การใช้มาตรฐาน มอก. 2677-2558 เพื่อยกระดับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน: กรณีศึกษา อาคารเก็บสารเคมี คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มจพ.

Using TIS 2677-2558 for safety improvement in basic chemistry laboratory: case study of chemical storage building, Faculty of Applied Science, KMUTNB

วราภรณ์ บุญโต[1], จิตมณี พ่วงปิ่น[1], โกวิทย์ ปิยะมังคลา[2*]
Waraporn Boonto[1], Jitmanee Puangpin[1], Kowit Piyamongkala[2*]

Received: 22 January 2020 ; Revised: 31 May 2020 ; Accepted: 22 June 2020

บทคัดย่อ

ห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (มจพ.) มีของเสียอันตราย ส่วนใหญ่เกิดจากสารเคมี การจัดการของเสียอันตรายได้นำมาตรฐาน มอก. 2677-2558 มาใช้เป็นแนวทางปฏิบัติ ก่อนการดำเนินงาน มีข้อบกพร่องจำนวน 31 รายการ ที่มีความเสี่ยงในระดับสูงต่อการเกิดอุบัติเหตุ จึงได้รวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ จำแนกประเภทของเสียอันตราย เคลื่อนย้ายสถานที่จัดเก็บของเสียอันตราย เปลี่ยนภาชนะบรรจุ และติดป้ายฉลากระบุประเภทของเสียอันตราย จัดทำระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย และรายงานความเคลื่อนไหวของเสียอันตรายก่อนส่งกำจัด หลังจากการแก้ไขปรับปรุง สามารถลดข้อบกพร่องเหลือ 5 รายการ อย่างไรก็ตาม ผลการปรับปรุงก่อให้เกิดความปลอดภัยต่อบุคลากรและนักศึกษา ที่ใช้งานห้องปฏิบัติการพื้นฐานเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: ของเสียอันตราย การยกระดับ ห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน

Abstract

The basic chemistry laboratories at the Department of Industrial Chemistry, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok (KMUTNB) produce hazardous chemical wastes. Thailand Industrial Standard (TIS 2677-2558) was used as a guideline to manage hazardous wastes. It was found that, before the assessment, there were 31 items that ranked as presenting a high risk of accidents. Management was further improved the follows: by collecting data from the activities of the laboratory staff, by classifying the types of hazardous wastes, by relocating the waste storage sites, by changing the hazardous waste containers, by appropriately labeling hazardous wastes, by creating a recording system regarding information concerning the hazardous wastes, and by proper coordination of data before and after disposal. In spite of these measures, there were still 5 items that remained at high risk rating. Nevertheless, the safety of the laboratory for personnel and students were increased significantly.

Keywords: Hazardous Waste, Improvement, Basic Chemistry Laboratory

[1] นักศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800
[2] อาจารย์, คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ กรุงเทพมหานคร 10800
[1] Student, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800
[2] Instructure, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok, Bangkok, 10800
* Corresponding author: kowit.p@sci.kmutnb.ac.th

บทนำ

ของเสียอันตราย (Hazardous Waste) ภายในห้องปฏิบัติการส่วนใหญ่เกิดจากการวิเคราะห์ทดสอบตัวอย่าง[1] ประกอบไปด้วยสารที่มีอันตรายต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม โดยของเสียอันตรายภายในห้องปฏิบัติการ สามารถจำแนกได้ดังนี้ หนึ่ง ของเสียที่ไม่เป็นอันตราย หมายถึงของเสียที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมีหรือสารอันตราย เช่นขวดน้ำพลาสติก กระดาษทิชชูที่ไม่สัมผัสสารเคมี กระดาษเอกสาร หรือกระดาษลัง และสองของเสียที่เป็นอันตราย หมายถึงของเสียในสถานะของแข็ง หรือกึ่งของแข็ง หรือของเหลว หรือก๊าซ ที่มีลักษณะสมบัติหรือปนเปื้อนกับวัตถุอันตราย แล้วปรากฏลักษณะสมบัติอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือมากกว่าหนึ่งดังต่อไปนี้ เป็นวัตถุระเบิด วัตถุไวไฟ วัตถุออกซิไดซ์ และวัตถุเพอร์ออกไซด์ วัตถุกัดกร่อน วัตถุทำให้เกิดโรค วัตถุกัมมันตรังสี และวัตถุมีพิษร้ายแรง ได้แก่ สารก่อมะเร็ง วัตถุก่อให้เกิดอาการระคายเคือง อาการภูมิแพ้ การกลายพันธุ์ และก่อให้เกิดความบกพร่องการพัฒนาการของทารกในครรภ์ เป็นต้น[2] หากไม่ได้รับการจัดการอย่างเหมาะสม อาจเกิดความเสี่ยงอันตรายต่อบุคลากรภายในห้องปฏิบัติการ รวมไปถึงผลกระทบต่อชุมชนและสิ่งแวดล้อม

ปัจจุบันภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ มีระบบการจัดการของเสียอันตราย โดยการจำแนกประเภทของเสียอันตรายออกเป็นประเภทต่างๆ แต่ยังขาดระบบการจัดการที่ดี ทั้งในเรื่องของข้อมูลในการจัดเก็บการจดบันทึก สถานที่ในการจัดเก็บ มาตราการในการปฏิบัติ รวมไปถึงความรู้ความเข้าใจและพฤติกรรมของบุคลากรภายในภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม ที่ยังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พรเพ็ญ กำนารายณ์ ที่ได้ทำการสำรวจเพื่อชี้บ่งอันตรายและวิเคราะห์ความเสี่ยงในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ ยังคงต้องมีการพัฒนาและปรับปรุงให้เกิดความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น[3]

