คู่มือความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ
(Manual of Laboratory Safety)
ห้องปฏิบัติการกลางสำหรับการเรียนการสอนและวิจัย
โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล

จัดทำโดย

อ.ดร.วงศ์วรุตม์ บุญญานุโกมล
อาจารย์ประจำโครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล

นางสาวจุฬาลักษณ์ บางเหลือ
นักวิทยาศาสตร์

(ปีการศึกษา 2557)

บทนำ

ความปลอดภัยถือเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งสำหรับการทำงานในห้องปฏิบัติการ การทำงานภายใต้ระบบความปลอดภัยที่ดีย่อมส่งผลถึงประสิทธิภาพการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ ช่วยลดต้นทุนในการรักษาพยาบาลเมื่อเกิดการบาดเจ็บหรือการติดเชื้อขณะปฏิบัติงาน รวมทั้งลดความเสี่ยงที่จะเกิดการปนเปื้อนจากห้องปฏิบัติการสู่สิ่งแวดล้อม ผู้ควบคุมดูแลห้องปฏิบัติการจะต้องบริหารจัดการโดยอาศัยหลัก 3E ได้แก่

1. **Engineering** อาศัยความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์นำมาใช้ในการออกแบบโครงสร้างห้องปฏิบัติการ เช่น ทางเข้า-ออก ระบบไหลเวียนอากาศ ระบบน้ำ-ไฟ เป็นต้น
2. **Education** การอบรมให้ความรู้แก่เจ้าหน้าที่ในห้องปฏิบัติการ เช่น เจ้าหน้าที่ทุกคนต้องผ่านการฝึกอบรมเกี่ยวกับความปลอดภัยและการป้องกันอุบัติเหตุในห้องปฏิบัติการ เรียนรู้การใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ หรือปลูกฝังและสร้างนิสัยในการปฏิบัติงานด้วยความปลอดภัยตลอดเวลา
3. **Enforcement** ต้องมีการออกกฎหรือข้อบังคับต่างๆที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ ซึ่งต้องมีการแจ้งให้เจ้าหน้าที่ทุกคนทราบผ่านการประชุม ฝึกอบรม หรือการติดเป็นป้ายประกาศบริเวณห้องปฏิบัติการ

การสร้างระบบความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

ควรมีการจัดทำแผนนโยบายด้านความปลอดภัย แผนปฏิบัติการและโครงสร้างของหน่วยงานในด้านความปลอดภัย ได้แก่

1. <u>การอบรมความปลอดภัยแก่บุคลากรและเจ้าหน้าที่</u> มีจุดประสงค์เพื่อลดความเสี่ยงจากอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ โดยมีทั้งการอบรมเบื้องต้น (initial training) สำหรับเจ้าหน้าที่ที่เข้าทำงานใหม่ หรือเจ้าหน้าที่เดิมหากต้องทำงานกับสารเคมีชนิดใหม่หรือใช้วิธีการตรวจทดลองแบบใหม่ และการอบรมเพื่อฟื้นความรู้ (refresher training) เป็นการอบรมบุคลากรเดิมที่มีอยู่เพื่อเป็นการฟื้นความรู้และกระตุ้นให้เกิดการปฏิบัติงานด้วยวิธีการที่ถูกต้องและปลอดภัย
2. <u>แผนปฏิบัติงานด้านความปลอดภัย</u> ห้องปฏิบัติการทุกที่ควรที่จะต้องมีแผนการด้านความปลอดภัย (Laboratory Safety Plan; LSP) โดยคำนึงถึงความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน บุคคลรอบข้างและสิ่งแวดล้อม โดยนำเสนอออกมาในรูปแบบของรูปภาพ ตาราง ที่เข้าใจง่าย และต้องมีการทบทวนแผนการปฏิบัติงานทุกปี โดยมีทั้งคณะกรรมการตรวจสอบทั้งภายในและภายนอกองค์กร

If you work...	MINIMUM							
	Laboratory-Specific training	Laboratory Safety Orientation	Hazardous Waste Management	Biosafety	Bloodborne Pathogens	Controlled Substances	Laser Safety	Radiation Safety
In a **Laboratory**, or with Research involving **Chemicals**	✓	✓	✓					
With **Biohazardous materials** (e.g., bacteria, viruses, prions, etc.)	✓	✓	✓	✓				
With **Blood or Body Fluids** (Human or Primate), or Microorganisms that can cause human disease	✓	✓	✓	✓	✓			
With **Controlled Substances** (DEA Schedules I-V, List I chemicals, or California Precursors)	✓	✓				✓		
With **Lasers**	✓	✓					✓	
With **Radioactive materials**	✓	✓	✓					✓

ภาพที่ 1 แสดงตัวอย่างขั้นตอนของงานประเภทต่างๆ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

3. <u>ความรับผิดชอบและการดูแลความปลอดภัยของหน่วยงาน</u> โดยหน่วยงานมีบทบาทดังต่อไปนี้
   - ประสานงานการจัดการอบรมความปลอดภัย และให้ความรู้ด้านความปลอดภัย
   - จัดทำแผนและนโยบายด้านความปลอดภัย รวมทั้งจัดทำคู่มือเกี่ยวการทำงานอย่างปลอดภัย
   - ทบทวนและตรวจสอบโครงสร้างอาคารรวมถึงอุปกรณ์เครื่องมือในห้องปฏิบัติการ
   - ดูแลเรื่องกฎระเบียบต่างๆ รวมถึงการรายงานอุบัติเหตุและสถิติการบาดเจ็บขณะปฏิบัติงานแก่ผู้บริหาร
4. <u>จัดตั้งคณะกรรมการด้านความปลอดภัย (safety committee)</u> โดยคณะกรรมการมีบทบาททั้งการวางแผนโปรแกรมด้านความปลอดภัย บริหารจัดการด้านความปลอดภัย ประเมินแผนความปลอดภัย โดยมีการทบทวนแก้ไขให้ได้มาตรฐาน เสนอแนะแก้ไขนโยบายด้านความปลอดภัย ตรวจสอบหาสาเหตุของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการและหาแนวทางป้องกันแก้ไข โดยแต่ละห้องปฏิบัติการควรมีหัวหน้าห้องประจำ เพื่อคอยควบคุมดูแลการทำงานในห้องปฏิบัติการด้วยความปลอดภัยภายใต้กฎระเบียบที่ได้กำหนดขึ้นโดยความเห็นชอบของคณะกรรมการด้านความปลอดภัย
5. <u>การจัดทำหนังสือคู่มือด้านความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ</u> โดยอาศัยความร่วมมือของทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจแบ่งเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้ การบริหารจัดการอันตรายจากสารเคมี การบริหารจัดการอันตรายจากสารชีวภาพ การบริหารจัดการอันตรายจากอัคคีภัย การบริหารจัดการอันตรายทางกายภาพหรืออันตรายจากอุปกรณ์เครื่องมือ เป็นต้น

โครงสร้างพื้นฐานสำหรับห้องปฏิบัติการ

การออกแบบและจัดผังห้องปฏิบัติการ

โดยทั่วไปห้องปฏิบัติการมักแบ่งพื้นที่การใช้งานออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) พื้นที่สำหรับการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (พื้นที่ทำการทดลอง) 2) พื้นที่สำหรับปฏิบัติงานด้านเอกสารและบริหาร (ธุรการ โต๊ะคอมพิวเตอร์บันทึกข้อมูล บริเวณจัดเก็บเอกสาร) 3) พื้นที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ (ห้องเก็บวัสดุอุปกรณ์ ห้องเย็น ห้องน้ำ ห้องล้าง)

การแบ่งพื้นที่ของห้องปฏิบัติการ

1. <u>เขตปลอดภัย</u> (safety zone) เป็นพื้นที่ที่สะอาดปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงาน ได้แก่ ประตูทางเข้า-ออก ห้องพักเจ้าหน้าที่ ห้องสำนักงาน ห้องเก็บอุปกรณ์ เป็นต้น เขตนี้ต้องมีการเข้า-ออกที่สะดวก ไม่มีสิ่งกีดขวาง ไม่วางเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เป็นอันตราย
2. <u>เขตอันตรายน้อย</u> (low-hazard zone) เป็นพื้นที่ปฏิบัติงานที่มีความเสี่ยงจากอันตรายในระดับที่ไม่มากนัก โดยเขตนี้ควรอยู่ระหว่างเขตปลอดภัยกับเขตอันตรายมาก ลักษณะงานในเขตนี้ ได้แก่ การทดลองที่มีอันตรายน้อย การเตรียมตัวอย่าง การทำงานกับสารเคมีที่ไม่ระเหยง่าย เป็นพื้นที่ในการจัดวางสารเคมีที่อันตรายน้อยหรือปานกลาง และเป็นพื้นที่สำหรับการชำระล้างเครื่องแก้วและอุปกรณ์การทดลอง
3. <u>เขตอันตรายมาก</u> (high-hazard zone) ควรเป็นพื้นที่ที่อยู่ด้านในสุดของห้องปฏิบัติการ ห่างจากบริเวณประตูเข้า-ออก เป็นเขตที่ป้องกันการผ่านเข้าออกของผู้ที่ไม่เกี่ยวข้อง ลักษณะงานในเขตนี้ ได้แก่ การทดลองที่มีอันตรายมาก การทำงานกับสารเคมีที่ไวไฟและระเหยง่าย การทำงานกับจุลชีพที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ เพราะฉะนั้นในเขตนี้ต้องมีการทำสัญลักษณ์เพื่อให้บุคคลภายนอกได้รู้ว่าเป็นเขตจำกัด ควรมีอุปกรณ์ที่ไว้ใช้ป้องกันอันตรายขณะปฏิบัติงาน เช่น ตู้ชีวนิรภัย ตู้ดูดควัน ตู้เก็บสารเคมีไวไฟ เป็นต้น

ระบบป้องกันอันตรายในห้องปฏิบัติการ

1. <u>ระบบป้องกันอันตรายชั้นที่ 1</u> เป็นระบบที่มีการล้อมกรอบรอบอันตรายนั้นๆ ให้อยู่ในเขตเฉพาะ หรือภาชนะเฉพาะ เพื่อไม่ให้เกิดการเล็ดลอดออกมา ลดการฟุ้งกระจาย
2. <u>ระบบป้องกันอันตรายชั้นที่ 2</u> เป็นระบบป้องกันอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานโดยตรง เป็นการแยกอันตรายออกจากผู้ปฏิบัติงาน มีการแยกพื้นที่ปฏิบัติงานตามระดับความอันตราย ระบบนี้ต้องอาศัยความร่วมมือของหลายฝ่าย ไม่ว่าจะเป็น ช่าง วิศวกรออกแบบอาคาร ตัวอย่างระบบนี้ ได้แก่ การออกแบบฝาผนังที่หนาเป็นพิเศษในพื้นที่ที่ใช้สารไวไฟเพื่อป้องกันอันตรายจากการระเบิด การสร้างฝาผนังหรือฉากกั้นชนิดพิเศษในพื้นที่ที่ทำงานเกี่ยวกับสารกัมมันตภาพรังสี การติดตั้งเครื่องมือป้องกันอันตรายต่างๆ อาทิ ตู้ชีวนิรภัย ตู้ดูดควัน ถังดับเพลิง อ่างล้างมือ เป็นต้น

3. <u>ระบบป้องกันอันตรายชั้นที่ 3</u> เป็นระบบป้องกันอันตรายโดยรอบๆห้องปฏิบัติการ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดอันตรายแก่บุคคลภายนอกและสิ่งแวดล้อม โดยต้องมีการบริหารจัดการเพื่อป้องกันการรั่วไหลของอากาศที่ปนเปื้อน ของเสียที่มีการปนเปื้อน จากห้องปฏิบัติการสู่ภายนอก เช่น การติดเครื่องกรองอากาศ การบำบัดอุปกรณ์ที่ใช้แล้วด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อโรคหรือผ่านการอบนึ่งฆ่าเชื้อ

การจัดพื้นที่ใช้สอยภายในห้องปฏิบัติการ

สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงที่สุดคือ การบริหารพื้นที่ที่มีอยู่ให้เกิดความปลอดภัยโดยมีพื้นที่พอเพียงสำหรับปฏิบัติงาน ต้องคำนึงถึงการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอน จำนวนเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงาน การกำหนดพื้นที่ในห้องปฏิบัติการต้องอาศัยปัจจัยหลายอย่าง เช่น

1. ลักษณะและขอบข่ายงานที่ปฏิบัติ ต้องพิจารณาว่างานที่ทำอยู่ในห้องปฏิบัติการนั้นเป็นงานที่เกี่ยวข้องกับอะไรบ้าง เช่น เป็นการทดลองเกี่ยวกับพืช การทดลองเกี่ยวกับสัตว์ การทดลองเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพ การทดลองที่ต้องสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจ เป็นต้น เพื่อที่จะได้จัดสรรและออกแบบพื้นที่ให้เหมาะสมสำหรับปฏิบัติงาน
2. อุปกรณ์และเครื่องมือ เครื่องมือนับเป็นสิ่งที่สำคัญมากสำหรับการปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ การจัดวางเครื่องมือให้เหมาะสมกับพื้นที่ต้องคำนึงถึง ความจำเป็นและความถี่ในการใช้งาน ขนาดของเครื่องมือ ความสะดวกในการขนย้ายหรือทำความสะอาด
3. จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ควรจัดสรรพื้นที่ให้เหมาะสมและพอเพียงต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยต้องแบ่งพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ที่ทำการทดลองให้มากกว่าพื้นที่ของเจ้าหน้าที่ที่ทำงานด้านธุรการและเอกสาร

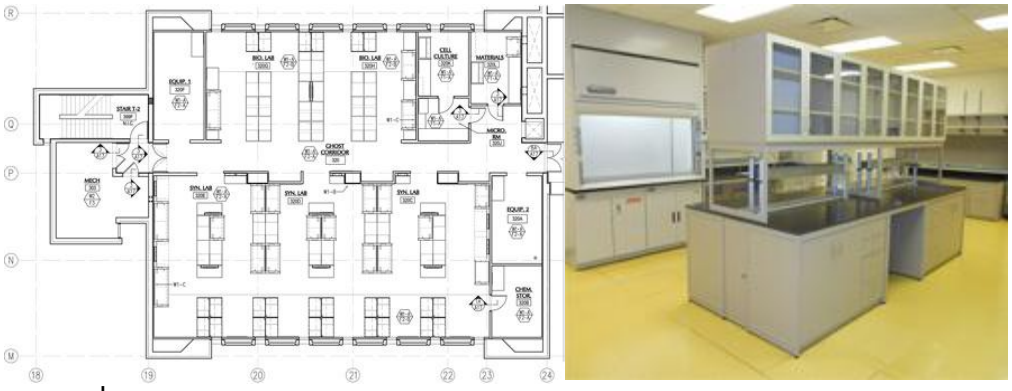
การจัดรูปแบบของห้องปฏิบัติการ

โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ modular laboratory design และ open laboratory design เนื่องจากทั้งสองมีจุดเด่นจุดด้อยแตกต่างกัน ดังนั้นควรต้องพิจารณาให้เหมาะสมเหมาะกับห้องปฏิบัติการแต่ละที่

1. **Modular laboratory design** มีลักษณะแบ่งเป็นห้องย่อยๆตามลักษณะและประเภทงาน โดยมีโถงทางเดินกลาง (central corridor) กั้นห้องต่างๆออกเป็นสองฝั่ง ฝาผนังกั้นแต่ละห้องอาจใช้ฝาผนังถาวรหรือชนิดถอดได้ ในแต่ละห้องมีการจัดรูปแบบที่สมบูรณ์คือ มีบริเวณพื้นที่ปฏิบัติงาน ซึ่งจัดในรูปแบบของ peninsular bench unit โดยโต๊ะปฏิบัติการอยู่ชิดด้านหนึ่งและตั้งยื่นมากลางห้องเรียงเป็นแถว ผู้ปฏิบัติงานแต่ละคนมีพื้นที่ส่วนตัวของตัวเองไม่รบกวนการทำงานของผู้ปฏิบัติงานคนอื่นๆ

   จุดเด่น: มีการแบ่งขอบเขตการทำงานที่ชัดเจน ลดมลภาวะทางเสียง ควบคุมความปลอดภัยได้ง่าย

