ข้อมูลข่าวสาร วศ.

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

วศ
กฟ
อว 13

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 2

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรม

โดย

นางสาววราภรณ์ กิจชัยนุกูล
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

เอกสารผลงานที่เสนอให้ประเมินเพื่อแต่งตั้งให้ดำรงตำแหน่ง
นักวิทยาศาสตร์ 6 ว

เรื่องที่ 2

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรม

วศ
เลขหมู่ กฟ
ว 13
เลขทะเบียน 9908
วันที่ 11 พฤ. 48

ด้วยอภินันทนาการ
จาก
วศ.

โดย

นางสาววราภรณ์ กิจชัยนุกูล
นักวิทยาศาสตร์ 5

กลุ่มงานสิ่งแวดล้อม
กองฟิสิกส์และวิศวกรรม
กรมวิทยาศาสตร์บริการ

กรมวิทยาศาสตร์บริการ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ		ก
บทที่ 1	คำนำ	3
บทที่ 2	อุปกรณ์และวิธีการ	5
บทที่ 3	ผลการทดลอง	8
บทที่ 4	สรุป	10
บทที่ 5	วิจารณ์ผลการทดลอง	11
กิตติกรรมประกาศ		12
บรรณานุกรม		13
ภาคผนวก		
ภาคผนวก ก.	การคำนวณหาปริมาณของแข็งและปริมาณความชื้น การคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด และค่า True percent relative error	ก1-2
ภาคผนวก ข.	ประกาศโรงงานอุตสหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้ายและขนส่งสิ่งปฏิกูล ที่ไม่ใช้แล้ว (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2531	ข1-10
ภาคผนวก ค.	แสดงสภาวะการย่อยสลายตัวอย่างน้ำสกัดโดยเครื่องไมโครเวฟ	ค1
ภาคผนวก ง.	วิธีหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น	ง1-6

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรม

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัด ตามประกาศกรม โรงงานอุตสาหกรรม เรื่องกำหนดวิธีการเก็บทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่ง สิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว (ฉบับที่ 1) พ.ศ.2531 ออกตามความในพระราชบัญญัติกรมโรงงาน พ.ศ. 2512 เป็นวิธีการหนึ่งที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการตัดสินว่า กากของเสียจากโรงงาน อุตสาหกรรมเหล่านั้นสามารถนำไปทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมได้โดยไม่ก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของ สารพิษจากกากอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดินเนื่องจากการรั่วซึม (Leachate) อันจะก่อให้เกิดอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆที่อุปโภคและบริโภคน้ำจากแหล่งน้ำดังกล่าว รวมถึงการปนเปื้อนเข้าสู่วัฏจักรห่วงโซ่อาหาร ด้วยเหตุนี้การรายงานผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้องเป็น สิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึง แต่ในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรม ด้วยวิธีการสกัดไม่ระบุถึงการหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองมีผลต่อ การคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมด้วยวิธีการสกัด ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเสนอแนะวิธีการหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณอันจะ นำไปสู่การรายงานผลที่ถูกต้อง อีกทั้งยังเป็นการชี้ให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์ทั้งสอง ที่มีต่อผลการวิเคราะห์ ในการศึกษาทดลองจะทำการสุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีการแบ่งสี่ (Quartering) เมื่อได้ตัวอย่างที่เป็นตัวแทนในปริมาณที่ต้องการแล้วนำตัวอย่างไปบดและคัดขนาดด้วยตะแกรง โดยให้มีขนาดของตัวอย่างระหว่าง 0.5-5 มิลลิเมตร จากนั้นนำตัวอย่างดังกล่าวไปหาปริมาณ ความชื้นและปริมาณของแข็ง โดยชั่งตัวอย่างกากอุตสาหกรรมไม่น้อยกว่า 20 กรัมแต่ไม่เกิน 100 กรัมใส่ในภาชนะนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในตู้ดูด ความชื้น นำไปชั่งและคำนวณหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็ง การหาความสัมพันธ์ ของตัวแปรทั้งสองที่มีต่อการคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัด ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ การเตรียมตัวอย่างกากอุตสาหกรรม (เช่นเดียวกับการเตรียม ตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็ง) และการเตรียมน้ำสกัด การสกัดโดย ชั่งตัวอย่างกากอุตสาหกรรมจำนวน 50 กรัม เติมน้ำสกัด 500 มิลลิลิตร (อัตราส่วนระหว่าง ตัวอย่างกากอุตสาหกรรมต่อน้ำสกัดต้องเป็น 1 ต่อ 10 หากไม่สามารถเตรียมได้จะต้องทำการปรับ แก้โดยใช้ค่าปรับแก้ที่สภาวะการวิเคราะห์นั้น ๆ เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ที่ได้อยู่ในสภาวะเดียวกัน) นำสารผสมนี้ไปเขย่าบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีและมีช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซ็นติเมตร กรองตัวอย่างด้วยกระดาษกรองใยแก้วขนาดของรู 1 ไมครอน การวิเคราะห์หา ปริมาณโลหะหนักโดยนำสารละลายส่วนที่ผ่านการกรองแล้วไปย่อยสลายโดยใช้เครื่องไมโครเวฟ

และนำไปหาปริมาณโลหะหนักด้วยเครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS) การแปรผลการวิเคราะห์

จากการศึกษาทดลองพบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งมีความสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักคือ ในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นสูงและมีปริมาณของแข็งต่ำจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ระหว่างการนำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณและการไม่นำค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณมาก โดยที่ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเดียวกันเมื่อนำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณจะมีค่าน้อยกว่าผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเมื่อไม่นำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากการนำค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณจะทำให้น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้มีค่าน้อยลงยังผลให้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักตัวอย่างต่อปริมาตรน้ำสกัดมีค่ามากกว่า 1 ต่อ 10 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ (Correction factor) เพื่อให้การรายงานผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเป็นมาตรฐานเดียวกัน ในทางกลับกันในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นต่ำและปริมาณของแข็งสูงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมจะให้ค่าความแตกต่างระหว่างผลการวิเคราะห์ไม่มากนักและยังคงให้ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณมีค่าน้อยกว่าไม่ใช้พารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณเช่นกัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ชัดเจนของมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมด้วยวิธีการสกัด จึงเห็นว่าในการกำหนดมาตรฐานดังกล่าวควรมีการกำหนดวิธีการหาค่าปริมาณความชื้นและวิธีการหาปริมาณของแข็งไว้ด้วย

