ของเสียจากห้องปฏิบัติการ ที่นักเคมี (มัก) มองข้าม

ศาสตราจารย์ ดร.ธีรยุทธ วิไลวัลย์
รองศาสตราจารย์ สุชาตา ชินะจิตร
จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์

กลุ่มภารกิจด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
หน่วยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ
สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศปอส.)
กุมภาพันธ์ 2560

ของเสียจากห้องปฏิบัติการ ที่นักเคมี (มัก) มองข้าม

ศาสตราจารย์ ดร. ธีรยุทธ วิไลวัลย์
รองศาสตราจารย์ สุชาตา ชินะจิตร
จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์

สนับสนุนโดย
กลุ่มภารกิจด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
หน่วยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศปอส.)
กุมภาพันธ์ 2560

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

ธีรยุทธ วิไลวัลย์.

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม.-- กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2560.
36 หน้า.

1. การกำจัดของเสีย. I. สุชาตา ชินะจิตร, ผู้แต่งร่วม. II. จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์, ผู้แต่งร่วม. III. ชื่อเรื่อง.

363.728

ISBN 978-616-429-343-4

สงวนลิขสิทธิ์

ออกแบบปก ดนัย ธรรมจารุวัฒน์

พิมพ์ครั้งที่ 1 กุมภาพันธ์ 2560

จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม

จัดทำโดย กลุ่มภารกิจด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
หน่วยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ
สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศปอส.)

พิมพ์ที่ โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย [6004-153/500]
โทร. 0-2218-3567, 0-2218-3563, 0-2215-3612
นายอรัญ หาญสืบสาย ผู้พิมพ์ผู้โฆษณา กุมภาพันธ์ 2560
http://www.cuprint.chula.ac.th

คำนำ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้ให้ความเห็นชอบต่อการดำเนินงานด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม โดยในปี พ.ศ. 2559 ได้ดำเนินการประกาศนโยบายด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม และแผนยุทธศาสตร์การบริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2560-2564 และมีการดำเนินงานต่อเนื่องมาเป็นลำดับ โดย **สภาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ในการประชุมครั้งที่ 797 วันที่ 27 ตุลาคม 2559 มีมติจัดตั้งศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศปอส.) ขึ้นเพื่อเป็นศูนย์กลางการบริหารจัดการ พัฒนาการบริหารจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม เพื่อขับเคลื่อนการดำเนินงานตามนโยบายและแผนยุทธศาสตร์ ศปอส. มีภาระหน้าที่ในการพัฒนา บริหารจัดการ ให้บริการ กำกับติดตาม และสนับสนุน ประสานงาน หรือการดำเนินการใดๆ เพื่อส่งเสริมระบบความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมของมหาวิทยาลัย ทั้งในระดับมหาวิทยาลัยและระดับส่วนงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีเจตจำนงและความมุ่งมั่นในการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการพัฒนากลไกการดำเนินงานด้านความปลอดภัย โดยได้ดำเนินงานให้มีแนวปฏิบัติที่ดี มีมาตรฐานเหมาะสมตามหลักวิชาการ เพื่อให้ประชาคมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยมีการดำเนินงานอย่างปลอดภัยทั้งต่อบุคคล สิ่งแวดล้อม และทรัพย์สิน ร่วมกันรับผิดชอบต่อสังคม ด้วยความรู้ ความตระหนัก มีส่วนร่วมและเฝ้าระวังในการจัดการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อมให้เป็นไปตามนโยบายและแนวปฏิบัติที่มหาวิทยาลัยกำหนด

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม เป็นผลการดำเนินงานที่เกิดจากการจัดการความรู้ การร่วมประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็น และประสบการณ์ของบุคลากรของมหาวิทยาลัยที่มีประสบการณ์ในการสอนและการวิจัยที่มีการใช้สารเคมีและทำให้เกิดของเสียอันตราย ได้ร่วมกันถ่ายทอดความรู้และการจัดการที่มีมาตรฐานเหมาะสมตามหลักวิชาการ และสามารถลดหรือหลีกเลี่ยงปัญหาที่อาจเกิดขึ้นจากสารเคมีและของเสียอันตราย ซึ่งจะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ปฏิบัติงาน ผู้สนใจ และนักวิชาการ สำหรับการดำเนินงานการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมีต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยขอขอบคุณ ศาสตราจารย์ ดร. ธีรยุทธ วิไลวัลย์ รองศาสตราจารย์ สุชาตา ชินะจิตร และ คุณจุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์ ที่ได้ร่วมกันจัดทำหนังสือ และ ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ของกลุ่มภารกิจด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม หน่วยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ และศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสิ่งแวดล้อม ในการประสานงานและจัดทำจนสำเร็จเป็นผลงานหนังสือนี้ และ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. จักรพันธ์ สุทธิรัตน์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม ที่ได้สนับสนุนการดำเนินงานของมหาวิทยาลัยอย่างดียิ่ง

รองศาสตราจารย์ ดร. บุญไชย สถิตมั่นในธรรม
รองอธิการบดี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำนำผู้เขียน

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม เป็นการถอดความจากการบรรยาย เอกสารใช้งาน และการเพิ่มเติมความรู้พื้นฐานบางเรื่องจากประสบการณ์จริงที่**ห้องปฏิบัติการหน่วยวิจัยเคมีสังเคราะห์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย** ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการหนึ่งในสมาชิกของโครงการยกระดับความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย หรือ ESPReL (Enhancement of Safety Practice of Research Laboratory in Thailand) โดยมีสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) เป็นผู้สนับสนุนการดำเนินงานระหว่างปี พ.ศ. 2554 – 2557 และศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย และสถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับผิดชอบบริหารโครงการ โดยมีรองศาสตราจารย์ ดร. วราพรรณ ด่านอุตรา เป็นผู้อำนวยการโครงการ ESPReL

ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่นักเคมี (มัก) มองข้าม นำเสนอปัญหาที่ผู้ปฏิบัติ/นักวิจัยประสบจากการทำงานในห้องปฏิบัติการ ซึ่งดูเหมือนจะยากกว่าการผลิตผลงานวิจัย กล่าวคือการจัดการกับของเสียที่ตนเองเป็นผู้ก่อได้อย่างไร การทำงานที่ผู้ปฏิบัติ/นักวิจัยประสบปัญหาคล้ายกัน แต่เมื่อมีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ก็ได้ตัวอย่างดีๆ ของการจัดการของห้องปฏิบัติการอื่นๆ ด้วย

ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะเป็นจุดตั้งต้นของการถ่ายทอดบทเรียนและประสบการณ์ด้านการจัดการของเสียอันตราย เป็นความรู้พื้นฐานระดับหนึ่งให้กับห้องปฏิบัติการสามารถนำไปปรับใช้อย่างเหมาะสมกับลักษณะงานของแต่ละห้องปฏิบัติการได้ และเหนือสิ่งอื่นใดคือการจุดประกายให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสะสมความรู้ตลอดจนประสบการณ์ดีๆ ในการแก้ปัญหาที่หลายๆ คนอาจจะกำลังรู้สึกจนปัญญา แม้ว่าจะเป็นผู้ปฏิบัติ/นักวิจัยในห้องปฏิบัติการที่มีความรู้ด้านเคมี

ผู้เขียนขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร. วราพรรณ ด่านอุตรา ที่ให้คำปรึกษาในการดำเนินงาน และคุณวรรณี พฤฒิถาวร ที่อำนวยการให้มีการจัดทำหนังสือเล่มนี้เป็นรูปเล่มออกมา

ศาสตราจารย์ ดร. ธีรยุทธ วิไลวัลย์
รองศาสตราจารย์ สุชาตา ชินะจิตร
จุฑามาศ ทรัพย์ประดิษฐ์
กุมภาพันธ์ 2560

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	3
คำนำผู้เขียน	4
1. ความหมายของห้องปฏิบัติการปลอดภัย	7
2. หลักการบริหารจัดการของเสียอันตราย	11
3. อะไรคือของเสียอันตราย	12
4. ลักษณะความเป็นอันตรายของของเสียจากห้องปฏิบัติการ	13
5. ตัวอย่างของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ	14
6. ทำไมต้องมีการกำจัดที่ดีสำหรับของเสียอันตราย	16
7. การจัดการของเสียอันตราย	18
7.1 การจัดการข้อมูลของเสียอันตราย	19
7.2 การลดการเกิดของเสีย	21
7.3 การแยกประเภทและเก็บของเสีย	23
7.4 การบำบัดของเสียเบื้องต้น	28
8. การกำจัดของเสียอันตราย	29
9. แนวปฏิบัติในการจัดการของเสียอันตรายที่ไม่ทราบชนิด-องค์ประกอบ	32
10. บทส่งท้าย	33
เอกสารอ้างอิง	34

1 ความหมายของห้องปฏิบัติการปลอดภัย

ความหมายของ **“ห้องปฏิบัติการปลอดภัย”** ที่ได้มาจากโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย (Enhancement of Safety Practice in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) คือ ห้องปฏิบัติการที่สามารถจัดการกับความเสี่ยงได้ ปัจจัยเสี่ยงสำคัญสำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมี คือ สารเคมีของเสียอันตราย และโครงสร้างลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ

ลักษณะของห้องปฏิบัติการปลอดภัย

- มีการจัดการความเสี่ยงที่เหมาะสม ป้องกันอุบัติเหตุได้ ส่วนที่มีข้อจำกัดในการจัดการ ผู้ปฏิบัติต้องทราบข้อจำกัดนั้นๆ และใช้มาตรการป้องกันที่ถูกต้อง เพียงพอ
- มีการดำเนินงานที่เป็นไปตามเกณฑ์พื้นฐานความปลอดภัย
- มีการผนวกเรื่องความปลอดภัยให้เป็นส่วนหนึ่งของงานประจำ ซึ่งหมายถึงความปลอดภัยต่อตนเอง ต่อผู้ปฏิบัติงานโดยรอบ และต่อสังคมสิ่งแวดล้อม
- มีการตรวจสอบตนเองเป็นระยะๆ เพื่อเป็นการกระตุ้นเตือนถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้นใหม่

สำหรับการจัดการความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการนั้น มีองค์ประกอบที่จัดเป็นหมวดหมู่ 7 ด้านอย่างเชื่อมโยงกัน กล่าวคือ

1. การบริหารระบบการจัดการด้านความปลอดภัย
2. ระบบการจัดการสารเคมี
3. ระบบการจัดการของเสีย
4. ลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการอุปกรณ์และเครื่องมือ
5. ระบบการป้องกันและแก้ไขภัยอันตราย
6. การให้ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับด้านความปลอดภัย
7. การจัดการข้อมูลและเอกสาร

การจัดการความเสี่ยง เป็นหัวใจสำคัญของความปลอดภัย ถึงแม้ว่าจะมีข้อจำกัดในการจัดการความเสี่ยงอยู่บ้าง แต่ผู้ปฏิบัติงานควรทราบว่า ขณะปฏิบัติงานหรือกิจกรรมที่ตนเองปฏิบัติการอยู่มีความเสี่ยงอะไรและสามารถจัดการหรือรองรับความเสี่ยงนั้นได้มากน้อยเพียงใด

ของเสียอันตราย เป็นปัจจัยความเสี่ยงชนิดหนึ่งที่จะกล่าวถึงในหนังสือเล่มนี้ เพราะมีเนื้อหาที่มีความสำคัญมาก ที่ผู้ปฏิบัติการในห้องปฏิบัติการควรจะทำความเข้าใจ และช่วยกันหาคำตอบ

