ภาคผนวก ก

วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำและตะกอนโคลน เพื่อการวิเคราะห์โลหะหนัก

วิธีการเก็บและรักษาตัวอย่างน้ำ เพื่อการวิเคราะห์โลหะหนัก

(ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ)

ตัวอย่างน้ำและตะกอนโคลน

1. จุดเก็บตัวอย่าง

1.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกน้ำ

1.1.2 เก็บตัวอย่างตะกอนโคลนจากก๊อกระบายตะกอน

2. เครื่องมือเก็บตัวอย่างและภาชนะบรรจุ

ใช้เครื่องมือเก็บตัวอย่างน้ำ หรืออาจใช้ภาชนะบรรจุเก็บตัวอย่าง ใช้ขวดแก้วชนิดบอโรซิลิเคต เช่น ไพเรกซ์หรือขวดพลาสติกสีขาว ซึ่งผ่านการล้างให้สะอาดด้วยกรดไนตริก 50 % ชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูง

3. วิธีเก็บตัวอย่าง

3.1.1 เก็บตัวอย่างน้ำจากก๊อกน้ำ

3.1.2 ปล่อยน้ำที่ค้างอยู่ในท่อทิ้งไปก่อน โดยเปิดก๊อกให้น้ำไหลเต็มที่เป็นเวลา 1 – 2 นาทีแล้วปรับให้น้ำไหลปานกลางประมาณ 1 – 2 นาที จึงบรรจุตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

3.1.3 เก็บตัวอย่างตะกอนโคลนจากก๊อกระบาย

3.1.4 ปล่อยตะกอนที่ค้างอยู่ในท่อทิ้งไปก่อน โดยเปิดก๊อกให้น้ำไหลเต็มที่เป็นเวลา 1 – 2 นาทีแล้วปรับให้น้ำไหลปานกลางประมาณ 1 – 2 นาที จึงบรรจุตัวอย่างใส่ขวดเก็บตัวอย่าง

4. ปริมาณตัวอย่าง

ปริมาณน้ำตัวอย่างใช้ 1, 000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ปริมาณตะกอนโคลน 5, 000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

5. การเก็บรักษา

รักษาคุณภาพตัวอย่างน้ำโดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้น 5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อตัวอย่างน้ำ1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตรขณะที่เก็บตัวอย่างหรือจนค่าความเป็นกรดเบส (pH) ของตัวอย่างต่ำกว่า 2 และนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

6. รักษาคุณภาพตัวอย่างตะกอนโคลนโดยการนำไปแช่เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

6.1.1 ฉลากเขียนด้วยหมึกที่กันน้ำได้ และควรมีรายละเอียดดังนี้

6.1.2 หมายเลขกำกับตัวอย่าง

6.1.3 ชนิดของโลหะ ที่ต้องการวิเคราะห์

6.1.4 สถานที่เก็บตัวอย่าง (ตำบล อำเภอ จังหวัด)

6.1.5 วันเวลาที่เก็บ และ หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

6.1.6 ชื่อผู้เก็บ

6.1.7 รายละเอียดอื่น ๆ ที่จำเป็น

ภาคผนวก ข

ตารางแสดงพารามิเตอร์ของเครื่อง AAS แบบ graphite furnace รุ่น GTA 100 SpectrAA – 800 ของ Varian ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ตะกั่วและแคดเมียมในตะกอนโคลน

ตารางภาคผนวก 1 แสดงพารามิเตอร์ของเครื่อง AAS แบบ graphite furnace รุ่น GTA 100 SpectrAA – 800 ของ Varian ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ตะกั่วในตะกอนโคลน

Step No.	Temp. (°C)	Time (s)	Gas Type (L/min)
1	85	5.0	3.0
2	95	40.0	3.0
3	120	10.0	3.0
4	400	5.0	3.0
5	800	2.0	3.0
6.	800	1.0	3.0
7	800	2.0	0.0
8	2100	1.0	0.0
9	2100	2.0	0.0
10	2100	2.0	3.0

ตารางภาคผนวก 2 แสดงพารามิเตอร์ของเครื่อง AAS แบบ graphite furnace รุ่น GTA 100 SpectrAA – 800 ของ Varian ในการวิเคราะห์ความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ แคดเมียมในตะกอนโคลน

Step No.	Temp. (°C)	Time (s)	Gas Type (L/min)
1	85	5.0	3.0
2	95	40.0	3.0
3	120	10.0	3.0
4	400	5.0	3.0
5	400	1.0	3.0
6	400	2.0	0.0
7	1800	0.8	0.0
8	1800	2.0	0.0
9	1800	2.0	3.0

ภาคผนวก ค

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วและแคดเมียมในตะกอนโคลน (วิเคราะห์ 5 ซ้ำ)

ตารางภาคผนวก 3 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวงในหน้าแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
พระแสง 1	0.12	1.45	3.71	7.02	10.81	23.11
พระแสง 2	0.04	1.25	6.18	6.49	12.34	26.3
พระแสง 3	0.13	1.43	7.02	2.79	14.27	25.64
พระแสง 4	0.11	2.44	5.97	3.65	11.76	23.93
พระแสง 5	0.03	1.23	6.96	3.58	12.4	24.2
ค่าเฉลี่ย	0.09	1.56	5.97	4.71	12.32	24.65
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.047	0.502	1.345	1.910	1.265	0.191
เคียนซา 1	0.18	0.43	4.05	5.14	7.43	17.23
เคียนซา 2	0.2	0.34	3.35	3.06	6.43	13.38
เคียนซา 3	0.04	0.35	3.9	5.26	6.78	16.33
เคียนซา 4	0.3	0.32	3.3	5.85	6.78	16.55
เคียนซา 5	0.3	0.12	3.63	6.03	7.05	17.13
ค่าเฉลี่ย	0.20	0.31	3.65	5.07	6.89	16.12
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.107	0.115	0.330	1.184	0.372	1.580
พุนพิน 1	0.03	0.16	5.93	7.02	8.2	21.34
พุนพิน 2	0.03	0.14	3.75	7.02	8.81	19.75
พุนพิน 3	0.07	0.15	3.4	5.98	12.28	21.88
พุนพิน 4	0.06	0.15	2.99	5.79	10.98	19.97
พุนพิน 5	0.1	0.15	3.37	5.95	13.27	22.84
ค่าเฉลี่ย	0.06	0.15	3.89	6.35	10.71	21.16
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.029	0.007	1.173	0.641	2.180	1.302