จุดด้อย: ไม่สะดวกในการประสานงานหรือการใช้เครื่องมือร่วมกัน ขยายพื้นที่การทำงานได้ลำบาก



รูปที่ 2 แสดงลักษณะการจัดห้องปฏิบัติการแบบ modular laboratory design

2. **Open laboratory design** เป็นรูปแบบที่ไม่มีการแบ่งเป็นห้องย่อยๆ ส่วนมากจะแบ่งออกเป็นเขตขึ้นกับอันตรายและความเสี่ยงในการปฏิบัติงาน อาจมี 2-3 เขต เช่น เขตปลอดภัย และ เขตปฏิบัติการวิเคราะห์ เป็นต้น การจัดห้องปฏิบัติการในรูปแบบนี้จะทำให้รู้สึกว่าห้องมีขนาดใหญ่และมีผู้ร่วมงานค่อนข้างมาก

   จุดเด่น: ใช้เครื่องมือร่วมกันได้สะดวก การขยายปรับปรุงพื้นที่ทำได้สะดวก

   จุดด้อย: เกิดมลภาวะทางเสียง ควบคุมความปลอดภัยการแพร่กระจายของสิ่งปนเปื้อนทำได้ยาก

รูปที่ 3 แสดงลักษณะการจัดห้องปฏิบัติการแบบ open laboratory design

โครงสร้างหลักของห้องปฏิบัติการ

1. **ทางเข้า-ออก** หากมีผู้ปฏิบัติงานค่อนข้างมากควรกำหนดและจัดระเบียบการเข้าออก ควรแยกกันระหว่างประตูเข้า-และประตูออก อาจจัดพื้นที่สำหรับผู้มาติดต่อที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยประตูควรจะปิดไว้ตลอดเวลาในขณะปฏิบัติงาน อาจจัดหน่วยรักษาความปลอดภัยเพื่อดูแลการเข้า-ออก หรืออาจใช้ระบบการเข้า-ออกโดยระบบคีย์การ์ด
2. **ทางหนีไฟ** การกำหนดขนาดและจำนวนของประตูหนีไฟขึ้นกับสถานที่ตั้ง ขนาดของอาคาร จำนวนผู้ปฏิบัติงาน ในแต่ละชั้นควรมีทางหนีไฟอย่างน้อยสองทางที่แยกกัน ทางหนีไฟควรมี

ระยะทางที่สั้นที่สุดและนำออกไปสู่ภายนอกอาคารได้เร็วที่สุด หากเป็นห้องปฏิบัติการที่ตั้งอยู่ในอาคารที่มีมากกว่า 2 ชั้น ประตูห้องปฏิบัติการต้องสามารถเปิดไปสู่โถงทางเดินกลางได้ และสามารถนำไปยังประตูหนีไฟได้ทันที ตามพื้นทางเดินและฝาผนังควรที่จะมีการแสดงสัญลักษณ์ลูกศรนำทางเพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานทราบว่าประตูหนีไฟอยู่ในทิศทางใด ประตูหนีไฟควรทำจากวัสดุทนไฟ หรือเป็นโลหะที่ทนไฟได้ดีและควรปิดอยู่เสมอ และควรแสดงสัญลักษณ์บริเวณประตูหนีไฟว่า “ ทางออก” หรือ “exit”

3. **ขนาดประตู** ประตูห้องปฏิบัติการต้องมีขนาดกว้างพอที่จะสามารถนำเครื่องมือขนาดใหญ่เข้าออกได้สะดวก และสามารถเปิดกว้างเพื่อให้ผู้คนเข้าออกได้อย่างสะดวกในกรณีเกิดเหตุฉุกเฉิน ประตูห้องปฏิบัติการที่ดีควรเป็นแบบ door and half คือเป็นประตู 2 บาน โดยมีบานหนึ่งใหญ่อีกบานหนึ่งมีขนาดเล็ก โดยบานที่มีขนาดใหญ่จะถูกใช้เปิด-ปิดประจำ ส่วนบานเล็กจะถูกใช้ในกรณีมีการขนย้ายอุปกรณ์
4. **พื้นห้องปฏิบัติการ** พื้นห้องต้องสามารถรองรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่มีน้ำหนักมากได้หลายชนิด ควรผลิตมาจากวัสดุที่แข็งแรง ทนทานต่อสารเคมีที่เป็นกรดและด่างได้ดี พื้นผิวต้องไม่ลื่น สามารถทำความสะอาดได้ง่าย โดยทั่วไปมักเป็นพื้นคอนกรีตหรือพื้นหินขัดที่ปูทับด้วยแผ่นยางประเภท polyvinyl อีกชั้นหรือปูทับด้วยพรมน้ำมัน ข้อดีของพรมน้ำมันคือจะไม่มีรอยต่อสามารถลดอุบัติเหตุจากการสะดุดล้มได้
5. **ความสว่าง** ควรมีแสงสว่างเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงาน เพื่อป้องกันความผิดพลาดและอุบัติเหตุจากการปฏิบัติงาน กรณีประเทศไทยซึ่งอยู่ในเขตที่ได้รับแสงอาทิตย์มาก จึงควรออกแบบอาคารให้รับแสงอาทิตย์ที่เพียงพอเพื่อประหยัดพลังงาน ควรมีหน้าต่างบานใหญ่เพื่อรับแสงอาทิตย์ได้เต็มที่และควรมีผ้าม่านเพื่อบังแดดในกรณีที่มีแดดแรงจนเกินไป ความสว่างที่เหมาะสมในห้องปฏิบัติการคือ 300-500 lux แต่อย่างไรก็ตามปริมาณแสงสว่างก็ขึ้นอยู่กับประเภทห้องต่างๆ เช่น ห้องเก็บของอาจไม่ต้องมีแสงสว่างมากเท่ากับห้องปฏิบัติการ เพราะสารเคมีบางอย่างอาจห้ามโดนแสง เป็นต้น
6. **ระบบถ่ายเทอากาศ** ระบบการถ่ายเทอากาศที่ดีจะช่วยลดระดับของไอหรือควันจากสารเคมี รวมทั้งลดระดับการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ ห้องปฏิบัติการควรติดตั้งระบบ Local Exhaust Ventilation (LEV) เพื่อลดอันตรายจากสารเคมีและเชื้อจุลชีพต่าง ๆ เช่น พัดลมดูดอากาศ ตู้ดูดควัน ตู้ชีวนิรภัยที่มีแผ่นกรอง HEPA ในการดักจุลชีพ ตลอดจนติดตั้งระบบดูดอากาศเสียจากภายในออกสู่ภายนอกเพื่อป้องกันการหมุนเวียนอากาศเสียภายในห้องปฏิบัติการ
7. **อุณหภูมิและความชื้น** ห้องปฏิบัติการควรมีอุณหภูมิที่เหมาะสมประมาณ 20-25 องศาเซลเซียส ในประเทศไทยซึ่งเป็นเมืองร้อนจึงควรติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้อุณหภูมิที่เหมาะสมแก่ผู้ปฏิบัติงานและเป็นการรักษาเครื่องมือ
8. **ระบบสาธารณูปโภค** ซึ่งประกอบไปด้วย ระบบน้ำประปา ไฟฟ้า แก๊ส และระบบสื่อสาร ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในห้องปฏิบัติการ จึงควรมีการวางแผนผังให้เหมาะสม เจ้าหน้าที่ทุกคนควรทราบตำแหน่งที่ตั้งและวิธีการในการเปิด-ปิดวาวล์น้ำ แก๊ส และแผงควบคุมวงจรไฟฟ้า เพื่อสามารถเปิด-ปิดได้ทันทีในกรณีเหตุฉุกเฉิน การออกแบบท่อน้ำ ท่อแก๊ส หรือของเหลวประเภท

อื่นๆไปตามท่อ pipe ควรมีการระบุชื่อและลูกศรแสดงทิศทางการไหลในแต่ละท่อว่าเป็นท่อสำหรับส่งผ่านสิ่งใด โดยกำหนดสีของตัวอักษรตามชนิดของสารนั้นๆ เช่น สารเคมีอันตรายสูง (สารไวไฟสารที่มีแรงดันสูง สารเคมีที่เป็นพิษสูง สารกัมมันตภาพรังสี) ควรใช้อักษรสีดำบนพื้นหลังสีเหลือง, สารเคมีอันตรายน้อย (เช่นแก๊สหรือของเหลวผสม) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีเขียว, สารที่ใช้ดับเพลิง (น้ำ ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าสฮาลอน) ควรใช้อักษรสีขาวบนพื้นหลังสีแดง

รูปที่ 4 แสดงลักษณะสีตัวอักษรและพื้นหลังเพื่อระบุประเภทของสารเคมี

ในห้องปฏิบัติการควรมีอ่างน้ำอย่างน้อยสองแห่งแยกจากกัน โดยจุดหนึ่งเป็นอ่างล้างมือเท่านั้น ส่วนอีกอ่างสำหรับล้างวัสดุอุปกรณ์ อ่างน้ำควรทำมาจากวัสดุที่ทนทานต่อสารเคมี เช่น stainless, polypropylene เป็นต้น และท่อน้ำทิ้งควรแยกออกจากท่อน้ำเสียทั่วไป ปลายท่อน้ำทิ้งควรต่อไปยังระบบบำบัดน้ำเสียก่อนการส่งออกไปยังภายนอก ในการติดตั้งระบบแก๊สควรเป็นระบบนำส่งตามท่อจากหน่วยกลาง ไม่ควรใช้ระบบแก๊สเป็นถังย่อยๆ ที่สำคัญควรมีการติดตั้งระบบตัดแก๊สอัตโนมัติเพื่อป้องกันการเกิดแก๊สรั่วและการระเบิด

9. **ระบบเตือนภัย** ต้องมีการติดตั้งระบบเตือนภัยคู่กับถังดับเพลิงในห้องปฏิบัติการ ระบบเตือนภัยที่ดีต้องส่งเสียงดังได้ทั่วอาคาร อาจเป็นเสียงกระดิ่งหรือเสียงระฆังและอาจมีไฟสีแดงกระพริบ โดยระบบเตือนภัยประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ ส่วนแรกได้แก่ กล่องกระตุ้นให้กระดิ่งหรือสัญญาณทำงาน เรียกว่า “ pullstation” จะมีสีแดง มีทั้งลักษณะเป็นรูปตัวที (T) กระตุ้นการทำงานโดยดึงก้านตัวทีลงมาตรงๆ หรืออีกแบบจะมีลักษณะเป็นตัวที แต่จะมีกระจกกั้นต้องใช้ค้อนหรือโลหะทุบกระจกก่อนถึงจะสามารถดึงตัวทีได้ ส่วนที่สองเป็นส่วนที่เป็นกระดิ่งหรือระฆังเตือนภัย จะมีสีแดงหรือสีน้ำเงิน ติดตั้งไว้บนกำแพงเหนือกล่อง pullstation โดยสามารถส่งเสียงและมีไฟกระพริบในขณะที่กระดิ่งดัง

รูปที่ 5 แสดงลักษณะกล่อง pullstation และกระดิ่งเตือนภัย

10. **ชุดดับเพลิง** ในห้องปฏิบัติการมีอยู่สองแบบ คือ ชนิดติดตั้งถาวร ซึ่งได้แก่น้ำพุเพดานแบบอัตโนมัติ และชนิดเคลื่อนย้ายได้ ประกอบไปด้วย ชุดท่อประปาดับเพลิง (fire hose) และถังดับเพลิง ทั้งสองอย่างควรเก็บไว้ในตู้ที่มองเห็นได้ชัดเจนและไม่ควรล็อคตู้ โดยสายท่อประปาต้องมีความยาวอย่างน้อย 100 ฟุต ส่วนถังดับเพลิงมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับต้นกำเนิดของเพลิงนั้นๆ

รูปที่ 6 ถังดับเพลิงชนิดผงเคมีแห้ง บรรจุในถังสีแดง ภายในบรรจุผงเคมีแห้งและก๊าซไนโตรเจน ลักษณะน้ำยาที่ฉีดออกมามีลักษณะเป็นฝุ่นละอองดับเพลิงได้ทุกชนิด เช่น เพลิงที่เกิดจากไม้ กระดาษ สิ่งทอ ยาง น้ำมัน ไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ สามารถใช้ได้ในที่

รูปที่ 7 ถังดับเพลิงชนิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ บรรจุในถังสีแดง ที่ปลายฉีดจะมีลักษณะเป็นกระบอกหรือกรวย เวลาฉีดน้ำยาที่พ่นออกมาจะมีลักษณะเป็นหมอกหิมะที่ไล่ความร้อน เหมาะสำหรับเพลิงที่เกิด

รูปที่ 8 ถังดับเพลิงชนิดน้ำยาเหลวระเหย บีซีเอฟฮาลอน1211 บรรจุในถังสีเหลือง ใช้ดับเพลิงได้ดีเพราะมีความเย็นจัด และมีประสิทธิภาพในการไล่ออกซิเจนซึ่งทำให้เกิดเพลิง และไม่ทิ้งคราบสกปรก เหมาะสำหรับเพลิงที่เกิดขึ้นกับอุปกรณ์

รูปที่ 9 ถังดับเพลิงชนิด HCFC 123 (Halatron) บรรจุในถังสีฟ้า ไว้ใช้ทดแทนถังดับเพลิงประเภทฮาลอน1211 เหมาะสำหรับเปลวเพลิง

รูปที่ 10 ถังดับเพลิงชนิด BF2000 บรรจุในถังสีเขียว น้ำยาเป็นสารเหลวระเหยชนิด BF 2000 น้ำยาชนิดนี้ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สามารถดับเพลิงได้ทุกชนิด ไม่เกิดปฏิกิริยากับโลหะ ไม่ทิ้งคราบสกปรก

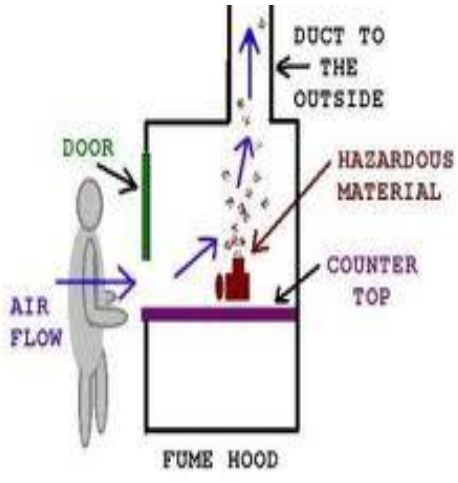
11. **เครื่องล้างตา (eye wash)** ควรติดไว้ประจำที่และจำเป็นต้องมี วางอยู่ห่างจากที่ปฏิบัติงานประมาณ 25-50 ฟุต ใช้เวลาเดินไปไม่นาน และระหว่างทางไม่ควรมีสิ่งกีดขวางใดๆ การเปิดน้ำอาจใช้ระบบเปิดด้วยเท้า (foot paddle) หรือใช้มือผลัก (push bar) ควรให้น้ำพ่นเข้าตาผ่านทางฐานจมูกโดยไม่ให้น้ำพุ่งเข้าลูกตาโดยตรง และใช้นิ้วบังคับเปลือกตาเพื่อให้น้ำล้างตาได้ทั่วถึง หัวพ่นน้ำควรที่จะมีฝาครอบป้องกันฝุ่นละอองและควรทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอโดยการ flush น้ำทิ้ง

รูปที่ 11 แสดงเครื่องล้างตาแบบใช้มือผลัก (push bar)

12. **ฝักบัวฉุกเฉิน (deluge shower)** ควรติดตั้งในบริเวณเดียวกันกับเครื่องล้างตา ฝักบัวควรสูงจากพื้นประมาณ 7-8 ฟุต ห่างจากกำแพงอย่างน้อย 25 นิ้ว การเปิดฝักบัวอาจใช้ตัวผลัก (paddle) หรือใช้การดึงโซ่ โดยฝักบัวฉุกเฉินมีอยู่ 3 แบบ คือ (1) แบบยึดติดกับฝาผนัง (ceiling/wall type) โดยน้ำจะไหลลงศีรษะอย่างต่อเนื่อง (2) แบบที่เป็นสายยางฉีดตัวร่วมกับฝักบัว (wall-mounted drench hose) โดยการใช้งานสามารถฉีดล้างบริเวณที่เปื้อนได้ (3) แบบที่สามคือ ฝักบัวฉุกเฉินที่ติดตั้งคู่กับเครื่องล้างตา (floor-mounted emergency combination) สามารถชำระล้างได้ทั้งตา ใบหน้า และลำตัวในเวลาเดียวกัน