รู้จักสัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตราย

ก่อนอื่นผู้ใช้สารเคมีควรทำความเข้าใจกับสัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตรายที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน พบเห็นได้ที่ภาชนะทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่บรรจุสารเคมีหรือของเสีย และบนพาหนะขนส่งสารเคมีและของเสีย สัญลักษณ์เหล่านี้มาจากระบบการจำแนกความเป็นอันตรายที่แตกต่างกัน ซึ่งมีจุดประสงค์ของการสื่อสารที่แตกต่างกันเล็กน้อย ระบบสัญลักษณ์ทุกระบบที่กำหนดขึ้นมานั้นจะใช้การสื่อสารด้วยรูปภาพ เพื่อให้สามารถเข้าใจความเป็นอันตรายของสารนั้นๆ ได้ง่ายขึ้น เช่น

รูปเปลวไฟ		เพื่อเตือนอันตรายเกี่ยวกับวัตถุไวไฟ
รูปเปลวไฟบนลูกกลมๆ ข้างล่าง		เพื่อเตือนอันตรายเกี่ยวกับสารออกซิไดซ์
รูปของเหลวหยดใส่มือ		เพื่อเตือนอันตรายเกี่ยวกับสารกัดกร่อน
รูปกากบาท		เพื่อเตือนความเป็นพิษเช่นเดียวกับรูปกะโหลกกระดูกไขว้ แต่ระดับความรุนแรงลดลงตามปริมาณที่เป็นพิษ
หัวกะโหลก		เพื่อเตือนความเป็นพิษแบบเฉียบพลันทันที
รูปคนที่กำลังสลายออกจากข้างใน		เพื่อเตือนอันตรายเกี่ยวกับความเป็นพิษประเภทสะสมในร่างกาย จนเกิดความผิดปกติในระยะยาว เช่น ก่อเกิดมะเร็ง ความผิดปกติทางการสืบพันธุ์ และการก่อกลายพันธุ์ เป็นต้น

สัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตราย

สัญลักษณ์เตือนความเป็นอันตรายที่นิยมใช้กันเป็นสัญลักษณ์ตามระบบข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการขนส่งสินค้าอันตรายของสหประชาชาติ (United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods; UNRTDG (UN Class)) และตามระบบการจำแนกประเภทและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก (Globally Harmonized System for Classification and Labelling of Chemicals; GHS)

ระบบ UNRTDG (UN Class)

สัญลักษณ์ตามระบบ UNRTDG หรือ United Nations Recommendations on the Transport of Dangerous Goods มีลักษณะเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน สำหรับใช้กำกับการขนส่งสินค้าอันตราย ระบบสัญลักษณ์นี้ให้ความสำคัญของความเป็นอันตรายที่เกิดจากคุณสมบัติทางกายภาพและความเป็นพิษเฉียบพลันเป็นหลัก โดยระบบ UNRTDG นี้ จำแนกสินค้าอันตรายเป็น 9 ประเภท (UN - class) โดยหมายเลขสินค้าอันตราย หรือ UN Number กำหนดให้เชื่อมโยงกับข้อปฏิบัติเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉินกับสารเคมีชนิดนั้นๆ ที่เรียกว่า UN Guide ซึ่งสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตราย (Hazard symbols) ตามระบบ UN มี 9 ประเภท ดังนี้

ประเภทที่ 1	**วัตถุระเบิด**	
ประเภทที่ 2	**แก๊ส**	
ประเภทที่ 3	**ของเหลวไวไฟ**	

ประเภทที่ 4	ของแข็งไวไฟ สารที่ลุกไหม้ได้เอง และสารที่สัมผัสกับน้ำแล้วให้แก๊สไวไฟ	
ประเภทที่ 5	สารออกซิไดซ์และสารอินทรีย์เปอร์ออกไซด์	
ประเภทที่ 6	สารพิษและสารติดเชื้อ	
ประเภทที่ 7	วัตถุกัมมันตรังสี	
ประเภทที่ 8	สารกัดกร่อน	
ประเภทที่ 9	วัตถุอันตรายเบ็ดเตล็ด รวมถึงเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม	

ระบบ GHS

สัญลักษณ์ตามระบบ GHS (Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals) หรือระบบจำแนกประเภทและการติดฉลากสารเคมีที่เป็นระบบเดียวกันทั่วโลก มีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดการสื่อสารความเป็นอันตรายของสารเคมีที่เข้าใจง่ายและเป็นระบบเดียวกันทั่วโลก ผ่านทางฉลากและเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet; SDS) ซึ่งสัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตรายของสารเคมีมี 9 รูปภาพ (pictograms) ที่ใช้แสดงความเป็นอันตรายด้านกายภาพ ด้านสุขภาพ และสิ่งแวดล้อม ดังนี้

สารไวไฟ	สารออกซิไดส์	วัตถุระเบิด
สารกัดกร่อน	**แก๊สบรรจุใต้ความดัน**	**พิษเฉียบพลัน**
ระวัง	**พิษต่อสิ่งแวดล้อม**	**อันตรายต่อสุขภาพ**

2 หลักการบริหารจัดการของเสียอันตราย

ทุกองค์กรที่มีห้องปฏิบัติการที่ใช้สารเคมีควรมี**หน่วยบริหารจัดการกลาง**ที่รับผิดชอบเรื่องความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ของเสียเป็นปัจจัยเสี่ยงหนึ่งที่ทำให้เกิดความไม่ปลอดภัยขึ้น ดังนั้นการจัดการของเสียจากห้องปฏิบัติการจึงเป็นภารกิจหนึ่งของการจัดการความปลอดภัย ทั้งนี้การจัดการของเสียจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็นระบบในทิศทางเดียวกันจึงจำเป็นต้องมีหน่วยบริหารจัดการกลางที่ทำหน้าที่เป็นผู้กำหนดกติกา หรือเงื่อนไขให้ทุกห้องปฏิบัติการปฏิบัติตาม ซึ่งรวมถึง

- กำหนดวิธีการคัดแยกประเภทของเสียตั้งแต่ต้นทาง การจัดเก็บ การบำบัดเบื้องต้น และการกำจัด
- กำหนดวิธีจัดเก็บของเสียอย่างปลอดภัย และการติดฉลากบนภาชนะบรรจุ
- จัดเก็บข้อมูลปริมาณและประเภทของเสียจากห้องปฏิบัติการทั้งหมด เพื่อแสดงปริมาณและประเภทของเสียทั้งหมดในแต่ละปี รวมทั้งค่าใช้จ่ายในการส่งกำจัด
- กำหนดกติกาการจัดเก็บ นัดหมายเวลาจัดเก็บ และพื้นที่รวบรวมที่ปลอดภัย
- กำหนดแนวทางการลดของเสีย ทั้งในเชิงปริมาณและความเป็นพิษ
- จัดการฝึกอบรมตามกลุ่มเป้าหมาย

เมื่อกำหนดกติการ่วมกันได้แล้ว หน่วยบริหารจัดการกลางจะมีข้อมูลประเภทและปริมาณของเสียทั้งหมดขององค์กร สำหรับใช้ในการจัดตั้งงบประมาณและจัดหาบริษัทรับกำจัดของเสีย ดังนั้นถ้าห้องปฏิบัติการต่างคนต่างคัดแยกของเสียจะทำให้ได้ปริมาณของเสียของห้องปฏิบัติการมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะส่งกำจัดกับบริษัทรับกำจัดของเสีย หรืออาจจะทำให้ต้องเก็บของเสียไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลานานจนกว่าจะได้ปริมาณของเสียที่มากพอในการขนส่งและคุ้มค่ากับค่าใช้จ่ายในการส่งกำจัดของเสีย หรือถ้าหากห้องปฏิบัติการแต่ละห้องมีแนวทางในการคัดแยกประเภทของเสียที่แตกต่างกัน จะทำให้ไม่สามารถทราบถึงประเภทของเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการ สุดท้ายทำให้ไม่ทราบว่าของเสียนั้นคืออะไร และหากนำมาเทรวมกัน หรือแม้แต่เก็บไว้ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดอันตราย หรืออาจทำให้เกิดปัญหาในการส่งกำจัดได้เช่นกัน

3 อะไรคือของเสียอันตราย

คำจำกัดความคำว่า **“ของเสียอันตราย”** ของกรมควบคุมมลพิษ กล่าวว่า

“ของเสียประเภทใดประเภทหนึ่งหรือหลายประเภทรวมกันที่มีปริมาณ ความเข้มข้น หรือลักษณะทางกายภาพทางเคมี หรือการติดเชื้อ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหรือมีส่วนทำให้มีการตาย หรือการเจ็บป่วยอย่างรุนแรงที่รักษาไม่ได้เพิ่มขึ้น หรือก่อให้เกิดภาวะทุพพลภาพ ตลอดจนอาจก่อให้เกิดอันตราย หรือมีแนวโน้มจะก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์หรือสิ่งแวดล้อม เมื่อไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสมในการบำบัด การเก็บกัก การขนส่ง การกำจัดหรืออื่นๆ”

คำจำกัดความคำว่า **“ของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ”** ของ คู่มือความปลอดภัย ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กล่าวว่า

“สิ่งเหลือใช้ในห้องปฏิบัติการเคมี สารเคมีที่ไม่ทราบชื่อ สารเคมีที่หมดอายุหรือเสื่อมสภาพ สารเคมีที่หกรั่วไหลและเก็บกลับคืนมา ตัวทำละลายอินทรีย์ กล่าวโดยสรุปคือ ทุกสิ่งที่ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกต่อไปในห้องปฏิบัติการเคมี และจำเป็นต้องกำจัดทิ้งโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง จัดว่าเป็นของเสียอันตรายทั้งสิ้น”

4 ลักษณะความเป็นอันตรายของของเสียจากห้องปฏิบัติการ

ของเสียจากห้องปฏิบัติการมีลักษณะความเป็นอันตรายได้หลากหลาย ตัวอย่างของลักษณะความเป็นอันตราย เช่น

1. ของเสียที่ลุกติดไฟได้ เช่น ของเหลวหรือตัวทำละลายไวไฟ สารที่ลุกติดไฟได้เมื่อถูกเสียดสี

2. ของเสียประเภทกัดกร่อน (กำหนดด้วยช่วงความเป็นกรดเป็นด่างหรือค่า pH เช่น น้อยกว่า 2 หรือมากกว่า 12.5)

3. ของเสียที่ไวต่อปฏิกิริยา เช่น ของเสียมีสิ่งเหล่านี้ปนอยู่

   - สารที่ทำปฏิกิริยารุนแรงกับน้ำ
   - สารที่ลุกติดไฟได้เอง
   - สารที่ให้ไอหรือแก๊สพิษเมื่อผสมกับน้ำ
   - สารที่ระเบิดได้เมื่อถูกกระตุ้น หรือร้อนในที่จำกัด

4. ของเสียที่เป็นพิษ เนื่องจากมีองค์ประกอบที่เป็นพิษ เช่น ไซยาไนด์ เอทิเดียมโบรไมด์

5 ตัวอย่างของเสียอันตรายจากห้องปฏิบัติการ

การกำจัดของเสียจากห้องปฏิบัติการเคมี โดยจัดว่าเป็นของเสียที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการเป็น ของเสียอันตรายทั้งหมด อาจจะเป็นข้อดีที่ทำให้เกิดความตระหนักถึงความไม่ปลอดภัยไว้ก่อน เพื่อไม่ให้มองข้ามบางสิ่งบางอย่างที่เป็นอันตรายได้ อย่างไรก็ตาม ของเสียบางประเภทจากห้องปฏิบัติการอาจจะไม่ใช่ของเสียอันตรายเสมอไป อีกทั้งการจัดการของเสียไม่จำเป็นต้องส่งกำจัดเพียงอย่างเดียว

ตัวอย่างของเสียอันตรายที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ เช่น

- **สารเคมีและตัวทำละลายที่ใช้แล้ว** เช่น ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัดสารจากตัวอย่างพืชสมุนไพร ซึ่งสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เป็นบางส่วน โดยผ่านกระบวนการกลั่น