บทที่ 1

คำนำ

ปัจจุบันประเทศไทยกำลังประสบปัญหาเรื่องการจัดการกากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากกากอุตสาหกรรมดังกล่าวหากถูกนำไปทิ้งลงสู่สิ่งแวดล้อมโดยมิได้ทำการศึกษาความเป็นพิษก่อนจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม อันได้แก่ แหล่งน้ำใต้ดินและแหล่งน้ำผิวดิน เนื่องจากเมื่อมีน้ำฝน (Run off) ไหลผ่านกากของเสียเหล่านั้นผลกระทบโดยตรงที่ติดตามมาก็คือ มนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่นๆ ที่อาศัยแหล่งน้ำนั้นอุปโภคและบริโภคจะได้รับอันตรายจากการรั่วซึมของสารพิษจากกากอุตสาหกรรมนั้น ๆ ผลโดยย้อมสารพิษเหล่านั้นจะเข้าสู่วัฏจักรของห่วงโซ่อาหารและหมุนเวียนกลับมาทำอันตรายมนุษย์ การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัดเป็นขบวนการหนึ่งที่ถูกกำหนดขึ้นโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อศึกษาถึงความเป็นพิษของกากอุตสาหกรรมซึ่งจะใช้เป็นแนวทางในการป้องกันปัญหาดังกล่าว รวมถึงเป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาให้อนุญาตการขอต่ออายุใบอนุญาตโรงงาน ซึ่งผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีการนี้จะเป็นเครื่องบ่งชี้ว่ากากของเสียนั้นสามารถนำไปทิ้งได้โดยตรงหรือจำเป็นต้องทำการปรับสภาพเพื่อให้มีความเสถียรก่อนที่จะนำไปดำเนินการการจัดการฝังกลบต่อไป

ดังนั้นการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมจึงมีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องรายงานผลการวิเคราะห์อย่างถูกต้องแต่เนื่องจากวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัดที่กำหนดโดยกรมโรงงานอุตสาหกรรมมิได้กำหนดวิธีการหาปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็ง ซึ่งพารามิเตอร์ทั้งสองมีผลต่อการคำนวณเพื่อรายงานผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักของกากอุตสาหกรรมอย่างถูกต้อง ด้วยเหตุนี้จึงได้ทำการศึกษาและแสดงความสำคัญของพารามิเตอร์ทั้งสองที่มีต่อผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัด เพื่อให้กากอุตสาหกรรมเหล่านั้นได้มีการจัดการที่เหมาะสม ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาหาความสัมพันธ์ของผลการวิเคราะห์โลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมโดยวิธีการสกัด ระหว่างการใช้และไม่ใช้ค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งมาคำนวณ
2. เพื่อเสนอแนะวิธีการหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งในการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก ในตัวอย่างกากอุตสาหกรรม

ขอบเขตการศึกษา

1. เปรียบเทียบความแตกต่างของผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมด้วยวิธีสกัด ระหว่างการใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งและไม่ใช้ปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งในการคำนวณ โดยทำการเปรียบเทียบจากตัวอย่างกากอุตสาหกรรมทั้งหมด 12 ตัวอย่าง
2. เสนอแนะวิธีการหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งในกากอุตสาหกรรม
3. การสกัดตัวอย่างใช้เครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที และมีช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซ็นติเมตรที่มีอยู่ในกลุ่มงานสิ่งแวดล้อม กองฟิสิกส์และวิศกรรม กรมวิทยาศาสตร์บริการ
4. การย่อยสลายน้ำสกัดเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักใช้เครื่องไมโครเวฟ แบบระบบปิด
5. การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมใช้เครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS)

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ให้ข้อมูลที่ถูกต้องแก่ผู้รับบริการ สามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาความเป็นพิษของกากอุตสาหกรรมเพื่อหาวิธีการจัดการกากอุตสาหกรรมที่เหมาะสม และใช้ข้อมูลนี้เป็นส่วนหนึ่งในการพิจารณาการขอต่ออายุใบอนุญาตโรงงาน
2. ให้คำแนะนำแก่ ภาครัฐและเอกชน ในเรื่องเทคนิคการวิเคราะห์และการคำนวณผลที่ถูกต้อง
3. แก้ไขและปรับปรุงมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์ให้มีความถูกต้องและชัดเจน

บทที่ 2

อุปกรณ์และวิธีการ

วิธีดำเนินการ

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีแบ่งสี่ (Quartering)

เพื่อให้ได้ตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์เป็นตัวแทนที่ดี การสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีการนี้จะเริ่มจากการคลุกเคล้าตัวอย่างประมาณ 1 กิโลกรัมอย่างทั่วถึง จากนั้นแบ่งออกเป็นสี่ส่วน นำตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกันแล้วคลุกเคล้าให้เข้ากันอีกหนเพื่อให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายกันอย่างทั่วถึง นำตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกันอีกครั้ง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะได้ปริมาณกากอุตสาหกรรมประมาณ 250 กรัม

2. การเตรียมตัวอย่างและการเตรียมน้ำสกัด

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มมาทำการบดด้วยเครื่องบดและคัดขนาดกากอุตสาหกรรมด้วยตะแกรงร่อน โดยให้ได้ขนาดของกากอุตสาหกรรมระหว่าง 0.5-5.0 มิลลิเมตร

2.2 การเตรียมน้ำสกัด

ใช้น้ำกลั่นที่มีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ระหว่าง 5.8-6.3 หากค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำสกัดไม่เป็นไปตามนั้นให้ใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกและสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปรับเพื่อให้ได้ค่าความเป็นกรด-ด่างตามต้องการ

3. การสกัด

ชั่งตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.1 จำนวน 50 กรัม เติมน้ำสกัดที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 จำนวน 500 มิลลิลิตร (อัตราส่วนของน้ำหนักตัวอย่างต่อน้ำสกัดเป็น 1 ต่อ 10) นำของผสมนี้ไปเขย่าบนเครื่องเขย่าที่มีความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาทีและมีช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซ็นติเมตร เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

4. การกรองเพื่อนำสารละลายไปย่อยและวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยเครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer,AAS)

ใช้กระดาษกรองใยแก้วที่มีขนาดของรู 1 ไมครอน กรองของผสมที่ผ่านการสกัด

แล้วโดยจะต้องทำการกรองให้เสร็จในวันเดียวกับที่ทำการสกัดเพื่อป้องกันการดูดซึมโลหะหนักกลับเข้าไปในกากอุตสาหกรรมอีก หลังจากนั้นนำสารละลายส่วนที่กรองได้ไปทำการย่อยสลายด้วยเครื่องไมโครเวฟ ทิ้งให้เย็น ปรับปริมาตรแล้วนำไปอ่านค่าปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่อง AAS

5. การแปรผล

   นำผลการวิเคราะห์ที่อ่านค่าได้ไปคำนวณหาปริมาณโลหะหนักโดยใช้สูตรการคำนวณตามภาคผนวก ก. เรื่องการคำนวณ

6. ทำการศึกษาปริมาณความชื้น (Water content) และปริมาณของแข็ง (Solid content)

   ชั่งตัวอย่างกากอุตสาหกรรมอย่างน้อย 20 กรัมแต่ไม่เกิน 100 กรัม (ในการชั่งตัวอย่างควรทำควบคู่ไปกับการชั่งตัวอย่างที่นำไปทำการสกัด เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่าง) นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้น นำไปชั่งน้ำหนักอีกครั้ง คำนวณปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งตามสูตรการคำนวณในภาคผนวก ก.

7. เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้และไม่ใช้พารามิเตอร์ทั้งสอง

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตู้อบ
2. ถ้วยกระเบื้อง
3. เครื่องชั่ง
4. เครื่องเขย่าที่มีรอบการเขย่า 200 รอบต่อนาทีและมีช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซ็นติเมตร
5. ขวดแก้วพร้อมจุกปิดขนาด 1 ลิตร
6. เครื่องย่อยสลายด้วยไมโครเวฟ (Microwave digester) พร้อมอุปกรณ์
7. เครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS)
8. กรวยแก้วก้านยาว
9. ขวดปรับปริมาตรขนาด 25 มิลลิลิตร

วิธีการวิเคราะห์

การวิเคราะห์หา ปริมาณของแข็ง และปริมาณความชื้น

1. ชั่งน้ำหนักภาชนะสำหรับใส่ตัวอย่าง
2. ชั่งตัวอย่าง อย่างน้อย 20 กรัมแต่ไม่เกิน 100 กรัม

3. นำไปอบ ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็นในตู้ดูดความชื้นเป็นเวลา 30 นาที
4. ชั่งน้ำหนักตัวอย่างที่ผ่านการอบแล้ว
5. คำนวณหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็ง ดังแสดงวิธีการคำนวณตามภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนัก

1. นำตัวอย่างกากอุตสาหกรรมที่ผ่านการสุ่มโดยวิธีแบ่งสี่ บดและคัดขนาดแล้วนำไปสกัดตามวิธีการสกัดในภาคผนวก ข.
2. ย่อยสลายสารละลายตัวอย่างที่ผ่านการกรองด้วยกระดาษกรองใยแก้วขนาดของรู 1 ไมครอน โดยใช้เครื่องย่อยสลายด้วยไมโครเวฟ สภาวะในการย่อยสลายปรากฏในภาคผนวก ค.
3. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 2 ไปวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักโดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาสารปริมาณน้อย (Atomic Absorption Spectrophotometer, AAS)
4. นำผลการวิเคราะห์ที่ได้ไปคำนวณโดยทำการเปรียบเทียบระหว่างการนำปริมาณของแข็งและปริมาณความชื้นมาเกี่ยวข้อง ผลการวิเคราะห์นี้แสดงอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 2 ที่มีต่อปริมาณแคดเมียม(Cd) เท่านั้น สำหรับอิทธิพลของตัวแปรทั้ง 2 ที่มีต่อโลหะหนักตัวอื่น ๆ ที่กำหนดให้ทำการวิเคราะห์ตามประกาศกรมโรงงานฯ ซึ่งได้แก่ ตะกั่ว(Pb) , สารหนู(As) , โครเมียม(Cr) และปรอท(Hg) จะมีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ดังนั้นจึงมิได้แสดงไว้ในตารางผลการทดลอง

บทที่ 3

ผลการทดลอง

ตารางที่ 1 แสดงค่าปริมาณความชื้น ปริมาณของแข็ง อัตราส่วนของน้ำหนักตัวอย่างต่อปริมาตรน้ำสกัดเมื่อคำนวณและไม่คำนวณจากค่าปริมาณความชื้น และค่าปรับแก้ของตัวอย่างกากอุตสาหกรรมทั้งหมด

ตัวอย่างที่	ปริมาณของแข็ง 1	ปริมาณความชื้น 2	อัตราส่วนปริมาตรน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง		ค่าปรับแก้ (Correction factor) 5 = 3/4
			ไม่คิดค่าปริมาณความชื้น[ก] 3	คิดปริมาณความชื้น[ข] 4 = 3/1 x 100	
1	77.0	23.0	10	12.9	0.775
2	83.1	16.9	10	12.05	0.83
3	93.0	7.0	10	10.75	0.93
4	95.0	5.0	10	10.53	0.95
5	96.0	4.0	10	10.41	0.961
6	98.0	2.0	10	10.2	0.98
7	98.9	1.1	10	10.11	0.989
8	99.0	1.0	10	10.1	0.99
9	99.0	1.0	10	10.1	0.99
10	99.25	0.25	10	10.07	0.993
11	100.0	0.00	10	10.0	1.00
12	100.0	0.00	10	10.0	1.00

ค่าปรับแก้ : (อัตราส่วนปริมาตรน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง เมื่อไม่คิดค่าความชื้น) / (อัตราส่วน ปริมาตรน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง เมื่อคิดค่าความชื้น)

[ก]อัตราส่วนปริมาตรน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง เมื่อไม่คิดค่าความชื้น = 500 / 50 = 10

[ข]อัตราส่วนปริมาตรน้ำสกัดต่อน้ำหนักตัวอย่าง เมื่อคิดค่าความชื้น = 500 / (50 x correction factor)

ค่าปรับแก้ เป็นค่าที่นำมาใช้ในการคำนวณเพื่อให้ได้ค่าผลการวิเคราะห์ที่ถูกต้อง โดยการปรับสภาวะในการ คำนวณให้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักตัวอย่างต่อปริมาตรน้ำสกัดเป็น 1 : 10 ตามที่มาตรฐานการวิเคราะห์กำหนด โดยใช้หลักการของการคำนวณหาปริมาณสารด้วยเทคนิคการเจือจาง

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Cd เมื่อใช้และไม่ใช้ค่าปริมาณความชื้นในการคำนวณ

ตัวอย่างที่	Solid content (%)	Water content(%)	ปริมาณ Cd (mg/l) เมื่อไม่นำค่าความชื้นมาคำนวณ	ปริมาณ Cd (mg/l) เมื่อนำค่าความชื้นมาคำนวณ
1	77.0	23.0	0.0250	0.0190
2	83.1	16.9	0.0321	0.0266
3	93.0	7.0	0.1545	0.1437
4	95.0	5.0	0.0320	0.0304
5	96.0	4.0	0.0071	0.0068
6	98.0	2.0	11.7000	11.4700
7	98.9	1.1	31.0100	30.6700
8	99.0	1.0	0.0081	0.0080
9	99.0	1.0	0.0141	0.0140
10	99.25	0.75	2.7900	2.7700
11	100.0	0.0	9.9	9.9
12	100.0	0.0	ไม่พบ	ไม่พบ

จากตารางที่ 2 ผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณความชื้นในตัวอย่างมีผลต่อค่าปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้ในเชิงเพิ่มขึ้น กล่าวคือผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเดียวกันถ้าไม่มีการนำเอาค่าความชื้นมาคำนวณจะให้ผลการวิเคราะห์มากกว่าการนำเอาค่าความชื้นมาคำนวณ และพบว่าในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นสูงจะมีความแตกต่างของผลการวิเคราะห์มาก