รูปที่ 12 แสดงลักษณะฝักบัวฉุกเฉินแบบ floor-mounted emergency combination

13. **ตู้ดูดควัน (chemical fume hood)** เป็นสิ่งที่จำเป็นมากในห้องปฏิบัติการหากต้องทำงานกับสารเคมีหรือสารพิษ ตู้ควันส่วนใหญ่ติดตั้งเข้ากับระบบระบายอากาศของตัวอาคาร ตู้ดูดควันส่วนใหญ่ประกอบไปด้วยพัดลมดูดอากาศในท่อดูดอากาศเสียโดยใช้ระบบ negative pressure เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศที่ปนเปื้อนเล็ดลอดไปได้ โดยทั่วไปมักใช้งานที่เกี่ยวกับกรด ด่าง สารทำละลาย อาจเป็นประตูเปิดแนวตั้ง (vertical sash) หรือประตูเปิดแนวนอน (horizontal sash) การทำงานของตู้ดูดควันขึ้นกับค่า face velocity ซึ่งเป็นค่าของอัตราความเร็วโดยเฉลี่ยของอากาศต่อหน่วยนาทีที่ไหลเข้าไปในตู้แบบตั้งฉากกับ hood face โดยอัตราที่เหมาะสมคือ 100-150 foot per minute (FPM) สำหรับการทำงานกับสารเคมีที่มีอันตรายมากและมีความเป็นพิษสูง ส่วนการทำงานกับสารเคมีที่มีความเป็นพิษน้อยถึงปานกลางอาจใช้ความเร็วที่อัตรา 80-100 FPM ก็เพียงพอ และควรติดตั้งตู้ดูดควันไว้บริเวณด้านในสุดของห้องและต้องห่างจากประตูหน้าต่างหรือทางเดิน เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ของอากาศบริเวณประตูหน้าต่างซึ่งอาจรบกวนระบบไหลเวียนอากาศของตู้ดูดควันได้ และขณะใช้ตู้ดูดควันควรยืนห่างจากตู้ประมาณ 6 นิ้ว ควรสวมถุงมือ แว่นตานิรภัย และเสื้อคลุม ขณะทำงานกับสารเคมีในตู้ดูดควัน และไม่ควรใช้ตู้ดูดควันเป็นที่เก็บสารเคมีทุกชนิด

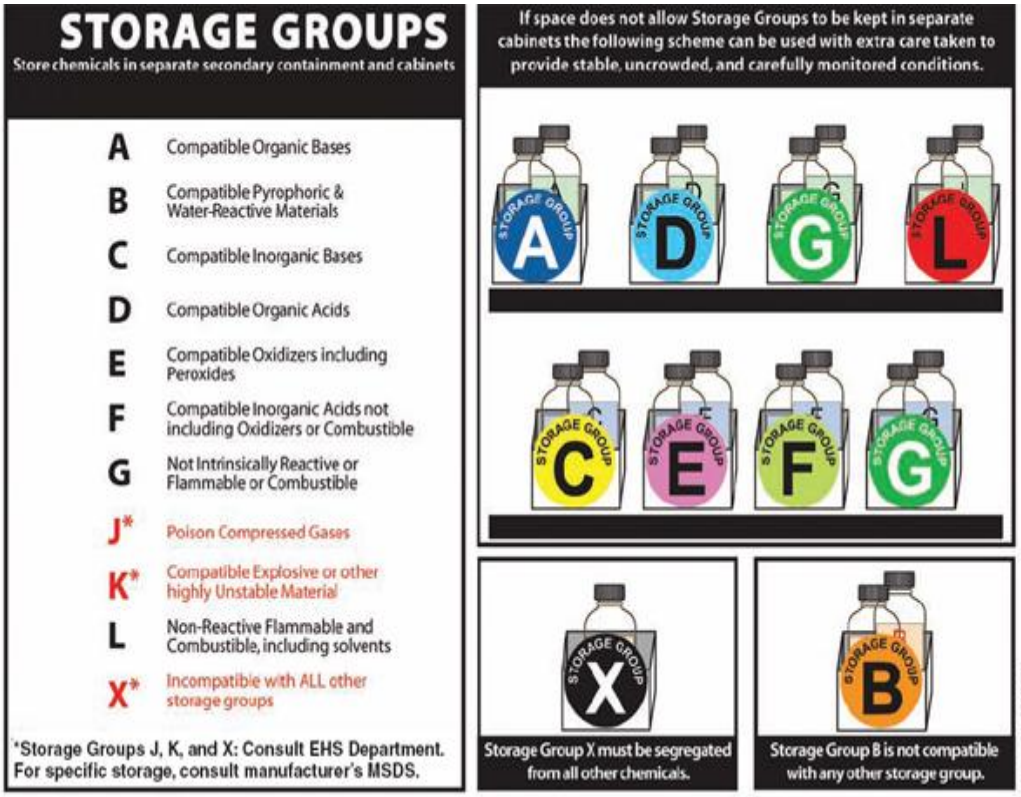


รูปที่ 13 แสดงลักษณะของตู้ดูดควัน และแสดงทิศทางของลมขณะทำงานกับตู้ดูดควัน

14. **ตู้เก็บสารเคมี** วัสดุที่ใช้ทำตู้ส่วนใหญ่คือโลหะจำพวก epoxy-coated steel และพลาสติกจำพวก polyethylene แต่ส่วนใหญ่มักนิยมกลุ่ม epoxy-coated steel เพราะทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี ประตูตู้อาจมีทั้งประตูเดี่ยวและประตูคู่ และต้องมีการติดสัญลักษณ์ต่างๆให้ทราบว่าเป็นสารเคมีประเภทใด หากต้องเก็บสารเคมีประเภทไวไฟ ตู้เก็บอาจทำ epoxy-coated steel ซึ่งมีผนังหนาสองชั้นบุด้วยฉนวนกันไฟ

ข้อควรระวังและหลักการเก็บสารเคมีภายในตู้

- ห้ามเก็บสารเคมีโดยเรียงตามตัวอักษร ควรเก็บสารเคมีตามหลักการการเข้ากันได้ (compatible) ดังรูปด้านล่าง (**รูปที่ 14**)



รูปที่ 14 แสดงลักษณะการเก็บสารเคมีตามหมวดที่เข้ากันได้

- ตำแหน่งที่ตั้งของตู้เก็บสารเคมีไม่ควรอยู่ใกล้ประตู
- ภาชนะเครื่องแก้วควรวางไว้ชั้นล่างสุดของตู้
- การจัดเก็บสารเคมีไวไฟสามารถวางรวมกับสารกลุ่มเดียวกันได้ แต่ไม่เกิน 5 ขวด (ขวดละ 1 แกลลอน) และควรวางห่างจากแหล่งกำเนิดความร้อน เช่น ตู้เย็น เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ

15. **โต๊ะปฏิบัติการ** มีทั้งชนิดติดตั้งถาวรและชนิดเคลื่อนย้ายได้ ความสูงมาตรฐานของโต๊ะประมาณ 29-30 นิ้ว (หากนั่งทำงาน) และ 36-37 นิ้ว (หากยืนทำงาน) ผลิตจากวัสดุที่คงทน ทนต่อความร้อน ทนต่อการกัดกร่อนของสารเคมี และทำความสะอาดง่าย โดยที่นิยมส่วนมาก

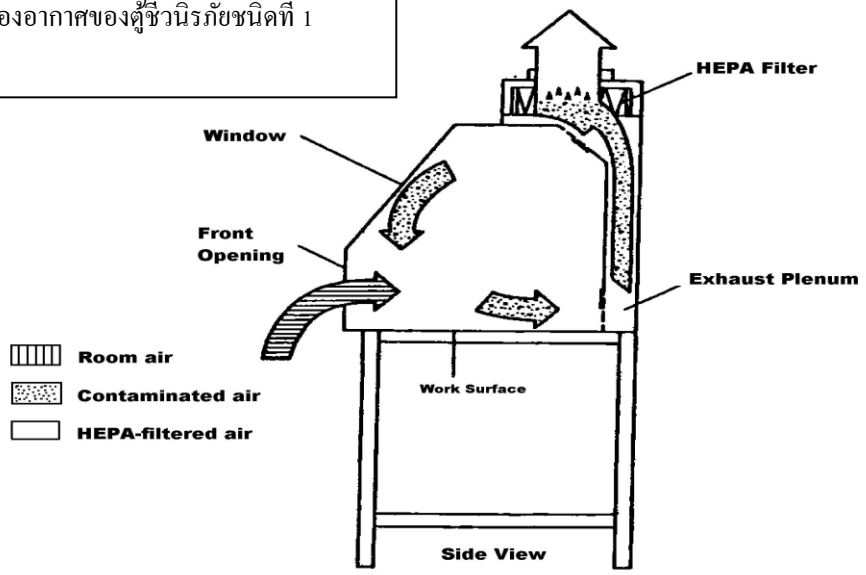
จะทำจากไม้เนื้อแข็ง หินขัด ปูนซีเมนต์ และปูทับพื้นโต๊ะด้วยแผ่น formica แผ่นโลหะ หรือ แผ่นพลาสติกชนิดพิเศษ พื้นโต๊ะต้องเรียบไร้รอยต่อเพื่อป้องกันการสะสมของสารพิษและเชื้อโรค

16. **ตู้ชีวนิรภัย (Biosafety cabinet)** ตู้ชีวนิรภัยถูกพัฒนามาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1943 และถูกพัฒนามาจนกระทั่งปี ค.ศ. 1962 ได้มีการนำแผ่นกรอง HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter) มาใช้ในระบบกรองอากาศตู้ชีวนิรภัย แผ่นกรอง HEPA สามารถกรองอนุภาคต่างๆในอากาศที่มีขนาดตั้งแต่ 0.3 ไมโครเมตรขึ้นไป (ประสิทธิภาพประมาณร้อยละ 99.97%) HEPA ประกอบไปด้วยชั้นของไฟเบอร์ชนิด borosilicate ถูกยึดเป็นชั้นๆด้วยอลูมินัม โดยชั้นของไฟเบอร์จะถูกบรรจุอยู่ในกรอบไม้หรือกรอบพลาสติก

    ตู้ชีวนิรภัยแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

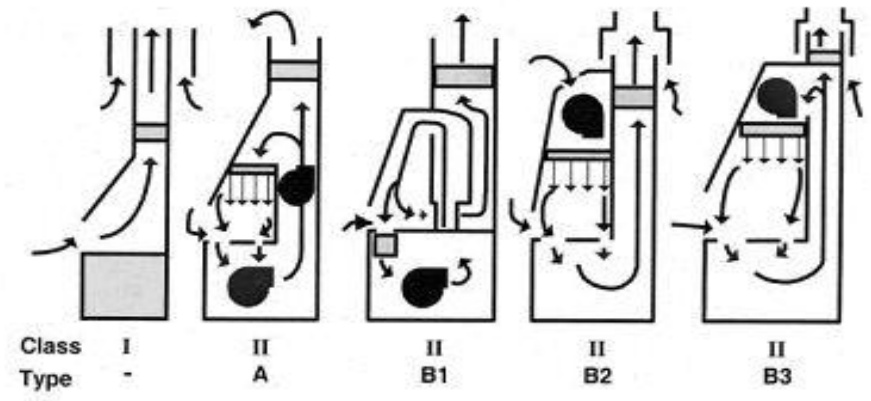
    1) Class I cabinet (open-front air inflow cabinet) สามารถป้องกันอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อม ใช้ในงานที่ไม่มีเชื้อโรค หรือเชื้อจุลชีพที่ไม่ก่ออันตราย ลักษณะการทำงานของตู้จะคล้ายกับตู้ดูดควัน ต่างกันที่ตู้ชีวนิรภัยจะมีระบบกรองอากาศให้ปราศจากเชื้อก่อนออกนอกตู้ โดยอากาศจะเคลื่อนที่จากด้านหน้าไปด้านหลังด้วยความเร็ว 75-100 ฟุต/นาที (0.4-0.5 เมตร/วินาที) โดยอากาศจะถูกดูดไปทางด้านหลังของตู้เพื่อป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน แต่ข้อเสียของตู้ชนิดนี้คือ ไม่สามารถป้องกันการปนเปื้อนต่อเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆภายในตู้ได้

รูปที่ 15 แสดงลักษณะการทำงานและการเคลื่อนที่ของอากาศของตู้ชีวนิรภัยชนิดที่ 1



2) Class II cabinet (open-front vertical air flow cabinet) สามารถป้องกันอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน สิ่งของอุปกรณ์ภายในตู้ และสิ่งแวดล้อม ตู้ประเภทนี้จะมีพัดลมดูดอากาศ 2 ตัว สำหรับดูดอากาศเข้าและออกด้วยความเร็วที่เท่ากันและทำให้เกิด negative pressure ภายในตู้ โดยบริเวณขอบด้านล่างของตู้จะมีช่องดูดอากาศเข้า เพื่อป้องกันการปนเปื้อนจากอากาศภายนอกเข้าสู่บริเวณปฏิบัติงานภายในตู้ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศที่มีลักษณะคล้ายม่านอากาศบริเวณด้านหน้าของผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งอากาศที่ดูดเข้าไปจะผ่านไปยังแผ่นกรองอากาศด้านบน และปล่อยอากาศที่ผ่านการกรองแล้วออกสู่ภายนอก ตู้ชีวนิรภัยชนิดนี้เหมาะสำหรับปฏิบัติงานกับเชื้อจุลชีพที่มีอันตรายน้อยถึงปานกลาง รวมถึงสิ่งส่งตรวจจากผู้ป่วยบางประเภท โดยตู้ชีวนิรภัยชนิดนี้สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภทย่อย ดังนี้

- Class II A cabinet มีอัตราเร็วของลมประมาณ 75 FPM อากาศภายในตู้จะถูกกรองประมาณ 70% แล้วถูกนำมาหมุนเวียนภายในตู้อีกครั้ง เหมาะสำหรับการทำงานกับสิ่งมีชีวิตหรือสารพันธุกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่เป็นพิษและระเหยได้ รวมทั้งไม่เหมาะกับงานที่เกี่ยวข้องกับสารกัมมันตภาพรังสี
- Class II B1 cabinet ความเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศประมาณ 100 FPM อากาศที่ผ่านการกรองแล้วจะถูกส่งออกนอกตู้ไปประมาณ 70% ตู้ชนิดนี้เหมาะสำหรับการทำงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลชีพหรือสารกัมมันตภาพรังสีในปริมาณที่ไม่มาก (มีค่าพลังงานต่ำ)
- Class II B2 cabinet ความเร็วของการเคลื่อนที่ของอากาศประมาณ 100 FPM โดยที่อากาศภายในตู้จะถูกส่งออกนอกตู้ทั้งหมด เหมาะสำหรับการทำงานที่เกี่ยวข้องกับสารเคมีที่เป็นพิษ สารก่อมะเร็ง สารกัมมันตภาพรังสี และยาเคมีบำบัด
- Class II B3 cabinet มีลักษณะที่คล้ายกับ class II A และ class II B คืออากาศภายในตู้เป็นแบบ negative pressure โดยที่อากาศที่ผ่านการกรองแล้วประมาณร้อยละ 70 จะถูกนำกลับเข้ามาหมุนเวียนภายในตู้ จึงเหมาะสำหรับการทำงานกับสิ่งมีชีวิตหรือสารพันธุกรรมที่มีการใช้สารเคมีในปริมาณน้อย



รูปที่ 16 ลักษณะการหมุนเวียนของอากาศของตู้ชีวนิรภัย Class II ชนิดต่างๆ

3) Class III cabinet (gas-tight air lock cabinet) มีลักษณะเป็นตู้ระบบปิด มีช่องที่เป็นถุงมือสำหรับสอดมือเพื่อทำงาน อุปกรณ์ทุกอย่างภายในตู้ต้องผ่านการฆ่าเชื้อเสมอก่อนนำเข้าไป เหมาะสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับเชื้อจุลชีพที่เป็นอันตรายในระดับสูง เช่น งานด้านไวรัส