- **ของเสียจากกระบวนการวิเคราะห์และทดสอบ** เช่น การวิเคราะห์หาสารอินทรีย์ด้วยเทคนิค HPLC ซึ่งโดยปกติจะระบุองค์ประกอบของของเสียที่เกิดขึ้นอย่างแน่นอนนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากต้องใช้ตัวทำละลายหลายชนิด และลักษณะการใช้งานบางประเภท เช่น การปรับสัดส่วนของตัวทำละลายเคลื่อนที่ (mobile phase) อย่างต่อเนื่องตลอดการวิเคราะห์ หรือที่เรียกว่า gradient elution ซึ่งจะทำให้เกิดของผสมที่ไม่ทราบสัดส่วนของเสียที่แน่นอน

- **ของเสียจากการวิเคราะห์ COD** (Chemical Oxygen Demand) จากห้องปฏิบัติการวิเคราะห์น้ำเสีย ซึ่งมีของเสียที่เกิดขึ้นประกอบด้วย โครเมต และสารอินทรีย์

- **สารเคมีที่หมดอายุ/เสื่อมสภาพ** วันเดือนปีที่ปรากฏอยู่ข้างภาชนะว่าสารเคมีนั้นหมดอายุ หมายความว่าหลังจากวันเดือนปีที่สารเคมีหมดอายุประสิทธิภาพในการใช้งานจะลดลง ซึ่งไม่ได้หมายความว่าสารเคมีนั้นไม่สามารถนำมาใช้งานได้ ดังนั้น ผู้ใช้งานสามารถนำสารเคมีไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นได้ เช่น การล้างภาชนะ นอกจากนี้ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่โดยผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์ที่เหมาะสม

- **ตัวอย่างที่เหลือจากการวิเคราะห์ทดสอบ** ของห้องปฏิบัติการบริการทดสอบ บางครั้งผู้ส่งตัวอย่างวิเคราะห์อาจส่งปริมาณตัวอย่างมาเกินความจำเป็น เช่น ต้องการใช้ในการวิเคราะห์เพียง 10 มิลลิกรัม แต่ส่งตัวอย่างมา 1 กิโลกรัม และไม่รับคืนส่วนที่เหลือ จึงเป็นภาระของห้องปฏิบัติการที่ต้องกำจัด ซึ่งบ่อยครั้งไม่มีข้อมูลว่าตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์มีองค์ประกอบอื่นใดนอกเหนือจากที่ให้วิเคราะห์และมีความเป็นอันตรายอย่างไร

ของเสียอันตรายอื่นๆ จากห้องปฏิบัติการ เช่น

- ภาชนะบรรจุสารเคมีที่ใช้หมดแล้ว ซึ่งอาจมีสารเคมีปนเปื้อนอยู่
- น้ำที่ล้างภาชนะหรือวัสดุที่ปนเปื้อนสารเคมี
- อุปกรณ์ที่ใช้ปรอทเป็นส่วนประกอบ เช่น เทอร์โมมิเตอร์ที่แตกหัก
- ของเหลือจากการดูดซับทำความสะอาดเมื่อสารหกรั่วไหล เช่น ทราย/วัสดุดูดซับ ผ้าขี้ริ้ว น้ำล้างทำความสะอาด
- ของเสียที่ปนเปื้อนโลหะหนัก เช่น อาร์เซนิค แคดเมียม โครเมียม ตะกั่ว ปรอท และเงิน

- วัสดุกัมมันตรังสี

- น้ำมันเครื่องใช้แล้ว

- ถังแก๊สเปล่าที่บริษัทไม่รับคืน

เกณฑ์การพิจารณาว่าของเสียจากห้องปฏิบัติการเป็นของเสียอันตรายหรือไม่ตามกิจกรรมของหน่วยงาน/ห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง

ของเสียต่อไปนี้ให้เก็บรวบรวมเพื่อนำส่งไปกำจัด ห้ามทิ้งลงท่อน้ำทิ้งเด็ดขาด

- น้ำมัน และผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมอื่นๆ

- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ไม่รวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ

- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ

- ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ละลายน้ำได้แต่มีความเป็นพิษสูง (TLV < 100 ppm) เช่น เมทานอล ไดออกเซน และอะซิโตไนไตรล์ เป็นต้น

- ฟีนอลและอนุพันธ์ เช่น ครีซอล รีซอร์สซินอล

- สารละลายที่มีโลหะหนักเป็นส่วนประกอบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่มีความเป็นพิษสูง ได้แก่ โครเมียม ทองแดง แบเรียม นิกเกิล สารหนู แคดเมียม และปรอท ไม่ว่าจะอยู่ในสถานะออกซิเดชันใดก็ตาม

อย่างไรก็ตาม เกณฑ์การพิจารณาของเสียจากห้องปฏิบัติการข้างต้น เป็นตัวอย่างรายการของเสียจากห้องปฏิบัติการที่จำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมของห้องปฏิบัติการเท่านั้น ซึ่งหน่วยงาน/องค์กร/สถาบันการศึกษาแต่ละแห่งที่มีของเสียจากห้องปฏิบัติการจะต้องกำหนดประเภทของเสียที่เหมาะสมกับบริบทของห้องปฏิบัติการนั้นๆ

6 ทำไมต้องมีการจัดการที่ดีสำหรับของเสียอันตราย

ท่านตอบ**คำถาม**เหล่านี้ได้หรือไม่

- ของเสียจากห้องปฏิบัติการ จำแนกออกเป็นกี่ประเภท มีอะไรบ้าง
- แหล่งผลิตของเสียคือใคร เป็นของเสียประเภทใด มีปริมาณเท่าไร
- ภาพรวมของชนิด และปริมาณของเสียคืออะไร
- งบประมาณที่ใช้ในการกำจัดแต่ละปีเป็นเท่าใด
- การส่งกำจัดไปที่ไหน

คำตอบ ของคำถามข้างต้นรวมอยู่ในเรื่องการจัดการ โดยธรรมชาติของเสียจากห้องปฏิบัติการจะมีความแตกต่างจากของเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีองค์ประกอบหลักไม่หลากหลายเหมือนกับของเสียจากห้องปฏิบัติการวิจัยหรือห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ทดสอบ ซึ่งแม้จะพอบอกได้ว่าต้นทางคืออะไร แต่หลังจากการทำปฏิกิริยาแล้ว จะไม่สามารถบอกองค์ประกอบของของเสียได้ครบ เพราะประเภทของเสียที่เกิดขึ้นมีความหลากหลาย และมีปริมาณของแต่ละประเภทเพียงเล็กน้อยในแต่ละการทดลอง ดังนั้นการจัดการของเสียจากการปฏิบัติการอย่างเป็นระบบ จะช่วยป้องกันอันตรายและการรั่วไหลของสารเคมีและของเสียแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมได้

หากตอบคำถามข้างต้นได้ว่า ของเสียจากห้องปฏิบัติการเป็นของใคร จำแนกเป็นกี่ประเภท อะไรบ้าง ปริมาณเท่าใด ใครเป็นคนทำ ภาพรวมของชนิดและปริมาณเป็นอย่างไร งบประมาณที่ใช้ในการกำจัดแต่ละปีเท่าไร และส่งไปกำจัดที่ไหน ก็แสดงได้ว่าห้องปฏิบัติการนั้นๆ มีการบริหารจัดการของเสียที่เกิดขึ้นแล้ว ส่วนที่เหลือว่าจะทำได้ดีเพียงใดนั้นขึ้นอยู่ที่ประสิทธิภาพการจัดการของหน่วยงาน

อันตรายที่เกิดจากการทิ้งของเสียโดยตั้งใจ ไม่ได้ตั้งใจ หรือรู้เท่าไม่ถึงการณ์ เป็นอุทาหรณ์ที่ดีสำหรับผู้ปฏิบัติในห้องปฏิบัติการ **การไม่จำแนกประเภทของเสีย** อาจเกิดการผสมรวมของของเสียที่เข้ากันไม่ได้ (incompatible) เช่น มีการนำอะซีโตนจากการล้างเครื่องแก้ว ไปเทรวมกับของเสียที่เป็นกรดไนตริกจากการย่อยโลหะ ปฏิกิริยาระหว่างไนตริกซึ่งเป็นตัวออกซิไดซ์กับอะซีโตนซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่ไวไฟเกิดเป็นปฏิกิริยาคายความร้อนที่ให้ความร้อนสูง สารอาจพุ่งกระเด็นได้ถึงเพดาน

บางครั้งมี**การทิ้งของเสียลงท่อ**โดยไม่รู้ว่าอะไรอยู่ในท่อก่อนหน้านี้ เช่น การทดลองที่ใช้โซเดียมเอไซด์ (Sodium azide) แม้ว่าเป็นสารละลายที่เจือจาง เมื่อทิ้งลงท่อที่ทำด้วยโลหะ เช่น ตะกั่ว ทองแดง อาจเกิดเป็นเกลือของเอไซด์ (Azide salt) ที่ระเบิดได้ เช่นเดียวกับของเสียที่มีซิลเวอร์ไนเตรต (Silver nitrate) ต้องไม่นำมาผสมกับของเสียที่มีแอมโมเนีย (Ammonia) เพราะสามารถทำปฏิกิริยากันเป็นสารประกอบเชิงซ้อนซิลเวอร์แอมมีน ที่เมื่อทิ้งไว้จะกลายเป็นสารอื่นที่ระเบิดได้

บ่อยครั้ง**ป้ายติดภาชนะของเสีย**ที่มีข้อมูลไม่ชัดเจนพอ เช่น ติดฉลากเพียงคำว่า “waste” โดยไม่มีข้อมูลอื่น ทำให้ไม่ทราบว่าของเสียที่นำมารวมกันมีองค์ประกอบเป็นสารที่เข้ากันไม่ได้หรือไม่ และเมื่อนำมาเทรวมกันจึงก่อให้เกิดปัญหาหรืออันตรายได้ อีกกรณีหนึ่งที่เกิดอุบัติเหตุอยู่บ่อยๆ คือ การวางภาชนะสำหรับรวบรวมของเสีย 2 ประเภทที่เข้ากันไม่ได้อยู่ใกล้กัน ทำให้เกิดการเทของเสียลงภาชนะที่ผิดประเภท

มีของเสียอีกประเภทหนึ่งที่มี**ความเป็นอันตรายแฝงเมื่อเก็บไว้เป็นเวลานาน** เช่น สารจำพวกอีเทอร์ (Ether) ไดออกเซน (Dioxane) และเตตระไฮโดรฟูแรน (Tetrahydrofuran) ซึ่งหากเก็บไว้เป็นเวลานานจะเกิดเป็นสารเพอร์-ออกไซด์อินทรีย์ (Organic peroxide) ที่สามารถระเบิดได้ เป็นต้น

