การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

Health Risk Assessment of Electric Appliance Repairers from Exposure Lead, Cadmium and Chromium at Small Repair Shops: A Case Study in Hat Yai City Municipality, Songkhla Province, Southern Thailand

อรอนงค์ คงสวัสดิ์
Onanong Kongsawat

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Science in Environmental Management
Prince of Songkla University
2560

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

ผู้เขียน นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์

สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

....

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

....

(ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย)

คณะกรรมการสอบ

....ประธานกรรมการ

(ดร.พีรพัฒน์ โกศลศักดิ์สกุล)

....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.แพทย์หญิงพิชญา พรรคทองสุข)

....กรรมการ

(ดร.พัฒนศักดิ์ คำมณีจันทร์)

....กรรมการ

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

....กรรมการ

(ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม

....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล ศรีชนะ)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้มาจากการศึกษาวิจัยของนักศึกษาเอง และได้แสดงความขอบคุณบุคคลที่มีส่วนช่วยเหลือแล้ว

ลงชื่อ ....

(ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ลงชื่อ ....

(ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

ลงชื่อ ....

(นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์)

นักศึกษา

ข้าพเจ้าขอรับรองว่า ผลงานวิจัยนี้ไม่เคยเป็นส่วนหนึ่งในการอนุมัติปริญญาในระดับใดมาก่อน และไม่ได้ถูกใช้ในการยื่นขออนุมัติปริญญาในขณะนี้

ลงชื่อ..

(นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์)

นักศึกษา

ชื่อวิทยานิพนธ์ การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา
ผู้เขียน นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์
สาขาวิชา การจัดการสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2559

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศของร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ผลการศึกษาพบว่าค่าความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เท่ากับ 0.00800 – 0.02953 mg/m^3, 0.00003 – 0.00010 mg/m^3 และ 0.00010 – 0.00768 mg/m^3 ตามลำดับ ซึ่งมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานความเข้มข้นที่ NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) และ American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) กำหนด

การประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอื่นที่ไม่ใช่มะเร็ง (Non-cancer Risk) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการคำนวณค่า HQ (Hazard Quotient) พบว่าค่า HQ น้อยกว่า 1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยหรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของโลหะหนักดังกล่าว ส่วนค่าดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index: HI) พบว่ามีค่า HI น้อยกว่า 1 แสดงว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าไม่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคอื่นที่ไม่ใช่มะเร็งอย่างมีนัยสำคัญ

สำหรับความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง (Cancer Risk) เนื่องจากการสูดหายใจเอาสารแคดเมียมและโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย พบว่าค่าความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเป็นการคำนวณค่าความเสี่ยงตลอดชีวิต (Lifetime Cancer Risk) ของแคดเมียม และโครเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 5.60×10^{-6} - 2.03×10^{-4} และ 1.00×10^{-7} - 3.61×10^{-5} ตามลำดับ แสดงว่ามีความเสี่ยงที่อาจเป็นไปได้อย่างมีนัยสำคัญ

Thesis Title	Health Risk Assessment of Electric Appliance Repairers from Exposure Lead, Cadmium and Chromium at Small Repair Shops: A Case Study in Hat Yai City Municipality, Songkhla Province, Southern Thailand
Author	Miss Onanong Kongsawat
Major Programs	Master of Science of Environmental Management
Academic Year	2016

Abstract

This study monitors concentrations of lead, cadmium and chromium in indoor air samples from small electrical/electronic repair shops in Songkhla Province, Southern Thailand. A health risk assessment was also conducted to assess the risks owing to lead, cadmium and chromium in the indoor air of the shops. Indoor air contents of lead, cadmium and chromium varied between 0.00800 – 0.02953 mg/m^3, 0.00003 – 0.00010 mg/m^3 and 0.00010 – 0.00768 mg/m^3 respectively. Levels of the selected heavy metals in all indoor air samples were lower than the established safe levels recommended by NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) and American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH).

The indoor air concentrations were used to evaluate non-cancer and cancer risk assessment by calculating the hazard quotient (HQ) and lifetime cancer risk 5.60×10^{-6} - 2.03×10^{-4} and 1.00×10^{-7}-3.61×10^{-5} respectively. Non-cancer risk assessment revealed that the electric appliance repairers do not pose non-cancer risk from inhalation exposure. Conversely, the probabilities of cancer risk due to cadmium and chromium are significant.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ ดร.ดุษฎี หมื่นห่อ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ดร.นายแพทย์ปรัชญะพันธุ์ เพชรช่วย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ที่คอยชี้แนะแนวทางความคิดให้กับผู้วิจัยคอยช่วยเหลือติดตามการทำวิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ไปได้ด้วยดี และคอยให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด ผู้วิจัยทราบซึ้งในความกรุณาของท่านทั้งสองและขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณครอบครัว ผู้มอบโอกาสทางการศึกษาซึ่งเป็นสมบัติอันล้ำค่าสำหรับผู้วิจัย ผู้ที่คอยเป็นกำลังใจสำคัญทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วง และเพื่อนร่วมการศึกษาในการร่วมกันทำวิจัยและคอยให้กำลังใจที่ดีต่อกันเสมอมา

อรอนงค์ คงสวัสดิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	(5)
Abstract	(6)
กิตติกรรมประกาศ	(7)
สารบัญ	(8)
รายการตาราง	(11)
รายการภาพ	(13)
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 การตรวจเอกสาร	3
1.2.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	3
1.2.2 การซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	8
1.2.3 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	16
1.2.4 โลหะหนัก	22
1.2.5 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในสถานประกอบการ	29
1.2.6 การประเมินความเสี่ยง	33
1.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	38
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	40
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	40
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	41
บทที่ 2 วิธีการดำเนินการวิจัย	42
2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้	42
2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์	42
2.1.2 สารเคมีที่ใช้	43

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย	43
2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล	43
2.2.2 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา	43
2.2.3 การปรับเทียบเครื่องมือ	47
2.2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตัวบุคคล	47
2.2.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศ	49
2.2.6 การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง	50
2.2.7 การเก็บแบบสอบถาม	50
2.2.8 การประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ	51
2.2.9 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพ	51
2.2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	52
2.2.8 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และรายงานผลการวิจัย	52
บทที่ 3 ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย	53
3.1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	53
3.2 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	54
3.2.1 ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	54
3.2.2 พฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์	56
3.2.3 การจัดการสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์	58
3.2.4 การสังเกตพฤติกรรมสภาวะสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในวันเก็บตัวอย่างครั้งที่ 1, 2 และ 3	58
3.3 ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศ	60
3.3.1 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ	60
3.3.2 ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3.3 ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ	65
3.4 การประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ	67
3.5 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม	69
3.5.1 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง	69
3.5.2 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง	70
บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	76
4.1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์เล็กทรอนิกส์	76
4.2 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	77
4.3 ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศ ที่เก็บประเภทติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ อิเล็กทรอนิกส์	78
4.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์ อิเล็กทรอนิกส์	79
4.5 มาตรการและแนวทางการแก้ไขป้องกันความเสี่ยง	81
บรรณานุกรม	83
ภาคผนวก ก	88
ภาคผนวก ข	96
ประวัติผู้วิจัย	103

รายการตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1-1	อายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	6
ตารางที่ 1-2	สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรทัศน์ที่ใช้จอภาพ แบบ LCD	17
ตารางที่ 1-3	สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของตู้เย็นขนาด 6Q และขนาด 10 Q	17
ตารางที่ 1-4	สัดส่วนเฉลี่ยของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องซักผ้า	18
ตารางที่ 1-5	สัดส่วนเฉลี่ยของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องปรับอากาศ	19
ตารางที่ 1-6	สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (รวมจอ แสดงผล: Monitor/VDU; Visual Display Unit)	20
ตารางที่ 1-7	สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ	21
ตารางที่ 1-8	ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในสถานประกอบการ	32
ตารางที่ 2-1	ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากการสำรวจครั้งที่ 1	45
ตารางที่ 2-2	ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาเข้าร่วมโครงการวิจัย	46
ตารางที่ 3-1	สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	53
ตารางที่ 3-2	ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	54
ตารางที่ 3-3	พฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	56
ตารางที่ 3-4	การจัดการสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	58
ตารางที่ 3-5	พฤติกรรมสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 1, 2 และ 3	59

รายการตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3-6 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ 60

ตารางที่ 3-7 ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ 63

ตารางที่ 3-8 ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ 65

ตารางที่ 3-9 ค่าการสัมผัส (ADI) ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม 68

ตารางที่ 3-10 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง 70

ตารางที่ 3-11 การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง 72

รายการภาพ

		หน้า
ภาพที่ 1-1	รูปแบบวงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย	5
ภาพที่ 1-2	หลอดแก้วจอภาพชนิด CRT	7
ภาพที่ 1-3	หัวแร้งปืน	9
ภาพที่ 1-4	หัวแร้งแช่	10
ภาพที่ 1-5	ขั้นตอนการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	11
ภาพที่ 1-6	การรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายจากลูกค้า	12
ภาพที่ 1-7	การตรวจสอบสภาพการชำรุดเสียหายในเบื้องต้น	13
ภาพที่ 1-8	การถอดชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อรอซ่อมจุดที่ชำรุด	13
ภาพที่ 1-9	แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกแยกชิ้นส่วนในขณะซ่อมส่วนที่ชำรุด	14
ภาพที่ 1-10	การดำเนินการเปลี่ยนอะไหล่เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความชำรุด	15
ภาพที่ 1-11	การประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดำเนินการซ่อมแซมแล้วเสร็จ	16
ภาพที่ 1-12	แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของโลหะหนักและการกำจัดโลหะหนักออกสู่ร่างกาย	23
ภาพที่ 2-1	การสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ครั้งที่ 2	44
ภาพที่ 2-2	ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวบุคคล	48
ภาพที่ 2-3	การเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวบุคคล	49
ภาพที่ 2-4	เครื่อง ICP-OES Perkin Elmer Optima 4300 DV	49
ภาพที่ 3-1	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ	61
ภาพที่ 3-2	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ	64
ภาพที่ 3-3	ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ	66

รายการภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3-4 ค่า cancer risk ของแคดเมียม	74
ภาพที่ 3-5 ค่า cancer risk ของโครเมียม	75

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

ปัจจุบันประเทศไทยมีความเจริญก้าวหน้าทางด้านเศรษฐกิจ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เช่น โทรทัศน์ พัดลม ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ และโทรศัพท์มือถือ ฯลฯ กลายมาเป็นส่วนหนึ่งในชีวิตประจำวัน เนื่องจากวิถีชีวิตของคนไทยในยุคปัจจุบันต้องอาศัยเทคโนโลยีสมัยใหม่เพื่อตอบสนองความสะดวกสบายให้กับตนเอง ความต้องการบริโภคเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จึงเพิ่มขึ้นอย่างไม่หยุดยั้ง และยังก่อให้เกิดปัญหาการปนเปื้อนของสารมลพิษทางสิ่งแวดล้อมต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนัก ซึ่งถือว่าเป็นปัญหาที่สำคัญของประเทศที่กำลังพัฒนา (สุจิตรา วาสนาดำรงดี และ ปเนต มโนมัยวิบูลย์, 2555; สุพัตรา วิเศษสุข, 2549) มีการรายงานพบสารอันตรายมากกว่า 1,000 ชนิด ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สารหน่วงไฟประเภทโบรมีน (Brominated Flame Retardants; BFRs) และโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ฯลฯ โดย 40% ที่พบส่วนใหญ่เป็นสารตะกั่ว (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยมีปริมาณของเสียอันตรายเกิดขึ้นประมาณ 4.71 ล้านตัน เป็นซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Waste from Electrical and Electronic Equipment; WEEE) จำนวน 359,070 ตัน และของเสียอันตรายประเภทอื่นๆ เช่น แบตเตอรี่ หลอดไฟ และภาชนะบรรจุสารเคมี รวมกันอีกประมาณ 353,700 ตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2555) ขยะจากเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จัดเป็นขยะอันตราย ซึ่งมีสารอันตรายโดยเฉพาะธาตุโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ขยะอันตรายเหล่านี้หากไม่มีการจัดการที่ดีอาจส่งผลให้มีการปนเปื้อนของสารพิษไปสู่สิ่งแวดล้อมและส่งผลกระทบต่อมนุษย์โดยตรง

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยวัสดุหลายชนิด ซึ่งส่วนมากเป็นโลหะหนัก เช่น สารตะกั่ว (Lead; Pb) เป็นสารประกอบหลักในลวดบัดกรี จอมอนิเตอร์ เครื่องคอมพิวเตอร์ และโทรทัศน์ สารแคดเมียม (Cadmium; Cd) พบในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัสดุกึ่งตัวนำ อุปกรณ์ตรวจจับอินฟาเรด และจอมอนิเตอร์ ส่วนโครเมียม (Chromium; Cr) ใช้ผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทานไม่เป็นสนิม อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ส่วนใหญ่จะมีแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์เป็นส่วนประกอบ เมื่อเกิดการชำรุดจะต้องมีการนำไปซ่อมแซมที่ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตั้งอยู่ในชุมชนนั้น (สมศักดิ์ ศรีภักดี, 2544) ผู้ปฏิบัติงานมักได้รับสารโลหะ

หนักเข้าสู่ร่างกายจากการสูดดมไอโลหะขณะควบคุมการหลอมโลหะและการบัดกรี ส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ซ่อมแซมไม่ได้จะถูกทิ้งไปกับขยะชุมชน บางส่วนที่มีขนาดเล็กโดยเฉพาะเศษบัดกรี ได้ตกหล่นอยู่รอบบริเวณร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว (สมศักดิ์ ศรีภักดี, 2544) ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จึงมีความเสี่ยงต่อการได้รับสารโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศและฝุ่นเข้าสู่ร่างกาย (แสงโฉม เกิดคล้าย, 2547)

มนุษย์มีโอกาสรับสารโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายและก่อให้เกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม เช่น พืช สัตว์ ดิน ดินตะกอน น้ำ อากาศ และฝุ่น (Foroughi et al., 2011) อากาศเป็นตัวกลางทางสิ่งแวดล้อมที่สามารถบอกให้ทราบถึงปริมาณการแพร่กระจายของสารปนเปื้อนที่อยู่ในสิ่งแวดล้อม โดยทั่วไปมนุษย์สามารถรับสัมผัสโลหะหนักที่ปนเปื้อนอยู่ในอากาศเข้าไปในร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ (Leung et al., 2008; อัจฉรา พุ่มฉัตร, 2549) ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่จะเข้าสู่ร่างกายโดยการหายใจ (Dahal et al., 2008) แม้ว่าจะมีการสัมผัสปริมาณเล็กน้อยแต่ทำให้เกิดอันตรายได้ โลหะหนักพวกนี้สลายตัวได้ยากเป็นอันตรายต่อมนุษย์และเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ซึ่งความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับแต่ละชนิดของโลหะหนัก (ปุณยนุช รุธิรโก, 2551; Babu et al., 2007)

โลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์จะส่งผลต่อสุขภาพแตกต่างกันออกไป สารพิษเหล่านี้เมื่อสะสมอยู่ในร่างกายจนถึงระดับหนึ่งก็จะแสดงอาการออกมาให้เห็น เช่น ตะกั่วหากได้รับตะกั่วสะสมเรื้อรังจะส่งผลต่อระบบประสาทส่วนกลางและสมอง ตะกั่วจะไปสะสมที่กระดูกแคดเมียมถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในมนุษย์ ทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ระยะยาวจะไปสะสมที่กระดูกทำให้กระดูกผุ ส่วนโครเมียมทำให้เกิดโรคระบบทางเดินหายใจ ถ้าได้รับเป็นเวลานานๆ จะทำให้เป็นมะเร็งผิวหนัง (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

พื้นที่เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นเขตเมืองที่มีความเจริญมีบ้านเรือนและประชาชากรอาศัยจำนวนมาก และยังเป็นศูนย์กลางทางธุรกิจการค้าและการบริการของภาคใต้อีกด้วย จึงทำให้มีจำนวนบ้านเรือน หอพัก และหน่วยงานต่างๆ มากมาย ประชาชนมีทั้งภูมิลำเนาเดิมในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ และกลุ่มประชากรแฝง ได้แก่ กลุ่มผู้ประกอบการ บุคลากรภาครัฐเอกชน และนักศึกษาที่มาอาศัยอยู่จำนวนมาก โดยเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ตอบสนองความต้องการของประชาชนในยุคปัจจุบันรวมทั้งประชาชนที่อาศัยในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ดังกล่าว เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทจะมีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน เมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะเสียชำรุดและต้องซ่อมแซม ทำให้ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นอีกกิจการหนึ่งที่เป็นที่ต้องการของประชาชนในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จากข้อมูลของสำนักงานเทศบาลนครหาดใหญ่เกี่ยวกับการต่อใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ คือการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า พบว่าจำนวนร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีจำนวนการต่อใบอนุญาตไม่ลดลงจากปีก่อนๆ (สำนักการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนคร

หาดใหญ่, 2557) นอกจากนี้จากการสำรวจและสอบถามข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่าในการปฏิบัติงานส่วนใหญ่ผู้ปฏิบัติงานไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัยในสุขภาพอนามัยแต่อย่างใด

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่าผู้ประกอบอาชีพช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในร้านซ่อมขนาดเล็ก มีความเสี่ยงที่จะได้รับอันตรายจากโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมจากการปฏิบัติงาน เนื่องจากร้านซ่อมขนาดเล็กส่วนใหญ่ช่างซ่อมจะไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) และระบบระบายอากาศภายในร้านส่วนใหญ่ไม่เป็นระบบมาตรฐาน ระบายอากาศโดยพัดลมและอาศัยลมจากธรรมชาติ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ทั้งนี้หน่วยงานภาครัฐ ทั้งส่วนกลาง ส่วนภูมิภาคและส่วนท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งหน่วยงานภาคเอกชน สามารถนำข้อมูลจากงานวิจัยนี้ไปใช้เป็นแนวทางในการเฝ้าระวัง ป้องกัน และแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของโลหะหนักในสถานประกอบการและปัญหาสุขภาพอนามัยได้

1.2 การตรวจเอกสาร

1.2.1 เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ อุปกรณ์ที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปต่างๆ ที่ต้องการ เช่น พลังงานความร้อน พลังงานเสียง พลังงานกล และพลังงานเคมี ซึ่งเราสามารถนำพลังงานที่เปลี่ยนแปลงจากพลังงานไฟฟ้าไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้

ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ แบ่งประเภทตามระเบียบว่าด้วยเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เป็น 10 ประเภท (นันญา พันธ์เจริญ, 2546) ดังนี้

1) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดใหญ่ เช่น ตู้เย็น เครื่องทำความเย็น เครื่องซักผ้า และเครื่องล้างจาน ฯลฯ

2) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในครัวเรือนขนาดเล็ก เช่น เครื่องดูดฝุ่น เตารีด เครื่องปิ้งขนมปัง และมีดโกนไฟฟ้า ฯลฯ

3) อุปกรณ์ไอที เช่น คอมพิวเตอร์ เมนเฟรม โน้ตบุ๊ค เครื่องสแกนภาพ เครื่องโทรสาร โทรศัพท์ และโทรศัพท์มือถือ ฯลฯ

4) เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับผู้บริโภค เช่น วิทยุ โทรทัศน์ เครื่องบันทึกวีดีโอ และเครื่องดนตรีที่ใช้ไฟฟ้าฯลฯ

5) อุปกรณ์ให้แสงสว่าง เช่น หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ และหลอดโซเดียม ฯลฯ

6) ระบบอุปกรณ์เครื่องมือการแพทย์ เช่น เครื่องเอกซเรย์ ฯลฯ

7) เครื่องมือวัดหรือควบคุมต่างๆ เช่น เครื่องจับควัน และเครื่องควบคุมอุณหภูมิ ฯลฯ

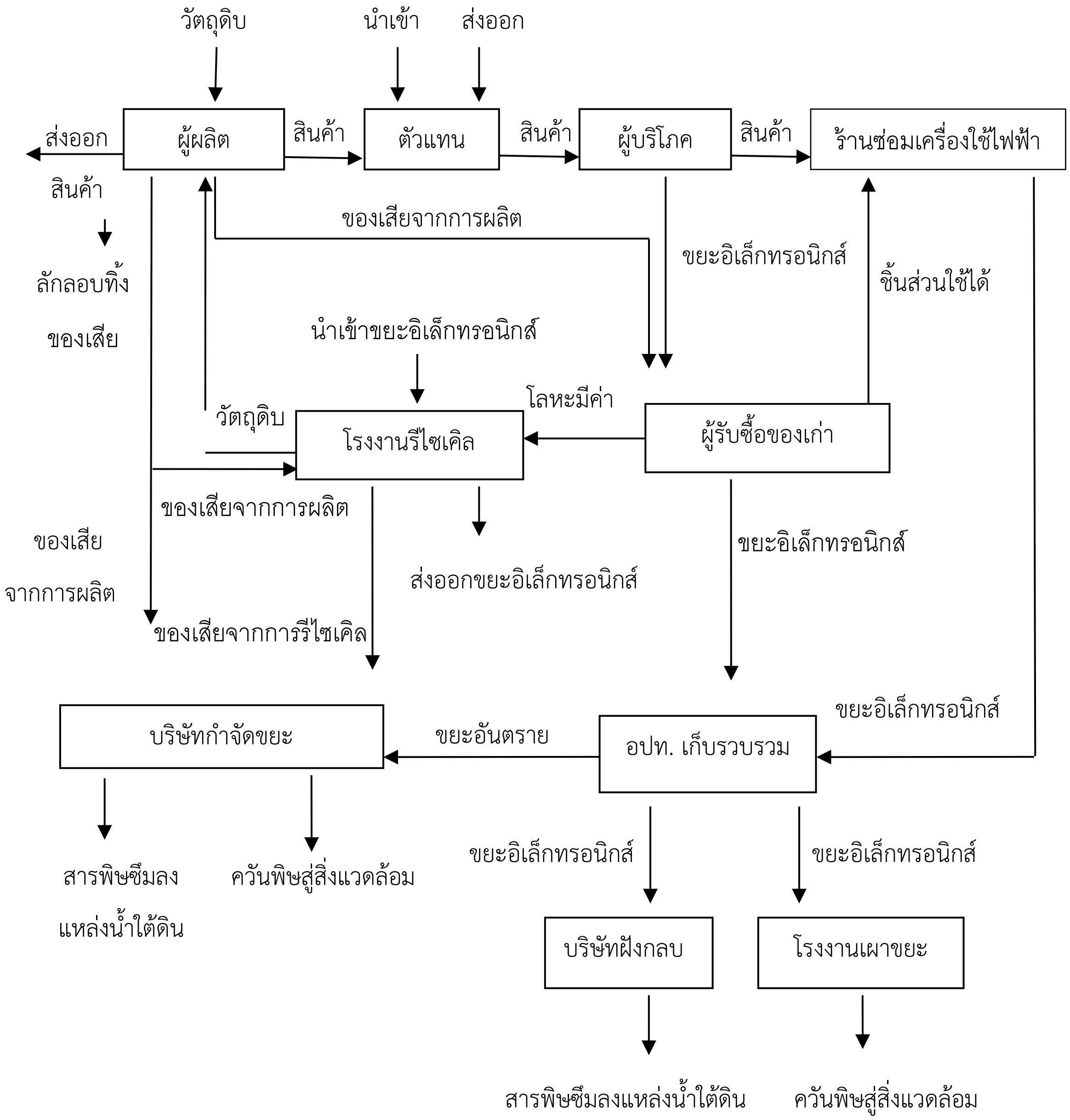
8) ของเล่น เช่น เกมส์บอยส์ของเล่นที่ใช้ไฟฟ้า หรืออิเล็กทรอนิกส์ ฯลฯ

9) เครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น สว่าน และเลื่อยไฟฟ้า ฯลฯ

10) เครื่องจำหน่ายสินค้าอัตโนมัติ เช่น เครื่องจำหน่ายเครื่องดื่มอัตโนมัติ

1.2.1.1 วงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

วงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นแหล่งกำเนิดขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้หลากหลายทาง เริ่มตั้งแต่สินค้าจะไปสู่ผู้บริโภคทางการส่งออก การจำหน่าย และการบริโภคสินค้า เมื่อสินค้าชำรุดจะทำการซ่อมแซมที่ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หรือทิ้งในท้องถิ่นนั้น หน่วยงานท้องถิ่นอาจจะเก็บรวบรวมไว้เองหรือมีผู้รับซื้อของเก่ามารับซื้อไปส่งที่โรงงานรีไซเคิล ซึ่งโรงงานรีไซเคิลก็จะนำชิ้นส่วนที่สามารถรีไซเคิลได้ไปผลิตใหม่หรือส่งออก และส่วนที่ไม่สามารถรีไซเคิลได้ก็จะถูกส่งไปกำจัดด้วยวิธีฝังกลบและเผาทำลายทำให้เกิดสารพิษตกค้างในแหล่งน้ำใต้ดินและเกิดควันพิษในสภาพแวดล้อมใกล้เคียง ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1-1



หมายเหตุ: อปท. หมายถึง องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ภาพที่ 1-1 รูปแบบวงจรของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทย
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2551

อายุการใช้งานของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทมีอายุสั้นลง เช่น คอมพิวเตอร์มีอายุการใช้งานเฉลี่ย 7 ปี แต่ผู้บริโภคใช้งานเพียงปีกว่าๆ เนื่องจากผู้บริโภคต้องการเปลี่ยนสินค้าให้ทันกับเทคโนโลยีที่พัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ทำให้ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้กลายเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์เร็วขึ้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละประเภทมีอายุการใช้งานเฉลี่ย ดังแสดงในตารางที่ 1-1

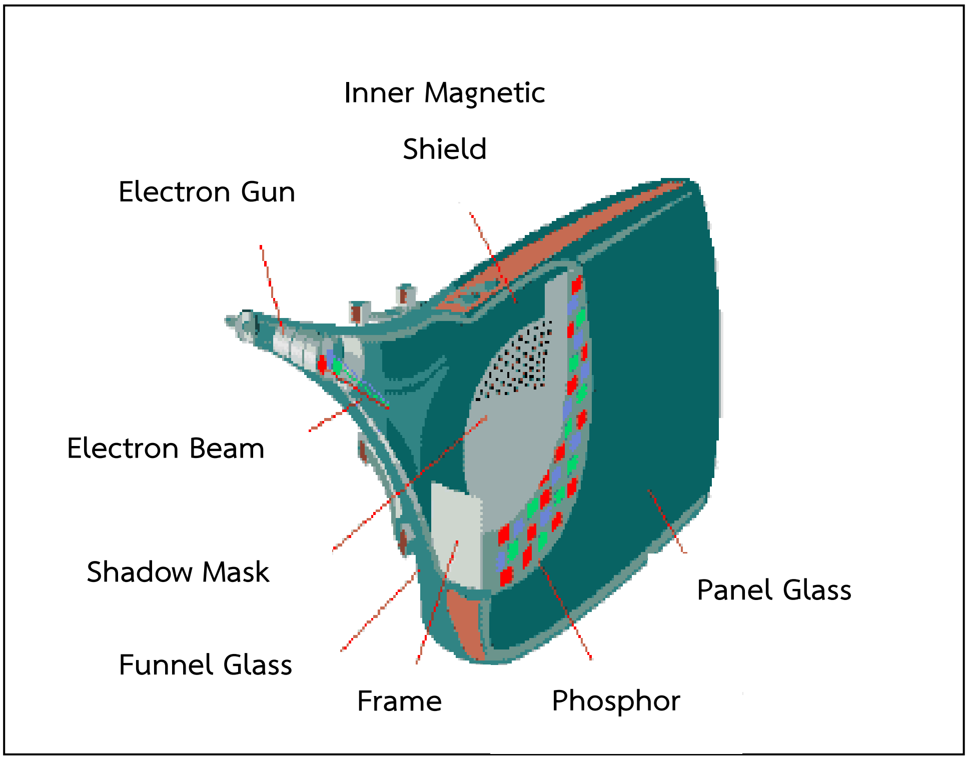
ตารางที่ 1-1 อายุการใช้งานเฉลี่ยของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลิตภัณฑ์	**อายุการใช้งานเฉลี่ย (ปี)**
โทรทัศน์	18
ตู้เย็น	14
เครื่องซักผ้า	12
เครื่องปรับอากาศ	10
เครื่องคอมพิวเตอร์	7
จอคอมพิวเตอร์แบบ Cathode ray tube (CRT)	9
โทรศัพท์มือถือ	2

ที่มา: สุดารัช สิงหโกวินทร์, 2548

1.2.1.2 สารพิษที่พบในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีสารอันตรายหลายชนิดโดยเฉพาะธาตุโลหะหนัก เช่น ตะกั่ว แคดเมียม โครเมียม ปรอท สารหนู และเบริลเลียม เป็นต้น โลหะหนักเหล่านี้เป็นขยะอันตรายที่สลายตัวได้ยาก โดยเฉพาะตะกั่วที่มีอยู่มากในแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Printed circuit board; PCB) ซึ่งมีตะกั่วประมาณ 50 กรัมต่อตารางเมตร ส่วนหลอดภาพรังสีแคโทด (Cathode ray tubes; CRTs) ของจอคอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง พบตะกั่วประมาณ 0.4 กิโลกรัม และโทรทัศน์ 1 เครื่อง พบตะกั่วประมาณ 2 กิโลกรัม โดย 70% ของโลหะหนักทั้งหมดเกิดจากขยะจอมอนิเตอร์เครื่องคอมพิวเตอร์และโทรทัศน์ชนิดที่เป็น CRT และ 40% ของโลหะหนักที่พบเป็นตะกั่ว แหล่งที่สำคัญของโลหะหนัก คือ หลอดแก้วจอภาพชนิด CRT ดังแสดงในภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 หลอดแก้วจอภาพชนิด CRT
ที่มา: อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553

นอกจากสารที่กล่าวมาข้างต้นซึ่งจะพบในปริมาณที่มากแล้ว ยังมีสารพิษอื่นๆ ที่พบได้ เช่น โพลิโบรมิเนตเต็ด ไดฟีนิล อีเทอร์ (Polybrominated diphenyl ether; PBDEs), โพลีไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride; PVC), โนนิลฟีนอล (Nonylphenol; NP), ไตรฟีนิลฟอสเฟต (Triphenyl phosphate; TPP) และโพลีคลอริเนทเต็ดแนฟทาลีน (Polychlorinated Naphthalene; PCNs) สารแต่ละชนิดที่พบได้นี้เป็นอันตรายต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม อาจรั่วไหลลงสู่แหล่งดินและน้ำ ปนเปื้อนในอากาศ สามารถสะสมได้ในสิ่งแวดล้อมและส่งผลต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ (วีระพล วงษ์ประพันธ์, 2553; อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553; ชมพูนุท พรหมภักดิ์, 2555) ตัวอย่างของสารพิษสำคัญที่พบในเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ได้แก่