รูปที่ 17 แสดงลักษณะตู้ชีวนิรภัยประเภท Class III (ที่มา www.combi-lab-equips.com)

ข้อปฏิบัติทั่วไปสำหรับการใช้งานตู้ชีวนิรภัยตามหลักของ NIH และCDC

1. ต้องสวมใส่เสื้อคลุม สวมถุงมือ แว่นตานิรภัย (หากจำเป็น) ขณะปฏิบัติงานในตู้ชีวนิรภัย
2. ก่อนเริ่มปฏิบัติงานต้องจัดเตรียมและวางอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในตู้ให้เรียบร้อยเสียก่อน โดยที่สิ่งของเหล่านั้นต้องผ่านการฆ่าเชื้อเรียบร้อยแล้ว
3. ภายในตู้ ควรแบ่งเขตที่ปลอดเชื้อ กับเขตที่ติดเชื้อออกจากกันอย่างชัดเจน
4. ห้ามวางสิ่งของใดบริเวณม่านอากาศ เพราะจะเป็นการขัดขวางระบบหมุนเวียนอากาศ
5. ทำความสะอาดพื้นผิวภายในตู้ก่อน-และหลังปฏิบัติงานทุกครั้ง ด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ เช่น ethyl alcohol
6. หลังจากทำงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ปิดประตูตู้ และเปิดหลอด UV ไว้ประมาณ 15 นาที
7. ก่อนการเริ่มงาน ควรเปิดระบบหมุนเวียนอากาศอย่างน้อย 5 นาที
8. ตะเกียงที่ใช้ภายในตู้ควรเป็นระบบใช้เท้าเหยียบ หรือระบบเซ็นเซอร์ ไม่แนะนำให้ใช้ตะเกียงบุนเสน เพราะเปลวไฟที่จุดไว้นานอาจทำลายระบบกรองอากาศให้เสื่อมสภาพเร็วได้

การป้องกันอันตรายจากสารเคมี

แนวปฏิบัติสำหรับการทำงานกับสารเคมี

1. ควรจัดเรียงสารเคมีให้เป็นระเบียบมิดชิด ตามหลักการการจัดเรียงแบบ compatible
2. จัดทำบัญชีสารเคมี มีการจดบันทึกวันที่รับสาร วันหมดอายุ บริษัทที่ผลิต ตำแหน่งที่เก็บสาร พร้อมทั้งเขียนรายละเอียดลงบนขวดสารเคมีทุกครั้ง
3. จัดทำ Material Safety Data Sheet ของสารเคมีแต่ละชนิดและเก็บไว้เป็นหมวดหมู่
4. แยกเก็บขยะสารเคมีเป็นพวกๆ ป้องกันการปนเปื้อนกันของสารที่เข้ากันไม่ได้ และจำกัดบริเวณที่ใช้ทิ้งขยะสารเคมี
5. ถุงขยะสารเคมีควรมีการติดป้ายหรือฉลาก พร้อมระบุชนิดของขยะ

การวิเคราะห์ความเสี่ยงกับการประเมินความเสี่ยง

การทำงานในห้องปฏิบัติการต้องมีโอกาสได้สัมผัสกับสารเคมี ทั้งการสัมผัสแบบตั้งใจ หรือไม่ตั้งใจ ความเสี่ยง (risk) คือโอกาสและความรุนแรงที่ส่งผลกระทบหรือเป็นอันตรายต่อคนสัตว์และสิ่งแวดล้อม จึงต้องมีกระบวนการในการลดระดับความเสี่ยงให้น้อยลงเป็นที่ยอมรับได้ จึงต้องมีการวิเคราะห์ความเสี่ยง (risk analysis) และการประเมินความเสี่ยง (risk assessment) จากสารเคมี

การวิเคราะห์ความเสี่ยง ต้องอาศัยปัจจัยอื่นๆประกอบกัน ได้แก่

- การตัดสินใจ การสัมผัสกับสารเคมีที่มีอันตรายสามารถทำในห้องปฏิบัติการนี้ได้หรือไม่ โดยห้องปฏิบัติการมีกฎ หรือหลักการใดๆในการจัดการกับสารเคมีกลุ่มนี้
- บางครั้งความเสี่ยงเราอาจยังไม่ทราบ เพราะยังไม่เคยเกิดขึ้น อาจอาศัยการสอบถามจากผู้ที่ชำนาญและมีประสบการณ์
- หากทราบความเสี่ยงแล้ว ต้องพิจารณาว่าความเสี่ยงนั้นมีลักษณะอย่างไร
- ผู้ปฏิบัติงานกับสารเคมีนั้นๆ มีประสบการณ์หรือความชำนาญมากน้อยเพียงใด ผ่านการอบรมมาหรือไม่
- หากเกิดอันตรายจากสารเคมีนั้นๆ สามารถแก้ไขให้เหมือนเดิมได้หรือไม่

  การประเมินความเสี่ยง

  เมื่อทราบความเสี่ยงแล้ว เป้าหมายที่สำคัญคือ ต้องหาวิธีการลดความเสี่ยงให้น้อยลงโดยเป็นที่ยอมรับได้ การประเมินความเสี่ยงอาศัยหลักการดังนี้

- คุณสมบัติของสารเคมี เช่น องค์ประกอบทางเคมี ความเป็นกรด-ด่าง เป็นต้น
- ผลกระทบ ปริมาณสารเคมีเท่าใด (dose) ที่ก่อให้เกิดอันตราย และเป้าหมายของสารเคมีนั้นๆ คืออวัยวะใด และก่อให้เกิดอาการอย่างไรแก่ผู้สัมผัส
- ในการทำงานแต่ละครั้งใช้สารเคมีชนิดนั้นมากน้อยเพียงใด มีวิธีการกำจัดอย่างไร
- การสัมผัสสารเคมี ระยะเวลาที่ผู้ปฏิบัติงานสัมผัสกับสารเคมีนั้นๆ รวมไปถึงบุคคลอื่นๆที่อาจสัมผัสกับสารเคมีนั้นๆโดยทางอ้อม

- อุปกรณ์ป้องกันอันตราย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากสารเคมีหรือไม่ รวมไปถึงการใช้ตู้ดูดควัน
- ทางเลือกอื่น หากสารเคมีนั้นๆมีอันตรายมาก สามารถหาสารอื่นมาทดแทนได้หรือไม่
- ความพร้อมในการรับมือ มีการเตรียมการ มีอุปกรณ์ต่าง รองรับเหตุการณ์ฉุกเฉินหรือไม่
- ขยะที่เกิดจากการทดลอง มีการบริหารจัดการกับขยะจากสารเคมีหรือไม่
- การอบรมบุคลากร เจ้าหน้าที่ทุกคนได้รับการฝึกอบรมด้านสารเคมีมาก่อนหรือไม่
- สภาพการปฏิบัติงาน สภาพโดยทั่วไปของห้องปฏิบัติการส่งเสริมให้เกิดความปลอดภัยหรือไม่
- คุณสมบัติที่เตือนภัย เช่น สารเคมีนั้นมีกลิ่นเหม็น กลิ่นฉุน กลิ่นเฉพาะตัว เป็นสัญญาณอย่างหนึ่งที่บอกอันตรายได้หรือไม่

อันตรายจากสารเคมี

1. **อันตรายทางกายภาพ** ได้แก่ สารเคมีที่ติดไฟง่าย หรือสารเคมีที่มีแรงดันสูง ซึ่งอาจก่อให้เกิดการระเบิดหรือติดไฟได้
2. **อันตรายทางชีวภาพ** สารเคมีกลุ่มนี้มีผลต่ออวัยวะภายในร่างกาย หากมีการสัมผัสทางผิวหนัง สูดดม หรือรับประทานเข้าไป เริ่มตั้งแต่ สารที่มีความระคายเคือง อาจทำให้ผิวหนังพุพอง รวมถึงสารเคมีที่เป็นกลุ่มก่อมะเร็ง (Carcinogen) โดยมีความจำเพาะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่ออวัยวะที่แตกต่างกัน เช่น

- Neurotoxin เป็นอันตรายต่อระบบประสาท ได้แก่ ปรอท ตะกั่ว Benzene, Carbon, Disulfide Carbon tetrachloride เป็นต้น
- Hepatotoxin เป็นอันตรายต่อตับ ได้แก่ Carbon Tetrachloride, Chloroform, Toluene เป็นต้น
- Epithelial hazard เป็นอันตรายต่อผิวหนังและเยื่อบุ ได้แก่ กรด-ด่าง ต่าง Phenol, Ketone, Trichloroethylene เป็นต้น
- Haematopoietic hazard เป็นอันตรายต่อระบบโลหิตและการสร้างเม็ดเลือด ได้แก่ Carbon Monoxide, Cyanide, Benzene, Arsenic เป็นต้น

การจัดการเบื้องต้นเมื่อสารเคมีหก (http://www.npc-se.co.th**)**

1. **สารที่เป็นของแข็ง**
   เมื่อสารเคมีที่เป็นของแข็งหก ควรใช้แปรงกวาดมารวมกันใส่ในช้อนตัก หรือกระดาษแข็งก่อนแล้วจึงนำไปใส่ในภาชนะ
2. **สารละลายที่เป็นกรด**
   เมื่อกรดหกจะต้องรีบทำให้เจือจางด้วยน้ำก่อนแล้วโรย โซดาแอส หรือโซเดียมไบคาร์บอเนตหรือเทสารละลายด่าง เพื่อทำให้กรดเป็นกลางต่อจากนั้นจึงล้างด้วยน้ำให้สะอาด

ข้อควรระวัง เมื่อเทน้ำลงบนกรดเข้มข้นที่หก เช่น กรดกำมะถันเข้มข้น จะมีความร้อนเกิด ขึ้นมาก และกรดอาจกระเด็นออกมา จึงควรค่อย ๆ เทน้ำลงไปมาก ๆ เพื่อให้กรดเจือจางและความร้อนที่เกิดขึ้นรวมทั้งการกระเด็นจะน้อยลง

3. **สารละลายที่เป็นด่าง**

เมื่อสารเคมีที่เป็นด่างหกจะต้องเทน้ำลงไปเพื่อลดความเข้มข้นของด่างแล้วเช็ดให้แห้ง โดยใช้ไม้ที่มีปุยผูกที่ปลายสำหรับซับน้ำบนพื้น (Mop) **พยายามอย่าให้กระเด็นขณะเช็ด เนื่องจากสารละลายด่างจะทำให้พื้นลื่น** เมื่อล้างด้วยน้ำหลาย ๆ ครั้งแล้วยังไม่หายควรใช้ทรายโรยบริเวณที่ด่างหกแล้วเก็บกวาดทรายออกไป จะช่วยแก้ปัญหานี้ได้

4. **สารที่ระเหยง่าย**

เมื่อสารเคมีที่ระเหยง่ายหกจะระเหยกลายเป็นไออย่างรวดเร็ว บางชนิดติดไฟได้ง่าย บางชนิดเป็นอันตรายต่อผิวหนังและปอด ให้รีบนำผ้าแห้งมาซับบริเวณที่สารเคมีหกทันทีและควรสวมใส่ผ้าปิดจมูกและสวมถุงมือขณะทำความสะอาด เพื่อป้องกันการระคายเคืองต่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ

5. **สารที่เป็นน้ำมัน**

สารพวกนี้เช็ดออกได้โดยใช้น้ำมาก ๆ เมื่อเช็ดออกแล้วพื้นบริเวณที่สารหกจะลื่น จึงต้องล้างด้วยผงซักฟอกอีกครั้งหนึ่ง เพื่อให้สารที่ติดอยู่ออกไปให้หมด

6. **สารปรอท**

เนื่องจากสารปรอท ไม่ว่าจะอยู่ในรูปใดล้วนเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตทั้งสิ้น เพราะทำอันตรายต่อระบบประสาท ทำให้มีอาการทางประสาท เช่น กล้ามเนื้อเต้น มึนงง ความจำเสื่อม ถ้าได้รับเข้าไปมาก ๆ อาจทำให้แขนขาพิการหรือถึงตายได้ ดังนั้นการทดลองใดที่เกี่ยวข้องกับสารปรอทต้องใช้ความระมัดระวังให้มาก ในกรณีที่สารปรอทหกวิธีการที่ถูกต้องควรปฏิบัติดังนี้

6.1 กวาดสารปรอทมากองรวมกัน

6.2 เก็บสารปรอทโดยใช้เครื่องดูด

6.3 ถ้าพื้นที่สารปรอทหกมีรอยแตกหรือรอยร้าว จะมีสารปรอทเข้าไปอยู่ข้างในจึงไม่สามารถเก็บปรอทโดยใช้เครื่องดูดดังกล่าวได้ ควรปิดรอยแตกหรือรอยร้าวนั้นด้วยขี้ผึ้งทาพื้น หนา ๆ เพื่อกันระเหยของปรอทหรืออาจใช้ผงกำมะถันพรมลงไป ปรอทจะเปลี่ยนเป็นสารประกอบซัลไฟด์ แล้วเก็บกวาดอีกครั้งหนึ่ง

ข้อแนะนำเบื้องต้นในการจัดเก็บสารเคมี

1. ห้ามวางขวดสารเคมีบนพื้น
2. ห้ามวางขวดสารเคมีบนชั้นบนสุดของชั้นวาง
3. ห้ามวางขวดสารเคมีในระดับตา
4. ชั้นวางของต้องมีที่กั้นเพื่อป้องกันสารเคมีตกหล่น
5. ชั้นวางสารเคมีต้องทำการยึดติดกับฝาผนัง
6. ห้ามเก็บสารกลุ่ม oxidizer รวมกับกลุ่ม reducer

7. ห้ามเก็บสารประเภทกรดรวมกับสารประเภทด่าง และแยกสารกลุ่มกรดไนตริก (HNO_3) ออกจากกรดอื่นๆ
8. แยกเก็บสารอินทรีย์ออกจากสารอนินทรีย์
9. สารเคมีที่มีพิษร้ายแรงมาก ต้องเก็บในตู้ที่ปิดกุญแจมิดชิด
10. สารเคมีที่ทำปฏิกิริยากับน้ำได้ดีต้องให้ห่างจากบริเวณที่ชื้น
11. ตู้และชั้นวางสารเคมี ต้องวางให้ห่างจากแหล่งที่มีความร้อน

การป้องกันอันตรายจากจุลชีพ

กลุ่มความเสี่ยงของเชื้อจุลชีพ

Group	อันตรายต่อบุคคลและชุมชน
NIH Guideline (October 1997)	
Risk Group 1 (RG-1)	เชื้อจุลชีพที่ไม่ก่อโรคในคนที่มีสุขภาพแข็งแรง
Risk Group 2 (RG-2)	เชื้อจุลชีพที่ก่อโรคในคน แต่อาการไม่รุนแรงและมีวิธีการรักษาให้หายขาดได้
Risk Group 3 (RG-3)	เชื้อจุลชีพที่ก่อโรคในคนและมีอาการที่รุนแรง หรือทำให้เสียชีวิตได้ แต่ป้องกันได้
Risk Group 4 (RG-4)	เชื้อจุลชีพก่อโรครุนแรงในคน ทำให้เสียชีวิตได้ ยังไม่มีแนวทางรักษาและป้องกันโรค
European Economic Community (October 1993)	
Group 1 สิ่งของทางชีวภาพที่ไม่สามารถก่อโรคในคน **Group 2** สิ่งของทางชีวภาพสามารถก่อโรคในคน เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ไม่แพร่กระจายสู่ชุมชน แต่มีแนวทางป้องกันหรือรักษาที่มีประสิทธิภาพ **Group 3** สิ่งของทางชีวภาพที่ก่อโรคที่รุนแรงในคน มีอันตรายร้ายแรงต่อผู้ปฏิบัติงาน สามารถแพร่กระจายสู่ชุมชนได้ แต่มีวิธีการรักษาและป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ **Group 4** สิ่งของทางชีวภาพที่ก่อโรคที่รุนแรงในคน มีอันตรายร้ายแรงต่อผู้ปฏิบัติงาน สามารถแพร่กระจายสู่ชุมชนได้ และไม่มีมีวิธีการรักษาและป้องกันอย่างมีประสิทธิภาพ	
Canadian Laboratory Biosafety Guidelines (2nd ed, 1996)	
Risk Group 1 จุลชีพทุกชนิด (เชื้อรา แบคทีเรีย ไวรัส ปาราสิต) ที่ไม่ก่อโรคในคนและผู้ปฏิบัติงานที่มีสุขภาพดี **Risk Group 2** จุลชีพที่สามารถก่อโรคได้ในคนและสัตว์ แต่ไม่ก่ออันตรายต่อผู้ที่มีสุขภาพที่ดี การสัมผัสทางห้องปฏิบัติการก่อให้เกิดการติดเชื้อที่นำไปสู่การเป็นโรคร้ายแรงได้ยาก มีแนวทางป้องกันรักษาที่มีประสิทธิภาพ **Risk Group 3** จุลชีพก่อโรคร้ายแรงในคนและสัตว์ ก่อให้เกิดผลกระทบทางเศรษฐกิจอย่างรุนแรง แต่ไม่สามารถติดต่อและแพร่กระจายผ่านบุคคล สามารถรักษาได้ด้วยยา **Risk Group 4** จุลชีพก่อโรคร้ายแรงมากในคนและสัตว์ ไม่สามารถรักษาได้ ติดต่อจากคนสู่คนได้ หรือจากสัตว์สู่คนได้ สามารถแพร่กระจายสู่ชุมชนได้	