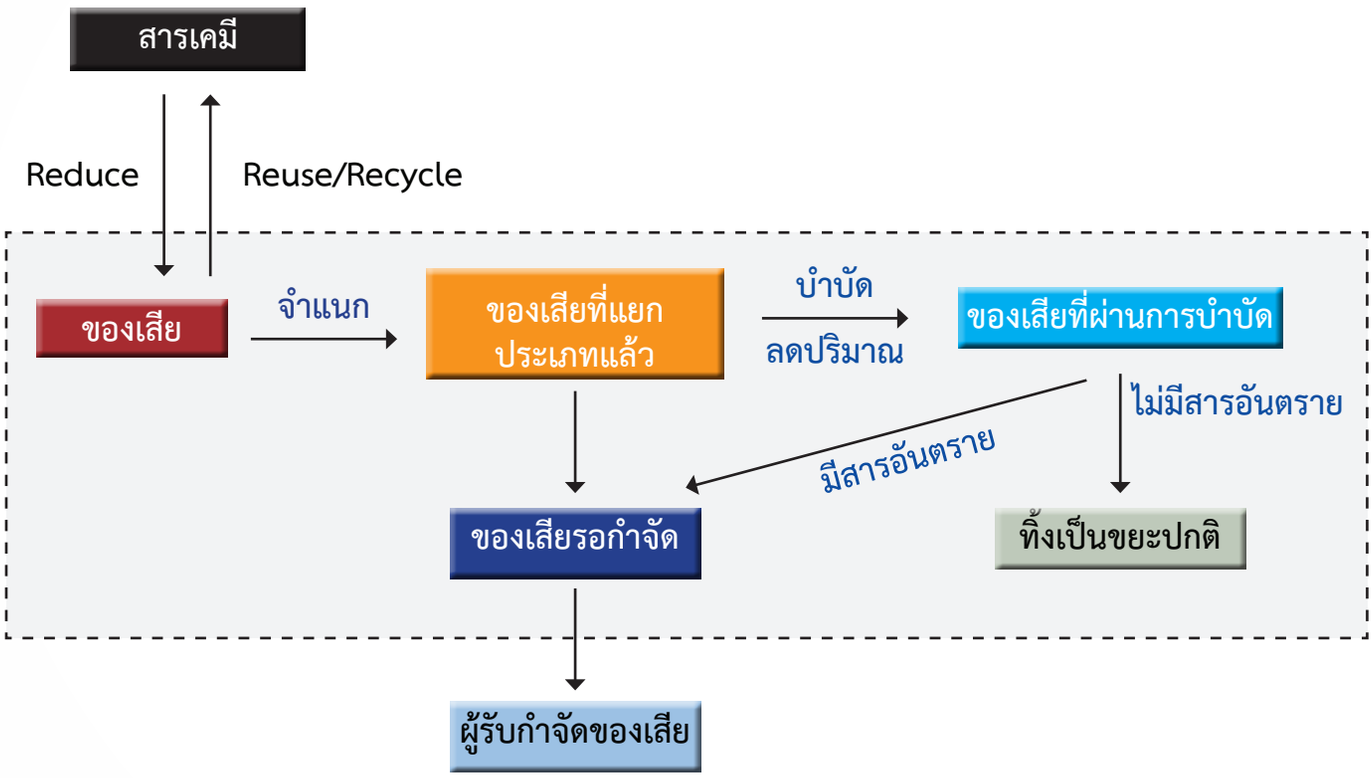
นอกจากนี้ **ภาชนะบรรจุของเสีย**ก็มีส่วนที่จะทำให้เกิดอันตรายได้เช่นกัน เช่น ของเสียที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำหรือจำพวกตัวทำละลายคลอรีน (Chlorinated solvent) และสารกัดกร่อนอื่นๆ จะต้องใช้ขวดพลาสติกหรือขวดแก้วเป็นภาชนะบรรจุของเสีย เพราะถ้าใส่ในภาชนะรองรับที่เป็นถังปิ๊บ เมื่อเวลาผ่านไปของเสียดังกล่าวจะทำปฏิกิริยาทำให้ถังปิ๊บทะลุและของเสียรั่วไหลออกมา ส่วนของเสียที่มีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบจะต้องไม่เก็บในขวดแก้ว เพราะของเสียที่มีฟลูออไรด์เป็นองค์ประกอบสามารถกัดกร่อนแก้วได้

7 การจัดการของเสียอันตราย

หลักการจัดการของเสียอันตราย จะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญ ได้แก่

- การจัดการข้อมูลของเสีย
- การลดการเกิดของเสีย
- การแยกประเภทและเก็บของเสีย
- การกำจัดของเสีย

แนวปฏิบัติในการจัดการของเสียอันตรายของห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง



7.1 การจัดการข้อมูลของเสียอันตราย

การจัดการข้อมูลของเสียอันตราย ต้องมีระบบบันทึกข้อมูลเพื่อใช้ในการเก็บและติดตามการเคลื่อนไหวของเสีย ตั้งแต่ข้อมูลการจำแนกและเก็บเพื่อรอการกำจัด จนถึงขั้นตอนการส่งไปกำจัด ว่ามีของเสียประเภทไหน ปริมาณเท่าไร และสามารถออกแบบรายงานที่ชัดเจนตามช่วงเวลาได้ ข้อมูลนี้จะเป็นประโยชน์ต่อการประเมินความเสี่ยงจากอันตรายของของเสีย รวมทั้งงบประมาณที่ใช้ในการกำจัดของแต่ละปี ข้อมูลที่มีความต่อเนื่องจะช่วยให้เกิดการจัดการและการเตรียมงบประมาณในการกำจัดของเสียอันตราย และยังสามารถนำข้อมูลกลับมาวิเคราะห์ความเสี่ยงได้ระหว่างที่ของเสียนั้นยังไม่ได้ถูกเคลื่อนย้ายออกจากห้องปฏิบัติการ

โครงสร้างของระบบบันทึกข้อมูลของเสีย อย่างน้อยควรประกอบด้วย

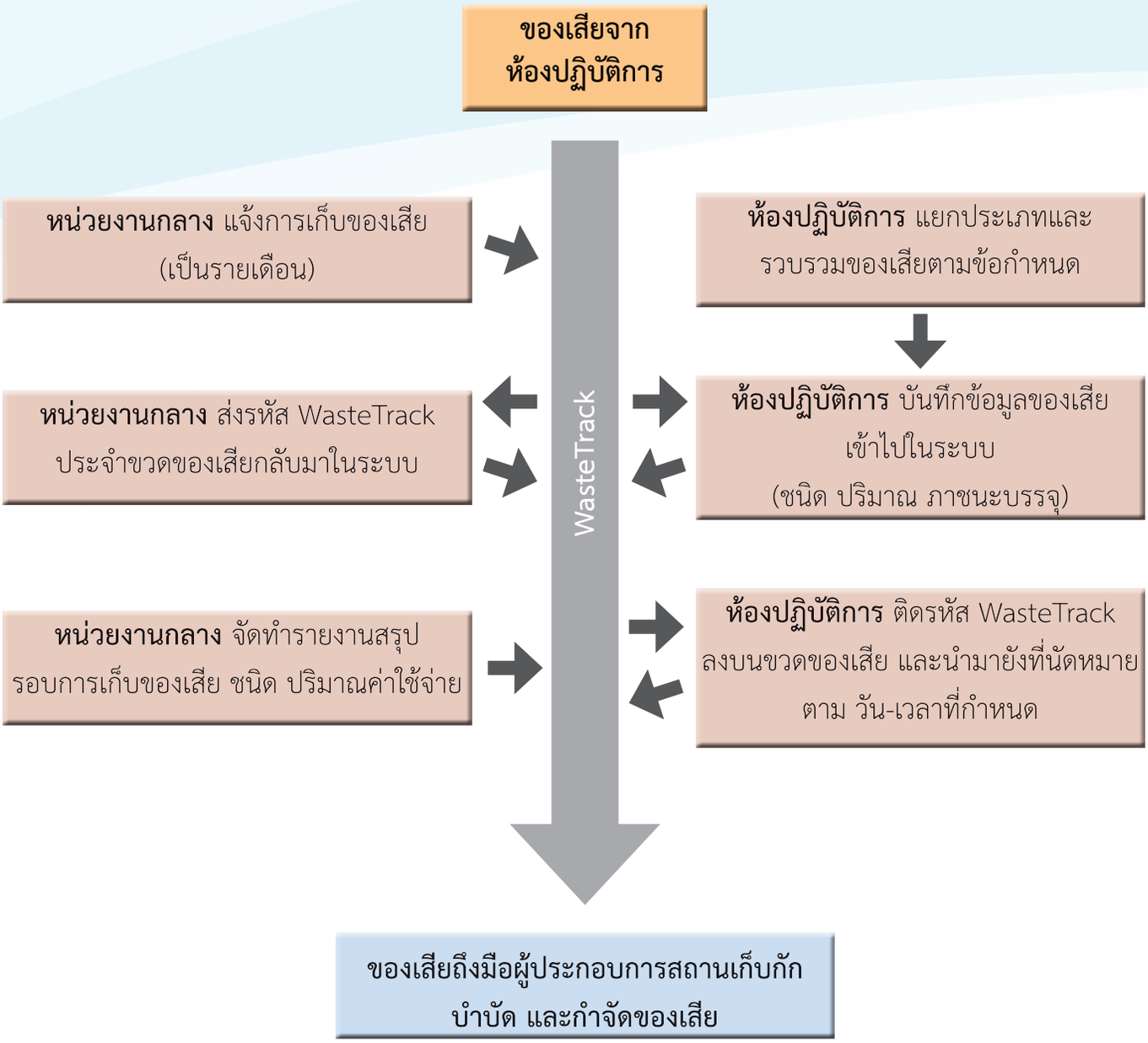
- ผู้รับผิดชอบ
- รหัสภาชนะบรรจุ (Bottle ID)
- ประเภทของเสีย
- ปริมาณของเสีย (Volume/Weight)
- ห้องที่จัดเก็บของเสีย
- อาคารจัดเก็บของเสีย
- วันที่บันทึกข้อมูล

ตัวอย่าง ระบบการจัดการข้อมูลของเสีย (WasteTrack) ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้พัฒนาระบบและรูปแบบการจัดการของเสียของมหาวิทยาลัยเพื่อการจัดเก็บของเสียอันตรายของห้องปฏิบัติการอย่างมีประสิทธิภาพ และเป็นไปในแนวทางเดียวกัน โดยมีหน่วยงานกลางเป็นผู้กำหนดกติกาการจำแนกประเภทของเสีย การรวบรวมข้อมูลของเสีย การนัดหมายและกำหนดรอบการเก็บของเสีย ตลอดจนการจัดทำรายงานสรุปชนิด ปริมาณ และค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสีย

ปัจจุบันหน่วยงานต่างๆ ที่สังกัดจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย มีการจำแนกของเสียออกเป็น 14 ประเภท (ดูหัวข้อ 7.3) และใช้โปรแกรม WasteTrack ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์ที่ทำงานบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้พัฒนาขึ้นมาเพื่อเป็นระบบจัดการของเสียอันตรายแบบครบวงจรของมหาวิทยาลัย และเพื่อให้ทุกห้องปฏิบัติการสามารถเข้าถึงได้โดยง่าย ผู้ใช้สามารถบันทึกและปรับปรุงข้อมูลของเสียอันตรายได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว และนำไปสู่การจัดส่งเพื่อบำบัดและกำจัดต่อไป

ลักษณะการทำงานของโปรแกรม WasteTrack ดังนี้



จากการบริหารจัดการข้อมูลของเสียอันตรายและนำมาปฏิบัติอย่างเป็นระบบ จะทำให้ทราบถึงความเคลื่อนไหวของของเสียที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ และสามารถนำข้อมูลของเสียไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการจัดเตรียมงบประมาณในการกำจัด และประเมินความเสี่ยงที่อาจจะเกิดขึ้นได้ระหว่างที่ของเสียรอกำจัดต่อไป

สถิติข้อมูลประเภทและปริมาณของเสียอันตราย และงบประมาณที่ใช้ในการกำจัดของเสียอันตรายในช่วงปี พ.ศ. 2556 และ 2557 ของห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง

สถิติข้อมูลของเสียอันตรายที่ส่งกำจัด

ประเภทของเสีย	ปริมาณของเสียส่งกำจัด (ลิตร/กิโลกรัม) ปี 2013											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
IV Mercury waste	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
V Chromate Waste	6.5	-	-	-	-	-	2.5	0.3	-	-	-	-
VI Heavy metal	-	-	0.5	-	1.4	-	-	-	-	-	-	1.0
IX Petroleum Product	2.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
X Oxygenate	40.0	22.5	40.0	20.0	50.0	44.0	-	20.0	62.8	40.0	20.0	20.0
XI NPS Containing	4.5	2.0	2.0	2.0	3.0	1.0	2.0	1.0	1.1	2.0	1.5	2.0
XII Halogenated	-	-	6.5	4.0	-	2.5	2.5	-	-	2.5	2.5	4.0
XIIIa Combustible solid	-	-	2.0	1.0	2.0	5.0	-	12.0	7.0	1.0	8.0	-
XIIIb Incombustible solid	3.0	10.0	-	-	10.5	-	1.0	5.0	1.0	0.5	-	5.0
XIV Aqueous Waste	4.0	12.0	8.0	8.0	9.0	4.0	8.0	4.0	8.0	4.0	6.5	4.0
รวมของเสียทั้งหมด (L/kg)	60.5	46.5	59.0	35.0	75.9	56.5	16.0	42.3	79.9	50.0	38.5	36.0
รวมเงินค่าส่งของเสีย (บาท)	756.25	581.25	737.50	437.50	948.75	706.25	200.00	565.63	998.13	625.00	481.25	450.00

