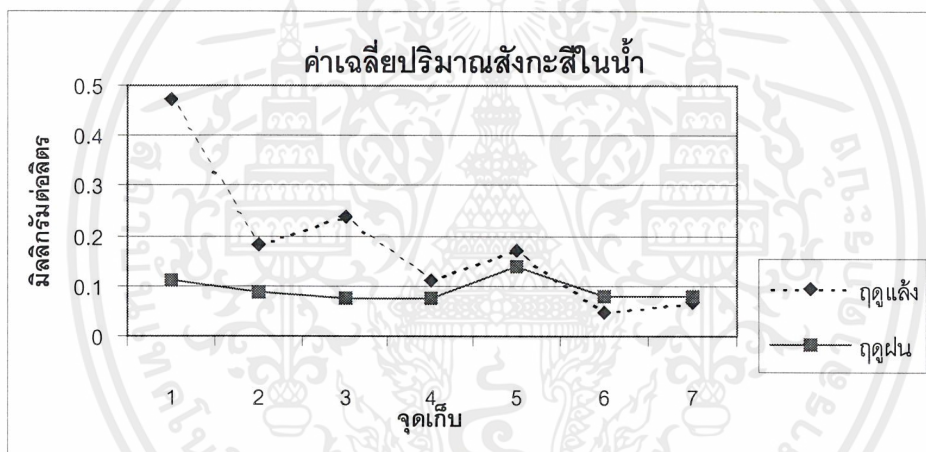
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตะกั่วในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ไม่สามารถทำการเปรียบเทียบได้ เนื่องจากในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมี ปริมาณน้ำในคลองมากทำให้ปริมาณตะกั่วมีความเข้มข้นที่ต่ำมาก ทำให้การวิเคราะห์ปริมาณตะกั่ว ในช่วงฤดูฝนไม่สามารถทำการวิเคราะห์ได้ และในช่วงฤดูแล้งสามารถทำการวิเคราะห์ได้เล็กน้อย เมื่อนำมาทำการเปรียบเทียบค่าทางสถิติจึงไม่สามารถที่จะทำการเปรียบเทียบออกมาได้



ภาพ 5.7 ค่าเฉลี่ยของตะกั่ว ในฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.4 สังกะสี (Zinc)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสังกะสีในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณสังกะสีในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพราะในช่วงที่ทำการเก็บตัวอย่างน้ำมีปริมาณน้ำฝนมาก ทำให้ปริมาณสังกะสีมีความเข้มข้นลดลง และสังกะสีเป็นธาตุที่มีในธรรมชาติและเป็นธาตุที่มีความสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชจึงถูกพืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต

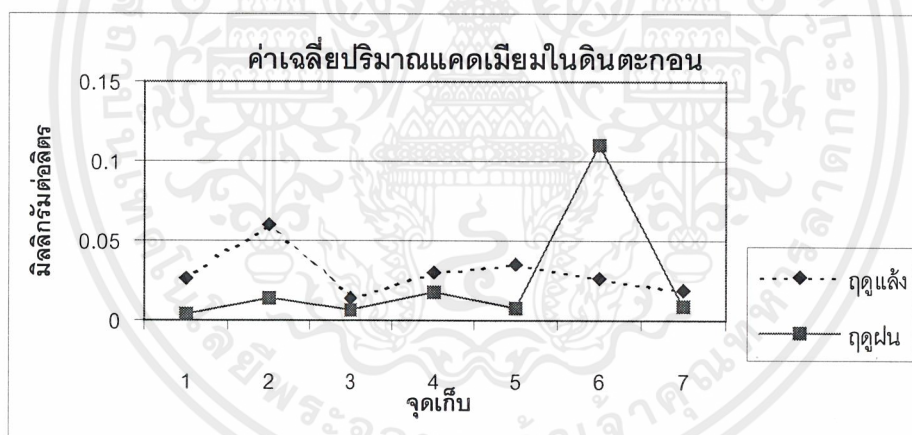


ภาพ 5.8 ค่าเฉลี่ยของสังกะสี ในระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

ในดินตะกอน

2.5 แคดเมียม (Cadmium)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอน ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณแคดเมียมของดินในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % เพราะในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้ำลดลงทำให้มีปริมาณแคดเมียมเข้มข้นมากกว่าในช่วงฤดูฝน และความเร็วในการไหลของน้ำในช่วงฤดูแล้งมีน้อยกว่าความเร็วในการไหลในช่วงฤดูฝน ทำให้การสะสมของปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนในฤดูแล้งมีมากกว่าในฤดูฝน และจากกราฟจะพบว่าในจุดเก็บตัวอย่างที่ 6 ในฤดูฝนจะมีปริมาณแคดเมียมในดินตะกอนมากกว่าในฤดูแล้งทั้งนี้อาจเนื่องมาจากจุดเก็บที่ 6 เป็นรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่ ซึ่งอาจทำให้เกิดการปะทะของน้ำแล้วเกิดการตกตะกอนทำให้ความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้น



ภาพ 5.9 ค่าเฉลี่ยของแคดเมียมในดินตะกอน ระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.6 ทองแดง (Copper)

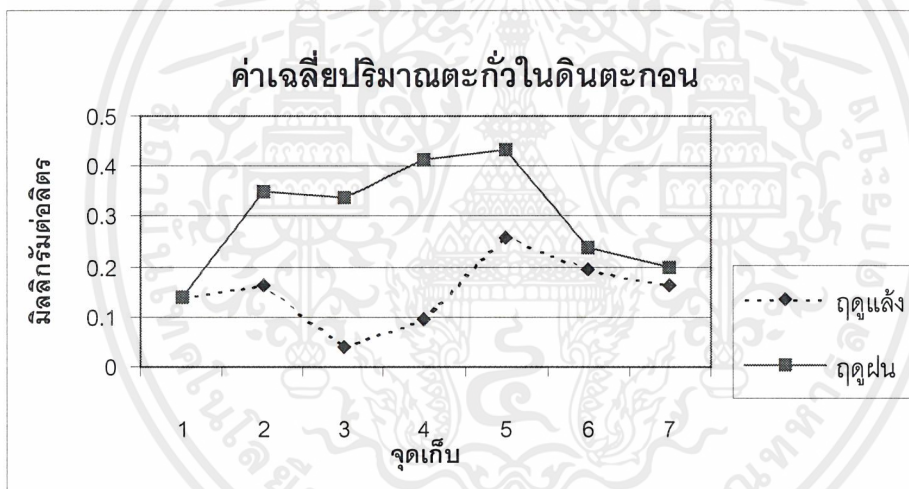
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทองแดงในดิน ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณค่าเฉลี่ยของทองแดงในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เพราะทองแดงเป็นธาตุที่มีในธรรมชาติและมีความสำคัญในการเจริญเติบโตของพืชจึงถูกนำไปใช้ประโยชน์ และกิจกรรมของชุมชนโดยรอบที่มีการปล่อยน้ำเสียออกมาก็มีปริมาณทองแดงไม่มากนักทำให้ปริมาณทองแดงในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝนไม่แตกต่างกัน



ภาพ 5.10 ค่าเฉลี่ยของทองแดงในดิน ระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.7 ตะกั่ว (lead)

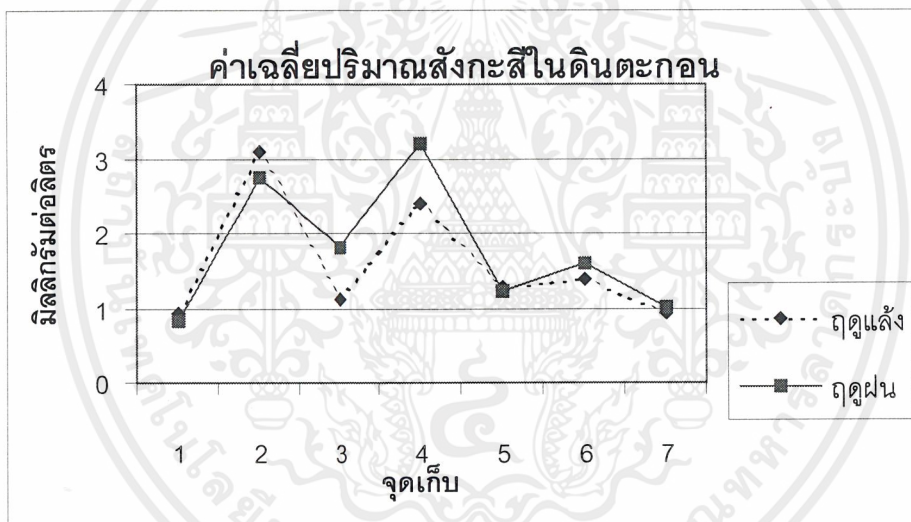
ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตะกั่วในดินตะกอน ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณตะกั่วในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากตะกั่วเป็นธาตุที่พบน้อยในธรรมชาติ และจากการปล่อยน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆโดยรอบ ทำให้เกิดการสะสมของตะกั่วในดินตะกอน รวมถึงช่วงฤดูกาลก็มีผลต่อปริมาณตะกั่ว นอกจากนี้การที่ปริมาณตะกั่วเพิ่มสูงขึ้นอาจเนื่องมาจาก มีการปนเปื้อนเพิ่มมากขึ้นในลำน้ำ หรืออาจเนื่องมาจากการเปิดปิดประตูน้ำในช่วงที่มีการไล่น้ำทางเหนือลงมาซึ่งจะผ่านคลองที่ทำให้การเก็บตัวอย่างทำให้ปริมาณตะกั่วเพิ่มสูงขึ้น เป็นต้น



ภาพ 5.11 ค่าเฉลี่ยของตะกั่วในดิน ระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

2.8 สังกะสี (Zinc)

ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสังกะสีในดิน ในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ปริมาณสังกะสีของดินในช่วงฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และปริมาณสังกะสีที่สะสมอยู่ในดินตะกอนเมื่อนำมาทำการวิเคราะห์ในช่วงฤดูที่ต่างกันพบว่าค่าที่ไม่ต่างกันมากนัก เพราะน้ำทิ้งจากกิจกรรมต่างๆ ที่ลงสู่คลองในแต่ละปีมีความเข้มข้นที่ไม่ต่างกันมาก รวมทั้งสังกะสีเป็นธาตุที่มีประโยชน์ต่อพืช จึงถูกพืชนำไปใช้ประโยชน์



ภาพ 5.12 ค่าเฉลี่ยของสังกะสีในดิน ในระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน

บทที่ 6

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ จะทำการศึกษาปริมาณโลหะหนักทั้งหมด 4 ชนิด โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำทั้งหมด 7 จุด และทำการเก็บตัวอย่างน้ำเดือนละ 1 ครั้ง เริ่มตั้งแต่เดือนมีนาคม 2542 ถึง เดือนกันยายน 2542 ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บ และแต่ละช่วงฤดูกาล โดยใช้วิธี T-test สรุปได้ดังนี้

การศึกษาปริมาณโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บตัวอย่าง

1. จุดเก็บตัวอย่างที่ 1 (คลองลำปลาทิวติดกับนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.327 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.012 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.015 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.242 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.138 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.877 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.038 %
2. จุดเก็บตัวอย่างที่ 2 (คลองลำชวดเตย) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.058 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.006 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.136 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.004 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.935 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.256 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 2.916 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.370 %
3. จุดเก็บตัวอย่างที่ 3 (คลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุทธาโภชน) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.065 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.158 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.010 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.010 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.172 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.188 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.741 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.350 %

4. จุดเก็บตัวอย่างที่ 4 (รอยต่อระหว่างคลองลำปลาทิวกับคลองประเวศบุรีรมย์) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.027 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.094 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.010 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.025 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.223 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 2.810 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.040 %

5. จุดเก็บตัวอย่างที่ 5 (คลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.034 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.0045 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.159 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.008 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.022 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.299 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.345 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.255 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.041 %

6. จุดเก็บตัวอย่างที่ 6 (รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.003 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.031 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.004 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.004 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.018 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.439 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.217 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.498 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.100 %

7. จุดเก็บตัวอย่างที่ 7 (บริเวณคลองสี่) ในน้ำ พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.042 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.074 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.009 % ส่วนในดินตะกอน พบว่าปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.013 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.303 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.167 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยการเฉลี่ยของการวิเคราะห์ 3 ครั้ง มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยกว่า 0.070 %

ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนัก ในแต่ละช่วงฤดู มีดังนี้ ในน้ำ พบว่าในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยปริมาณแคลเมียมเท่ากับ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.036 มิลลิกรัมต่อลิตร

ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.002 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.185 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูฝน ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.053 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.000 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 0.086 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่วนในดินตะกอนพบว่า ในฤดูแล้ง ค่าเฉลี่ยปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.030 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.428 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.150 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.598 มิลลิกรัมต่อลิตร ในฤดูฝน ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียมเท่ากับ 0.009 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณทองแดงเท่ากับ 0.354 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วเท่ากับ 0.301 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณสังกะสีเท่ากับ 1.769 มิลลิกรัมต่อลิตร

จากการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ พบว่า ในน้ำมีปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน ส่วนในดินตะกอน ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด มีค่าเกินมาตรฐาน ซึ่งปริมาณแคดเมียม และตะกั่ว ที่มีค่าเกินมาตรฐานอาจนำมาซึ่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำในคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ เพราะแคดเมียม และตะกั่วจัดเป็นโลหะหนักที่มีพิษต่อสิ่งมีชีวิตและร่างกายมนุษย์ โดยเฉพาะสัตว์น้ำดินในบริเวณคลองธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีการสะสมในห่วงโซ่อาหารและร่างกายของมนุษย์ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการทำงานของอวัยวะต่างๆดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ส่วนทองแดงและสังกะสีนั้นถึงแม้ว่าจะมีค่าเกินมาตรฐาน แต่โลหะหนักทั้ง 2 ชนิด เป็นโลหะหนักที่มีความจำเป็นต่อพืช ซึ่งพืชสามารถดึงไปใช้ประโยชน์ในการเจริญเติบโตได้

การเปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณโลหะหนักในแต่ละช่วงฤดูกาล

1. การวิเคราะห์ความแตกต่างของโลหะหนักในน้ำ ระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\Delta = 0.05$)
2. การวิเคราะห์ความแตกต่างของโลหะหนักในดินตะกอน ระหว่างฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณแคดเมียม และตะกั่ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\Delta = 0.05$) ส่วนค่าเฉลี่ยของปริมาณทองแดง และสังกะสี พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($\Delta = 0.05$)

แนวทางการแก้ไข

เมื่อกิจกรรมของมนุษย์เพิ่มมากขึ้น ปริมาณของเสียที่ระบายลงแหล่งน้ำมีมากขึ้นตามไปด้วย ปัญหาสำคัญ คือ การขาดการเอาใจใส่ในการระบายของเสียลงสู่แหล่งน้ำ เช่น ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม สารเคมีจากการเกษตร และกิจกรรมต่างๆของมนุษย์ เพื่อมิให้คุณภาพน้ำเสื่อมโทรม จึงควรมีมาตรการในการป้องกันแก้ไขดังนี้

มาตรการระยะสั้น

มาตรการระยะสั้นนั้นควร ควบคุมปริมาณของเสียที่จะปล่อยลงสู่คลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ให้มีปริมาณน้อยลง โดยควบคุมแหล่งกำเนิดของเสียที่สำคัญ คือ ของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ของเสียชุมชน และของเสียจากการเกษตร โดยควรมีมาตรการ ดังนี้

1. ควบคุมปริมาณของเสียจากชุมชน
 - ให้มีการควบคุมการทิ้งขยะมูลฝอย และสิ่งปฏิกูลต่างๆของชุมชนลงสู่แหล่งน้ำโดยเด็ดขาด
 - ประชาชนที่อาศัยบริเวณคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ทุกคนควรลดการทิ้งสิ่งปฏิกูลลงแหล่งน้ำ และการเผาขยะใกล้คลองธรรมชาติ
 - รัฐควรนำกฎหมายควบคุมน้ำเสียจากชุมชนมาบังคับใช้
2. ควบคุมของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม
 - สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัด ต้องทำการตรวจสอบคุณภาพน้ำทิ้งของโรงงานที่ตั้งอยู่บริเวณคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ อย่างสม่ำเสมอ รวมถึงการตรวจสอบระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม
 - เจ้าหน้าที่ของกระทรวงอุตสาหกรรม ควรใช้มาตรการขั้นเด็ดขาดกับโรงงานที่คุณภาพน้ำทิ้งไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
 - การพิจารณาอนุมัติให้จัดตั้งโรงงานใหม่ ควรมีการพิจารณาถึงผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยให้กลั่นกรองประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม ที่จะตั้งใกล้คลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ
 - วางมาตรการควบคุมปริมาณน้ำเสียจากนิคมอุตสาหกรรม ที่อาจส่งผลกระทบต่อคุณภาพน้ำ อย่างมีประสิทธิภาพ

3. ควบคุมของเสียจากการเกษตรกรรม

- ลดการใช้สารเคมีในการป้องกันและกำจัดศัตรูพืช
- ส่งเสริมให้ใช้วิธีป้องกันและกำจัดศัตรูพืชทางชีวภาพ หรือใช้สมุนไพรแทน

มาตรการระยะยาว

1. รัฐควรจัดให้มีระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ให้สามารถรองรับการเติบโตของชุมชน และโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรม โดยควรดำเนินการดังนี้

- จัดให้มีมาตรการป้องกันมลพิษอย่างมีประสิทธิภาพ มีการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมอย่างสม่ำเสมอ

- จัดสาธารณูปโภคขั้นพื้นฐาน และถูกสุขลักษณะ

- จัดให้มีมาตรการ รวมถึงอุปกรณ์ในการให้ความปลอดภัยและเตือนภัย

2. มาตรการด้านการลงทุน

- ประสานงานกับราชการ เพื่อให้รัฐสนับสนุนการลงทุนที่จะช่วยป้องกันภาวะเสื่อมโทรมของทรัพยากร เช่น มีการสร้างระบบบำบัดน้ำเสียรวม

- สนับสนุนให้ภาคเอกชนเข้ามามีบทบาทในการลงทุน เพื่อจัดการและบริหารการใช้ทรัพยากรให้เหมาะสม

3. มาตรการด้านกฎหมาย

- ออกกฎหมายเพื่อควบคุมการกระทำ อันจะนำมาซึ่งผลกระทบต่อสภาวะแวดล้อมในอนาคต

- ออกกฎหมายกำหนดเขตการใช้ที่ดิน โดยประสานหลักการวางแผนใช้ที่ดินเข้ากับความสัมพันธ์ระหว่างกันของทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ รวมทั้งศักยภาพของพื้นที่ในด้านอุทกวิทยา และรวมไปถึงแนวโน้มของการเกิดปัญหาและมลภาวะของสิ่งแวดล้อมที่อาจจะเกิดขึ้น หากมีการพัฒนาพื้นที่

4. มาตรการด้านการรณรงค์และประชาสัมพันธ์

รัฐควรสนับสนุน ให้มีการส่งเสริมความรู้ ความเข้าใจ ให้แก่หน่วยงานระดับอำเภอ ตำบล และหมู่บ้าน รวมถึงประชาชนในพื้นที่ ให้เข้ามามีส่วนร่วมโดยตรงในการอนุรักษ์ป้องกัน และดูแลรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ในท้องถิ่นของตน ให้อยู่ในสภาพที่ดีขึ้น

ข้อเสนอแนะ

แม้ว่าผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของโลหะหนักในแต่ละจุดเก็บแยกตามฤดูแล้ง กับ ฤดูฝน พบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณโลหะหนักในน้ำทั้ง 4 ชนิด ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในดินตะกอน ค่าเฉลี่ยของแคดเมียม กับ ตะกั่ว มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนค่าเฉลี่ยของ ทองแดง กับ สังกะสี ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ถ้าสังเกตผลของค่าเฉลี่ยปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดแยกตามจุดเก็บตัวอย่าง พบว่า ในน้ำ ปริมาณแคดเมียมสูงสุด อยู่ที่บริเวณจุดเก็บที่ 6 ปริมาณทองแดงสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 3

ปริมาณตะกั่วสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 2 และปริมาณสังกะสีสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 1 ส่วนในดิน ตะกอนพบว่า ปริมาณแคดเมียมสูงสุด อยู่บริเวณจุดเก็บที่ 2 ปริมาณทองแดงสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 2 ปริมาณตะกั่วสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 5 และปริมาณสังกะสีสูงสุด บริเวณจุดเก็บที่ 2 ทั้งนี้ เนื่องจากจุดเก็บที่ 1 เป็นบริเวณคลองลำปลาทิวที่ติดกับนิคมอุตสาหกรรมมากที่สุดเป็นบริเวณที่รองรับน้ำเสียที่ปล่อยออกมาจากนิคมฯ ทำให้โอกาสการปนเปื้อนของปริมาณโลหะหนักค่อนข้างสูง จุดเก็บที่ 2 เป็นบริเวณคลองลำซวดเตยที่เป็นรอยต่อระหว่างนิคมฯ กับคลองสี จุดเก็บที่ 1 มีปริมาณน้อยกว่าจุดเก็บที่ 2 เพราะ จุดเก็บที่ 1 มีขนาดกว้าง น้ำไหลเร็ว ทำให้โลหะหนักเกิดการละลายหายไป ส่วนจุดเก็บที่ 2 เป็นคลองขนาดเล็กและตื้นเขิน น้ำนิ่ง เกิดการเน่าเสียทำให้มีปริมาณโลหะหนักสูงกว่าจุดอื่นๆ จุดเก็บที่ 3 เป็นบริเวณคลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์ จุดเก็บที่ 5 เป็นบริเวณคลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ซึ่งมีที่มาของปริมาณโลหะหนักเกิดจากของเสียจากชุมชน และภาคการเกษตรเป็นส่วนใหญ่ และจุดเก็บที่ 6 เป็นบริเวณรอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี ซึ่งเป็นคลองที่มีการไหลมารวมกันของน้ำในคลองสายต่างๆรอบสถาบันฯ มีที่มาของปริมาณโลหะหนักเกิดจากของเสียจากชุมชน และภาคการเกษตรเป็นส่วนใหญ่

ดังนั้นเพื่อเป็นการเฝ้าระวังและตรวจสอบคุณภาพสิ่งแวดล้อมด้านโลหะหนักบริเวณคลองธรรมชาติรอบสถาบันฯ ควรทำการตรวจสอบและเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมอยู่เสมอ และควรเพิ่มการเฝ้าระวังให้มากขึ้นในบริเวณจุดเก็บที่ 1 , 2 , 3 , 5 และ 6 โดยเฉพาะจุดเก็บที่ 2 ที่เป็นคลองขนาดเล็ก มีน้ำนิ่งและตื้นเขิน กับจุดเก็บที่ 6 ที่เป็นบริเวณที่มีการไหลมารวมกันของน้ำในคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี ซึ่งถือเป็นคลองที่ยาวและเป็นคลองที่น้ำจากคลองต่างๆไหลมารวมกันมากที่สุด

นอกจากนี้ ในการกำหนดช่วงระยะเวลาในการเก็บตัวอย่างควรกำหนดจากข้อมูล ปริมาณน้ำท่ารายเดือนของกรมอุตุนิยมวิทยา บริเวณคลองธรรมชาติต่างๆในเขตลาดกระบัง ค่าปริมาณน้ำมาก-น้อยที่แน่นอนในคลองธรรมชาติของเขตลาดกระบัง แต่ในการศึกษาครั้งนี้ เนื่องจากมีข้อจำกัดด้านเวลาผู้ทำการศึกษาจึงกำหนดช่วงระยะเวลาเก็บจากสถิติปริมาณน้ำฝนของปี 2542 แทน

หลังการศึกษาครั้งนี้ ควรจะทำการศึกษาอีกเป็นระยะๆ และควรจะมีการตรวจสอบเฝ้าระวังคุณภาพสิ่งแวดล้อมสม่ำเสมอ

ภาคผนวก ก

ทฤษฎีการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี

(Atomic Absorption Spectroscopy, AAS)