ดังนั้นภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม จึงให้ความสำคัญในการจัดการของเสียอันตราย โดยคำนึงถึงความปลอดภัยของบุคลากร และนักศึกษาในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน รวมไปถึงในด้านสิ่งแวดล้อม จึงใช้มาตรฐาน มอก. 2677-2558[4, 5] เป็นแนวทางในการจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เริ่มจากการรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ที่ดูแลห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน การจำแนกประเภทของเสียอันตราย การรายงานข้อมูลของเสียอันตราย สถานที่จัดเก็บ ภาชนะบรรจุของเสียอันตรายและป้ายฉลากระบุประเภทของเสียอันตราย ผลการสำรวจพบว่าภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน มีข้อที่ต้องปรับปรุงเกี่ยวกับ การจำแนกประเภทของเสียอันตรายไม่ชัดเจน สถานที่จัดเก็บของเสียอันตรายมีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ รวมไปถึงภาชนะในการจัดเก็บมีสภาพชำรุด และป้ายระบุประเภทของเสียอันตรายไม่ตรงตามมาตรฐาน มอก. 2677-2558 ดังนั้นจึงดำเนินการจัดการของเสียอันตรายภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน โดยจัดเตรียมสถานที่จัดเก็บของเสียอันตรายที่เหมาะสม ทำให้ไม่เกิดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ มีเกณฑ์ในการจำแนกประเภทของเสียอันตรายที่ชัดเจนขึ้น โดยคำนึงถึงความเข้ากันไม่ได้ของของเสียอันตราย เปลี่ยนภาชนะจัดเก็บของเสียอันตรายจากของเดิม จัดทำระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย มีการรายงานความเคลื่อนไหวข้อมูลของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นก่อนส่งกำจัด และชี้บ่งอันตรายหลังการแก้ไข โดยวิธีการสำรวจใช้ เทคนิค Checklist จากผลการดำเนินงานทำให้ลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เกิดความปลอดภัยของบุคลากรและนักศึกษาภายในห้องปฏิบัติการ รวมไปถึงการลดปริมาณของเสียอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบบริหารจัดการของเสียอันตรายให้มีประสิทธิภาพ และเป็นไปตามมาตรฐาน มอก. 2677-2558 นำมาซึ่งความปลอดภัยต่อบุคลากร นักศึกษา ชุมชนและสิ่งแวดล้อมโดยรอบอาคารเก็บสารเคมี ตลอดจนทรัพย์สินภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน

วิธีการวิจัย

การจัดการของเสียอันตรายภายในห้องปฏิบัติการประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

การสำรวจพื้นที่ และรวบรวมข้อมูลสถานภาพปัจจุบัน

เป็นการสำรวจพื้นที่อาคารเก็บสารเคมี ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ และรวบรวมข้อมูลสถานภาพภายหลังการปรับแก้ไขข้อบกพร่อง โดยใช้มาตรฐาน มอก. 2677-2558 เล่มที่ 1 และเล่มที่ 2 เป็นแนวทางในการปฏิบัติ

การชี้บ่งอันตราย

เป็นการศึกษา วิเคราะห์ ทบทวนการดำเนินงานทั้งหมด ภายหลังการปรับ แก้ไขข้อบกพร่อง จากนั้นรวบรวมจัดทำบัญชีรายการสิ่งที่เป็นความเสี่ยงและอันตราย ใช้การชี้บ่งอันตรายจากแบบตรวจสอบ ESPReL Checklist จากนั้นนำผลการตรวจสอบจาก ESPReL Checklist มาชี้บ่งอันตรายเพื่อหาแนวโน้มของอันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากพื้นที่

การวิเคราะห์อันตราย

เป็นการวิเคราะห์อันตรายของการจัดการของเสียอันตราย ภายในอาคารเก็บสารเคมีภายหลังการปรับ แก้ไขข้อบกพร่อง โดยการสังเกตลักษณะทางกายภาพ ของการจัดการของเสียอันตราย

การประเมินความเสี่ยง

พิจารณาถึงโอกาสและความรุนแรงของอันตราย ได้มีการชี้บ่งอันตรายออกมา ซึ่งอาจก่อให้เกิดเพลิงไหม้ การระเบิด การรั่วไหลของของเสียอันตราย ภายหลังการปรับแก้ไขข้อบกพร่อง

การหาแนวทางแก้ไขและป้องกันความเสี่ยง

เป็นการหาแนวทางป้องกันหรือหาแนวทางใหม่เพื่อลดระดับความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากของเสียอันตราย

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลการปฏิบัติและแก้ไขการจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน

ระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย มีการสร้างระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบฐานข้อมูล (Database Management System) มาใช้ในการบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ มีการรายงานข้อมูลของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นอย่างชัดเจน เพื่อรายงานความเคลื่อนไหว สามารถรู้ปริมาณและที่มาของเสียอันตรายที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน และสามารถใช้ประโยชน์จากระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย เพื่อการประเมินความเสี่ยง และการจัดเตรียมงบประมาณในการกำจัด โครงสร้างของข้อมูลของเสียอันตรายที่บันทึกประกอบด้วย วันที่บันทึกข้อมูล (Input Date) ผู้รับผิดชอบ อาคารที่เก็บของเสียอันตราย (Storage Building) ห้องที่เก็บของเสียอันตราย (Storage Room) รหัสของภาชนะบรรจุ (Bottle ID) ประเภทของเสียอันตราย และปริมาณของเสียอันตราย (Waste Volume/ Weight) โดยวิธีการใช้ระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายดังแสดงใน Figure 1

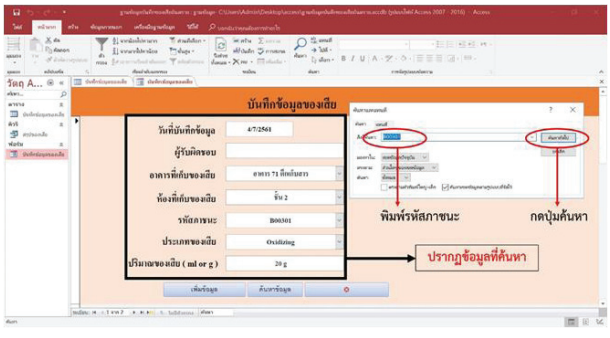

Figure 1 Program Microsoft Access for record hazardous waste

การเก็บของเสียอันตราย

การเก็บของเสียอันตรายมีการปรับปรุงแก้ไขแนวทางปฏิบัติในขั้นตอนการเก็บของเสียอันตราย เพื่อรอการส่งกำจัด โดยคำนึงถึงความเหมาะสม ลักษณะทางกายภาพของสถานที่ และความปลอดภัยของบุคลากรและนักศึกษา ที่เกี่ยวข้องภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน มีการแก้ไข ดังนี้

