ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

วท ฟว
ผว 11

เอกสารผลงานที่เสนอเพื่อการประเมินแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8ว.

ของ

นางสาวณตะวัน ทิพย์วิเศษ
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 1

การศึกษาปริมาณโลหะหนักจากถ่านไฟฉายในสิ่งแวดล้อม

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

ข้อมูลข่าวสารของกรมวิทยาศาสตร์บริการ
ตาม พ.ร.บ. ข้อมูลข่าวสารของราชการ พ.ศ. 2540

เอกสารผลงานที่เสนอเพื่อการประเมินแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง นักวิทยาศาสตร์ 8ว.

ของ

นางสาวณตะวัน ทิพย์วิเศษ
นักวิทยาศาสตร์ 7 ว.

เรื่องที่ 1

การศึกษาปริมาณโลหะหนักจากถ่านไฟฉายในสิ่งแวดล้อม

เลขหมู่ วส ฟว
ลว 11
เลขทะเบียน 13918
วันที่ 25 ส.ค. 49

โครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

บทคัดย่อ

การศึกษาทดลองหาปริมาณสารพิษจากถ่านไฟฉายขนาดเล็ก(AA) ที่นำเข้ามา มีคุณภาพต่ำ ผลิตออกมาไม่ได้มีมาตรฐานรองรับ อายุการใช้งานน้อย ทำให้มีการใช้ในปริมาณมาก เมื่อเสื่อมสภาพทิ้งปนกับขยะมูลฝอยโดยไม่มีการแยกขยะก่อนทิ้ง ขยะมูลฝอยเมื่อทับถมกันนานๆจะเกิดน้ำที่เรียกว่าน้ำชะขยะซึ่งมีค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 7 – 8 แต่เคยพบค่าต่ำสุดถึง pH 4 –5 ซึ่งค่าที่ต่างกันเป็นไปตามสภาวะของขยะที่กองรวมกันในขณะนั้น น้ำที่มีค่า pH 4- 5 มีส่วนทำให้ถ่านไฟฉายผุเร็วขึ้น และจะชะเอาโลหะหนักในนั้นออกมา เมื่อฝนตกลงบนกองขยะก็จะทำให้โลหะหนักที่ถูกน้ำชะขยะชะออกมาไหลลงสู่ดิน แหล่งน้ำ และเข้าสู่โซ่อาหารของมนุษย์ ทำให้เกิดการสะสมในมนุษย์ ถ้ามีมากก็จะทำให้เจ็บป่วย และถ้ามีปริมาณมากๆ ก็จะทำให้ตายได้ จากการศึกษาหาปริมาณโลหะหนักประเภท แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอท แมงกานีส ในถ่านไฟฉายขนาดเล็ก (AA) และทำการสกัดตามวิธีการสกัดสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ. 2540)) โดยเตรียมน้ำชะละลายสังเคราะห์ที่ pH 5, 6, 7 และ 8 พบ ปริมาณแคดเมียม ในน้ำชะละลาย 2.29 mg/l,1.006 mg/l, 0.026 mg/l และ 0.932 mg/l ปริมาณ ตะกั่ว 0.223 mg/l , 0.190 mg/l, 0.198 mg/l และ 0.103 mg/l ปริมาณ สังกะสี 319.32 mg/l , 260.48 mg/l , 22.69 mg/l และ 205.45 mg/l ปริมาณ ปรอท 0.403 mg/l, 0.230 mg/l, 0.012 mg/l และ 0.070 mg/l ปริมาณแมงกานีส 121.64 mg/l , 108.65 mg/l, 171.60 mg/l และ 6.024 mg/l ตามลำดับ

จากการที่พบโลหะหนักดังกล่าวยิ่งพบว่ามีปริมาณมากก็จะยิ่งเกิดอันตรายต่อมนุษย์มาก แต่ถึงแม้พบในปริมาณน้อย แต่ถ้ามีการใช้กันเป็นจำนวนมากปริมาณโลหะหนักที่สะสมก็จะยิ่งมีมาก และอาจจะมากพอจนทำให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์ได้ เมื่อมีการแพร่กระจายไปทั้งในน้ำ ดิน อากาศถ้ามีการเผา และเข้าไปสู่โซ่อาหาร แนวทางในการแก้ปัญหา คือต้องหันมาใช้ถ่านไฟฉายที่มีมาตรฐานการรับรอง และใช้แบบไม่ผสมสารปรอท ที่สำคัญกว่านั้นคือ เมื่อถ่านไฟฉายหมดอายุจะต้องไม่ทิ้งปนกับขยะมูลฝอย ควรรวบรวมและนำไปทิ้งในถังขยะพิษ เพื่อนำไปกำจัดอย่างถูกต้องต่อไป

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		ก
สารบัญ		ข
สารบัญตาราง		ค
บทที่ 1	บทนำ	1
	1.1 ปัญหาและที่มา	1
	1.2 วัตถุประสงค์	2
	1.3 ขอบเขตการศึกษา	2
	1.4 ระยะเวลาการศึกษา	2
	1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	2
บทที่ 2	วารสารปริทัศน์	4
บทที่ 3	วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ สารเคมี และวิธีดำเนินการ	20
	3.1 วัสดุอุปกรณ์ เครื่องมือ	20
	3.2 สารเคมี	20
	3.3 วิธีดำเนินการ	20
บทที่ 4	ผลการทดลอง	23
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	26
เอกสารอ้างอิง		31
กิตติกรรมประกาศ		34

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ตัวอย่างสูตรสารละลายนำไฟฟ้า	8
2	แสดงการแบ่งความเป็นพิษของสารโดยใช้ปริมาณที่ร่างกายได้รับแล้วเกิดอันตรายเป็นตัวกำหนด	12
3	แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัดที่ pH 5	23
4	แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัดที่ pH 6	24
5	แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัดที่ pH 7	24
6	แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัดที่ pH 8	25
7	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ที่ pH 5 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม	26
8	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ที่ pH 6 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม	27
9	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ที่ pH 7 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม	28
10	แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ที่ pH 8 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ปัญหาและที่มา

ถึงแม้ว่าปัจจุบันจะมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างมากมาย อุปกรณ์บางอย่างแต่เดิมต้องใช้ถ่านไฟฉาย ก็เปลี่ยนมาเป็นใช้ไฟฟ้า หรือใช้ถ่านไฟฉายที่ประจุใหม่ได้(Rechargeable) หรือใช้แบตเตอรี่ แต่การใช้ถ่านไฟฉายธรรมดาก็ยังมีความจำเป็นในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้มีรายได้น้อยก็ย่อมจะแสวงหาของที่ใช้งานได้ ราคาถูก โดยนึกไม่ถึงสิ่งที่จะตามมา ถ่านไฟฉายที่ผลิตอย่างมีมาตรฐานรับรองมีทั้งที่ผสมสารปรอทและไม่ผสมสารปรอท แต่ไม่ค่อยมีการโฆษณาประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนทราบถึงผลดีผลเสียของการใช้ถ่านไฟฉายแต่ละแบบ และยิ่งไปกว่านั้นมีการนำเข้าถ่านไฟฉาย คุณภาพต่ำ ไม่มีมาตรฐานการรับรองมาขาย และมีการใช้กันเป็นจำนวนมากเนื่องจากมีราคาถูก แต่อายุการใช้งานสั้น ทำให้มีถ่านไฟฉายหมดอายุจำนวนมาก ในถ่านไฟฉายแต่ละก้อนมีโลหะหนักจำพวก แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอท แมงกานีส เป็นส่วนประกอบ เมื่อเสื่อมสภาพถือเป็นขยะพิษ ประชาชนทั่วไปอาจจะเห็นว่า ถ่านไฟฉายก้อนเล็กๆ เพียง 1 ก้อนไม่น่าจะเกิดผลเสียอะไร แต่ 1 บ้านไม่ได้ใช้เพียง 1 ก้อนและไม่ได้ใช้เพียงบ้านเดียว เมื่อใช้หลายบ้านจำนวนก็จะยิ่งมากขึ้นก็จะก่อให้เกิดขยะพิษมากขึ้น ยิ่งเมื่อทิ้งปนกับขยะมูลฝอยและมีการเผาขยะ โลหะหนักก็จะฟุ้งกระจายไปในอากาศ **ขยะมูลฝอยเมื่อทับถมกันนานๆจะเกิดน้ำที่เรียกว่าน้ำชะขยะซึ่งมีค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) โดยทั่วไปอยู่ในช่วง 7 – 8 แต่เคยพบค่าต่ำสุดถึง pH 4-5 ซึ่งค่าที่ต่างกันเป็นไปตามสภาวะของขยะที่กองรวมกันในขณะนั้น น้ำที่มีค่า pH เหล่านี้มีส่วนทำให้ถ่านไฟฉายผุเร็วขึ้น และจะชะเอาโลหะหนักในนั้นออกมา เมื่อฝนตกลงบนกองขยะก็จะทำให้โลหะหนักที่ถูกน้ำชะขยะชะออกมาไหลลงสู่ดิน แหล่งน้ำ และเข้าสู่โซ่อาหารของมนุษย์ ทำให้เกิดการสะสมในมนุษย์ ถ้ามีมากก็จะทำให้เจ็บป่วย และถ้ามีปริมาณมากๆ ก็จะทำให้ตายได้** การที่เราแค่บอกว่าถ่านไฟฉายมีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบนั้น เป็นการบอกให้ทราบแต่น้อยคนที่จะสนใจ แต่ถ้าเราวิเคราะห์ให้เห็นปริมาณที่โลหะหนักพวกนี้จะออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้ และประชาสัมพันธ์ให้เห็นถึงปริมาณและอันตรายที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงอันตรายที่เขาเหล่านั้นจะได้รับเมื่อโลหะหนักเข้าสู่ร่างกาย คงจะทำให้ประชาชนตระหนักถึงอันตรายและหันมาป้องกัน และช่วยกันดูแลสิ่งแวดล้อมของเรา เพื่อช่วยลดปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม โดยหันมาใช้ของที่ได้มาตรฐาน และมีการจัดการเบื้องต้น

เมื่อเสื่อมสภาพโดยรวบรวมมาทิ้งลงถังขยะพิษ เพื่อจะให้หน่วยงานที่รับผิดชอบนำไปกำจัดอย่างถูกต้องต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อแสดงให้เห็นปริมาณโลหะหนักที่คาดว่าจะออกมาสู่สิ่งแวดล้อมโดยวิเคราะห์ตามวิธีมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม

1.2.2 เพื่อแสดงให้เห็นปริมาณโลหะหนักที่คาดว่าจะออกมาสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อทดลองวิเคราะห์ตามค่าความเป็นกรด ด่าง (pH) ที่วัดได้จากน้ำที่มาจากกองขยะ

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาปริมาณโลหะหนัก (แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอท แมงกานีส)ในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วแบบประจุใหม่ไม่ได้ ขนาดเล็ก(AA) ที่ไม่มีมาตรฐานการรับรอง มีวางขายในท้องตลาดจำนวนมาก ราคาถูกและอายุการใช้งานสั้น และวิเคราะห์ตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (พ.ศ.2540) รวมทั้งวิเคราะห์โดยเปลี่ยนเฉพาะค่า pH ตามค่า pH ที่วัดได้ในน้ำจากกองขยะ

1.4. ระยะเวลาการศึกษา

สิงหาคม 2545 - กุมภาพันธ์ 2547

1.5. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1. เพื่อแสดงให้เห็นว่าถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วมีปริมาณโลหะหนักที่ก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมได้ โดยเฉพาะถ้าไม่มีการแยกทิ้งลงถังขยะพิษและนำไปกำจัดอย่างถูกต้อง

1.5.2. เพื่อรณรงค์ให้ประชาชนหันมาใส่ใจสิ่งแวดล้อม หันมาร่วมมือกันใช้ถ่านไฟฉายที่ได้มาตรฐานและเมื่อเสื่อมสภาพควรมีการแยกถ่านไฟฉายออกจากขยะมูลฝอยโดยรวบรวมและทิ้งลงถังขยะพิษ เป็นการลดการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

1.5.3. เพื่อเป็นแนวทางในการวิเคราะห์ขยะที่จะก่อให้เกิดอันตรายตัวอื่นและหันมาหาแนวทางในการจัดการกับขยะพิษเบื้องต้นโดยให้ประชาชนซึ่งเป็นผู้ใช้ขยะเหล่านั้นเป็นผู้ปฏิบัติ เช่น ทิ้งขยะให้ถูกประเภท

1.5.4. เพื่อให้หน่วยงานที่มีหน้าที่รับผิดชอบโดยตรงในการแก้ปัญหาขยะพิษ มีการจัด

การอย่างเร่งด่วนก่อนที่จะมีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมมากไปกว่านี้

1.5.5. ถ่านไฟฉายที่มีการแยกทิ้งจะไม่มีการปนเปื้อน สามารถนำส่วนประกอบบางอย่างกลับมารีไซเคิลนำมาใช้ใหม่ได้ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า และลดปริมาณการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่ง