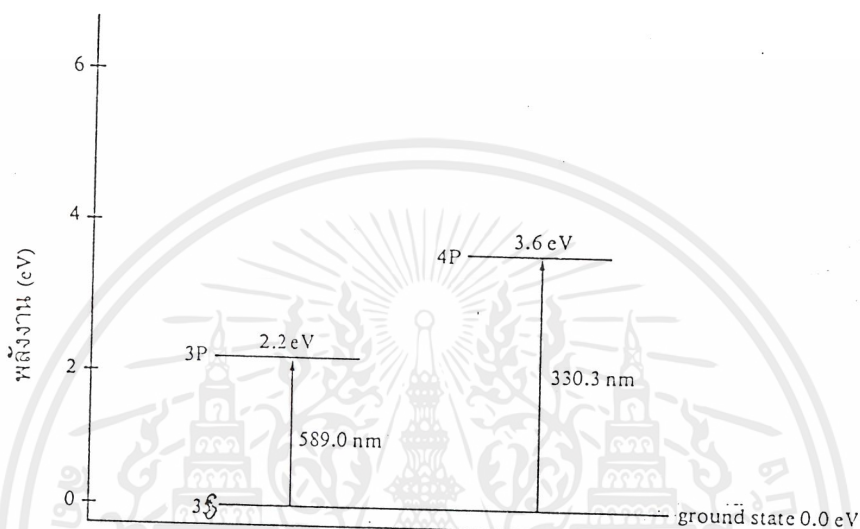
เทคนิคทาง AAS เป็นเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำได้ทั้งทางคุณภาพ และปริมาณวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากวิธีหนึ่ง เพราะเป็นเทคนิคที่ให้ความเที่ยง ความแม่นยำ มีสภาพไวสูง และเป็นเทคนิคที่เฉพาะดีมาก ประกอบกับค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ก็ไม่สูงนัก ดังนั้น ห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ที่ทันสมัยโดยทั่วไปจะมีเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์อยู่ด้วยเสมอ ความสามารถของเทคนิคนี้มีสูงมาก เพราะสามารถใช้วิเคราะห์ธาตุต่างๆ ได้ถึง 67 ธาตุ ซึ่งนับว่ามากพอควรสำหรับเครื่องมือเพียงอย่างเดียว ทำให้การใช้งานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ปี ค.ศ. 1953 Walsh ได้สร้างความสนใจและแสดงให้เห็นถึงประโยชน์และข้อดีของการใช้อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีเพื่อการวิเคราะห์ทางเคมี ซึ่งในขณะนั้นเทคนิคที่นิยมใช้ในการวิเคราะห์ธาตุทางสเปกโทรสโกปี ได้แก่ เทคนิคคัลเลอริเมตรี (colorimetry) และเทคนิคทางอะตอมมิกอิมิสชันสเปกโทรสโกปี (atomic emission spectroscopy) และในปี ค.ศ. 1955 Walsh ได้พัฒนาเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปีขึ้นมาใช้ในการวิเคราะห์ธาตุได้อย่างกว้างขวาง ช่วยทำให้การวิเคราะห์รวดเร็วขึ้น และได้เปรียบกว่าการใช้วิธีทางอะตอมมิกอิมิสชัน ซึ่งต้องขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้อย่างมาก

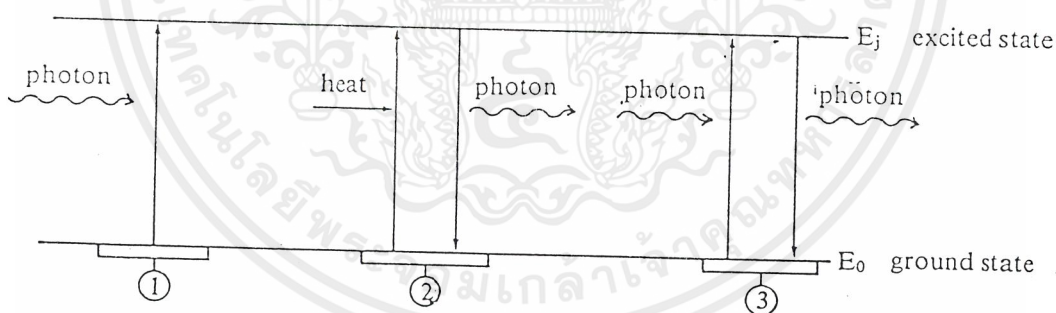
1. หลักการของอะตอมมิกแอบซอร์พชัน (Principles of Atomic Absorption)

อะตอมมิกแอบซอร์พชันเป็นกระบวนการที่เกิดจากอะตอมเสรีของธาตุดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นอันหนึ่งโดยเฉพาะ ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ ธาตุแต่ละชนิดจะมีระดับของพลังงานแตกต่างกัน จึงมีการดูดกลืนพลังงานแตกต่างกัน เช่น อะตอมของโซเดียมจะดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 589 nm เพราะแสงที่ความยาวคลื่นนี้เป็นแสงที่มีพลังงานพอดีที่จะทำให้อิเล็กตรอนของโซเดียมอะตอมเกิดการเปลี่ยนสถานะจากสถานะพื้นไปสู่สถานะกระตุ้น ดังแสดงในรูป 1 ซึ่งจะเห็นว่าความยาวคลื่นเหล่านี้จัดเป็น spectroscopic line ของอะตอมมิกสเปกตรัม ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะตัวของธาตุแต่ละชนิด

ในการทำให้อะตอมของธาตุในสารประกอบเกิดเป็นอะตอมเสรีนั้น ต้องมีการดูดกลืนพลังงานเข้าไป ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปต่างๆกัน เช่น พลังงานความร้อนจากเปลวไฟ หรือความร้อนจากไฟฟ้า เป็นต้น ความร้อนจะทำให้เกิดกระบวนการแตกตัว (dissociation) หรือเปลี่ยนให้เป็นไอ (vaporization) หรืออาจแตกตัวเป็นอะตอม หรือทำให้อะตอมอยู่ในสถานะกระตุ้น หรืออาจกลายเป็นไอออนก็ได้



แสดงระดับของพลังงานของอะตอมโซเดียม ($_{11}\text{Na}^{23}$) ($1S^2, 2S^2 2p^6, 3S^1$)



แสดง transition diagram สำหรับ

1. อะตอมมิกแอบซอร์พชัน
2. อะตอมมิกอิมิสชัน
3. อะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

ที่มา : หลักการและเทคนิคเชิงวิเคราะห์ทางเครื่องมือ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ปี 2535

การเกิดอะตอมมิกแอมชอร์พชั่นอิมิสชันและฟลูออเรสเซนซ์นั้นมีลักษณะดังแสดงในรูป 2 ซึ่งเป็นการเกิดแตรนซิชันจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก (first excited state) มีด้วยกัน 3 แบบ คือ

แบบที่ 1 เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานจากสถานะพื้นไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก โดยการดูดกลืนพลังงานจากโฟตอนเป็นอะตอมมิกแอมชอร์พชั่น

แบบที่ 2 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากความร้อน ทำให้อิเล็กตรอนเปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้นระดับแรก แล้วปล่อยพลังงานออกมา เมื่อกลับสู่สถานะพื้นจะทำให้โฟตอนออกมาเรียกว่า อะตอมมิกอิมิสชัน

แบบที่ 3 เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงานจากโฟตอนที่มาจากสเปกตรัมทำให้เปลี่ยนระดับพลังงานไปยังสถานะกระตุ้น เมื่อกลับมาสู่สถานะพื้นจะให้โฟตอนออกมาเรียกว่าเป็นการเกิดอะตอมมิกฟลูออเรสเซนซ์

2. เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธี AAS

เทคนิคต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์ธาตุนั้นสามารถทำได้หลายวิธี คือ

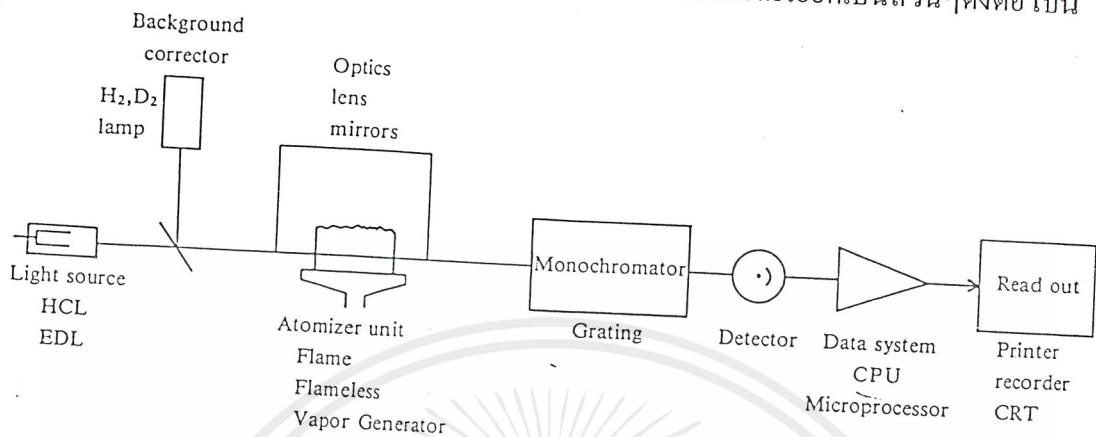
2.1 ใช้ Flame Atomization Technique เทคนิคนี้ใช้กระบวนการทำให้สารตัวอย่างแตกตัวอะตอมด้วยเปลวไฟ (flame) ที่เหมาะสม

2.2 ใช้ Flameless Technique หรือ Non-flame Atomization Technique ซึ่งเทคนิคนี้ใช้กระบวนการ ทำให้สารตัวอย่าง สลายตัวเป็นอะตอม ได้ด้วยความร้อนจากกระแสไฟฟ้า (electrothermal atomizer หรือ graphite furnace) โดยสามารถโปรแกรมให้อุณหภูมิของการเผาไหม้ค่าต่างๆกัน และใช้เวลาต่างๆกันได้

2.3 ใช้ Hydride Generation Technique เนื่องจากมีธาตุบางชนิดจะเปลี่ยนให้เป็นอะตอมโดยตรงด้วยเทคนิค 2.1 และ 2.2 ไม่ได้ แต่จำเป็นต้องใช้วิธีทำให้แตกตัวในบรรยากาศที่ปราศจากออกซิเจนเพื่อป้องกันการรวมตัวกับออกซิเจนของธาตุเหล่านี้ ดังนั้น จึงต้องใช้วิธีทำให้ธาตุเหล่านี้กลายเป็นสารที่เป็นไอได้ง่ายๆ ที่อุณหภูมิห้องด้วยการรีดิวซ์ให้เป็นไฮไดรด์ แล้วให้ไฮไดรด์นั้นผ่านเข้าไปในเปลวไฟไฮโดรเจนความร้อนจากเปลวไฟไฮโดรเจนจะทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรีได้ เทคนิคนี้ใช้ในการวิเคราะห์ของธาตุ As, Se, Te, Ge, Bi และ Sb

2.4 ใช้ Cold Generation Technique สำหรับเทคนิคนี้เหมาะที่จะใช้เป็นวิธีวิเคราะห์ธาตุบางชนิดที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นไอได้ง่ายๆซึ่งได้แก่ การวิเคราะห์ปรอทที่มีปริมาณน้อยโดยเฉพาะ

เพื่อให้เข้าใจถึงขั้นตอนของเทคนิคการวิเคราะห์ทาง AAS ตลอดจนหน้าที่ของส่วนต่างๆของเครื่อง AAS ได้เข้าใจง่ายขึ้น โดยจะอธิบายและให้รายละเอียดเป็นส่วนๆดังต่อไปนี้



แสดงแผนภาพองค์ประกอบของเครื่อง atomic absorption spectrophotometer

ที่มา : หลักการและเทคนิคเชิงวิเคราะห์ทางเครื่องมือ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ปี 2535

3.องค์ประกอบที่สำคัญต่างๆของเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

มี 5 ส่วนด้วยกัน คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source)
2. ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรี (atomizer)
3. โมโนโครมาเตอร์ (monochromator) ซึ่งใช้แยกแสงให้ได้ความยาวคลื่นของแสงที่ต้องการ
4. ดีเทคเตอร์ (detector)
5. เครื่องประมวลผลและอ่านผล (data system and read-out units)

เครื่อง AAS มีลักษณะคล้ายเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์มาก ที่แตกต่างกันเฉพาะส่วนที่ 1 และ 2 เท่านั้น นอกนั้นเหมือนกัน

3.1 แหล่งกำเนิดแสง (light source)

เครื่อง AAS โดยทั่วไปแหล่งกำเนิดแสงใช้เป็น hollow cathode lamps (HCL) และ electrodeless discharge lamps (EDL) ซึ่งมีใช้เฉพาะบางธาตุเท่านั้น

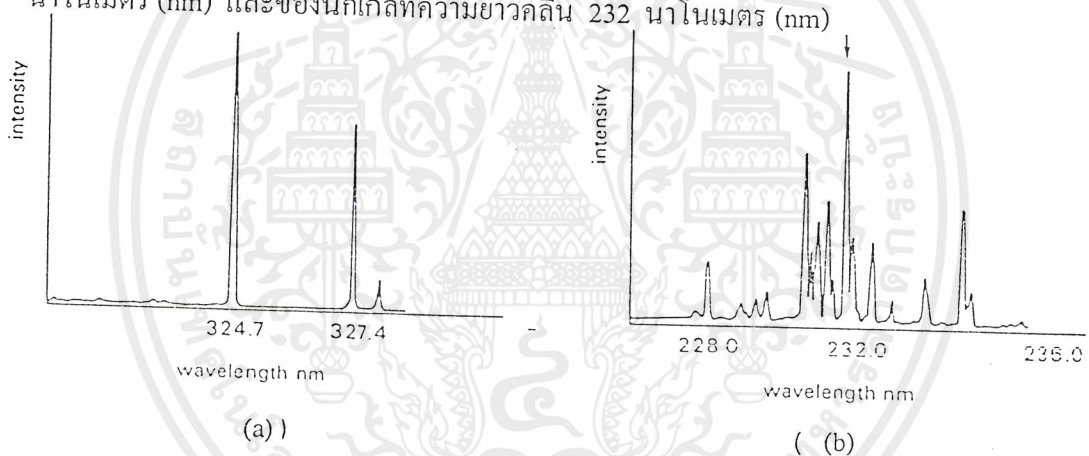
1) Hollow Cathode Lamps (HCLs)