- ตะกั่ว เป็นส่วนประกอบในการบัดกรีแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นสารประกอบหลักในลวดบัดกรี จอมอนิเตอร์ CRT และแบตเตอรี่
- แคดเมียม พบในแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวต้านทาน ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัสดุกึ่งตัวนำ (Semiconductors) อุปกรณ์ตรวจจับอินฟาเรด (Infrared detectors) และจอมอนิเตอร์ CRT

- โครเมียม ใช้ในการป้องกันการกัดกร่อนของแผ่นโลหะเคลือบสังกะสีผสมกับโลหะ ทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทาน

- ปรอท พบในตัวตัดความร้อน สวิตซ์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ และมอนิเตอร์ LCD (Liquid crystal display)

- เบริลเลียม ใช้ในแผ่นวงจรหลัก และคอนเนคเตอร์ของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

- พลวง ใช้เป็นสารหน่วงไฟในอุตสาหกรรมการผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด

- สารหนู ใช้ในแผงวงจร

- แบเรียม ใช้ในแผ่นหน้าของหลอดรังสีแคโทด

- สารหน่วงไฟประเภทโบรมีน ใช้เป็นส่วนผสมในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หลายชนิด เพื่อทำให้การติดไฟช้าลงในกรณีที่เกิดไฟไหม้ พบมากในแผงวงจร สายเคเบิล และพลาสติกหุ้มอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ สารในกลุ่มนี้ ได้แก่ โพลิโบรมิเนตเต็ด ไดฟีนิล อีเทอร์ (PBDEs) และ Polybrominated biphenyls (PBBs)

- โพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC) เป็นพลาสติกที่ใช้ในชิ้นส่วนอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และใช้เพื่อทำเป็นฉนวนหุ้มสายไฟและสายเคเบิลต่าง ๆ

- ไตรฟีนิลฟอสเฟต (TPP) เป็นสารหน่วงไฟในกลุ่มออร์แกโนฟอสฟอรัสใช้ในการผลิตเคสของมอนิเตอร์คอมพิวเตอร์

- โนนิลฟีนอล (NP) เป็นสารลดแรงตึงผิวที่ใช้ในอุตสาหกรรมพลาสติกบางชนิด

- โพลีคลอริเนทเต็ดแนฟทาลีน (PCNs) ใช้เคลือบสายไฟเพื่อเพิ่มความเป็นฉนวนเป็นสารเติมแต่งในยางและพลาสติก และใช้เป็นสารหน่วงไฟ

1.2.2 การซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ การให้บริการตรวจเช็คและซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่สามารถใช้งานได้ตามปกติ เช่น โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องเสียง เครื่องเล่นวีดีโอ หม้อหุงข้าวไฟฟ้า พัดลม เตารีด กระติกต้มน้ำร้อน เป็นต้น ให้สามารถใช้งานได้ตามปกติ การรับซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีจุดที่ผู้ปฏิบัติงานซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ใช้ในการนั่งทำงานซ่อมแซมบ่อยที่สุด

ผู้ปฏิบัติงานเป็นคนทำงานที่มีหน้าที่โดยตรงในการบัดกรีซ่อมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ การบัดกรีเป็นหัวใจสำคัญของการประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เป็นการประสานโลหะสองชิ้น ชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกัน โดยใช้โลหะชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันกับชิ้นงานเป็นตัวประสานให้เชื่อมต่อกัน การประสานทำได้โดยการทำให้โลหะบัดกรีถูกหลอมเหลวด้วย

ความร้อนยึดเกาะติดกับพื้นผิวงาน โดยการยึดเกาะระหว่างชิ้นงานกับโลหะบัดกรีเกิดจากการที่อะตอมบางตัวของโลหะบัดกรีแพร่เข้ามาในอะตอมของชิ้นงานนั้นๆ ทำให้เกิดการยึดเหนี่ยวกันระหว่างอะตอมของชิ้นงานกับอะตอมของโลหะบัดกรีด้วยพันธะโลหะ (Metallic bond)

โลหะบัดกรี โดยทั่วไปจะใช้ตะกั่วบัดกรี ซึ่งเป็นวัสดุที่สำคัญมากในการบัดกรี ตะกั่วบัดกรีจะมีส่วนผสมระหวางดีบุกและตะกั่ว และจะมีฟลั๊กซึ่งกันการเกิดออกไซดของโลหะซึ่งเปนอุปสรรคในการเชื่อมตอในระหวางการบัดกรี ถ้าใช้ตะกั่วไม่ดีทำให้คุณภาพงานที่ได้ไม่ดี ไม่มีคุณภาพทำให้บัดกรียาก (วีระพล วงษ์ประพันธ์, 2553)

หัวแร้งบัดกรีที่ใช้ในงานบัดกรีด้านอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ มักจะเป็นหัวแร้งที่สร้างความร้อนจากพลังงานไฟฟ้า เพื่อความสะดวกในการใช้งานซึ่งเรียกว่า หัวแร้งบัดกรีไฟฟ้า(Electric soldering iron) โดยทั่วไปจะมี 2 ชนิดคือ หัวแร้งปืน (ภาพที่ 1-3) และหัวแร้งแช่ (ภาพที่ 1-4)

ภาพที่ 1-3 หัวแร้งปืน (Electric soldering gun)
ที่มา: ประดิษฐ์ บุตรศรี, 2551

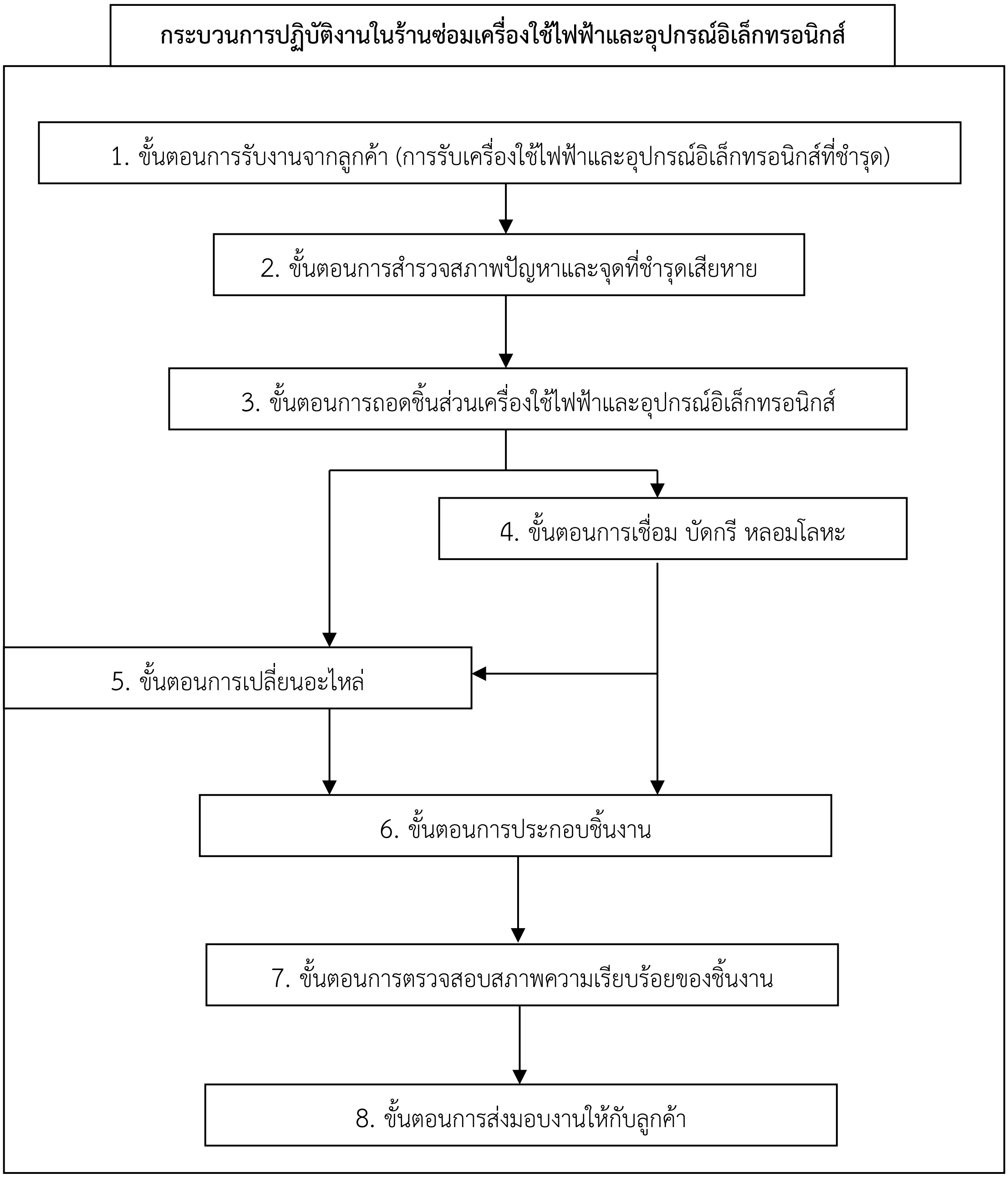
หัวแร้งชนิดนี้เป็นประเภทที่ใช้ความร้อนสูงและรวดเร็ว โดยการทำงานของหัวแร้งชนิดนี้จะใช้หลักการของหม้อแปลงไฟฟ้าคือ แปลงแรงดันไฟบ้านให้เป็นไฟฟ้าแรงดันต่ำ แต่จ่ายกระแสได้สูง ภายในตัวหัวแร้งจะมีลักษณะเป็นหม้อแปลงไฟฟ้ามีขดลวด 3 ชุด พันอยู่บนแกนเหล็กโดยชุดปฐมภูมิจะพันด้วยลวดเส้นเล็กจำนวนรอบมากๆ นำไปต่อเข้ากับปลั๊กไฟบ้าน 220 V ด้านชุดทุติยภูมิจะมี 2 ขด คือ ขดเส้นลวดเล็ก พันให้ได้แรงดันไฟฟ้าประมาณ 2.2 โวลต์ เพื่อใช้จุดหลอดไฟขนาดเล็กเพื่อแสดงการทำงาน และอีกขดจะพันด้วยลวดเส้นใหญ่โดยพัน 5-6 รอบ เพื่อให้ได้กระแสสูงมากและต่อเข้ากับชุดปลายหัวแร้ง เพื่อสร้างความร้อนในการบัดกรี การปิด-เปิดการทำงานจะใช้สวิตช์ ลักษณะคล้ายไกปืนในการเปิด-ปิดการให้ความร้อนในขณะใช้งาน หัวแร้งชนิดนี้ไม่เหมาะแก่การบัดกรีงาน

อิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากให้ความร้อนสูงมากและไม่สม่ำเสมออาจก่อให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์และลานทองแดงบนแผ่นวงจร

ภาพที่ 1-4 หัวแร้งแช่ หัวแรงแช่ (Electric soldering)
ที่มา : ประดิษฐ์ บุตรศรี, 2551

หัวแรงชนิดนี้เมื่อตองการใช้งานจะเสียบปลั๊กทิ้งไวใหรอนตลอดเวลา เพราะไมมีสวิตชปด-เปด แบบหัวแรงปน โดยมากจะตองเสียบเขากับปลั๊กไฟฟาตลอดจนงานจะเสร็จ เนื่องจากเมื่อเสียบใหม่จะต้องรอเปนเวลานานพอควรหัวแรงจึงจะรอนถึงระดับใชงาน โครงสราง ภายในจะเปนเสนลวดความรอนพันอยูบนฉนวนที่หอหุมด้วยไมก้า มีขอตอสำหรับเชื่อมตอกับปลาย หัวแรง ความรอนที่เกิดขึ้นจะเกิดจากกระแสที่ไหลผานขดลวดความรอนที่บริเวณปลายหัวแรงและถายเทไปยังส่วนปลายหัวแรงที่ใชสำหรับบัดกรี หัวแรงนี้มักนิยมใชในงานประกอบวงจรเพราะให ความรอนคงที่ เลือกขนาดได้มากและมีปลายหัวแร้งใหเลือกใชหลายแบบ โดยมีตั้งแตขนาด 6-250 วัตต แตที่ใชในงานอิเล็กทรอนิกสจะใชขนาด 15-30 วัตต ซึ่งใหความรอนไมสูงมากนักเหมาะกับการบัดกรี อุปกรณบนแผนวงจรพิมพ หัวแร้งชนิดนี้ปลายทำด้วยทองแดงหรือทองแดงชุบแข็ง โดยการใช้ไฟฟ้าผ่านไปยังปลายทองแดงเพื่อทำให้เกิดความร้อนเพียงพอที่สามารถจะละลายตะกั่วบัดกรีได้

สำหรับกระบวนการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์นั้น จากการลงพื้นที่สำรวจข้อมูลกระบวนการทำงานของผู้ประกอบการในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา พบว่ากระบวนการปฏิบัติงานไม่ยุ่งยากและไม่มีความซับซ้อน โดยมีขั้นตอนการปฏิบัติงานดังแสดงในภาพที่ 1-5



ภาพที่ 1-5 ขั้นตอนการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มา: กิตติชัย จ่างเกตุทอง. 2557. สัมภาษณ์ (27 พฤศจิกายน 2557). ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า. ร้าน 179. เทศบาลนครหาดใหญ่, สงขลา, ประเทศไทย

1) ขั้นตอนการรับงานจากลูกค้า

ขั้นตอนนี้เป็นการรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดจากลูกค้าหรือผู้ใช้บริการ (ภาพที่ 1-6) จากการสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ พบว่า

รูปแบบการบริการของร้านในการรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เสียหายจากลูกค้ามี 2 สองรูปแบบ คือ

- ลูกค้านำเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายมาส่งที่ร้าน
- ช่างซ่อมจะไปรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายจากบ้านเรือนของลูกค้าและนำมารวบรวมไว้ที่ร้าน

หลังจากนั้นทางร้านจะจัดลำดับการซ่อมโดยเรียงตามลำดับการส่งและรับมาจากลูกค้าแล้วทำการสำรวจส่วนที่ชำรุดเสียหายเพื่อพิจารณาการซ่อมแซมต่อไป

ภาพที่ 1-6 การรับเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ชำรุดเสียหายจากลูกค้า
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

2) ขั้นตอนการสำรวจสภาพปัญหาและจุดที่ชำรุดเสียหาย

ช่างผู้ปฏิบัติงานจะทำการตรวจสอบสภาพการชำรุดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อพิจารณาความชำรุดเสียหายในเบื้องต้น พิจารณารูปแบบและขั้นตอนในการซ่อมแซมส่วนที่เสียหาย (ภาพที่ 1-7)

ภาพที่ 1-7 การตรวจสอบสภาพการชำรุดเสียหายในเบื้องต้น
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