บทที่ 2

วารสารปริทัศน์

ถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่แห้ง (dry cell battery) เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่สามารถเกิดพลังงานไฟฟ้าได้ในตัวเอง เนื่องมาจากปฏิกิริยาทางเคมีของสารที่บรรจุอยู่ภายในตัวถ่านไฟฉายนั้น มีทั้งแบบประจุใหม่ได้ (rechargeable battery) และประจุใหม่ไม่ได้ (non-rechargeable battery) มี 2 ชนิด

1. ถ่านแบบเลอดังเช (leclanche′ type battery) เป็นแบตเตอรี่แห้งที่ประกอบด้วยสังกะสีและแท่งถ่านคาร์บอนเป็นอิเลคโตรด มีน้ำยาแอมโมเนียคลอไรด์ (ammonium chloride) เข้มข้น หรือเกลือคลอไรด์ (chloride salt) ชนิดอื่นอย่างเดียวหรือหลายอย่างผสมอยู่ มีเฉพาะรูปทรงกระบอกกลมและเหลี่ยม

2. ถ่านแบบแอลคาไลน์ (alkaline battery) เป็นแบตเตอรี่แห้งประกอบด้วยสังกะสีและแมงกานีสออกไซด์เป็นอิเลคโทรด มีโปแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (potassium hydroxide) เป็นตัวดีโพลาไรส์ มีทั้งลักษณะเป็นทรงกระบอกกลม เหลี่ยม และกระดุม[24]

อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยประมาณ 5 ชั่วโมง – 10 วันหรือนานกว่านั้นขึ้นกับอุปกรณ์ไฟฟ้าและงานที่ใช้ และอายุการเก็บประมาณ 3 เดือนถึง 2 ปี ทั้งนี้แล้วแต่คุณภาพของถ่านไฟฉาย และวิธีการเก็บรักษา[11] ลักษณะของถ่านไฟฉายมีหลายประเภทด้วยกัน เช่น ประเภทก้อนกลมขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ซึ่งส่วนใหญ่ผลิตเพื่อนำไปใช้กับกระบอกไฟฉาย ในเครื่องรับวิทยุ ประเภทก้อนสี่เหลี่ยม ซึ่งโดยมากจะใช้กับเครื่องเด็กเล่น ก้อนขนาดเล็กที่ใช้กับนาฬิกาหรือเครื่องคิดเลขขนาดเล็ก

ถ่านไฟฉายที่ผลิตได้ในประเทศไทยมีเฉพาะแบบเลอคลังเชเท่านั้น ส่วนถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ในไตรมาสแรกของปี 2541 ปริมาณการผลิตถ่านไฟฉายในประเทศมีประมาณ 309 ล้านก้อน ปริมาณการนำเข้า 162 ล้านก้อนและส่งออก 68 ล้านก้อน คาดว่าจะมีปริมาณการใช้ภายในประเทศไม่ต่ำกว่า 800 ล้านก้อนต่อปี หลายปีที่ผ่านมาภาวะการตลาดถ่านไฟฉายไม่สู้ดีนัก ทำให้โรงงานหลายแห่งต้องเลิกกิจการไป จึงเหลือโรงงานผลิตถ่านไฟฉายขณะนี้รวม 14 โรงงาน[24]

การตรวจสอบคุณภาพเพื่อการเลือกซื้อควรมีการพิจารณาเลขอักษรหรือข้อความบนก้อนแบตเตอรี่ เช่น เครื่องหมายการค้าของผู้ทำ ชื่อโรงงานผู้ผลิตหรือจำหน่าย เดือน ปีที่ทำหรือรหัสเป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานจะมีรายละเอียดดังกล่าวข้างต้นครบ พร้อมเครื่องหมายมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม และควรเลือกซื้อถ่านไฟฉายที่มีข้อความบอกว่าไม่มีสารปรอท

หรือได้รับสัญญลักษณ์ฉลากเขียว แต่อย่างไรก็ตามพบว่ามีการลักลอบนำถ่านไฟฉายจากต่างประเทศเข้ามาโดยไม่มีการเสียภาษีและคุณภาพอาจไม่ได้มาตรฐานเป็นจำนวนมาก ราคาถูก มีอายุการใช้งานน้อยกว่าจึงทำให้เกิดปริมาณของเสียที่จะต้องกำจัดมากขึ้นและมีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้มากเนื่องจากยังใช้สารปรอทเป็นส่วนประกอบในการผลิต

ส่วนประกอบหลักของถ่านไฟฉาย [24]

ถ่านไฟฉายมีส่วนประกอบสำคัญ 6 ส่วน คือ

1. แท่งคาร์บอน (carbon rod) เป็นแกนกลางฝังอยู่ในเนื้อดินดำ ใช้เป็นขั้วบวก โดยปลายของแท่งคาร์บอนจะติดกับฝาเหล็กที่เชื่อมวงจรภายนอก

2. ส่วนผสมของสารเคมี ต่างๆ ประกอบด้วย

2.1 แร่แมงกานีส ทำหน้าที่เป็นตัวดีโพลาไรส์ โดยรวมตัวกับก๊าซไฮโดรเจนซึ่งเกิดขึ้นรอบๆ แท่งคาร์บอน และช่วยไม่ให้สารละลายนำไฟฟ้าทำปฏิกิริยาโดยตรงกับแท่งคาร์บอน

2.2 ผงเขม่าดำ (acetylene black) ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า (conductor) โดยรวมตัวกับอนุภาคของแมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2 particle) ช่วยให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดีขึ้น

2.3 sal ammoniac ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า และช่วยยืดอายุการใช้งาน

2.4 น้ำ ช่วยให้ประจุไฟฟ้าไหลผ่านได้ดี และสามารถทำปฏิกิริยาได้อย่างสมบูรณ์

3. ตัวกั้น (separator or seal) เป็นฉนวนกั้นระหว่างกระบอกสังกะสีกับฝาเหล็ก และกันไม่ให้น้ำยาหรือก๊าซรั่วไหลออกมาภายนอก อาจใช้ตัวกั้นที่เป็นกระดาษเคลือบด้วยแป้งเปียกทั้ง 2 ด้าน หรือเคลือบบนด้านใดด้านหนึ่ง นำมาห่อก้อนถ่านแล้ววางลงในกระบอกสังกะสี หรือใช้ตัวกั้นที่มีลักษณะเป็นแป้งเปียก

4. แผ่นเหล็กรองก้น (metal bottom) ที่ก้นของปลอกกระดาษจะมีแผ่นเหล็กรองอยู่ด้านล่าง ซึ่งทำหน้าที่เป็นขั้วลบของเซลเมื่อต่อกับวงจรนอก โดยส่วนนี้จะสัมผัสกับส่วนก้นของกระบอกสังกะสี และยังช่วยป้องกันความชื้นอีกด้วย เมื่อทำออกมาเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ขอบต่างๆจะถูกเก็บเข้าไปด้านในและหุ้มทับส่วนที่เป็นสังกะสีทั้งหมด

5. ปลอกหุ้มภายนอก (outside jacket) ใช้ป้องกันความชื้นจากภายนอกและภายใน มีทั้งปลอกเหล็กและปลอกกระดาษที่เคลือบสารเคมีบางอย่าง หรือเป็นปลอกพลาสติกพวกโพลิเอทิลีนหรือกระดาษเหนียวธรรมดา ปลอกนี้จะมีความสูงมาถึงขอบของกระบอกสังกะสี จึงทำหน้าที่เป็นฉนวนกั้นมิให้ก้อนถ่านสัมผัสกับกระบอกสังกะสีหลังจากที่ปิดผนึกด้านบนของก้อนถ่านแล้ว และยังทำหน้าที่เป็นตัวกั้นไม่ให้สารละลายนำไฟฟ้าซึมออกมาด้วย ด้านบนของก้อนถ่านจะมีกระดาษรูปทรงกลมและมียางมะตอยหรือขี้ผึ้งหรือพลาสติกปิดทับ มีฝาเหล็กปิดทับแท่งคาร์บอนอีกทีหนึ่ง เพื่อเป็นจุดรวมให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดีขึ้น และปิดผนึกให้เซลสมบูรณ์สะดวกต่อการใช้งาน ส่วน

ที่เป็นปลอกเหล็กมักจะใช้หุ้มปลอกกระดาษอีกทีหนึ่ง เพื่อเพิ่มความสวยงาม ใช้แสดงเครื่องหมายการค้า เป็นตัวกั้นการรั่วซึมของสารละลายนำไฟฟ้า และป้องกันความชื้นจากภายนอกและภายในช่วยให้ถ่านไฟฉายเก็บไว้ได้นาน

6. ฝาเหล็ก (metal top cap) ปิดทับบนแท่งคาร์บอน เพื่อเป็นจุดรวมของกระแสไฟฟ้า และปิดผนึกเซลได้อย่างสมบูรณ์สะดวกต่อการใช้

วัตถุดิบในการผลิต [24]

1. แร่แมงกานีสหรือแร่ไพโรลูไซต์ ทำหน้าที่เป็นตัวดีโพลาไรส์ แร่แมงกานีสที่นำมาใช้ควรจะมีความบริสุทธิ์ ปราศจากทองแดง นิกเกิล และโคบอลต์ และปริมาณเหล็กที่ผสมอยู่จะต้องไม่เกินร้อยละ 1 ส่วนใหญ่จะใช้แร่แมงกานีสที่เกิดตามธรรมชาติ นำมาผสมกับแร่แมงกานีสที่สังเคราะห์ขึ้น เพื่อให้อายุการใช้งานของเซลดีขึ้น

2. อะเซทิลีน แบล็ก หรือแกรไฟต์ (acetylene black or graphite) ใช้ผสมกับแมงกานีสไดออกไซด์เป็นตัวนำไฟฟ้า ช่วยให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ดีขึ้น ถ้าใช้ชนิดที่เป็นธรรมชาติจะต้องนำมาบดให้ละเอียด แล้วใช้กรดเกลือกำจัดเหล็กที่ติดออกมาก่อนไม่ควรให้มีตะกั่ว ทองแดง และซัลไฟด์ปนมาด้วย แต่โดยทั่วไปนิยมใช้อะเซทิลีน แบล็ก เนื่องจากสามารถอุ้มสารละลายนำไฟฟ้าไว้ในตัวดีโพลาไรส์ได้สูง

3. แท่งคาร์บอน ทำหน้าที่เป็นแกนกลางของถ่านไฟฉาย เป็นตัวสะสมกระแสไฟฟ้าและเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าจาก ตัวดีโพลาไรส์ไปยังปลายขั้ว ก่อนนำมาใช้ต้องเคลือบด้วยพาราฟินเพื่ออุดรูพรุนป้องกันการรั่วไหลของก๊าซที่เกิดขึ้นภายในเซล ขณะเดียวกันจะป้องกันไม่ให้สารละลายนำไฟฟ้ารั่วไหลออกมาภายนอกเซล แท่งคาร์บอนที่ใช้ต้องมีความต้านทานต่ำ มีความบริสุทธิ์สูง และมีรูปร่างคงที่

4. แอมโมเนียมคลอไรด์ ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ใช้เป็นส่วนผสมทั้งในสารละลายนำไฟฟ้าและตัวดีโพลาไรส์ นอกจากนี้ยังช่วยให้อายุของถ่านไฟฉายนานขึ้นด้วย

5. ซิงก์คลอไรด์ (zinc chloride) ใช้เป็นส่วนผสมทั้งในสารละลายนำไฟฟ้าและตัวดีโพลาไรส์ ซิงก์คลอไรด์ที่ใช้ควรจะอยู่ในรูปผลึกที่มีความบริสุทธิ์สูง สารละลายนำไฟฟ้าพวกซิงก์คลอไรด์มีข้อดีคือทนต่อการรั่วซึมได้ดี และเหมาะต่องานหนัก

6. ซิงก์ออกไซด์ (zinc oxide)ใช้เป็นส่วนผสมในสารละลายนำไฟฟ้า

7. เมอร์คิวรีคลอไรด์ (mercury chloride)ใช้เติมลงไปในสารละลายนำไฟฟ้า เพื่อเป็นตัวลดการผุกร่อนของกระบอกสังกะสี โดยจะรวมตัวเป็นอะมัลกัมกับกระบอกสังกะสี ปริมาณปรอทในถ่านไฟฉาย แบบต่างๆ จะไม่เท่ากัน เช่น

manganese battery มีปรอทประมาณร้อยละ 0-0.02 โดยน้ำหนักของถ่านไฟฉายทั้งก้อน
alkaline manganese battery มีปรอทประมาณร้อยละ 0.6 โดยน้ำหนักของถ่านไฟฉายทั้งก้อน
alkaline manganese battery มีปรอทประมาณร้อยละ 3.0 โดยน้ำหนักของถ่านไฟฉายทั้งก้อน
mercury battery มีปรอทประมาณร้อยละ 33.0 โดยน้ำหนักของถ่านไฟฉายทั้งก้อน