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวงในหน้าแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545) (ต่อ)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
คีรีรัฐนิคม1	0.08	ND	2.55	3.75	12.55	18.93
คีรีรัฐนิคม2	0.09	ND	4.4	2.09	8.44	15.02
คีรีรัฐนิคม3	0.08	ND	0.76	6.16	8.79	15.79
คีรีรัฐนิคม4	0.05	ND	2.83	3.75	7.36	13.99
คีรีรัฐนิคม5	0.07	ND	2.63	3.94	9.28	15.92
ค่าเฉลี่ย	0.07	ND	2.12	3.94	9.28	15.93
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.015	ND	1.292	1.451	1.957	1.845

ตารางภาคผนวก 4 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวง ในหน้าแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
พระแสง 1	0.04	0.04	0.01	ND	ND	0.09
พระแสง 2	0.03	0.02	0.01	ND	ND	0.06
พระแสง 3	0.03	0.07	0.01	ND	ND	0.11
พระแสง 4	0.02	0.03	0.01	ND	ND	0.06
พระแสง 5	0.02	0.04	0.02	ND	ND	0.08
ค่าเฉลี่ย	0.03	0.04	0.01	ND	ND	0.08
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.008	0.019	0.004	ND	ND	0.021
เคียนซา 1	ND	ND	ND	0.03	ND	0.03
เคียนซา 2	ND	ND	ND	0.05	ND	0.05
เคียนซา 3	ND	ND	ND	0.01	ND	0.01
เคียนซา 4	ND	ND	ND	0.01	ND	0.01
เคียนซา 5	ND	ND	ND	0.02	ND	0.02
ค่าเฉลี่ย	ND	ND	ND	0.02	ND	0.02
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ND	ND	ND	0.017	ND	0.017
พุนพิน 1	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02
พุนพิน 2	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02
พุนพิน 3	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02
พุนพิน 4	0.01	ND	ND	ND	ND	0.01
พุนพิน 5	0.01	ND	ND	ND	ND	0.01
ค่าเฉลี่ย	0.02	ND	ND	ND	ND	0.02
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.005	ND	ND	ND	ND	0.005

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวงในหน้าแล้ง (ช่วงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2545) (ต่อ)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
คีรีรัฐนิคม1	0.03	0.08	ND	ND	ND	0.11
คีรีรัฐนิคม2	0.01	0.05	ND	ND	ND	0.06
คีรีรัฐนิคม3	0.09	0.01	ND	ND	ND	0.1
คีรีรัฐนิคม4	0.04	0.07	ND	ND	ND	0.11
คีรีรัฐนิคม5	0.04	0.01	ND	ND	ND	0.05
ค่าเฉลี่ย	0.04	0.04	ND	ND	ND	0.09
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.029	0.033	ND	ND	ND	0.029

ตารางภาคผนวก 5 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวงในหน้าฝน (ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
พระแสง1	ND	0.35	3.4	0.35	10.09	14.19
พระแสง2	ND	0.12	1.68	0.26	15.02	17.08
พระแสง3	ND	0.12	4.91	0.68	13.66	19.37
พระแสง4	ND	0.12	5.23	0.22	9.99	15.56
พระแสง5	ND	0.24	4.51	0.24	12.49	17.48
ค่าเฉลี่ย	ND	0.19	3.95	0.35	12.25	16.74
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ND	0.103	1.443	0.191	2.207	1.967
เคียนซา 1	0.01	ND	0.48	1.51	15.17	17.17
เคียนซา 2	0.01	ND	0.17	0.96	13.05	14.19
เคียนซา 3	0.01	ND	0.51	0.62	13.52	14.66
เคียนซา 4	0.07	ND	3.27	0.34	14.07	17.8
เคียนซา 5	0.05	ND	2.73	0.55	15.2	18.53
ค่าเฉลี่ย	0.03	ND	1.43	0.81	14.20	16.47
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.028	ND	1.450	0.445	0.967	1.935
พุนพิน1	ND	ND	2.16	1.78	15.95	19.89
พุนพิน2	ND	ND	0.59	0.98	9.75	11.32
พุนพิน3	ND	ND	2.38	3.23	10.71	16.32
พุนพิน4	ND	ND	0.88	1.01	16.28	18.17
พุนพิน5	ND	ND	0.78	1.02	13.81	15.61
ค่าเฉลี่ย	ND	ND	1.36	1.60	13.30	16.26
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ND	ND	0.843	0.969	2.978	3.227

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวง ในหน้าฝน (ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545) (ต่อ)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
คีรีรัฐนิคม1	0.08	ND	4.08	3.81	13.08	21.05
คีรีรัฐนิคม2	0.03	ND	2.42	4.85	13.35	20.65
คีรีรัฐนิคม3	0.08	ND	2.6	5.17	13.67	21.52
คีรีรัฐนิคม4	0.04	ND	0.5	4.02	13.12	17.68
คีรีรัฐนิคม5	0.08	ND	0.7	3.23	11.12	15.13
ค่าเฉลี่ย	0.06	ND	2.06	4.22	12.87	19.21
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.025	ND	1.482	0.789	1.005	2.729