1. แยกประเภทของเสียอันตราย จากเดิมห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน มีการแยกประเภทของเสียอันตรายตามปฏิบัติการทดลองเคมีพื้นฐาน ทำให้มีภาชนะบรรจุของเสียอันตรายเป็นจำนวนมากเกินไปในแต่ละชั้น มีถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียไม่เพียงพอ ของเสียอันตรายแต่ละประเภทถูกวางรวมกัน และถูกวางกระจายทั่วห้อง ไม่มีสถานที่จัดเก็บที่แน่นอน หากเกิดเหตุการณ์ภาชนะบรรจุของเสียอันตรายแตกหรือชำรุด อาจทำให้ของเสียอันตรายที่มีสมบัติความเข้ากันไม่ได้บางประเภทผสมรวมกัน เป็นผลทำให้เกิดความเสี่ยงต่ออุบัติเหตุร้ายแรงภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เมื่อพิจารณาจากปัญหา จึงได้มีการแยกประเภทของเสียอันตรายภายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เป็นของแข็ง ได้แก่ตะกอนแบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) และเศษแก้วแตก และของเหลว ได้แก่ สารละลายกรด สารละลายเบส สารละลายโลหะหนัก และน้ำมันปิโตรเลียม โดยคำนึงถึงสมบัติความเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี ของเสียอันตรายบางปฏิบัติการทดลอง เป็นของเสียอันตรายประเภทเดียวกัน สามารถจัดเก็บรวมกันได้ ดังแสดงใน Figure 2

Figure 2 Bottom for keep hazardous waste from experiment

2. แยกประเภทขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี และขยะที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมี มีการระบุชัดเจนว่าควรทิ้งลงถังประเภทใด ขยะที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมี (ถุงขนม กล่องข้าว กระดาษที่ไม่ปนเปื้อนสารเคมี) และขยะรีไซเคิล สำหรับทิ้งขยะรีไซเคิล (ขวดน้ำเปล่า) ระบุให้เป็นขยะทั่วไป ดังแสดงใน Figure 3 (a) ในขณะที่ขยะปนเปื้อนสารเคมี ระบุให้เป็นขยะอันตรายสำหรับทิ้งขยะที่ปนเปื้อนสารเคมี (ทิชชู ถุงมือ กระดาษกรอง อื่นๆ) ดังแสดงใน Figure 3 (b)

Figure 3 Bin of solid waste (a) plastic and general solid waste and (b) hazardous waste

3. ปรับเปลี่ยนภาชนะบรรจุของเสียอันตราย เนื่องจากภาชนะบรรจุของเสียอันตรายเดิม เป็นขวดแก้วสีชา บรรจุสารเคมีที่ใช้หมดแล้ว มีน้ำหนักมาก ทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก หยิบจับไม่ถนัดมือ เสี่ยงต่อการตกหล่นและแตกได้ง่าย นอกจากนั้นการมองปริมาณของเสียอันตรายที่บรรจุอยู่ภายในเห็นได้ไม่ชัดเจน เนื่องจากเป็นภาชนะโปร่งแสง สีน้ำตาล จึงเปลี่ยนมาใช้ถังแกลลอนที่เป็นพลาสติกประเภท Polypropylene (PP) ซึ่งไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีของปฏิบัติการทดลองเคมีพื้นฐาน มีน้ำหนักเบา ทำให้เคลื่อนย้ายได้สะดวก หยิบจับได้ถนัดมือ ลดความเสี่ยงในการตกหล่นแตกง่าย และมองเห็นปริมาณของเสียอันตรายชัดเจน โดยมีถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียอันตราย เพียงพอและแยกตามประเภทของของเสียอันตรายชัดเจน ดังแสดงใน Figure 2

4. ติดฉลากภาชนะบรรจุของเสียอันตราย โดยมีรายละเอียดแต่ละหัวข้อ ได้แก่ข้อความระบุอย่างชัดเจนว่าเป็นของเสียอันตราย ชื่อห้องปฏิบัติการ/ชื่อเจ้าของ/ผู้รับผิดชอบ ประเภทของเสียอันตราย สัญลักษณ์แสดงความเป็นอันตราย ดังแสดงใน Table 1 ส่วนประกอบของเสียอันตราย ปริมาณของเสียอันตราย วันที่เริ่มบรรจุของเสียอันตราย วันที่หยุดการบรรจุของเสียอันตราย และระบุที่หมายเหตุแต่ละปฏิบัติการจะต้องทิ้งลงในภาชนะบรรจุของเสียอันตรายประเภทไหน รูปแบบของฉลากภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ดังแสดงใน Figure 4

Table 1 Symbol of hazardous waste in basic chemistry laboratory

ประเภทของเสียอันตราย	สัญลักษณ์ความเป็นอันตราย	ความหมายสัญลักษณ์
โลหะหนัก		เป็นพิษ (Toxic)
		เป็นพิษต่อสุขภาพ (Health toxicity)
		เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Environment toxicity)
กรด		กัดกร่อนโลหะ และผิวหนัง (Corrosive to metals and skin)
เบส		กัดกร่อนโลหะ และผิวหนัง (Corrosive to metals and skin)
ตะกอน แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$)		เป็นพิษเฉียบพลัน ระคายเคือง (Acute toxicity, irritation)