8. **แป้งเปียก** (paste-line) เป็นสารละลายผสมของแป้งซึ่งประกอบด้วยแป้งสาลี แป้งข้าวโพดและแป้งข้าวเหนียว ทำให้เป็นแป้งเปียก โดยการผสมกับสารละลายนำไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมให้ตัวดีโพลาไรส์และสารละลายนำไฟฟ้าติดเข้าด้วยกัน

9. **แท่งสังกะสี** (zinc rod)ใช้ทำเป็นกระบอกสังกะสี ทำหน้าที่เป็นขั้วลบและเป็นภาชนะบรรจุ ปกติจะใช้ในรูปสังกะสีเจือ (zinc alloy) ที่ประกอบด้วยตะกั่วประมาณร้อยละ 0.3 และแคดเมียมประมาณร้อยละ 0.05 เพื่อช่วยปรับปรุงคุณสมบัติในการขึ้นรูปและป้องกันการกัดกร่อน ตะกั่วช่วยเพิ่มคุณสมบัติให้ลื่น แต่จะต้องไม่เติมจนทำให้สังกะสีอ่อนตัว แคดเมียมช่วยกันไม่ให้สังกะสีถูกกัดกร่อน โดยสารละลายนำไฟฟ้ามากเกินไป จะทำให้ดึงขึ้นรูปไม่ได้ สังกะสีที่นำมาขึ้นรูปเป็นทรงกระบอกแล้วก่อนนำมาใช้ต้องขจัดไขมันและทำความสะอาดก่อน

ขั้นตอนในการผลิต[24]

ในการผลิตถ่านไฟฉายแบบเลอคลังเช สามารถแบ่งขั้นตอนการผลิตเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. **การแยกและบดแร่ – แผนกบดแร่** (grinding section) ส่วนใหญ่ของแมงกานีสไดออกไซด์ที่ใช้ ได้มาจากแร่ไพโรลูไซต์ มีกระบวนการคัดเลือกแร่ให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการ นำแร่ที่แยกและแต่งให้มีเปอร์เซนต์สูงขึ้นแล้วมาบดหยาบโดยใช้ลูกกลิ้ง (roller) หรือทุบให้แตก (jaw crusher) แล้วจึงมาบดให้ละเอียดด้วยบอลล์มิลล์ (ball mill) ให้ได้ขนาดประมาณ 200 เมช โดยการใช้ตะแกรงแยกขนาด ส่วนที่มีขนาดใหญ่จะถูกนำกลับไปบดใหม่ ส่วนที่มีขนาดเล็กเกินไปจะนำไปทิ้งหรือนำไปผสมกับแมงกานีสที่คัดขนาดแล้วบางส่วน

2. **การผสมดินดำ (black mixture)- แผนกผสม** (mixing section) ดินดำผสมประกอบด้วยแมงกานีสไดออกไซด์ และผงเขม่าดำ ตามแต่จะเหมาะสม อาจใช้ออกไซด์ที่สังเคราะห์โดยกระบวนการตกตะกอนหรือแยกด้วยไฟฟ้าปนด้วยเพื่อช่วยเพิ่ม output ของกระแสไฟฟ้า

อัตราส่วนของแมงกานีสไดออกไซด์ต่อคาร์บอนที่ใช้ในดินดำผันแปรตั้งแต่ 3 : 1 ถึง 8 : 1 โดยน้ำหนัก นำมาผสมกันแบบแห้งเป็นเวลา 2-5 นาที แล้วจึงเติมสารละลายนำไฟฟ้า(ซึ่งผสมกับน้ำประมาณร้อยละ 12 – 30 ของส่วนผสม) ลงไปให้ค่อยๆชื้น เพื่อให้มีการเกาะตัวไม่แตกร้าวเมื่อนำไปอัดเป็นก้อนถ่านหรือใช้วิธีพ่นให้เป็นละอองลงไปขณะที่ทำการผสม จนกระทั่งได้เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เป็นก้อน ใช้เวลา 10 – 20 นาที ส่วนผสมนี้เรียกว่าดินดำผสม (depolarizer mix)

นำไปอัดเป็นก้อนถ่านหรือใช้วิธีพ่นให้เป็นละอองลงไปขณะที่ทำการผสม จนกระทั่งได้เป็นเนื้อเดียวกัน ไม่เป็นก้อน ใช้เวลา 10 – 20 นาที ส่วนผสมนี้เรียกว่าดินดำผสม (depolarizer mix)

โดยปกติอาจเติมเกลือแอมโมเนียมคลอไรด์ลงไปในดินดำ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการกัดกร่อน และทำปฏิกิริยากับสังกะสีเมื่อเซลหมดอายุการใช้งานเกิดเป็นซิงก์คลอไรด์ช่วยป้องกันให้สารละลายนำไฟฟ้ามีค่าความเป็นกรดด่าง (pH) อยู่ในช่วงที่เหมาะสมและช่วยปรับประสิทธิภาพแรงดันไฟฟ้าของเซล ถ้าผลิตเซลโดยไม่เติมซิงก์คลอไรด์ลงในสารละลายนำไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าช่วงเริ่มต้นการทำงานจะตกลงอย่างรวดเร็ว ให้ค่าที่ต่ำมากและจะต่ำลงไปเรื่อยๆ จนถ่านไฟฉายนั้นหมดอายุลง

3. **การอัดเป็นก้อน- แผนกอัดก้อนถ่าน** (tamping section) นำส่วนผสมที่ได้นี้จากข้อ 2. มาอัดเป็นก้อน โดยมีแท่งคาร์บอนอยู่ตรงกลาง ส่วนของก้อนถ่านที่อัดนี้จะใช้เป็นส่วนที่ใช้เตรียมขั้วบวกของก้อนถ่านไฟฉาย

4. **การเตรียมสารละลายนำไฟฟ้า – แผนกผสมสารละลายนำไฟฟ้า** สารละลายแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

4.1 แบบแป้งเปียก (paste – line) ได้จากการผสมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ ซิงก์คลอไรด์ เมอร์คิวรีคลอไรด์ ซิงก์ออกไซด์ และน้ำแป้งเข้าด้วยกัน เติมลงในกระบอกสังกะสีขั้วลบซึ่งรองก้นไว้ด้วยกระดาษฉนวนอย่างหนา

ตารางที่ 1 ตัวอย่างสูตรสารละลายนำไฟฟ้า

ชื่อสาร	ปริมาณที่ใช้ (ร้อยละ)
แอมโมเนียมคลอไรด์	26.0
ซิงก์คลอไรด์	8.8
น้ำ	68.2
เมอร์คิวรีคลอไรด์	0-0.02

ที่มา : เอกสารอ้างอิง [6]

การเตรียมแป้งเปียกแบ่งเป็นประเภทที่เตรียมในระบบปิดโดยใช้เครื่องจักรผสม และประเภทที่เตรียมในภาชนะเปิดโดยใช้แรงคนผสม ในกระบวนการผลิตแป้งเปียกจะถูกเติมลงไปในเซลในรูปของของเหลว และใช้ความร้อนช่วยให้เกิดลักษณะที่เป็นเจล โดยแช่ในอ่างน้ำร้อนที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 70 –80 °C ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นรีบทำให้เย็นลง ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำ

จะต้องใช้เวลาต้มนาน หรือใช้สารละลายนำไฟฟ้าที่มีความเข้มข้นสูงๆ ปริมาณแป้งเปียกที่ใช้ต้องไม่สูงเกินกว่าดินดำผสม มิฉะนั้นจะไปสัมผัสกับแท่งคาร์บอนทำให้สภาพการทำงานของเซลเสียไป

4.2 แบบกระดาษ (paper-line) เคลือบสารละลายนำไฟฟ้า อาจใช้กระดาษเคลือบสารละลายนำไฟฟ้าแบบสำเร็จรูป หนาประมาณ 0.22 มิลลิเมตร นำมาใช้ในกระบวนการประกอบถ่านไฟฉายได้ทันที โดยนำ มาห่อก้อนถ่านแล้ววางลงในกระบอกสังกะสีหรือนำส่วนผสมของสารละลายนำไฟฟ้าจากข้อ 4.1 มาเคลือบบนกระดาษแล้วตากให้แห้ง

ข้อดีของการใช้สารละลายนำไฟฟ้าแบบกระดาษ คือไม่มีน้ำทิ้งเกิดขึ้นคุณภาพของสินค้าต่อนข้างคงที่ ง่ายและสะดวกต่อการแยกเอาวัสดุที่มีค่า เช่นกระบอกสังกะสี ในกระบวนการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ ส่วนข้อเสียคือมีต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น

5. การหลอมและผลิตกระบอกสังกะสี – แผนกหลอมและผลิตกระบอกสังกะสี นำสังกะสีแท่งที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าร้อยละ 99 เข้าเบ้าหลอมที่อุณหภูมิประมาณ 400 – 500 °C แล้วรีดให้เป็นแผ่น จากนั้นนำมาตัดเป็นวงกลมหรือหกเหลี่ยม ปั๊มให้เป็นรูปทรงกระบอกที่มีก้นปิดและตัดให้ได้ขนาด ใช้เป็นขั้วลบของถ่านไฟฉาย

6. การประกอบเป็นถ่านไฟฉาย – แผนกผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป (finishing section) นำแท่งดีโพลาไรส์ที่ได้จากการอัดดินดำเป็นก้อนรอบแท่งคาร์บอน มาบรรจุลงในกระบอกสังกะสีที่ใส่สารละลายนำไฟฟ้าไว้จำนวนหนึ่งแล้ว โดยมีกระดาษแข็งรองก้น เพื่อป้องกันไม่ให้แท่งดีโพลาไรส์สัมผัสกับกระบอกสังกะสี จากนั้นนำไปแช่น้ำร้อนอุณหภูมิประมาณ 70 –80 ° C ระยะหนึ่ง เพื่อให้สารละลายนำไฟฟ้าแข็งตัวติดกับแท่งดีโพลาไรส์ ใส่แผ่นกระดาษปิดด้านบน หยอดยางมะตอยเพื่อกันไม่ให้ความชื้นจากภายในระเหยออกไป จากนั้นนำมาใส่ปลอกกระดาษมีก้นเหล็กรับรอง แล้วใส่ปลอกเหล็กปิดผนึกไว้ด้านบนให้เรียบร้อย ได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เก็บไว้ระยะหนึ่งเพื่อรอการตรวจสอบคุณภาพทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้า เมื่อได้ตามคุณภาพที่ต้องการจึงนำไปบรรจุกล่องเพื่อส่งจำหน่ายต่อไป [6]

ปฏิกิริยาของถ่านไฟฉายขณะใช้งาน[24]

จากหลักการของเลอคังเช เซลไฟฟ้าจะประกอบไปด้วยขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว จุ่มลงในสารละลาย NH_4Cl โดยขั้วบวกจะเป็นตัวรับอิเล็กตรอน และจะยอมให้ประจุไฟฟ้าไหลไปยังวงจรภายนอกได้ ส่วนอีกขั้วหนึ่งจะเป็นขั้วลบ ทำหน้าที่จ่ายประจุไฟฟ้าให้กับวงจรภายนอก ซึ่งขั้วลบในที่นี้คือสังกะสีและเมื่อสังกะสีสัมผัสกับสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ จะเกิดปฏิกิริยาดังนี้

ขั้วลบ

$$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^-$$

ปฏิกิริยาจะเกิดอย่างต่อเนื่องเมื่อวงจรปิด สำหรับแมงกานีสไดออกไซด์ จะเข้าทำปฏิกิริยาทั้งอิเล็กตรอนและสังกะสีไอออนพร้อมกัน

ขั้วบวก

$$2MnO_2 + 2NH_4^+ + 2e^- \longrightarrow 2MnOOH + 2NH_3$$

ที่สารละลายนำไฟฟ้า

$$Zn^{2-} + 2NH_4Cl + 2NH_3 \longrightarrow Zn(NH_3)_2Cl_2 + 2NH_4^-$$

รวมปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลของถ่านไฟฉายมีดังนี้

$$2MnO_2 + Zn + 2NH_4Cl \longrightarrow 2MnOOH + Zn(NH_3)_2Cl_2$$

พิษจากโลหะหนักและสารเคมี [2, 3, 14, 19]

1. แมงกานีส สามารถเข้าสู่ร่างกายได้ 3 ทาง คือ ทางจมูกโดยการหายใจ ซึ่งคนงานจะรับเอาแมงกานีสเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าวิธีอื่น และสามารถเข้าไปสะสมในถุงลมปอดได้ ทางปาก โดยการรับประทานอาหาร และทางผิวหนังโดยการซึมผ่านเข้าไป

