ภาคผนวก ก

ผลกระทบของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิต

ตาราง ก - 1 ผลกระทบของโลหะหนักต่อสิ่งมีชีวิต

โลหะ	สิ่งมีชีวิต	ผลกระทบที่เกิดขึ้น	รูปแบบที่ส่งผลกระทบ
Cu	*Selenastrum capricornutum* (algae)	growth inhibition	Cu-citrate, Cu-ethylene diamine
Cu	*Nitzschia closterium* (algae)	growth inhibition	Cu-8-quinolonol, Cu-diethyldithio carbamate
Cu	*Monochrysis lutheri* (algae)	division rate	Free-ion
Cu	*Gonyaulax tamarensis* (algae)	toxicity, loss of motility, reduced photosynthetic CO_2 fixation	Free-ion
Cu	*Daphnia magna* (zooplankton)	mortality	Free-ion, Cu-amino acids, Cu-natural DOM,
Cu	*Crassostrea virginica* (oyster)	uptake	Free-ion
Cu	*Pimephales promelas,* (fish)	toxicity, mortality	Free-ion
Cu	*Salmo gairdneri* (fish)	toxicity, mortality	Free-ion
Mn	*Chlamydomonas sp.* (algae)	uptake	Free-ion
Zn	*Thalassiosira weissflogii* (algae)	growth limitation	Free-ion
Zn	*Scenedesmus quadricauda* (algae)	toxicity, nutrition, growth inhibition	Free-ion
Zn	*Scenedesmus subspicatus* (algae)	uptake	Free-ion
Zn	*Chlamydomonas variabilis* (algae)	uptake	Free-ion

ที่มา : Tessier, Buffle and Campbell, 1994

ภาคผนวก ข

โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองอู่ตะเภา

ตาราง ข - 1 โรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่คลองอู่ตะเภา (ข้อมูล ณ วันที่ 4 เมษายน 2543)

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	ตำบล	อำเภอ	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./วัน)
1	บ.ฉลองค์ซีฟูด จก.	ห้องเย็นเก็บอาหารทะเลและอาหารแช่แข็ง	ควนลัง	หาดใหญ่	Aerated Lagoon	700
2	บ.มอนเทอเรย์เอเชีย จก.(มหาชน)	ยางแผ่นรมควัน	ควนลัง	หาดใหญ่	Stabilization Pond	160
3	บ.ไฮแคร์อินเตอร์เนชั่น-แนล จก.	ทำถุงมือยาง	ควนลัง	หาดใหญ่	Stabilization Pond	500
4	บ.เอ็กซ์เซลรับเบอร์ จก.	น้ำยางข้น และยางแท่ง ทีทีอาร์ 5 แอล	บ้านพรุ	หาดใหญ่	Stabilization Pond	600
5	บ.เจริญโภคภัณฑ์อาหารสัตว์ จก. (มหาชน)	ผลิตอาหารสัตว์	บ้านพรุ	หาดใหญ่	Anaerobic Filter	250
6	บ.ออมนิเกรซ (ประเทศไทย) จก.	ถุงมือยาง ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง และอื่นๆ	บ้านพรุ	หาดใหญ่	Stabilization Pond	2,000
7	บ.หาดทิพย์ จก.	น้ำอัดลม	บ้านพรุ	หาดใหญ่	Anaerobic Pond, Aerated Lagoon	910
8	บ.หาดสินรับเบอร์ จก.	น้ำยางข้น	พะตง	หาดใหญ่	Stabilization Pond	500
9	บ.รับเบอร์แลนด์โปรดักส์ จก.	น้ำยางข้น	พะตง	หาดใหญ่	บ่อเติมอากาศ + บ่อปรับสภาพ	200
10	บ.สยามเซมเพอร์เมด จก.	ทำถุงมือยาง	พะตง	หาดใหญ่	บ่อเติมอากาศ + บ่อปรับสภาพ	4,000
11	บ.สยามเซมเพอร์เมด จก. โรงงาน 2	ผลิตถุงมือแพทย์	พะตง	หาดใหญ่	บ่อเติมอากาศ + บ่อปรับสภาพ	2,000
12	บ.เซฟสกิน คอร์ปอเรชั่น (ประเทศไทย) จก.	ทำถุงมือยาง ถุงมือแพทย์	พะตง	หาดใหญ่	Facultative Pond with Supplemental Aeration and Polishing Pond	10,000
13	บ.ทรัพย์มี (ประเทศไทย) จก	ยางแผ่นรมควัน	หาดใหญ่	หาดใหญ่	Trickling Filter Stabilization	150

ตาราง ข – 1 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อโรงงาน	ประกอบกิจการ	ตำบล	อำเภอ	ระบบบำบัดน้ำเสีย	ปริมาณน้ำทิ้ง (ลบ.ม./วัน)
14	บ.เซฟสกิน เมดดิคอล แอนด์ไซ เอนทิฟิก (ประเทศไทย) จก.	ผลิตถุงมือยาง ธรรมชาติและ ยางสังเคราะห์	ปริก	สะเดา	Aerated Lagoon + Oxidation Pond	8,000
15	หจก.เอกพลคลองแงะ	ยางแผ่นรมควัน	พังลา	สะเดา	Aerated Pond	40
16	บ.ทรัพย์มีลาเท็กซ์ จก.	น้ำยางข้น	พังลา	สะเดา	Aerated Lagoon + Oxidation Pond + Polishing Pond	1,680
17	บ.สู่พัฒนาการยางพารา จก.	ยางแผ่นรมควัน	พังลา	สะเดา	Stabilization Pond	60
18	บ.ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จก.	ยางแผ่นรมควัน	พังลา	สะเดา	Stabilization Pond	250
19	บ.หาดใหญ่แคนนิ่ง จก.	ผลไม้กระป๋อง	ทุ่งลาน	คลองหอยโข่ง	Anarobic Pond +Aerated Pond+ Stabilization Pond	150