Figure 4 Label at bottom of hazardous waste

5. การกำหนดรหัสภาชนะบรรจุของเสีย มีการกำหนดภาชนะบรรจุของเสียอันตรายสำหรับห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เพื่อสะดวกในการค้นหา ไม่เกิดความสับสน และปะปนกันของภาชนะบรรจุของเสียอันตรายในแต่ละชั้น ซึ่งการกำหนดรหัสภาชนะบอกถึง 3 องค์ประกอบดังนี้ องค์ประกอบที่หนึ่งบ่งบอกถึงประเภทของของเสียอันตราย แสดงในรูปแบบของตัวอักษรภาษาอังกฤษ A หมายถึง Acid (กรด) B หมายถึง Base (เบส) HV หมายถึง Heavy Metal (โลหะหนัก) HC หมายถึง Hydrocarbon (น้ำมันปิโตรเลียม) และ S หมายถึง Solid (ตะกอน) องค์ประกอบที่สองบ่งบอกถึงสถานที่ห้องปฏิบัติการ แสดงในรูปแบบของตัวเลข (ในกรณีของอาคารเก็บสารเคมีจะระบุเป็นชั้น 1, 2, ..., 5 โดยนำหน้าด้วย 00 จากนั้นตามด้วยเลขชั้น) และองค์ประกอบที่สามบ่งบอกถึงเลขที่ขวดของแต่ละชั้นแต่ละประเภทแสดงในรูปแบบของตัวเลข ตัวอย่างการกำหนดรหัสภาชนะ แสดงใน Figure 5

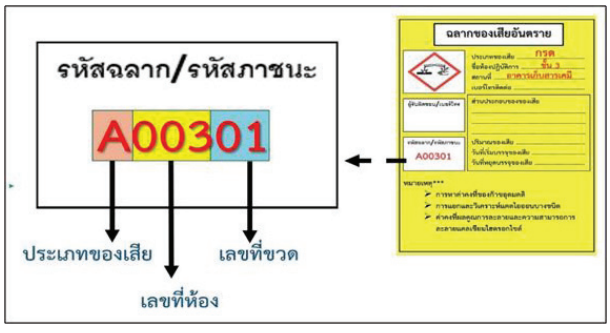

Figure 5 Specific code bottom of hazardous waste

6. การกำหนดพื้นที่และบริเวณที่ใช้จัดเก็บของเสียอันตราย เมื่อแยกประเภทของเสียอันตราย และทราบจำนวนภาชนะบรรจุของเสียอันตรายแล้ว จึงกำหนดพื้นที่และบริเวณที่ใช้จัดเก็บของเสียอันตรายอย่างชัดเจน โดยการจัดวางภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ไว้ในบริเวณที่ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ เปลวไฟ ท่อระบายน้ำ ใต้อ่างน้ำ และไม่ปิดกั้นหรือกีดขวางบริเวณทางเดินและทางเข้า - ออก ของห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน โดยมีรายละเอียดแต่ละชั้นดังนี้

ชั้นที่ 1 จัดถังขยะทั่วไปบริเวณข้างบันได เนื่องจากไม่มีปฏิบัติการทดลองที่ต้องใช้สารเคมีในชั้นนี้ ทำให้ไม่มีของเสียอันตรายจึงมีเพียงถังขยะทั่วไป

ชั้นที่ 2 จัดวางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายขนาด 5 ลิตร จำนวน 2 ใบ ประเภทน้ำมันปิโตรเลียมโดยมีถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียอันตรายบริเวณใต้โต๊ะปฏิบัติการสำหรับทิ้งของเสียอันตรายจากการทดลองปฏิบัติการเคมีอุตสาหกรรม จัดวางถังขยะอันตรายไว้บริเวณข้างตู้ดูดไอสารเคมี และจัดวางถังขยะทั่วไปและถังขยะรีไซเคิล ไว้บริเวณหน้าตู้ส่งงานอย่างละ 1 ใบ ดังแสดงใน Figure 6

ชั้นที่ 3 จัดวางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายขนาด 5 ลิตร จำนวน 12 ใบ สำหรับทิ้งของเสียอันตรายประเภท กรด เบส และโลหะหนัก วางไว้บริเวณด้านหลังห้องปฏิบัติการ จัดวางถังขยะอันตรายจำนวน 3 ใบ ไว้บริเวณรอบห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เพื่อความสะดวกในการทิ้งสำหรับนักศึกษา และวางถังสำหรับเศษแก้วแตกจำนวน 1 ใบ ไว้บริเวณริมทางเดินหน้าห้องน้ำชาย ดังแสดงใน Figure 7

Figure 6 Bottom and bin at second floor (a) Petroleum waste (b) hazardous waste and (c) recycle and solid waste