อันตรายจากแมงกานีสจะเกิดขึ้นเมื่อร่างกายได้รับเอาสารแมงกานีสเข้าไปสะสมไว้เกินกว่าปริมาณที่กำหนด ทำให้เกิดการแพ้สารแมงกานีส ซึ่งลักษณะอาการความเป็นพิษ แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1.1 ความเป็นพิษเฉียบพลัน เกิดจากการหายใจเอาแมงกานีสเข้าไปเป็นปริมาณมากทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน คอแห้ง ไอ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ เป็นไข้ และปวดกล้ามเนื้อ อาการนี้จะเกิดหลังจากได้รับแมงกานีสเข้าไปหลายชั่วโมง แต่จะหายเป็นปกติถ้าไม่ได้รับแมงกานีสเข้าไปอีก

1.2 ความเป็นพิษเรื้อรัง เกิดเนื่องจากได้รับแมงกานีสปริมาณที่ไม่มากนัก แต่ได้รับอยู่เป็นระยะเวลานาน ทำให้เกิดการสะสมแมงกานีสในร่างกายและจะแสดงอาการของแมงกานีสอย่างค่อยเป็นค่อยไป อาการที่เกิดมักมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและปอด

สำหรับมาตรฐานของแมงกานีสในอากาศหรือบรรยากาศการทำงาน ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย พ.ศ. 2520 กำหนดไว้ไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตรอากาศ [6]

2. ซิงก์คลอไรด์ สามารถเข้าสู่ร่างกายและก่อให้เกิดพิษได้ โดยผ่านทางการหายใจ การกินและทางผิวหนัง ความเป็นพิษถ้าอยู่ในรูปของแข็งจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนัง ถ้าอยู่ในรูปของสารละลายจะทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่ผิวหนังและเนื้อเยื่อต่างๆ ไอของซิงก์คลอไรด์มีความเป็นพิษสูง มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ ทำให้เกิดอาการแน่นหน้าอก หายใจขัด และอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคปอดบวม นอกจากนี้ไอ (fume) ของซิงก์คลอไรด์ยังสามารถทำลายเนื้อเยื่อบริเวณโพรงจมูก และระบบทางเดินหายใจ และเมื่อเป็นมากจะทำให้เนื้อเยื่อซีดจนเขียว

3. ซิงก์ออกไซด์ ความเป็นพิษส่วนใหญ่จะเกิดจากการหายใจเอาไอของซิงก์ออกไซด์เข้าไป ทำให้เกิดโรค metal-fume fever เริ่มแรกจะมีอาการหนาวสั่น มีไข้ คลื่นไส้ อาเจียน คอแห้ง ไอ ปวดเมื่อยอ่อนเพลีย ปวดศรีษะและปวดตามลำตัว เหงื่อออกมาก หลังจากนั้นอุณหภูมิในร่างกายจะลดลง อาการจะกินเวลาประมาณ 1 วัน แต่พิษที่เกิดขึ้นในคนค่อนข้างน้อย ส่วนใหญ่จะมีผลทำให้เกิดโรคผิวหนัง

4. เมอร์คิวรีคลอไรด์ ทำให้เกิดอาการระคายเคืองที่ตาและผิวหนัง ทำให้เกิดอาการตาแดง แสบตา ตาพร่ามัว ผิวหนังเป็นผื่นแดง เจ็บปวดแสบ เกิดแผลพุพอง ถ้ากินเข้าไปจะเกิดอาการปวดแสบในท้อง คลื่นไส้ อาเจียน ท้องร่วง มีผลต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ มีผลต่อระบบประสาทและเป็นอันตรายต่อสมองได้

5. ปรอท อันตรายที่เกิดจากปรอทจำแนกได้ 2 ชนิดคือ

5.1 เรื้อรัง เกิดขึ้นเมื่อผู้ป่วยได้รับพิษของสารปรอททีละเล็กละน้อยและเข้าไปสะสมอยู่ในร่างกาย ทำให้ผู้ป่วยรู้สึกมีรสโลหะในปาก เหงือกและปากอักเสบ อ่อนเพลีย เบื่ออาหาร ปรอทจะทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้ผู้ป่วยมีอาการเคลื่อนไหวสั่นกระตุก โดยเริ่มที่มือก่อน ต่อมาจะเกิดขึ้นที่ใบหน้า แขน และขา การสัมผัสปรอททางผิวหนังทำให้เกิดอาการแพ้เป็นผื่นโรคผิวหนังได้

5.2 เฉียบพลัน เกิดขึ้นเมื่อสูดหายใจเอาไอหรือฝุ่นสารปรอทเข้าสู่ร่างกายเป็นปริมาณสูงในทันทีทันใด จะทำความระคายเคืองต่อระบบหายใจอย่างรุนแรง ทำให้เจ็บหน้าอก หายใจลำบาก หากรับประทานเข้าไปเป็นปริมาณมาก จะทำให้เกิดอาการปวดท้องและอาเจียนและถ้าสารปรอทเข้าถึงลำไส้ จะทำให้ปวดลำตัวและถ่ายเป็นเลือด และอาจทำให้ผู้ป่วยเสียชีวิตในทันที

6. สังกะสี ร่างกายได้รับสารนี้โดยการหายใจเอาไอของสังกะสีในรูปของซิงก์ออกไซด์เข้าไป ทำให้เกิดอาการ metal-fume fever

7. **ตะกั่ว** เข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจเอาฝุ่น ไอระเหย และไอของตะกั่วเข้าไป หรือโดยการรับประทานอาหารและซึมผ่านทางผิวหนัง ทำให้เกิดโรคแพ้พิษสารตะกั่ว (lead poisoning) อาการแพ้พิษสารตะกั่วจะมี 2 ชนิดคือ

7.1 พิษเฉียบพลัน จะมีอาการคลื่นไส้ อาเจียน กระหายน้ำ อุจจาระเป็นสีดำ อ่อนเพลีย เป็นลม สิ้นสติ และอาจเสียชีวิตได้ มักเกิดจากการได้รับสารตะกั่วในรูปอินทรีย์เข้าไป

7.2 เรื้อรัง จะมีอาการเกี่ยวกับระบบประสาท หงุดหงิด นอนไม่หลับ สับสน น้ำหนักลด ปวดศีรษะ อ่อนเพลีย อาจมีอาการขั้นวิกลจริต คลุ้มคลั่ง และอาจถึงแก่ชีวิตได้

8. **แคดเมียม** เป็นสาเหตุของโรค itai itai อาการเฉียบพลัน ปวดหัว มึนงงอย่างรุนแรง ระบบทางเดินอาหารถูกรบกวน หายใจขัด เจ็บหน้าอก ไอ และมีไข้ เหงื่อออกมาก ปอดอักเสบและปอดบวมน้ำ อาการเรื้อรัง นอนไม่หลับ น้ำหนักลด ไอมีเสมหะปนเลือด ปอดเป็นพังผืด ตับและไตถูกทำลาย

ตารางที่ 2 แสดงการแบ่งความเป็นพิษของสาร โดยใช้ปริมาณที่ร่างกายได้รับแล้วเกิดอันตรายเป็นตัวกำหนด[23]

ความเป็นพิษ	ปริมาณที่ได้รับแล้วทำให้ตาย (กรัมต่อกิโลกรัมของน้ำหนักตัวของผู้ใหญ่)
ไม่เป็นพิษ	> 15
พิษเล็กน้อย	5 – 15
พิษปานกลาง	0.5 – 5
พิษมาก	0.05 – 0.5
พิษร้ายแรง	0.005 – 0.05
พิษร้ายแรงยิ่ง	< 0.005

ที่มา : เอกสารอ้างอิง [23]

การจัดการของเสียอันตราย[16, 17, 18] มีอยู่หลายวิธี ได้แก่

1. **วิธีทางเคมี/กายภาพ** (chemical/ physical) เป็น การทำลายฤทธิ์โดยใช้สารเคมีเพื่อทำให้หมดสภาพอันตราย การทำให้คงตัวหรือคงรูปไม่ละลายน้ำ (stabilization) หรือเรียกว่าการปรับเสถียร เป็นการผสมวัสดุบางอย่างกับของเสียอันตราย เพื่อปรับเปลี่ยนคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของของเสียนั้น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1.1 ทำให้ของเสียหมดสภาพที่เป็นอันตราย

1.2 ปลอดภัยและสะดวกในการเคลื่อนย้าย

1.3 ลดการปนเปื้อนของของเสียในสถานที่ฝังกลบ(reduce mobility of contaminants in a landfill environment) เหมาะกับการทำลายของเสียที่เป็นสารอินทรีย์(inorganic waste)

2. วิธีการทำลายโดยใช้อุณหภูมิสูง (thermal destruction) วิธีนี้เหมาะกับการทำลายของเสียที่เป็นพวกสารอินทรีย์ (Organic waste) เนื่องจากวิธีทางเคมี/กายภาพ ไม่สามารถกำจัดหรือทำลายฤทธิ์ของเสีย พวกน้ำมัน ยาฆ่าแมลงบางชนิดได้ จึงต้องเผาในเตาเผา (Incinerator) ที่อุณหภูมิให้เป็นขี้เถ้า (1,000 – 1,200 °C)แล้วจึงนำขี้เถ้าไปฝังกลบอย่างปลอดภัย ซึ่งเตาเผานี้ต้องมีระบบทำความสะอาดอากาศหลังการเผาไหม้ เพื่อให้ปลอดภัยก่อนที่จะปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อม

3. การใช้วิธีทางชีววิทยา วิธีนี้เป็นวิธีใหม่โดยมีจุลชีพบางชนิดช่วยทำลายของเสียอันตรายบางอย่างได้ โดยการย่อยสลายของเสียอันตรายนั้นเมื่อมีสภาพเหมาะสม วิธีการนี้ใช้บำบัดดินที่ปนเปื้อนด้วยสารอันตราย

4. การฝังกลบอย่างปลอดภัย (secure Landfill) การใช้วิธีทางเคมี/กายภาพ จะเหลือตะกอนและการเผาในเตาเผา ก็จะเหลือขี้เถ้า จึงต้องนำไปฝังกลบอย่างปลอดภัย โดยใช้ที่ดินที่น้ำซึมผ่านได้ยาก ต้องบุกันซึม (Lining) ก่อนหลายชั้น อาจปูเพิ่มทับอีกด้วยแผ่นพลาสติก หรือยางสังเคราะห์ หรือปรับคุณสมบัติของชั้นดิน ก้นหลุมและผนังหลุมให้กันซึมได้ดีขึ้น โดยใช้ซีเมนต์ ยางมะตอย หรือเบนโทไนท์ผสม และเมื่อฝังของเสียอันตรายแล้วปิดหลุมด้วยวัสดุกันซึมอีก แล้วปูทับด้วยดินอีก สุดท้ายต้องปลูกหญ้าหรือไม้พุ่มป้องกันน้ำฝนกัดชะดินที่คลุมหลุม

การกำจัดด้วยกระบวนการทางกายภาพ เคมี ชีวภาพ และการเผา เป็นการเปลี่ยนสภาพของของเสียอันตรายให้มีความเป็นอันตรายน้อยลงหรือคงตัวมากขึ้น ต่อจากนั้นนำไปทำให้คงตัว (stabilization / solidification / immobilization) แล้วจึงนำไปทำการฝังกลบอย่างปลอดภัยซึ่งจัดเป็นการกำจัดครั้งสุดท้าย (disposal) ของเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วจะต้องอยู่ในหลุมฝังกลบเป็นระยะเวลายาวนาน ดังนั้นทุกขั้นตอนในการฝังกลบจึงต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง เริ่มต้นตั้งแต่การเลือกพื้นที่ที่จะทำหลุมฝังกลบ การสร้างหลุมฝังกลบ การนำกากลงบรรจุ การปิดหลุมฝังกลบและการตรวจสอบติดตามระหว่างการฝังกลบและภายหลังการฝังกลบ

การจัดการถ่านไฟฉายในต่างประเทศ

การจัดการถ่านไฟฉายในประเทศแถบยุโรป และสหรัฐอเมริกา จะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ [30] คือ

1. การเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยอาศัยความร่วมมือจากโรงงานผู้ผลิต ร้านค้า

ย่อย และผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้มีหน้าที่ส่งคืนถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วให้กับร้านค้า ทางร้านค้าจะทำการรวบรวมถ่านไฟฉายเมอร์คิวรีออกไซด์และอัลคาไลด์-แมงกานีส ได้แก่ สวิสเซอร์แลนด์ เดนมาร์ค เนเธอร์แลนด์ ออสเตรีย ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกาและแคนนาดา เป็นต้น ส่วนประเทศที่ทำการเก็บรวบรวมถ่านไฟฉายเมอร์คิวรีออกไซด์ ได้แก่ สวีเดน อังกฤษ เบลเยี่ยม และฝรั่งเศส เป็นต้น

2. การจัดการถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว ซึ่งส่วนมากจะถูกนำไปฝังกลบ มีเพียงบางประเทศที่นำมารีไซเคิลเอาวัสดุที่มีค่า เช่น ปรอท สังกะสี แมงกานีส แคดเมียม กลับมาใช้ใหม่ เช่น โรงงาน Nomura Kosan ในประเทศญี่ปุ่น และโรงงาน Voest-Alpine ในประเทศออสเตรีย