ตารางภาคผนวก 6 แสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวง ในหน้าฝน (ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
พระแสง 1	0.01	0.01	0.08	0.08	0.09	0.27
พระแสง 2	0.01	0.06	0.03	0.04	0.05	0.19
พระแสง 3	0.01	0.01	0.08	0.03	0.12	0.25
พระแสง 4	0.01	0.03	0.04	0.03	0.11	0.22
พระแสง 5	0.02	0.01	0.07	0.02	0.12	0.24
ค่าเฉลี่ย	0.01	0.02	0.06	0.04	0.10	0.23
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.004	0.022	0.023	0.023	0.029	0.030
เคียนซา 1	ND	0.01	0.1	0.03	ND	0.14
เคียนซา 2	ND	0.01	0.1	0.02	ND	0.13
เคียนซา 3	ND	0.01	0.12	0.01	ND	0.14
เคียนซา 4	ND	0.01	0.1	0.01	ND	0.12
เคียนซา 5	ND	0.02	0.13	0.03	ND	0.18
ค่าเฉลี่ย	ND	0.01	0.11	0.02	ND	0.14
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ND	0.00	0.01	0.01	ND	0.023
พุนพิน 1	0.01	ND	0.15	0.03	0.01	0.2
พุนพิน 2	0.04	ND	0.12	0.02	0.01	0.19
พุนพิน 3	0.04	ND	0.1	0.03	0.03	0.2
พุนพิน 4	0.05	ND	0.09	0.03	0.03	0.2
พุนพิน 5	0.01	ND	0.1	0.03	0.02	0.16
ค่าเฉลี่ย	0.03	ND	0.11	0.03	0.02	0.19
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	0.019	ND	0.024	0.004	0.010	0.017

ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนของโรงกรองน้ำที่ใช้น้ำดิบจากแม่น้ำตาปี-พุมดวง ในหน้าฝน (ช่วงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2545) (ต่อ)

สถานี	รูปแบบทางเคมี					
	Exchangeable form	Carbonate form	Oxide form	Organic form	Residual form	Total
คีรีรัฐนิคม1	ND	0.01	ND	0.01	ND	0.02
คีรีรัฐนิคม2	ND	0.01	ND	0.04	ND	0.05
คีรีรัฐนิคม3	ND	0.01	ND	0.03	ND	0.04
คีรีรัฐนิคม4	ND	0.01	ND	0.01	ND	0.02
คีรีรัฐนิคม5	ND	0.02	ND	0.02	ND	0.04
ค่าเฉลี่ย	ND	0.01	ND	0.02	ND	0.03
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ND	0.004	ND	0.013	ND	0.013

ภาคผนวก ง

การทดสอบทางสถิติ

การทดสอบแบบ Spearman rank correlation coeffcient

Spearman rank correlation coeffcient ใช้สัญลักษณ์ r_s หรือ ρ เป็นวิธีที่ใช้วัดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยที่ตัวแปรนั้นจะต้องอยู่ในรูปแบบของข้อมูลในมาตราเรียงอันดับ (Ordinal scale)

Spearman นักจิตวิทยาชาวอังกฤษได้คิดวิธีการนี้ขึ้นในปี ค.ศ. 1906 จึงมีผู้เรียกวิธีการนี้อีกอย่างหนึ่งว่า Spearman 's (Spearman' s Rho) หรือ Rho correlation ซึ่งการหาความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้อาจเป็นความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรประเภทเดียวกันของประชากรกลุ่มเดียวกัน แต่มีการจัดอันดับสองครั้งเช่นการจัดอันดับความสามารถของนักรียนโดยครู 2 คน หรือความสัมพันธ์ระหว่างอันดับของบุคคลเดียวกันบนสองตัวแปร เช่น ผลการสอบกลางปีกับผลการสอบปลายปี

วิธีนี้มักใช้เปรียบเทียบข้อมูล 2 ชุด ว่ามีความสัมพันธ์กันมากน้อยเพียงใดเมื่อมีขนาดข้อมูลเล็ก ๆ หรือไม่มากนัก คือประมาณ 20-30

การหา Spearman rank correlation coeffcient : r_s หรือ ρ มีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

ระดับตัวแปร

ตัวแปรทั้ง 2 ตัวอยู่ในมาตราเรียงลำดับ หรือมาตราอัตราส่วน (Ratio Scale) ก็ได้ แต่ต้องเปลี่ยนมาตราเรียงอันดับก่อนจึงจะหาโดยวิธีนี้ได้

ลักษณะของข้อมูล ข้อมูลประกอบด้วยข้อมูล 2 ชุด เช่น ตัวแปร X กับ Y และสามารถจัดอันดับข้อมูลได้

การทดสอบ ทำตามลำดับดังนี้

1. จัดอันดับคะแนนแต่ละชุด โดยเรียงจากคะแนนต่ำสุดไปหาคะแนนสูงสุดหรือคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุดก็ได้ แต่ต้องเป็นแบบเดียวกันทั้ง 2 ชุด ในกรณีที่คะแนนซ้ำกัน ให้ถืออันดับเฉลี่ยเป็นอันดับของคะแนนแต่ละคนนั้น

   ให้ Rx แทน อันดับคะแนนชุด X

   Ry แทน อันดับคะแนนชุด Y

2. หาผลต่างระหว่างอันดับของคะแนน (d)

   $d = Rx - Ry$

3. ยกกำลังสองของผลต่างระหว่างอันดับของคะแนน (D2)

4. หาผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของผลต่างระหว่างอันดับของคะแนน ($\Sigma d2$)

5. คำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ρ) โดยใช้สูตร

$$\rho = 1 - \frac{6\Sigma d2}{}$$

$$N(N2-1)$$

เมื่อ ρ แทน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จากผลต่างของอันดับคะแนน

$\Sigma d2$ แทน ผลรวมทั้งหมดของกำลังสองของผลต่างระหว่างอันดับของคะแนนแต่ละคู่

N แทน จำนวนคู่ของอันดับ

การทดสอบนัยสำคัญ การที่จะทราบค่า ρ ที่คำนวณได้นั้นมีนัยสำคัญหรือไม่ เราสามารถทดสอบได้ดังนี้

1. ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างน้อยกว่าหรือเท่ากับ 25 คือ ($N \leq 25$) ใช้ทดสอบด้วย t จากสูตร

$$t = \rho\sqrt{\frac{N-2}{1-\rho 2}}$$

แล้วนำค่า t ที่คำนวณได้ ไปเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติของ t จากตาราง ที่ Degrees of freedom (df) = $n-2$ ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติของ t จากตาราง ก็แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสัมพันธ์ทางสถิติ