จะประกอบด้วยขั้วแคโทด ซึ่งเป็นโลหะทำเป็นรูปทรงกระบอกกลวง หรือรูปถ้วยแล้วฉาบด้วยโลหะหรือเป็นผงโลหะที่ต้องการให้เกิดกระตุ้น เพื่อให้ได้สเปกตรัมที่มี resonance lines ส่วนขั้วแอโนด ทำด้วยโลหะนิกเกิลหรือทังสเตน หรือเซอร์โคเนียมเป็นแท่งเล็กๆ ภายในหลอดแก้ว

บรรจุด้วยแก๊สนีออนหรืออาร์กอนที่ความดันประมาณ 4-10 torr ส่วน window อาจเป็นแก้วไฟ
เร็กซ์หรือควอร์ตซ์ ถ้าสเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงยูวี window ต้องทำด้วยควอร์ตซ์หรือซิลิกา แต่ถ้า
สเปกตรัมที่ได้อยู่ในช่วงวิสิเบิลก็อาจใช้แก้วไฟเร็กซ์หรือควอตซ์ได้ ที่สำคัญ window จะต้อง
สะอาดเสมอ ในการใช้หลอด HCL จะต้องใช้กระแสไฟฟ้าให้ถูกต้อง โดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 3-30
มิลลิแอมแปร์ (mA) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุ

การเกิดสเปกตรัมของ HCL

เมื่อใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าอยู่ในช่วง 200-300 โวลต์ จะทำให้แก๊สเฉื่อยที่บรรจุอยู่เกิดการแตกตัวเป็น
ไอออนได้ไอออนบวก แล้วไอออนบวกจะวิ่งไปชนธาตุที่ฉาบอยู่ที่แคโทด ทำให้อะตอมของธาตุนั้น
นั้นๆถูกกระตุ้นและเปล่งแสงออกมาเป็นสเปกตรัมเฉพาะของธาตุนั้น ดังรูป 4 ซึ่งในสเปกตรัมนั้น
จะมี resonance line อยู่ด้วย เช่น การเกิดสเปกตรัมของธาตุทองแดง resonance line ใต้แก่ 324.7
นาโนเมตร (nm) และของนิกเกิลที่มีความยาวคลื่น 232 นาโนเมตร (nm)



แสดงลักษณะของสเปกตรัมและ resonance line

(a) สเปกตรัมของทองแดง

(b) สเปกตรัมของนิกเกิล

ที่มา : หลักการและเทคนิคเชิงวิเคราะห์ทางเครื่องมือ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ปี 2535

สำหรับ multi-element lamps คือในหลอดเดียวกันสามารถใช้กับหลายธาตุได้ แต่ก็ยังมีขีด
จำกัดเหมือนกัน หลอดชนิดนี้ที่ทำขายได้แก่ Ca/Mg , Na/K , Co/Cr/Cu/Fe/Mn/Ni ซึ่งมีถึง 6 ธาตุ
ทำให้สะดวกในการวิเคราะห์หลายๆธาตุ โดยไม่ต้องมีการเปลี่ยนหลอด แต่ก็ยังมีข้อเสียหลายอย่าง
เหมือนกัน ทุกหลอดเมื่อจะใช้งานจะต้อง warm-up 5-10 นาทีเสมอ เพื่อให้ได้แสงที่ออกมาคงที่

2) Electrodeless Discharge lamps (EDLs)

หลอดชนิดนี้ได้รับความนิยมเร็วมาก ซึ่งใช้เป็น light source ในการหาปริมาณของธาตุบางอย่าง ได้แก่ Bi, Cd, Hg, As, P, Pb, Sb, Se, Sn, Te, Tl, Zn โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลอดนี้ได้รับการแนะนำให้ใช้หาปริมาณของ As, Se, Hg เพราะให้ sensitivity ดีกว่า นอกจากนี้ EDL ยังให้ความเข้มของแสงสูงกว่า ซึ่งทำให้เพิ่มขีดจำกัดของการตรวจหาได้อีกด้วย

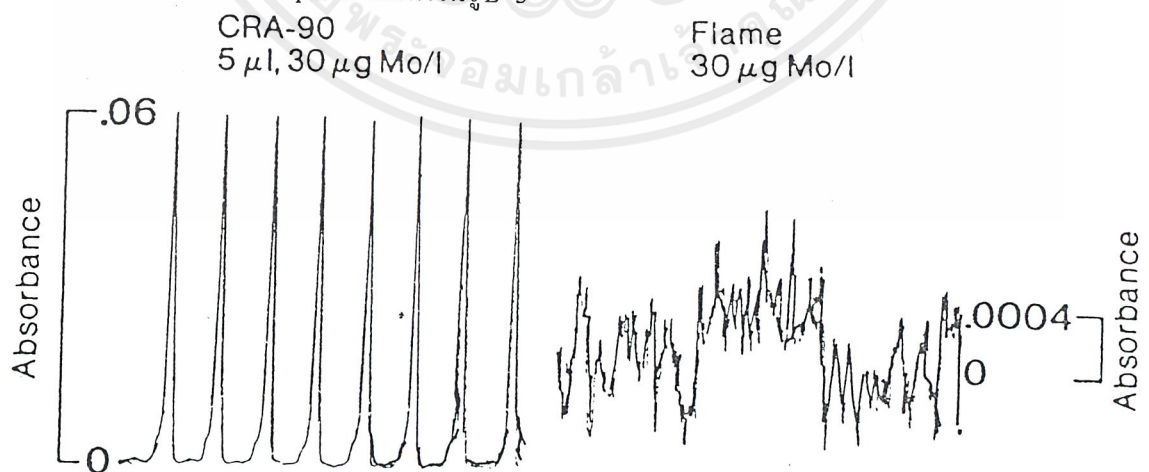
3.2 ส่วนที่ทำให้ธาตุกลายเป็นอะตอมเสรี (The Atomization Process หรือ Atomizer)

การวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทาง AAS นั้นจะประสบความสำเร็จอย่างมากน้อยเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของอะตอมเสรี (free atoms) ของธาตุที่ทำให้เกิดขึ้น เพราะอะตอมเสรีเป็นตัวดูดกลืนแสงที่จะทำการวัดโดยเลือกใช้ความยาวคลื่นของแสงที่เหมาะสมผ่านเข้าไป ดังนั้นความสำคัญจึงอยู่ที่หาอย่างไรจึงทำให้ธาตุที่มีอยู่ในสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์แตกตัวเป็นอะตอมเสรีที่สถานะพื้นได้มากๆ วิธีที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมีดังต่อไปนี้

3.2.1 กระบวนการทำให้สารแตกตัวเป็นอะตอมเสรีด้วยความร้อนจากไฟฟ้า (Furnace หรือ Electrothermal หรือ Flameless Atomization)

จะเห็นว่า AAS เทคนิคที่ใช้เปลวไฟนั้นให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีมาก ทั้งง่าย สะดวก และใช้ประโยชน์ได้มาก แต่มีสภาพไวที่ค่อนข้างจำกัด flameless technique จึงได้เปรียบกว่าวิธีแรกหลายประการด้วยกัน คือ

- 1.) วิธีนี้ให้สภาพไว (sensitivity) ที่ดีกว่า เช่น เมื่อใช้ graphite rod หรือ carbon rod atomizer จะให้สภาพไวสูงขึ้นถึง 100 เท่า เกือบทุกธาตุ เช่น ในการหาปริมาณของ Mo ด้วย flame และ flameless technique ดังแสดงในรูป 5



แสดงการเปรียบเทียบของการวิเคราะห์หาปริมาณ Mo ด้วย flame และ flameless techniques

- 2) ใช้ปริมาณของสารตัวอย่างน้อย โดยทั่วไปตัวอย่างที่จะใช้ในการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคนี้จะอยู่ในช่วง 1-100 ไมโครลิตร (uL) โดยใช้ไมโครปิเปตต์ แต่สำหรับ flame technique จะใช้สารตัวอย่างอย่างน้อย 5 มิลลิลิตร (mL) เพราะในบางกรณีสารตัวอย่างมีเพียงเล็กน้อย เทคนิคนี้ก็สามารถทำการวิเคราะห์ได้ เช่น ตัวอย่างเลือด หรือ biological specimens
- 3) การเตรียมสารตัวอย่างที่จะวิเคราะห์สามารถทำได้ง่ายแม้สารตัวอย่างเป็นของแข็งก็วิเคราะห์ได้โดยตรง ทำให้ลดขั้นตอนเตรียมสารตัวอย่างได้มาก และยังช่วยลดเกี่ยวกับการสูญเสียและการปนเปื้อนสารตัวอย่างอีกด้วย
- 4) เทคนิคนี้ช่วยลดปัญหาเกี่ยวกับสัญญาณรบกวนได้มาก โดยเฉพาะจากเปลวไฟ
- 5) สามารถใช้วิเคราะห์สารตัวอย่างที่มีความหนืด เป็นกรด หรือเป็นเบสหลายๆได้
- 6) ช่วยลดปัญหาเรื่องการเตรียมสารตัวอย่างและสารมาตรฐานให้เหมือนกัน
- 7) การวิเคราะห์ทำได้รวดเร็ว

ลักษณะ graphite furnace หรือ carbon rod และ cup มีลักษณะดังรูป 6



แสดงลักษณะของ graphite furnace หรือ carbon rod carbon cup ที่ผลิตจากบริษัทต่างๆ

ที่มา : หลักการและเทคนิคเชิงวิเคราะห์ทางเครื่องมือ , พิมพ์ครั้งที่ 1 , ปี 2535

ในการวัดค่าการดูดกลืนแสงของธาตุในสารตัวอย่างโดยใช้เทคนิค flameless atomization นี้ เป็นการวัดที่เรียกว่า วัดครั้งเดียว (single measurement) นั่นคือ เราใช้สารละลายตัวอย่างที่มีปริมาตรแน่นอน (fixed volume) ซึ่งอาจเป็น 25 ไมโครลิตร (uL) หรือ 50 ไมโครลิตร (uL) เป็นต้น ซึ่งผิดกับการวิเคราะห์โดย flame atomization ที่เราใช้สารละลายผ่านเข้าไปในเปลวไฟอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาหนึ่งที่ทำกรวัด ดังนั้น ในการตัดสินใจที่จะเลือกใช้วิธีวิเคราะห์นี้จะต้องคำนึงถึงเรื่องของความถูกต้อง (accuracy) และความแม่นยำ เป็นอย่างมาก เพราะมีแฟกเตอร์หลายอย่างที่จะทำให้การวิเคราะห์ผิดพลาดได้ง่าย เนื่องจากการวิเคราะห์ธาตุปริมาณน้อยมากๆ เทคนิคก็มีสภาพไวสูง ข้อที่จะต้องคำนึงถึงเสมอก็คือ

1. จะต้องทำงานด้วยความระมัดระวัง ตลอดจนการใช้เครื่อง
2. การเตรียมสารตัวอย่างทุกขั้นตอนจะต้องระมัดระวังอย่างมาก เพราะมีโอกาสที่สารตัวอย่างจะหายไปหรือเกิดการปนเปื้อนได้
3. ห้องปฏิบัติการที่ใช้ทำการวิเคราะห์ควรจะต้องสะอาดมากๆ
4. อุปกรณ์ที่ใช้ เช่น เครื่องแก้ว ปิเปตต์ ที่จะต้องมาสัมผัสกับสารตัวอย่างจะต้องสะอาด และ blank level ไม่ควรเกิน 10% ของค่าที่จะวัดได้จากตัวอย่าง
5. สารเคมีที่จะใช้ตามขั้นตอนต่างๆของกระบวนการทางเคมีควรจะต้องเป็นกรดที่บริสุทธิ์มากๆ มิฉะนั้นผลการวิเคราะห์อาจผิดพลาดได้มาก เพราะสารเคมีที่เติมลงไปมีมากกว่าในสารตัวอย่างเสียอีก
6. Read out system หรือ recorder จะต้องไวพอที่จะวัดสัญญาณได้

สำหรับตัว furnace นั้นอาจจะมีการออกแบบแตกต่างกันของแต่ละบริษัทผู้ผลิต แต่อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะเป็นแบบไหน furnace จะทำงานบนพื้นฐานเหมือนกันหมด นั่นคือ ทำให้เกิดกระบวนการ atomization ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ที่สามารถโปรแกรมได้ทั้งเวลาและอุณหภูมิ คือ

- 1) Drying stage เป็นขั้นตอนที่สารตัวอย่างจะค่อยๆถูกให้ความร้อนเพื่อระเหยตัวทำละลายให้ออกไปก่อน โดยปกติจะใช้อุณหภูมิต่ำ (ต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส)
- 2) Ashing state เป็นขั้นตอนที่ให้ความร้อนสูงขึ้น อาจถึง 1500 องศาเซลเซียส เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยโมเลกุลของสารเหล่านี้จะแตกสลายออกไปเหลือแต่สารอนินทรีย์ที่เสถียรเท่านั้น โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของโลหะออกไซด์