3) ขั้นตอนการถอดชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

หลังจากการตรวจสอบในเบื้องต้นแล้ว ผู้ปฏิบัติงานซ่อมจะทำการถอดชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แต่ละส่วนออก เพื่อตรวจสภาพภายในอย่างละเอียดและพิจารณาการซ่อมบำรุงให้ตรงจุด หากไม่มีความเสียหายของระบบวงจรหรือแผงอิเล็กทรอนิกส์จะทำการสำรวจชิ้นส่วนอะไหล่ที่มีความเสียหายและทำการเปลี่ยนอะไหล่ใหม่ หากมีความเสียหายของแผงวงจร หรือเกิดการชำรุดของชิ้นส่วนจะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป (ภาพที่ 1-8)

ภาพที่ 1-8 การถอดชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อรอซ่อมแซมจุดที่ชำรุด
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

4) ขั้นตอนการเชื่อม บัดกรี หลอมโลหะ (ภาพที่ 1-9)

เป็นขั้นตอนที่มีความเสี่ยงต่อการรับสัมผัสไอควัน (Fumes) ของแคดเมียม โครเมียม และตะกั่ว เนื่องจากช่างผู้ปฏิบัติงานจะต้องปฏิบัติงานโดยมีการเชื่อม และบัดกรี โดยในบางชิ้นงาน จะมีขั้นตอนการหลอมโลหะด้วย กระบวนการดังกล่าวส่งผลให้เกิดการไอควันของสารและเกิดการฟุ้งกระจายในที่ปฏิบัติงาน จากการสำรวจพบว่าช่างผู้ปฏิบัติงานส่วนใหญ่ไม่มีการสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) โดยให้เหตุผลว่ามีการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเป็นระยะเวลานาน แต่ยังไม่เคยปรากฏว่ามีอาการเจ็บป่วยเนื่องจากการปฏิบัติงาน ซึ่งส่งผลอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของช่างผู้ปฏิบัติงานมากยิ่งขึ้น

ภาพที่ 1-9 แผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถูกแยกชิ้นส่วนในขณะซ่อมส่วนที่ชำรุด
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

5) ขั้นตอนการเปลี่ยนอะไหล่ (ภาพที่ 1-10)

เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีความเสียหายในส่วนของแผงวงจรไฟฟ้าหรือแผงอิเล็กทรอนิกส์ ช่างผู้ปฏิบัติงานจะทำการตรวจสอบและดำเนินการจัดเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ใหม่เพื่อให้สามารถใช้งานได้ โดยส่วนใหญ่พื้นที่ของการปฏิบัติงานของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะมีพื้นที่ไม่กว้างขวางนัก การปฏิบัติงานจะอยู่ในพื้นที่และบริเวณใกล้เคียงกัน ดังนั้นในขณะปฏิบัติงานในพื้นที่ที่แม้จะไม่ได้ทำการเชื่อมหรือบัดกรี ช่างผู้ปฏิบัติงานก็มีโอกาสสัมผัสไอควัน (Fumes) หรือฝุ่นโลหะ เช่น ตะกั่ว โครเมียม และแคดเมียม ที่มีการฟุ้งกระจายและเกิดการสะสมในพื้นที่ปฏิบัติงานได้

นอกจากนี้ชิ้นงานบางส่วนที่ผ่านการเชื่อม การบัดกรี หรือการหลอมโลหะแล้วเสร็จ จะนำเข้าสู่กระบวนการเปลี่ยนอะไหล่ต่อเนื่องกันไป เพื่อให้เกิดความสมบูรณ์ของชิ้นงานตามความต้องการของลูกค้ามากที่สุด

ภาพที่ 1-10 การดำเนินการเปลี่ยนอะไหล่เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความชำรุด
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

6) ขั้นตอนการประกอบชิ้นงาน

หลังจากช่างผู้ปฏิบัติงานดำเนินการซ่อมแซมความเสียหายและจุดชำรุดทุกจุดแล้วเสร็จ จะดำเนินการประกอบชิ้นส่วนของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เข้าสู่รูปแบบเดิม เพื่อเตรียมความพร้อมในการทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานต่อไป (ภาพที่ 1-11)

ภาพที่ 1-11 การประกอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ดำเนินการซ่อมแซมแล้วเสร็จ
ที่มา: ปเนต มโนมัยวิบูลย์ และคณะ, 2552

7) ขั้นตอนการตรวจสอบสภาพความเรียบร้อยของชิ้นงาน

ช่างผู้ปฏิบัติงานจะนำเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการซ่อมแซมเรียบร้อยแล้ว มาทำการทดสอบการใช้งานและตรวจสอบสภาพของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อีกครั้ง เพื่อเป็นการยืนยันประสิทธิภาพการใช้งานก่อนถึงมือลูกค้า

8) ขั้นตอนการส่งมอบงานให้กับลูกค้า

เป็นขั้นตอนการส่งมอบเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผ่านการซ่อมแซม การทดสอบการใช้งาน และการตรวจสอบสภาพเรียบร้อยแล้วให้แก่ลูกค้าผู้ใช้บริการ

1.2.3 องค์ประกอบของผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

1.2.3.1 โทรทัศน์ (Television)

โทรทัศน์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญและอยู่คู่กับมนุษย์มานาน อดีตเป็นโทรทัศน์ CRT และเปลี่ยนมาเป็นโทรทัศน์ที่ใช้จอภาพแบบพลาสมา และจอภาพผลึกเหลว หรือที่เรียกจอภาพ LCD ซึ่งได้รับความนิยมในปัจจุบัน โดยปกติโทรทัศน์มีองค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ แก้วทั้งด้านนอกและด้านในของหลอดภาพรังสีแคโทด เหล็กยึดและเหล็กควบคุมรังสี สารฉาบเรืองแสง ปืนอิเล็กตรอนทำจากแก้ว และเหล็กกล้าไร้สนิม PCB และพลาสติกครอบ ดังแสดงในตารางที่ 1-2

ตารางที่ 1-2 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรทัศน์ที่ใช้จอภาพแบบ LCD

วัตถุดิบหลัก	สัดส่วนของวัตถุดิบ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)
เหล็ก	47
พลาสติก	22
แหล่งกำเนิดแสง back light	12
แก้วที่เคลือบฟิล์มที่มีส่วนผสมของ Indium tin oxide	7
อะลูมิเนียม	5
แผงวงจรไฟฟ้า	4
ตะกั่ว	3

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.3.2 ตู้เย็น (Refrigerator)

ตู้เย็น เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีความสำคัญประเภทหนึ่ง ส่วนใหญ่ทุกครัวเรือนต้องมีไว้ประจำบ้าน เพื่อการเก็บถนอมอาหารไม่ให้มีการเน่าเสียจากแบคทีเรีย ตู้เย็นเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งมีส่วนประกอบหลัก ได้แก่ ฉนวนกันความร้อนเพื่อไม่ให้ความร้อนเข้ามาในตู้เย็นตัวทำความเย็น และโลหะต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 1-3

ตารางที่ 1-3 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของตู้เย็นขนาด 6 Q และขนาด 10 Q

วัตถุดิบหลัก	น้ำหนักเฉลี่ยของตู้เย็นขนาด 6 Q (1 ประตู) ร้อยละโดยน้ำหนัก	น้ำหนักเฉลี่ยของตู้เย็นขนาด 10 Q (2 ประตู) ร้อยละโดยน้ำหนัก
เหล็ก	40 – 45	45 – 53
โพลียูรีเธน	8 – 12	6.5 – 8.0
พลาสติกอื่นๆ	20 – 27	12 – 16
ทองแดง	3 – 5	5 – 6
อะลูมิเนียม	2 – 3	1 – 3
ตะกั่ว	0.02 – 0.03	0.02 – 0.03
แก้ว	1.40 - 1.50	1.40 - 1.50

ตารางที่ 1-3 สัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของตู้เย็นขนาด 6 Q และขนาด 10 Q (ต่อ)

วัตถุดิบหลัก	น้ำหนักเฉลี่ยของตู้เย็น ขนาด 6 Q (1 ประตู) ร้อยละโดยน้ำหนัก	น้ำหนักเฉลี่ยของตู้เย็น ขนาด 10 Q (2 ประตู) ร้อยละโดยน้ำหนัก
สี	0.70 – 0.80	0.70 – 0.80
สารหล่อเย็น	0.67 – 0.71	0.67 – 0.71
น้ำมันหล่อลื่น	0.30-0.4	0.30-0.4
อื่น ๆ	1.02 – 1.04	1.02 – 1.04

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.3.3 เครื่องซักผ้า (Washing Machine)

เครื่องซักผ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าขนาดใหญ่ที่มีสัดส่วนปริมาณของเหล็ก ทองแดง อลูมิเนียม และพลาสติกในปริมาณที่สูง ขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของวัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องซักผ้านั้น อย่างไรก็ตามสัดส่วนของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบของเครื่องซักผ้าจะคล้ายกัน มีการใช้ชิ้นส่วนและวัตถุดิบคิดเป็นร้อยละโดยน้ำหนัก ดังแสดงในตารางที่ 1-4

ตารางที่ 1-4 สัดส่วนเฉลี่ยของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องซักผ้า

วัตถุดิบหลัก	ร้อยละโดยน้ำหนัก
เหล็กและเหล็กกล้า	42.49 – 73.7
อะลูมิเนียม	3.00 – 4.50
ทองแดง	2.00 – 4.00
ยาง	~ 1.90
พลาสติกอื่นๆ	17.80 – 36.00
กระจก	~ 1.89
ปูน	~ 20.80
ไม้	~ 3.22
อื่นๆ	0.10 – 4.00

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.3.4 เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner)

เครื่องปรับอากาศ เป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่มีการใช้งานสูง เครื่องปรับอากาศมีหลายชนิดที่นิยมใช้กัน ปัจจุบันจะเป็นแบบแยกส่วนเห็นได้ทั่วไปตามที่พักอาศัยและสำนักงานมีทั้งแบบติดผนัง แบบตั้งพื้น และแบบแขวนเพดาน สัดส่วนของวัสดุที่ใช้ในการผลิตเครื่องปรับอากาศจะแตกต่างกันไปตามผู้ผลิต โดยทั่วไปจะประกอบด้วยเหล็ก ทองแดง พลาสติก และอะลูมิเนียม ดังแสดงในตารางที่ 1-5

ตารางที่ 1-5 สัดส่วนเฉลี่ยของวัสดุหลักที่เป็นองค์ประกอบหลักของเครื่องปรับอากาศ

วัตถุดิบหลัก	**ร้อยละโดยน้ำหนัก**
เหล็ก	32 – 55
พลาสติก	11 – 35
ทองแดง	4 – 17
อะลูมิเนียม	2 – 7
อื่นๆ (รวมน้ำมันหล่อลื่นและสารทำความเย็น)	10

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.3.5 คอมพิวเตอร์ (Computer)

คอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญมากในปัจจุบัน สำหรับประเทศไทยมีคอมพิวเตอร์เฉลี่ย 1-2 เครื่องต่อครัวเรือน คอมพิวเตอร์สามารถแยกได้หลายประเภท ได้แก่คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (Personal Computer) และคอมพิวเตอร์แบบพกพา เช่น แล็ปท็อป (Laptop) หรือโน๊ตบุ๊ค (Notebook) ซึ่งเครื่องคอมพิวเตอร์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบหลักคล้ายคลึงกัน เช่น จอภาพ แผงวงจร ระบบจ่ายไฟ หน่วยความจำ หน่วยเก็บข้อมูลสำรอง และหน่วยประมวลผลกลาง เป็นต้น สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ดังแสดงในตารางที่ 1-6

ตารางที่ 1-6 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (รวมจอ แสดงผล: Monitor/VDU; Visual Display Unit)

ชิ้นส่วน	**ร้อยละโดยน้ำหนัก**
พลาสติก	10.90 – 22.99
แก้ว	24.88
โลหะ	50.91 – 60.64
ตะกั่ว	6.30
อะลูมิเนียม	14.17
เหล็ก	20.47
ทองแดง	6.92
นิกเกิล	0.85
สังกะสี	2.20
โคบอลต์	0.01
แคดเมียม	0.01
สารอื่น ๆ	0.78

ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.3.6 โทรศัพท์เคลื่อนที่

โทรศัพท์เคลื่อนที่หรือโทรศัพท์มือถือ เป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีการใช้งานเพิ่มสูงขึ้นในประเทศไทย โทรศัพท์มือถือมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 ปี และประกอบไปด้วยวัสดุหลากหลายชนิดรวมทั้งโลหะที่มีค่า เช่น ทองคำ เงิน และแพลเลเดียม วัสดุที่เป็นองค์ประกอบของมือถือ ดังแสดงในตารางที่ 1-7

ตารางที่ 1-7 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ

สารเคมี	ร้อยละโดยน้ำหนัก	ชิ้นส่วนที่พบ
วัสดุที่เป็นส่วนประกอบหลัก		
พลาสติก	~ 40	ฝาครอบ และแผงวงจร
แก้วและเซรามิกส์	~15	หน้าจอแสดงผลผลึกเหลว (LCD)
ทองแดง	~15	แผงวงจร สายไฟ จุดเชื่อมต่อสัญญาณ และแบตเตอรี่
อะลูมิเนียม	~ 3	ฝาครอบและแบตเตอรี่
เหล็ก	~3	ฝาครอบ อุปกรณ์อัดประจุ และแบตเตอรี่
ดีบุก	~1	แผงวงจร
สัดส่วนที่เป็นองค์ประกอบรอง (น้อยกว่า 1% โดยน้ำหนัก)		
โบรมีน		แผงวงจร
โครเมียม		ฝาครอบ
ตะกั่ว		แผงวงจร
ผลึกเหลว		จอแสดงผลผลึกเหลว
ทองคำ		แผงวงจร
โลหะเงิน		แผงวงจรและปุ่มสัมผัส
แพลเลเดียม		แผงวงจร
สารหนู		หลอดไฟ
แบเรียม		แผงวงจร
เบริลเลียม		จุดเชื่อมต่อสัญญาณ
โลหะมีค่าชนิดอื่นๆ น้อยกว่า 0.1%		