ถ้าค่า t ที่คำนวณได้มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ t จากตาราง ก็แสดงว่าตัวแปรทั้งสองไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ถ้าขนาดกลุ่มตัวอย่างมากกว่า 25 (คือ $N>25$) ใช้ทดสอบ Z จากสูตร

ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้ มีค่ามากกว่าค่าวิกฤติของ Z จากตาราง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ถ้าค่า Z ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ Z จากตาราง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

3. ใช้ตารางสำเร็จที่บอกค่าวิกฤติของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อันดับ (ที่ $df = N-2$)

ถ้าค่า ρ ที่คำนวณได้มากกว่าค่าวิกฤติของ ρ จากตาราง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ถ้าค่า ρ ที่คำนวณได้ มีค่าน้อยกว่าค่าวิกฤติของ ρ จากตาราง แสดงว่าตัวแปรทั้งสองชุดไม่มีความสัมพันธ์กันหรือสัมพันธ์กันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

การแปรผล ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ได้เป็นเพียงค่าที่แสดงว่าตัวแปรทั้งสองตัวนั้นเป็นไปตามกัน คล้อยตามกันหรือกลับกันเท่ากัน ไม่ได้หมายความว่าตัวแปรหนึ่งเป็นเหตุและอีกตัวแปรหนึ่งเป็นผลแต่อย่างใด

การทดสอบแบบ Kruskal – Wallis H test

วิธีวิเคราะห์วาเรียนซ์ที่ใช้กับข้อมูลที่ถูกจำแนกทางเดียว ที่มีการแจกแจงแบบ paramitic โดยข้อมูลมาจากตัวแทนมากกว่าสองตัวแทนขึ้นไป เช่น ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบ Completely randomized design นั้นจะให้ประสิทธิภาพสูงก็ต่อเมื่อข้อมูลจะต้องเป็นไปตามข้อกำหนดหลายประการ เช่น ความคลาดเคลื่อนจะต้องมีการแจกแจงแบบปกติ และวาเรียนซ์ของประชากรที่ตัวแทนถูกสุ่มจะต้องมีค่าเท่ากัน แต่ในทางปฏิบัติอาจได้ข้อมูลที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดดังกล่าว วิธี nonparamitic ที่เรียกว่า Kruskal – Wallis H test จะสามารถนำมาใช้แทนวิธีวิเคราะห์ดังกล่าวได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูลที่มีลักษณะเป็นอันดับสเกล (ordinal scale) ที่ต้องการเสนอลักษณะที่ได้จากการวัดในเชิงคุณภาพ(qualitative scale)ให้มีลักษณะเป็นเชิงปริมาณ (quantitative scale)

วิธีการทดสอบแบบ Kruskal – Wallis H test เป็นวิธีทดสอบที่นำค่าผลรวมของอันดับจากตัวแทนมาใช้จึงถือได้ว่าเป็นการทดสอบแบบ rank sum test ชนิดหนึ่ง

วิธีทดสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้อันดับ (rank) ของค่าสังเกตแต่ละค่าจากข้อมูลทั้งหมด ถ้าค่าสังเกตมีค่าเท่ากัน จะใช้ค่าเฉลี่ยของอันดับ
2. หาผลรวมของค่าอันดับ (rank sum) ของแต่ละตัวแทน
3. คำนวณค่าทดสอบสถิติ H ดังนี้

$$H = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^{k} R_i^2 / n_I - 3(n+1)$$

โดย

R_i = ผลรวมของค่าอันดับของตัวแทนที่ i

n_I = จำนวนค่าสังเกตของตัวแทนที่ i

$n = \sum_{i=1}^{k} n_I$

= จำนวนค่าสังเกตทั้งหมด เมื่อมีตัวแทน k ตัวแทน

การทดสอบแบบ Mann – Whitney U – test

ใช้ในการเปรียบเทียบตัวอย่างกลุ่มอิสระ 2 กลุ่ม ที่การแจกแจงแบบ nonparsmitic ว่าสุ่มมาจากประชากรที่มีการแจกแจงเหมือนกันหรือไม่ หรือมีค่ามัธยฐานเหมือนกันหรือไม่ หรือมีค่าเฉลี่ยหรือค่ามัธยฐานแตกต่างกันหรือไม่โดยข้อมูลที่นำมาทดสอบ จะวัดแบบอันดับสเกล (ordinal scale)

สมมุติว่าสุ่มตัวอย่างอิสระจำนวน $n_1 + n_2$ ขั้นตอนการทดสอบมีดังนี้

1. จัดอันดับ (rank) ของข้อมูลตัวอย่างทั้ง 2 ชุด ซึ่งรวมเข้าเป็นชุดเดียว จากค่าน้อยสุดไปหาค่ามากสุด ให้ค่าน้อยสุดอยู่ในอันดับ 1 และค่าถัดมาเป็นอันดับ 2 และดำเนินการเช่นนี้จนครบ ค่าที่เท่ากันให้อยู่ในอันดับที่เป็นค่าเฉลี่ยของอันดับค่าเหล่านั้น
2. หาผลรวมของอันดับของข้อมูลสำหรับตัวอย่างแต่ละชุด แยกจากกัน โดยกำหนดให้

R = ผลรวมของอันดับที่ของข้อมูลตัวอย่างชุดที่มีจำนวนข้อมูลน้อยกว่า และให้ n_1 เป็นจำนวนข้อมูลที่น้อยกว่า

R = ผลรวมของอันดับที่ของข้อมูลตัวอย่างชุดที่มีจำนวนข้อมูลมากกว่า และให้ n_2 เป็นจำนวนข้อมูลที่มากกว่า