ที่มา : สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, 2543

ภาคผนวก ค

การล้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและภาชนะที่ใช้ในการทดลอง

กรดที่ใช้ในงานวิจัยเพื่อการล้างหรือแช่อุปกรณ์เก็บตัวอย่างและภาชนะที่ใช้ในการทดลอง เป็นกรดไนตริก (HNO_3) ชนิด AR grade ที่นำมาผ่านการกลั่นโดยใช้ เครื่องกลั่นกรดแบบ Sub-boiling ยี่ห้อ Berghof (Germany) เพื่อการเตรียมกรดชนิดบริสุทธิ์สูง (Suprapure) ส่วนน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำที่ผ่านการกรองโดยใช้ เครื่องกรองไอออนออกจากน้ำ ยี่ห้อ Barnstead สำหรับเตรียมน้ำนาโนเพียว (Nanopure water) ซึ่งมีความต้านทานทางไฟฟ้า >18Ω

การล้างอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและภาชนะที่ใช้ในการทดลอง ทำโดยแช่อุปกรณ์และภาชนะเหล่านี้ใน 1% HNO_3 นาน 1 สัปดาห์ จากนั้นล้างด้วยน้ำ Nanopure หลาย ๆ ครั้ง แล้วแช่ในน้ำ Nanopure เป็นเวลาอีก 2 – 3 วัน ก่อนนำขึ้นล้างด้วยน้ำ Nanopure อีกหลาย ๆ ครั้ง แล้วผึ่งให้แห้งในตู้ปลอดฝุ่น เมื่อแห้งแล้วบรรจุอุปกรณ์เก็บตัวอย่างและภาชนะที่สะอาดแล้วในถุงพลาสติกและปิดผนึกพร้อมที่จะใช้งาน การเตียมอุปกรณ์ดังกล่าวทำในห้อง Clean room ที่ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ส่วนการเตรียมสารละลายมาตรฐานและสารละลายตัวอย่างเพื่อทำการวิเคราะห์โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์ปชันทำในตู้ปลอดฝุ่น (Laminar Flow Cabinet) Class 100 ในห้อง Clean room เช่นกัน ซึ่งตลอดการทำงานต้องสวมถุงมือพลาสติก

ภาคผนวก ง

การหาขนาดอนุภาคตะกอน

การหาขนาดอนุภาคตะกอนตามระดับความลึกของชั้นตะกอนจาก 4 สถานีดำเนินการโดยใช้เทคนิคการร่อนและการตกตะกอนด้วยวิธีการปิเปตซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ตามกฎของสโตรก (Annual Book of ASTM Standards, 1982) โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. การคำนวณเวลาที่ต้องใช้ในวิธีการปิเปต

ก่อนการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอนโดยเทคนิคการตกตะกอน ต้องมีการคำนวนเวลาที่จะใช้ในการปิเปตสารละลายออกจากระดับความลึกกำหนด เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่ต้องการโดยใช้กฎของสโตรก (Stroke ' Law) ดังนี้

จากกฎของสโตรก

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

เมื่อ

D คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของอนุภาค (มิลลิเมตร)

n คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความหนืดของตัวกลางแขวนลอย (poises) ซึ่งในกรณีนี้คือ น้ำ (ค่าดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิของตัวกลางแขวนลอย)

L คือ ระยะทางจากผิวหน้าของตัวกลางแขวนลอย ถึงระดับซึ่งความหนาแน่นของตัวกลางแขวนลอยถูกวัด (เซนติเมตร)

T คือระยะเวลาจากที่เริ่มตกตะกอนจนถึงตอนที่ดูดสารละลายออกโดยใช้ปิเปต (นาที)

G คือ ความถ่วงจำเพาะของอนุภาคดิน

G_1 คือ ความถ่วงจำเพาะ (ความหนาแน่นสัมพัทธ์) ของตัวกลางแขวนลอย

การทดลองในครั้งนี้อนุภาคที่ใช้เป็นตัวอย่างสำหรับการคำนวนเวลาที่ต้องการ คือ ควอ็ตซ (Quartz) ซึ่งเมื่อมีการกระจายตัวในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จะมีค่า G = 2.65, G_1 = 0.998 และ n = 0.01 เมื่อนำมาคำนวนเวลา (T) ซึ่งไม่มีขนาดอนุภาคที่มากกว่า D ไมโครเมตร ในชั้นของสารละลายเหนือความลึก L (เมื่อ D = 2 ไมโครเมตร และ L = 5 เซนติเมตร) จะได้ ค่า T = 231.7266949 นาที หรือ 3ชั่วโมง 52 นาที

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

3. สารเคมี
   - สารกระจายเม็ดดิน (Dispersing Agent) ใช้ สารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร
   - ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