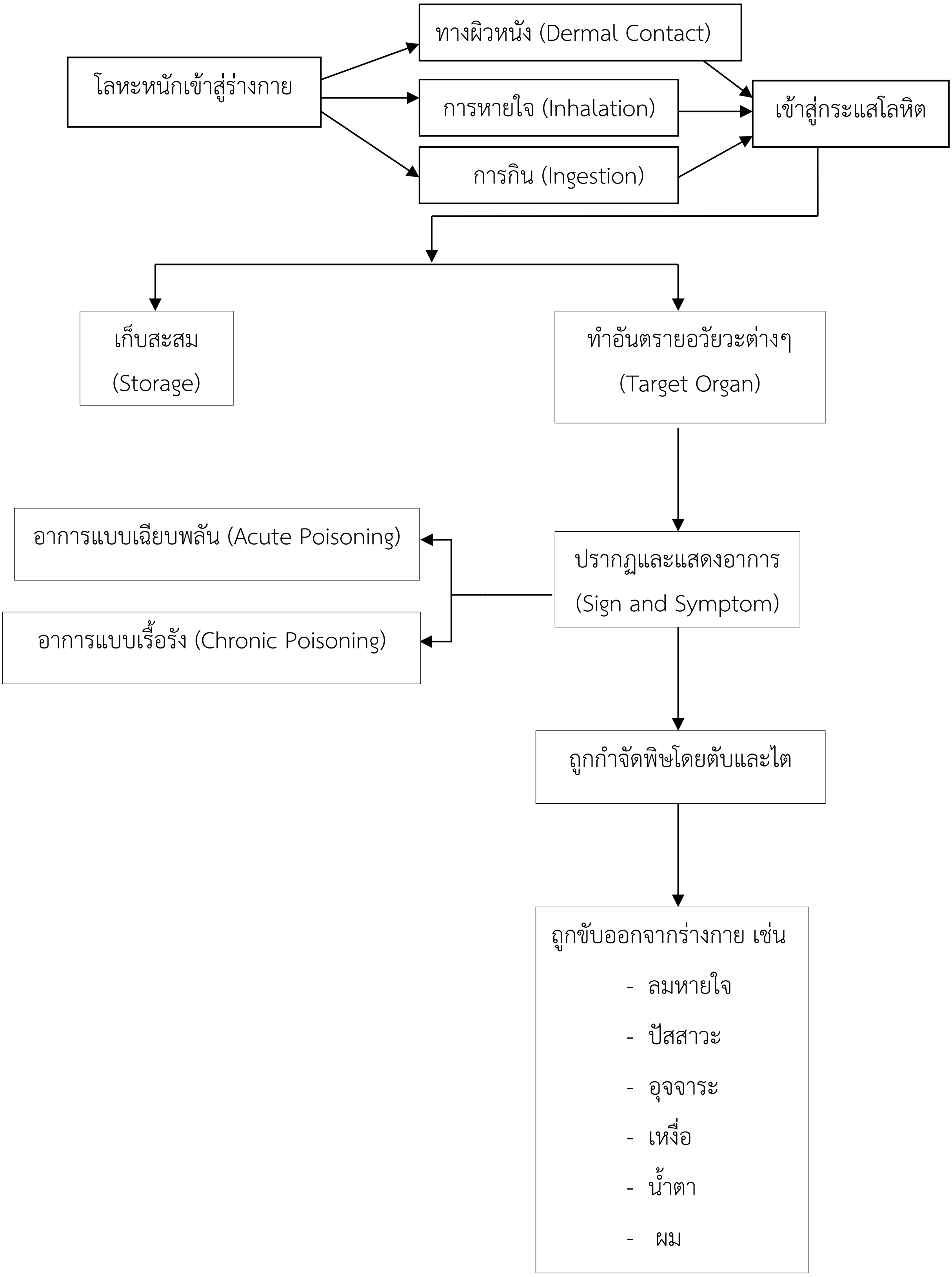
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ, 2551

1.2.4 โลหะหนัก

โลหะหนัก คือ กลุ่มธาตุที่มีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป ส่วนใหญ่เป็นธาตุอยู่ในกลุ่ม Transition metals ซึ่งเป็นพิษต่อสิ่งมีชีวิต โลหะหนักเป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ แต่ลักษณะทางเคมีจะเปลี่ยนไป ความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับรูปแบบของโลหะ โลหะหนักมีทั้งหมด 22 ชนิด ได้แก่ ทองแดง เงิน ทองคำ ทองคำขาว สังกะสี ตะกั่ว ดีบุก โครเมียม ทังสเตน แคดเมียม ปรอท บิสมัส พลวง ไททาเนียม แทนทาลัม โคบอลต์ ยูเรเนียม นิเกิล แมงกานีส โมลีเดียม และเบอร์มัสเนียม ส่วนใหญ่โลหะหนักจะมีประโยชน์ต่อกิจกรรมของมนุษย์เพราะถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรม เกษตรกรรม และยารักษาโรค เป็นต้น

โลหะหนักเป็นสารพิษเนื่องจากร่างกายไม่สามารถเผาผลาญและสะสมตัวในเนื้อเยื่ออ่อนได้ โลหะหนักแม้ว่าจะมีปริมาณในร่างกายเพียงเล็กน้อยในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดพิษ แต่ก็ก่อให้เกิดผลเสียหายต่อร่างกายหลายประการ เพราะโลหะหนักจะเข้าไปรบกวนการทำงานของแร่ธาตุต่างๆในร่างกายปกติแร่ธาตุเหล่านี้จะช่วยเร่งปฏิกิริยาการทำงานของระบบต่างๆ ในร่างกาย เช่น การสร้างพลังงาน การใช้สารอาหาร และการสร้างฮอร์โมน เป็นต้น ส่งผลให้ระบบการทำงานต่างๆ ของร่างกายหยุดชะงักไป นอกจากนั้นโลหะหนักก็ยังเป็นอันตรายต่อผนังเซลล์ เมื่ออยู่บนผนังเซลล์ทำให้เกิดเสียสมดุลของประจุไฟฟ้า เกิดการทำลายผนังเซลล์ เซลล์จึงถูกทำลายก่อให้เกิดความผิดปกติในการแบ่งตัวของเซลล์ เป็นตัวการก่อให้เกิดอนุมูลอิสระทำให้หลอดเลือดอักเสบ ผนังหลอดเลือดขรุขระ เกิดความไม่เรียบของพื้นผิวทำให้เกิดหลอดเลือดแข็ง หรือลิ่มเลือดอุดตันตามมา เป็นต้น

โลหะหนักจะเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ผ่านทางอาหาร น้ำ อากาศ หรือผ่านทางการดูดซึมทางผิวหนังจากการสัมผัสในกระบวนการผลิตทางอุตสาหกรรม กระบวนการผลิตทางเภสัชกรรม การทำเกษตรกรรม หรือทำเลที่ตั้งที่อยู่อาศัย โลหะหนักส่วนใหญ่จะถูกขับออกทางปัสสาวะ โลหะหนักบางชนิดในรูปสารประกอบอินทรีย์ เช่น Methylmercury จะถูกดูดซึมกลับได้อีกโดยผ่านตับเข้าสู่น้ำดีไปยังลำไส้ (Enterohepatic circulation) จึงทำให้สามารถอยู่ในร่างกายได้นานขึ้น นอกจากนี้โลหะหนักยังอาจถูกขับออกทางน้ำนม ผม เล็บ และการหลุดลอกของผิวหนัง (มธุรส รุจิรวัฒน์ และจุฑามาศ สัตยาวิวัฒน์, 2549) ดังแสดงในภาพที่ 1-12



ภาพที่ 1-12 แผนผังการเข้าสู่ร่างกายของโลหะหนักและการกำจัดโลหะหนักออกสู่ร่างกาย

ที่มา: สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย, 2545

โลหะหนักก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อม เนื่องจากไม่สลายตัวโดยกระบวนการทางธรรมชาติ ทำให้สามารถรวมตัวกับสารประกอบอินทรีย์ และเข้าสู่สิ่งมีชีวิตต่างๆ เมื่อเข้าไปสะสมจำนวนมากๆ สิ่งมีชีวิตจะตอบสนองต่อโลหะหนักได้แตกต่างกันไป ระดับความเป็นพิษของโลหะหนักจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติความเป็นพิษของโลหะหนักแต่ละชนิด ขนาด หรือปริมาณที่ได้รับ อายุ น้ำหนัก และความต้านทานของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (กมลพรรณ ไชยทอง, 2552) โลหะหนักที่สำคัญมีดังต่อไปนี้

1.2.4.1 ตะกั่ว (Lead)

ตะกั่วเป็นโลหะสีเทาเงิน มีความอ่อนตัว เหนียว สามารถดัดหรือขึ้นรูปง่าย ตะกั่วมีเลขอะตอมลำดับที่ 82 เป็นธาตุที่ 5 ของหมู่ IV A ในตารางธาตุ จัดเป็นโลหะ น้ำหนักอะตอม 207.19 Atomic mass unit (amu) จุดหลอมเหลว 327 องศาเซลเซียส จุดเดือด 1,737 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญคือ +2, +4 ตะกั่วได้ถูกนำมาใช้ประโยชน์มากมาย เนื่องจากเป็นสารที่นำมาทำให้บริสุทธิ์ได้ง่าย และมีสมบัติที่อ่อน ทนต่อการผุกร่อนได้ดี ตะกั่วมีกระจายอยู่ทั่วไปในธรรมชาติ ที่เปลือกโลกมีเฉลี่ยประมาณ 10-15 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ตะกั่วที่ปรากฏเป็นธาตุอิสระในธรรมชาติมีน้อยมาก (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549) ตะกั่วที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมมี 2 ประเภท คือ ตะกั่วอนินทรีย์ ได้แก่ โลหะตะกั่ว ใช้ผสมในแท่งโลหะผสมหรือผงเชื่อมบัดกรีโลหะ เป็นต้น ส่วนตะกั่วอินทรีย์ ได้แก่ ตะกั่วเตทตระเอทธิล และตะกั่วเตทตระเมทธิล ซึ่งตะกั่วทั้งสองชนิดนี้ใช้ผสมในน้ำมันเบนซินเพื่อทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ ตะกั่วเป็นสารประกอบหลักในลวดบัดกรี และจอมอนิเตอร์ CRT (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

กลไกการก่อโรคของตะกั่ว

ตะกั่วทำให้เกิดอันตรายอย่างรุนแรง มีผลต่อหลายระบบของร่างกาย โดยตะกั่วจะเข้าไปรบกวนการทำงานของเอนไซม์ต่างๆ ในร่างกาย รบกวนการทำงานของไมโตคอนเดรีย ซึ่งเป็นส่วนที่สร้างพลังงานให้กับเซลล์ และรบกวนการสร้างสารสื่อประสาทในเซลล์ โดยจะมีผลต่อการสร้างเม็ดเลือดในร่างกาย การทำงานของระบบประสาท ไต ระบบทางเดินอาหาร ระบบสืบพันธุ์ และระบบหมุนเวียนโลหิต ตะกั่วจะเข้าสู่ร่างกายได้ 2 ทาง คือ การหายใจ และการกินเข้าทางปาก ส่วนใหญ่การได้รับตะกั่วทางการหายใจ มักพบได้บ่อยในโรงงานอุตสาหกรรมโดยเกิดจากการหายใจเอาไอควัน (Fumes) ของตะกั่วเข้าไป เนื่องจากไอควันของตะกั่วมีโมเลกุลเล็กจึงดูดซึมผ่านปอดได้อย่างรวดเร็ว การได้รับตะกั่วจากการกินมักจะไม่ได้เกิดจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม แต่พบได้บ่อยในเด็ก ซึ่งเด็กจะดูดซึมตะกั่วได้ดีกว่าผู้ใหญ่

หลังจากเข้าสู่ร่างกายตะกั่วจะเข้าไปในกระแสเลือด โดยร้อยละ 99 จะเข้าไปเกาะกับเม็ดเลือดแดง ตะกั่วยังสามารถผ่านรกเข้าสู่ทารกในครรภ์มารดา และผ่าน Blood brain barrier ผ่านเข้าสู่สมองได้ด้วย เมื่อมีระดับตะกั่วในกระแสเลือดจำนวนมาก ตะกั่วจะเข้าไปสะสมในกระดูก เมื่อระดับตะกั่วในกระแสเลือดต่ำลงตะกั่วก็จะสามารถออกจากกระดูกเข้าสู่กระแสเลือดอีกครั้ง ในคนที่มีตะกั่วเก็บสะสมในกระดูกปริมาณมากเมื่อร่างกายเกิดภาวะบางอย่าง เช่น ภาวะไทรอยด์สูง หรือเริ่มมีภาวะกระดูกพรุนทำให้เกิดการปล่อยตะกั่วออกมาจากกระดูกเป็นปริมาณมากทำให้เกิดภาวะพิษตะกั่วได้ ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในเนื้อเยื่อมีระยะเวลาประมาณ 1–2 เดือน แต่ค่าครึ่งชีวิตของตะกั่วในกระดูกกลับมีระยะเวลาถึง 1–10 ปี ส่วนใหญ่ประมาณร้อยละ 70 ของตะกั่วจะถูกขับทางปัสสาวะ ส่วนน้อยจะถูกขับทางอุจจาระ และส่วนที่เหลือมีการขับออกทางเส้นผม เล็บ และขับทางเหงื่อเล็กน้อย (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

อาการแบบเฉียบพลัน (Acute poisoning)

เกิดจากการได้รับตะกั่วเข้าไปในร่างกายปริมาณมาก (ส่วนใหญ่เกิดจากการกิน) อาการที่เกิดขึ้นจากการได้รับตะกั่ว ได้แก่ คลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้องรุนแรง เลือดจาง ตับอักเสบเฉียบพลัน และมีอาการสมองอักเสบฉับพลัน

อาการแบบเรื้อรัง (Chronic poisoning)

อาการทั่วไปของผู้ที่ได้รับตะกั่วสะสมมาเป็นระยะเวลานาน ได้แก่ อ่อนเพลีย ไม่มีแรง เบื่ออาหาร นอนไม่หลับ น้ำหนักลด ปวดตามกล้ามเนื้อตามข้อ อาการทางระบบทางเดินอาหาร ได้แก่ ปวดเกร็งท้อง ท้องผูก อาการทางระบบประสาทส่วนกลาง ได้แก่ สมาธิไม่ดี ปวดหัว สั่น เดินเซ ซึม ชัก โคม่า พฤติกรรมเปลี่ยนไป อาการทางระบบประสาทส่วนปลาย ได้แก่ ปลายประสาทอักเสบ ทำให้เกิดข้อมือตก (Wrist drop) อาการทางระบบโลหิต ได้แก่ ภาวะโลหิตจาง และอาการทางระบบสืบพันธุ์ ได้แก่ ทำให้เป็นหมัน ทำให้คลอดก่อนกำหนด และพัฒนาการของสมองเด็กไม่ดี นอกจากนี้ตะกั่วยังทำให้ท่อกรวยไตอักเสบ และเกิดพังผืดที่ไต (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

วิธีการป้องกัน

การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณตะกั่วที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และกำจัดให้ถูกวิธี การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของคนงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับตะกั่วในรูปแบบต่างๆ จัดให้มี

ห้องน้ำทำความสะอาดร่างกาย ให้คนงานรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำและสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน มีการตรวจวัดปริมาณตะกั่วในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ และมีการตรวจสุขภาพประจำปี หรือคนที่เสี่ยงมากต้องตรวจสุขภาพทุกๆ 6 เดือน รวมถึงต้องมีการตรวจหาปริมาณตะกั่วในเลือดและในปัสสาวะ (วิทยา อยู่สุข, 2549)

1.2.4.2 แคดเมียม (Cadmium)

แคดเมียมเป็นแร่โลหะสีเงินขาว อ่อนตัว เป็นมันเงา หรือเป็นผงเม็ดละเอียดสีเทามีเลขอะตอมหมายเลข 48 เป็นธาตุที่ 2 ของหมู่ IIB ในตารางธาตุ เป็นโลหะน้ำหนักอะตอม 112.40 amu จุดหลอมเหลว 321 องศาเซลเซียส จุดเดือด 767 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญ + 2 แคดเมียมในธรรมชาติพบในรูปแบบของสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งจะพบร่วมกับสังกะสีและทองแดง ได้รับเข้าสู่ร่างกายจากการทำเหมืองแร่ และการหลอมสังกะสี ทองแดง ตะกั่ว แคดเมียมถูกใช้ในการชุบโลหะด้วยคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนของมัน เกลือโลหะของมันถูกใช้ในการทำเม็ดสีและการคงรูปพลาสติก แคดเมียมอัลลอยด์ถูกใช้ในการประสาน การเชื่อม และในแบตเตอรี่ชนิดนิกเกิล-แคดเมียม ตัวประสานแคดเมียมในท่อน้ำ และเม็ดสีแคดเมียมในเครื่องปั้นดินเผาสามารถเป็นแหล่งของการปนเปื้อนของน้ำและอาหารที่มีความเป็นกรด แคดเมียมพบในชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัสดุกึ่งตัวนำ (Semiconductors) และอุปกรณ์ตรวจจับอินฟาเรด (Infrared detectors) และจอมอนิเตอร์ CRT (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