ในกรณีข้อมูลมีจำนวนเท่ากัน n_1 และ n_2 จะเป็นจำนวนชุดใดก็ได้แล้วแต่ผู้ใช้จะกำหนด

3. ค่าทดสอบสถิติคือค่า U คำนวณได้ดังนี้

$$U_1 = n_1 n_2 + = \frac{n_1 (n_1 + 1)}{2} - R_1$$

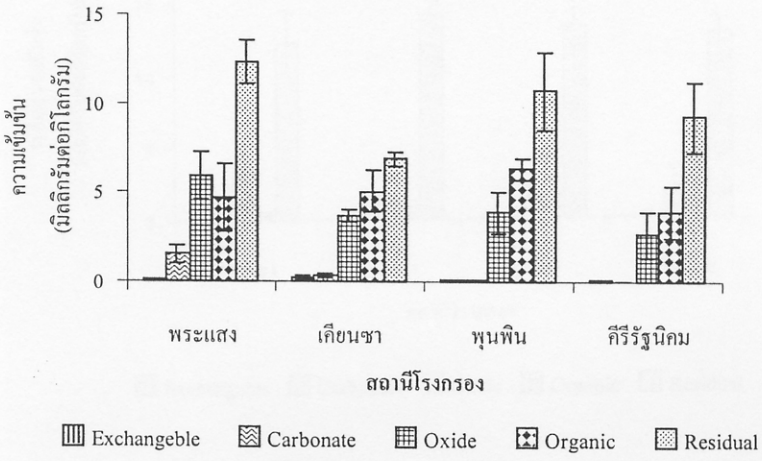
$$U_2 = n_1 n_2 + = \frac{n_2 (n_2 + 1)}{2} - R_2$$

หรือ $U_2 = n_1 n_2 - U_1$

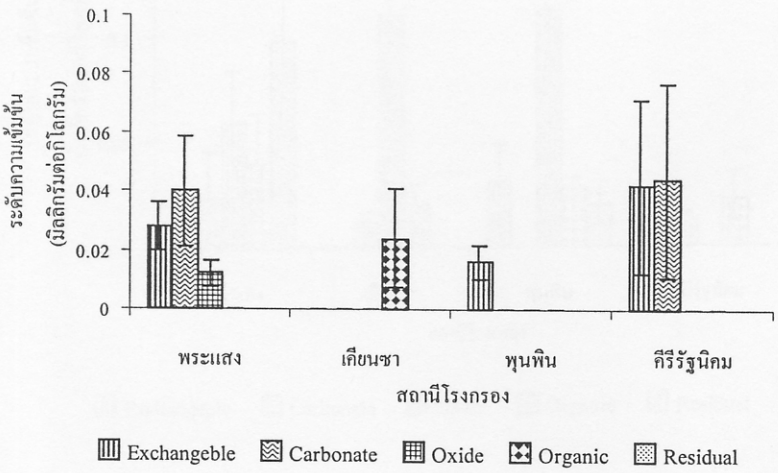
เปรียบเทียบค่า U_1 และ U_2 ค่าใดน้อยกว่า ค่านั้นจะเป็นค่าทดสอบสถิติ U แล้วดำเนินการทดสอบตามขั้นตอนการทดสอบนัยสำคัญ

ภาคผนวก จ

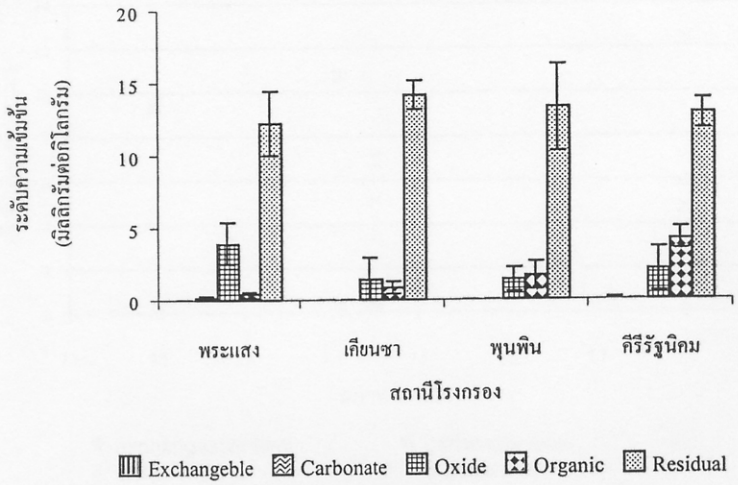
ภาพประกอบภาคผนวก



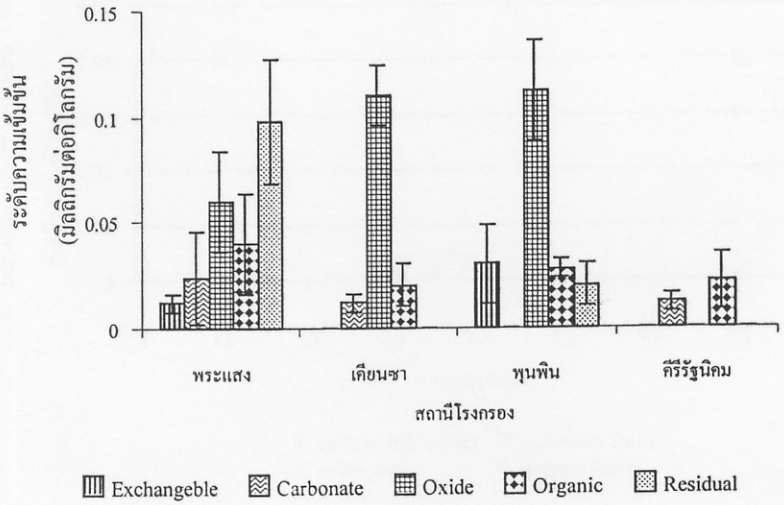
ภาพประกอบภาคผนวก 1 ระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในสถานีโรงกรองประปาในช่วงหน้าแล้ง