4. วิธีดำเนินการ

   4.1 กำจัดสารอินทรีย์ออกจากตะกอนดังนี้
   - ชั่งตะกอนแห้งประมาณ 20-30 กรัม (บันทึกน้ำหนัก)
   - เติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร เพื่อกำจัดสารอินทรีย์และช่วยให้ตะกอนกระจายตัว
   - ทิ้งให้เกิดปฏิกิริยา 1 คืน
   - ให้ความร้อนที่ประมาณ 60 องศาเซลเซียสเพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์
   - บางตัวอย่างตะกอนซึ่งมีสารอินทรีย์อยู่มากอาจต้องมีการเติมสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ในปริมาณมาก
   - กำจัดสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่มากเกินพอออกโดยการทำให้เดือด

   4.2 ร่อนตะกอนแบบเปียก (Wet- Sieved) ผ่านตะแกรงขนาด 75 ไมครอน

   4.3 ตะกอนที่มีขนาดมากกว่า 75 ไมโครเมตรทำให้แห้งและชั่งน้ำหนัก ผลที่ได้จะเป็นน้ำหนักอนุภาคขนาดทราย (Sand)

4.4 ตะกอนที่มีขนาดน้อยกว่า 75 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบด้วยขนาดอนุภาคที่เป็นทรายแป้ง (Silt) ละดินเหนียว (Clay) มาวิเคราะห์ต่อด้วยวิธีการปิเปต โดยนำตะกอนส่วนนี้ใส่ลงในกระบอกตกตะกอน

4.5 เติมสารละลายโซเดียมเฮกซาเมตาฟอสเฟต เข้มข้น 10 % โดยปริมาตร ประมาณ 8-10 มิลลิลิตร

4.6 เติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตรบนสุดของกระบอกตวง

4.7 เริ่มใช้ไม้คนกระบอกตวงจนอนุภาคภายในฟุ้งกระจาย เริ่มจับเวลาทันทีหลังจากหยุดคน (การวิเคราะห์ทำที่อุณหภูมิคงที่ ที่ 20 องศาเซลเซียส

4.8 หลังจากเวลาผ่านไป 3 ชั่วโมง 52 นาที ดูดน้ำที่เหนือระดับความลึก 5 เซนติเมตรใส่ในอะลูมิเนียมฟรอยซึ่งชั่งน้ำหนักไว้ก่อนแล้วโดยใช้ปิเปตอัตโนมัติ

4.9 ทำให้แห้งที่อุณหภูมิไม่เกิน 100 องศาเซลเซียส ทิ้งให้เย็นในเดสิกเคเตอร์ และชั่งน้ำหนัก ผลที่ได้จะเป็นน้ำหนักของอนุภาคขนาดดินเหนียว (< 2 ไมโครเมตร)

4.10 คำนวณเปอร์เซ็นต์ของอนุภาคแต่ละขนาด (ทราย ทรายแป้งและดินเหนียว) โดยถือว่าน้ำหนักรวมของทุกขนาดเป็น 100 เปอร์เซ็นต์

ภาคผนวก จ

การสกัดตะกอนโดยใช้กรดอะซิติก

การสกัดตะกอนโดยใช้กรดอะซิติก (Acetic Acid (HOAc) Extraction of Sediment) เพื่อศึกษาโลหะหนักในตะกอนตามกระบวนการของ Loring and Rantala (1995) เป็นวิธีการหนึ่งที่ให้ผลดี เนื่องจากกรดอะซิติกสามารถใช้เพื่อปลดปล่อยส่วนที่เกิดพันธะกันอย่างหลวมๆ (weakly bound part) จากความเข้มข้นทั้งหมดของโลหะ (total metal concentration) โดยส่วนที่สามารถชะออกมาได้จากการสกัดหรือส่วนที่สามารถละลายได้ในกรด (leachable metals or acid soluble) เป็นส่วนของโลหะในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ในตะกอน (non-detrital or bioavailable metals fraction)

กรดอะซิติก เข้มข้น 25 % โดยปริมาตรจะกำจัดโลหะที่จับอยู่กับส่วนต่างๆ ดังนี้

- ตำแหน่งที่มีการแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange position)
- ส่วนที่อยู่ในรูปสารประกอบเหล็กและแมงกานีสอสัญฐานที่สามารถละลายได้ง่าย (easily soluble amorphous compounds of iron and manganese)
- ส่วนที่อยู่ในรูปคาร์บอเนต (carbonate)
- ส่วนที่จับอยู่กับสารอินทรีย์อย่างหลวมๆ (weakly held in organic matter)

โลหะที่จับอยู่กับส่วนดังกล่าว เป็นโลหะซึ่งอยู่ในรูปแบบที่สามารถถูกปลดปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยง่ายและมีศักยภาพที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำเข้าสู่ร่างกาย จึงสามารถเป็นตัวชี้วัดที่ดีสำหรับระดับการปนเปื้อนของโลหะในสิ่งแวดล้อม (Morrison, Narayan and Gangaiya, 2001)

1. วัสดุและอุปกรณ์
   - เครื่องหมุนเหวี่ยง
   - เครื่องเขย่ากวน
   - เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
   - ตะแกรงร่อนขนาด 58 ไมครอน
   - หลอดเขย่ากวนพร้อมฝาปิดขนาด 50 มิลลิลิตร
   - ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร
   - กรวยกรอง

- กระดาษกรอง เบอร์ 1 Qualitative
- ขวด High density polyethylene ขนาด 125 มิลลิลิตร