ประเภทของเสีย	ปริมาณของเสียส่งกำจัด (ลิตร/กิโลกรัม) ปี 2014											
	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.
IV Mercury waste	-	5.0	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-
V Chromate Waste	-	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-	-
VI Heavy metal	-	4.3	0.3	-	-	1.5	-	-	-	1.0	-	-
IX Petroleum Product	-	-	-	-	-	2.5	-	-	-	-	-	-
X Oxygenate	20.0	-	20.0	-	40.0	20.3	20.0	40.0	20.0	40.0	20.0	-
XI NPS Containing	1.0	2.0	-	-	3.0	1.0	3.0	1.0	3.0	1.0	2.0	-
XII Halogenated	-	6.5	4.0	-	4.0	5.0	-	-	-	-	4.0	-
XIIIa Combustible solid	3.0	11.2	1.0	-	5.0	1.5	3.0	1.0	3.0	2.0	-	-
XIIIb Incombustible solid	5.0	1.0	5.0	-	1.0	9.3	5.0	-	0.5	0.2	5.0	-
XIV Aqueous Waste	4.0	-	12.0	-	-	-	-	20.0	4.0	4.0	2.5	-
รวมของเสียทั้งหมด (L/kg)	33.0	30.0	42.3	0.0	53.0	43.0	31.0	62.0	30.5	48.2	33.5	0.0
รวมเงินค่าส่งของเสีย (บาท)	412.50	318.13	528.13	0.00	662.50	536.89	387.50	775.00	381.25	591.25	418.75	0.00

7.2 การลดการเกิดของเสีย

ประโยชน์ของ**การลดของเสีย**ตั้งแต่ต้นทาง จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดและลดอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้แน่นอน อีกทั้งยังป้องกันการปล่อยมลพิษสู่สิ่งแวดล้อมด้วย การลดของเสียเป็นความรับผิดชอบของผู้ก่อของเสีย เพราะย่อมรู้ดีกว่าคนอื่นว่าของเสียที่เกิดขึ้นนั้นคืออะไรบ้าง และต้องเริ่มคิดตั้งแต่ขั้นตอนการวางแผนการทดลองว่าจะลดการใช้สารตั้งต้นและพยายามใช้สารทดแทนที่มีความเป็นอันตรายน้อยกว่าได้อย่างไร

การลดการเกิดของเสียใช้หลัก 3 R คือ Reduce Reuse และ Recycle ดังนี้

- Reduce คือ การทำให้เกิดของเสียน้อยที่สุดตั้งแต่ต้นทาง โดยการ
  - ลดขนาดของการทดลอง (small scale, microscale experiments)
  - ลดการใช้สารเคมี ด้วยการสาธิตหรือการใช้สื่อการสอนแทนการทดลองจริง
  - ให้คำแนะนำที่ถูกต้องในการลดปริมาณของเสีย

เช่น การให้คำแนะนำในการล้างภาชนะที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนออกก่อนด้วยการใช้สารอะซีโตน เพื่อกำจัดสารอินทรีย์ออกไปก่อน แล้วตามด้วยการล้างด้วยน้ำ แทนการล้างภาชนะที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนด้วยน้ำก่อน ซึ่งจะทำให้ภาชนะเปียก และไม่สามารถล้างสารอินทรีย์ออกได้หมด อีกทั้งต้องใช้ปริมาณสารอะซีโตนในการล้างเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นการล้างภาชนะที่มีสารอินทรีย์ปนเปื้อนด้วยตัวทำละลายในปริมาตรน้อย หลายๆ ครั้งจะได้ผลดีกว่าการใช้ตัวทำละลายปริมาตรมากในการล้างเพียงครั้งเดียว ซึ่งนอกจากจะล้างไม่สะอาดแล้วยังทำให้เกิดของเสียที่เจือจางในปริมาณมากขึ้นด้วย

การให้คำแนะนำในการรวบรวมของเสียที่มีความเป็นอันตรายแตกต่างกัน เช่น การรวบรวมของเสียอันตรายที่มีฮาโลเจนและปราศจากฮาโลเจนเข้าด้วยกัน จะทำให้ของเสียที่รวบรวมได้ถูกจัดว่าเป็นของเสียอันตรายที่มีฮาโลเจนทั้งหมด ซึ่งปริมาณของเสียประเภทที่มีฮาโลเจนมีปริมาณมากกว่าปริมาณที่แท้จริง และยังทำให้มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียประเภทนั้นเพิ่มมากขึ้นด้วย

- **Reuse** คือ การนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ในสภาพเดิม เช่น
  - การนำตัวทำละลายที่เหลือใช้มาล้างภาชนะ
  - การนำ solid supported reagent/catalyst กลับมาใช้ใหม่
  - การนำภาชนะบรรจุสารเคมีกลับมาใช้ใหม่
- **Recycle** คือ การนำของเสียมาปรับสภาพ/ทำให้บริสุทธิ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น
  - การ recover ตัวทำละลาย เช่น อะซีโตนล้างเครื่องแก้ว โดยการกลั่น
  - การ recover โลหะมีค่า เช่น แพลเลเดียม เงิน ทอง ฯลฯ
  - การทำสารเคมีที่เสื่อมสภาพ/หมดอายุให้บริสุทธิ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

ดังนั้น ห้องปฏิบัติการ ควรกำหนดให้มีแนวปฏิบัติในการลดการใช้สารเคมีและลดการทิ้งของเสียอันตรายที่ชัดเจน เช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งที่มีการกำหนดมาตรการ “ลด” มาตรการ “เลิก/ทดแทน”และ มาตรการ “ใช้ซ้ำ” เพื่อลดการใช้สารเคมีและการทิ้งของเสียของห้องปฏิบัติการ ถึงแม้ว่าการกำหนดมาตรการดังกล่าวจะมีความจำเพาะเจาะจงกับกิจกรรมของห้องปฏิบัติการนั้น แต่ห้องปฏิบัติการอื่นๆ สามารถนำไปปรับใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมเฉพาะห้องปฏิบัติการตนเองได้

แนวปฏิบัติในการลดการใช้สารเคมีและการทิ้งของเสียอันตราย ของห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง

มาตรการ “ลด”

1. ลดปริมาณการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์โดยการเทตัวทำละลายมาเท่าที่จำเป็นต้องใช้

2. ลดการทำคอลัมน์โครมาโทกราฟีโดยไม่จำเป็น เพราะเป็นการสิ้นเปลืองทั้งซิลิกาเจลและตัวทำละลาย ถ้าเป็นไปได้ควรเลือกวิธีอื่นในการทำให้บริสุทธิ์ เช่น การสกัด การตกผลึก

3. ถ้าจำเป็นต้องทำโครมาโทกราฟี ให้เลือกขนาดคอลัมน์ที่เล็กที่สุดเท่าที่จะแยกสารได้ (ขึ้นกับปริมาณสารและความยากง่ายในการแยก) ผสมตัวทำละลายอินทรีย์สำหรับทำคอลัมน์โครมาโทกราฟีเท่าที่พอใช้ ถ้าไม่พอค่อยผสมใหม่

4. ในกรณีที่จำเป็นต้องกลั่นตัวทำละลาย (เช่น THF) ให้ใส่ตัวทำละลายใน solvent still เฉพาะในปริมาณที่ต้องการใช้หรือมากกว่าเล็กน้อย และต้องระวังไม่กลั่นจนแห้ง

5. การใช้อะซิโตนล้างเครื่องแก้วควรทำเฉพาะเท่าที่จำเป็น อย่าใช้อะซิโตนแทนน้ำในการล้างเครื่องแก้ว

6. ตัวทำละลายสำหรับ NMR มีราคาแพงและมีอันตราย จึงไม่ควรใส่ตัวทำละลายให้มากเกินความจำเป็น (4.3-4.5 cm)

7. ในการใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ (Rotavap) อย่าปรับความดันให้ต่ำเกินไป เนื่องจากจะมีการปลดปล่อยไอของตัวทำละลายสู่บรรยากาศมาก

8. ลดปริมาณของเสียที่เป็นของเหลว โดยไม่ทิ้งของเสียที่เจือจางมาก และไม่ใช้ตัวทำละลายชะล้างมากเกินความจำเป็น ในกรณีที่ตัวทำละลายเป็นน้ำอาจทิ้งให้น้ำระเหยไปบ้าง

มาตรการ "เลิก/ทดแทน"

1. งดการใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ชนิด commercial ที่ต้องมีการกลั่นก่อนใช้ ให้เลือกเกรดของตัวทำละลายที่เหมาะสมกับงานที่ทำ

2. ยกเลิกการใช้ HgO สำหรับการเตรียม Diphenyl diazomethane โดยให้ใช้ $KMnO_4$ เป็นตัวออกซิไดส์แทน

3. ทดแทนตัวทำละลายประเภท Chlorinated ด้วย Non-Chlorinated solvent หากเป็นไปได้

มาตรการ "ใช้ซ้ำ"

1. ตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหลือใช้ หรือตัวทำละลายผสมที่เหลือจากการทำโครมาโทกราฟี ให้เทใส่ขวดตัวทำละลายสำรองประจำโต๊ะปฏิบัติการของตนเอง หรือใช้กลั้วภาชนะที่เปื้อนสารอินทรีย์เพื่อให้ล้างง่ายขึ้น

2. สารเคมีที่ (ดูเหมือน) เสื่อมสภาพให้นำมาไว้ในตะกร้าที่กำหนด และลงบันทึกไว้ ผู้รับผิดชอบจะพิจารณาว่าจะนำไปกำจัดหรือนำไปใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่น

3. ขวดสารเคมีที่สภาพยังดีอยู่ให้ล้างและเก็บไว้ใช้บรรจุของเสียอันตรายเพื่อกำจัด

7.3 การแยกประเภทและเก็บของเสีย

การแยกประเภทของเสียเพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดจากการผสมของเสียที่เข้ากันไม่ได้เข้าด้วยกัน เช่น เกิดปฏิกิริยาคายความร้อน เกิดการระเบิด หรือเกิดเป็นสารอื่นที่มีอันตราย เช่น แก๊สพิษ การแยกประเภทของเสียยังทำให้ง่ายต่อการบำบัดหรือกำจัด ในการแยกประเภทของเสียอันตรายสามารถอิงระบบสากลหรือมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับ แต่ต้องเหมาะสมกับธรรมชาติของของเสียที่เกิดขึ้นจริง หน่วยงาน/สถาบันแต่ละแห่งควรมีข้อตกลงร่วมกันเพื่อจัดทำข้อกำหนดขึ้นว่าจะใช้ระบบใด หลักการสำคัญๆ ไม่ว่าจะใช้ระบบใดก็ตาม คือ การแยกเก็บตามประเภทความเป็นอันตราย ความเข้ากันไม่ได้ และวิธีการบำบัด โดยส่วนใหญ่สามารถแยกได้เป็นกลุ่มใหญ่ๆ ดังนี้