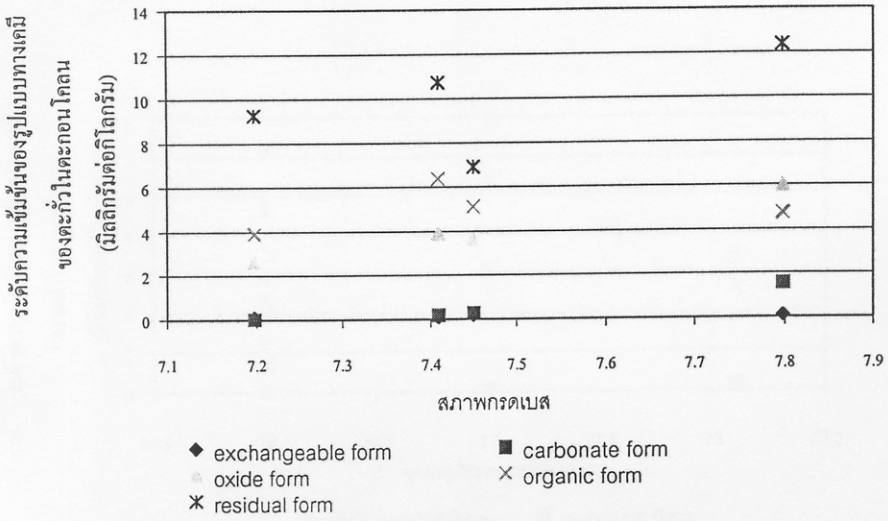
ภาพประกอบภาคผนวก 2 ระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในสถานีโรงกรองประปาในช่วงหน้าแล้ง



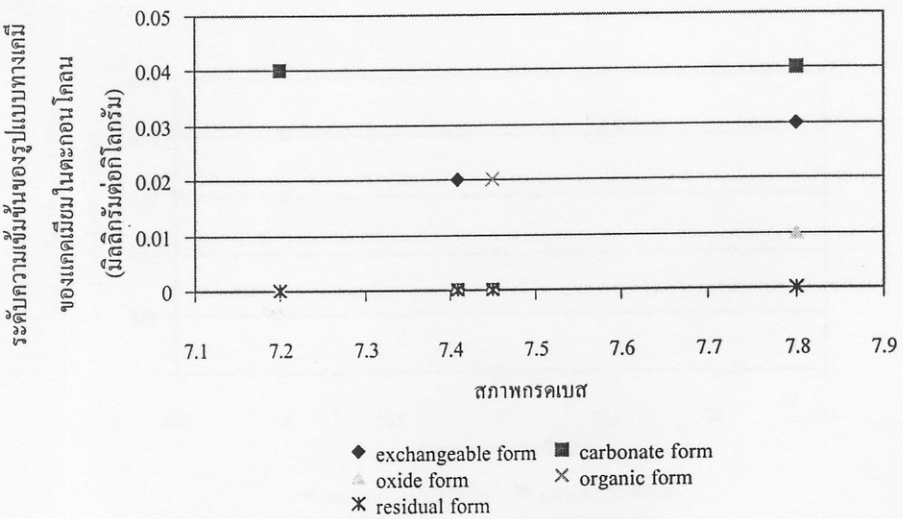
ภาพประกอบภาคผนวก 3 ระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในสถานีโรงกรองประปาในช่วงหน้าฝน



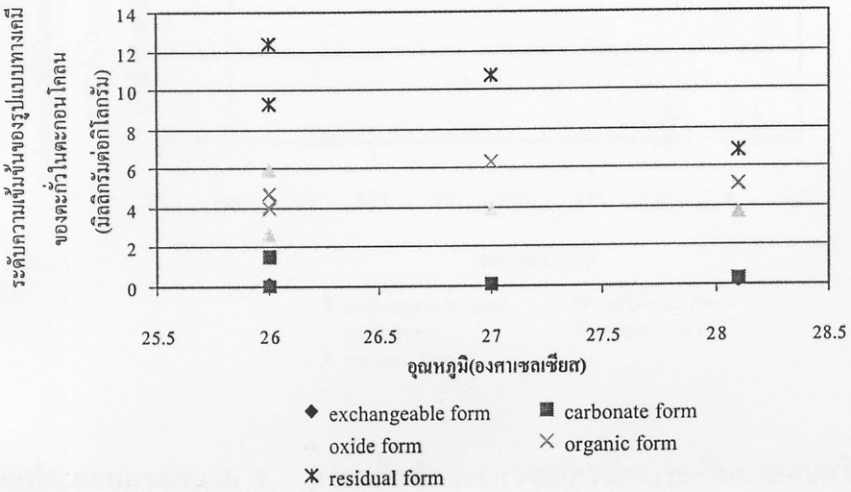
ภาพประกอบภาคผนวก 4 ระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในสถานีโรงกรองประปาในช่วงหน้าฝน



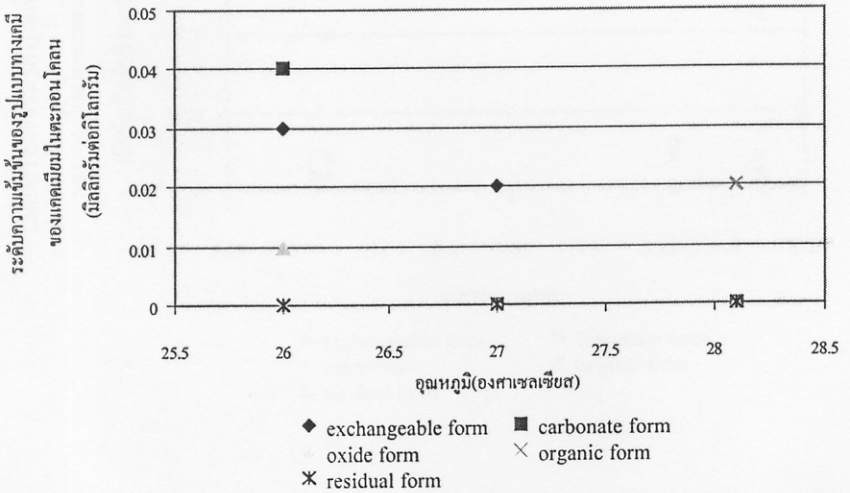
ภาพประกอบภาคผนวก 5 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความเป็นกรด-เบสในน้ำกับระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนในช่วงหน้าแล้ง