2. สารเคมี
   - กรดอะซิติก

3. วิธีดำเนินการ

   3.1 ใช้ตัวอย่างตะกอนแห้งที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดรู 58 ไมโครเมตร ตัวอย่างละ 2 กรัม ใส่ในหลอดสำหรับหมุนเหวี่ยง

   3.2 เติมกรดอะซิติกเข้มข้น 25 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (25% v/v HOAc) จำนวน 25 มิลลิลิตร

   3.3 ปิดหลอดสำหรับหมุนเหวี่ยงแล้วนำไปเขย่าในเครื่องเขย่ากวน เป็นเวลา 6 ชั่วโมง และนำมาเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

   3.4 เทส่วนของสารละลายที่ใส กรองลงสู่ขวดวัดปริมาตรขนาด 50 มิลลิลิตร

   3.5 ตะกอนที่เหลือจะล้างด้วยน้ำนาโนเพียว 10 มิลลิลิตร แล้วเขย่าหลอดอีกครั้งด้วยเครื่องเขย่ากวนเป็นเวลา 1 นาที และแยกน้ำที่ล้างตะกอนดังกล่าวออกด้วยการใช้เครื่องหมุนเหวี่ยงโดยใช้ความเร็ว 2500 รอบต่อนาทีเช่นเดิม ใช้เวลาเพียง 5 นาที หลังจากนั้นเทส่วนของสารละลายที่ใสกรองลงสู่ขวดวัดปริมาตรใบเดิม

   3.6 ปรับปริมาตรสารละลายที่ได้ด้วยด้วยน้ำนาโนเพียว จากนั้นเทเก็บใส่ขวด High density polyethylene

   3.7 เก็บรักษาตัวอย่างสารละลายที่ได้จากการสกัดตะกอน ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียสเพื่อรอการวิเคราะห์ต่อไป

ภาคผนวก ฉ

การตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอน

สารอินทรีย์ในตะกอนมีบทบาทในการเคลื่อนย้าย (Transport) การสะสม (Deposition) การการเก็บกัก (Retention) โลหะหนัก สารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ในครั้งนี้เป็นการวิเคราะห์โดยวิธีวอลกี – แบล็ค (Walkey-Black Method) ซึ่งพัฒนาและปรับปรุงโดย Loring and Rantala (1995) เป็นวิธีที่แยกสารฮิวมัสออกจากคาร์บอนอินทรีย์อื่นๆ เช่น แกรไฟท์ (Graphite) ถ่านหิน (Coal) และคาร์บอนอินทรีย์ที่เฉื่อยต่อการเปลี่ยนแปลงทางเคมี และเป็นวิธีที่ดีวิธีหนึ่งในวิเคราะห์สารอินทรีย์ที่มีอยู่ในตะกอน โดยสารอินทรีย์ที่วิเคราะห์ออกมาโดยวิธีนี้ เป็นสารอินทรีย์ที่สามารถถูกออกซิไดซ์ได้ (Readily Oxidizable Organic Matter) ซึ่งถือเป็นสารอินทรีย์ในรูปที่สิ่งมีชีวิตสารถนำไปใช้ประโยชน์ได้โดยง่ายในสิ่งแวดล้อม

หลักการวิเคราะห์ คือ ในสภาวะที่เป็นกรด คาร์บอนอินทรีย์ในตัวอย่างจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับไดโครเมต ดังแสดงในสมการ ฉ-1

$$2Cr_2O_7^{2-} + 3C + 28H^+ \rightarrow 4Cr^{3+} + 3C^{4+} + 14H_2O \qquad (ฉ\text{-}1)$$

เมื่อใส่ไดโครเมตให้มีปริมาณที่มากเกินพอ เมื่อคาร์บอนอินทรีย์ถูกออกซิไดซ์ไปหมดแล้ว สามารถหาปริมาณไดโครเมตที่เหลือ โดยปฏิกิริยารีดักชันของโครเมตด้วยสารละลายเฟอรัส ใช้ไดฟีนิลลามีนเป็นอินดิเคเตอร์ เติมกรดฟอสฟอริคลงไปเพื่อให้สังเกตจุดยุติได้ง่ายขึ้น ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น แสดงในสมการ ฉ-2

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Fe(NH_4)_2^{4+} + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 6Fe(NH_4)^{4+} + 6NH_4^+ + 7H_2O \qquad (ฉ\text{-}2)$$

เนื่องจากไดโครเมตทำปฏิกิริยากับคลอไรด์ไอออน ดังสมการ ฉ-3 เพื่อป้องกันการสูญเสียไดโครเมตรไปในปฏิกิริยานี้ จึงมีการเติมซิลเวอร์ซัลเฟตลงไป

$$Cr_2O_7^{2-} + 6Cl^- + 14H^+ \rightarrow 2Cr^{3+} + 3Cl_2 + 7H_2O \qquad (ฉ\text{-}3)$$

วิธีการตรวจวัดปริมาณสารอินทรีย์ในตะกอน มีรายละเอียดและขั้นตอนดังแสดงต่อไปนี้

1. วัสดุและอุปกรณ์

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

2. สารเคมีและวิธีการเตรียม

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

3. วิธีดำเนินการ

3.1 ใช้ตัวอย่างตะกอนแห้งที่ผ่านตะแกรงร่อนขนาดรู 58 ไมโครเมตร จำนวน 0.5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร

3.2 เติมสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมท เข้มข้น 1 นอร์มอล จำนวน 10 มิลลิลิตร โดยใช้บิวเรต และเติมสารละลายกรดซัลฟูริกเข้มข้นและซิลเวอร์ซัลเฟต จำนวน 20 มิลลิลิตร ผสมกันโดยค่อยๆหมุนประมาณ 1 นาที

3.3 ตั้งของผสมที่ได้ไว้ประมาณ 30 นาที

3.4 ทำแบลงค์ทุกครั้งเมื่อเปลี่ยนชุดตัวอย่างใหม่

3.5 หลังจาก 30 นาทีผ่านไป เติมน้ำกลั่นจำนวน 200 มิลลิลิตร ตามด้วยกรดฟอสฟอริก จำนวน 10 มิลลิลิตรและโซเดียมฟลูออไรด์ จำนวน 0.2 กรัม

3.6 เติมไดฟีนิลลามีนอินดิเคเตอร์ จำนวน 15 หยด (0.5 มิลลิลิตร)

3.7 ไตเตรทสารละลายที่ได้ด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล จนถึงจุดยุติ จะได้สารละลายสีเขียวหัวเป็ด (brilliant green)

4. การคำนวณผล

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

S = ปริมาณสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรทแบลงค์ (มิลลิลิตร)

T = ปริมาณสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต เข้มข้น 0.5 นอร์มอล ที่ใช้ไปในการไตเตรทตัวอย่าง (มิลลิลิตร)

F = ค่าที่ได้จาก

$F = (1.0\ N) \times 12/4000 \times 1.72 \times 100/$น้ำหนักตัวอย่างตะกอน

$= 1.03$ เมื่อน้ำหนักของตัวอย่างเท่ากับ 0.5 กรัม

5. การทำมาตรฐานในการวิเคราะห์สารอินทรีย์

ทำมาตรฐานของสารละลายที่ใช้ในการไตเตรตสารอินทรีย์โดยใช้เด็กโตรส($C_6H_{12}O_6$) เป็นสารมาตรฐานซึ่งในเดร็กโตรสจะมีคาร์บอนอยู่ 39.99 เปอร์เซ็นต์

ดำเนินการโดย ชั่งเดกโทรส 0.0100 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ แล้วทำการทดลองหาปริมาณคาร์บอนด้วยวิธีการเหมือนกับขั้นตอนการหาสารอินทรีย์ในตัวอย่างดินตะกอนหรือแบลงค์ จากนั้นนำมาคำนวณหาปริมาณเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ค่าที่ได้ควรใกล้เคียงกับ 39.99 เปอร์เซ็นต์ ตามวิธีคำนวณดังสมการ

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

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

(F มีค่าเท่ากับ 30 เมื่อเดกโทรส หนัก 0.01 กรัม)

ภาคผนวก ช

การหาค่าการถ่ายเทโดยการแพร่

การถ่ายเทโดยการแพร่ (Diffusive fluxes) ของโลหะจากตะกอนสู่น้ำเหนือผิวตะกอนเป็นไปตามกฎข้อที่ 1 ของ ฟิกค์ (Fick's First Law of Diffusion) (Tessier, Carignan and Belzile, 1994; Berner, 1980) ดังนี้

Fick s First Law of Diffusion :

$$J_i = -\phi D_s \left(\frac{dc}{dz}\right)_{z=0} \quad \text{(ช-1)}$$

$$D_s = \frac{D_o}{F\phi} \quad \text{(ช-2)}$$

$$F = \frac{1}{\phi^m} \quad \text{(ช-3)}$$

แทนค่าสมการ ช-3 ในสมการ ช-2 จากนั้นนำไปแทนในสมการ ช-1 ทำให้ได้สมการที่ใช้ในการคำนวณ คือ

$$J_i = -\phi^m D_o \left(\frac{dc}{dz}\right)_{z=0} \quad \text{(ช-4)}$$

ใช้สมการ ช-4 ในการคำนวณหาค่าการถ่ายเทโดยการแพร่ของโลหะหนักดังตัวอย่างการคำนวณ ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณ

กรณีการถ่ายเทโดยการแพร่ของเหล็ก ในสถานีเก็บตัวอย่างที่ 1

เมื่อ

ϕ = ค่าความพรุนของตะกอน (ที่ความลึก 1 เซนติเมตรแรก) มีค่าเท่ากับ 0.46

m = m = 2 เมื่อ $\phi \leq 0.7$ (Ullman and Aller, 1982)

D_o = ค่าสัมประสิทธิ์การแพร่ของไอออนในน้ำเท่ากับ $7.19 \times 10^{-6} cm^2/s$ (Li and Gregory, 1974)

dc = ความแตกต่างของความเข้มข้นเหล็กในน้ำเหนือตะกอน (1.42 mg/l) และน้ำระหว่างตะกอนที่ส่วนบนสุดของตะกอน (9.30 mg/l)

dz = ค่าระยะห่างระหว่างน้ำเหนือตะกอน และน้ำระหว่างตะกอนของชั้นบนสุดให้มีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร

แทนค่าในสมการ (4) ดังนี้

$$J_i = -(0.46)^2(7.19 \times 10^{-6})(1.42-9.30) \quad \frac{cm^2.mg}{s.cm^4}$$

$$J_i = 377.69\ \mu g\ cm^{-2}yr^{-1}$$

ดังนั้น ค่าการถ่ายเทโดยการแพร่ของเหล็กในสถานี 1 มีค่าเท่ากับ 377.69 ไมโครกรัมต่อตารางเซนติเมตรต่อปี