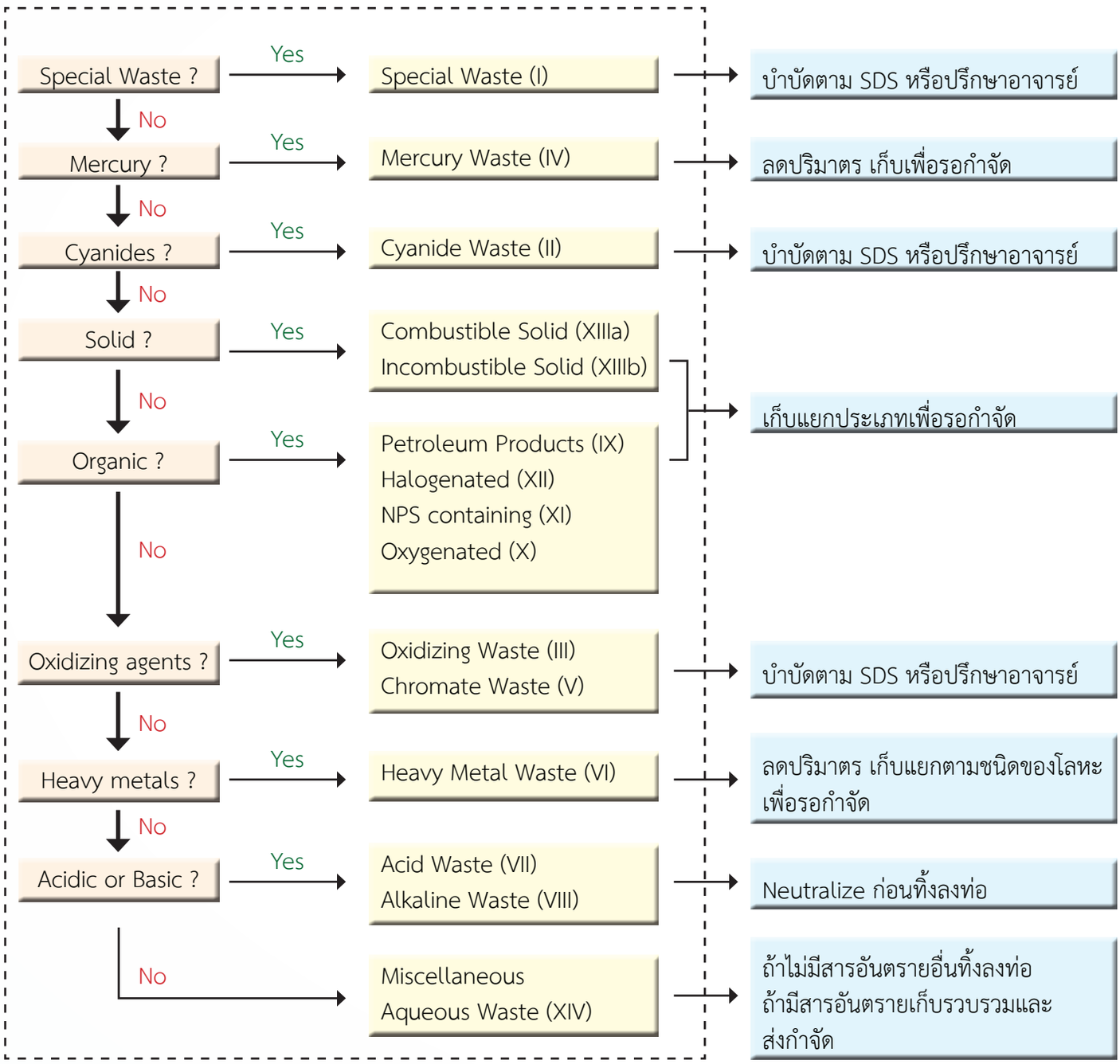
- **ของแข็ง** ได้แก่ ของแข็งอันตรายที่มีโลหะหนักหรือสารอันตรายอื่นๆ และของแข็งทั่วไป อาจแบ่งแยกเป็นเผาไหม้ได้ หรือไม่เผาไหม้

- **ของเหลว** ได้แก่ น้ำ (อาจเป็นกรด เบส หรืออาจมีโลหะหนักเจือปน) กับตัวทำละลายอินทรีย์ (แยกระหว่างชนิดที่มีฮาโลเจน และไม่มีฮาโลเจน)

- **ของเสียอันตรายพิเศษ** เช่น ปรอท เอทิเดียมโบรไมด์ (Ethidium bromide) ขยะติดเชื้อ และขยะวัสดุกัมมันตรังสี

การแยกประเภทของเสียอย่างละเอียด เป็นสิ่งที่พึงกระทำถึงแม้ว่าจะมีความยุ่งยากอยู่บ้าง แต่มีข้อดี คือ มีความยืดหยุ่น ไม่ขึ้นกับบริษัทผู้รับกำจัดของเสีย แต่ก็มีข้อเสียอยู่เช่นกันถ้าผู้ปฏิบัติขาดความรู้ความเข้าใจในการแยกประเภทของเสียที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงต้องเป็นหน้าที่ของหน่วยงานกลางในการจัดทำแนวทางการแยกประเภทให้ชัดเจน และเตรียมความพร้อมทำความเข้าใจกับผู้ปฏิบัติให้เข้าใจตรงกัน

ผังการจำแนกประเภทของเสียอันตรายตาม WasteTrack จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมาตรการในการลดปริมาณของเสีย ของห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่ง



ความหมายของของเสียอันตราย 14 ประเภท ดังนี้

- **ประเภทที่ 1 ของเสียพิเศษ (I : Special Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีปฏิกิริยาต่อน้ำหรืออากาศ ของเสียที่อาจมีการระเบิด (เช่น azide, peroxides) สารอินทรีย์ ของเสียที่ไม่ทราบที่มา ของเสียที่เป็นชีวพิษ และของเสียที่เป็นสารก่อมะเร็ง เช่น เอทธิเดียมโบรไมด์
- **ประเภทที่ 2 ของเสียที่มีไซยาไนด์ (II : Cyanide Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีไซยาไนด์ เป็นส่วนประกอบ เช่น โซเดียมไซยาไนด์ หรือเป็นของเสียที่มีสารประกอบเชิงซ้อนไซยาไนด์ หรือมีไซยาโนคอมเพล็กซ์ เป็นองค์ประกอบ เช่น $Ni(CN)_4^{2-}$ เป็นต้น
- **ประเภทที่ 3 ของเสียที่มีสารออกซิแดนต์ (III : Oxidizing Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีคุณสมบัติในการให้อิเล็กตรอน ซึ่งอาจเกิดปฏิกิริยารุนแรงกับสารอื่นทำให้เกิดระเบิดได้ เช่น โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต, โซเดียม-คลอเรต, โซเดียมเปอร์ไอออเดต และโซเดียมเปอร์ซัลเฟต
- **ประเภทที่ 4 ของเสียที่มีปรอท (IV : Mercury Waste)** หมายถึง ของเสียชนิดที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ เช่น เมอร์คิวรี (II) คลอไรด์, อัลคิลเมอร์คิวรี เป็นต้น
- **ประเภทที่ 5 ของเสียที่มีสารโครเมต (V : Chromate Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีโครเมียม (VI) เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบ Cr^{6+}, กรดโครมิก, ของเสียที่ได้จากการวิเคราะห์ Chemical Oxygen Demand (COD) เป็นต้น
- **ประเภทที่ 6 ของเสียที่มีโลหะหนัก (VI : Heavy Metal Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีไอออนของโลหะหนักอื่นที่ไม่ใช่ปรอทเป็นส่วนผสม เช่น แบเรียม แคดเมียม ตะกั่ว ทองแดง เหล็ก แมงกานีส สังกะสี โคบอล นิเกิล เงิน ดีบุก แอนติโมนี ทังสเตน วาเนเดียม เป็นต้น
- **ประเภทที่ 7 ของเสียที่เป็นกรด (VII : Acid Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีค่าของ pH ต่ำกว่า 7 และมีกรดแร่ปนอยู่ในสารมากกว่า 5% เช่น กรดซัลฟูริก, กรดไนตริก, กรดไฮโดรคลอริก เป็นต้น
- **ประเภทที่ 8 ของเสียอัลคาไลน์ (VIII : Alkaline Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีค่า pH สูงกว่า 8 และมีด่างปนอยู่ในสารละลายมากกว่า 5% เช่น คาร์บอเนต, ไฮดรอกไซด์, แอมโมเนีย เป็นต้น
- **ประเภทที่ 9 ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม (IX : Petroleum Products)** หมายถึง ของเสียประเภทน้ำมันปิโตรเลียมและผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำมัน เช่น น้ำมันเบนซิน, น้ำมันดีเซล, น้ำมันก๊าด, น้ำมันเครื่อง, น้ำมันหล่อลื่น
- **ประเภทที่ 10 Oxygenated (X : Oxygenated)** หมายถึง ของเสียที่ประกอบด้วยสารเคมีที่มีออกซิเจนอยู่ในโครงสร้าง เช่น เอทิลอาซิเตต อะซิโตน, เอสเทอร์, อัลกอฮอล์, คีโตน, อีเทอร์ เป็นต้น
- **ประเภทที่ 11 NPS Containing (XI : NPS Containing)** หมายถึง ของเสียที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์ที่มีส่วนประกอบของ ไนโตรเจน, ฟอสฟอรัส, ซัลเฟอร์ เช่น สารเคมีที่มีส่วนประกอบของ Dimethylformamide (DMF), Dimethyl sulfoxide (DMSO), อะซีโตรไนไตรล์, เอมีน, เอไมด์
- **ประเภทที่ 12 Halogenated (XII : Halogenated)** หมายถึง ของเสียที่มีสารประกอบอินทรีย์ของธาตุฮาโลเจน เช่น คาร์บอนเตตราคลอไรด์ (CCl_4), คลอโรเอทิลีน
- **ประเภทที่ 13** **(a) : ของแข็งที่เผาไหม้ได้ (XIII (a) : Combustible Solid)**
  (b) : ของแข็งที่ไม่สามารถเผาไหม้ได้ (XIII (b) : Incombustible Solid)
- **ประเภทที่ 14 ของเสียที่มีน้ำเป็นตัวทำละลายอื่นๆ (XIV : Miscellaneous Aqueous Waste)** หมายถึง ของเสียที่มีสารประกอบน้อยกว่า 5% ที่เป็นสารอินทรีย์ที่ไม่มีพิษ หากเป็นสารมีพิษให้พิจารณาเสมือนว่าเป็นของเสียพิเศษ (I : Special Waste)

เมื่อแยกประเภทของเสียแล้ว ต้องมีการกำหนดพื้นที่บริเวณจัดเก็บของเสียที่แน่นอน โดยแยกของเสียออกจากสารเคมีชนิดอื่น ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ อ่างน้ำ และบริเวณที่ตั้งของอุปกรณ์ฉุกเฉิน ของเสียที่มีลักษณะเป็นของเหลวควรมีภาชนะรองรับขวดของเสีย (secondary containment) ที่เหมาะสม สามารถรองรับปริมาณของเสียได้ทั้งหมดหากเกิดการรั่วไหล ห้องปฏิบัติการควรมีการกำหนดปริมาณของเสียสูงสุดที่อนุญาตให้เก็บ เช่น ไม่ควรเก็บของเสียประเภทของเหลวไวไฟไว้เกิน 50 ลิตร และจัดระบบการรวบรวมของเสียจากทุกห้องปฏิบัติการ เพื่อส่งกำจัดเป็นระยะๆ โดยตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ได้กำหนดให้สถานประกอบการที่เป็นโรงงานเก็บของเสียอันตรายไว้ไม่เกิน 90 วัน ดังนั้นห้องปฏิบัติการอื่นที่ไม่ใช่โรงงานและมีของเสียเกิดขึ้นเหมือนกันควรจะใช้แนวทางเดียวกัน

ภาชนะบรรจุของเสีย จะต้องมีฉลากที่ชัดเจน ข้อมูลบนฉลากติดภาชนะของเสียมีความสำคัญมาก อย่างน้อยที่สุดควรประกอบด้วย ข้อมูลสำคัญต่อไปนี้