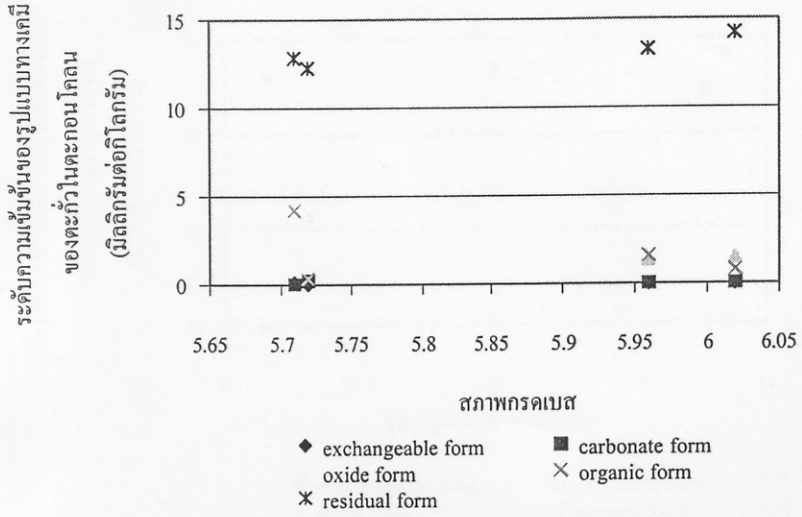
ภาพประกอบภาคผนวก 6 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความเป็นกรด-เบสในน้ำกับระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่าง ๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนในช่วงหน้าแล้ง



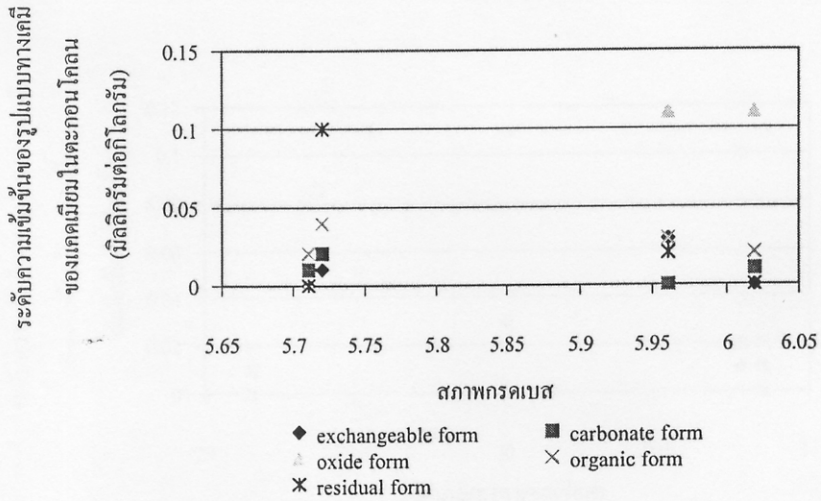
ภาพประกอบภาคผนวก 7 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในน้ำกับระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนในช่วงหน้าแล้ง



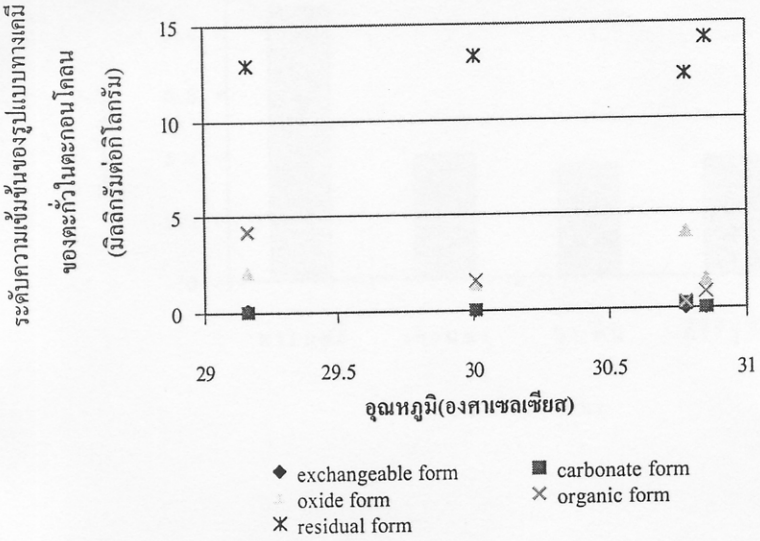
ภาพประกอบภาคผนวก 8 ความสัมพันธ์อุณหภูมิในน้ำกับระดับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนในช่วงหน้าแล้ง



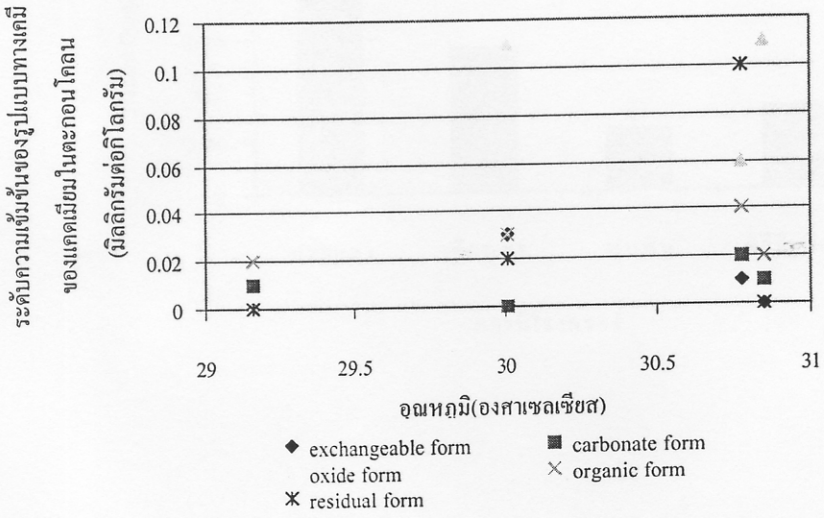
ภาพประกอบภาคผนวก 9 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความเป็นกรด-เบสในน้ำกับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนในช่วงหน้าฝน