บทที่ 4

สรุป

สรุปผลการทดลอง

1. จากตารางเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ปริมาณแคดเมียม (Cd) ในตัวอย่างจะเห็นว่า ปริมาณ Cd ที่วิเคราะห์ได้เมื่อไม่ใช้ตัวแปรทั้ง 2 เข้ามาเกี่ยวข้อง (approximation value) จะมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ค่าตัวแปรทั้ง 2 มาคำนวณ (true value, ดูการคำนวณในภาคผนวก ก.) โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (true percent relative error, ดูการคำนวณในภาคผนวก ก.) เทียบกับปริมาณ Cd ที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างที่มีความชื้นอยู่ดังนี้

- ตัวอย่างที่ 1 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 31.58
- ตัวอย่างที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 20.68
- ตัวอย่างที่ 3 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 7.52
- ตัวอย่างที่ 4 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 5.26
- ตัวอย่างที่ 5 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 4.41
- ตัวอย่างที่ 6 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 2.01
- ตัวอย่างที่ 7 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 1.11
- ตัวอย่างที่ 8 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 1.25
- ตัวอย่างที่ 9 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 0.71
- ตัวอย่างที่ 10 ค่าความคลาดเคลื่อน ร้อยละ 0.72
- ตัวอย่างที่ 11 ไม่มีคลาดเคลื่อน
- ตัวอย่างที่ 12 ไม่มีคลาดเคลื่อน

2. พบว่าในกรณีที่ตัวอย่างมีค่าปริมาณ Solid content ต่ำ และมีค่า Water content สูงจะมีผลกระทบต่อปริมาณ Cd ของตัวอย่างมาก ในทางตรงข้ามหากปริมาณ Solid content สูง และมีค่า Water content ต่ำผลกระทบต่อปริมาณ Cd ของตัวอย่างจะมีไม่มากนัก

บทที่ 5

วิจารณ์ผลการทดลอง

1. การศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมด้วยวิธีการสกัด ค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งมีผลกระทบต่อผลวิเคราะห์ ดังนั้นในการรายงานผลที่ถูกต้องจึงควรจะนำค่าทั้งสองมาคำนวณด้วย

2. เนื่องจากมาตรฐานการวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยวิธีการดังกล่าวมีความไม่ชัดเจนดังได้แสดงวิธีการวิเคราะห์ที่เป็นมาตรฐานในภาคผนวก ข. จึงศึกษาวิธีการหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งตามมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น (ภาคผนวก ง.) พบว่าวิธีการสกัดสารตามประกาศกรมโรงงานฯ เป็นวิธีการเดียวกันกับมาตรฐานของประเทศญี่ปุ่น จากการศึกษาทดลองพบว่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งมีความสัมพันธ์กับผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักคือ ในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นสูงและมีปริมาณของแข็งต่ำจะให้ค่าความคลาดเคลื่อนของผลการวิเคราะห์ระหว่างการนำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณและการไม่นำค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณมาก โดยที่ผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างเดียวกันเมื่อนำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณจะมีค่าน้อยกว่าผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเมื่อไม่นำพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณ ทั้งนี้เนื่องจากการนำค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณจะทำให้น้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้มีค่าน้อยลงยังผลให้อัตราส่วนระหว่างน้ำหนักตัวอย่างต่อปริมาตรน้ำสกัดมีค่ามากกว่า 1 ต่อ 10 ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องปรับแก้ด้วยค่าปรับแก้ (Correction factor) เพื่อให้การรายงานผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักเป็นมาตรฐานเดียวกัน ในทางกลับกันในตัวอย่างที่มีปริมาณความชื้นต่ำและปริมาณของแข็งสูงผลการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในตัวอย่างกากอุตสาหกรรมจะให้ค่าความแตกต่างระหว่างผลการวิเคราะห์ไม่มากนักและยังคงให้ผลการวิเคราะห์ในกรณีที่ใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณมีค่าน้อยกว่าไม่ใช้พารามิเตอร์ทั้งสองมาคำนวณเช่นกัน

จากปัญหาที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่ชัดเจนของมาตรฐานวิธีการวิเคราะห์หาปริมาณโลหะหนักในกากอุตสาหกรรมด้วยวิธีการสกัด จึงเห็นว่าในการกำหนดมาตรฐานดังกล่าวควรมีการกำหนดวิธีการหาค่าปริมาณความชื้นและวิธีการหาปริมาณของแข็งไว้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิเคราะห์ขอขอบพระคุณคุณธิดา เกิดกำไร ที่กรุณาให้คำปรึกษาทางวิชาการ , เจ้าหน้าที่ห้องสมุดกรมวิทยาศาสตร์บริการที่ช่วยค้นคว้าหาข้อมูลในการศึกษา ตลอดจนผู้เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวถึงซึ่งมีส่วนช่วยให้รายงานฉบับนี้เสร็จสิ้นและหากมีข้อผิดพลาดประการใดผู้วิเคราะห์ขอน้อมรับเพื่อประโยชน์ในการแก้ไขปรับปรุงในโอกาสต่อไป

บรรณานุกรม

1. ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง "กำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง ทิ้ง เคลื่อนย้ายและการขนส่งสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว" (ฉบับที่ 1) พ.ศ.2531
2. Hiroshi Murata; Analytical practice of domestic solid waste in special item, Training Couse Curriculim: Solid Wastes (Solid Waste Analysis) At Environmental Research And Training Center , 17-28 August 1992
3. Chaprac,S. 1988. Numerical Method for Engineer (2 nd ed.) McGraw-Hill, Singapore.

ภาคผนวก ก.

การคำนวณหาค่า Solid content และ ค่า Water content

$$\text{Solid content (\%)} = \frac{(C - A)}{(B - A)} \times 100$$

$$\text{Water content (\%)} = 100 - \text{Solid content}$$

เมื่อ A = น้ำหนักของภาชนะที่ใช้ใส่ตัวอย่าง

B = น้ำหนักตัวอย่างพร้อมภาชนะก่อนอบ

C = น้ำหนักตัวอย่างพร้อมภาชนะหลังอบ

การคำนวณหาปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัด

$$\text{น้ำหนักตัวอย่างที่แท้จริง(กรัม)} = \text{น้ำหนักที่ชั่งได้(จากข้อ 1)} \times \frac{\text{Solidcontent}}{100}$$

จากวิธีการสกัดข้อ 2 ถ้าให้ F = อัตราส่วนของปริมาตรของสารละลาย: น้ำหนักตัวอย่าง เป็นกรัม

$$X(\text{mg/l}) = A \times \frac{10}{F}$$

เมื่อ X = ปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดเป็น มิลลิกรัมต่อลิตร

A = ปริมาณโลหะหนักที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง AAS

การคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (True percent relative error, ε_t)

true error = E_t = true value - approximation value

true percent relative error = ε_t

$$\left| \varepsilon_t \right| = \left| \frac{\text{true error}}{\text{true value}} \right| \times 100\ \%$$

$$= \left| \frac{\text{true value - approximation value}}{\text{true value}} \right| \times 100\ \%$$

คณิตศาสตร์บริการ

ภาคผนวก ข.

ประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ฝัง กลบ เคลื่อนย้ายและขนส่งสิ่งปฏิกูลที่ไม่ใช้แล้ว (ฉบับที่ 1) พ.ศ. 2531

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม
ฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531)
ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512
เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงาน

อาศัยอำนาจตามความในมาตรา 39 (6) และ (16) แห่งพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2512 รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม ออกประกาศกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการที่ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานมีหน้าที่ต้องกระทำดังนี้

ให้ยกเลิกความในข้อ 20 แห่งประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2513) ลงวันที่ 24 กรกฎาคม 2513 และให้ใช้ความต่อไปนี้แทน

"ข้อ 20 ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานมีหน้าที่ปฏิบัติดังต่อไปนี้

(1) ต้องแยกเก็บสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งมีวัตถุมีพิษปนอยู่ด้วยหรือสำลี ผ้าหรือเศษด้ายที่เปื้อนวัตถุไวไฟ ไว้ในที่รองรับต่างหากที่เหมาะสมและมีฝาปิดมิดชิด และต้องจัดให้มีการกำจัดสิ่งดังกล่าวโดยเฉพาะด้วยวิธีการที่ปลอดภัยและไม่ก่อให้เกิดความเดือดร้อนรำคาญ

(2) ให้ผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการโรงงานที่มีสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติตามที่ระบุไว้ในหมวดใดหมวดหนึ่งของบัญชีท้ายประกาศฉบับนี้ดำเนินการเกี่ยวกับการกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วดังต่อไปนี้

2.1 ห้ามมิให้นำสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วออกนอกบริเวณโรงงาน เว้นแต่ได้รับอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรมให้นำออกไปเพื่อการทำลายฤทธิ์ กำจัด ทิ้ง หรือฝัง ด้วยวิธีการ และ ณ สถานที่ซึ่งกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด

2.2 ต้องแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับชนิด ปริมาณ ลักษณะ คุณสมบัติ และสถานที่เก็บสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วนั้น ๆ พร้อมทั้งวิธีการเก็บ ทำลายฤทธิ์ กำจัด ทิ้ง ฝัง เคลื่อนย้ายและการขนส่งตามหลักเกณฑ์แนวทางปฏิบัติและวิธีการที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนด"

ทั้งนี้ ตั้งแต่วันถัดจากวันประกาศในราชกิจจานุเบกษาเป็นต้นไป

ประกาศ ณ วันที่ 3 สิงหาคม 2531

นายประมวล สภาวสุ
รัฐมนตรีว่าการกระทรวงอุตสาหกรรม

บัญชีลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

ท้ายประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 25 (พ.ศ.2531)

หมวด 1) สิ่งปฏิกูล หรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วที่มีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

ลักษณะ	คุณสมบัติ	วิธีการทดสอบหรือวิธีวิเคราะห์
1.1 สารไวไฟ	1.1.1 เป็นของเหลวที่มีจุดวาบ (Flash point) ต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส แต่ไม่รวมถึงสารละลายในน้ำ (Aqueous solution) ที่มีปริมาณของแอลกอฮอล์ผสมอยู่น้อยกว่าร้อยละ 24 โดยปริมาตร	- วัดด้วยเครื่องมือ Pensky-Martens Closed Cup Tester ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน ASTM D-93-79 หรือ D-93-80 หรือ - วัดด้วยเครื่องมือ Setaflash Closed Cup Tester ตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน ASTM D-7278-78
	1.1.2 เป็นสารที่ไม่ใช่ของเหลว แต่สามารถลุกเป็นไฟได้ภายใต้อุณหภูมิและความดันมาตรฐานเมื่อมีการเสียดสี เมื่อมีการดูดความชื้นหรือเมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีขึ้นเองภายในสารนั้น และเมื่อเกิดการลุกเป็นไฟจะเกิดขึ้นอย่างรุนแรงและต่อเนื่องที่ก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้	
	1.1.3 เป็นก๊าซอัดที่ระเบิดได้ (Ignitable compressed gas) ซึ่งก๊าซอัดนี้หมายถึงวัสดุหรือของผสมใด ๆ ที่บรรจุอยู่ในถังบรรจุที่มีความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) มากกว่า 2.81 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร (40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ที่อุณหภูมิ 21 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮท์) หรือมีความดันสัมบูรณ์มากกว่า 7.31 กิโลกรัมต่อ	- วัดตามวิธีการทดสอบมาตรฐาน ASTM Test D-323

	ตารางเซนติเมตร (104 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮท์) 1.1.4 เป็นสารออกซิไดเซอร์ (Oxidiser) ซึ่งให้ออกซิเจนได้อย่างรวดเร็วที่จะไปกระตุ้นให้เกิดการเผาไหม้ของสารอินทรีย์ขึ้น ดังต่อไปนี้ คือ สารประกอบจำพวก Chlorate , Permanganate , Inorganic peroxide และ nitrate	
1.2 สารกัดกร่อน	1.2.1 เป็นสารที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบ (Aqueous) ที่มีค่าพีเอช (pH) 2 หรือต่ำกว่าและค่าพีเอช(pH) 12.5 หรือสูงกว่า	- วัดด้วย pH-meter ตามวิธีการทดสอบของ USEPA
	1.2.2 เป็นของเหลวที่กัดกร่อนเหล็กกล้าชั้น SAE 1020 ได้ในอัตราสูงกว่า 6.35 มิลลิเมตร (0.250 นิ้ว) ต่อปี ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส (130 องศาฟาเรนไฮท์)	- ใช้วิธีการทดสอบของ NACE (National Association of Corrosion Engineers) Standard TM-01-69
1.3 สารเกิดปฏิกริยาได้ง่าย	1.3.1 เป็นสารที่มีสภาพไม่คงตัวสามารถทำปฏิกริยาได้อย่างรวดเร็วและอย่างรุนแรงโดยไม่มีการระเบิดเกิดขึ้น	
	1.3.2 เป็นสารที่ทำปฏิกริยาอย่างรุนแรงกับน้ำ	
	1.3.3 เป็นสารซึ่งเมื่อรวมกับน้ำจะได้ของผสมที่จะระเบิดได้	
	1.3.4 เป็นสารซึ่งเมื่อผสมกับน้ำ จะทำให้เกิดมีก๊าซพิษ ไอพิษ หรือควันพิษขึ้นในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้	