- ข้อความระบุชัดเจนว่าเป็น “ของเสีย”
- ชื่อห้องปฏิบัติการ/เจ้าของ
- ประเภทของเสีย/ประเภทความเป็นอันตราย
- ส่วนประกอบของของเสีย (เท่าที่ระบุได้)
- ปริมาณของเสีย (ไม่ควรเกิน 80% ของความจุของภาชนะ)
- วันที่เริ่มบรรจุของเสีย
- วันที่หยุดบรรจุของเสีย

ฉลากของเสีย ติดภาชนะบรรจุของเสียอันตรายที่มีข้อมูลครบถ้วน

ฉลากของเสีย

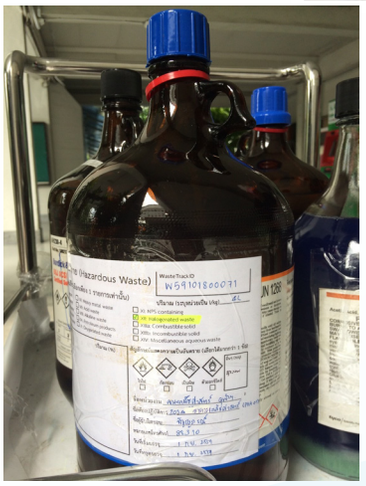
เครื่องหมายแสดงประเภทความเป็นอันตรายของของเสีย	**ประเภทของเสีย**..... **ชื่อห้องปฏิบัติการ/ชื่อเจ้าของ**..... **สถานที่**..... **เบอร์โทรติดต่อ**.....
ผู้รับผิดชอบ/เบอร์โทร	**ส่วนประกอบของของเสีย** ....
รหัสฉลาก/รหัสภาชนะ	**ปริมาณของเสีย**..... **วันที่เริ่มบรรจุของเสีย**..... **วันที่หยุดการบรรจุของเสีย**.....

การจัดเก็บของเสียที่ไม่เหมาะสม

- ไม่มีการจำแนกประเภทของเสีย
- ไม่มีการกำหนดพื้นที่เก็บของเสีย
- ไม่มีฉลากของเสีย
- ไม่มีภาชนะรองรับขวดของเสีย

การจัดเก็บของเสียที่เหมาะสม

- มีการจำแนกประเภทของเสีย
- มีภาชนะรองรับขวดของเสียที่เหมาะสม
- มีการติดฉลากของเสีย
- มีการกำหนดพื้นที่เก็บของเสียอย่างชัดเจน



7.4 การบำบัดของเสียเบื้องต้น

การกำจัดของเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการมีทั้งอันตรายที่แฝงอยู่และค่าใช้จ่ายสูงในการส่งกำจัดหากไม่จัดการของเสียให้ถูกต้อง บางครั้งของเสียที่ไม่ได้รับการบำบัดเบื้องต้นก่อนอาจก่อให้เกิดอันตราย หรือความเสียหายระหว่างการเก็บรวบรวม การขนส่ง หรือการกำจัด บางครั้งผู้รับกำจัดก็ไม่สามารถจัดการกับของเสียอันตรายบางประเภทได้ ผู้ที่ทำให้เกิดของเสียย่อมเป็นผู้รู้ดีที่สุด ว่ากำลังทำอะไร มีสารเคมีอะไรเกี่ยวข้อง และสุดท้ายของเสียที่เกิดขึ้นน่าจะมีองค์ประกอบอะไรบ้าง และต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการให้ข้อมูลเหล่านี้แก่ผู้รับกำจัดของเสีย รวมทั้งการบำบัดเบื้องต้นถ้าจำเป็นต้องกระทำก่อนการส่งกำจัด

วิธีการบำบัดของเสียเบื้องต้น ตัวอย่างเช่น

1. ***การลดปริมาตร*** เป็นการลดปริมาตรของเสียที่เกิดขึ้นแล้ว ต่างจากการลดการเกิดของเสีย (Reduce) เช่น สารละลายโลหะหนักที่เจือจางมากในน้ำ เช่น 1 ppb Hg^{2+} ที่เหลือจากตัวอย่างที่ส่งวิเคราะห์ ปริมาตร 1 ลิตร มีเนื้อปรอทซึ่งเป็นตัวของเสียอันตรายจริงๆ เท่ากับ 1 ไมโครกรัม (1 ในล้านของ 1 กรัม) หรือ ในกรณีที่มีตัวทำละลายเป็นน้ำ สามารถลดปริมาตรด้วยการปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยไปเองซึ่งเป็นสิ่งที่ควรทำ แต่ต้องประเมินความเสี่ยงจากปัจจัยอื่นๆ ด้วย

2. ***การปรับพีเอชให้เป็นกลาง*** เช่น สารละลายกรดหรือเบสเข้มข้น ควรผ่านการปรับพีเอชให้เป็นกลางก่อนทิ้งลงท่อน้ำทิ้งในกรณีที่ไม่มีโลหะหนักหรือไอออนที่เป็นอันตรายอื่นๆ อยู่ หรือส่งกำจัดตามความเหมาะสม

3. ***สารที่มีความเป็นอันตรายเฉพาะอื่นๆ*** เช่น สารเคมีที่มีพิษร้ายแรง สารเคมีที่ไวต่อน้ำ-อากาศ ตัวทำลายออกซิไดส์ ควรบำบัดเบื้องต้นหรือลดความเป็นอันตราย โดยวิธีการที่เหมาะสม ซึ่งสามารถหาข้อมูลได้จากเอกสาร SDS (Safety Data Sheet) หรือแหล่งอ้างอิงอื่นๆ ที่เชื่อถือได้

ผู้ทำให้เกิดของเสีย ย่อมต้องมีความรู้และเป็นผู้รับผิดชอบในการบำบัดของเสียก่อนผู้อื่น

8 การกำจัดของเสียอันตราย

หลักการทั่วไปของการกำจัดของเสีย ได้แก่

- ของเสียจากห้องปฏิบัติการที่ไม่มีสารอันตราย (contamination-free) สามารถนำไปจัดการได้เช่นเดียวกับขยะที่ไม่เป็นอันตราย (non-hazardous waste)
- ของเสียอันตรายที่ผ่านการบำบัดจนไม่มีอันตรายแล้ว ทิ้งได้เช่นเดียวกับของเสียที่ไม่เป็นของเสียอันตราย
- ของเสียที่ไม่สามารถกำจัดได้เอง ต้องส่งกำจัดผ่านบริษัทหรือหน่วยงานที่ได้รับใบอนุญาตจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยควรมีมาตรการลดปริมาณและ/หรือความเป็นอันตรายก่อนส่งกำจัด
- การขนส่งของเสียเพื่อส่งไปกำจัดต้องเป็นไปตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง คนขับรถขนส่งของเสียต้องมีใบอนุญาตขับขี่ชนิดพิเศษ มีรายละเอียดของต้นทาง ปลายทางของการขนส่ง ชนิดและปริมาณของเสีย ที่เรียกว่า เอกสารกำกับการขนส่งของเสีย หรือ manifest ตามประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547 ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตราย ส่วนที่ 2 ข้อมูลผู้ขนส่งของเสียอันตราย และส่วนที่ 3 ข้อมูลผู้ประกอบการสถานเก็บกัก บำบัด และกำจัดของเสียอันตราย

ผู้ปฏิบัติงานทราบวิธีการกำจัด และสามารถกำจัดของเสียอันตรายอย่างถูกวิธี ไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการกำจัดและลดผลกระทบจากการปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม

เอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย

หมายเลขใบกำกับการขนส่งของเสียอันตราย: Manifest No. ☐☐☐☐☐☐☐

ใบกำกับการขนส่งของเสียอันตราย

(Uniform Hazardous Waste Manifest)

1. ส่วนของผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตราย : This section must be completed by the Generator

1) ชื่อ : Name ..... สถานก่อกำเนิด : Generator address	2) เลขประจำตัวผู้ก่อกำเนิดของเสียอันตราย : Generator's ID..... โทรศัพท์: Phone ..... โทรสาร: Fax .....กรณีฉุกเฉิน: Emergency .....
3) ผู้ขนส่งของเสียอันตราย: Transporter	
รายที่ 1 ชื่อบริษัท: First company name.....	เลขประจำตัวผู้ขนส่งของเสียอันตราย รายที่ 1: Transporter's ID.....
รายที่ 2 ชื่อบริษัท: Second company name.....	เลขประจำตัวผู้ขนส่งของเสียอันตราย รายที่ 2: Transporter's ID.....
4) ผู้เก็บรวบรวม บำบัด และกำจัดของเสียอันตราย: Treatment Storage Disposal Facilities (TSDFs)	
5) รายละเอียดของของเสียอันตรายที่ขนส่งเคลื่อนย้าย	

ลำดับ No.	รายละเอียด (Description)	รหัสของเสียอันตราย: Waste ID	หมวดข้อวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว		ภาชนะบรรจุ: Containers		ปริมาตรสุทธิ: Quantity	หน่วยน้ำหนัก: Unit Wt/Vol	รายละเอียดเพิ่มเติม : Additional Detail
			หมวด	ข้อ	จำนวน: No.	ชนิด: Type			

รวมปริมาตรของเสียอันตรายทั้งหมด: Total Quantity ของเหลว: Liquid.....ลิตร/ลูกบาศก์เมตร: Liters/cu.m ของแข็ง: solid.....กิโลกรัม/ตัน: Kgs./tons

6) การปฏิบัติที่มีลักษณะพิเศษ และข้อมูลเพิ่มเติม
Special handing Instructions and Additional information

7) คำรับรอง: ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้ส่งมอบของเสียอันตรายแล้วตามที่ระบุข้างต้น และมีการบรรจุติดป้ายหรือฉลากอย่างเหมาะสมตรงตามข้อกำหนดของกฎหมายทุกประการ:
Generator Certificate: I hereby declare that the contents of this consignment are accurately described above and have been packed and labeled and are in proper condition for transport according to regulation.
ลงชื่อ Generator's name.....ลายเซ็น: Signature.....วันที่: Date .....เดือน: Month.....

2. ส่วนของผู้ขนส่งของเสียอันตราย : This section must be complete by the Transporter

1) ชื่อผู้ขนส่งรายที่ 1: Transporter's name ..... เลขประจำตัวผู้ขนส่ง: Transporter's ID ..... โทรศัพท์: Phone ...โทรสาร: Fax...กรณีฉุกเฉิน: Emergency.....	2) พาหนะที่ใช้ Vehicle	☐ รถบรรทุก Truck	☐ รถไฟ Train	☐ เรือ Ship	☐ เครื่องบิน Plane
	3) เลขทะเบียนพาหนะ: Vehicle ID				

4) คำรับรอง: ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้รับของเสียอันตรายแล้วตามที่ระบุข้างต้น และการขนส่งเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายทุกประการ:
Transporter Certification: I hereby declare that I have received the type and quantity of waste as describe above by the generator and that waste has been transported according to regulations.

โดยขนส่งจากจังหวัด: From.....ไปยังจังหวัด: To.....ใช้ระยะเวลาประมาณ: Time Spending.....ชม./วัน: hours/day
ลงชื่อผู้ขนส่งรายที่ 1 Transporter's name.....ลายเซ็น: Signature.....วันที่: Date.....เดือน: Month.....พ.ศ.: Year.....

5) ชื่อผู้ขนส่งรายที่ 2: Transporter's name ..... เลขประจำตัวผู้ขนส่ง: Transporter's ID	6) พาหนะที่ใช้ Vehicle	☐ รถบรรทุก Truck	☐ รถไฟ Train	☐ เรือ Ship	☐ เครื่องบิน Plane

โทรศัพท์: Phone ...โทรสาร: Fax...กรณีฉุกเฉิน: Emergency...	7) เลขทะเบียนพาหนะ: Vehicle ID				

8) คำรับรอง: ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้รับของเสียอันตรายแล้วตามที่ระบุข้างต้น และการขนส่งเป็นไปตามข้อกำหนดของกฎหมายทุกประการ:
Transporter Certification: I hereby declare that I have received the type and quantity of waste as describe above by the generator and that waste has been transported according to regulations.