ภาคผนวก ซ

มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ตาราง ซ - 1 มาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน

ลำดับ	ดัชนีคุณภาพน้ำ	หน่วย	การแบ่งประเภทคุณภาพน้ำตามการใช้ประโยชน์				
			ประเภทที่ 1	ประเภทที่ 2	ประเภทที่ 3	ประเภทที่ 4	ประเภทที่ 5
1	อุณหภูมิ (water temperature)	(°ซ)	ธ	ธ'	ธ'	ธ'	-
2	ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	ธ	5.0-9.0	5.0-9.0	5.0-9.0	-
3	ออกซิเจนละลายน้ำ (DO)	มก./ล.	ธ	≮6.0	≮4.0	≮2.0	-
4	ทองแดง (Cu)	มก./ล.	ธ	สูงสุดไม่เกิน 0.1			-
5	แมงกานีส (Mn)	มก./ล.	ธ	สูงสุดไม่เกิน 1.0			-
6	สังกะสี (Zn)	มก./ล.	ธ	สูงสุดไม่เกิน 1.0			-
7	ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	ธ	สูงสุดไม่เกิน 0.05			-

ที่มา : สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2544

หมายเหตุ : ธ = ธรรมชาติ

ธ' = อุณหภูมิของน้ำจะต้องไม่สูงกว่าอุณหภูมิตามธรรมชาติ เกิน 3 องศาเซลเซียส

≮ = ไม่น้อยกว่า

- = ไม่ได้กำหนด

การแบ่งประเภทแหล่งน้ำผิวดิน

ประเภทที่ 1 ได้แก่ แหล่งน้ำที่คุณภาพน้ำมีสภาพตามธรรมชาติโดยปราศจากน้ำทิ้งจากกิจกรรมทุกประเภท และสามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติก่อน
- การขยายพันธุ์ตามธรรมชาติของสิ่งมีชีวิตระดับพื้นฐาน
- การอนุรัการะบบนิเวศน์ของแหล่งน้ำ

ประเภทที่ 2 ได้แก่ แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถเป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การอนุรักษ์สัตว์น้ำ
- การประมง
- การว่ายน้ำและกีฬาทางน้ำ

ประเภทที่ 3 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำทั่วไปก่อน
- การเกษตร

ประเภทที่ 4 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อ

- การอุปโภคและบริโภคโดยต้องผ่านการฆ่าเชื้อโรคตามปกติ และผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพน้ำเป็นพิเศษก่อน
- การอุตสาหกรรม

ประเภทที่ 5 ได้แก่แหล่งน้ำที่ได้รับน้ำทิ้งจากกิจกรรมบางประเภทและสามารถใช้เป็นประโยชน์เพื่อการคมนาคม

แหล่งที่มา : ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 ลงวันที่ 20 มกราคม พ.ศ. 2537 เรื่อง กำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

ภาคผนวก ฌ

ผลการวิเคราะห์ขนาดอนุภาคตะกอน

ตาราง ฌ - 1 การกระจายขนาดอนุภาคตะกอน (grain size distribution) ตามระดับความลึกของชั้นตะกอน จาก 4 สถานี

สถานี	คอร์	ความลึก (cm.)	% ทราย	% ทรายแป้ง	% ดินเหนียว	ชื่อเรียกตะกอน
1	1	1	7.56	57.98	34.46	Clayey silt
		2	6.16	57.75	36.09	Clayey silt
		6	27.30	29.62	43.08	Sandy silty clay
		10	37.33	42.44	20.24	Sandy clayey silt
		14	19.55	39.18	41.28	Sandy silty clay
		18	12.02	41.26	46.71	Sandy silty clay
		22	10.14	39.62	50.24	Sandy silty clay
	2	1	21.86	53.60	24.54	Sandy clayey silt
		2	32.49	32.26	35.25	Sandy silty clay
		6	24.78	54.49	20.73	Sandy clayey silt
		10	8.28	39.47	52.24	Silty clay
		14	13.88	37.04	49.08	Sandy silty clay
		18	17.20	36.96	45.85	Sandy silty clay
2	1	1	11.32	34.65	54.03	Sandy silty clay
		2	23.66	32.71	43.63	Sandy silty clay
		6	9.20	39.24	51.57	Silty clay
		10	9.54	42.26	48.20	Silty clay
		14	6.63	47.32	46.05	Clayey silt
		18	9.54	49.27	41.19	Clayey silt
		22	5.94	43.29	50.77	Silty clay
	2	1	10.06	42.45	47.48	Sandy silty clay
		2	9.21	44.98	45.82	Clayey silt
		6	11.09	44.16	44.75	Sandy silty clay
		10	9.05	44.19	46.76	Silty clay
		14	8.19	44.56	47.25	Silty clay
		18	10.85	46.95	42.20	Sandy clayey silt
		22	11.99	42.72	45.30	Sandy clayey silt

ตาราง ฌ - 1 (ต่อ)