1.4 สารมีพิษอื่น ๆ	1.3.5 เป็นสารที่ประกอบด้วยไซยาไนด์หรือซัลไฟด์ที่มีค่าพีเอช (pH) ระหว่าง 2 ถึง 12.5 จะทำให้เกิดมีก๊าซพิษ ไอพิษ หรือควันพิษขึ้นในปริมาณที่อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ 1.3.6 เป็นสารซึ่งเมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้นในที่จำกัดจะมีปฏิกริยาระเบิดรุนแรง หรือเมื่ออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิและความดันมาตรฐานจะมีปฏิกริยารุนแรงและรวดเร็วและอาจระเบิดได้ เป็นสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ซึ่งเมื่อนำมาทำการสกัดด้วยวิธีการมาตรฐานและมีปริมาณโลหะหนักในน้ำสกัดต่ำใดต่ำหนึ่ง ดังต่อไปนี้ อาร์เซนิค มากกว่า 5 mg/l แคดเมียม มากกว่า 1 mg/l โครเมียม มากกว่า 5 mg/l ตะกั่ว มากกว่า 5 mg/l ปรอท มากกว่า 0.2 mg/l	- วิธีการสกัดสาร (Extraction Procedure) และวิธีการวิเคราะห์น้ำสกัดให้เป็นไปตามมาตรฐาน ที่กำหนดไว้ในประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม

หมวดที่ 2) ตัวทำละลาย (Solvents) ที่เสื่อมคุณภาพหรือไม่ใช้แล้ว ดังต่อไปนี้

ลำดับที่	ชื่อสารตัวทำละลาย	สูตรเคมี
2.1	คลอโรมีเทน (CHLOROMETHANE) หรือเม็ททิลคลอไรด์ (METHYL CHLORIDE)	CH_3Cl
2.2	โมโนคลอโรเบนซิน (MONOCHLROBENZENE) หรือคลอโรเบนซิน (CHOROBENZENE)	C_6H_5Cl
2.3	ไดคลอโรมีเทน (DICHLOROMETHANE) หรือเม็ททิลีนไดคลอไรด์ (METHYLENE CHLORIDE)	CH_2Cl_2
2.4	1,2 -ไดคลอโรอีทีลีน (1,2 -DICHLOROETHYLEN) หรืออะเซ็ททิลีนไดคลอไรด์ (ACETYLENE DICHLORIDE)	ClCHCHCl
2.5	ไตรคลอโรมีเทน (TRICHLOROMETHANE) หรือคลอโรฟอร์ม (CHLOROFORM)	$CHCl_3$
2.6	1,1,1-ไตรคลอโรอีเทน (1,1,1-TRICHLOROETHANE)	CH_3CCl_3
2.7	หรือเมททิคลอโรฟอร์ม (METHYLCHLOROFORM) 1,1,2-ไตรคลอโรอีเทน (TRICHLOROETHANE)	Cl_2CHCH_2Cl
2.8	หรือไวนิลไตรคลอไรด์ (VINYL TRICHLORIDE) 1,1,2-ไตรคลอโรอีทีลีน	$ClCHCCl_2$
2.9	(1,1,2-TRICHLOROETHANE) 1,1,2,2-เตตราคลอโรอีทีลีน	Cl_2CCCl_2
2.10	(1,1,2,2-TETRACHLOROETHYLENE) หรือเปอร์คลอโรอีทีลีน (PERCHLOROETHYLENE) 1,1,2,2-เตตราคลอโรอีเทน	$Cl_2CHCHCl_2$
	(1,1,2,2-TETRACHLOROETHANE) หรืออะเซ็ททีลีนเตตราคลอไรด์ (ACETYLENE TETRACHLORIDE)	
2.11	เอททิลคลอไรด์ (ETHYL CHLORIDE)	C_2H_5Cl
2.12	2-บิวทีแนล (2-BUTENAL) หรือโครโตนแอลดีไฮด์ (CHOTONALDEHYDE)	$CH_3CHCHCHO$

2.13	คาร์บอนไดซัลไฟด์ (CARBON DISUFIDE)	CS_2
2.14	1-คลอโร-2,3-อีโปซีโปรเปน (1-CHLORO-2,3-EPOXYPROPANE) หรืออีปิคลอโรไฮดริน (EPICHLOROHYDRIN)	CH_2OCHCH_2Cl
2.15	3,5-ไดเมทิลฟีนอล (3,5-DIMETHYLPHENOL) หรือไซลีนอล (XYLENOL)	$(CH_3)_2C_6H_3OH$
2.16	ไฮดรอกซี เบนซีน (HYDROXY BENZENE) หรือฟีนอล (PHENOL)	C_6H_5OH
2.17	ไนโตรเบนซิน (NITROBENZENE) หรือไนโตรเบนโซล (NITROBENZOL)	$C_6H_5NO_2$
2.18	1,1-ออซีบีส (2-คลอโรอีเทน) (1,1-OXYBIS (2-CHLOROETHANE) หรือไดคลอโรเอทิล อีเทอร์ (DICHLOROETHYL ETHER)	$O(CH_2CH_2Cl)_2$
2.19	เพนตาคลอโรอีเทน (PENTACHLOROETHANE) หรือเพนตาลีน (PENTALIN)	$CHCl_2CCl_3$
2.20	เม็ททิลแอลกอฮอล์ (METHYL ALCOHOL) หรือเม็ททานอล (METHANOL)	CH_3OH

หมวดที่ 3) <u>สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้วจากการประกอบกิจการโรงงานเฉพาะประเภทหรือชนิด</u> ดังต่อไปนี้

ลำดับที่	สิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว	ประเภทหรือชนิดโรงงาน (ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวง ฉบับที่ 1 (พ.ศ.2512) และฉบับที่ 7 (พ.ศ. 2520) ออกตามความใน พรบ.โรงงาน พ.ศ.2512)
3.1	- กากตะกอนจากการละลายเกลือ - กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้ง	โรงงานผลิตโซดาไฟ ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 42 และโรงงานตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 13 (2) เฉพาะโรงงานที่มีส่วนผลิตโซดาไฟด้วยวิธีใช้เซลล์ปรอท
3.2	- กากวัตถุมีพิษตามรายชื่อที่ระบุไว้ใน พรบ. วัตถุมีพิษ พ.ศ.2510 ที่ไม่ใช้แล้วหรือเสื่อมคุณภาพ	โรงงานผลิตและการจุยาฆ่าแมลง ตามประเภทหรือชนิด โรงงาน ลำดับที่ 43
3.3	- กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้ง	โรงงานผลิตและผสมสี ตามประเภทหรือชนิดโรงงานลำดับที่ 45 (1)
3.4	- ฝุ่นจากระบบกำจัดตะกั่วในอากาศ - กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้ง	โรงงานหลอมตะกั่วที่ใช้แล้วตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 61 และโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 74 (1)
3.5	- ชิ้นส่วนอุปกรณ์อีเลคโทรนิคส์ที่เสื่อมหรือไม่ได้คุณภาพ	โรงงานผลิตอุปกรณ์อีเลคทรอนิค ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 72
3.6	- กากตะกอนจากระบบน้ำทิ้ง - น้ำยาเคมีจากถังชุบไซยาไนด์ นิเกิล ทองแดง โครเมี่ยมและสังกะสีที่ใช้แล้วและเสื่อมคุณภาพ - กากที่เหลือก้นถังชุบไซยาไนด์ นิเกิล ทองแดง	โรงงานทุกประเภทที่มีประกอบกิจการชุบโลหะด้วยไฟฟ้า