ระดับความปลอดภัยทางชีวภาพ (Biosafety Level, BSL)

หน่วยงาน CDC ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดระดับความปลอดภัยทางชีวภาพเป็น 4 ระดับ (BSL1-BSL4) ตามกลุ่มความเสี่ยงของเชื้อจุลชีพ โดยมีหลักการบริหารจัดการดังนี้

1. **BSL-1**

เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการที่ใช้ในการเรียนการสอนและฝึกอบรมพื้นฐาน สามารถทำงานกับเชื้อจุลชีพที่ไม่ก่อโรคได้ เช่น Bacillus subtilis โดยเชื้อจุลชีพมีอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานและสิ่งแวดล้อมน้อยมาก การทำงานในระดับ BSL-1 ยึดหลักพื้นฐานทางด้านมาตรฐานทางจุลชีววิทยา ไม่จำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันปฐมภูมิและทุติยภูมิพิเศษอื่นๆ แต่ต้องมีอ่างล้างมือ สามารถปฏิบัติงานได้บนโต๊ะด้วยวิธีปราศจากเชื้อ

2. **BSL-2**

เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการที่ทำงานเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพที่มีอันตรายระดับปานกลางต่อคนและสิ่งแวดล้อม มีการเกี่ยวข้องกับสิ่งส่งตรวจ แต่เชื้อจุลชีพกลุ่มนี้จะไม่สามารถแพร่กระจายผ่านทางละอองได้ ผู้ปฏิบัติงานในห้องนี้ต้องได้รับการฝึกอบรมเป็นพิเศษก่อนเริ่มปฏิบัติงาน มีการจำกัดบุคคลเข้า-ออกห้อง และขณะปฏิบัติงานควรทำในตู้ชีวนิรภัย โดยต้องสวมเสื้อคลุม ถุงมือ ทุกครั้ง และเพื่อป้องกันการกระเด็นโดนใบหน้าควรสวมหน้ากากป้องกัน

ควรมีการติดเครื่องหมาย Biohazard ไว้หน้าห้องปฏิบัติการ อาจระบุชนิดของเชื้อที่ปฏิบัติงาน พร้อมแจ้งชื่อผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ บุคลากรควรได้รับการฉีดวัคซีนหากต้องปฏิบัติงานกับของมีคมที่มีการปนเปื้อนของเชื้อ และต้องมีการกำจัดการปนเปื้อนเบื้องต้นก่อนการนำไปทำลายโดยการแช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ หากเกิดอุบัติเหตุขณะปฏิบัติงานต้องมีการรายงานแจ้งหัวหน้าห้อง รวมถึงมีการประเมินและหาแนวทางป้องกัน

3. **BSL-3**

เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการด้านคลินิก การตรวจวินิจฉัย และด้านการวิจัย ซึ่งเกี่ยวข้องกับเชื้อจุลชีพที่สามารถติดต่อได้ทางการหายใจและก่อให้เกิดอาการที่รุนแรงและทำให้เสียชีวิตได้ บุคลากรต้องผ่านการอบรมพิเศษเกี่ยวกับการปฏิบัติงานในระดับ BSL-3 การปฏิบัติงานต้องทำในตู้ชีวนิรภัยระดับ 3 เท่านั้น มีการติดเครื่องหมาย Biohazard หน้าห้องปฏิบัติการพร้อมระบุชนิดของเชื้อจุลชีและชื่อหัวหน้าผู้ดูแลห้องปฏิบัติการ ประตูห้องและหน้าต่างต้องปิดเสมอเมื่อมีการปฏิบัติงาน การปฏิบัติงานต้องทำในตู้ชีวนิรภัยเท่านั้นพร้อมกับอุปกรณ์ป้องกันระดับปฐมภูมิและทุติยภูมิชนิดพิเศษ อ่างล้างมือควรเป็นระบบใช้เท้าเหยียบหรือเป็นระบบเปิดปิดอัตโนมัติ อุปกรณ์เครื่องมือที่มีการปนเปื้อนต้องผ่านการกำจัดเชื้อเบื้องต้น เช่น แช่ในน้ำยาฆ่าเชื้อ ก่อนการบรรจุหีบห่อเพื่อส่งทำลาย ที่สำคัญระบบหมุนเวียนอากาศก่อนการระบายออกข้างนอกต้องผ่านการกรองด้วย HEPA filter ก่อน และจะไม่นำอากาศมาหมุนอีกครั้งภายในห้อง

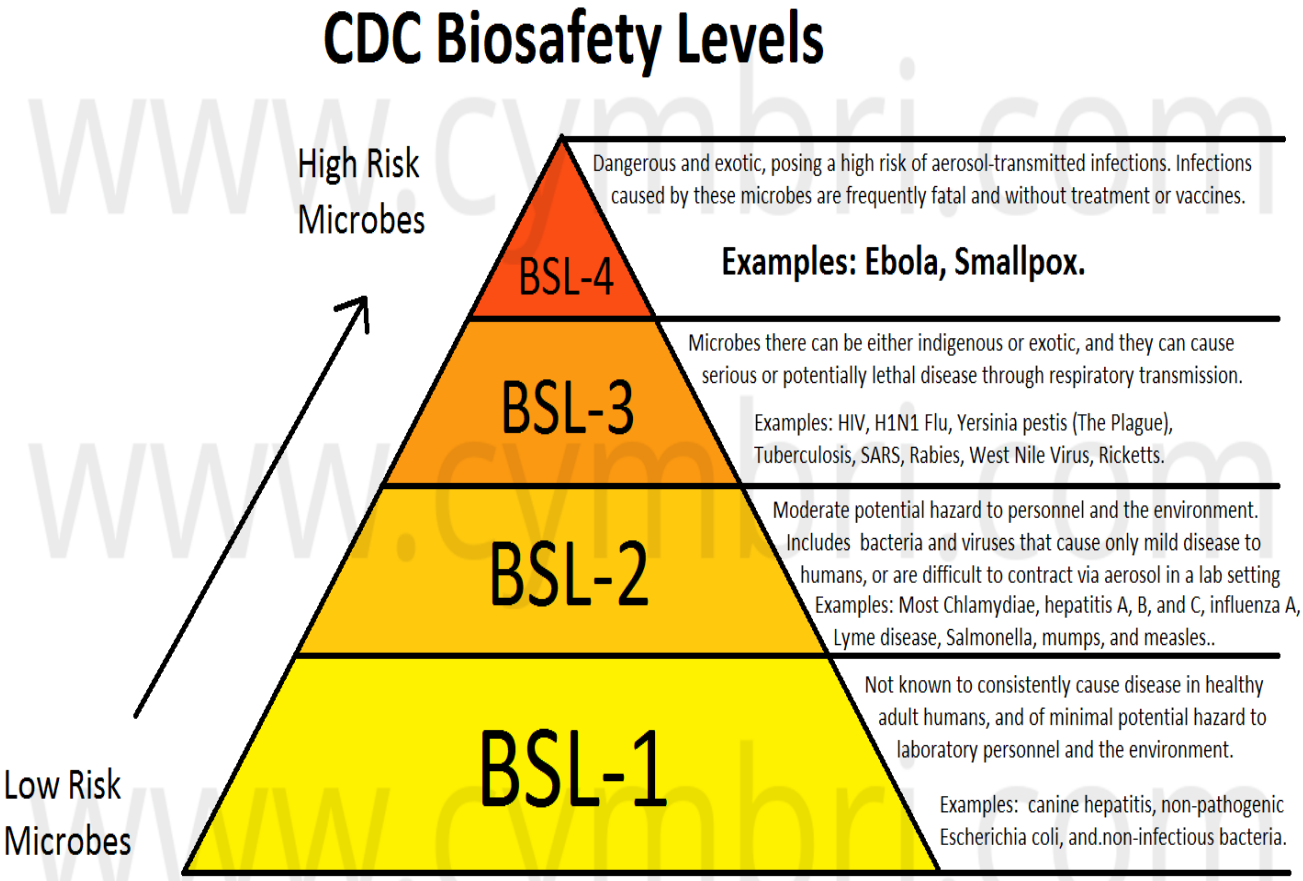
4. **BSL-4**

เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการที่ทำงานเกี่ยวกับเชื้อจุลชีพที่อันตราย มีความเสี่ยงสูงต่อผู้ปฏิบัติงาน เกิดการติดเชื้อผ่านทางการหายใจและมีอันตรายถึงชีวิต ห้ามบุคคลภายนอกที่ไม่

เกี่ยวข้องหรือผู้ที่สุขภาพอ่อนแอเข้ามาในห้องปฏิบัติการ ติดเครื่องหมาย Biohazard พร้อมระบุเชื้อที่ทำการทดลอง ไว้หน้าห้อง บุคลากรต้องได้รับการฝึกอบรมอย่างพิเศษสำหรับห้อง BSL-4 ก่อนเข้า- และหลังปฏิบัติงานต้องทำการอาบน้ำและเปลี่ยนเสื้อผ้าทุกครั้งในบริเวณที่จัดไว้ให้ ห้ามนำเสื้อผ้าหรืออุปกรณ์ภายในห้องปฏิบัติการออกมาภายนอกเด็ดขาด โดยให้จัดเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำลายเชื้อไว้ภายในห้องปฏิบัติการ ขณะปฏิบัติงานต้องสวมใส่ชุดนิรภัยแบบเป็นชิ้นเดียวกัน (one-piece positive pressure personnel suit)

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดและข้อแตกต่างของ BSL แต่ละประเภท (www.biolinxindia.com)

BSL	Agents	Practices	Safety Equipment	Laboratory Facilities
1	Not known to consistently cause disease in healthy adults. Examples: Bacillus Subtilis, Naegleria gruberi, Canine hepatitis.	Standard Microbiological Practices	None Required	Open bench top. Sink Required
2	Associated with human disease. Hazard of mucous membrane exposure (Liquid borne) Examples: E.coli hepatitis B, salmonellae, influenza, HIV, viruses.	**BSL-1 practice *plus:*** • Restricted Access • Biohazard warning signs • "Sharps" precautions. Biosafety Manual for Decontamination	Primary barriers: **Class I or Class II** Biosafety Cabinets or other containment devices used for manipulations of agents that cause splashes/aerosols of infectious materials. Personnel Protection required	**BSL-1 *plus:*** Autoclave must be available
3	Indigenous or exotic agents. Potential aerosol transmission (air-borne). Hazards include serious to lethal injuries Examples: Anthrax, SARS, Mycobacterium tuberculosis, Q Fever, hanta viruses	**BSL-2 practice *plus:*** • Decontamination of all waste • Decontamination of lab clothing after usage	Primary barriers: **Class I or Class II Biosafety Cabinets** or other containment devices used for all open manipulations of agents Personnel Protection required: Barrier Protection and respiratory protection	**BSL-2 *plus:*** Exhaust Air Negative pressure lab space Double-door access Physical separation from access corridors
4	Dangerous exotic agents. High-risk of life-threatening disease. Aerosol-transmitted and/or unknown modes of transmission No available vaccine or therapy. Examples: Ebola virus, Foot and mouth disease	**BSL-3 practice *plus:*** • Clothing change before entering lab. • Shower on exit • Decontamination of all materials on exit from lab	Primary barriers: All Procedures to be conducted in Class III cabinets OR Full-body, air-supplied, positive-pressure personnel suit in combination with Class I or Class III BSC's	**BSL-3 *plus:*** Separate /Isolated Zone Dedicated supply /exhaust, vacuum and decon system



รูปที่ 18 แสดงชนิดของเชื้อจุลชีพที่เหมาะสมกับ BSL ระดับต่างๆ (www.cymbri.com)

การกำจัดการปนเปื้อนในห้องปฏิบัติการ

วิธีการที่นิยมใช้คือ disinfection และ sterilization ซึ่ง disinfection ใช้เพื่อลดระดับเชื้อจุลชีพให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อโรค โดยยังคงมีจุลชีพหลงเหลืออยู่ ขณะที่ sterilization เป็นการทำลายเชื้ออย่างสมบูรณ์ อย่างไรก็ตามการจะกำจัดการปนเปื้อนต้องคำนึงถึงลักษณะของวัสดุอุปกรณ์ที่ รวมถึงปริมาณการปนเปื้อน

การใช้ความร้อน สามารถใช้ได้ทั้งความร้อนแห้ง และความร้อนชื้น โดยการใช้ความร้อนชื้นมีข้อดีคือสามารถเข้าถึงภายในของวัสดุอุปกรณ์ จึงใช้เวลาในการทำลายที่สั้นกว่าและใช้อุณหภูมิที่ต่ำกว่า เช่น การอบนึ่งฆ่าเชื้อ ใช้ความร้อนที่ 121°C เป็นเวลา 30 นาที ขณะที่ความร้อนแห้งต้องใช้อุณหภูมิถึง 170°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การใช้สารเคมีสำหรับเป็น disinfectant ควรพิจารณาถึงลักษณะและพื้นผิวของวัสดุ เพราะเหมาะสำหรับวัสดุเครื่องมือที่เป็นของแข็ง โดยน้ำยาแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน จึงต้องพิจารณาดังต่อไปนี้

- ลักษณะพื้นผิววัสดุ หากเป็นผิวเรียบใช้เวลาในหารกำจัดเชื้อไม่นาน ขณะที่พื้นผิวขรุขระต้องใช้เวลาที่นานขึ้น
- จำนวนเชื้อที่ปนเปื้อน หากมีการปนเปื้อนที่มากต้องใช้เวลาในการกำจัดเชื้อที่นานขึ้น

- การที่วัสดุที่ปนเปื้อนมีสารประกอบพวกอินทรีย์อยู่ อาจลดประสิทธิภาพของ disinfectant เช่น เลือด เนื้อเยื่อ น้ำเจาะร่างกาย เป็นต้น
- อุณหภูมิมีผลต่อประสิทธิภาพของ disinfectant หากมีอุณหภูมิที่ต่ำ ประสิทธิภาพของ disinfectant จะลดลง

	Microorganism	Examples
More Resistant	Prions	Scrapie, Creutzfeld-Jacob disease, Chronic wasting disease
	Bacterial Spores	*Bacillus, Geobacillus, Clostridium*
	Protozoal Oocysts	*Cryptosporidium*
	Helminth Eggs	*Ascaris, Enterobius*
	Mycobacteria	*Mycobacterium tuberculosis, M. terrae, M. chelonae*
	Small, Non-Enveloped Viruses	Poliovirus, Parvoviruses, Papilloma viruses
	Protozoal Cysts	*Giardia, Acanthamoeba*
	Fungal Spores	*Aspergillus, Penicillium*
	Gram negative bacteria	*Pseudomonas, Providencia, Escherichia*
	Vegetative Fungi and Algae	*Aspergillus, Trichophyton, Candida, Chlamydomonas*
	Vegetative Helminths and Protozoa	*Ascaris, Cryptosporidium, Giardia*
	Large, non-enveloped viruses	Adenoviruses, Rotaviruses
	Gram positive bacteria	*Staphylococcus, Streptococcus, Enterococcus*
Less Resistant	Enveloped viruses	HIV, Hepatitis B virus, Herpes Simplex virus

ตารางที่ 2 แสดงความทนทานของเชื้อจุลชีพ (www.cemag.us)