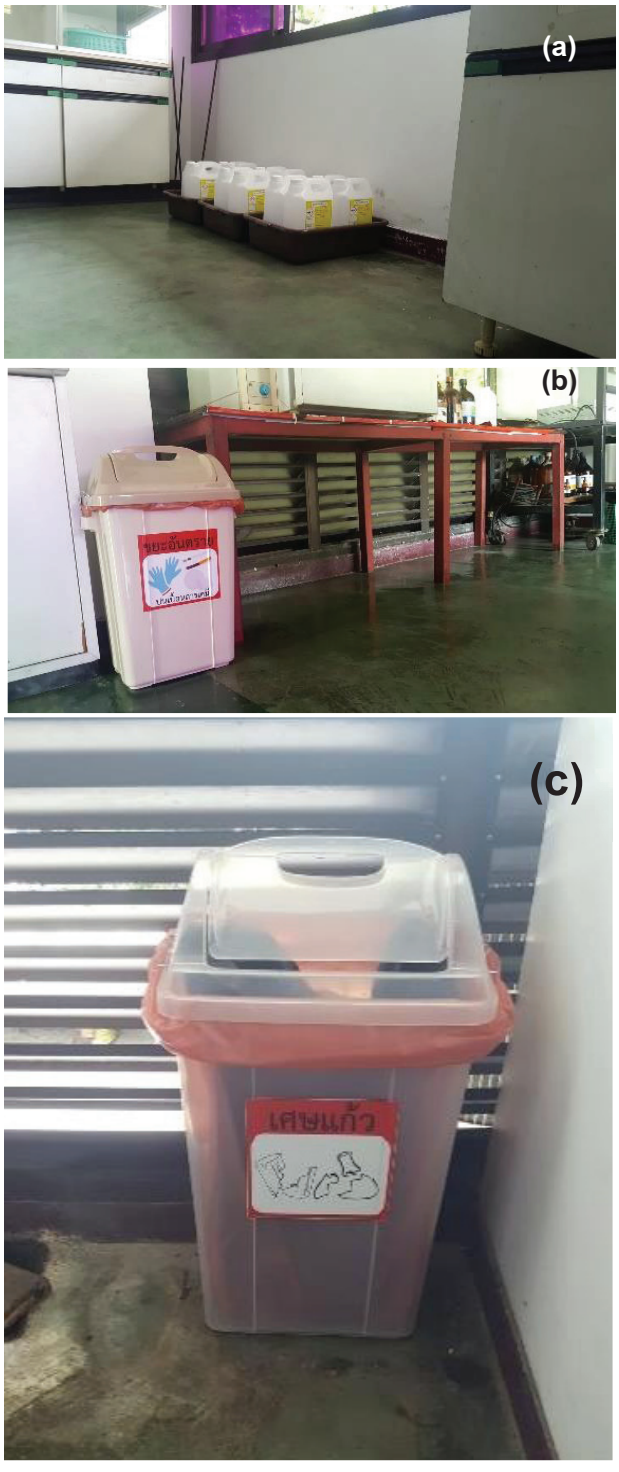

Figure 7 Bottom and bin at third floor (a) acid-base (b) hazardous waste and (c) broken glasses

ชั้นที่ 4 จัดวางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายขนาด 5 ลิตร จำนวน 12 ใบ สำหรับทิ้งของเสียอันตรายประเภท กรด เบส และโลหะหนัก วางไว้บริเวณด้านหลังของห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน จัดวางถังขยะอันตรายจำนวน 3 ใบ ไว้บริเวณรอบห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน เพื่อความสะดวกในการทิ้งสำหรับนักศึกษา และวางถังสำหรับเศษแก้วแตกจำนวน 1 ใบ ไว้บริเวณริมทางเดินหน้าห้องน้ำชาย ดังแสดงใน Figure 8

ชั้นที่ 5 จัดวางถังขยะทั่วไปบริเวณหน้าห้องบรรยาย เนื่องจากไม่มีปฏิบัติการทดลองที่ต้องใช้สารเคมีในชั้นนี้ ทำให้ไม่มีของเสียอันตราย จึงมีเพียงถังขยะทั่วไปจำนวน 1 ใบ และจัดวางชั้นสำหรับวางขวดสารเคมีเก่าบริเวณหน้าห้องบรรยาย

โดยผลจากการนำมาตรฐาน มอก. 2677-2558 เข้ามาดำเนินงานปรับปรุงห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน ในชั้นที่ 2, 3 และ 4 พบว่าก่อนการดำเนินงานมีภาชนะบรรจุของเสียอันตรายจำนวน 36, 19 และ 29 ใบ ตามลำดับ ภายหลังจากการดำเนินงานปรับปรุง สามารถลดจำนวนภาชนะบรรจุของเสียอันตรายเหลือ 3, 16 และ 16 ใบ ตามลำดับ คิดเป็นจำนวนขวดบรรจุของเสียอันตรายที่ลดลงเท่ากับร้อยละ 91.7, 15.8 และ 44.8 ตามลำดับ ในขณะเดียวกัน ก่อนดำเนินการปรับปรุงใช้พื้นที่จัดเก็บของเสียอันตราย 2.7, 1.7 และ 2.5 ตารางเมตร ตามลำดับ ภายหลังการปรับปรุง พื้นที่จัดเก็บของเสียอันตรายลดลงเหลืออยู่ 0.6, 1.0 และ 1.0 ตารางเมตร ตามลำดับ โดยพื้นที่การจัดเก็บของเสียอันตรายลดลงร้อยละ 77.8, 41.2 และ 60.0 ตารางเมตร ตามลำดับ

Figure 8 Bottom and bin at fourth floor (a) acid-base (b) hazardous waste and (c) broken glasses

ตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะและฉลากของเสียอันตราย

จากเดิมไม่มีการตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะและฉลากบรรจุของเสียอันตราย พบว่าภาชนะและฉลากของเสียอันตรายบางส่วนมีสภาพชำรุด ฝาปิดเก่า ป้ายฉลากเลือนราง เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ จึงจัดทำแบบฟอร์มตารางบันทึกการตรวจสอบภาชนะและฉลากของเสียอันตราย โครงสร้างแบบฟอร์มที่ตรวจสอบประกอบด้วย สภาพภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ฝาปิดภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ป้ายฉลากภาชนะบรรจุของเสียอันตราย และถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียอันตราย เป็นตัวช่วยในการตรวจสอบ สภาพปัจจุบันของภาชนะและฉลากของเสียอันตราย ตรวจสอบง่าย สะดวก และไม่ยุ่งยาก เพื่อนำไปสู่การแก้ไขได้ทันที โดยกำหนดให้เจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ประจำอาคารเก็บสารเคมี ตรวจสอบทุกๆ 1 เดือน หากภาชนะและฉลากของเสียอันตรายบางส่วนมีสภาพชำรุด ให้เขียนไว้ในช่องหมายเหตุ และดำเนินการแก้ไขทันที วิธีนี้ช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ อันเนื่องมาจากการชำรุดของสภาพภาชนะและฉลากบรรจุของเสียอันตราย

การดำเนินงานดังกล่าวใช้เวลาในการเตรียมสถานที่ 90 วัน ใช้งบประมาณในการปรับปรุงทั้งหมดเป็นเงิน 10,000 บาท ซึ่งประกอบด้วย การจัดหาภาชนะบรรจุของเสียอันตรายเป็นเงิน 7,000 บาท การจัดทำฉลากติดภาชนะบรรจุของเสียอันตรายอีก 2,000 บาท และค่าจ้างในการขนย้ายโต๊ะไม้ ตู้เหล็ก ตลอดจนท่ออีกเป็นเงิน 1,000 บาท

การนำเสนองาน

ทำโดยการให้ความรู้ ความเข้าใจ ในการปรับปรุงแก้ไข ระบบการจัดการของเสียอันตราย แก่เจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ของภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม และรับฟังข้อชี้แนะของเจ้าหน้าที่นักวิทยาศาสตร์ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข การจัดการระบบให้เหมาะสม และสอดคล้องในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐาน

การชี้บ่งอันตรายและการวิเคราะห์อันตราย

ผลการตรวจสอบระบบการจัดการของเสียอันตรายภายหลังการจัดการด้วยวิธี Checklist เมื่อดำเนินการปฏิบัติและแก้ไขการจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการเคมีพื้นฐานแล้ว ได้มีการตรวจสอบด้วยวิธี ESPReL Checklist อีกครั้งพบว่า ก่อนการจัดการระบบการจัดการของเสียอันตรายมีข้อมูลที่ใช่ ไม่ใช่ ไม่เกี่ยวข้อง และไม่ทราบ/ไม่มีข้อมูลจำนวน 8, 26, 2 และ 3 รายการ ตามลำดับ และหลังการจัดการระบบการจัดของเสียอันตรายมีข้อมูลที่ใช่ ไม่ใช่ ไม่เกี่ยวข้อง และไม่ทราบ/ไม่มีข้อมูล จำนวน 34, 2, 2 และ 1 รายการ ตามลำดับ จากผลการตรวจสอบด้วยวิธี ESPReL Checklist ก่อนและหลังการจัดการระบบการจัดการของเสียอันตราย พบว่าข้อมูลที่ “ใช่” เพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 20.5 เป็นร้อยละ 87.2 ข้อมูลที่ “ไม่ใช่”ลดลงจากเดิมร้อยละ 66.7 เหลืออยู่ร้อยละ 5.1 แสดงว่าเมื่อมีการปฏิบัติและแก้ไข สามารถจัดการระบบการจัดการของเสียอันตรายให้ตรงตามมาตรฐาน มอก. 2677-2558 และมีเพียงร้อยละ 5.1 ที่ยังไม่สามารถแก้ไขได้ เนื่องจากยังมีการเก็บของเสียอันตรายประเภทน้ำมันปิโตรเลียม ซึ่งเป็นของเสียอันตรายไวไฟในห้องปฏิบัติการเกิน 38 ลิตร ต้องรอการกำจัดหรือนำไปใช้งานซ้ำ หรือใช้ประโยชน์ในด้านอื่นต่อได้ จากผลการตรวจสอบช่วยมองเห็นภาพรวมของการปฏิบัติและแก้ไขการจัดการของเสียอันตราย นำไปสู่การลดความเสี่ยงในการเกิดอุบัติเหตุ ต่อทั้งนักศึกษา เจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน และบุคคลที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี

การประเมินความเสี่ยง

การประเมินความเสี่ยงภายหลังการจัดการระบบจัดการของเสียอันตราย ได้ทำการแก้ไขและปรับระบบการจัดการของเสียอันตรายตาม มอก. 2677 - 2558 มีการประเมินความเสี่ยงอีกครั้ง เพื่อพิจารณาว่าผลที่ได้แก้ไขและปรับปรุงระบบการจัดการของเสียอันตราย สามารถช่วยลดความเสี่ยงได้หรือไม่ จากผลการประเมินความเสี่ยง พบว่าเมื่อมีการบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายในรูปแบบเอกสารหรืออิเล็กทรอนิกส์ รายละเอียดการประเมินความเสี่ยงดังแสดงใน Table 2 นอกจากนั้น มีโครงสร้างเบื้องต้นข้อมูลของเสียอันตรายที่บันทึก มีการแยกประเภทของเสียอันตรายอย่างชัดเจน ใช้ภาชนะบรรจุของเสียอันตรายที่ลดความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุ ป้ายฉลากติดภาชนะบรรจุของเสียอันตรายระบุข้อมูลเบื้องต้นครบถ้วนชัดเจน มีการตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะบรรจุและฉลากของเสียอันตรายอย่างสม่ำเสมอ มีถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียอันตรายเพียงพอและไม่เสื่อมสภาพ มีพื้นที่ในการเก็บของเสียอันตรายแน่นอน ไม่วางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายภายในห้องน้ำ และไม่วางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายใกล้แหล่งความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ เปลวไฟ พบว่าความเสี่ยงลดลงอยู่ในระดับ 1 คือความเสี่ยงเล็กน้อย ทำให้มีโอกาสน้อยมากที่จะเกิดความเสี่ยงรุนแรง และในส่วนของการเก็บของเสียอันตรายประเภทไวไฟในห้องปฏิบัติการเกิน 38 ลิตร และไม่จัดเก็บไว้ในตู้สำหรับเก็บสารไวไฟโดยเฉพาะ ยังไม่สามารถส่งกำจัดได้ เนื่องจากต้องมีการกำจัดในรอบถัดไป ความเสี่ยงจึงยังคงอยู่ในระดับ 2 ต้องมีการดำเนินการเพื่อลดความเสี่ยง โดยผลการประเมินความเสี่ยงในหัวข้อที่ 1-11 ได้มีการรวบรวมและแสดงใน Table 3

Table 2 Rating to record of hazardous waste in paper and file within basic chemistry laboratory

หัวข้อ	ผลหรืออันตรายที่จะเกิดขึ้นตามมา	มาตรการป้องกันและควบคุม	ข้อเสนอแนะ	การประเมินความเสี่ยง			
				โอกาส	ความรุนแรง	ผลลัพธ์	ระดับความเสี่ยง
1. มีการบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายในรูปแบบ 1.1 เอกสาร 1.2 อิเล็กทรอนิกส์	<u>ผลต่อบุคคล</u> - รู้ปริมาณของเสียอันตรายที่อยู่ในห้องปฏิบัติการ ทำให้สามารถประเมินปริมาณของเสียได้ สามารถวางแผนจัดการได้สะดวก ช่วยลดความเสี่ยงได้ ผลต่อทรัพย์สิน - สามารถประเมินราคาในการส่งกำจัดในแต่ละปีได้ง่ายขึ้น	- ควรบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายทุกครั้งเมื่อมีการทิ้งสารรวมถังรวมใหญ่	- สามารถนำระบบบันทึกข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในพื้นที่ อื่นได้ในอนาคต	2 2	1 1	2 2	1 1

Table 3 Management for risk assessment of hazardous waste within basic chemistry laboratory