	โครเมี่ยม และสังกะสี	
3.7	- กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิต , ซ่อมแซมและดัดแปลงวัตถุระเบิด	โรงงานผลิตวัตถุระเบิดตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 99
3.8	- ปลายขั้วหลอด (Exhaust tube) ที่ตัดทิ้ง - หลอดที่ผลิตไม่ได้คุณภาพและปนเปื้อนด้วยสารปรอท	โรงงานผลิตหลอดฟลูออเรสเซนต์ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 74 (1)
3.9	- กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำทิ้ง - ถ่านไฟฉายที่ผลิตไม่ได้คุณภาพ - ฝุ่นจากระบบกำจัดอากาศบริเวณบดผงธาตุแมงกานีส	โรงงานผลิตถ่านไฟฉาย ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 74 (5)
3.10	- กากสีจากห้องพ่นสี	โรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับรถยนต์หรือรถพ่วงตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 77 (1) และ (2) และโรงงานประกอบกิจการเกี่ยวกับจักรยานต์ จักรยานสามล้อ หรือจักรยานสองล้อ ตามประเภทหรือชนิดโรงงาน ลำดับที่ 78 (1) และ (2)

วิธีสกัดสาร (Extraction Procedure) และการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของสารมลพิษในน้ำสกัด

1. บดตัวอย่างให้เป็นผงแล้วร่อนผ่านตะแกรงให้ได้ขนาดระหว่าง 0.5 มิลลิเมตร ถึง 5 มิลลิเมตร

2. นำตัวอย่างที่ได้จากข้อ 1 หนัก 50 กรัม ใส่ตัวทำละลายซึ่งประกอบด้วยน้ำกลั่นผสมกับกรดไฮโดรคลอริค จนมีความเป็นกรดด่างระหว่าง 5.8 ถึง 6.3 ในอัตราส่วนปริมาตรของสารละลายเป็น 10 เท่า (มิลลิลิตร) ของน้ำหนัก (กรัม) ของตัวอย่าง

3. เขย่าบนเครื่องเขย่า เป็นเวลา 6 ชั่งโมง โดยใช้เครื่องเขย่าชนิด 200 รอบต่อนาที ที่ช่วงกว้างของการเขย่า 5 เซ็นติเมตร

4. กรองสารละลายโดยใช้กระดาษกรองใยแก้ว ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรู 1 ไมครอน

5. นำของเหลวที่ได้ไปวิเคราะห์ค่าสารมลพิษต่าง ๆ ตามวิธีมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์น้ำทิ้ง

ภาคผนวก ค.

แสดงสภาวะการย่อยสลายตัวอย่างน้ำสกัด โดยใช้เครื่องไมโครเวฟ

*EPA Metals Extraction For Aqueous Samples

*45 ml sample + 5 ml HNO3. This method brings the samples to 160 degrees C in 10 minutes and permits a slow rise to 170 degrees C in the next 10 minutes.

Step	Temp Tgt	Press Tgt	Power Limit	Ramp Time	Dwell Time	Temp Limit	Press Limit
0	22	0	0	0:00	0:00	0	0
1	160	0	1000	10:00	0:00	200	200
2	170	0	1000	10:00	0:00	200	200

ภาคผนวก ง.

วิธีหาค่าปริมาณความชื้นและปริมาณของแข็งตามมาตรฐานประเทศญี่ปุ่น

ANALYSIS OF WASTE

In order to determine the nature of waste, knowledge of and experiences with items that should be selected as testing subjects (and how these results should be utilized) are required.
These differ depending on processing and disposal methods, kinds and forms of waste and facilities to be used. Analytical methods for waste are roughly classified as follows:

General testing method		Water content, solid content, ignition loss, ash content, specific gravity and hydrogen ion concentration
Verification method for hazardous substance (metal, etc.)		Verification method of hazardous substance (preparation of testing solution, detection method, etc.)
Test for environmental protection	Testing method about exvission standard	Hydrogen ion concentration, BOD, COD, mass of floating matter, n-hexane extracts content, phenols content, copper content, zinc content, soluble content, soluble manganese content, chromium content, fluorine content, coliform group number, etc.
	Testing method for exhaust gas standard	Sulfur oxide, nitrogen oxide, dust, hydrogen chloride, etc.
Other tests	Testing method for oil disposal standard	General analytical method of oil content in sludge, verification method of ocean disposal standard
	Other testing methods	Calorific value test, leafing test, strength test of concrete solidification, water content and water sludge test, test for selecting waste oil disposal method, plastic discriminative testing method, testing method of chlorine content in waste plastic, test required for neutralization processing

Though not part of the testing method, some other sampling methods of waste are standardized. Among these, commonly used general testing methods and verification methods for hazardous substances (metal etc.) are herein summarized.

Regarding tests for environmental protection, refer to the measurement method of each water pollution and air pollution. The purpose and application, of other testing methods are also described.

1. General Test

(1) Water content and solid content:

First, accurately weigh an a [g] (20 g< a <100 g) sample of waste in a flat weighing bottle (>50mL volume, previously dried) or an evaporating dish (>100-mL volume, dried). Carefully evaporate the sample to dryness without boiling Then, after drying at temperature t (105 °C < t <110 °C) for 2 hours, allow the sample to cool in a desiccator for 30 minutes. As a result, the weight(b [g]) of the remainder in the weighing bottle or evaporation dish is obtained; this is regarded as the weight of the solid content. The solid content [%] and water content [%] are obtained by the following equations:

/----------\
| The solid content, also referred to as evaporation residue, is 100%-water content [%]. Assuming a change of the water content from 96% to 92%, the solid content actually results in an increase from 4% to 8%, but this means a decrease in the volumeto 4/8 = 1/2. |
\----------/