สถานี	คอร์	ความลึก (cm.)	% ทราย	% ทรายแป้ง	% ดินเหนียว	ชื่อเรียกตะกอน
3	1	1	11.19	67.79	21.02	Sandy clayey silt
		2	20.93	63.93	15.15	Sandy clayey silt
		6	25.42	58.79	15.79	Sandy clayey silt
		10	33.26	50.82	15.92	Sandy clayey silt
		14	22.69	58.62	18.69	Sandy clayey silt
		18	22.18	60.97	16.85	Sandy clayey silt
		22	13.88	67.30	18.81	Sandy clayey silt
	2	1	21.69	46.17	32.13	Sandy clayey silt
		2	23.18	42.63	34.19	Sandy clayey silt
		6	28.08	54.61	17.32	Sandy clayey silt
		10	31.16	50.49	18.34	Sandy clayey silt
		14	21.04	59.82	19.14	Sandy clayey silt
		18	24.93	59.19	15.88	Sandy clayey silt
		22	19.78	63.49	16.73	Sandy clayey silt
4	1	1	31.12	32.59	36.29	Sandy silty clay
		2	38.17	28.74	33.09	Silty clayey sand
		6	18.87	39.07	42.07	Sandy silty clay
		10	21.58	36.57	41.85	Sandy silty clay
		14	15.84	40.44	43.72	Sandy silty clay
		18	12.52	45.40	42.08	Sandy clayey silt
		22	12.53	54.85	32.62	Sandy clayey silt
	2	1	16.11	44.72	39.17	Sandy clayey silt
		2	13.11	43.06	43.83	Sandy silty clay
		6	16.22	37.19	46.59	Sandy silty clay
		10	7.07	32.40	60.53	Silty clay
		14	8.92	36.35	54.73	Silty clay
		18	3.41	33.83	62.77	Silty clay

ภาคผนวก ญ

ข้อมูลความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำระหว่างตะกอนและในตะกอน

ตาราง ญ - 1 ความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำระหว่างตะกอน ตามระดับความลึกของตะกอน จาก 4 สถานี

สถานี	ความลึก (cm.)	เหล็ก (mg/l)	แมงกานีส (mg/l)	สังกะสี (µg/l)	ทองแดง (µg/l)	ตะกั่ว (µg/l)
1	OW	1.42	2.32	146.06	26.06	107.04
	1	9.30	2.74	194.00	12.88	70.52
	6	5.25	2.48	54.50	8.43	74.77
	10	1.49	1.08	99.30	2.47	62.69
	18	0.77	0.51	330.30	7.17	57.73
	22	0.98	0.75	232.00	10.28	75.90
2	OW	7.54	2.30	113.79	< 1.07	3.90
	1	16.84	2.24	155.90	18.16	16.71
	6	46.42	7.06	60.70	9.31	11.85
	10	49.81	8.93	96.42	< 1.07	14.24
	18	9.31	1.78	103.80	< 1.07	4.64
	22	2.52	1.08	136.55	5.21	2.71
3	OW	0.86	0.42	43.33	1.19	< 0.73
	1	9.49	0.98	6.80	4.64	3.15
	6	0.48	0.17	2.89	< 1.07	< 0.73
	10	0.10	0.18	7.76	5.80	< 0.73
	18	0.07	0.20	11.73	19.30	< 0.73
4	OW	3.96	1.42	50.82	2.48	< 0.73
	1	6.11	0.88	84.80	1.39	< 0.73
	6	38.96	6.43	99.20	< 1.07	< 0.73
	10	71.10	14.87	58.20	4.73	< 0.73
	18	12.46	3.06	91.05	2.71	< 0.73
	22	1.63	0.46	103.40	9.22	< 0.73

หมายเหตุ : - OW คือ น้ำเหนือผิวตะกอน

- เหล็กและแมงกานีสในน้ำเหนือผิวตะกอนและน้ำระหว่างตะกอน วัดโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบเฟลม Shimadzu, Japan รุ่น AA-680 (ขีดจำกัดการตรวจวัดของเหล็กและแมงกานีส คือ 0.04 และ 0.01 mg/l ตามลำดับ)

- สังกะสี ทองแดงและตะกั่วในน้ำเหนือผิวตะกอนและน้ำระหว่างตะกอน วัดโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอแนส Shimadzu, Japan รุ่น AA-680G (ขีดจำกัดการตรวจวัดของสังกะสี ทองแดงและตะกั่ว คือ 0.188, 1.071 และ0.731 µg/l ตามลำดับ)

ตาราง ญ - 2 ความเข้มข้นของโลหะหนักในรูปแบบที่สิ่งมีชีวิตสามารถนำไปใช้ได้ในตะกอน (สกัดด้วย กรดอะซิติกเข้มข้น 25 % v/v) ตามระดับความลึกของตะกอน จาก 4 สถานี