3) Atomization state เป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สารที่เหลืออยู่ถูกเผาที่อุณหภูมิสูง อาจถึง 3000 องศาเซลเซียส เพื่อให้สลายเป็นอะตอมเสรีเกิดขึ้นในช่องทางที่แสงผ่าน ซึ่งสามารถวัดสัญญาณของการดูดกลืนแสงได้ออกมาเป็นพีกแหลม (sharp peak) และความสูงของพีกจะเป็นปฏิกากับปริมาณของธาตุในสารตัวอย่างนั้น

ในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการ atomization ของเทคนิคนี้สามารถจัดโปรแกรมโดยกำหนดอุณหภูมิและช่วงเวลาสำหรับที่จะใช้ในแต่ละขั้นตอนได้ ซึ่งทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารตัวอย่างและธาตุที่ต้องการวิเคราะห์

3.2.2 ลักษณะของ graphite furnace

เนื่องจากแกรไฟต์เป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติที่ใกล้เคียงมากกับวัสดุประสงค์ของการทำ nonflame atomizer นั่นคือ

1. ต้องเป็นวัสดุที่นำความร้อนและไฟฟ้าได้ดี
2. มีสมบัติเฉื่อยต่อปฏิกิริยาเคมี
3. ต้องบริสุทธิ์มาก โดยไม่มีสิ่งเจือปนที่เป็นโลหะต่ำมาก
4. มีความพรุนน้อย
5. มีความแข็งแรง แต่มีการขยายตัวเนื่องจากความร้อนต่ำ
6. มีจุดหลอมเหลวสูง
7. สามารถดัดแปลงทำเป็นรูปร่างต่างๆได้ด้วยเครื่องจักร

ดังนั้นแกรไฟต์จึงเป็นวัสดุที่ใช้ในการทำเป็น electrothermal atomizer แม้กระนั้นแกรไฟต์ก็ยังมีขีดจำกัดของการใช้ นั่นคือ มีความพรุน และสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีกับโลหะได้ดี กลายเป็นสารประกอบพวกคาร์ไบด์ (carbide) และเพื่อขจัดปัญหาเหล่านี้จึงได้ใช้กรรมวิธีพิเศษด้วยการฉาบผิว (coating) แกรไฟต์ด้วย pyrolytic graphite

ในปี ค.ศ. 1969 บริษัท 'Varian Techtron' ได้สร้างโปรแกรมเกี่ยวกับการออกแบบและการประเมินผลเกี่ยวกับ non-flame atomization ขึ้น ทำให้ได้เกณฑ์ที่สำคัญ 2 ข้อ คือ

1. Furnace นั้นจะต้องให้ความร้อนอย่างสม่ำเสมอตลอด furnace เพื่อป้องกันไม่ให้อุณหภูมิเกิดการควั่นที่บริเวณที่เย็นๆอันจะทำให้เกิด chemical และ spectral interferences
2. อะตอมของธาตุที่เป็นไอจะต้องตรวจวัดได้ในขณะที่อยู่ในสภาพแวดล้อมที่อุณหภูมิสูง

การพัฒนา ยังคงดำเนินไปเรื่อยๆ ปัจจุบัน flameless atomizer ที่นิยมใช้กันก็มีเพียง 2 แบบ คือ

- 1) เป็นแบบ graphite tube
- 2) เป็นแบบ graphite cup ซึ่งกล่าวว่าให้ sensitivity สูงกว่าชนิด graphite tube 2-3 เท่า graphite cup สามารถใช้ได้กับสารตัวอย่างของเหลวขนาด 20 ไมโครลิตร (uL) หรือ ประมาณ 20 มิลลิกรัม (mg) สารตัวอย่างที่เป็นของแข็ง

เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค flameless atomization นั้น matrix interferences นั้นมีมาก ดังนั้น เพื่อให้การวิเคราะห์ได้ผลถูกต้อง จำเป็นจะต้องหาทางลด interferences ให้เหลือน้อยที่สุด มีหลักง่ายๆ ที่ควรจะต้องคำนึงไว้มีดังต่อไปนี้

1. พยายามลดปริมาณคลอไรด์ หรือไม่ควรให้มีปริมาณคลอไรด์ในตัวอย่าง เพราะมีธาตุหลายธาตุสามารถเกิดสารประกอบโคเวเลนต์กับคลอไรด์ที่เสถียรมากๆ เมื่อได้รับความร้อนจะระเหยออกไปโดยไม่สลายตัว ทำให้สารตัวอย่างสูญเสียไป
2. ควรให้สารตัวอย่างอยู่ในสารละลายของกรดไนตริก เพราะโลหะในเตรตจำนวนมากเมื่อได้รับความร้อนจะสลายตัวโดยไม่มีการระเหยถึงแม้จะมีคลอไรด์มากก็ตาม ดังนั้น ในการวิเคราะห์ ควรเติมกรดไนตริกให้มากเกินพอเสมอ
3. ควรจะต้องตรวจสอบความบริสุทธิ์ของกรดที่ใช้เสมอ หรือค้นหา blank level เสมอ
4. กรด H_2SO_4 และ H_3PO_4 สามารถใช้ได้เมื่อใช้ furnace แต่ควรจะต้องระวัง เพราะเกลือซัลเฟตและเกลือฟอสเฟตไม่ค่อยละลายน้ำ ดังนั้นจึงไม่ควรเติมกรดเหล่านี้ก่อนนำไปฉีดใน atomizer แต่ควรเติมภายหลัง
5. ควรทำให้ standard และสารตัวอย่างมี matrix เหมือนๆกัน โดยใช้วิธีวิเคราะห์แบบ standard addition calibration

นอกจากนี้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเทคนิคขึ้นมาใหม่ๆเพื่อใช้กับการทำละลาย interfering matrix ในระหว่าง drying และ ashing steps โดยไม่ทำให้สารตัวอย่างระเหยออกไป คือใช้วิธีเติมสารเคมีบางชนิดที่เรียกว่า modifier ซึ่งสารเหล่านี้ช่วยทำให้เกิดสารอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1. ทำให้สารตัวอย่างเกิดสารประกอบที่มีจุดหลอมเหลวสูง เช่น เกิดเป็นเกลือหรือออกไซด์ หรือ สารประกอบใดๆที่ระเหยยาก ดังนั้น interfering matrix จะถูกกำจัดให้หมดไปในระหว่าง drying และ ashing

2. ทำให้ matrix มีการระเหยได้ง่ายขึ้น จึงสามารถกำจัดให้หมดไปก่อนสารตัวอย่างจะเกิด atomization

4. การทำปริมาณวิเคราะห์ด้วยเทคนิค AAS (Quantitative Analysis) สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

4.1 calibration method

ในกรณีที่สารตัวอย่างไม่ค่อยมีสิ่งรบกวนและสารตัวอย่างเจือจาง อาจจะทำการวิเคราะห์ได้ง่ายๆ โดยเทียบกับสารมาตรฐานที่ทราบความเข้มข้นแน่นอนแล้ว วิธีที่นิยมใช้กันทั่วไป โดยปรับสัญญาณที่ได้จาก blank ให้เป็นศูนย์ แล้วจึงวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐานที่มีความเข้มข้นต่างๆกัน (4-5 ความเข้มข้น) เมื่อใช้ flameless atomization technique อาจใช้วัด peak area หรือความสูงของพีคแล้วนำมาเขียนกราฟเพื่อหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลาย จะได้ calibration curve ซึ่งอาจเป็นเส้นตรงหรือเส้นโค้งก็ได้ ในการเขียนกราฟ อาจให้เครื่องคอมพิวเตอร์หรือเครื่องคำนวณทำงานให้ ถ้าเป็นเส้นตรงใช้ least squares fit แต่ถ้าเป็นเส้นโค้ง อาจใช้เครื่องลากเส้นโค้งให้ได้ พร้อมคำนวณความเข้มข้นให้ด้วย จากค่าที่วัดได้ของสารตัวอย่างซึ่งสะดวกมาก

4.2 ใช้ standard addition method

จะเห็นว่าการทำกราฟมาตรฐาน (calibration curve) ในการวิเคราะห์สารนั้น สัญญาณที่วัดได้มิใช่เป็นแต่เพียงสารที่ทำกรวิเคราะห์เท่านั้น แต่มันรวมถึงสัญญาณต่างๆที่ได้จากสารอื่นๆที่มีอยู่ในสารตัวอย่าง ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้ ดังนั้น ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับ matrix effect และ interferences จึงควรใช้ standard addition method ซึ่งทำได้โดยแบ่งสารละลายตัวอย่างออกเป็น 4-5 ส่วน สารละลายสุดท้ายนำมาเติมเฉพาะตัวทำละลายให้มีปริมาตรเท่ากัน นำสารละลายทั้งหมดไปวัดค่าการดูดกลืนแสงแล้วนำมาเขียนกราฟกับความเข้มข้นของสารมาตรฐานที่เติมลงไป

การวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้จะเห็นว่าสารละลายทั้งหมดทุกขวดมีลักษณะเหมือนกัน (same matrix) ถ้าการวิเคราะห์มี matrix effect ก็จะมี effect เหมือนกันหมดด้วยจึงหักล้างกันไป และการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้สามารถหาได้ว่าสารตัวอย่างมี matrix effect มากน้อยเพียงใดด้วย โดยเทียบค่าของ slope ของ curve ทั้งสอง ถ้าทั้งสองเส้นมีค่า slope เท่ากันแสดงว่าสารละลายทั้งสองชุดไม่มี interferences

4.3 ใช้วิธีทำให้เจือจาง (dilution method)

วิธีนี้จะใช้ได้กับการวิเคราะห์สารตัวอย่างที่มี interferences โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่เกิด enhancement คือค่าการดูดกลืนแสงจะวัดได้มากกว่าปกติ เนื่องจากเกิดไอออไนเซชัน วิธีนี้สามารถทำได้โดยการเติมสารละลายที่ประกอบด้วยธาตุที่ไอออไนเซชันง่าย ๆ ลงไปในสารละลายตัวอย่างและสารละลายมาตรฐานให้มากเกินพอ และมีปริมาตรจำกัด ไม่ควรเติมมากเกินไปจนทำให้สารละลายเจือจางมากจนวัดไม่ได้

4.4 ใช้วิธี internal standard method

วิธีวิเคราะห์นี้อาศัยหลักการเติมสารมาตรฐาน ซึ่งเป็นคนละธาตุกับสารที่จะวิเคราะห์ลงไป ในสารตัวอย่าง และ blank หลังจากวัดค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) แล้วหาอัตราส่วนของการดูดกลืนแสงระหว่างสารตัวอย่างและสารมาตรฐาน จากนั้นไปเขียนกราฟกับความเข้มข้นของธาตุที่จะทำการวิเคราะห์จะได้ calibration curve เพื่อใช้หาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่างต่อไป สำหรับวิธีนี้จะใช้ได้ต่อเมื่อ

- 1) สารตัวอย่างจะต้องไม่มีธาตุที่ใช้เป็นมาตรฐาน
- 2) ทั้งสารตัวอย่างและสารมาตรฐานจะต้องมีลักษณะและคุณสมบัติทางเคมีเหมือนกัน

graphite furnace techniques

สารตัวอย่างที่จะใช้กับเทคนิคนี้ในการวิเคราะห์ควรมีลักษณะดังต่อไปนี้

- 1). สารตัวอย่างอาจจะเป็นของแข็ง หรือของเหลว หรือของแข็งละลายในของเหลว ซึ่งถ้าละลายเป็นเนื้อเดียวกันก็ยิ่งดี
- 2). สารตัวอย่างต้องสลายตัวด้วยความร้อน แล้วทำให้สารเจือปนกับสารที่จะวิเคราะห์แยกออกจากกันได้
- 3). สารจะต้องมีช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสม
- 4). สารตัวอย่างและสารมาตรฐานควรจะต้องเปรียบเทียบกันได้
- 5). ปริมาตรของสารตัวอย่างที่จำเป็นต้องใช้อาจเป็น 0.5 ไมโครลิตร (uL)
- 6). วิธีนี้ให้ความแม่นยำ และความไว (sensitivity) ในการวิเคราะห์ดี แต่ผู้วิเคราะห์จำเป็นจะต้องมีประสบการณ์และความชำนาญพอสมควร อัตราค่าวิเคราะห์ก็ขึ้นอยู่กับปริมาณสารเคมีที่ต้องใช้ graphite tube และเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์

5. ประโยชน์ของ AAS ที่ใช้ในงานวิเคราะห์ทางเคมี (Applications of AAS)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากเทคนิคทาง AAS นั้น เป็นที่นิยมกันมากในการวิเคราะห์ธาตุในแทบทุกชนิดของสารตัวอย่างไม่ว่าจะเป็นของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส ซึ่งอาจสรุปได้ดังนี้