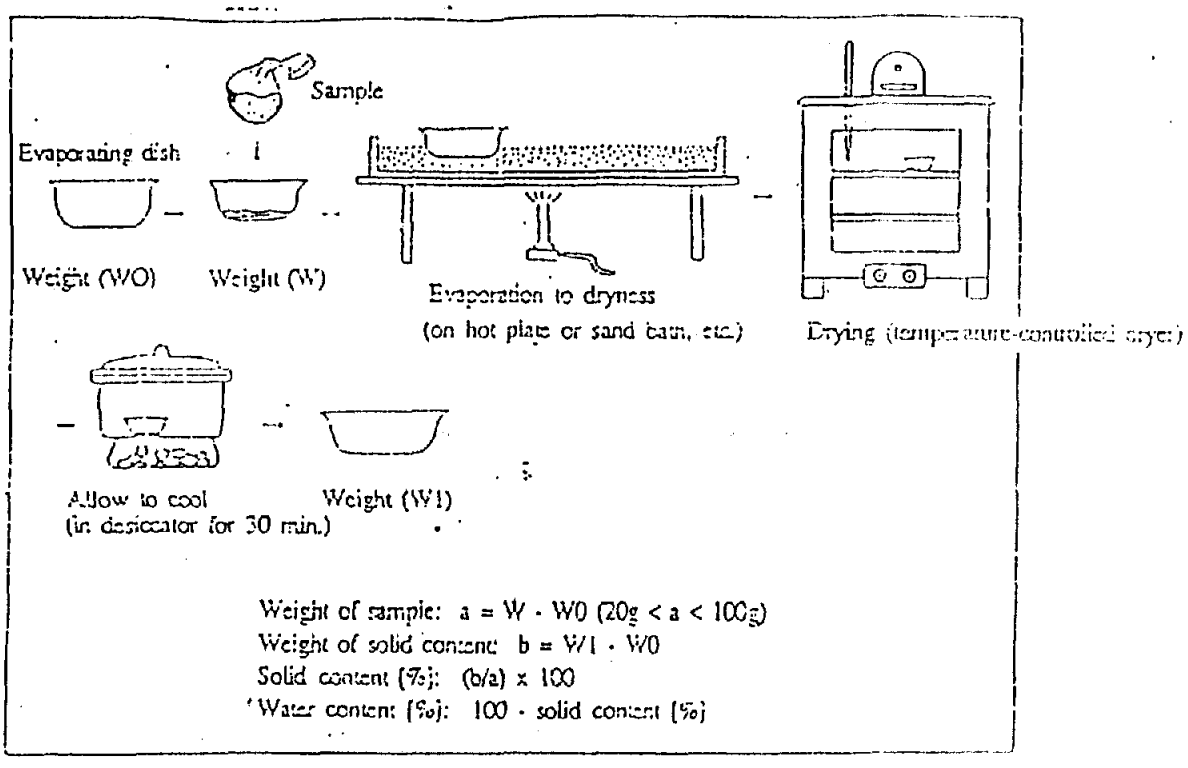

Figure: Measuring methods of water content and solid content

To quickly determine the effect of a sludge dehydrator on the field, use of an infrared moisture meter, composed of an infrared dryer combined with an even balance (ref. Figure), is convenient. Take care to avoid bumping and overheating.

2. Verification Method for Hazardous Substance (Meatl, etc.)

If a hazardous substance is defined as a substance that adversely affects personal health as well as the living environment or natural environment overall, then there are countless hazardous substances present on the earth. Here, however, hazardous substance are restricted to these substances subject to the Waste Diposal and Public Cleansing law.

(1) Scope and criterion of hazardous substance (metal, etc.): Standards for Verification

Disposal method / Wastes / Substances	Landfill	Oceandumping		
	Slag* Sludge* Cinder* Dust*	Slag * Water-insoluble inorganic sludge Cinder* Dust*	- Water-soluble inorganic sludge Oraganic sludge	Waste acid Waste alkali
Alkylmercury compounds	ND**	ND**	ND**	ND**
Mercury and its compounds	not more than 0.005 mg/l	not more than 0.005 mg/l	not more than 2 mg/l	not more than 0.05 mg/l
Cadomium and its compounds	0.3 mg/l	0.1 mg/l	5 mg/l	1 mg/l
Lead and its compounds	3 mg/l	1 mg/l	50 mg/l	10 mg/l
Organic phosphorous compounds	1 mg/l	1 mg/l	5 mg/l	1 mg/l
Chromium (VI) compounds	1.5 mg/l	0.5 mg/l	25 mg/l	5 mg/l
Arsenic and its compounds	1.5 mg/l	0.5 mg/l	25 mg/l	5 mg/l
Cyanides	1 mg/l	1 mg/l	5 mg/l	1 mg/l
PCBs	0.003 mg/l	0.003 mg/l	0.15 mg/l	0.03 mg/l
Trichloroethylene	0.3 mg/l	0.3 mg/l	15 mg/l	3 mg/l
Tetrachloroethylene	0.1 mg/l	0.1 mg/l	5 mg/l	1 mg/l
Organic chlorine compounds	-	40 mg/kg sample	40 mg/kg sample	8 mg/l
Copper and its compounds	-	3 mg/l	70 mg/l	15 mg/l
Zinc and its compounds	-	5 mg/l	450 mg/l	90 mg/l
Fluorides	-	15 mg/l	1,000 mg/l	200 mg/l
Reference	Leaching test -> Standards for Verification		Total contamination test -> Standards for Verification	

* excluding Alkylmercury compounds, Organic phosphorous compounds, cyanides and Organic chlorine compounds

** not detectable

- not regolation

(2) Verification of hazardous substance

1) preparation of test solution

<Preparation of test solution in elution test>

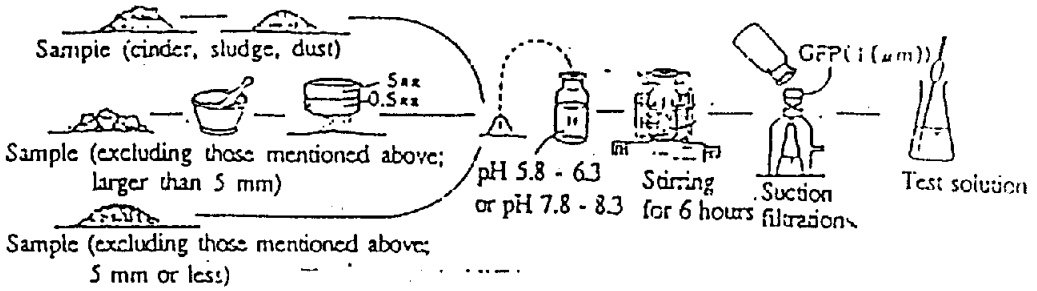

Figure: Procedure for preparing test solution in elution test

Method of preparing test solution (landfill disposal)

Kind of hazardous substance	Kind of waste	Preparation of sample	Adjustment of sample solution	Procedure of elution	Preparation of test solution
Hg Cd Pb O-P Cr As CN PCB	1. Cinder 2. Sludge 3. Slag 4. Dust 5. Processed matter for disposal of above -mentioned matters	a. Cinder, sludge or dust; Sampling as it is -> removeal of foreign matter like gravel b. Wastes other than those mentioned above a. i. Smaller than 5 mm grain size: sampling as it is ii. Wastes other than mentioned above in i.: sampling as it is -> grinding -> filtering to 0.5 - 5 mm grain size	Those to be disposed of by landfill: (a) Cinder, (b) Sludge, (c) Slag, (d) Dust, (e) Processed matter for disposal of (a) - (d). 1) Sample (unit: g) and solvent (adding hydrochloric acid to pure water to be pH 5.8 - 6.3) are prepared by mixing 1:10 ratio. 2) Mixed solution is made to be more than 500 mL volume.	Continuous stirring for 6 hours at normal temperature (about 20°C) and under normal pressure (about 1 atmosphere) using stirrer (about 200 rpm; stirring width 4 - 5 cm)	Required amount is taken out accurately measuring from sample solution filtered by using GFP (hole size: 1 um)(or from supernatant liquid after centrifugal separation at 3000 rpm for 20 minutes if filtration is very difficult) (Note: GFP= Glassfiber filter paper)