สถานี	ความลึก (cm.)	เหล็ก (g/kg)		แมงกานีส (mg/kg)		สังกะสี (mg/kg)		ทองแดง (mg/kg)		ตะกั่ว (mg/kg)	
		คอร์ 1	คอร์ 2	คอร์ที่ 1	คอร์ที่ 2	คอร์ที่ 1	คอร์ที่ 2	คอร์ที่ 1	คอร์ที่ 2	คอร์ 1	คอร์ 2
1	1	8.18	11.81	242.50	287.50	35.84	46.71	2.15	2.20	2.26	3.90
	2	8.46	6.77	335.00	157.50	33.78	42.09	1.88	2.10	2.58	4.24
	6	12.75	10.57	215.00	170.00	41.66	22.65	2.20	1.68	4.71	4.27
	10	12.12	11.75	152.50	155.00	21.12	17.73	1.33	1.48	5.19	5.63
	14	11.79	8.66	152.50	150.00	19.24	17.21	1.43	1.68	5.47	5.27
	18	12.32	7.73	172.50	127.50	20.49	17.42	1.23	1.63	5.91	5.21
	22	12.05		160.00		19.18		1.38		5.33	
2	1	8.18	8.05	240.00	230.00	48.93	47.67	3.60	3.85	4.13	3.31
	2	10.22	5.42	232.50	217.50	47.49	46.59	3.98	3.60	4.20	3.36
	6	9.27	9.54	207.50	167.50	39.83	46.72	2.40	3.15	4.69	3.56
	10	11.79	7.26	187.50	117.50	43.57	47.59	2.30	3.13	4.83	2.30
	14	4.69	5.81	127.50	130.00	41.60	43.97	1.73	2.48	4.39	3.03
	18	13.54	6.84	122.50	117.50	42.89	46.89	1.88	3.03	4.99	2.98
	22	9.77	9.80	117.50	192.50	35.22	44.59	2.15	2.38	4.25	2.94
3	1	1.41	6.52	54.50	170.00	11.16	36.73	0.10	2.23	0.60	2.43
	2	1.39	6.33	80.03	145.00	13.70	40.03	0.05	2.15	0.98	2.29
	6	0.93	2.40	76.45	160.00	11.01	14.60	0.09	0.04	0.80	1.08
	10	1.34	1.64	71.23	157.50	14.65	17.00	0.04	0.04	0.63	0.96
	14	1.10	1.14	46.20	109.25	14.13	11.66	0.07	0.06	0.45	0.94
	18	0.85	1.30	48.40	94.25	11.33	11.79	0.07	0.04	0.66	1.30
	22	0.50	0.51	41.80	38.00	9.41	10.01	0.06	0.03	0.50	0.84
4	1	6.54	6.14	362.50	167.50	43.24	31.23	4.03	2.65	3.35	2.52
	2	5.08	7.39	250.00	187.50	34.45	34.33	3.43	2.83	2.95	2.76
	6	6.05	7.70	100.00	217.50	28.70	28.95	3.38	3.15	3.64	2.75
	10	7.01	10.10	75.00	300.00	30.70	32.30	2.50	4.15	3.47	2.73
	14	6.72	13.17	72.50	150.00	29.01	34.77	3.48	0.95	3.69	3.11
	18	1.36	13.21	59.75	185.00	20.19	32.14	0.18	0.58	0.49	2.80
	22	9.08		110.00		40.77		0.78		2.57	

หมายเหตุ : เหล็ก แมงกานีส สังกะสีและทองแดงในตะกอน วัดโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบเฟลม Varian , Australia รุ่น Spectra 220 (ขีดจำกัดการตรวจวัดของเหล็ก แมงกานีส สังกะสี และทองแดง คือ 0.06, 0.02, 0.01 และ 0.03 mg/l ตามลำดับ)

ยกเว้นทองแดงในสถานีที่ 3 (คอร์ 1 ทุกระดับความลึก และคอร์ 2 ระดับความลึก 6-22 ซม.) และตะกั่วในตะกอน วัดโดยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบแกรไฟต์เฟอเนส Shimadzu, Japan รุ่น AA-680G (ขีดจำกัดการตรวจวัดของทองแดงและตะกั่ว คือ 1.071 และ 0.731 µg/l ตามลำดับ)

ภาคผนวก ฎ

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารอินทรียในตะกอน

ตาราง ฎ - 1 ปริมาณสารอินทรีย์ตามระดับความลึกของชั้นตะกอน จาก 4 สถานี (ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน)

สถานี	ความลึก (cm.)	ปริมาณสารอินทรีย์ (%)	
		คอร์ 1	คอร์ 2
1	1	3.07 ± 0.09	2.13 ± 0.14
	2	3.00 ± 0.08	2.42 ± 0.03
	6	2.87 ± 0.19	1.73 ± 0.01
	10	1.35 ± 0.06	2.17 ± 0.10
	14	2.04 ± 0.03	1.93 ± 0.05
	18	2.59 ± 0.06	2.14 ± 0.13
	22	2.66 ± 0.03	
2	1	2.32 ± 0.12	3.22 ± 0.48
	2	1.99 ± 0.04	2.58 ± 0.12
	6	2.86 ± 0.19	2.93 ± 0.11
	10	4.24 ± 0.06	3.06 ± 0.04
	14	4.14 ± 0.29	2.93 ± 0.02
	18	5.06 ± 0.00	2.99 ± 0.15
	22	2.34 ± 0.25	2.97 ± 0.06
3	1	3.98 ± 0.12	1.68 ± 0.08
	2	3.44 ± 0.05	1.85 ± 0.01
	6	2.96 ± 0.18	4.76 ± 0.16
	10	2.36 ± 0.24	7.30 ± 0.19
	14	2.96 ± 0.14	6.07 ± 0.07
	18	3.11 ± 0.11	3.58 ± 0.11
	22	3.78 ± 0.05	3.73 ± 0.14
4	1	1.62 ± 0.10	1.52 ± 0.06
	2	1.18 ± 0.02	1.97 ± 0.10
	6	1.75 ± 0.05	1.86 ± 0.06
	10	1.97 ± 0.11	2.48 ± 0.06
	14	1.76 ± 0.04	4.56 ± 0.05
	18	5.69 ± 0.02	3.93 ± 0.12
	22	4.61 ± 0.10	