- 1) ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการเกษตร (agricultural analysis) เช่น การวิเคราะห์ดิน พืช และปุ๋ย เป็นต้น
- 2) ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการแพทย์และทางชีวเคมี (clinical and biochemistry) เช่น การหาปริมาณของธาตุ Ca , Mg , Cu , Pb , Na , K , Fe , Zn , As และอื่นๆ ในเลือด ปัสสาวะ และเนื้อเยื่อ เป็นต้น
- 3) ใช้ในงานวิเคราะห์เพื่อการโลหะวิทยา (metallurgy) เช่น การวิเคราะห์โลหะผสมต่างๆ หาปริมาณของสารเจือปนต่างๆในโลหะบริสุทธิ์ เป็นต้น
- 4) ใช้ในงานวิเคราะห์พวกน้ำมันและการปิโตรเลียม (oils and petroleum) เช่น การหาองค์ประกอบที่เป็นโลหะของน้ำมันหล่อลื่นและน้ำมันเครื่อง น้ำมันปิโตรเลียม น้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น
- 5) ใช้ในงานวิเคราะห์พวกแร่และวัสดุต่างๆ (minerals and materials)
- 6) ใช้ในงานวิเคราะห์น้ำจากแหล่งต่างๆ เช่น น้ำบาดาล น้ำเสีย น้ำทิ้ง น้ำแร่ หรือน้ำจากแหล่งธรรมชาติ เป็นต้น
- 7) ใช้ในงานวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อม
- 8) ใช้ในงานวิเคราะห์ทางอาหารและยา (foods and drugs)
- 9) ใช้ในงานวิเคราะห์ธาตุในสารอื่นๆ

6. การแก้ปัญหาเมื่อเครื่องมือเกิดขัดข้อง (AA Fault Finding)

ในกรณีที่เครื่องมือเกิดทำงานผิดปกติ ผู้ใช้เครื่องมือควรจะได้ทำการตรวจสอบด้วยตนเองเสียก่อนว่าเป็นเพราะเหตุใดก่อนที่จะเรียกช่างจากบริษัทมาตรวจแก้ ทั้งนี้เพราะปัญหาหรือเรื่องขัดข้องนั้นอาจเป็นเพียงสาเหตุเล็กๆน้อยๆ และสามารถแก้ไขได้ด้วยตัวเราเอง การทำงานจะได้เป็นไปอย่างต่อเนื่อง ไม่ต้องเสียเวลาในการรอช่างให้มาแก้ไขให้

ปัญหาและการแก้ปัญหาในการใช้ Graphite Furnace

ปัญหา สัญญาณที่ได้จาก atomic absorption มีรูปร่างไม่ดี คือ ให้สเปกตรัมที่กว้างและมี tailing

ข้อควรปฏิบัติ ควรเพิ่มอุณหภูมิในการ atomization ให้สูงขึ้น และหลังจากการวัดสัญญาณแล้วควรใช้ gas flow เข้าไป หรืออาจเปลี่ยนไปใช้ pyrolytic coated tube ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา เมื่อสัญญาณออกมามี 2 พีก หรือหลายพีก

ข้อควรปฏิบัติ ควรเพิ่มอัตราเร็วของการ atomization ขึ้น หรือใช้ modifier ที่เลือกมาแล้ว ลองใช้ ashing ที่อุณหภูมิสูงขึ้น เพื่อเปลี่ยนสารให้เหลือชนิดเดียว ใช้อุณหภูมิในการ atomization ให้สูงขึ้น

ปัญหา ค่าความแม่นยำต่ำ (poor precision or high % RSD)

ข้อควรปฏิบัติ - ควรเลือกใช้อุณหภูมิและเวลาในการ drying ashing อย่างระมัดระวัง

- เลือกใช้อุณหภูมิในการ atomization ให้สูงขึ้น
- ตรวจสอบ syringe และหยดของตัวอย่างที่ใส่เข้าไปให้ดี
- เปลี่ยนไปใช้ pyrolytic coated tube

ปัญหา สัญญาณของ background สูง

ข้อควรปฏิบัติ - ลดปริมาณของสารตัวอย่าง

- - เพิ่มอุณหภูมิในการ ashing ให้สูงขึ้น
- ใช้ modifier ที่เลือกมาอย่างเหมาะสม
- ลองใช้ pyrolytic platform

ปัญหา สัญญาณที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงสูง

ข้อควรปฏิบัติ - ลดปริมาณของสารตัวอย่างลง

- ใช้อัตราการ atomization ให้ช้าลง
- ใช้ gas flow เข้าไประหว่าง atomization

ปัญหา สัญญาณที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงต่ำ และมี background สูง

ข้อควรปฏิบัติ - เพิ่มอุณหภูมิของการทำ ashing ให้สูงขึ้น

- ใช้ modifier ที่เลือกแล้วและเหมาะสม
- ลองใช้ pyrolytic platform
- ลองใช้อากาศเข้าช่วยเวลา ashing อุณหภูมิต้องไม่สูงกว่า 500 °C

ปัญหา calibration มีส่วนโค้งมากเกินไป

ข้อควรปฏิบัติ - ควรใช้สารละลายมาตรฐานให้มีความเข้มข้นน้อยลง โดยให้มีค่าแอมพลิจูดต่ำกว่า 0.5

- ใช้ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานให้คงที่
- ลดปริมาตรของสารละลายตัวอย่างลง
- ใช้ spectral band width ให้แคบกว่าเดิม

ปัญหา ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องต่ำไปเมื่อเทียบกับสารมาตรฐานที่มีการรับรอง (NBS standard)

ข้อควรปฏิบัติ - ตรวจสอบขั้นตอนการเตรียมสารละลายตัวอย่าง เพราะอาจสูญเสียสารตัวอย่างไปบ้าง

- ตรวจสอบความถูกต้องของ calibration curve
- ใช้ standard addition method



ภาคผนวก ข

ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด

พารามิเตอร์	หน่วย	ประเภทมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้ง					หมายเหตุ
		ก	ข	ค	ง	จ	
1. ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH)	-	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	
2. บีโอดี (BOD)	มก./ล. (mg/l)	>20	>30	>40	>50	>200	
3. ปริมาณของแข็ง (Solids)							
3.1 ค่าสารแขวนลอย (Settleable Solids)	”	>30	>40	>50	>50	>60	
3.2 ค่าตะกอนหนัก	มล./ล. (ml/l)	>0.5	>0.5	>0.5	>0.5	-	
3.3 ค่าสารละลายที่ได้อัตโนมัติ (Total Dissolved Solids)	มก./ล. (mg/l)	>500	>500	>500	>500	-	เป็นค่าที่เพิ่มจากปริมาณสารละลายในน้ำใช้ตามปกติ
4. ค่าซัลไฟด์ (Sulfide)	”	>1.0	>1.0	>3.0	>4.0	-	
5. ไนโตรเจน (Nitrogen) ในรูป ที เค เอ็น (TKN)	”	>35	>35	>40	>40	-	
6. น้ำมันและไขมัน (Fat Oil and Grease)	”	>20	>20	>20	>20	>100	

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภท และบางขนาด ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 11 ตอนพิเศษ 9 ง ลงวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก จ)

ภาคผนวก ค
มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
1	สี กลิ่นและรส (Colour,Odour ,and Taste)		-	สี	สี'	สี'	สี'	-
2	อุณหภูมิ (Temperature)		°ซ	สี	สี'	สี'	สี'	-
3	ความเป็นกรดและด่าง (pH)			สี	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
4	ออกซิเจนละลาย (DO)	P 20	มก./ล. (mg/l)	สี	<6.0	<4.0	<2.0	-
5	บีโอดี (BOD)	P 80		สี	>1.5	>2.0	>4.0	-
6	แบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria)	P 80	เอ็ม.พี.เอ็น/100 มล.(MPN/100 ML.)	สี	> 5000	> 20000	-	-
7	แบคทีเรียกลุ่มฟิคอลโคลิฟอร์ม (fecal Coliform Bacteria)			สี	> 1000	> 4000	-	-
8	ไนเตรด (NO ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		มก./ล.	สี	มีค่าไม่เกินกว่า 5.0			-
9	แอมโมเนีย (NH ₃) ในหน่วยไนโตรเจน		”	สี	” 0.5			-
10	ฟีนอล (Phenols)		”	สี	” 0.005			-
11	ทองแดง (Cu)		”	สี	” 0.1			-
12	นิกเกิล (Ni)		”	สี	” 0.1			-
13	แมงกานีส (Mn)		”	สี	” 1.0			-
14	สังกะสี (Zn)		”	สี	” 1.0			-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
15	แคดเมียม (Cd)		มก./ล.	๓	มีค่าไม่เกินกว่า 0.005 [*]			-
					” 0.05 ^{**}			
16	โครเมียมชนิดเฮกซะวาเลนต์ (Cr Hexavalent)		”	๓	” 0.05			-
17	ตะกั่ว (Pb)		”	๓	” 0.05			-
18	ปรอททั้งหมด (Total Hg)		”	๓	” 0.002			-
19	สารหนู (As)		”	๓	” 0.01			-
20	ไซยาไนด์ (Cyanide)		”	๓	” 0.005			-
21	กัมมันตภาพรังสี (Radioactivity) -ค่ารังสีแอลฟา (Alpha) -ค่ารังสีเบตา (Beta)		เบคเคอเรล/ล.	๓	มีค่าไม่เกินกว่า 0.1			-
					” 1.0			
22	สารฆ่าศัตรูพืชที่มีคลอรีนทั้งหมด (Total Organochlorine Pesticides)		มก./ล.	๓	” 0.05			-
23	ดีดีที (DDT)		ไมโครกรัม/ล.	๓	” 1.0			-
24	บีเอชซีชนิดอัลฟา (Alpha-BHC)		”	๓	” 0.02			-
25	ดิลดริน (Dieldrin)		”	๓	” 0.1			-
26	อัลดริน (Aldrin)		”	๓	” 0.1			-
27	เฮปตาคลอร์และเฮปตาคลออี (Heptachor&Heptacholor epoxide)		”	๓	” 0.2			-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับ	คุณภาพน้ำ	ค่าทางสถิติ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
				ประเภท 1	ประเภท 2	ประเภท 3	ประเภท 4	ประเภท 5
28	แอลดริน (Edrin)		”	ธ	ไม่สามารถตรวจพบได้ตามวิธีการตรวจสอบที่กำหนด			-

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 (พ.ศ. 2537) ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษา

คุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา ฉบับประกาศทั่วไป เล่ม 111 ตอนที่ 16 ง ลงวันที่ 24 กุมภาพันธ์ 2537 (ภาคผนวก ณ)



หมายเหตุ

1.การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่มีคุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติ โดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ ก่อน

(2) การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน

(3) การอนุรักษ์ระบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การอนุรักษ์สัตว์น้ำ

(3) การประมง

(4) การว่ายน้ำ และกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน

(2) การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

(1) การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน

(2) การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภท และสามารถเป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

2. กำหนดมาตรฐานเฉพาะในแหล่งน้ำประเภทที่ 2-4 สำหรับแหล่งน้ำประเภทที่ 1 ให้เป็นไปตามธรรมชาติ และแหล่งน้ำประเภทที่ 5 ไม่กำหนดค่า

ธ เป็นไปตามธรรมชาติ

ธ' อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

* น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 ไม่เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

** น้ำที่มีความกระด้างในรูปของ CaCO_3 เกินกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร

< ไม่น้อยกว่า

> ไม่มากกว่า

๐๗ องศาเซลเซียส

P 20 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 20 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

P 80 ค่าเปอร์เซ็นต์ไทด์ที่ 80 จากจำนวนตัวอย่างน้ำทั้งหมดที่เก็บมาตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง

มก./ล. มิลลิกรัมต่อลิตร มล.มิลลิลิตร

MPN เอ็ม.พี.เอ็น หรือ Most Probable Number

ภาคผนวก ง

การเก็บตัวอย่างน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเลเพื่อการวิเคราะห์โลหะหนัก

ตามประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและการพลังงาน 2528

เรื่อง กำหนดมาตรฐานแหล่งน้ำผิวดินที่มีใช้ทะเล

(ราชกิจจานุเบกษา ฉบับที่ 103 ตอน 60 ลงวันที่ 15 เมษายน 2529)

1. จุดเก็บตัวอย่างน้ำ

1.1 แหล่งน้ำไหล ซึ่งได้แก่ แม่น้ำ ลำธาร คลอง คูระบายน้ำ และอื่น ๆ

ก. เก็บตัวอย่างน้ำจากปากแม่น้ำ ปากคลอง ปากคูน้ำที่ระบายออกจากแหล่งน้ำเสียในกรณีศึกษา
มลพิษของโลหะหนัก