กลไกการก่อโรคของแคดเมียม

การหายใจเข้าไปก่อให้เกิดพิษอย่างน้อย 60 เท่าของการกิน ไอควัน (Fumes) และฝุ่นอาจจะก่อให้เกิดภาวะปอดอักเสบ (Delayed chemical pneumonitis) และเป็นผลให้ปอดบวมน้ำและเลือดออกในปอด การกินเข้าไปทำให้ระคายเคืองทางเดินอาหาร เมื่อมีการดูดซึมแคดเมียมจะรวมตัวกับ metallothionein และกรองผ่านไตที่ซึ่งจะเกิดการทำลายท่อไต แคดเมียมสามารถเข้าสู่ร่างกายทั้ง 3 ทาง คือ โดยการหายใจ กิน หรือถูกดูดซึมเข้าทางผิวหนัง และถูกกำจัดออกจากร่างกายทางปัสสาวะ อุจจาระ เส้นผม เหงื่อ และเล็บ แคดเมียมมีค่าครึ่งชีวิต 10-30 ปี ทั้งนี้การหายใจเอาไอควันเข้าไปในระหว่างการทำงาน จะเกิดอาการระคายเคืองต่อเยื่อเมือก เยื่อบุต่าง ๆ ซึ่งจะเป็นอันตรายต่อปอด อาจจะถึงตายได้ แคดเมียมจะผ่านเข้าไปสู่กระบวนการไหลเวียนของโลหิตแล้วจะไปทำลายตับและไต แคดเมียมส่วนหนึ่งจะไปเคลือบอยู่ตามเหงือกและฟันเป็นวงแหวนล้างไม่ออก (วิทยา อยู่สุข, 2549; วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

อาการแบบเฉียบพลัน (Acute poisoning)

ความเป็นพิษเฉียบพลันของแคดเมียม ถ้าได้รับสูงถึง 326 มิลลิกรัมจากอาหารและน้ำดื่ม จะมีอาการปวดหัว ปวดท้องอย่างแรง เสมหะมาก อาเจียน และท้องเดิน ถ้าได้รับ 350 มิลลิกรัมถึง 1 กรัมจากอาหารและน้ำดื่ม ทำให้เกิดอาเจียน และล้มลงทันที อาจจะถึงชีวิตได้ภายใน 24 ชั่วโมง หรือ 1-2 สัปดาห์ ระหว่างนี้ตับและไตจะถูกทำลาย ถ้าได้รับแคดเมียมจากอากาศ 100 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร นาน 30 นาที หรือ 8 มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร นาน 4 ชั่วโมง จะเจ็บบริเวณหน้าอก เสมหะมาก อาเจียน และอาจถึงชีวิตในที่สุด กรณีสัมผัสทางลมหายใจจะทำให้เกิดภาวะปอดบวมและปอดอักเสบ (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549) นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความดันเลือดสูง ซึ่งอาจเกิดการคั่งของโซเดียม หลอดเลือดหดตัว และการมีปริมาณเรนินมากเกินไป (Hyperreninemia) แต่การศึกษาในสัตว์ทดลองที่ดื่มน้ำที่ปนเปื้อนด้วยแคดเมียมในขนาด 10 และ 50 ส่วนในล้านส่วน เป็นเวลา 6 เดือน พบว่ามีปริมาณของแคดเมียมสะสมใน ไต หัวใจ ตับ และหลอดเลือด รวมทั้งความดันเลือดซิสโตลิก (Systolic pressure) จะสูงขึ้น (มธุรส รุจิรวัฒน์ และจุฑามาส สัตยาวิวัฒน์, 2549)

อาการแบบเรื้อรัง (Chronic poisoning)

ถ้าได้รับแคดเมียมปริมาณ 30-40 มิลลิกรัมต่อวัน เป็นเวลานานๆ จะมีผลเสียโดยตรงกับโครงสร้างของกระดูก โดยจะไปลดการสะสมของธาตุแคลเซียมขณะที่มีการสร้างและซ่อมแซมกระดูก และไม่มีการสะสมของ Collagen ในกระดูก แคดเมียมเป็นตัวการทำให้เอ็นไซม์ Lysyl oxidase หมดสภาพ จึงทำให้กระดูกผุกร่อนเสียรูปแบบ หลังจากนั้นจะเกิดอาการเจ็บปวดมากเหมือนกับโรคอิไต-อิไต (Itai-Itai) ในประเทศญี่ปุ่น ถ้าได้รับแคดเมียม 170-500 ไมโครกรัม/วัน เป็นเวลานานจะเกิดโรคโลหิตจาง ความดันโลหิตสูง แคดเมียมจะส่งผลเสียต่อการทำงานของร่างกายทุกระบบ เช่น ในไตหากได้รับในปริมาณ 0.6-1 มิลลิกรัม/วัน จะทำให้ไตผิดปกติ ทำให้การขับถ่ายโปรตีนออกจากร่างกายมากเกินไป (Proteinuria) ปอด ตับ ตับอ่อน และระบบทางเดินอาหารจะถูกทำลาย (Novelli et al., 1999) ระบบเมตาบอลิซึมของธาตุเหล็ก สังกะสี และทองแดงผิดปกติในปริมาณ 100-500 มิลลิกรัม แคดเมียมลดการสังเคราะห์โปรตีนในระบบสืบพันธุ์ จะทำลายการทำงานของลูกอัณฑะ (Gao et al., 2007) โดยการลดการสร้างดีออกซีไรโบนิวคลีอิก (สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549)

วิธีการป้องกัน

การป้องกันอันตรายของแคดเมียมจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณฝุ่นที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่เก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และกำจัดให้ถูกวิธี การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของคนงาน

การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับแคดเมียมในรูปแบบต่างๆ จัดให้มีห้องน้ำทำความสะอาดร่างกาย ให้คนงานรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำและสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน มีการตรวจวัดปริมาณแคดเมียมในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ ตลอดจนมีการตรวจสุขภาพประจำปี (วิทยา อยู่สุข, 2549)

1.2.4.3 โครเมียม (Chromium)

โครเมียมมีเลขอะตอมหมายเลข 24 เป็นธาตุแรกของหมู่ VIB ในตารางธาตุ จัดเป็นธาตุโลหะและโลหะทรานซิชัน น้ำหนักอะตอม 51.996 amu จุดหลอมเหลว 1,875 องศาเซลเซียส จุดเดือด 2,199 องศาเซลเซียส เลขออกซิเดชันสามัญ +2, + 3 และ + 6 สถานะเป็นของแข็ง สีเงินมันวาว ไม่มีกลิ่น สามารถตีขึ้นรูปได้ โครเมียมพบในธรรมชาติ เช่น แร่โครไมต์ เป็นออกไซด์ที่ผสมระหว่างโครเมียมกับเหล็ก พบในประเทศรัสเซีย ตุรกี เป็นต้น โครเมียมเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการทำโลหะผสมทำให้มีความแข็ง มีความเหนียว และทนทาน ป้องกันโลหะไม่ให้เกิดสนิม และทนต่อการผุกร่อน โครเมียมบริสุทธิ์ใช้ในการชุบโครเมียมด้วยไฟฟ้า ใช้ทำเหล็กกล้าสแตนเลส ทำมาจากโลหะผสมของเหล็กกล้า และนิกเกิล โครเมียมยังใช้ในการทำสารประกอบโครเมตของตะกั่ว สังกะสี และแบเรียม ซึ่งใช้ในการทำสีต่าง ๆ ใช้ในการทำพรม น้ำมันยาง และใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมการฟอกหนัง ย้อมขนสัตว์ เป็นต้น (วิทยา อยู่สุข, 2549; สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์, 2549) โครเมียมใช้ผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรง เหนียวทนทาน ทำให้โลหะไม่เป็นสนิมทนต่อการผุกร่อน (อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง, 2553)

กลไกการก่อโรคของโครเมียม

โครเมียมจะถูกดูดซึมหลังจากการกิน หายใจ หรือสัมผัส โดยโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์จะเข้าสู่เซลล์และเปลี่ยนเป็นโครเมียมไตรวาเลนซ์ หลังจากนั้นไตรวาเลนซ์จะจับกับโปรตีนและกรดนิวคลีอิก โดยปกติโครเมียมจะไม่สะสมในเนื้อเยื่อ นอกจากรูปที่ไม่ละลายน้ำและได้จากทางการหายใจจะสามารถสะสมอยู่ในปอดได้ การขับออกจากร่างกายนั้นผ่านทางไต ส่วนมากโครเมียมถูกกำจัดจากร่างกายทางปัสสาวะโดยมีค่าครึ่งชีวิตประมาณ 15-41 ชั่วโมง (วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556)

อาการแบบเฉียบพลัน (Acute poisoning)

ขึ้นกับการเข้าสู่ร่างกาย หากเป็นการสูดหายใจ ทำให้เกิดการระคายเคืองภายในจมูกมีรอยแผลเป็นหย่อมๆ หายใจขัด เกิดอาการไอ จาม น้ำมูกไหล อาจเกิดหอบหืดทันที หรือมีภาวะปอดบวมได้ อาจทำให้ช่องจมูกโหว่ (Perforation of nasal septum) ทั้งนี้โครเมียมไปทำอันตรายต่อเยื่อเมือก กัดทำลายเนื้อเยื่อที่เป็นผนังกั้นจมูกทะลุ และแผลสามารถขยายต่อไปจนถึง

กระดูกอ่อนของจมูก การได้รับทางปาก ทำให้มีอาการคลื่นไส้ อาเจียน ปวดท้อง เป็นอันตรายต่อกระเพาะอาหารและลำไส้ ไตวายเสียชีวิตได้ การได้รับทางผิวหนัง เกิดการอักเสบที่ผิวหนัง (Dermatitis) ตรงบริเวณที่สัมผัสกับโครเมียม เช่น บริเวณโคนนิ้วมือมีลักษณะเป็นแผลลึก และไม่รู้เจ็บ (Chrome ulcer) ซึ่งถ้าปล่อยทิ้งไว้อาจจะต้องตัดนิ้วทิ้ง (วิทยา อยู่สุข, 2549)

อาการแบบเรื้อรัง (Chronic poisoning)

เมื่อโครเมียมเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจเป็นเวลานาน จะมีการระคายเคืองและทำลายเยื่อเมือก ส่วนในระบบทางเดินอาหารเมื่อโครเมียมสะสมในปริมาณที่มาก ทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน มึนงง ระบบทางเดินอาหารอักเสบ กระเพาะอาหารอักเสบ เป็นแผลที่ลำไส้เล็ก และลำไส้ใหญ่อักเสบ (วิทยา อยู่สุข, 2549)

วิธีการป้องกัน

การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณฝุ่นละออง ไอควัน (Fumes) ของโครเมียมที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน ติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ เก็บรวบรวมไอควัน ละอองฝุ่น และกำจัดให้ถูกวิธี การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสของคนงาน การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับโครเมียมในรูปแบบต่างๆ จัดให้มีห้องน้ำทำความสะอาดร่างกาย ให้คนงานรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำ และสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงาน มีการตรวจวัดปริมาณโครเมียมในบรรยากาศการทำงานเป็นประจำ และห้ามคนงานที่เป็นโรคบางชนิดทำงานที่ต้องสัมผัสกับโครเมียม มีการตรวจสุขภาพประจำปี มีการตรวจเลือด ตรวจปัสสาวะของคนงานหาสารโครเมียม ตรวจสมรรถภาพการทำงานของปอด เอ็กซ์เรย์ปอด ตลอดจนมีการสังเกตอาการของคนงานที่ผิดปกติไป (วิทยา อยู่สุข, 2549)

1.2.5 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในสถานประกอบการ

1.2.5.1 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการ

มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการเป็นไปตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.20 mg/m^3

ส่วนในหน่วยงานต่างประเทศได้กำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในสถานประกอบการไว้ดังนี้

- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.05 mg/m^3

- American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.05 mg/m^3

- The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.05 mg/m^3

1.2.5.2 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของแคดเมียมในสถานประกอบการ

มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย ปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในสถานประกอบการเป็นไปตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.20 mg/m^3 และค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 0.60 mg/m^3

ส่วนในหน่วยงานต่างประเทศได้กำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในสถานประกอบการ ไว้ดังนี้

- American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.002 mg/m^3

- The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.005 mg/m^3

1.2.5.3 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของโครเมียมในสถานประกอบการ

มาตรฐานความปลอดภัยในการทำงานสำหรับประเทศไทย ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมในสถานประกอบการเป็นไปตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 1.00 mg/m^3 และค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 0.10 mg/m^3

ส่วนในหน่วยงานต่างประเทศได้กำหนดค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมในสถานประกอบการ ไว้ดังนี้

- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.50 mg/m^3

- American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.50 mg/m^3

- The Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.50 mg/m^3 และค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ (Ceiling) เท่ากับ 0.10 mg/m^3

ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในสถานประกอบการของแต่ละหน่วยงาน สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1-8

ตารางที่ 1-8 ค่ามาตรฐานความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในสถานประกอบการ

ชนิดของสารเคมี	ปริมาณความเข้มข้นของสารเคมีที่ยอมให้มีได้ในสถานประกอบการ (mg/m^3)							
	ประกาศกระทรวงมหาดไทย		NIOSH		ACGIH		OSHA	
	TWA	Ceiling	TWA	STEL	TWA	STEL	TWA	Ceiling
1) Pb (ตะกั่ว)	0.20	-	0.05	-	0.05	-	0.05	-
2) Cd (แคดเมียม)	0.20	0.60	-	-	0.01	-	0.005	-
3) Cr (โครเมียม)	1.00	0.10	0.50	-	0.50	-	0.50	0.10

ที่มา: วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ, 2556; Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2013

หมายเหตุ
1. TWA (Time Weighted Average) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมงต่อวัน
2. STEL (Short Term Exposure Limit) คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดในช่วงเวลาจำกัด ซึ่งปกติในเวลา 15 นาที และไม่ควรเกิดขึ้นมากกว่า 4 ครั้ง/วัน
3. Ceiling คือ ค่าปริมาณความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้