โรงงาน Nomura Kosan ตั้งอยู่ที่ Hokkaido ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายและหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีปรอทปนเปื้อน สามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 6000 ตันต่อปี กระบวนการประกอบด้วย 3 ส่วน คือกระบวนขั้นต้น ถ่านไฟฉายและหลอดฟลูออเรสเซนต์ จะถูกแยกออกเป็นขนาดต่างๆ ก่อนที่จะนำมาถอดปลอกโลหะกลับมาใช้ใหม่ หลังจากนั้นจะนำมาผ่านกระบวนการทางความร้อน ของเสียจะถูกเผาจนปรอทกลายเป็นไอถูกควบแน่น ได้ปรอทมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.99 % ส่วนกากตะกอนที่เหลือจากการเผา จะถูกนำมาผ่านกระบวนการขั้นสุดท้าย เพื่อแยกสังกะสีออกอีกครั้งด้วยแม่เหล็ก

โรงงาน Voest-Alpine ในประเทศออสเตรีย ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเม็ดกระดุมและแบบอื่นๆ ซึ่งส่วนใหญ่เป็นแบบคาร์บอน-สังกะสี สามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปี ซึ่งในกระบวนการสามารถนำ ปรอท สังกะสี เงินและแมงกานีส กลับมาใช้ใหม่ได้

โรงงาน SAB Nife ในประเทศสวีเดน ซึ่งเป็นโรงงานผลิตถ่านไฟฉายแบบนิเกิล-แคดเมียม ได้ทำการติดตั้งระบบรีไซเคิลแคดเมียมจากถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วในภายในประเทศ รวมทั้งที่ส่งมาจากประเทศอื่นๆ เช่น เนเธอร์แลนด์ โดยสามารถรีไซเคิลได้ประมาณ 1000 ตันต่อปี ได้แคดเมียมที่มีความบริสุทธิ์ประมาณร้อยละ 99.5 ส่วนนิเกิลยังคงอยู่ในกากตะกอนที่เกิดจากกระบวนการ ซึ่งจะถูกนำไปฝังกลบต่อไป กระบวนการรีไซเคิลของโรงงานนี้ประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ๆ คือ การถอดแยกก้อนถ่านไฟฉาย กระบวนการทางเคมี และการกลั่น

นอกจากนี้ประเทศฝรั่งเศส และสหรัฐอเมริกา ก็ทำการรีไซเคิลถ่านไฟฉายแบบเมอร์คิวรีออกไซด์ สวิสเซอร์แลนด์ สวีเดน เยอรมัน เนเธอร์แลนด์ และแคนนาดา เป็นต้น

การจัดการถ่านไฟฉายในประเทศไทย

กรุงเทพมหานคร จะจัดเก็บถ่านไฟฉายรวมกับขยะพิษ และส่งให้ บริษัท เจนโก้ จำกัด เป็นผู้ดำเนินการกำจัดและบำบัด มี 2 แห่ง คือที่มาบตาพุด จังหวัดระยอง และที่แสมดำ บางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร กำจัดโดยการปรับเสถียรและการฝังกลบ (Stabilization & Landfill)

ตัวอย่างงานวิจัยที่พบการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม

ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง, 2541 ได้ทดสอบคุณสมบัติของผงถ่านไฟฉาย โดยวิธีการสกัดสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 1 พ.ศ.2531) พบว่า ผงถ่านไฟฉายส่วนใหญ่จัดอยู่ในประเภทสารมีพิษ โดยเฉพาะถ่านไฟฉายกลาง B06 พบว่ามีความเข้มข้นของแคดเมียมและปรอทในน้ำชะละลายเท่ากับ 3.79 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 1.24 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้โดย ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 พ.ศ.2531 คือ แคดเมียมและปรอท ไม่เกิน 1 และ 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ

กรกช วิเชฎฐพิทยาพงษ์,2534 ศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด ในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2532 ถึง เดือนกรกฎาคม 2533 พบว่า สารปรอทรวมในน้ำและดินตะกอนบริเวณ อ่าวระยองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.28-13.50 ส่วนในล้านส่วน และ 0.16-1.65 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในแม่น้ำระยอง พบว่ามีสารปรอทรวมในน้ำและดินตะกอนมีค่า เฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.25-7.41 ส่วนในล้านส่วน และ 0.25-3.94 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับสารปรอทอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวระยองมีค่าอยู่ในช่วง <0.05-4.04 ส่วนในล้านส่วน และ 0.038-0.089 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ และในแม่น้ำ ระยองพบว่ามีสารปรอทอินทรีย์ในน้ำและดินตะกอนอยู่ในช่วง<0.05-5.97 ส่วนในล้านส่วน และ 0.041-0.081 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับสารตะกั่วรวมในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวระยองมีค่า เฉลี่ยอยู่ในช่วง 19.31-32.70 ส่วนในล้านส่วน และ 6.30-7.21 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในแม่น้ำระยองพบว่ามีสารตะกั่วรวมในน้ำและดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ใน ช่วง 9.60-19.20 ส่วนในล้านส่วน และ 6.73-13.38 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ สำหรับ สารแคดเมียมรวมในน้ำและดินตะกอนบริเวณอ่าวระยองมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.80-6.44 ส่วนในล้านส่วน และ 0.38-0.67 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ส่วนในแม่น้ำระยองพบว่ามีสารแคดเมียมรวมในน้ำและดินตะกอนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง <0.20- 8.15 ส่วนในล้านส่วน และ 0.16-0.30 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้พบว่า สารปรอทมีแนวโน้มที่จะมีผลกระทบต่อสิ่ง แวดล้อมในบริเวณที่ทำการศึกษามากกว่าสารตะกั่วและแคดเมียม

วิไล พาละพล,2536 ได้ศึกษา 1) ปริมาณ ของโลหะแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี และ ปรอทที่สะสมอยู่ในเนื้อปลานิลที่จับได้บริเวณสระแก้ว จังหวัด พิษณุโลก 2) เปรียบเทียบปริมาณโลหะในปลานิลที่อยู่ใน สระแก้วกับในบ่อเลี้ยง 3) เปรียบเทียบปริมาณโลหะหนัก กับเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม การศึกษาโลหะหนักในสระแก้วและในบ่อเลี้ยง ระหว่าง เดือนมีนาคมถึงเดือนเมษายน วิเคราะห์โดยใช้การสกัดเนื้อ ปลา

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

นิล แล้วนำเข้าเครื่อง Atomic Absorption Spectrophometer Model Spectr AA-300 ผลการวิจัย พบว่า 1. ปริมาณของโลหะหนักแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว แมงกานีส สังกะสี และปรอท ที่พบในเนื้อของปลานิลที่จับได้บริเวณสระแก้ว มีค่าเท่ากับ 0.04, 0.13, 0.5, 0.39, 2.58 และ 0.13 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ 2. ปริมาณโลหะหนักในเนื้อปลานิลที่จับได้บริเวณสระแก้ว สูงกว่าปลานิลที่จับได้ตามบ่อเลี้ยง 3. ปริมาณของโลหะหนัก แมงกานีส สังกะสี และปรอท ในเนื้อปลานิลที่จับได้ในสระแก้วสูงกว่ามาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม แต่โลหะที่เหลือต่ำกว่า เกณฑ์มาตรฐาน

วิสุทธิ สินเพ็ง,2537 ศึกษาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท ของน้ำในแหล่งน้ำที่ระยะห่างและทิศต่าง ๆ บริเวณรอบพื้นที่ฝังกลบ มูลฝอยของเทศบาลเมืองนครสวรรค์ ในฤดูฝนและฤดูแล้ง (เดือนมิถุนายน 2536 และเดือนมกราคม 2537) พบว่าเนื้อดินในบริเวณรอบพื้นที่ฝังกลบ มูลฝอย ส่วนใหญ่เป็นดินเหนียว ซึ่งมีลักษณะช่วยซับและป้องกันไม่ให้โลหะ หนักผ่านสู่แหล่งน้ำได้โดยส่วนใหญ่ในแหล่งน้ำต่าง ๆ มีปริมาณตะกั่วไม่ เกินมาตรฐานน้ำดื่ม ทั้งในฤดูฝน และฤดูแล้ง ยกเว้นน้ำในรางระบายน้ำ ที่ผ่านพื้นที่ฝังกลบมูลฝอยแล้ว มีปริมาณตะกั่วระหว่าง 0.130-0.150 มิลลิกรัมต่อลิตร และน้ำในบ่อน้ำดื่มที่บริเวณเหนือความลาดเอียงของพื้นที่ระยะห่าง 100 เมตร มีปริมาณตะกั่วสูงระหว่าง 0.100-0.595 มิลลิกรัมต่อลิตร (ค่ามาตรฐาน น้ำดื่ม ปริมาณตะกั่วไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อลิตร) นอกจากนี้โดยทั่วไปแล้ว ปริมาณ แคดเมียมและปรอทในแหล่งน้ำต่าง ๆ ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำดื่ม อย่างไร ก็ตามปริมาณโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยจะมีปริมาณมากกว่าน้ำในแหล่งน้ำอื่น ๆ และพบว่าปริมาณโลหะหนักในน้ำชะมูลฝอยที่บริเวณฝังกลบมากกว่า 3 ปี จะมีปริมาณลดลงอย่างมาก เมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักในน้ำชะ มูลฝอยที่บริเวณฝังกลบน้อยกว่า 1 ปี ปริมาณโลหะหนักของน้ำในแหล่งน้ำ และที่ระยะห่างจากพื้นที่ ฝังกลบมูลฝอย 100 เมตร 300 เมตร และ 700 เมตร ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญ

ปิยะนารถ ตุ้มวอน,2539 ศึกษา การแปรผันของคุณภาพน้ำทะเลในบริเวณอ่าวไทยตอนในฝั่งตะวันออก ตั้งแต่ปี 2533-2537 ปริมาณการสะสม และการเพิ่มขยายทางชีวภาพของปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ในระดับขั้นของการบริโภค บริเวณชายฝั่งทะเลบางเสร่ อ่าวไทย ตอนในฝั่งตะวันออก ผลการศึกษาปริมาณการสะสมปรอท แคดเมียม และตะกั่ว ในสิ่งมีชีวิตจากจำนวนตัวอย่าง 273 ตัวอย่าง 13 ชนิด โดยแบ่งกลุ่มสิ่งมีชีวิตตามระดับขั้นของการบริโภค ทำการ วิเคราะห์ปรอทด้วยวิธี Cold Vapor Atomic Absorption และวิเคราะห์แคดเมียมและตะกั่วด้วยวิธี Flameless Atomic Absorption พบว่าปริมาณการสะสมปรอท แคดเมียมและตะกั่ว ในระดับขั้นของการบริโภคลำดับต่าง ๆ มีความแตกต่างอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติ (< 0.05) และพบว่ามีการเพิ่มขยายทางชีวภาพของปรอทในระดับขั้นของผู้บริโภค เมื่อนำผลเปรียบเทียบ กับข้อมูลในอดีต พบว่าปริมาณ

ปรอทในปลาทะเลมีแนวโน้มสูงขึ้น ส่วนปริมาณแคดเมียมและตะกั่วยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ไว้โดยองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ

สุดชาย กำเนิดมณี, 2540 ศึกษาปริมาณโลหะหนักในดิน น้ำ ดิน ตะกอน และหญ้าขน บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ช่วง คือ ช่วงเดือนพฤศจิกายน 2538 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2539 ช่วงเดือนมีนาคม ถึงเดือนมิถุนายน 2539 และช่วงเดือนกรกฎาคม ถึงเดือนตุลาคม 2539 ผลการศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำ เรียงลำดับได้ดังนี้ แมงกานีส > สังกะสี > ตะกั่ว > ทองแดง > แคดเมียม > นิกเกิล > โครเมียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 30.00, 15.40, 6.77, 3.81, 1.19 0.49 และ 0.11 ส่วนในส้านส่วน ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักในดิน เรียงลำดับ ได้ดังนี้ แมงกานีส > สังกะสี > ตะกั่ว > โครเมียม > ทองแดง > นิกเกิล > แคดเมียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 481.83, 73.58, 23.89, 20.17, 18.69, 18.43 และ 0.81 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนัก ในดินตะกอน ลำดับได้ดังนี้ แมงกานีส > สังกะสี > ทองแดง > ตะกั่ว > นิกเกิล > โครเมียม > แคดเมียม มีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 543.20, 113.35, 33.40, 27.62, 20.92, 18.84 และ 0.88 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ปริมาณ โลหะหนักในหญ้าขน เรียงลำดับได้ดังนี้ แมงกานีส > ตะกั่ว > สังกะสี > นิกเกิล > แคดเมียม > ทองแดง > โครเมียม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 127.20, 74.98, 44.07, 25.72, 12.20, 5.71 และ 0.64 มิลลิกรัม ต่อลิตร ตามลำดับ ความสามารถในการดูดกินโลหะหนักของหญ้าขน บริเวณลุ่มแม่น้ำ เจ้าพระยา ตอนล่างเปรียบเทียบกับปริมาณโลหะหนักเฉลี่ยในดิน หญ้าขนสามารถดูดกิน สังกะสี แมงกานีส ทองแดง ตะกั่ว นิกเกิล แคดเมียม และโครเมียม เท่ากับร้อยละ 59.89, 26.40, 30.55, 313.86, 139.56, 1,506.17 และ 3.17 ตามลำดับ ปริมาณโลหะหนักในน้ำ แม่น้ำเจ้าพระยาตอนล่าง มีค่าเฉลี่ย ไม่เกิน มาตรฐานแหล่งน้ำผิวดิน ซึ่งไม่ใช่น้ำทะเล ปริมาณโลหะ หนักในดิน ดินตะกอน และหญ้าขนมี ค่าเฉลี่ยในระดับที่ไม่เกิน ค่าวิกฤต