ข. เก็บตัวอย่างน้ำจากลำน้ำ ในบริเวณที่มีการนำน้ำไปใช้ประโยชน์ ทางด้านการอุปโภค บริโภค
การประมง และอื่น ๆ ในกรณีที่ต้องตรวจสอบ คุณภาพน้ำเพื่อความปลอดภัยของผู้บริโภค
น้ำและสัตว์น้ำ

ค. เก็บตัวอย่างตลอดลำน้ำ โดยกำหนดสถานีเก็บเป็นระยะ โดยพิจารณาจากกิจกรรมชายฝั่งแม่
น้ำ เช่น แหล่งอุตสาหกรรม แหล่งเกษตรกรรม และชุมชน ทั้งนี้เพื่อตรวจสอบคุณภาพน้ำใน
ปัจจุบัน และแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

การเก็บตัวอย่างน้ำให้เก็บ ที่จุดกึ่งกลางความกว้างของแหล่งน้ำที่ระดับกึ่งกลางความลึก

1.2 แหล่งน้ำนิ่ง ซึ่งได้แก่ ทะเลสาบน้ำจืด หนองบึง อ่างเก็บน้ำและอื่น ๆ ให้กำหนดจุดเก็บตัว
อย่างน้ำให้กระจายครอบคลุมพื้นที่ โดยการแบ่งพื้นที่ ออกเป็นตาราง หรือพื้นที่ย่อย การเก็บ
ตัวอย่างสำหรับแหล่งน้ำที่มีความลึกเกิน 2 เมตร ให้เก็บที่ระดับความลึกที่ 1 เมตร สำหรับ
แหล่งน้ำที่มีความลึกไม่เกิน 2 เมตร ให้เก็บที่จุดกึ่งกลางความลึก

2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุ

- เครื่องมือเก็บตัวอย่าง

ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ (water sampler) หรืออาจใช้ภาชนะบรรจุ

- ภาชนะบรรจุ

ใช้ขวดแก้วชนิดบอโรซิลิเกต เช่น ไพแรกซ์ หรือขวดพลาสติกสีขาว (polyethylene) ซึ่งผ่านการ
ล้างให้สะอาดด้วยกรดไนตริก 50 % ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูง (analytical reagent grade) แล้ว
ล้างด้วยน้ำกลั่น

ภาคผนวก จ

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

ลำดับที่	ประเภทอุตสาหกรรม
1	สี ทินเนอร์สำหรับแล็กเกอร์และสีที่ใช้ในอุตสาหกรรมทุกชนิด
2	ประกอบอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูง อุปกรณ์ตัดต่อและควบคุมระบบไฟฟ้า
3	ผลิตชิ้นส่วนคอมพิวเตอร์
4	เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอและอุตสาหกรรมกระดาษ
5	พิมพ์กระดาษที่ใช้กับคอมพิวเตอร์และบัตรเครดิต
6	ผลิตและประกอบตลับเทปบันทึกเสียง
7	ปากกาสำหรับจับวัตถุ ดินปืนควาล์ว คอมเพรสเซอร์
8	ซ่อมเครื่องจักร รถยนต์ และรถใช้งานทุกชนิด
9	ยางอิมัลชัน และยางมะตอยเหลว
10	ชิ้นส่วนอะไหล่รถยนต์ (ท่อไอเสีย, สายไฟรถยนต์, ถังน้ำมัน)
11	ผลิตภัณฑ์โลหะสำหรับการก่อสร้างและอุตสาหกรรม
12	หมึกพิมพ์ซิลค์สกรีน
13	พลาสติกแผ่นและผลิตภัณฑ์พลาสติก
14	เภสัชผลิตภัณฑ์
15	ยาปฏิชีวนะ, ยีสต์, แป้งเชื้อยีสต์
16	ผลิตภัณฑ์อาหารสำเร็จรูป
17	น้ำผลไม้กล่อง นำนมถั่วเหลือง
18	แชมพู, สบู่, ครีมทาผิว, ครีมขัดรองเท้า, รับบรรจุหีบห่อ
19	ผลิตภัณฑ์จากไฟเบอร์กลาส
20	ผลิตไส้กรอก แฮม เนื้อและปลารมควันต่างๆ
21	กาว เรซิน และเคมีภัณฑ์
22	ไอศกรีม
23	ผงซักฟอกใช้ในงานอุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์ทำความสะอาดและซักล้างชนิดเหลว
24	ไบมิคโกลิน และบรรจุเคมีภัณฑ์ที่ใช้ในเครื่องเขียน (น้ำยาลบคำผิด) และผลิตแปรงสีฟัน
25	แบตเตอรี่

ลำดับที่	ประเภทอุตสาหกรรม
26	โคมไฟฟ้า
27	เครื่องเขียน
28	เครื่องสำอาง
29	อุปกรณ์และส่วนประกอบยานพาหนะ
30	ชิ้นส่วนและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์
31	ผลิตภัณฑ์เสื้อผ้าสำเร็จรูป และเครื่องหนัง
32	เครื่องประดับจากโลหะ
33	ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ และยางซิติคอน
34	เลนส์ หรือแว่นตา หรือส่วนประกอบ
35	หลอดไฟฟ้า
36	ชิ้นส่วนหรือประกอบเครื่องมือ เครื่องใช้ในการกีฬา
37	ผลิตอุปกรณ์เครื่องใช้สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า
38	ภาชนะบรรจุภัณฑ์จากโฟมและพลาสติก
39	ชิ้นส่วนอุปกรณ์และประกอบเครื่องปรับอากาศ

ที่มา : นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

ภาคผนวก ฉ
ปริมาณน้ำฝนในรอบหนึ่งปี ปีพ.ศ. 2542

สถานที่ สำนักงานเขตลาดกระบัง

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	.0	.0	.0	.0	.4	19.3	.0	1.4	.0	.0	23.5	.0
2	.0	.0	.0	.0	.9	.0	.0	3.9	18.6	.0	3.6	.0
3	.0	42.4	.0	.0	5.5	.0	.0	.6	.0	48.6	14.1	.0
4	.0	.0	.0	.0	157.4	14.2	.0	1.1	.0	.0	.0	.0
5	.0	.0	.0	3.2	.0	.0	2.3	.0	1.4	.0	.0	.0
6	.0	.0	.0	42.1	.0	6.8	6.3	2.8	3.9	.0	.0	.0
7	.0	.0	.0	2.9	.0	.7	.0	.0	51.1	24.4	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	.8	1.3	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	67.8	.0	.0	.0	.0	24.7	.0	.0
10	.0	.0	.0	.0	12.4	.8	.0	.0	4.3	1.3	13.8	.0
11	.0	.0	.0	13.9	16.4	.0	33.8	.0	12.7	.0	.0	.0
12	.0	.0	.0	.0	2.6	.0	.0	.0	1.3	.0	2.1	.0
13	.0	.0	.0	33.0	.0	5.3	.0	.0	.0	1.4	.0	.0
14	.0	.0	.0	13.7	.0	.7	.0	.0	.0	23.3	.0	.0
15	.0	.0	.0	25.8	.0	2.1	.0	.0	.0	11.2	.0	.0
16	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
17	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.1	.0	4.8	.0	.0
18	.0	.0	.0	.0	1.7	28.3	.0	16.3	.0	.0	.0	.0
19	.0	.0	.0	.0	3.6	.0	22.6	37.2	.0	.0	.0	.0
20	.0	.0	.0	.0	4.3	12.3	.8	.0	.0	.0	.0	.0
21	.0	.0	.0	3.8	2.7	.0	4.1	.0	.0	.0	.0	.0
22	.0	.0	1.9	.5	2.3	.0	.0	.0	75.8	.0	.0	.0
23	.0	.0	3.8	.0	1.4	.0	.0	19.8	6.2	.0	.0	.0
24	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	14.1	11.1	4.3	.0	.0
25	.0	.0	.0	.0	7.3	.0	3.8	.0	14.3	32.4	.4	.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
26	.0	.0	.0	.0	.0	2.3	.0	.0	.0	10.5	.0	.0
27	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	1.8	2.0	.0	.0	.0
28	.0	.0	.0	29.5	.0	41.5	.8	.0	.0	2.7	.0	.0
29	3.8		.0	29.3	1.4	.0	.0	27.4	5.3	4.3	.0	.0
30	.0		.0	3.7	2.3	.0	9.4	4.9	16.4	.0	.0	.0
31	.0		.0		16.6		3.7	.0		6.4		.0
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total	3.8	42.4	5.7	201.4	307.8	135.6	87.6	132.4	224.4	200.4	57.5	.0
R-Day	1	1	2	12	19	13	10	13	14	14	6	0
Max.	3.8	42.4	3.8	42.1	157.4	41.5	33.8	37.2	75.8	75.8	23.5	.0

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี เท่ากับ 1398.8 มิลลิเมตร

จำนวนวันทั้งหมดที่มีฝนตก เท่ากับ 105 วัน

วันที่มีฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 4 พ.ค. เท่ากับ 157.4 มิลลิเมตร

หมายเหตุ ทำการเก็บน้ำฝนในช่วง 07.00-07.00 ชั่วโมง

R-Day คือวันที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

สถานที่ โรงเรียนวัดราชโกษา

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-	.0	4.0	-
2	.0	20.7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-	.0	.5	-
3	.0	.0	.0	.0	.4	.0	.0	.0	-	40.7	10.3	-
4	.0	.0	.0	.0	150.7	40.4	.0	.9	-	.0	.0	-
5	.0	.0	10.5	.0	.0	.0	.0	10.8	-	.0	.0	-
6	.0	.0	.0	.0	.0	.5	10.3	.1	-	.0	.0	-
7	.0	.0	.0	5.3	.0	.0	.0	.0	-	.4	.0	-
8	.0	.0	.0	.8	.0	.0	.0	.0	-	.0	.0	-
9	.0	.0	.0	.0	30.8	.0	.0	.0	-	.0	.0	-
10	.0	.0	.0	.0	30.6	.1	.0	.0	-	.0	20.6	-
11	.0	.0	.0	.3	10.5	.0	.0	.0	-	.0	.0	-
12	T	.0	.0	.2	.8	.6	10.6	.0	-	.0	.0	-
13	T	.0	.0	10.4	.0	.1	.4	.0	-	10.8	.0	-
14	.0	.0	.0	.8	.0	40.2	.0	.0	-	20.2	.0	-
15	.0	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.0	-	40.3	.0	-
16	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	-	10.5	.0	-
17	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.1	-	20.0	.0	-
18	.0	.0	.0	.0	20.5	20.3	.0	.0	-	.0	.0	-
19	.0	.0	.0	.0	10.7	.0	101.0	50.2	-	.0	.0	-
20	.0	.0	.0	.0	97.0	.0	.0	.0	-	.0	.0	-
21	.0	.0	.0	10.5	40.5	.0	.0	.0	-	.0	.0	-
22	.0	.0	20.3	.0	60.4	.0	.0	20.4	-	.0	.0	-
23	.0	.0	.0	.0	.1	.0	.1	.0	-	.0	.0	-
24	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.4	30.4	-	40.3	.0	-
25	2.0	.0	30.6	.1	.0	.0	.0	50.5	-	10.8	10.3	-
26	.0	.0	.0	10.2	.0	.0	.0	.0	-	1.1	.0	-
27	.0	.0	.0	10.1	.0	.0	.3	60.6	-	.0	.0	-
28	.0	.0	.0	.5	.0	.0	.0	.0	-	.0	.0	-

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
29	.0		.0	.0	.0	.0	.0	20.0	-	.5	.0	-
30	8.0		.0	10.1	.0	.0	10.0	20.7	-	.0	.0	-
31	.0		.0		10.7		.0	.0		20.7		-
N	31	28	31	30	31	30	31	31	-	31	30	-
Total	10.0	20.7	61.4	59.3	463.7	132.4	133.1	264.7	-	216.3	45.7	-
R-Day	2	1	3	12	13	9	8	11	-	12	5	-
Max.	8.0	20.7	30.6	10.5	150.7	40.4	101.0	60.6	-	40.7	20.6	-

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี เท่ากับ 1407.3* มิลลิเมตร

จำนวนวันที่มีฝนตก เท่ากับ 76*

วันที่มีฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 4 พ.ค. เท่ากับ 150.7* มิลลิเมตร