หัวข้อที่บกพร่อง	ผลที่เกิดขึ้น	ระดับความเสี่ยง
1. มีการบันทึกข้อมูล ในรูปแบบของเอกสารและอิเล็กทรอนิกส์	ทราบปริมาณของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการ สามารถประเมินปริมาณและจัดการของเสียอันตรายได้สะดวก	1
2. มีโครงสร้างของข้อมูลของเสียอันตรายที่บันทึกซึ่งประกอบด้วย ผู้รับผิดชอบ รหัสภาชนะบรรจุ ประเภทและปริมาณของเสียอันตราย วันที่บันทึกข้อมูล ห้องและสถานที่จัดเก็บของเสียอันตราย	ผู้ปฏิบัติงานทำงานได้สะดวกขึ้น ประเมินการส่งกำจัดในแต่ละปีได้ง่าย	1
3. มีการแยกประเภทของเสียอันตรายอย่างชัดเจน	นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ทิ้งของเสียอันตรายตามประเภทที่แยกไว้ชัดเจน ลดความเสี่ยงในการทิ้งของเสียอันตรายผิด ทำให้ไม่เกิดความเสียหายภายในอาคาร	1
4. เปลี่ยนภาชนะบรรจุของเสียอันตรายที่มีความเสี่ยงการเกิดอุบัติเหตุ	ภาชนะมีน้ำหนักเบา หยิบจับได้สะดวก มีหูจับขนย้ายได้ง่าย ตกกระทบพื้นแตกหักยาก	1
5. ป้ายฉลากติดภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ระบุข้อมูลเบื้องต้นครบถ้วนและชัดเจน	ระบุชัดเจนว่าเป็นของเสียอันตราย หากไม่ใช้ผู้ปฏิบัติงานอยู่ในส่วนนั้น ก็สามารถเข้าใจได้ง่าย ลดการเกิดอุบัติเหตุและความเสียหายภายในอาคารได้	1
6. มีการตรวจสอบความบกพร่องของภาชนะ และฉลากของเสียอันตรายอย่างสม่ำเสมอ	ทราบว่ามีภาชนะชำรุด มีความระมัดระวังมากขึ้น และแก้ไขได้รวดเร็ว ลดการเกิดอุบัติเหตุที่รุนแรงและความเสียหายภายในอาคารได้	1
7. ถาดรองรับภาชนะบรรจุของเสียอันตรายมีเพียงพอและสภาพพร้อมใช้งาน	มีถาดรองรับของเสียอันตรายทุกใบ หากรั่วไหลไม่หกโดนร่างกายนักศึกษา หรือผู้ปฏิบัติงานบริเวณนั้น และไม่รั่วไหลไปเกิดปฏิกิริยากับของเสียอันตรายประเภทอื่น ลดการเกิดอุบัติเหตุ	1
8. มีพื้นที่หรือบริเวณสำหรับจัดเก็บของเสียอันตรายที่แน่นอน	ลดความสับสนในการทำงานของเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน ทำงานได้เป็นระบบ มีความเสี่ยงลดลงหากมีสารที่เข้ากันไม่ได้รั่วไหลปนกัน ของเสียอันตรายถูกกำจัดตามรอบที่กำหนด ลดงบประมาณในการส่งกำจัดได้	1
9. ไม่วางภาชนะบรรจุของเสียอันตรายภายในห้องน้ำ	ไม่มีความเสี่ยงจากพื้นห้องน้ำชำรุดเสียหาย	1
10. วางภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ให้ห่างจากแหล่งความร้อน แหล่งกำเนิดไฟและเปลวไฟ	ลดความเสี่ยงในการเกิดเพลิงไหม้ที่ทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและอาคารสถานที่	1

Table 3 Management for risk assessment of hazardous waste within basic chemistry laboratory (Cont.)

หัวข้อที่บกพร่อง	ผลที่เกิดขึ้น	ระดับความเสี่ยง
11. เก็บของเสียอันตรายไวไฟในห้องปฏิบัติการเกินกว่า 38 ลิตร และไม่ได้จัดเก็บไว้ในตู้สำหรับเก็บสารไวไฟโดยเฉพาะ	นักศึกษา และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน เสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุไฟไหม้รุนแรง ในกรณีประกายไฟลุกลามไปสัมผัสกับของเสียอันตรายไวไฟ	2

หมายเหตุ ระดับความเสี่ยง ตัวเลข 1 หมายถึงมีความเสี่ยงเล็กน้อย ตัวเลข 2 หมายถึงความเสี่ยงที่ยอมรับได้ แต่ต้องมีการทบทวนมาตรการควบคุม ตัวเลข 3 หมายถึง ความเสี่ยงสูง ต้องมีการดำเนินงานเพื่อลดความเสี่ยง และหมายเลข 4 หมายถึงความเสี่ยงที่ยอมรับไม่ได้ ต้องหยุดการดำเนินงานและต้องปรับปรุง เพื่อลดความเสี่ยงลงทันที

แนวทางแก้ไขและการป้องกันความเสี่ยง

เพื่อลดระดับความเสี่ยงที่จะก่อให้เกิดอุบัติเหตุจากการจัดเก็บน้ำมันปิโตรเลียมปริมาณมากกว่า 38 ลิตร ไว้ภายในอาคารเก็บสารเคมี การควบคุมความเสี่ยงที่อาจเกิดอุบัติเหตุจากเพลิงไหม้ของเสียอันตรายจากสารไวไฟจึงมีความจำเป็น ดังนั้นควรจัดหาตู้เหล็กชนิดจัดเก็บของเสียอันตรายประเภทสารไวไฟโดยเฉพาะเพิ่มเติม นอกจากนั้นการนัดหมายให้บริษัทผู้รับกำจัดของเสียอันตราย มารับน้ำมันปิโตรเลียมก่อนกำหนดรอบการส่งกำจัด ประจำปีงบประมาณก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งสามารถทำได้เช่นเดียวกัน สอดคล้องกับงานวิจัยของ นันทวรรณ จินากุล[6] ซึ่งได้อธิบายว่าการไม่มีตู้สำหรับเก็บของเสียอันตรายที่เป็นสารไวไฟโดยเฉพาะ ที่มีปริมาณมากกว่า 38 ลิตร มีความเสี่ยงทำให้เกิดเพลิงไหม้ และนำมาซึ่งความเสียหายได้

ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล[7] นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง การพัฒนาตัวอย่างห้องปฏิบัติการวิจัยปลอดภัยในประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาห้องปฏิบัติการวิจัยที่มีความปลอดภัยสำหรับดำเนินการทดลอง นอกจากนั้นยังศึกษาและค้นหาแนวทางการขยายผลการสร้างความปลอดภัยให้เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการ ตามโครงการยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการในประเทศไทย (Enhance of Safety Practices in Research Laboratory in Thailand, ESPReL) พบว่าห้องปฏิบัติการภาคีของโครงการยกระดับจำนวน 23 ห้อง มีห้องปฏิบัติการต้นแบบในด้านความปลอดภัยจำนวน 4 ห้อง ที่ผ่านเกณฑ์ในด้านความร่วมมือ เกณฑ์การสนับสนุนการปรับปรุงด้านกายภาพ และเกณฑ์ความพร้อมของห้องปฏิบัติการทั้ง 7 ด้าน รวม 148 ข้อ การพัฒนาห้องปฏิบัติการควรดำเนินการจากระดับหน่วยงานย่อยได้แก่ภาควิชา ต่อเนื่องมาสู่ระดับองค์กรได้แก่คณะหรือมหาวิทยาลัย และในท้ายสุดเข้าสู่ระดับภาพรวม (สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ, วช)

พรเพ็ญ กำ่านารายณ์[3] ดำเนินการสำรวจโดยการชี้บ่งอันตรายและวิเคราะห์ความเสี่ยง ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์ จำนวน 6 ห้องปฏิบัติการ แบ่งเป็น 2 กลุ่มได้แก่ กลุ่มห้องปฏิบัติการกลาง และกลุ่มห้องห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือ ESPReL Checklist พบว่า การจัดการของเสียอันตรายในกลุ่มห้องปฏิบัติการกลางและกลุ่มห้องห้องปฏิบัติการกายวิภาคศาสตร์ มีความปลอดภัยการร้อยละ 56.4 และ 25.6 ตามลำดับ มีการบันทึกข้อมูลของเสียอันตรายที่ใช้ในห้องปฏิบัติการในรูปแบบเอกสาร มีข้อมูลการจำแนกประเภทของของเสียสำหรับการบำบัด มีข้อมูลการจัดการของเสียอันตรายตามคำแนะนำการจัดการของเสีย ตามเอกสารข้อมูลความปลอดภัย (Safety Data Sheet, SDS) ในขณะที่ของเสียอันตรายบางส่วน ที่ไม่สามารถบำบัดได้เองภายในหน่วยงาน ได้ว่าจ้างให้บริษัทที่ได้รับใบอนุญาตอย่างถูกต้อง เข้ามานำของเสียอันตรายไปดำเนินการบำบัดอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

สรุปผลการวิจัย

การสำรวจพื้นที่อาคารเก็บสารเคมี และการชี้บ่งอันตรายด้วยการประเมินความเสี่ยงระบบการจัดการของเสียอันตรายที่ส่งผลกระทบต่อบุคคล และทรัพย์สินด้วยวิธี ESPReL checklist ตามมาตรฐาน มอก.2677–2558 มาเป็นแนวทางการปฏิบัติ มีข้อบกพร่องจำนวน 5 รายการ มีความเสี่ยงต่อการเกิดอุบัติเหตุอยู่ในระดับต่ำ การดำเนินงานโดยการปรับปรุงโดยการรวบรวมข้อมูลการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ จำแนกประเภทของเสียอันตราย เคลื่อนย้ายสถานที่จัดเก็บของเสียอันตราย เปลี่ยนภาชนะบรรจุของเสียอันตราย ติดป้ายฉลากระบุประเภทของเสียอันตราย จัดทำระบบบันทึกข้อมูลของเสียอันตราย และรายงานความเคลื่อนไหวของเสียอันตรายก่อนส่งกำจัด ซึ่งใช้ระยะเวลา 90 วัน พื้นที่จัดเก็บของเสียอันตรายลดลงเหลืออยู่ที่ 2.6 ตารางเมตร และใช้งบประมาณสำหรับการจัดซื้อวัสดุรวมเป็นเงินทั้งสิ้น 9,000 บาท

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจาก คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มจพ. เลขที่สัญญา 6141106

เอกสารอ้างอิง

1. วรพจน์ กนกกันฑพงษ์. การจัดการของเสียอันตรายในห้องปฏิบัติการ. วารสาร มฉก.วิชาการ. 2550 ; 11(21) : 95-102.
2. กรมควบคุมมลพิษ. คู่มือการจัดการของเสียของห้องปฏิบัติการสิ่งแวดล้อม. 2547.
3. พรเพ็ญ กำ่านารายณ์.ผลการสำรวจชี้บ่งอันตรายและวิเคราะห์ความเสี่ยงในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์การแพทย์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2558 ; 23(4) : 667-681.
4. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4699 (พ.ศ. 2558) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ระบบการจัดการด้านความปลอดภัย ของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกับสารเคมี เล่ม 1. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 132 ตอนพิเศษ 229 ง ลงวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2558.
5. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 4700 (พ.ศ. 2558) เรื่อง กำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมระบบการจัดการด้านความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการที่เกี่ยวกับสารเคมี เล่ม 2. ราชกิจจานุเบกษา. เล่มที่ 132 ตอนพิเศษ 229 ง ลงวันที่ 23 กันยายน พ.ศ. 2558.
6. นันทวรรณ จินากุล. การประเมินความเสี่ยงด้านระบบการจัดการของเสียอันตรายจากสารเคมีในห้องปฏิบัติการจุลชีววิทยา. บูรพาเวชสาร. 2561 ; 5(1) : 36-51.
7. ฉัตรชัย วิริยะไกรกุล. การพัฒนาตัวอย่างห้องปฏิบัติการวิจัยปลอดภัย ในประเทศไทย. วารสารวิชาการ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2558 ; 64: 33-46.