สาร disinfectant มีอยู่หลายชนิดและมีคุณสมบัติในการทำลายเชื้อที่แตกต่างกันออกไป ยิ่งสามารถในการทำลายเชื้อมากเท่าใด ฤทธิ์ในการกัดกร่อนย่อมมีมากเช่นเดียวกัน ตัวอย่าง disinfectant ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการได้แก่

1. **Alcohol** นิยมใช้โดยทั่วไปในห้องปฏิบัติการ เช่น ethanol, isopropanol โดยมีความเข้มข้น 70% เนื่องจากมีประสิทธิภาพที่จำกัดเนื่องจากระเหยเร็ว จึงไม่สามารถทำลายจุลชีพกลุ่ม non-lipid virus และ spore ของแบคทีเรียได้
2. **Formalin** ใช้ความเข้มข้นประมาณ 5% มีประสิทธิภาพดีแต่เป็นสารก่อมะเร็งในคน มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ
3. **Glutaraldehyde** มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อแบคทีเรียทุกชนิด เชื้อรา และไวรัส แต่ไอระเหยของสารกลุ่มนี้ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุจมูก ตา และทางเดินหายใจส่วนต้น
4. **Phenol** มักใช้ความเข้มข้นประมาณ 5-10% มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อก่อโรควัณโรค (Mycobacterium tuberculosis) เชื้อรา และ lipid virus แต่ไม่สามารถทำลาย spore และ non-

lipid virus ได้ โดย Phenol มีกลิ่นเหม็นและมีความเป็นพิษ จึงต้องสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทุกครั้ง มักนิยมใช้กำจัดเชื้อบริเวณกำแพง พื้น และผิวโต๊ะ เป็นต้น

5. **Quaternary ammonium** เป็นสารที่ยอมรับและนิยมใช้ทั่วไป มีประสิทธิภาพในการทำลายเชื้อ gram positive bacteria และ lipid virus แต่ไม่มีประสิทธิภาพในการทำลาย gram negative bacteria และ non-lipid virus สารกลุ่มนี้ไม่มีความเป็นพิษ สามารถใช้กำจัดการปนเปื้อนในอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมอาหารสำหรับผู้ป่วย และอุปกรณ์ทั่วไปได้
6. **Halogens** เป็นสารที่ส่วนประกอบของ chlorine มีฤทธิ์ในการทำลายจุลชีพที่กว้าง ที่นิยมใช้มากที่สุดคือ sodium hypochlorite ระดับความเจือจาง 1: 10 – 1:100 ต้องเก็บในภาชนะที่ป้องกันแสง และควรเตรียมใหม่ทุกครั้งที่จะใช้ สามารถทำลาย spore ของแบคทีเรียได้

วิธีการกำจัดเชื้อที่หกหล่นในห้องปฏิบัติการ

1. ก่อนการทำความสะอาดควรสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทุกครั้ง
2. คลุมรอยหกหล่นด้วยกระดาษซับที่ชุบด้วย disinfectant
3. จากนั้นใช้น้ำยา disinfectant ราดบริเวณรอบๆรอยหก โดยระวังไม่ให้เกิดการฟุ้งกระจาย
4. นำกระดาษที่คลุมรอยหกออก ทิ้งลงในถุงสีแดง
5. ราดน้ำยา disinfectant ลงบนรอยหกอีกครั้ง ปล่อยทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที
6. เช็ดน้ำยาออกด้วยกระดาษซับ
7. หากมีอุปกรณ์ที่แตกบริเวณนั้น ไม่ควรใช้มือเปล่าหยิบจับ ควรใช้อุปกรณ์คีบเศษแก้ว ก่อนนำไปนึ่งฆ่าเชื้อ

วิธีการกำจัดเชื้อที่หกหล่นในตู้ชีวนิรภัย

1. สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันทุกครั้งที่ทำความสะอาด
2. เปิดให้ตู้ชีวนิรภัยทำงานขณะทำการเก็บกวาด
3. คลุมบริเวณที่เชื้อหกหล่นด้วยกระดาษซับ พร้อมกับราดน้ำยา disinfectant ในบริเวณที่มีการหกหล่น ทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที ก่อนเก็บกระดาษไปทิ้งในถุงขยะติดเชื้อ
4. เช็ดพื้นผิวและฝาผนังตู้ชีวนิรภัยด้วย disinfectant และเปิดให้ตู้ทำงานต่อไปอีกประมาณ 10 นาทีก่อนทำการปิดตู้และเปิด UV เพื่อฆ่าเชื้อ

วิธีการกำจัดเชื้อที่หกหล่นในเครื่องปั่นเหวี่ยง

1. ก่อนการทำความสะอาดต้องทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้ละอองที่ฟุ้งกระจายนั้นตกลงก่อน
2. ควรสวมอุปกรณ์ป้องกันขณะทำการเก็บกวาด โดยเฉพาะแว่นตานิรภัย
3. ถอดหัว rotor ออกไปไว้ในตู้ชีวนิรภัยที่ใกล้ที่สุด เพื่อป้องกันการฟุ้งกระจาย
4. ใช้น้ำยา disinfectant ทำความสะอาดภายในเครื่องปั่นเหวี่ยง

การปฐมพยาบาลเบื้องต้น

1. การปฐมพยาบาลเมื่อสัมผัสกับสารเคมี

1.1 สารเคมีเข้าปาก

- สำรวจผู้ป่วยว่ายังหายใจและมีสติหรือไม่ หากไม่หายใจต้องทำการกู้ชีพด้วยการปั๊มหัวใจเบื้องต้น (CPR) หากผู้ป่วยหมดสติแต่หายใจอยู่ให้จัดผู้ป่วยนอนในท่าคว่ำกึ่งตะแคงข้าง
- พยายามอย่าทำให้ผู้ป่วยอาเจียน เพราะสารเคมีที่เข้าไปอาจทำให้ทางเดินอาหารเกิดการระคายเคือง
- หากผู้ป่วยยังมีสติและโต้ตอบได้ ให้ผู้ป่วยทำการล้างปากและกลั้วคอเท่านั้น และนำส่งโรงพยาบาลทันที

1.2 สัมผัสสารเคมีทางผิวหนัง

- ควรถอดเสื้อผ้าที่โดนสารเคมี ล้างบริเวณที่สัมผัสสารเคมีโดยให้น้ำไหลผ่านบริเวณที่สัมผัส หากโดนสารเคมีทั่วร่างกาย ควรล้างสารเคมีด้วยฝักบัวฉุกเฉิน ชำระล้างร่างกายจนกว่าจะไม่รู้สึกลื่นบนผิวหนัง
- หากสารเคมีเข้าตา สิ่งแรกคือ ห้ามขยี้ตาเด็ดขาด และไปล้างตาบริเวณอ่างล้างตาที่ใกล้ที่สุดทันที ให้น้ำค่อยๆชำระล้างผ่านตาอย่างต่อเนื่องประมาณ 10-20 นาที อย่าให้น้ำโดนลูกตาเพราะจะทำให้สารเคมีกระจายไปยังตำแหน่งอื่นได้ หลังจากนั้นให้ไปพบแพทย์ทันที

1.3 สูดดมสารเคมี

- นำผู้ป่วยออกมาอยู่บริเวณโล่งที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก โดยสังเกตว่าผู้ป่วยหมดสติ และหายใจอยู่หรือไม่ หากผู้ป่วยยังหายใจอยู่ให้จับนอนท่าตะแคงกึ่งคว่ำ
- ถ้าผู้ป่วยยังมีสติและหายใจเองได้ แต่มีอาการไอและหายใจติดขัด ให้ผู้ป่วยนอนท่ายกศีรษะและหน้าอกขึ้น
- พยายามเรียกผู้ป่วยให้มีสติตลอดเวลา และนำส่งแพทย์ทันที

2. การปฐมพยาบาลเบื้องต้นเมื่อร่างกายสัมผัสกับเชื้อจุลชีพหรือสิ่งส่งตรวจ

- หากบริเวณนั้นไม่มีบาดแผลใดๆ ให้ทำการล้างบริเวณที่สัมผัสเชื้อด้วยน้ำเปล่าอย่างต่อเนื่อง จากนั้นให้ใช้ 70% alcohol เช็ดบริเวณที่สัมผัส
- หากเสื้อผ้าที่สวมใส่เปื้อนเชื้อหรือสิ่งส่งตรวจ ให้ถอดและแช่น้ำยาฆ่าเชื้อก่อนการซัก
- หากโดนของมีคมที่ปนเปื้อนเชื้อบาด ให้ทำการรีดเอาเลือดออกจากบาดแผลให้มากที่สุด แล้วชำระล้างด้วยสบู่และน้ำเปล่าหลายๆครั้ง จากนั้นใช้ 70% alcohol เช็ดบริเวณบาดแผล จากนั้นให้ไปพบแพทย์ทันทีเพื่อทำการรักษาต่อไป
- หากกลืนเชื้อเข้าไปให้ทำการล้างปากและกลั้วคอหลายๆครั้ง ก่อนพบแพทย์

การจัดการกับของเสียในห้องปฏิบัติการ

กระบวนการทดสอบต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ ทำให้มีของเสียและขยะเกิดขึ้นมากมาย ของเสียและขยะจากการปฏิบัติการ เป็นปัจจัยเสี่ยงอีกอย่างหนึ่งที่ต้องมีการจัดการอย่างเป็นระบบ เพื่อป้องกันมิให้สารเคมีรั่วไหลและแพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมภายนอกห้องปฏิบัติการ โดยการดำเนินงานเกี่ยวกับของเสียและขยะประกอบด้วย

- การคัดแยกประเภทของของเสีย
- การรวบรวมและจัดเก็บของเสีย
- การบำบัดและกำจัดของเสีย

การคัดแยกประเภทของของเสีย

การคัดแยกของเสียจากห้องปฏิบัติการ นอกจากจะทำให้การกำจัดทำได้ง่ายและปลอดภัยยิ่งขึ้นแล้ว ยังลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียอีกด้วย ไม่มีวิธีการกำจัดของเสียแบบใดแบบหนึ่งที่เหมาะสมกับของเสียทุกประเภท ดังนั้น การคัดแยกของเสียจึงทำให้สามารถเลือกใช้วิธีที่เหมาะสม ตามประเภทของของเสีย ควรแยกของเสียทั่วไป ของเสียที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตรายออกจากกัน คุณสมบัติความเป็นอันตรายหลักของสารที่ต้องพิจารณาเป็นอันดับต้นๆ ได้แก่ คุณสมบัติการติดไฟ การระเบิด และการออกซิไดซ์ คุณสมบัติรองของสารที่นำมาพิจารณา ได้แก่ ความเป็นพิษ การกัดกร่อน ของเสียติดเชื้อ ของเสียกัมมันตรังสี เป็นต้น โดยต้องมีการศึกษาข้อมูลความปลอดภัยของสารเคมีแต่ละประเภทก่อน

ของเสียที่เกิดขึ้นจากห้องปฏิบัติการต่างๆ จำแนกประเภทและระดับความเป็นอันตราย ได้ดังนี้

1. **ของเสียประเภทที่ไม่เป็นอันตราย (Non-Hazardous Waste Stream)**หรือของเสียอันตรายต่ำ
    1.1 ของเสียทั่วไป เช่น ถุงพลาสติก กระดาษชั่งสาร กระดาษทิชชู กระดาษปูโต๊ะภายในห้องปฏิบัติการ วัสดุที่ทำจากพลาสติก และวัสดุที่ไม่เป็นอันตราย เป็นต้น
    1.2 พลาสติกที่รีไซเคิลได้ (Recyclable Plastic Product) ได้แก่ ขวดพลาสติกสำหรับใส่อาหารเลี้ยงเชื้อ และขวดพลาสติกสำหรับใส่สารเคมีที่ไม่มีอันตราย เป็นต้น
    1.3 ขวดแก้วที่มีการปนเปื้อน (Glass) ได้แก่ ขวดแก้วสำหรับเก็บตัวอย่าง ขวดแก้วสำหรับใส่สารเคมีที่เตรียมภายในห้องปฏิบัติการ และขวดใส่สารเคมีที่ไม่มีอันตราย เป็นต้น
    1.4 ของเสียที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้ว (Autoclaved Wastes) ได้แก่ ของเสียที่เกิดจากการทดสอบทางจุลชีววิทยา
2. **ของเสียประเภทที่เป็นอันตราย (Hazardous Waste Stream)** ส่วนใหญ่จะเป็นของเสียอันตรายที่เป็นของเหลวหรือของแข็ง โดยจัดกลุ่มได้ดังนี้
    2.1 กลุ่มไซยาไนด์
    2.2 กลุ่มปรอท
    2.3 กลุ่มสารอินทรีย์
    2.4 กลุ่มออกซิแดนซ์
    2.5 กลุ่มโลหะ
    2.6 กลุ่มกรด-เบส

2.7 ของเสียกลุ่มพิเศษ ได้แก่ ของเสียติดเชื้อจุลินทรีย์ ของเสียกัมมันตรังสี หรือของเสียที่เป็นสารพิษอื่นๆ ที่ไม่เข้าข่ายของเสียประเภทใดประเภทหนึ่ง แต่อาจทำให้เกิดอันตรายแก่มนุษย์และสิ่งแวดล้อมได้ เป็นต้น

การรวบรวมและจัดเก็บของเสีย

เพื่อให้เกิดความปลอดภัยควรแยกเก็บของเสียสารเคมีไว้ในห้องเก็บของเสียหรือตู้ควันโดยเฉพาะ เพราะหากภาชนะบรรจุมีการรั่วไหลหรือหกหล่น อาจทำให้เกิดปฏิกิริยารุนแรง เกิดเป็นก๊าซพิษปริมาณมาก จนก่อให้เกิดเพลิงไหม้หรือระเบิดขึ้นได้ ของเสียสารเคมีบางชนิดแม้ว่าจะแยกเก็บต่างภาชนะแล้วก็ตาม แต่ไม่ควรวางไว้ใกล้กัน เช่น ไม่ควรเก็บกรดและด่าง หรือกรดและของเสียอินทรีย์ไว้ในห้องเก็บเดียวกัน นอกจากนี้ต้องพิจารณาถึงสมบัติการเข้ากันได้ของสารเคมีด้วย โดยมีรายละเอียดการจัดเก็บ ดังนี้

1. จำแนกของเสียให้ถูกต้องตามเกณฑ์การคัดแยก และจัดเก็บในภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสมตามประเภทความเป็นอันตรายของของเสีย เช่น ไม่ใช้ภาชนะโลหะในการเก็บของเสียประเภทกรด หากใช้ขวดสารเคมีที่ใช้หมดแล้วมาบรรจุของเสีย สารเคมีในขวดเดิมต้องไม่ใช่สารที่เข้ากันไม่ได้กับของเสียนั้น เป็นต้น หากเป็นของมีคมให้ทิ้งในกล่องพลาสติกที่แน่นหนา ขยะประเภทถุงมือให้ทิ้งในถุงพลาสติกใส ขยะที่ปนเปื้อนสิ่งส่งตรวจหรือเชื้อจุลชีพให้ทิ้งในถุงขยะสีแดง ขยะกัมมันตภาพรังสีให้ทิ้งในถุงรองรับเฉพาะของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ขยะสารพิษและยาเคมีบำบัดให้ทิ้งในถุงขยะสีเหลืองพร้อมระบุชนิดของขยะให้ชัดเจน

รูปที่ 19 แสดงตัวอย่างภาชนะบรรจุขยะประเภทของมีคม (A) ขยะติดเชื้อ (B) และขยะสารเคมีที่เป็นพิษ (C)

2. ตรวจสอบสภาพภาชนะบรรจุของเสีย เช่น รอยรั่ว หรือ แตกร้าวอย่างสม่ำเสมอ

3. ภาชนะทุกชนิดที่บรรจุของเสียต้องมีฉลากที่เหมาะสม หากใช้ขวดสารเคมีเก่าบรรจุของเสีย ต้องลอกฉลากเดิมออกก่อนและติดฉลากใหม่ที่มีข้อมูลครบถ้วน คือ

- มีคำว่า “ของเสีย” ระบุไว้อย่างชัดเจน
- ระบุประเภทของเสีย/ประเภทความเป็นอันตราย
- ส่วนประกอบของของเสีย (ถ้าเป็นไปได้)
- วันที่เริ่มบรรจุของเสีย
- ชื่อห้องปฏิบัติการ/ชื่อเจ้าของ