โดยขนส่งจากจังหวัด: From.....ไปยังจังหวัด: To.....ใช้ระยะเวลาประมาณ: Time Spending.....ชม./วัน: hours/day
ลงชื่อผู้ขนส่งรายที่ 2 Transporter's name.....ลายเซ็น: Signature.....วันที่: Date.....เดือน: Month.....พ.ศ.: Year.....

3. ส่วนของผู้ประกอบการสถานเก็บรวบรวม บำบัด และกำจัดของเสียอันตราย : This section must be completed by TSDFs

1) ชื่อผู้รับกำจัด TSDF's name .....
สถานที่กำจัด TSDF's address .....

2) เลขประจำตัวผู้รับกำจัด: TSDF's ID .....
โทรศัพท์: Phone .....โทรสาร: Fax.....กรณีฉุกเฉิน: Emergency.....

3) คำรับรอง: ข้าพเจ้าขอรับรองว่าได้รับของเสียอันตรายแล้วตามที่ระบุข้างต้นนี้
TSDF Certificate of arrival: I hereby declare that I received the reference load.

และสามารถกำจัดของเสียที่รับมานี้ได้ภายในระยะเวลา: Treatment period .....☐ วัน: day ☐ เดือน: Month ☐ ปี: Year นับตั้งแต่วันที่ได้รับของเสีย: since the day that received waste
ลงชื่อผู้รับกำจัด: TSDF's name.....ลายเซ็น: Signature.....วันที่: Date.....เดือน: Month.....พ.ศ.: Year.....

4) กรณีของเสียอันตรายไม่ตรงตามที่แจ้ง: Discrepancy Notification
ประเภทของเสียอันตราย: Type of waste .....ปริมาณ: Quantity.....
การดำเนินงาน: Action taken ☐ ส่งคืน: Returned ☐ จัดประเภทใหม่: Reclassified/รหัส: Waste ID.....☐ รับกำจัด: Accepted
เหตุผล: Reason of action
วันที่ส่งคืน: Date returned...../...../.....(วัน/เดือน/ปี: dd/mm/yy) หมายเลขใบกำกับการขนส่งของเสียอันตรายที่ส่งกลับ: Returned manifest no.....
ชื่อผู้ส่งคืน: TSDF's name.....ลายเซ็นผู้ส่งคืน: TSDF's Signature.....

ทั้งนี้ ในการส่งของเสียอันตรายเพื่อนำไปกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ห้องปฏิบัติการควรจะส่งของเสียกำจัดเฉพาะกับบริษัทที่ได้รับใบอนุญาตในการจัดการของเสียจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม เท่านั้น โดยให้พิจารณาลักษณะและความสามารถในการจัดการของเสียของบริษัทให้เหมาะสมกับประเภทของเสียที่ส่งกำจัดด้วย และสามารถสืบค้นข้อมูลของบริษัทรับกำจัดของเสียที่ขึ้นทะเบียนกับกรมโรงงานอุตสาหกรรมได้ที่เว็บไซต์สำนักบริหารจัดการกากอุตสาหกรรม กรมโรงงานอุตสาหกรรม http://www2.diw.go.th/iwmb

9 แนวปฏิบัติในการจัดการของเสียอันตรายที่ไม่ทราบชนิด-องค์ประกอบ

- ห้องปฏิบัติการไม่ควรทำให้เกิดของเสียประเภทนี้ ผู้ที่ทำให้เกิดควรจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในการพิสูจน์เอกลักษณ์และหาวิธีการบำบัดเบื้องต้นก่อนส่งกำจัด

- สารเคมีที่ยังอยู่ในสภาพดีแต่ฉลากหลุดลอกหรือลบเลือน หรือเป็นสารที่มีองค์ประกอบเดียว หรืออยู่ในภาชนะบรรจุดั้งเดิมให้พยายามวิเคราะห์องค์ประกอบ/พิสูจน์เอกลักษณ์โดยการทำคุณภาพวิเคราะห์ หรือเทคนิคทางสเปกโตรสโกปีที่เหมาะสมและนำกลับมาใช้ใหม่หรือทิ้งเป็นของเสียอันตรายตามความเหมาะสม

- ในกรณีที่เป็นสารไม่ทราบชนิด-องค์ประกอบจริงๆ จำเป็นต้องนำไปวิเคราะห์เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ผู้รับกำจัดจำเป็นต้องทราบ คือ

- สถานะ
- การละลายน้ำ
- การติดไฟ
- สมบัติออกซิไดซ์
- ซัลไฟด์, ไซยาไนด์
- ฮาโลเจน
- กัมมันตรังสี
- การทำปฏิกิริยากับน้ำ
- พีเอช
- สารติดเชื้อ
- ความเป็นพิษ
- Polychlorinated Biphenyl (PCB)
- มีกลิ่นเหม็นรุนแรง
- ความเป็นอันตรายเฉพาะอื่นๆ

ซึ่งผู้รับกำจัดของเสียบางรายสามารถบริการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้ให้ได้ด้วย แต่จะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมที่ทำให้การบำบัดของเสียประเภทนี้มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าของเสียที่ทราบชนิด-องค์ประกอบมาก อีกทั้งยังเป็นการผลักภาระความรับผิดชอบให้กับผู้อื่น ซึ่งควรทำเมื่อจำเป็นเท่านั้น

10 บทส่งท้าย

จากโครงการ ESPReL ชี้ให้เห็นถึงความยากในการจัดการทั้งเรื่องสารเคมีและของเสียอันตราย สถาบัน/องค์กรใดมีนโยบายและมีหน่วยบริหารจัดการความปลอดภัยที่ชัดเจนจะสามารถกำหนดกติกาและแนวปฏิบัติให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันได้ เรื่องการจัดการของเสียอันตรายจะเป็นเรื่องที่ง่ายกว่าการจัดการสารเคมี เพราะทุกห้องปฏิบัติการต้องการตัวช่วยในการกำจัดของเสียอันตรายไปพ้นจากห้องด้วยกันทั้งนั้น (Not In My Back Yard, NIMBY) จากประสบการณ์การจัดการของเสียของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อมีการจัดการของเสียให้กับห้องปฏิบัติการจะได้รับความร่วมมือเป็นอย่างดี มีการแยกประเภทของเสียอันตรายไปในทิศทางเดียวกัน มีการป้อนข้อมูลให้หน่วยจัดการกลางรวบรวมข้อมูล และเก็บรวบรวมของเสียเพื่อส่งกำจัด แรงจูงใจคือ ผู้ที่ร่วมให้ข้อมูลของเสีย จะมีผู้รับผิดชอบจากส่วนกลางเข้ามาดำเนินการเก็บรวบรวมของเสียตามกำหนดเวลา รวมทั้งติดต่อและจ่ายค่ากำจัดของเสียให้ด้วย อย่างไรก็ตาม หลักการจัดการของเสียที่ถูกต้อง คือ ผู้ก่อกำเนิดของเสียต้องเป็นผู้รับผิดชอบ (Polluter Pay Principle, PPP) ซึ่งจะทำให้ผู้ก่อกำเนิดของเสียพยายามช่วยลดปริมาณและประเภทของเสีย ในส่วนของสถาบัน/องค์กรที่ไม่มีการกำหนดแนวทางการจำแนก เก็บรวบรวม และกำจัดของเสีย ซึ่งต่างคนต่างทำ จะก่อให้เกิดปัญหาการจัดการของเสียที่สะสมเป็นระเบิดเวลาที่พร้อมจะปะทุขึ้นมา โดยเฉพาะห้องปฏิบัติการที่ใช้งานมาเป็นเวลานาน จนหาเจ้าของสารเคมีเก่าๆ และของเสียที่ไม่ระบุประเภทไม่ได้ ทำให้การกำจัดของเสียในห้องปฏิบัติการเป็นไปได้ยากมาก และเสียค่าใช้จ่ายสูง

ในฐานะที่สถาบันการศึกษาเป็นแหล่งผลิตความรู้ และแหล่งก่อให้เกิดของเสียอันตรายขึ้นมาอย่างมากมายด้วย จึงควรมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวอย่างที่ถูกต้อง และให้ความรู้แก่ลูกศิษย์ที่จะออกไปทำงานโดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม เพื่อไม่เป็นการผลักภาระให้กับชุมชนและสิ่งแวดล้อม ดังคำกล่าวที่ว่า **“อย่าไปชี้นิ้วโทษคนอื่นโดยไม่โทษตัวเองเลย”**

เอกสารอ้างอิง

กรมควบคุมมลพิษ. **แนวทางการจัดการของเสียและสารอันตราย.** 2557. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_battery.htm. เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม 2557.

ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล. **คู่มือการออกแบบห้องปฏิบัติการ.** กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

_____ .“ข้อแนะนำเบื้องต้นด้านงานสถาปัตยกรรมและวิศวกรรมสำหรับอาคารห้องปฏิบัติการ.” **ในเอกสารประกอบอบรม โครงการอบรมเชิงปฏิบัติการเรื่องความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการออกแบบห้องปฏิบัติการปลอดภัย (Introduction to Laboratory Design for Safety)**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2557.

_____ .**รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการพัฒนาตัวอย่างห้องปฏิบัติการวิจัยปลอดภัย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

_____ .**ห้องปฏิบัติการปลอดภัยต้นแบบ-ตั้งต้นได้อย่างไร.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558.

ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล และวรภัทร์ อิงคโรจน์ฤทธิ์. **รายงานการสำรวจและประเมินลักษณะทางกายภาพของห้องปฏิบัติการ โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ระยะที่ 2**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2556.

บันทึกการบรรยายเรื่องการจัดการของเสียอันตราย โดย ศาสตราจารย์ ดร. ธีรยุทธ วิไลวัลย์ เมื่อวันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2557 ณ ห้องประชุม 221 อาคารสถาบัน 2 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง การกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว พ.ศ. 2548 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 123 ตอนพิเศษ 11 ง. ลงวันที่ 25 มกราคม 2549

ประกาศของกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง ระบบเอกสารกำกับการขนส่งของเสียอันตราย พ.ศ. 2547 ประกาศในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 122 ตอนพิเศษ 9 ง ลงวันที่ 31 มกราคม 2548

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, คู่มือความปลอดภัย ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 6 (กรกฎาคม 2558)

วราพรรณ ด่านอุตรา และคนอื่นๆ. **คู่มือการประเมินความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2555.

_____ .**แนวปฏิบัติเพื่อความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2555.

_____ .**รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2555.

_____ .**รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ระยะที่ 2**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2556.

_____ .**รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย ระยะที่ 3**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย และ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

_____ **. คู่มือการประเมินความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ.** ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2557.

_____ **. คู่มือการประเมินความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ.** ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย, 2558. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก http://esprel.labsafety.nrct.go.th/files/ESPReL-Book2.pdf. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 พฤศจิกายน 2558

สุชาตา ชินะจิตร. **ความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ: พัฒนาได้อย่างไร ใช้จริยธรรมสร้างความตระหนักรู้สู่วัฒนธรรม บทสรุปผลการดำเนินงาน โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2555.

_____. **บนเส้นทางระบบมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการ บทสรุปผลการดำเนินงาน โครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย, 2556.

_____.**ห้องปฏิบัติการปลอดภัย: เรื่องของใคร บทสรุปผลการดำเนินงานโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยห้องปฏิบัติการวิจัยในประเทศไทย.** กรุงเทพฯ: ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย และ สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2557.

กลุ่มภารกิจด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
หน่วยพลังงานและสิ่งแวดล้อม สำนักบริหารระบบกายภาพ

สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสิ่งแวดล้อม
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ศปอส.)

ISBN 978-616-429-343-4