1.2.6 การประเมินความเสี่ยง

1.2.6.1 ความหมาย

ความเสี่ยง (Risk) หมายถึง ลักษณะของสถานการณ์หรือการกระทำใดๆ ที่มีผลลัพธ์มากกว่า 1 อย่าง โดยผลลัพธ์ที่ว่านี้ไม่สามารถบอกได้แน่นอนว่าจะเกิดขึ้นหรือไม่และอย่างน้อยหนึ่งในผลลัพธ์นั้นไม่พึงประสงค์ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความเสี่ยงจะต้องประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ คือ “ไม่แน่นอน” และ “ไม่พึงประสงค์” ซึ่งคำว่า “ไม่แน่นอน”หมายความว่าไม่สามารถบอกได้ด้วยความมั่นใจว่าจะเกิดเหตุการณ์ที่กำลังสนใจหรือไม่ แต่สามารถบอกได้แต่เพียงโอกาสของการเกิดโดยบอกในรูปของความน่าจะเป็น (Probability) แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าเหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้นหรือไม่ แต่สามารถกำหนดในเชิงปริมาณได้ว่าหากต่ำกว่าหนึ่งเหตุการณ์นั้นจะไม่เกิดแน่นอน แต่ถ้ามีค่าถึงหนึ่งหรือมากกว่าเหตุการณ์นั้นจะเกิดขึ้นแน่นอน และคำว่า “ไม่พึงประสงค์”หมายความว่าเหตุการณ์หรือผลที่เกิดขึ้นนั้นเป็นสิ่งที่เราไม่ต้องการหรือไม่พึงประสงค์ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) หมายถึง กระบวนการประเมินโอกาสที่จะเกิดความเป็นพิษต่อสุขอนามัยของมนุษย์จากการได้รับสารเคมี ผลการประเมินความเสี่ยงเป็นข้อมูลที่ผู้บริหารความเสี่ยง (Risk Manager) ใช้ประกอบการตัดสินใจก่อนดำเนินการต่างๆ เพื่อลดการปนเปื้อนของสารเคมีในสิ่งแวดล้อม (น้ำ อากาศ ดิน และอาหาร) ให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัย การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ตลอดจนสรุปผลการประเมินความเสี่ยงกระทำโดยผู้วิเคราะห์ความเสี่ยง (ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม, 2553)

การประเมินความเสี่ยง (Risk Assessment) เป็นกระบวนการศึกษาอย่างเป็นระบบเพื่อพรรณนาและวัดความเสี่ยงที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งคุมคาม กระบวนการ การกระทำหรือเหตุการณ์ใดๆ ถือได้ว่าการประเมินความเสี่ยงเป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งในทางการวิจัยที่จะตอบคำถามบางประเด็น โดยวัตถุประสงค์แล้วต้องการที่จะตอบคำถามว่าความเสี่ยงมีความสัมพันธ์กับสิ่งคุกคามอย่างไรและเสี่ยงมากน้อยเพียงใด โดยบอกเป็นความน่าจะเป็น ในการประเมินความเสี่ยงเป็นการศึกษาเชิงปริมาณที่สามารถตรวจวัดตัวแปรต่างๆ ออกมาเป็นตัวเลขได้

การประเมินความเสี่ยง แบ่งเป็น 2 สาขาวิชา คือ การประเมินความเสี่ยงด้านสิ่งแวดล้อมหรือระบบนิเวศวิทยา (Environmental or Ecological Risk Assessment) เป็นการประเมินผลกระทบจากมลพิษทางสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อระบบนิเวศวิทยา มีความสัมพันธ์แบบห่วงโซ่อาหาร ซึ่งเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อนและต้องอาศัยข้อมูลจำนวนมากจึงทำได้ค่อนข้างยาก และการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ (Health Risk Assessment) เป็นการศึกษาผลกระทบจากสิ่งแวดล้อมต่อสุขภาพของมนุษย์ซึ่งทำได้ง่ายกว่า (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

1.2.6.2 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

สามารถแบ่งตามลักษณะการศึกษาออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

(1) การประเมินความเสี่ยงเชิงปริมาณ (Quantitative Risk Assessment) เป็นการมุ่งเน้นศึกษาที่อาศัยหลักการทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐาน ได้แก่ เน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆ เป็นตัวเลขโดยอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์หรือทดสอบตรวจวิเคราะห์ทางห้องปฏิบัติการสามารถอธิบายโดยใช้หลักเหตุและผล สามารถทดลองหรือทำซ้ำได้ เป้าหมายสุดท้ายจะใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพต่อไป

(2) การประเมินความเสี่ยงเชิงคุณภาพ (Qualitative Risk Assessment) เป็นการมุ่งเน้นอธิบายปรากฏการณ์เชิงสังคมศาสตร์และมานุษยวิทยา อาศัยการเก็บข้อมูลโดยการสัมภาษณ์แบบเจาะลึก การสัมภาษณ์เฉพาะกลุ่ม ร่วมกับเทคนิคการศึกษาแบบอื่นๆ เช่น การศึกษาแบบมีส่วนร่วม เป็นต้น จะไม่เน้นการตรวจวัดทางคณิตศาสตร์ การเก็บข้อมูลเชิงตัวเลขหรือการวิเคราะห์ทางสถิติ แต่การประมาณความเสี่ยงเชิงคุณภาพจะเน้นความหลากหลายและความครอบคลุมของข้อมูล เป็นการเสนอผลให้เห็นแง่มุมหลายๆ ด้านของกลุ่มตัวอย่าง

การประเมินความเสี่ยงทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่ไม่ได้หมายความว่าการประเมินความเสี่ยงทั้ง 2 กลุ่มจะต้องแยกกันโดยเด็ดขาดแต่จะต้องทำควบคู่กันไป ทำให้ผลการศึกษามีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ตรงจุดกว่าการใช้การประเมินเพียงวิธีใดวิธีหนึ่ง (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

1.2.6.3 ขั้นตอนการประเมินความเสี่ยง

สภาวิจัยแห่งชาติของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบการประเมินความเสี่ยง ซึ่งได้รับการยอมรับจากหน่วยงานต่างๆ ในประเทศสหรัฐอเมริการวมทั้งองค์กรพิทักษ์สิ่งแวดล้อม (United States Environmental Protection Agency; US EPA) โดยขั้นตอนการประเมินความเสี่ยงประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) — เชิงคุณภาพ (Qualitative)
2. การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment)
3. การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose-response Assessment)
4. การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization)

ขั้นตอนที่ 2–4 — เชิงปริมาณ (Quantitative)

(1) การประเมินสิ่งคุกคาม (Hazard Identification) ศึกษาเพื่อที่จะตอบคำถามว่าสิ่งคุกคามที่สนใจมีความสัมพันธ์กับผลกระทบด้านสุขภาพหรือไม่ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) ศึกษาดูว่าสารเคมีนั้นเกี่ยวข้องหรือเป็นสาเหตุของผลเสียหายที่เกิดขึ้นหรือไม่ หรือสารเคมีนั้นก่อให้เกิดผลเสียหายต่อสุขภาพอย่างไร โดยดูข้อมูลจากการศึกษาทางระบาดวิทยาในคน การทดลองในสัตว์ การศึกษาในเซลล์หรือเนื้อเยื่อเพาะเลี้ยง และจากความสัมพันธ์ของโครงสร้างทางเคมีกับฤทธิ์ที่แสดงออกมา (บรรจง วิทยวีรศักดิ์, 2555)

(2) การประเมินการสัมผัส (Exposure Assessment) เป็นการหาขนาดของสิ่งคุกคามที่มนุษย์ได้รับก่อนหรือหลังมาตรการการควบคุมสิ่งคุกคาม (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) ศึกษาดูว่าการได้รับสารเคมีเกิดขึ้นอย่างไรในเงื่อนไขต่างๆ กัน โดยดูว่าประชากรกลุ่มไหนที่ได้รับสารเคมีนั้น เส้นทางที่สารเคมีเข้าสู่ร่างกาย ปริมาณความมากน้อยของการได้รับสารเคมีในเงื่อนไขต่างๆ กัน (ปริมาณ ความถี่ และระยะเวลาของการได้รับสารเคมี) เพื่อประเมินการได้รับสารเคมีมากน้อยเพียงใด และจำนวนคนที่คาดว่าจะได้รับสารเคมีนั้น (บรรจง วิทยวีรศักดิ์, 2555)

(3) การประเมินขนาดสัมผัสกับการตอบสนอง (Dose - response Assessment) หาความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของการสัมผัสกับโอกาสของการเกิดผลเสียด้านสุขภาพ ผลลัพธ์สุดท้ายนำไปสู่การหาค่ามาตรฐานที่ปลอดภัยในมนุษย์ (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547) ศึกษาผลเสียหายที่เกิดขึ้นว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณความมากน้อยของการสัมผัสสารอย่างไร ถ้าเป็นผลการทดลองในสัตว์จะโยงมายังผลการศึกษาในคน การตอบสนองของร่างกายต่อสารมลพิษสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- การตอบสนองต่อสารที่ไม่ใช่สารก่อมะเร็ง ร่างกายจะเริ่มมีการตอบสนองให้เห็นได้เมื่อมีปริมาณสารมลพิษที่ร่างกายสัมผัสสูงถึงจุดๆ หนึ่งที่เรียกว่า “Threshold”
- การตอบสนองต่อสารก่อมะเร็ง ร่างกายตอบสนองให้เห็นได้แม้จะได้รับปริมาณสารก่อมะเร็งเพียงเล็กน้อย โดยถือหลักการที่ว่าแม้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นในเซลล์เพียงเซลล์เดียวก็สามารถพัฒนาไปเป็นเซลล์มะเร็ง ดังนั้นจึงไม่มีจุด Threshold ให้เห็นแต่อาศัยค่า Cancer Potency Factor (CPF) เป็นค่าความลาดชัน (Slope) ของกราฟการตอบสนองต่อสารก่อมะเร็ง ใช้เป็นดัชนีบอกความสามารถในการก่อมะเร็งของสารนั้น (บรรจง วิทยวีรศักดิ์, 2555)

(4) การอธิบายลักษณะความเสี่ยง (Risk Characterization) เป็นการพรรณนาลักษณะทางธรรมชาติและขนาดของความเสี่ยงในมนุษย์ซึ่งจะต้องรวมเอาความไม่แน่นอน (Uncertainties) เข้าไปด้วย ผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการคือ การตอบคำถามว่าสิ่งที่คุกคามใดๆ จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจำเป็นจะต้องอาศัยองค์ความรู้ที่ได้จาก 3 ขั้นตอนข้างต้น (พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

1.2.6.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน

ในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการได้รับโลหะหนักในปริมาณน้อยเป็นเวลานาน ใช้ค่าสัดส่วนความเสี่ยงอันตราย หรือ Hazard Quotient (HQ) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 1-3 (US EPA, 1989; Kofi, 2002; พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

สูตรการคำนวณหาปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจในอากาศที่มีการปนเปื้อน

$$\text{ADI (Average Daily Intake)} = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times EP}{BW \times AT}$$ สมการที่ 1

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในอากาศ (mg/m^3)

ET คือ เวลาในการสัมผัส (hr/day)

IR คือ อัตราการหายใจ (m^3/hr)

EF คือ ความถี่ในการสัมผัส (day/year)

EP คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)

BW คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

สูตรการหาความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งที่ได้รับจากการหายใจ (Hazard Quotient; HQ)

$$HQ = \frac{CA}{TLV - TWA}$$ สมการที่ 2

เมื่อ HQ คือ ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน ของโลหะหนักในอากาศ (mg/m^3)

TLV- TWA คือ ค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Threshold Limit Value -Time Weighted Average)

หากค่า HQ <1 แสดงว่า ปริมาณของโลหะหนักในอากาศนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรือ ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก

สูตรการหาดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index; HI)

HI = ผลรวมของ HQ ของโลหะหนักที่ศึกษาแต่ละตัว (Pb, Cd และ Cr)

สมการที่ 3

หากค่า HI < 1 แสดงว่า ความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญ

สำหรับการประเมินค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการหายใจ สามารถหาได้จากค่า Slope Factor (SF) หมายถึง ค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง ได้แก่ แคดเมียม และโครเมียม ส่วนตะกั่วไม่มีค่า Unit Risk Factor เนื่องจากไม่ใช่เป็นสารก่อมะเร็ง โดยสามารถคำนวณ Slope Factor ได้จากสมการที่ 4 (US EPA, 1989)

สูตร Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง

$$SF = \frac{URF \times BW \times CF}{IR \times AR}$$

สมการที่ 4

เมื่อ SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(mg/kg/day)^{-1}$

URF คือ Unit Risk Factor $(\mu g/m^3)^{-1}$;

สำหรับแคดเมียมอยู่ที่ 1.8×10^{-3} (US EPA, 1985)

สำหรับโครเมียมอยู่ที่ 1.2×10^{-2} (US EPA, 1991a)

BW คือ น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่ (kg)

CF คือ Conversion Factor; 1,000 (μg/mg)

IR คือ อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m^3/day)

AR คือ Absorption Rate; 1

การคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งเป็นการคำนวณความเสี่ยงตลอดชีวิต (Lifetime Cancer Risk) ดังสมการที่ 5 (US EPA,1989)

สูตรการคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต

$$\text{Lifetime cancer risk} = \text{ADI} \times \text{SF} \qquad \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(\text{mg/kg/day})^{-1}$

หากค่า Lifetime cancer risk $\leq 1 \times 10^{-6}$ แสดงว่าสถานการณ์ยังไม่มีความเสี่ยง (US EPA, 1991b)

1.2.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เจริญศักดิ์ งามไตรไร (2545) ได้ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมของช่างพ่นสี ในบรรยากาศภายในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยมีการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวกับบุคคล พบว่าสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์จำนวน 30 แห่ง มีความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมอยู่ในช่วง 0.05-5.75, 0.001-5.74 และ 0.26-3.08 ug/m^3 ตามลำดับ ซึ่งค่าทั้งหมดไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศการทำงานของกระทรวงมหาดไทย เมื่อมาคำนวณความเสี่ยงต่อการเป็นโรคมะเร็งจากการหายใจเอาแคดเมียมและโครเมียมเข้าสู่ร่างกายของช่างพ่นสี พบว่าช่างพ่นสีมีความเสี่ยง 1.4 คนต่อประชากร 100,000 คน และ 3.2 คนต่อประชากร 10,000 คน ตามลำดับ ส่วนตะกั่วไม่ใช่สารก่อมะเร็งจึงไม่ก่อให้เกิดความเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็ง นอกจากนี้ จากการศึกษายังพบว่าช่างพ่นสีบางคนมีพฤติกรรมที่เสี่ยงต่อการได้รับโลหะหนักเข้าสู่ร่างกายจากการทำงาน ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการให้สุขศึกษาในการทำงาน

พรทิพย์ เทียนทองดี และสายใจ พินิจเวชการ (2548) ทำการพัฒนารูปแบบระบบการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่วในนิคมอุตสาหกรรม ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยาและจังหวัดปทุมธานี โดยเน้นอุตสาหกรรมที่มีการใช้สารตะกั่ว ได้แก่ โรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ผลิตประกอบชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และชิ้นส่วนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า ประกอบเครื่องรับโทรทัศน์สี ผลิตเครื่องรับโทรศัพท์ ผลิตและประกอบเครื่องเล่นแถบภาพ จำนวน 13 แห่ง ในทั้ง 2 จังหวัด จากการวิเคราะห์ข้อมูลผลการตรวจวัดความเข้มข้นของสารตะกั่วในสภาพการทำงาน และปริมาณของ

สารตะกั่วในเลือดของคนงาน พบว่า ความเข้มข้นของสารตะกั่วในอากาศบริเวณทำงานทั้งหมด 47 จุด ไม่เกินค่ามาตรฐานตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย คือ 0.2 mg/m^3

Jarosinska และคณะ (2004) ได้ประเมินการสัมผัสตะกั่วและปัจจัยเสี่ยงของเด็กในพื้นที่ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมหนาแน่นของเมือง Silesia ประเทศโปแลนด์ โดยทำการวิเคราะห์จากข้อมูลที่บันทึกจำนวน 11,877 ราย ในระหว่างปี ค.ศ. 1993 -1998 จากการศึกษาพบว่าระดับตะกั่วในอากาศมีปริมาณลดลงและอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ส่วนค่าเฉลี่ยระดับตะกั่วในเลือดเท่ากับ 6.3 ug/dl (พิสัย 0.6 - 48 ug/dl) ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำกว่ามาตรฐาน สำหรับเด็กมากกว่าร้อยละ 13 มีระดับตะกั่วในเลือดเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ คือ มากกว่า 10 ug/dl โดยพบว่าการเล่นนอกบ้านของเด็กเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับระดับตะกั่วในเลือด