4. ข้อความบนฉลากมีความชัดเจน ไม่จาง ไม่เลือน

5. ตรวจสอบสภาพของฉลากบนภาชนะของเสียอย่างสม่ำเสมอ

6. ห้ามบรรจุของเสียเกินกว่า 80% ของความจุของภาชนะ หรือปริมาณของเสียต้องอยู่ต่ำกว่าปากภาชนะอย่างน้อย 1 นิ้ว

7. มีการกำหนดพื้นที่/บริเวณจัดเก็บของเสียอย่างชัดเจน

8. จัดเก็บ/จัดวางของเสียที่เข้ากันไม่ได้โดยอิงตามเกณฑ์การเข้ากันไม่ได้ของสารเคมี สามารถใช้เกณฑ์เดียวกับการจัดเก็บสารเคมีที่เข้ากันไม่ได้

9. มีภาชนะรองรับ (secondary container) ภาชนะบรรจุของเสียที่เหมาะสม

10. ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียใกล้ท่อระบายน้ำ ใต้ หรือ ในอ่างน้ำ หากจำเป็นต้องมีภาชนะรองรับ

11. ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียใกล้บริเวณอุปกรณ์ฉุกเฉิน เช่น ฝักบัวฉุกเฉิน

12. ห้ามวางภาชนะบรรจุของเสียปิดหรือขวางทาง เข้า-ออก

13. วางภาชนะบรรจุของเสียให้ห่างจากความร้อน แหล่งกำเนิดไฟ และเปลวไฟ

14. ห้ามเก็บของเสียประเภทไวไฟไว้ในห้องปฏิบัติการมากกว่า 50 ลิตร หากจำเป็นต้องเก็บไว้ในตู้สำหรับเก็บสารไวไฟโดยเฉพาะ

15. ห้ามเก็บของเสียไว้ในตู้ควันอย่างถาวร

16. มีการกำหนดระยะเวลาในการจัดเก็บของเสียในห้องปฏิบัติการ

- กรณีที่ของเสียพร้อมส่งกำจัด (ปริมาตร 80% ของภาชนะ) : ไม่ควรเก็บไว้นานกว่า 90 วั
- กรณีที่ของเสียไม่เต็มภาชนะ (ปริมาตรน้อยกว่า 80% ของภาชนะ) : ไม่ควรเก็บของเสียไว้นานกว่า 1 ปี

การบำบัดและกำจัดของเสีย

ห้องปฏิบัติการควรมีกระบวนการจัดการเบื้องต้นก่อนทิ้งหรือส่งกำจัด ได้แก่

1. การบำบัดของเสียก่อนทิ้ง หมายถึง ห้องปฏิบัติการควรมีการบำบัดของเสียที่มีความเป็นอันตรายน้อยที่สามารถกำจัดได้เองก่อนทิ้งลงสู่ระบบสุขาภิบาลสาธารณะ เช่น การสะเทินของเสียกรดและเบสให้เป็นกลางก่อนทิ้งลงท่อน้ำสุขาภิบาล ส่วนของเสียที่มีเชื้อจุลินทรีย์ให้กำจัดโดยการอบฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 30-70 นาที เป็นต้น

2. การบำบัดของเสียก่อนส่งกำจัด หมายถึง ห้องปฏิบัติการควรบำบัดของเสียอันตรายที่ไม่สามารถกำจัดได้เองเบื้องต้นก่อนส่งบริษัทหรือหน่วยงานที่รับกำจัด เพื่อลดความเป็นอันตรายระหว่างการเก็บรักษาและการขนส่ง

3. การลดปริมาณก่อนทิ้ง (waste minimization) หมายถึง ห้องปฏิบัติการควรมีแนวทางจัดการที่ต้นทางก่อนเกิดของเสีย เพื่อลดปริมาณของเสียปลายทางหรือทำให้เกิดของเสียอันตรายปลายทางน้อยที่สุด เช่น การใช้สารเคมีตั้งต้นที่ไม่เป็นอันตรายทดแทนสารเคมีอันตราย และ/หรือการลดปริมาณสารเคมีที่ทำปฏิกิริยาเป็นต้น

4. การลดปริมาณก่อนส่งกำจัด หมายถึง ห้องปฏิบัติการควรมีแนวทางในการลดปริมาณของเสียอันตรายที่ไม่สามารถกำจัดได้เอง ก่อนส่งบริษัทรับกำจัด เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการกำจัด เช่น การทำให้ของเสียที่มีโลหะหนักในปริมาณน้อยๆ เข้มข้นขึ้น เช่น การทำให้ตัวทำละลายระเหย หรือตกตะกอนเพื่อแยกส่วนที่เป็นโลหะหนักออกมาจากสารละลายก่อนส่งกำจัดในสภาพสารละลายเข้มข้น หรือตะกอนของโลหะหนักเป็นต้น

5. ขยะประเภทด่างแก่ (KOH, NaOH, ammonium hydroxide) ทำการเจือจางด่างให้มีความเข้มข้นประมาณ 5% w/v หรือน้อยกว่านี้ และปรับสภาพด้วยการเติม 6N HCl ลงอย่างช้าๆ และคนเบาๆให้ผสมกัน วัดระดับ pH โดยให้ระดับ pH อยู่ในช่วงประมาณ 6-8

6. ขยะประเภทกรดแก่ ทำการเจือจางกรดให้เหลือประมาณ 5% w/v หรือน้อยกว่า ขณะทำการเจือจางอาจเกิดความร้อนได้ จึงควรทำในอ่างน้ำแข็ง ทำการเจือจางกรดด้วยสารละลาย 6N NaOH จากนั้นทำการวัน pH ให้อยู่ในช่วงระหว่าง 6-8

7. การ Reuse, Recovery, Recycle ของเสียที่เกิดขึ้น

- Reuse คือ การนำวัสดุที่เป็นของเสียกลับมาใช้ใหม่ โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือกระทำการใดๆ ยกเว้นการทำความสะอาดและการบำรุงรักษาตามวัตถุประสงค์เดิม
- Recovery คือ การแยกและการรวบรวมวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ได้จากวัสดุของเสีย แร่ธาตุ พลังงาน หรือน้ำ โดยผ่านกระบวนการและ/หรือการสกัด ซึ่งสิ่งที่ได้มาไม่จำเป็นต้องใช้ตามวัตถุประสงค์เดิม
- Recycle คือ การนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่ โดยที่มีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป แต่มีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนเดิม โดยการผ่านกระบวนการต่างๆ เช่น การกลั่นตัวทะละลาย แก้ว/โลหะมาหลอมใหม่ เป็นต้น

การป้องกันการติดเชื้อและอันตรายต่างๆ จากการปฏิบัติงานเกี่ยวกับขยะ

1. ผู้ที่ทำการรวบรวมและเก็บขยะต้องแต่งกายที่รัดกุมมีเครื่องป้องกันอันตรายพื้นฐาน ได้แก่ เสื้อคลุม ถุงมือยางชนิดหนา รองเท้าบูทยาง ผ้าปิดจมูก
2. เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการจัดเก็บให้ครบ เช่น ถุงขยะสำรองในกรณีถุงขยะมีการรั่วไหล คีมคีบสำหรับหยิบจับขยะที่เป็นเศษแก้ว
3. ปฏิบัติงานด้วยความระมัดระวัง โดยเฉพาะขยะติดเชื้อ ขยะสารเคมี และขยะที่เป็นเศษแก้ว
4. หากโดนขยะของมีคมบาด หรือสัมผัสกับสารคัดหลั่งในขยะ ให้รีบล้างมือด้วยสบู่ทันที และเช็ดด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อ และรีบไปพบแพทย์พร้อมกับรายงานอุบัติการณ์

5. เมื่อปฏิบัติงานเสร็จสิ้นทุกครั้งให้ทำการล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อเสมอ
6. บุคลากรที่ทำงานเกี่ยวกับการกำจัดขยะต้องได้รับการอบรมด้านความปลอดภัยด้วยเช่นกัน

อุปกรณ์ป้องกันตัวในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์ป้องกันตัว (Personal Protective equipment: PPE) เป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ โดยเฉพาะผู้ปฏิบัติงานในห้องชันสูตรโรค เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยลดความเสี่ยงจากการสัมผัสเชื้อโรคและสารเคมี รวมทั้งอันตรายทางกายภาพต่างๆ การใช้อุปกรณ์ป้องกันตัวให้เกิดประสิทธิภาพนั้นต้องมีการประเมินความเสี่ยงเพื่อเป็นแนวทางการเลือกใช้อุปกรณ์ ดังนี้

- ต้องทราบถึงอันตรายที่อาจเกิดขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการ อุปกรณ์ชิ้นใดที่มีความจำเป็น
- ต้องทราบความรุนแรงและโอกาสที่จะสัมผัสกับอันตรายเหล่านั้น
- ต้องทราบชนิดของอันตรายนั้น รวมถึงคุณสมบัติของอันตรายนั้นๆ

เมื่อสามารถประเมินความเสี่ยงได้แล้ว จะทำให้เราสามารบริหารจัดการเพื่อลดความเสี่ยงได้ โดยสามารถกำหนดชนิดของอุปกรณ์ป้องกันตัวที่เหมาะสมกับงานในห้องปฏิบัติการ และควรมีการจัดฝึกอบรมแก่เจ้าหน้าที่พร้อมทั้งมีการติดตามและประเมินผล

การป้องกันอันตรายบริเวณตาและใบหน้า

1. หน้ากากนิรภัย (Face Shield) เป็นหน้ากากที่ป้องกันการกระเด็นจากของแข็งหรือของเหลวที่เราปฏิบัติงานอยู่ด้วย เหมาะสำหรับงานชันสูตรโรคที่ต้องทำงานกับสิ่งส่งตรวจที่มีเชื้อร้ายแรง หน้ากากที่ดีควรมีน้ำหนักเบา สวมใส่สบาย แต่ต้องทำมาจากพลาสติกใสที่แข็งแรง สามารถปกป้องได้ทั้งใบหน้า บางรุ่นสามารถปกป้องได้ถึงบริเวณลำคอ

2. แว่นตานิรภัย (Goggle) เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยปกป้องดวงตาของผู้ปฏิบัติงานจากสารเคมี หรือเชื้อจุลชีพ สามารถใส่ร่วมกับหน้ากากนิรภัยหากต้องทำงานกับเชื้อก่อโรคที่รุนแรง แว่นตานิรภัยที่ดีต้องสามารถป้องกันการกระเด็นโดนดวงตาได้ทุกทิศทางและต้องแนบกับใบหน้าได้สนิท

รูปที่ 20 ตัวอย่างของหน้ากากนิรภัย (A) และแว่นตานิรภัย (B)

การป้องกันระบบทางเดินหายใจ

หน้ากาก (Face Mask) เหมาะกับผู้ปฏิบัติงานชันสูตรโรคทั่วไป ที่ต้องทำงานกับสิ่งส่งตรวจหลายชนิด โดยหน้ากากจะช่วยป้องกันการกระเด็นเข้าสู่ปากและจมูก ซึ่งหน้ากากมีอยู่หลายประเภทขึ้นกับลักษณะงานที่ปฏิบัติ โดยแบ่งเป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ ระดับที่ 1 สำหรับการทำงานที่ไม่มีการกระเด็นของของเหลว สามารถกรองอนุภาค1 ไมโครเมตรได้ร้อยละ 97 ถ้าหากต้องการกรองอนุภาคที่เล็กลงไปเรื่องให้เลือกหน้ากากในระดับที่มากขึ้นตามลำดับ จนถึงระดับที่ 6 เป็นระดับที่ใช้ในการทำงานกับเชื้อวัณโรค (*M. tuberculosis*) สามารถป้องกันอนุภาคที่เล็กขนาด 0.3 ไมโครเมตรได้ร้อยละ 95 โดยหน้ากากที่ดีเมื่อสวมแล้วจะต้องแนบสนิทกับแก้มและไม่รัดแน่นจนเกิดไป สามารถสวมใส่ควบคู่กับหน้ากากนิรภัยและแว่นตานิรภัยได้

รูปที่ 21 แสดงลักษณะของหน้ากาก (face mask) แบบทั่วไป

การป้องกันอันตรายจากการสัมผัส

1. ถุงมือ (glove) เป็นอุปกรณ์ป้องกันขณะสัมผัสกับสิ่งส่งตรวจหรือสารเคมี ต้องสวมใส่พอดีกับมือไม่แน่นหรือหลวมจนเกินไป ไม่ควรใช้ถุงมือเพียงคู่เดียวทำงานหลายประเภทในเวลาเดียวกัน ถุงมือมีอยู่หลายประเภทขึ้นกับวัสดุที่นำมาผลิตจึงเหมาะกับงานที่แตกต่างกัน ดังนี้

- ถุงมือที่ผลิตจาก natural rubber มีราคาถูก สวมใส่ง่าย แต่ฉีกขาดง่ายเช่นกัน เหมาะสำหรับงานทั่วไป เช่น การเตรียมสารละลาย การเตรียมกรด-เบส ทั่วไป หรืออาจใช้กับการปฏิบัติงานทางด้านจุลชีววิทยาทั่วไป
- ถุงมือที่ผลิตจาก polyvinyl chloride (PVC) มีราคาถูกเช่นเดียวกัน ใช้เมื่อทำงานกับสารที่เป็นกรดแก่ ด่างแก่ รวมถึงสารกลุ่มแอลกอฮอล์
- ถุงมือที่ผลิตจาก nitrile มีราคาถูก ช่วยในการหยับจับได้ดี แต่มีสารปนเปื้อนค่อนข้างเยอะ เหมาะสำหรับปฏิบัติงานกับสารกลุ่ม oil, aliphatic chemical, xylene, toluene

- ถุงมือที่ผลิตจาก butyle เป็นถุงมือพิเศษ มีราคาแพง เหมาะสำหรับงานที่ปฏิบัติงานกับสารกลุ่ม glycol ethers, ketone, esters
- ถุงมือที่ผลิตจาก neoprene ราคาอยู่ในระดับกลาง เหมาะสำหรับปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องกับสารกลุ่ม oxidizing acid, phenol, glycol ether
- ถุงมือที่ผลิตจาก polyvinyl alcohol (PVA) เป็นถุงมือระดับพิเศษ ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ คงทน แต่มีราคาค่อนข้างแพง เหมาะสำหรับปฏิบัติงานกับสารกลุ่ม aliphatics, aromatics, chlorinated solvents, ketones (ยกเว้น acetone)

ตารางที่ 3 แสดงความเหมาะสมของชนิดของถุงมือกับสารเคมีที่สัมผัส

ชนิดของสารเคมี	ชนิดของถุงมือ			
	Neoprene	Natural latex	Butyl	Nitrile
Acetaldehyde	VG	G	VG	G
Acetic acid	VG	VG	VG	VG
Acetone	G	VG	VG	P
Carbon tetrachloride	F	P	P	G
Chloroform	G	P	P	P
Citric acid (10%)	VG	VG	VG	VG
Ethyl acetate	G	F	G	F
Ethyl alcohol	VG	VG	VG	VG
Ethyl ether	VG	G	VG	G
Ethylene dichloride	F	P	F	P
Ethylene glycol	VG	VG	VG	VG
Formaldehyde	VG	VG	VG	VG
Glycerine	VG	VG	VG	VG
Hydrochloric acid	VG	G	G	G
Hydrogen peroxide (30%)	G	G	G	G

ชนิดของสารเคมี	ชนิดของถุงมือ			
	Neoprene	Natural latex	Butyl	Nitrile
Lactic acid (85%)	VG	VG	VG	VG
Methyl alcohol	VG	VG	VG	VG
Nitric acid	G	F	F	F
Palmitic acid	VG	VG	VG	VG
Perchloric acid (60%)	VG	F	G	G
Phenol	VG	G	VG	VG
Phosphoric acid	VG	G	VG	VG
Potassium hydroxide	VG	VG	VG	VG
Sodium hydroxide	VG	VG	VG	VG
Sulfuric acid	G	G	G	G
Toluene	F	P	P	F
Xylene	P	P	P	F

หมายเหตุ: VG = very good, G = good, F = fair, P = poor (not recommended)