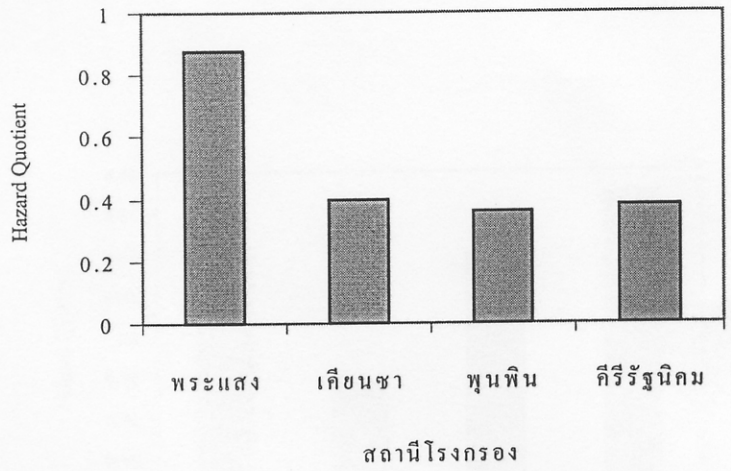
ภาพประกอบภาคผนวก 10 ความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะความเป็นกรด-เบสในน้ำกับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนในช่วงหน้าฝน



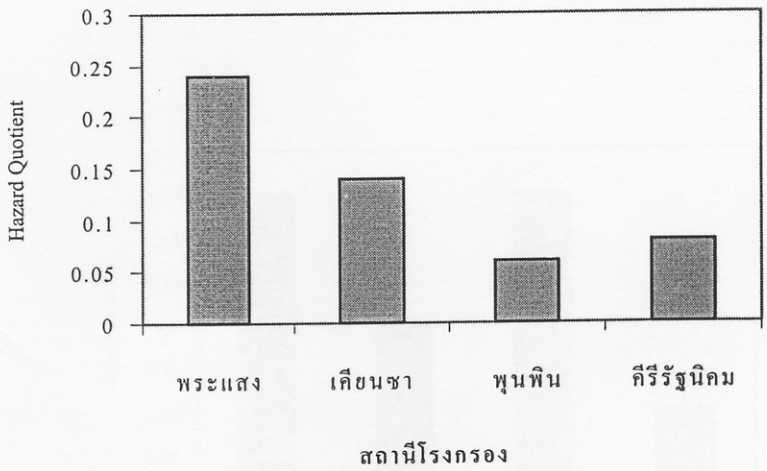
ภาพประกอบภาคผนวก 11 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในน้ำกับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่าง ๆ ของตะกั่วในตะกอนโคลนในช่วงหน้าฝน



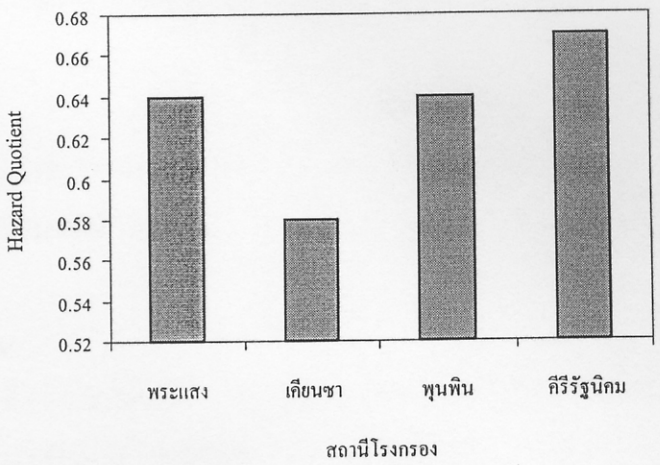
ภาพประกอบภาคผนวก 12 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิในน้ำกับความเข้มข้นของรูปแบบทางเคมีต่างๆ ของแคดเมียมในตะกอนโคลนในช่วงหน้าฝน



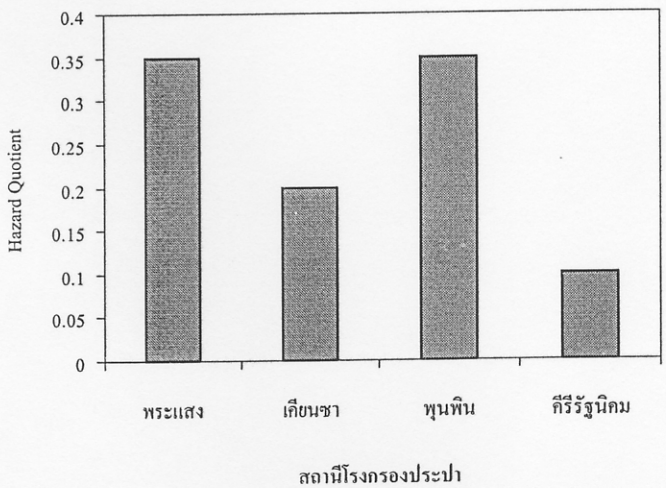
ภาพประกอบภาคผนวก 13 Hazard Quotient ของระดับความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำดิบของแต่ละสถานีโรงกรองประปา



ภาพประกอบภาคผนวก 14 Hazard Quotient ของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในน้ำดิบของแต่ละสถานีโรงกรองประปา



ภาพประกอบภาคผนวก 15 Hazard Quotient ของระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตะกอนโคลนของแต่ละสถานีโรงกรองประปา



ภาพประกอบภาคผนวก 16 Hazard Quotient ของระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตะกอนโคลนของแต่ละสถานีโรงกรองประปา