หมายเหตุ ทำการเก็บน้ำฝนในช่วง 07.00-07.00 ชั่วโมง

R-Day คือ วันที่มีปริมาณน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

“T” คือ ปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร

“-” คือ ข้อมูลที่สูญหายหรือไม่มีข้อมูล

“*” คือ ข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์

สถานที่ โรงเรียนวัดทิพพาวาส

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
1	.0	.0	.0	.0	2.0	20.8	.0	10.1	.0	.0	10.8	.0
2	.0	10.3	.0	.0	20.2	.0	.0	8.0	50.8	.0	.8	.0
3	.0	30.8	.0	.0	8.0	.0	.0	40.0	.0	80.8	10.9	.0
4	.0	.0	.0	.0	100.2	60.6	.0	9.0	.0	.0	.0	.0
5	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.8	.0	.0	.0	.0	.0
6	.0	.0	.0	30.4	.0	8.0	2.0	.0	3.0	.0	.0	.0
7	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	30.5	30.7	.0	.0
8	.0	.0	.0	.0	5.0	10.1	.0	.0	.0	.0	.0	.0
9	.0	.0	.0	.0	50.6	.0	.0	.0	2.0	9.7	.0	.0
10	.0	.0	.0	.0	30.1	.0	20.0	.0	20.5	.0	60.9	.0
11	.0	.0	.0	.0	7.5	.0	7.0	.0	10.3	.0	.0	.0
12	.0	.0	.0	.0	4.0	30.1	.0	.0	.8	.0	10.0	.0
13	.0	.0	.0	20.3	.0	.0	.0	.0	.0	5.5	40.4	.0
14	.0	.0	.0	30.5	.0	.0	.0	.0	.0	20.4	.0	.0
15	.0	.0	.0	T	.0	50.5	6.5	.0	.0	10.5	.0	.0
16	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0
17	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.1	.0	6.5	.0	.0
18	.0	.0	.0	.0	T	30.3	.0	.0	10.6	.0	.0	.0
19	.0	.0	.0	.0	5.5	10.3	40.6	20.3	4.5	.0	.0	.0
20	.0	.0	.0	.0	3.0	10.9	.0	.0	60.1	.0	.0	.0
21	.0	.0	.0	20.0	6.0	.0	T	.0	.0	.0	.0	.0
22	.0	.0	10.3	3.0	5.9	.0	4.0	.0	30.6	.0	.0	.0
23	.0	.0	8.0	20.2	1.4	.0	.0	30.4	10.3	7.0	.0	.0
24	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.4	20.0	10.0	.0	.0
25	9.0	.0	.0	.0	30.8	.0	4.0	.0	40.8	20.0	.0	.0
26	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	.0	10.1	.0	.0
27	.0	.0	.0	10.7	.0	.0	.0	5.5	T	.0	.0	.0
28	20.6	.0	.0	40.1	.0	40.8	4.0	20.8	.0	.3	.0	.0

วันที่	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
29	20.3		.0	50.7	.0	.0	.0	40.5	.3	.0	.0	.0
30	.0		.0	3.0	T	.0	9.0	3.5	30.1	.3	.0	.0
31	.0		.0		40.1		2.0	.0		.0		.0
N	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
Total	49.9	41.1	18.3	228.9	320.3	272.4	109.9	208.6	325.2	211.8	133.8	.0
R-Day	3	2	2	10	16	10	11	12	16	13	6	0
Max.	20.6	30.8	10.3	50.7	100.2	60.6	40.6	60.1	60.1	80.8	60.9	.0

ปริมาณน้ำฝนตลอดปี เท่ากับ 1920.2 มิลลิเมตร

จำนวนวันที่มีฝนตก เท่ากับ 101

วันที่มีฝนตกมากที่สุด คือ วันที่ 4 พ.ค. เท่ากับ 100.2 มิลลิเมตร

หมายเหตุ ทำการเก็บน้ำฝนในช่วง 07.00-07.00 ชั่วโมง

R-Day คือ จำนวนวันที่มีน้ำฝนมากกว่าหรือเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

“T” คือ ปริมาณน้ำฝนที่น้อยกว่า 0.1 มิลลิเมตร

ที่มา : ข้อมูลจากกรมอุตุนิยมวิทยา

ภาคผนวก ข

คุณภาพน้ำในคลองธรรมชาตียบริเวณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ในช่วงเดือน มีนาคม 2542-เดือน มีนาคม 2543

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 1 บริเวณลำปลาทิว ตดินนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลท์	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟต
29/3/99	30.1	7.45	1.60	105.4	1.086	0.116	0.669	0.058
6/5/99	29.9	5.70	0.50	63	0.581	0.019	0.639	1.034
2/6/99	29.2	7.08	0.35	90	1.214	0.001	0.204	0.164
15/7/99	29.6	7.03	0.35	120	1.600	0.001	0.143	0.029
10/8/99	29.2	7.26	0.60	102	3.613	0.004	0.639	0.255
14/9/99	29.1	6.20	0.73	70	0.598	0.004	5.021	0.721
21/10/99	28.5	6.70	0.19	74	0.104	0.001	0.015	0.113
22/11/99	27.0	6.73	0.30	114	1.367	0.010	0.235	0.066
14/12/99	25.5	7.23	0.43	132	1.239	0.002	0.186	0.202
18/1/00	28.4	6.60	0.96	126	0.757	0.003	0.145	0.137

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 2 บริเวณคลองลำขาคเตย ตดินนิคมอุตสาหกรรม และเชื่อมต่อกคลองสี่

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลท์	แอมโมเนีย	ไนไตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟต
29/3/99	29.4	7.67	0.40	371.4	1.577	0.252	7.065	1.023
6/5/99	28.7	6.00	0.20	82.6	0.863	0.083	1.306	0.413
2/6/99	28.6	7.27	0.30	118	1.221	0.001	0.021	0.530
15/7/99	29.8	7.07	0.25	118	1.042	0.001	0.015	0.022
10/8/99	29.3	7.59	0.20	182	5.091	0.055	5.486	1.361
14/9/99	29.2	6.23	0.19	98	0.280	0.023	4.984	0.855
21/10/99	28.3	7.20	0.09	146	0.099	0.001	0.015	0.788
22/11/99	26.8	6.80	0.12	138	2.535	0.002	0.015	0.171
14/12/99	25.6	7.25	0.18	192	1.288	0.007	9.084	1.523
18/1/00	28.1	6.69	0.21	190	2.467	0.010	0.145	1.387

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 3 บริเวณคลองลำปลาทิวบริเวณวัดสุธาโภชน์

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลตี	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท	ฟอสเฟต
29/3/99	/	/	/	/	/	/	/	/
6/5/99	29.6	6.00	0.35	58	0.617	0.014	0.761	0.142
2/6/99	29.2	7.18	0.30	90	1.172	0.001	0.015	0.246
15/7/99	29.4	7.07	0.10	128	1.637	0.000	0.027	0.031
10/8/99	29.4	7.34	0.45	116	3.495	0.017	5.217	0.433
14/9/99	29.3	6.21	0.19	58	0.530	0.017	3.515	0.770
21/10/99	28.5	7.10	0.18	80	0.162	0.001	0.474	0.211
22/11/99	27.0	6.90	0.09	118	1.652	0.000	0.015	0.089
14/12/99	25.5	7.20	0.37	108	1.197	0.000	0.688	0.373
18/1/00	28.5	6.77	0.35	140	0.985	0.003	3.817	0.455

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 4 รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองลำปลาทิว

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลตี	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรท	ฟอสเฟต
29/3/99	30.0	7.29	1.50	131	1.026	0.164	6.630	0.082
6/5/99	29.8	6.10	0.45	60	0.654	0.013	0.284	0.146
2/6/99	29.2	7.16	0.20	94	1.206	0.002	0.021	0.255
15/7/99	29.4	7.09	0.10	128	1.581	0.000	0.015	0.029
10/8/99	29.5	7.37	0.75	104	3.571	0.014	3.368	0.366
14/9/99	29.2	6.30	0.32	68	0.462	0.000	0.015	0.826
21/10/99	28.5	7.20	0.27	78	0.173	0.001	0.786	0.173
22/11/99	27.0	6.90	0.17	118	1.523	0.000	0.015	0.095
14/12/99	25.5	7.19	0.40	126	0.968	0.000	0.112	0.268
18/1/00	28.4	6.77	0.76	134	0.672	0.003	1.675	0.306

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 5 คลองประเวศบุรีรมย์บริเวณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลท์	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟส
29/3/99	30.1	7.28	1.30	72	0.690	0.145	1.330	0.169
6/5/99	29.5	6.00	0.55	52	0.354	0.001	0.021	0.140
2/6/99	29.3	7.21	0.50	100	0.972	0.020	0.223	0.284
15/7/99	29.9	7.31	2.20	150	1.584	0.034	0.516	0.033
10/8/99	29.4	7.26	0.25	108	0.711	0.012	1.257	0.399
14/9/99	29.5	6.31	0.21	66	0.211	0.000	0.015	0.892
21/10/99	28.7	7.10	0.17	80	0.161	0.000	0.045	0.155
22/11/99	27.8	6.94	1.18	122	1.599	0.012	0.535	0.109
14/12/99	25.3	7.28	0.33	142	0.433	0.000	0.688	0.384
18/1/00	28.4	6.81	1.22	138	0.586	0.003	0.206	0.555

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 6 รอยต่อระหว่างคลองประเวศบุรีรมย์กับคลองสี่

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลท์	แอมโมเนีย	ไนโตรท์	ไนเตรท	ฟอสเฟส
29/3/99	30.2	7.27	1.60	83	0.501	0.078	1.496	0.226
6/5/99	31.2	6.00	5.45	68	0.564	0.041	0.749	0.175
2/6/99	29.0	7.16	0.15	98	1.015	0.000	0.015	0.337
15/7/99	29.5	7.17	1.05	150	1.579	0.015	0.504	0.040
10/8/99	29.3	7.25	0.15	108	0.455	0.020	2.206	0.359
14/9/99	29.2	6.45	0.15	74	0.193	0.000	0.015	0.928
21/10/99	28.5	7.20	0.18	88	0.225	0.000	0.021	0.286
22/11/99	27.5	7.03	3.25	120	0.873	0.011	0.333	0.091
14/12/99	25.3	7.25	0.24	130	0.255	0.000	0.027	0.251
18/1/00	28.3	6.98	0.65	142	0.634	0.003	17.036	0.750

ตารางแสดงผลคุณภาพน้ำในจุดเก็บที่ 7 บริเวณคลองสี่

วัน/เดือน/ปี	อุณหภูมิ	พีเอช	ออกซิเจน	อัลคาไลตี	แอมโมเนีย	ไนโตรเจน	ไนเตรต	ฟอสเฟต
29/3/99	29.9	7.30	1.30	212	0.712	0.181	7.016	0.337
6/5/99	30.5	6.10	1.70	68	0.843	0.054	0.982	0.195
2/6/99	28.9	7.16	0.15	96	1.015	0.000	0.015	0.328
15/7/99	29.3	7.07	0.10	150	1.571	0.000	0.137	0.060
10/8/99	29.3	7.28	0.25	102	0.692	0.033	3.821	0.426
14/9/99	29.2	6.50	0.19	72	0.160	0.001	0.015	0.961
21/10/99	28.3	7.10	0.10	90	0.241	0.000	0.015	0.288
22/11/99	26.7	7.02	0.08	120	1.058	0.001	0.021	0.118
14/12/99	25.2	7.24	0.14	124	0.251	0.000	0.021	0.242
18/1/00	28.2	7.04	0.45	156	0.558	0.003	1.614	0.364

ที่มา : ภาควิชาวิทยาศาสตร์การประมง คณะเทคโนโลยีการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

1. กรมอุตุนิยมวิทยา, “รายงานปริมาณน้ำฝนในช่วงปี”, 2542
2. กลิ่นสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ “ปริมาณโลหะหนักบางชนิดในลุ่มน้ำคลองวาด จังหวัดสงขลา”
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัย
สงขลานครินทร์, 2538.
3. ชัยวัฒน์ เจนวนิช “สารานุกรมธาตุ”, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ, 2525.
4. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ “คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย” พิมพ์ครั้งที่ 3, หน้า 1-5, 17-20
สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2540.
5. เปี่ยมศักดิ์ เมนะเสวต “แหล่งน้ำกับปัญหามลพิษ” พิมพ์ครั้งที่ 7, หน้า 134-139, 155-174
สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.
6. แม้น อมรสิทธิ์ และคณะ “หลักการและเทคนิคเชิงวิเคราะห์ทางเครื่องมือ” พิมพ์ครั้งที่ 1,
หน้า 322-324, 328-332, 341-353, 357-360, 374-375 ห้างหุ้นส่วนจำกัดโรง
พิมพ์ชวนพิมพ์, 2535.
7. ศ.ดร. ธงชัย พรรณสวัสดิ์ และคณะ “คู่มือวิเคราะห์น้ำเสีย” พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 3-5, 14-17
สมาคมวิศวกรสิ่งแวดล้อมไทย, 2535.
8. รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล และคณะ “โครงการศึกษาสภาพแวดล้อมทางน้ำบริเวณลำคลองโดย
รอบการนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง” ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทค
โนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2537.
9. วรณะ อารีสินพิทักษ์ “ปัญหาสิ่งแวดล้อม” โครงการตำราคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและ
วิทยาศาสตร์ ภาควิชาภาษาสังคม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หน้า 74-84, 2531.
10. สุรภี ไรจน์อารยานนท์ “สภาวะแวดล้อมของเรา ตอน มลพิษสภาวะแวดล้อม” พิมพ์ครั้งที่ 3
หน้า 114-127, 2532.