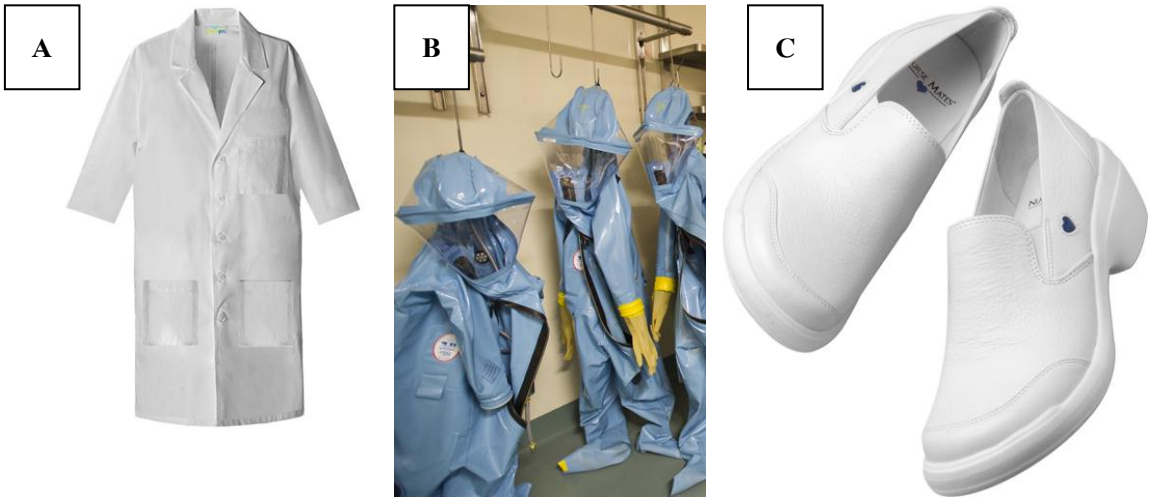
นอกจากนี้ยังมีถุงมือที่ใช้ป้องกันอันตรายทางกายภาพ ได้แก่ **(1)** ถุงมือกันความร้อน (heat protection glove) เช่น Kevla glove สามารถทนความร้อนได้ถึง 350°C และ **(2)** ถุงมือกันความเย็น เหมาะสำหรับสัมผัสกับสิ่งของที่อยู่ในตู้เย็น –80°C หรือ liquid nitrogen ทำมาจาก poly-olefin fiber ทนความเย็นได้ประมาณ -150°C

1. เสื้อคลุมในห้องปฏิบัติการ ป้องกันร่างกายผู้ปฏิบัติงานไม่ให้สัมผัสกับสิ่งส่งตรวจหรือสารเคมีโดยตรง และช่วยป้องกันการปนเปื้อนที่อาจมาจากผู้ปฏิบัติงานลงสู่ตัวอย่างที่วิเคราะห์ โดยเสื้อคลุมนั้นมีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาผลิต จึงเหมาะกับงานในห้องปฏิบัติการที่แตกต่างกัน เช่น

- เสื้อกาวน์ (Gown) นิยมใช้มากในห้องปฏิบัติการทั่วๆไป เป็นเสื้อที่มักสวมใส่เข้าทางด้านหน้าและทำการผูกมัดเชื้อกทางด้านหลัง จึงสวมใส่ค่อนข้างยาก แต่เสื้อชนิดนี้สามารถป้องกันกระเด็นของสิ่งแปลกปลอมที่มาทางด้านหน้าได้ดี

- Lab coat ส่วนมากมีสีขาว เป็นเสื้อมีปก มีกระดุมติดด้านหน้า เหมาะสำหรับห้องปฏิบัติการทั่วไป สวมใส่ได้ง่าย
- Coverall coat เป็นเสื้อคลุมชนิดคลุมทั้งตัว กางเกงจะเป็นชิ้นเดียวกับตัวเสื้อ ซึ่งกางเกงจะยาวถึงข้อเท้า มักสวมคู่กับหมวกคลุมผม และหน้ากากป้องกัน เหมาะสำหรับงานที่ต้องปฏิบัติงานกับสิ่งส่งตรวจหรือสารเคมีที่มีอันตรายมาก

2. รองเท้าในห้องปฏิบัติการ ไม่ควรสวมใส่รองเท้าที่ใช้ข้างนอก เข้ามาเดินในห้องปฏิบัติการ ควรถอดและเปลี่ยนรองเท้าด้านนอกก่อนเข้ามา เพื่อเป็นการป้องกันการปนเปื้อนภายในห้องปฏิบัติการ และเป็นการลดการนำเชื้อจุลชีพออกจากห้องปฏิบัติการด้วยเช่นกัน รองเท้าภายในห้องปฏิบัติการควรเป็นรองเท้าชนิดหุ้มส้นที่ปกปิดเท้าได้ทั้งหมด เพื่อป้องกันการสัมผัสกับสารเคมีหรือสิ่งส่งตรวจที่อาจหกโดนเท้าได้



รูปที่ 22 แสดงลักษณะของเสื้อคลุมในห้องปฏิบัติการ หรือ lab coat (A) เสื้อคลุมแบบ coverall (B)และรองเท้าที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ (C)

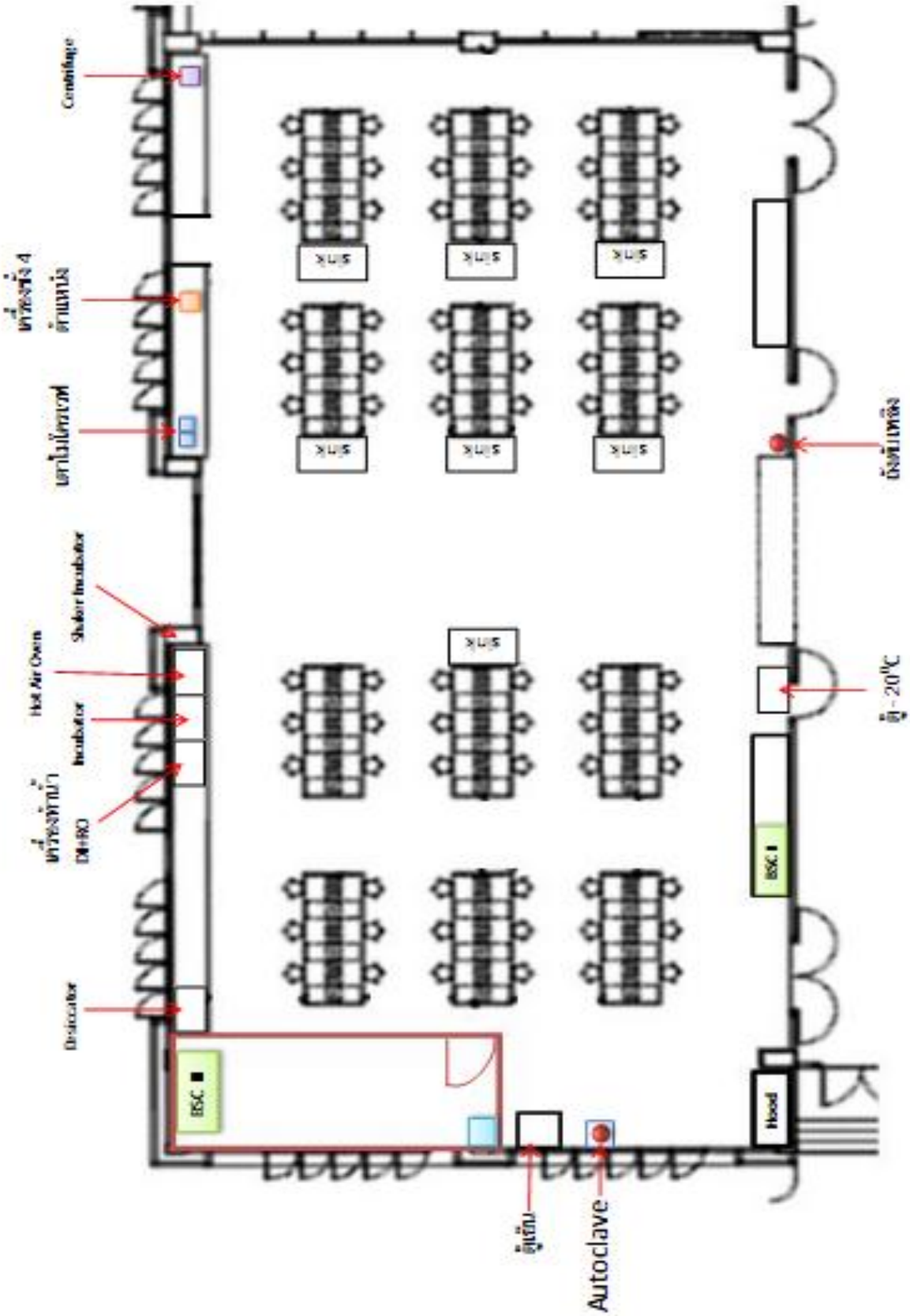
เอกสารอ้างอิง

1. คณะกรรมการอำนวยการควบคุมการติดเชื้อและติดต่อ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คู่มือและระเบียบปฏิบัติ การป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ปี 2550-2552. ขอนแก่น : คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 2552.

2. คณะกรรมการอำนวยการควบคุมการติดเชื้อและติดต่อ โรงพยาบาลศรีนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. คู่มือและระเบียบปฏิบัติ การป้องกันและควบคุมการติดเชื้อในโรงพยาบาลศรีนครินทร์ ปี 2557-2560. ขอนแก่น : คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ; 2557.

3. สุดารัตน์ มโนเชี่ยวพินิจ และกุลนารี สิริสาลี. แนวทางการบริหารงานเพื่อความปลอดภัยของห้องปฏิบัติการ : กุลนารี สิริสาลี บรรณาธิการ Clinical Laboratory Accreditation. กรุงเทพมหานคร : บริษัท เอช ที พี เพรส จำกัด. 2540.

4. สุดารัตน์ มโนเชี่ยวพินิจ และคณะ. การประกันคุณภาพ: การบริหารความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการชันสูตรโรค. สุดารัตน์ มโนเชี่ยวพินิจ บรรณาธิการ. ชมรมคุณภาพและมาตรฐานห้องปฏิบัติการชันสูตรโรค : บริษัท เอช ที พี เพรส จำกัด. 2554.



รูปที่ 20 แสดงแผนผังห้องปฏิบัติการกลาง มหาวิทยาลัยมหิดล วิทยาเขตอำนาจเจริญ

รายงานอุบัติการณ์ (Incident Report)

โครงการจัดตั้งวิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล

1. สภาพอุบัติการณ์

1.1 การเรียนการสอน	☐ ลืมสอน ☐ ลืมคุมสอบ ☐ เลื่อนสอนโดยไม่มีเหตุอันสมควร ☐ เลื่อนสอบ ☐ สั่งเตรียม lab ช้ากว่ากำหนด ☐ ไม่มาตรวจสอบความถูกต้องของ lab ก่อนมีการสอน ☐ เตรียม lab ไม่ถูกต้อง/ไม่เพียงพอ/ไม่ทันเวลา ☐ น้ำยา/อาหารเลี้ยงเชื้อหมด/ไม่พอใช้งาน ☐ ลืมเตรียม lab ☐ เตรียมน้ำยา/อาหารเลี้ยงเชื้อไม่ถูกต้อง ☐ พิมพ์ข้อสอบผิดพลาด ☐ ข้อสอบ/เฉลยไม่ถูกต้อง ☐ กรอกคะแนนผิด ☐ กรอกเกรดผิด ☐ นศ. ทุจริตการสอบ ☐ อื่นๆ .....
1.2 การตรวจทางห้องปฏิบัติการ	☐ ให้รหัสสิ่งส่งตรวจผิดพลาด ☐ ติดฉลากผิดพลาด ☐ ลงทะเบียนผิดพลาด ☐ เก็บรักษาสิ่งส่งตรวจไม่ถูกต้อง ☐ ทำ lab ผิดพลาด/ไม่ครบถ้วน ☐ รายงานผลผิด ☐ รายงานผลช้ากว่ากำหนด ☐ ไม่ได้ทำการควบคุมคุณภาพภายใน (IQC) ตามมาตรฐาน ☐ ระบบสารสนเทศห้อง Lab (HIS/ LIS) ล่ม ☐ ไฟฟ้าดับทำให้การตรวจวิเคราะห์เสียหาย ☐ อื่นๆ .....
1.3 การปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการ	☐ ไม่ใช้เครื่องป้องกันอันตราย ☐ ทานอาหารในห้อง Lab ☐ แต่งหน้าในห้อง lab ☐ ทิ้งขยะ/ของเสียไม่ถูกต้อง ☐ ไม่ทำความสะอาดเครื่องมือ/อุปกรณ์ตามระเบียบห้อง lab ☐ อื่นๆ .....
1.4 เครื่องมือ/อุปกรณ์วิทยาศาสตร์	☐ ใช้งานไม่ได้/ชำรุด/มีความผิดปกติ ☐ ทำงานผิดปกติ/ชำรุดเสียหายระหว่างปฏิบัติงาน ☐ ไม่ทำการบำรุงรักษาตามที่กำหนด ☐ ไม่ทำการสอบเทียบมาตรฐานตามเวลาที่กำหนด ☐ ไม่ลงชื่อผู้ใช้งานใน log book ☐ ไม่มาใช้งานตามเวลาที่จองไว้ ☐ สูญหาย/ถูกโจรกรรม ☐ อื่นๆ .....
1.5 เครื่องมือ/อุปกรณ์วัสดุสำนักงาน	☐ ใช้งานไม่ได้/ชำรุด/มีความผิดปกติ ☐ ไม่ทำการบำรุงรักษาตามกำหนด ☐ สูญหาย/ถูกโจรกรรม ☐ วัสดุหมด/ไม่พอใช้ ☐ ไม่ลงชื่อในสมุดเบิกวัสดุ ☐ อื่นๆ .....
1.6 อุบัติเหตุ / ภาวะฉุกเฉิน	☐ เข็ม/ของมีคมทิ่มตำ/บาด ☐ สัมผัสถูกสารเคมีอันตราย ☐ สัมผัสถูกความร้อนจัด/เย็นจัด ☐ ถูกสิ่งส่งตรวจ/เชื้อโรคกระเด็นใส่ ☐ ถูกไฟฟ้าช็อต/ดูด ☐ ทำของหก/หล่นลงพื้น ☐ อัคคีภัย ☐ สารเคมีทำปฏิกิริยารุนแรง เช่น ระเบิด ☐ ก๊าซระเบิด ☐ ของหล่นทับ ☐ หกล้ม ☐ ตกจากที่สูง ☐ เป็นลม/หมดสติ ☐ ถูกประทุษร้าย ☐ ทรัพย์สินสูญหาย ☐ อื่นๆ.....
1.7 การจัดการเอกสารและข้อมูล	☐ เอกสาร/ข้อมูลสูญหาย ☐ งานเสร็จล่าช้ากว่ากำหนด ☐ โดนโจรกรรม/เปลี่ยนแปลงข้อมูล ☐ ไม่แจ้งเวียนหนังสือราชการทำให้เกิดผลเสียหายต่อการปฏิบัติงาน ☐ อื่น ๆ .....

1.8 อื่น ๆ .... **บรรยายสภาพอุบัติการณ์ :** ....

ผู้รายงาน:	ตำแหน่ง:	วันที่:

2. ค้นหาสาเหตุ /ปฏิบัติการแก้ไข /ปฏิบัติการป้องกัน (ผู้จัดการความเสี่ยง/เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย)

ผลการทบทวน/วิเคราะห์ปัญหา/สรุปสาเหตุ (Identify the actual cause) .... ปฏิบัติการแก้ไข (Corrective action) .... มาตรการป้องกัน/ปรับปรุง (Preventive action) ....

ผู้ดำเนินการ:	ตำแหน่ง:	วันที่:

3. การตรวจติดตามผลการดำเนินการ (ผู้จัดการความเสี่ยง/เจ้าหน้าที่ความปลอดภัย)

ผลการติดตามการดำเนินการ(Follow up) ....

☐ แก้ไขได้	☐ แก้ไขไม่ได้

ผู้ตรวจติดตาม:	ตำแหน่ง:	วันที่:

ตารางที่ 3 แสดงเอกสารรายงานอุบัติการณ์ที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการของ
วิทยาเขตอำนาจเจริญ มหาวิทยาลัยมหิดล