อดิศักดิ์ ภักดีไทย,2542 ได้ทำงานวิจัยโดยเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักในอากาศของ กรุงเทพมหานครโดยใช้หญ้านวลน้อย (Zeysia matrrella Merr.) เป็นดัชนีภาพทางชีวภาพ ระหว่าง เดือนมิถุนายน ถึงเดือน พฤศจิกายน 2540 รวมระยะเวลา 6 เดือนเศษ มีจุดเก็บตัวอย่างทั้งหมด 36 จุด พบว่าปริมาณ โลหะหนักอยู่ในช่วงดังต่อไปนี้ : โครเมียม 0.75-7.05 (กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) ทองแดง 1.38- 10.58 (กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) สังกะสี 1.53-13.09 (กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) แคดเมียม 0.39-5.77 (กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) และตะกั่ว 0.10-1.56 (กรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณ โลหะหนักเฉลี่ยที่จุดเก็บตัวอย่างสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งเป็น จุดที่ไม่มีปัญหามลพิษทางอากาศ พบว่าปริมาณโลหะหนักใน อากาศของกรุงเทพมหานครมีค่าสูงกว่า ประมาณ 5,4,5,7 และ 7 เท่าตามลำดับ เมื่อจัดระดับความ เป็นพิษตามปริมาณความมากน้อย ของโลหะหนักพบว่าแคดเมียมมีระดับความเป็นพิษสูงถึงสูงสุด

โครเมียมกับทองแดงมีระดับความ เป็นพิษต่ำถึงปานกลาง และสังกะสีกับตะกั่วมีระดับความเป็นพิษต่ำ

ชินชาต โปร่งสวะ, 2543 ศึกษาปริมาณแคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี ในสัตว์ทะเลจำพวกหอยแครง ปู ปลากระบอก และปลาทราย บริเวณชายฝั่งโครงการบำบัด น้ำเสียแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี โดยเก็บตัวอย่างในฤดูร้อน (ก.พ.-เม.ย.), ฤดูฝน (มิ.ย.- ส.ค.), ฤดูหนาว (พ.ย.-ธ.ค.) ในฤดูมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ (เม.ย., มิ.ย., ส.ค.) ฤดูมรสุม ตะวันออกเฉียงเหนือ (ก.พ., พ.ย., ธ.ค.) ในปี พ.ศ.2542 โดยใช้วิธี Atomic absorption spectrophotometry พบว่าปริมาณการสะสมของโลหะหนักในสัตว์น้ำในแต่ละฤดูกาล มีความแตกต่างกัน อย่างไม่มีนัยสำคัญ ยกเว้นตะกั่วในปลากระบอก ส่วนในฤดูมรสุมแคดเมียมในปลากระบอก กับสังกะสี ในหอยแครงมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ปริมาณการสะสมในสัตว์ทะเลจะแตกต่างกันไปตามชนิดของ โลหะหนัก และชนิดของสัตว์ทะเล ในบรรดาโลหะทั้ง 4 ชนิด สังกะสีมีปริมาณการสะสมสูงที่สุดใน สัตว์ทะเลทุกชนิดรองลงมาคือทองแดง ตะกั่วและแคดเมียม โดยมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 36.444, 10.382, 0.434, 0.229 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมน้ำหนักแห้งตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบชนิดของสัตว์ ทะเลในการสะสมโลหะหนักพบว่า ปูม้าสามารถสะสมโลหะหนักบางชนิดได้ในปริมาณค่อนข้างสูง โดยเฉพาะโลหะสังกะสีและทองแดง รองลงมาเป็นหอยแครง ส่วนปลากระบอกและปลาทรายมีการสะสม โลหะทุกชนิดน้อยที่สุด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชายฝั่งโครงการฯ และชายฝั่งบ้านแหลม (พื้นที่ เปรียบเทียบ) พบว่าปริมาณโลหะหนักในสัตว์ทะเลมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นสังกะสีในฤดูฝนและมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ในหอยแครงที่พบในบริเวณชายฝั่งโครงการฯ มีปริมาณสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิดในสัตว์ทะเลยังอยู่ใน ระดับที่ปลอดภัยสำหรับการบริโภค เนื่องจากมีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานของโลหะหนักในอาหาร

วีระวงศ์ ตางาม,2543 ศึกษาโลหะหนัก สังกะสี ทองแดง แคดเมียม ตะกั่ว ที่ละลายในน้ำ ดินตะกอน และ เนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลาในแม่น้ำและคลองรอบเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา โดยเก็บตัวอย่าง ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2541 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2542 และช่วงฤดูร้อน (เดือนเมษายน) ฤดูฝน (เดือนมิถุนายน) ฤดูหนาว (เดือนตุลาคม) พบว่า ในน้ำและดินตะกอนมีปริมาณสังกะสีสูงสุดและ มีปริมาณแคดเมียมต่ำสุด ปริมาณโลหะหนักในอวัยวะส่วนต่างๆ ของปลาแขยง พบว่า ในตับมีปริมาณทองแดงสูงสุด ลำไส้มีปริมาณสังกะสีและแคดเมียมสูงสุด เหงือกมีปริมาณตะกั่วสูงสุด ในเนื้อพบปริมาณโลหะทั้ง 4 ชนิดต่ำสุด ปริมาณโลหะหนักทั้ง 4 ชนิด ที่พบในปลาตะเพียนขาว มีค่าสูงสุดในตับ และในเนื้อจะมีปริมาณ ต่ำสุด ปริมาณโลหะหนักแต่ละชนิดที่พบในเนื้อ ตับ ลำไส้ และเหงือกของปลาแขยง พบว่า สังกะสี มีค่าสูงสุดและแคดเมียมมีค่าต่ำสุด ในปลาตะเพียนขาวปริมาณสังกะสีมีค่าสูงสุดในเนื้อ ลำไส้ และเหงือก ส่วนตับมีทองแดงสูงสุด และ

อวัยวะทุกส่วนจะมีปริมาณแคดเมียมต่ำสุด ในฤดูฝนมีปริมาณสังกะสีในน้ำสูงสุด ลดลงในฤดูหนาวและฤดูร้อน ในดินตะกอน ปริมาณ สังกะสีมีค่าสูงสุดในฤดูร้อน ลดลงในฤดูฝนและฤดูหนาวตามลำดับ ในอวัยวะส่วนต่างๆ ของปลา แขยงและปลาตะเพียนขาว พบว่า ฤดูร้อน ปริมาณสังกะสีมีค่าสูงสุดในเหงือกและตับ ฤดูฝนและ ฤดูหนาวจะมีค่าสูงสุดในตับ ปริมาณทองแดงพบว่าในช่วงฤดูร้อน ฤดูฝน และฤดูหนาว มีค่าสูงสุด ในตับ ปริมาณแคดเมียมพบว่าในช่วงฤดูร้อนมีค่าสูงสุดในตับ ส่วนฤดูฝนและฤดูหนาว มีปริมาณ สูงสุดในลำไส้และตับ ปริมาณตะกั่วพบว่าในช่วงฤดูร้อนมีค่าสูงสุดในลำไส้ และเหงือก ฤดูฝน มีค่าสูงสุดในลำไส้ ส่วนฤดูหนาวปริมาณตะกั่วในปลาแขยงมีค่าสูงสุดในเหงือก และตรวจไม่พบ ในปลาตะเพียนขาว

จากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น แสดงให้เห็นว่าโลหะหนักสามารถแพร่กระจายได้ทั้งในน้ำ ดิน ดินตะกอนและในอากาศ โลหะหนักต่างๆเหล่านี้มาจากโรงงานอุตสาหกรรม เหมือง และการใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีโลหะหนักปนเปื้อนและไม่มีการจัดการอย่างถูกวิธีทำให้มีการปนเปื้อนของโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้ยังมีการตรวจพบการสะสมของโลหะหนักใน พืช สัตว์ แสดงให้เห็นว่าโอกาสที่โลหะหนักจะเข้าไปในห่วงโซ่อาหารมีความเป็นไปได้สูง ถ้ามนุษย์ สัตว์ บริโภค อาหารที่มีการปนเปื้อนเข้าไป

บทที่ 3

วัสดุอุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

3.1 วัสดุอุปกรณ์

1. กระดาษกรองเบอร์ 6
2. ตะแกรงกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกรอง 9.5 มิลลิเมตร
3. เครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (rotary agitator)
4. กระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน
5. เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโครปี
6. เครื่องวัดความเป็นกรด ด่าง (pH Meter)
7. ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร
8. ปิเปต ขนาด 1, 2, 5, 10 มิลลิลิตร
9. ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
10. บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร

3.2 สารเคมี

1. กรดซัลฟิวริกเข้มข้น (A.R. Grade)
2 กรดไนตริกเข้มข้น (A.R. Grade)

3.3 วิธีดำเนินการ

1. เลือกยี่ห้อของถ่านไฟฉายและรวบรวมตัวอย่างถ่านไฟฉาย ดังนี้

1.1 สังเกตถ่านไฟฉายยี่ห้อที่มีราคาถูกที่สุด และมีการวางขายในท้องตลาดจำนวนมาก เพื่อเตรียมเก็บตัวอย่างถ่านไฟฉายยี่ห้อที่เลือกไว้

1.2 เลือกถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว ขนาดเดียวกัน ตามยี่ห้อที่เลือก บริเวณถังขยะ และบริเวณที่รวมของขยะตามที่ต่างๆ โดยเลือกแต่เฉพาะที่ยังมีสภาพดีและให้มีปริมาณที่มากพอ ในการเตรียมตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

2. วิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยนำถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วมาทำให้เป็นชิ้นเล็กๆ แล้วร่อนผ่านตะแกรงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูกรอง 9.5 มิลลิเมตร ให้ได้น้ำหนัก 100 กรัม เติมด้วยน้ำสกัด (leachant) หรือน้ำฝนกรดสังเคราะห์ (synthetic acid rain extraction fluid) ซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกรดซัลฟิวริกและกรดไนตริกในอัตราส่วน 80 : 20 โดยน้ำหนัก ปรับจนได้ pH 5 เติมลงไปในผงถ่านแล้วปรับ pH ของส่วนผสม (mixture) ให้คงที่ที่ 5 แล้วปรับปริมาตรของของผสมให้อัตราส่วนปริมาตรของน้ำสกัด เป็น 20 เท่า (มิลลิลิตร)ของน้ำหนัก(กรัม)ของตัวอย่าง แล้วปฏิบัติดังนี้

2. เขย่าบนเครื่องกวนเขย่าแบบหมุน (rotary agiator) ที่มีอัตราการหมุน 30 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 25 °C เป็นเวลา 18 ชั่วโมง

3. กรองสารละลาย จากการสกัด (leachate) ด้วยแผ่นกรองใยแก้ว ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูกรอง 0.6 ถึง 0.8 ไมครอน

4. นำสารละลายที่ได้ปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาย่อยกรดไนตริกเข้มข้น 5 มิลลิลิตร ให้ความร้อนจนเหลือสารละลาย 10 – 15 มิลลิลิตร นำมาปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้เป็น 100 มิลลิลิตร แล้ววัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรสโครปี [29]

5. ทำการทดลองซ้ำตั้งแต่ข้อ 2- ข้อ 5 แต่เปลี่ยนค่าความเป็นกรดด่างจาก pH 5 เป็น pH 6, 7, 8 ตามลำดับ ทำการทดลองทั้งหมด จำนวน 7 ซ้ำ

6. การหาความชื้น เพื่อใช้ในการคำนวณค่าปริมาณโลหะหนักที่ถูกชะออกมาได้อย่างถูกต้อง มีวิธีการวิเคราะห์ ดังนี้

6.1 ชั่งตัวอย่างถ่านไฟฉายไม่น้อยกว่า 2.0 กรัม โดยให้มีความหนาไม่เกิน 0.5 เซนติเมตร

6.2 นำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

6.3 ทิ้งไว้ให้เย็นในเดซิเคเตอร์ ชั่งน้ำหนัก

$$\text{dry weight / wet weight ratio} = \frac{W_2}{W_1}$$

เมื่อ W_1 = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

6.4 การคำนวณ

น้ำหนักตัวอย่างจริง (กรัม) = น้ำหนักตัวอย่างในวิธีของกรมโรงงานฯ x dry weight / wet weight ratio ----------(1)

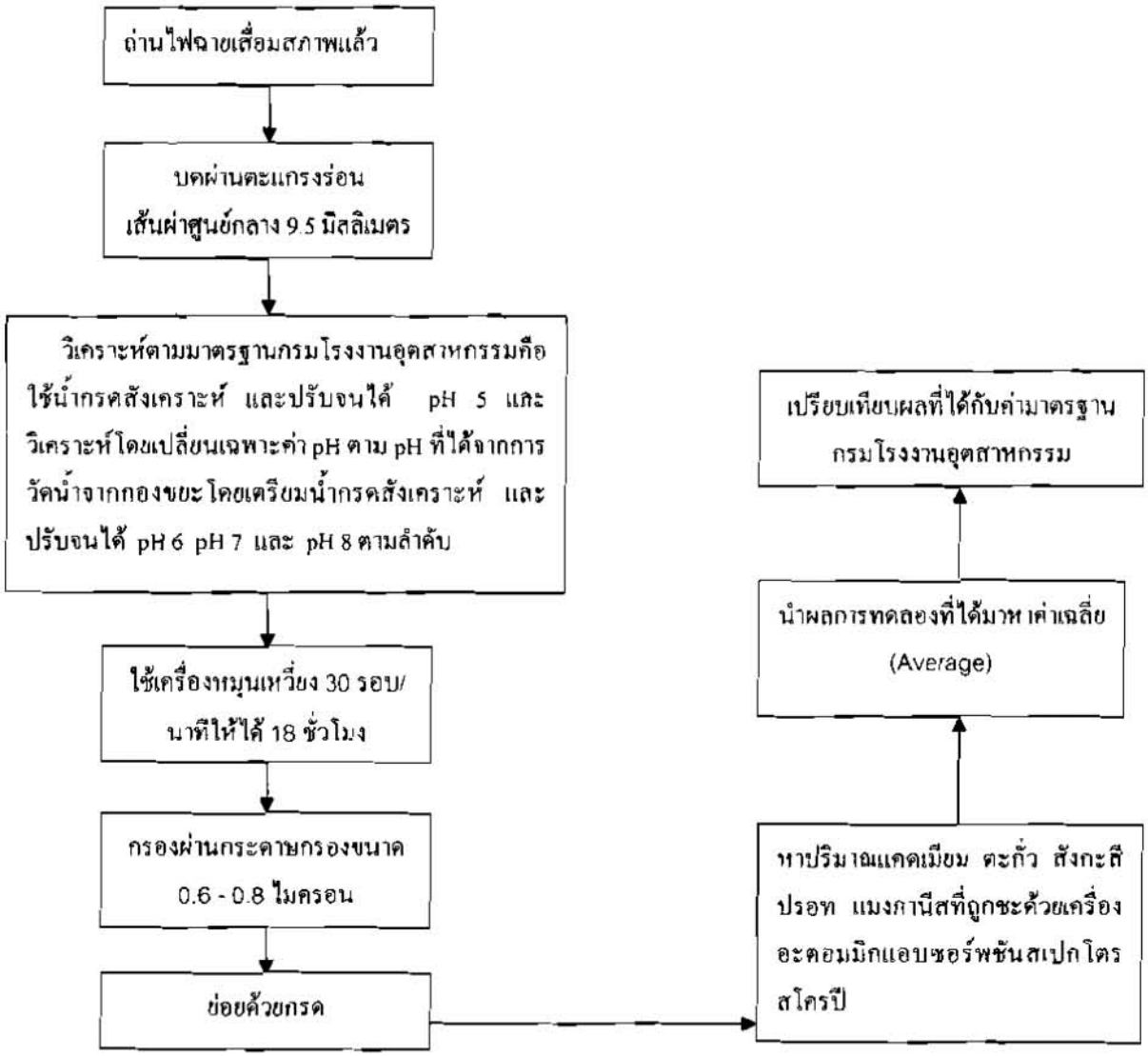
สัดส่วนน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง = $\frac{leachant}{(1)}$ ----------(2)

เมื่อ leachant = ปริมาตรน้ำสกัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

(1) = น้ำหนักตัวอย่างจริง

ปริมาณโลหะหนัก (มิลลิกรัมต่อลิตร) = ค่าโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ x $\frac{20}{(2)}$

แผนภูมิแสดงขั้นตอนวิธีดำเนินการ



บทที่ 4

ผลการทดลอง

จากการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว ขนาดเดียวกัน ยี่ห้อเดียวกัน ที่ได้จากถังขยะ และบริเวณที่รวมของขยะตามที่ต่างๆ โดยเลือกเฉพาะที่ยังมีสภาพดี และนำมาวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักตามวิธีการสกัดสาร ตามมาตรฐานกรมโรงงานอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 (2540) ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัดถ่านไฟฉาย ที่ pH 5

ตัวอย่างที่	แคดเมียม (Cd) มิลลิกรัมต่อลิตร	ตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อลิตร	สังกะสี (Zn) มิลลิกรัมต่อลิตร	ปรอท (Hg) มิลลิกรัมต่อลิตร	แมงกานีส (Mn) มิลลิกรัมต่อลิตร
1	2.31	0.270	317.20	0.404	121.81
2	2.25	0.250	326.50	0.403	121.79
3	2.32	0.210	333.20	0.405	121.75
4	2.30	0.200	321.60	0.402	121.66
5	2.42	0.220	323.14	0.400	121.59
6	2.21	0.170	313.70	0.405	121.47
7	2.23	0.240	299.89	0.403	121.38
ค่าเฉลี่ย (Average)	2.29	0.223	319.32	0.403	121.64

ตารางที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัด ด่านไฟฉายที่ pH 6

ตัวอย่างที่	แคดเมียม (Cd) มิลลิกรัมต่อลิตร	ตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อลิตร	สังกะสี (Zn) มิลลิกรัมต่อลิตร	ปรอท (Hg) มิลลิกรัมต่อลิตร	แมงกานีส (Mn) มิลลิกรัมต่อลิตร
1	1.00	0.162	263.70	0.235	110.71
2	1.06	0.218	264.32	0.231	108.13
3	1.02	0.184	253.22	0.233	105.42
4	1.08	0.195	265.41	0.225	109.38
5	0.98	0.201	267.20	0.234	110.73
6	0.93	0.179	266.30	0.231	107.54
7	0.97	0.188	243.23	0.223	108.62
ค่าเฉลี่ย (Average)	1.006	0.190	260.48	0.230	108.65

ตารางที่ 5 แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัด ด่านไฟฉายที่ pH 7

ตัวอย่างที่	แคดเมียม (Cd) มิลลิกรัมต่อลิตร	ตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อลิตร	สังกะสี (Zn) มิลลิกรัมต่อลิตร	ปรอท (Hg) มิลลิกรัมต่อลิตร	แมงกานีส (Mn) มิลลิกรัมต่อลิตร
1	0.020	0.193	22.84	0.015	170.21
2	0.019	0.206	22.85	0.012	172.10
3	0.028	0.152	22.71	0.014	171.31
4	0.024	0.215	22.73	0.011	172.40
5	0.030	0.221	22.61	0.009	171.62
6	0.027	0.200	22.64	0.012	171.32
7	0.031	0.198	22.45	0.013	172.25
ค่าเฉลี่ย (Average)	0.026	0.198	22.69	0.012	171.60

ตารางที่ 6 แสดงผลการวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำสกัด ถ่านไฟฉายที่ pH 8

ตัวอย่างที่	แคดเมียม (Cd)มิลลิกรัมต่อลิตร	ตะกั่ว (Pb) มิลลิกรัมต่อลิตร	สังกะสี (Zn) มิลลิกรัมต่อลิตร	ปรอท (Hg) มิลลิกรัมต่อลิตร	แมงกานีส (Mn) มิลลิกรัมต่อลิตร
1	0.962	0.106	204.12	0.071	6.270
2	0.943	0.108	205.14	0.068	5.799
3	0.967	0.109	210.04	0.087	6.202
4	0.899	0.094	210.02	0.072	6.242
5	0.921	0.098	202.60	0.061	5.987
6	0.933	0.101	201.11	0.058	5.874
7	0.902	0.103	205.13	0.070	5.791
ค่าเฉลี่ย (Average)	0.932	0.103	205.45	0.070	6.024

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองพบปริมาณแคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอทและแมงกานีส ในถ่านไฟฉายที่ใช้แล้วในน้ำสกัดตามวิธีการสกัดสารของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ที่ pH 5, 6, 7 และ 8 มีค่าความเข้มข้นที่วิเคราะห์ได้ เรียงลำดับดังนี้ ปริมาณแคดเมียมในน้ำชะละลาย 2.29 mg/l,1.006 mg/l, 0.026 mg/l และ 0.932 mg/l ปริมาณตะกั่ว 0.223 mg/l , 0.190 mg/l, 0.198 mg/l และ 0.103 mg/l ปริมาณสังกะสี 319.32 mg/l , 260.48 mg/l , 22.69 mg/l และ 205.45 mg/l ปริมาณปรอท 0.403 mg/l, 0.230 mg/l, 0.012 mg/l และ 0.070 mg/l ปริมาณแมงกานีส 121.64 mg/l , 108.65 mg/l, 171.60 mg/l และ 6.024 mg/l ตามลำดับ

ปริมาณปรอทและแคดเมียมในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ พบว่า pH ที่เป็นกรดสูง (pH 5) ความสามารถในการออกซิไดส์สูง โลหะหนักจะถูกออกซิไดส์ได้มาก ทำให้สามารถกัดกร่อนและละลายโลหะหนักออกมาได้มาก การชะละลายเริ่มลดลงจนกระทั่ง pH 7 ซึ่งเป็นกลาง และจะเริ่มชะละลายได้มากขึ้นอีกเมื่อ pH เป็นด่าง (pH 8) แสดงว่า pH ที่สูงขึ้น(เป็นด่าง) เป็นตัวออกซิไดส์ที่สูงเช่นกัน จึงสามารถกัดกร่อนและละลายโลหะหนักออกมาได้มากกว่า pH ที่เป็นกลาง

ตารางที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ ที่ pH 5 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

โลหะหนัก	น้ำสกัด ที่ pH 5	ค่ามาตรฐาน (ค่าที่วิเคราะห์ได้ต้องไม่มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ (mg/l))			
		น้ำทิ้ง	น้ำผิวดิน	น้ำใต้ดิน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
แคดเมียม	2.29	0.03	0.005	0.003	1.0
ตะกั่ว	0.223	0.2	0.05	0.01	5.0
สังกะสี	319.32	5.0	1.0	5.0	-
ปรอท	0.403	0.005	0.002	0.001	0.2
แมงกานีส	121.64	5.0	1.0	0.5	-

- หมายถึงไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน

จากตารางพบว่าในน้ำสกัดที่ pH 5 มีปริมาณแคดเมียมเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ปริมาณปรอทเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และปริมาณแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน

ตารางที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ ที่ pH 6 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

โลหะหนัก	น้ำสกัด ที่ pH 6	ค่ามาตรฐาน (ค่าที่วิเคราะห์ได้ต้องไม่มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ (mg/l))			
		น้ำทิ้ง	น้ำผิวดิน	น้ำใต้ดิน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
แคดเมียม	1.006	0.03	0.005	0.003	1.0
ตะกั่ว	0.19	0.2	0.05	0.01	5.0
สังกะสี	260.48	5.0	1.0	5.0	-
ปรอท	0.23	0.005	0.002	0.001	0.2
แมงกานีส	108.65	5.0	1.0	0.5	-

- **หมายถึงไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน**

จากตารางพบว่าในน้ำสกัดที่ pH 6 มีปริมาณแคดเมียมเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานน้ำทิ้ง และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ปริมาณปรอทเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม และปริมาณแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน

ตารางที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ ที่ pH 7 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

โลหะหนัก	น้ำสกัด ที่ pH 7	ค่ามาตรฐาน (ค่าที่วิเคราะห์ได้ต้องไม่มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ (mg/l))			
		น้ำทิ้ง	น้ำผิวดิน	น้ำใต้ดิน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
แคดเมียม	0.026	0.03	0.005	0.003	1.0
ตะกั่ว	0.198	0.2	0.05	0.01	5.0
สังกะสี	22.69	5.0	1.0	5.0	-
ปรอท	0.012	0.005	0.002	0.001	0.2
แมงกานีส	171.6	5.0	1.0	0.5	-

- **หมายถึงไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน**

จากตารางพบว่าในน้ำสกัดที่ pH 7 มีปริมาณแคดเมียมเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานน้ำทิ้ง และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานน้ำทิ้ง และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ปริมาณปรอทเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด และปริมาณแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน

ตารางที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดที่วิเคราะห์ได้ ที่ pH 8 กับค่ามาตรฐาน น้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน และมาตรฐานโลหะหนักในน้ำสกัดของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

โลหะหนัก	น้ำสกัด ที่ pH 8	ค่ามาตรฐาน (ค่าที่วิเคราะห์ได้ต้องไม่มากกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดให้มีได้ (mg/l))			
		น้ำทิ้ง	น้ำผิวดิน	น้ำใต้ดิน	กรมโรงงานอุตสาหกรรม
แคดเมียม	0.932	0.03	0.005	0.003	1.0
ตะกั่ว	0.103	0.2	0.05	0.01	5.0
สังกะสี	205.45	5.0	1.0	5.0	-
ปรอท	0.07	0.005	0.002	0.001	0.2
แมงกานีส	6.024	5.0	1.0	0.5	-

- **หมายถึงไม่ได้กำหนดในมาตรฐาน**

จากตารางพบว่าในน้ำสกัดที่ pH 8 มีปริมาณแคดเมียมเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณตะกั่วเกินมาตรฐานน้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานน้ำทิ้ง และมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด ปริมาณสังกะสีเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ปริมาณปรอทเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน ยกเว้นมาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่ไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด และปริมาณแมงกานีสเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำผิวดิน น้ำใต้ดิน

จะเห็นว่าผลที่ได้จากการทดลองหาปริมาณโลหะหนักต่างๆ ที่ได้จากน้ำสกัดที่ pH 5 – 8 นั้นค่าที่ได้ส่วนใหญ่จะเกินมาตรฐานที่แสดงไว้มาก มีเพียงบางค่าที่ไม่เกินมาตรฐานแต่ก็เกือบจะถึงมาตรฐานที่กำหนด แต่อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์น้ำสกัดที่ pH 5 – 8 พบค่าโลหะหนัก แคดเมียม ตะกั่ว สังกะสี ปรอท และแมงกานีส ทุกตัว ถ้าถ่านไฟฉายถูกทิ้งจำนวนมาก ปริมาณโลหะหนักเหล่านี้ก็จะปนเปื้อนและจะเกิดการสะสมมากขึ้นเรื่อยๆ และถ้าฝนตกผ่านกองขยะที่มีน้ำขยะที่มีโลหะหนักเหล่านี้ปนอยู่ และไหลซึมลงสู่ดิน และแหล่งน้ำ ก็จะเกิดการปนเปื้อนของโลหะหนักลงในแหล่งนั้น พืชที่อยู่บริเวณนั้นก็จะดูดซึมแร่ธาตุพร้อมโลหะหนักดังกล่าวเข้าไปสะสม คนนำ พืชและสัตว์ที่อยู่ในบริเวณที่มีการซึมผ่านของโลหะหนักไปรับประทานก็จะได้รับโลหะ

หนักเหล่านั้นไปสะสมในร่างกาย เมื่อถึงปริมาณหนึ่งก็จะเจ็บป่วยและถ้ามากพอก็จะทำให้ตายได้ จากการทดลองแสดงให้เห็นว่าถ้าเราไม่หาวิธีการป้องกันและมีการจัดการกับถ่านไฟฉายอย่างถูกต้อง โลหะหนักที่ออกมานี้ก็จะกลับเข้ามาสู่ตัวเราในที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ถ่านไฟฉายที่นำมาใช้ทดลองมีเพียงยี่ห้อเดียว ขนาดเดียว ควรนำยี่ห้ออื่นๆ ขนาดอื่นๆ มาหาปริมาณโลหะหนักด้วยเพราะถ้าถ่านไฟฉายยี่ห้ออื่นมีโลหะหนักที่เกินมาตรฐานเช่นกัน หน่วยงานที่รับผิดชอบต้องหาวิธีการที่จะลดปริมาณโลหะหนักเหล่านี้ และถ้าลดไม่ได้ต้องมีการจัดการอย่างถูกต้องเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมต่อไป

2. นอกจากถ่านไฟฉายแล้ว ควรมีการทดลองกับขยะพิษประเภทอื่นๆ ด้วย เช่น แบตเตอรี่ กระป๋องยาฆ่าแมลง

3. ถ่านไฟฉายที่เสื่อมสภาพต้องมีการจัดเก็บอย่างถูกวิธี วิธีที่ง่ายที่สุดคือแยกขยะให้ถูกประเภท และให้หน่วยงานที่รับผิดชอบนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี เพื่อไม่ให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมต่อไป

อนึ่ง การกำจัดถ่านไฟฉายไม่ว่าจะเป็นชนิดไหน จะต้องมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากมีปริมาณของโลหะหนักที่มีความเป็นพิษสูงมาก ไม่ควรนำไปฝังกลบแบบธรรมดา และไม่ควรทิ้งปนกับขยะมูลฝอยเป็นอันขาด ก่อนที่จะทิ้งจะต้องมีการทำลายฤทธิ์ เช่น อาจทำให้เป็นก้อนแข็งด้วยปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ และนำไปฝังกลบอย่างปลอดภัยต่อไป

4. ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบต้องคอยสอดส่องดูแลและควบคุมการผลิตถ่านไฟฉาย ที่ผลิตในประเทศและที่นำเข้าจากต่างประเทศอย่างใกล้ชิด และให้มีมาตรฐาน เพราะมีการนำเข้าถ่านไฟฉายที่ไม่ได้มาตรฐาน วางขายอยู่ทั่วไปจำนวนมาก ถ่านเหล่านี้มีราคาถูก แต่มีอายุการใช้งานสั้น จึงทำให้เกิดขยะพิษจำนวนมาก

5. แนะนำให้ใช้ถ่านไฟฉายอย่างที่มีการรับรองคุณภาพโดยเฉพาะสูตรไม่ผสมสารปรอท

6. ถ่านไฟฉายหมดอายุการใช้งานแล้วต้องมีการประชาสัมพันธ์ให้แยกทิ้งต่างหากจากขยะมูลฝอย โดยให้เก็บรวบรวมและทิ้งลงถังขยะพิษ

7. มีกฎหมายในการแยกขยะพิษอย่างชัดเจนและเคร่งครัด เพื่อเป็นการลดการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อมที่นับวันยิ่งจะมีมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. กรกช วิเชฎฐพิทยาพงษ์. **การศึกษาการแพร่กระจายของโลหะหนักที่เป็นพิษในน้ำและดินตะกอนบริเวณนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2535.
2. ควบคุมมลพิษ, กรม. **ปรอท.** ม.ป.ท., 2541.
3. _____.**ปัญหามลพิษจากอุตสาหกรรมถ่านไฟฉายหรือแบตเตอรี่แห้งและผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว.** กรุงเทพฯ : ฝ่ายจัดการของเสียอันตราย กองจัดการสารอันตรายและกากของเสีย, 2536
4. _____. ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 8 พ.ศ.2537 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 **เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดิน ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 111 ตอนที่ 16ง 24 กุมภาพันธ์ 2537.
5. _____ . ประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ฉบับที่ 20 พ.ศ.2543 ออกตามความในพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 **เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพน้ำใต้ดิน. ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 117 ตอนพิเศษ 95 ง. 15 กันยายน 2543.
6. ความปลอดภัยโรงงาน, กอง **โครงการควบคุมความปลอดภัยในโรงงานผลิตถ่านไฟฉาย.** ม.ป.ท., 2534.
7. ชัยวัฒน์ โพธิ์ทอง. **การทำลายฤทธิ์โลหะหนักในผงถ่านไฟฉายที่ใช้แล้ว โดยการทำให้เป็นก้อนแข็ง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541.
8. ชินชาต โปร่งสระ. **ปริมาณโลหะหนักบางชนิด (แคดเมียม ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี) ในสัตว์ทะเลที่เป็นอาหาร บริเวณชายฝั่งโครงการบำบัดน้ำเสียแหลมผักเบี้ย จังหวัดเพชรบุรี** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.
9. ดุรงค์ฤทธิ์ หุ่นทอง. **การวิเคราะห์โลหะหนักในน้ำบริเวณสระแก้ว จังหวัดพิษณุโลก.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2536.
10. ธีระพล ดังคะเกตุ. **ปรอทกับสิ่งแวดล้อม.** จุลสารสภาวะแวดล้อม 3 (6) 2527. หน้า 16 – 18.
11. ปรารถนา ปัทมะสุนทร. **อุตสาหกรรมถ่านไฟฉาย.** กองเศรษฐกิจอุตสาหกรรม สำนักงานปลัดกระทรวง, 2527.
12. ปิยะนารถ ตุ้มวอน. **การสะสมของโลหะหนักในสิ่งมีชีวิตและการแปรผันในระยะยาวของคุณ**

ภาพน้ำในบริเวณอ่าวไทยตอนใน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2539.

13. พิมล เรียนวัฒนาและชัยวัฒน์ เจนวาณิชย์. **เคมีสภาวะแวดล้อม.** :โอเดียนสโตร์ กรุงเทพฯ, 2525.

14. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. **พิษวิทยาและเวชศาสตร์อุตสาหกรรม (Toxicology and Industrial Medicine).** หน่วยที่ 8-15. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช , 2537.

15. โรงงานอุตสาหกรรม, กรม. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 6 พ.ศ. 2540 ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535. **เรื่องการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ราชกิจจานุเบกษา.** เล่มที่ 114 ตอนพิเศษ 106ง. หน้า 3 – 4, 43 – 44. 13 พฤศจิกายน 2540.

16. _____. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ.2539. ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535. **เรื่องกำหนดวิธีการเก็บทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝังทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว.** (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2531.

17. _____. **การกำจัดของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม.** ม.ป.ท. ม.ป.ป.

18. _____. **การทำลายฤทธิ์กากของเสีย.** ม.ป.ท. ม.ป.ป.

19. วิศวกรรมสารเทคโนโลยี.45 (11). **ปรอทมีพิษอย่างไร.** ม.ป.ท., 2535. 97-98.

20. วิไล พาละพล. **การวิเคราะห์โลหะหนักในปลานิล บริเวณสระแก้ว จังหวัดพิษณุโลก.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2536.

21. วิสุทธิ สินเพ็ง **การปนเปื้อนของโลหะหนักในแหล่งน้ำบริเวณฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองนครสวรรค์.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2537.

22. วีระวงค์ ตางาม. **การศึกษาปริมาณโลหะบางชนิดในน้ำ ดินตะกอน และเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของปลาบางชนิด ในแม่น้ำและคลองรอบเกาะเมืองพระนครศรีอยุธยา** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

23. สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา **หนังสืออ้างอิงเอกสารประกอบการสอนวิชาพิษวิทยา** สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อัดสำเนา, 2544.

24. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทยและสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม **ข้อกำหนดของฉ่านไฟฉายหลักสูตรไม่ผสมสารปรอท**, 2539.

25. สุดชาย กำเนิดมณี **การศึกษาปริมาณโลหะหนักในดิน น้ำ ดินตะกอน และหญ้าขน (*Brachiaria mutica*) บริเวณลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนล่าง.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2540.

26. สำนักรักษาความสะอาด. **การจัดการขยะมูลฝอยอันตรายที่เกิดจากบ้านเรือน.** กรุงเทพฯ , 2540.

27. อดิศักดิ์ ภักดีไทย. **การเฝ้าระวังปริมาณโลหะหนักในอากาศของกรุงเทพมหานครโดยใช้หญ้านวลน้อย (*Zeysia mattrella Merr.*) เป็นดัชนีภาพทางชีวภาพ** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2543.

28. อนุรักษ์ ปิ่นทอง. **การศึกษาปริมาณโลหะหนักในน้ำชะขยะมูลฝอยและน้ำบาดาล บริเวณใกล้เคียงสถานที่ฝังกลบขยะมูลฝอยของเทศบาลนครพิษณุโลก** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต.มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2543.

29. American Water Works Association (AWWA) American Public Health Association (APHA) and Water Pollution Control Federation (WPCF, **Standard Methods for Examination of Water and Wastewater**, 20th Ed.

30. Environment Canada. **Used Batteries and Environmental: A Study on the Feasibility of Their Recovery**.ESP4/CE/1.Eutrotech, 1991.

31. Environmental Protection Agency (EPA). **Decision-Makers Guide to Solid Waste Management**. U.S. Government Printing, 1989.

32. Robins,S.R.J. **The Manufacture of Dry Cell Batteries.** London: Tropical Products Institute, 1970.

33. Shuckrow, A.J., Pajak, A.P., and Touhill, C.J. , **Hazardous Waste Leachate Management Manual.** Park Ridge, N.J. Noyes Data, 1982.

34. United State Environmental Protection Agency (US EPA) : **Method 1310, 1311 (Toxicity Characteristic Leaching Procedure, TCLP)** U.S. Government Printing, 1989.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิเคราะห์ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโครงการฟิสิกส์และวิศวกรรม ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวถึง ซึ่งมีส่วนช่วยให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสิ้น และหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิเคราะห์ขอน้อมรับเพื่อประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุงในโอกาสต่อไป