Lennart และคณะ (2007) ได้ศึกษาการสัมผัสแคดเมียมจากการบริโภคพืชและผักในประชากรของประเทศสวีเดน จำนวน 492 คน ที่อาศัยอยู่ใกล้กับโรงงานผลิตแบตเตอรี่ซึ่งได้ปิดกิจการไปแล้ว โดยได้ทำการศึกษาปริมาณของแคดเมียมในปัสสาวะ ความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างดินที่ใช้ในการปลูกแครอทและมันฝรั่งจากจำนวน 37 สวน และข้อมูลบุคคลเกี่ยวกับการสัมผัสสารแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม ผลการศึกษาพบว่า การสัมผัสแคดเมียมจากการบริโภคผักพื้นบ้านและมันฝรั่งในผู้หญิงที่มีอายุไม่เกิน 30 ปี ตลอดจนการมีพฤติกรรมสูบบุหรี่มากกว่าหนึ่งซองทุกวันเป็นเวลาอย่างน้อย 10 ปี มีความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารแคดเมียมในปัสสาวะ และปริมาณของแคดเมียมในปัสสาวะมีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญต่อปริมาณความเข้มข้นของแคดเมียมในสิ่งแวดล้อม โดยดินที่ใช้ปลูกแครอทและมันฝรั่งที่อยู่ใกล้ที่ตั้งโรงงานผลิตแบตเตอรี่มีค่าความเข้มข้นของสารแคดเมียมในปริมาณสูง ซึ่งส่งผลให้การบริโภคแครอทและมันฝรั่งดังกล่าวทำให้ได้รับสารแคดเมียมเพิ่มขึ้นประมาณ 18% - 38%

Martin และ Arthur (2011) ได้ตรวจวัดการปนเปื้อนของแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีภายในอาคารและนอกอาคารบ้านเรือนในพื้นที่ย่านโรงหลอมโลหะในเมือง Torreon ประเทศเม็กซิโก โดยทำการเก็บตัวอย่างอากาศทั้งภายในอาคารและภายนอกอาคารในพื้นที่รอบโรงหลอมโลหะในระยะ 100 กิโลเมตร ผลการศึกษาพบว่า อากาศภายในอาคารมีค่าความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสี เท่ากับ 0.7 - 12.6, 65 - 705 และ 30 - 790 ng/m^3 ตามลำดับ สำหรับตัวอย่างอากาศภายนอกอาคารมีค่าความเข้มข้นของสารแคดเมียมอยู่ที่ 4.2 - 56.2 μg/g ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 12.6 μg/g ความเข้มข้นของตะกั่วอยู่ที่ 150 - 14,365 μg/g ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 880 μg/g และค่าความเข้มข้นของสังกะสีอยู่ที่ 509 - 16,483 μg/g ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2,451 μg/g โดยค่าความเข้มข้นสูงสุดจะอยู่ในพื้นที่ใกล้โรงหลอมโลหะและค่อยๆ ลดลงตามระยะห่างออกไปจากโรงหลอมโลหะ นอกจากนี้ค่าความเข้มข้นของแคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีในอากาศภายนอกอาคารยังมีความสัมพันธ์กับทิศทางลมอีกด้วยกล่าวคือ ฝั่งที่ลมพัดไปจะมีความเข้มข้นสูง จากผลการศึกษาสรุปว่าความเข้มข้นของสาร

แคดเมียม ตะกั่ว และสังกะสีที่ตรวจพบมีค่าระดับความเข้มข้นที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ได้

Perihan (2012) ได้ทำการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพจากการได้รับโลหะหนักในฝุ่นภายในอาคารจากเมือง Istanbul ประเทศตุรกี พบว่าค่าความเข้มข้นของ ทองแดง (Cu), ตะกั่ว (Pb), แคดเมียม (Cd), สังกะสี (Zn), โครเมียม (Cr), แมงกานีส (Mn), โคบอลต์ (Co) และ นิกเกิล (Ni) ในฝุ่นภายในบ้านและสำนักงาน อยู่ในช่วง 62 - 1800, 3 - 200, 0.4 - 20, 210 - 2800, 2.8 - 460, 8 - 1300, 2.4 - 25 และ 120 - 2600 ug/g ตามลำดับ จากการประเมินการสัมผัสโลหะหนักทางการกินและหายใจและความเสี่ยงพบว่าระดับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็งของโครเมียมในผู้ใหญ่และเด็ก เท่ากับ 3.7×10^{-5} และ 2.7×10^{-5} ตามลำดับ ซึ่ง US EPA ได้กำหนดไว้ต้องไม่เกิน 1×10^{-6} ส่วนโลหะหนักที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจะนำมาคำนวณหาค่าความเสี่ยงและดัชนีความเสี่ยง ซึ่งการศึกษาในครั้งนี้มีดัชนีความเสี่ยงน้อยกว่า 1 แสดงว่าความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญ

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.3.1 เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.3.2 เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จากการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 สำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดที่อยู่ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา

1.4.2 ทำการคัดเลือกร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยคัดเลือกเฉพาะร้านที่มีช่างซ่อมเพียงคนเดียว และคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) จากร้านที่มีช่างซ่อมเพียงคนเดียว ซึ่งเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากสมาชิกที่อาสาเข้ามามีส่วนร่วมในงานวิจัยด้วยความเต็มใจ

1.4.3 สำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Walk-through Survey) ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งมีร้านซ่อมที่เข้าร่วมทั้งหมด 17 ร้าน

1.4.4 ดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดตัวบุคคล (Personal Sampling) ในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ซึ่งทำการเก็บตัวอย่างในระหว่างวันที่ 10 – 12 มีนาคม พ.ศ. 2559 รวมทั้งสิ้น 3 วัน

1.4.5 ทำการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างอากาศภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.4.6 ทำการประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยการหายใจ รวมทั้งการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.4.7 เสนอแนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุม และแก้ไขการปนเปื้อนของโลหะหนักและปัญหาสุขภาพอนามัยเนื่องจากการปฏิบัติงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ข้อมูลระดับการสัมผัสทางการหายใจของโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศภายในอาคารจากร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

1.5.2 สามารถนำข้อมูลความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการวิจัยนี้ไปใช้ในการวางแผน เฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุม และแก้ไขปัญหาการสัมผัสโลหะหนักทางการหายใจเอาอากาศภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าสู่ร่างกาย และปัญหาสุขภาพอนามัยได้

บทที่ 2
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในอากาศภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นการวิจัยเชิงพรรณนา โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1 วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมีที่ใช้

2.1.1 วัสดุและอุปกรณ์

2.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศ

1) Personal Pump (ปั๊มดูดอากาศ)

2) กระดาษกรองแบบ Cellulose ester membrane (ขนาดรูพรุน 0.8 ไมครอน และเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร)

3) สาย Tygon

4) ตลับกรอง

2.1.1.2 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับย่อยตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

1) เตาอบไมโครเวฟ

2) ขวดตวงปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 25 มิลลิลิตร

3) ปิเปต (Pipet) ขนาด 2 และ 10 มิลลิลิตร

4) บีกเกอร์ (Beaker)

2.1.1.3 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ

1) เครื่อง Inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP-AES)

2) ขวดตวงปริมาตร (Volumetric flask) ขนาด 10, 25, 100 และ 25 มิลลิลิตร

3) ไมโครปิเปต (Micropipet) ขนาด 100-500 ไมโครลิตร

4) บีกเกอร์ (Beaker)

2.1.2 สารเคมีที่ใช้

1) สารละลายมาตรฐานตะกั่ว (Lead standard solution)
2) สารละลายมาตรฐานแคดเมียม (Cadmium standard solution)
3) สารละลายมาตรฐานโครเมียม (Chromium standard solution)
4) กรดไนตริก (HNO_3)
5) กรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$)
6) แก๊สอาร์กอน
7) น้ำปราศจากไอออน (Deionized water)

2.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในอากาศภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา รวมถึงการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ ซึ่งได้กำหนดขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยออกเป็น 11 ขั้นตอน ดังมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาครั้งนี้ เพื่อนำไปใช้ประกอบร่วมกับข้อมูลปฐมภูมิในการประเมินการรับสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ ตลอดจนการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.2.2 การสำรวจพื้นที่ที่ทำการศึกษา

ผู้วิจัยทำการสำรวจ (Walk-through Survey) ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 2 ครั้ง โดยครั้งที่ 1 ได้ทำการสำรวจเมื่อวันที่ 27 พฤศจิกายน พ.ศ. 2557 เพื่อเก็บข้อมูลกระบวนการทำงานของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และคัดเลือกร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย ส่วนการสำรวจครั้งที่ 2 (ภาพที่ 2-1) เป็นการเก็บข้อมูลภาคสนามและกำหนดจุดเก็บ

ตัวอย่างอากาศภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย โดยช่วงเวลาที่ทำการสำรวจ คือ วันที่ 10– 31 มกราคม พ.ศ. 2558

การคัดเลือก (Selection) ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เข้าร่วมโครงการวิจัย จะใช้วิธีการคัดเลือกแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) ซึ่งเป็นการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากสมาชิกที่อาสาเข้ามามีส่วนร่วมเป็นหน่วยตัวอย่างด้วยความเต็มใจ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2543)

ภาพที่ 2-1 การสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ครั้งที่ 2

จากการสำรวจครั้งที่ 1 พบว่ามีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตพื้นที่เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จำนวน 32 ร้าน ดังนี้ (ตารางที่ 2-1)

ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 1 คน จำนวน 17 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 2 คน จำนวน 12 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 3 คน จำนวน 2 ร้าน
ร้านซ่อมที่มีช่างประจำ 4 คน จำนวน 1 ร้าน

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากการสำรวจครั้งที่ 1

รหัสร้าน	จำนวนช่างผู้ปฏิบัติงาน (คน)
01	1
02	1
03	1
04	2
05	2
06	2
07	1
08	3
09	4
10	1
11	1
12	1
13	2
14	3
15	2
16	1
17	2
18	1
19	1
20	2
21	2
22	1
23	2
24	1
25	1

ตารางที่ 2-1 ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา จากการสำรวจครั้งที่ 1 (ต่อ)

รหัสร้าน	จำนวนช่างผู้ปฏิบัติงาน (คน)
26	2
27	1
28	1
29	1
30	2
31	1
32	2

จากการสำรวจครั้งที่ 2 พบว่ามีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาสมัครเข้าร่วมโครงการวิจัยจำนวน 20 ร้าน (ตารางที่ 2-2)

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาเข้าร่วมโครงการวิจัย

รหัสร้าน	จำนวนช่างผู้ปฏิบัติงาน (คน)
01	1
02	1
03	1
05	2
07	1
09	4
10	1
11	1
12	1
16	1
18	1
19	1

ตารางที่ 2-2 ข้อมูลร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อาสาเข้าร่วมโครงการวิจัย (ต่อ)

รหัสร้าน	**จำนวนช่างผู้ปฏิบัติงาน (คน)**
21	2
22	1
24	1
25	1
27	1
28	1
29	1
31	1

เพื่อทำการเลือกกลุ่มตัวอย่างให้เหมาะสมสำหรับการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างที่ปฏิบัติงาน เกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ คือ เลือกร้านซ่อมขนาดเล็กที่มีช่างประจำเพียงคนเดียว เพราะช่างซ่อมจะปฏิบัติงานเพียงคนเดียวตลอดระยะเวลาการทำงานแต่ละวันเช่นเดียวกันทุกร้าน ดังนั้นมีขนาดกลุ่มตัวอย่างสำหรับการศึกษาครั้งนี้ จึงมีจำนวนทั้งหมด 17 คน และทำการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล ทั้งหมด 3 ซ้ำ

2.2.3 การปรับเทียบเครื่องมือ

ปั๊มดูดอากาศ (Personal Pump) ที่ใช้สำหรับเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดตัวบุคคล จะต้องทำการปรับเทียบความเที่ยงตรงของอัตราการไหลของอากาศด้วยเครื่อง Calibrator ทุกครั้ง ก่อนจะทำการเก็บตัวอย่างอากาศ โดยอัตราการไหลของอากาศมีความคลาดเคลื่อนได้ไม่เกินร้อยละ 5

2.2.4 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างที่ปฏิบัติงาน การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล สำหรับหาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างอากาศ ได้ดำเนินการตามวิธีการของ NIOSH Method 7082 (NIOSH, 1994a), 7048 (NIOSH, 1994b) และ 7024 (NIOSH, 1994c) ตามลำดับ ซึ่งมีวิธีการโดยย่อดังนี้ นำตัวปั๊มดูดอากาศไปติดกับตัวช่าง

ซ่อมที่ระดับเอว ส่วนชุดตลับกรองที่มีกระดาษกรองแบบ Cellulose ester membrane (ขนาดรูพรุน 0.8 ไมครอน และเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร) ซึ่งต่อกับปั๊มดูดอากาศโดยใช้สาย Tygon (ภาพที่ 2-2) จะใช้ที่หนีบ (Clip) หนีบเอาไว้ที่บริเวณคอปกเสื้อของคนงานในลักษณะห้อยลงเหมือนจมูกของคน (Breathing Zone) (ภาพที่ 2-3) จากนั้นทำการเปิดสวิทซ์ปั๊มดูดอากาศที่อัตราการไหลของอากาศ 1.5 ลิตรต่อนาที เป็นเวลา 8 ชั่วโมง เมื่อทำการเก็บตัวอย่างอากาศครบ 8 ชั่วโมงเรียบร้อยแล้ว ให้ใส่ชุดตลับกรองซึ่งมีกระดาษกรองอยู่ในถุงซิบล็อค และแช่ในกล่องโฟมที่มีน้ำแข็งเพื่อเป็นการรักษาสภาพตัวอย่าง หลังจากนั้นให้เก็บตัวอย่างทั้งหมดไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิ -20 $^{\circ}$C จนกว่าจะทำการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างอากาศต่อไป

กระดาษกรอง

Personal Pump

สาย Tygon

ตลับกรอง

ภาพที่ 2-2 ชุดอุปกรณ์เก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

ภาพที่ 2-3 การเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล

2.2.5 การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศ

ดำเนินการวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในตัวอย่างอากาศ ตามวิธีของ NIOSH Method 7300 (NIOSH, 2003) ซึ่งมีวิธีการโดยย่อคือ ทำการเตรียมตัวอย่างโดยนำกระดาษกรองที่ผ่านการเก็บตัวอย่างแล้วมาย่อยด้วยกรดไนตริก (HNO_3) และกรดเปอร์คลอริก ($HClO_4$) เข้มข้น จากนั้นทำการเจือจางตัวอย่างที่ย่อยแล้วด้วยน้ำปราศจากไอออน (Deionized water) เพื่อปรับปริมาตรให้ได้ 25 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม โดยใช้เครื่อง Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) Perkin Elmer Optima 4300 DV (ภาพที่ 2-4)

ภาพที่ 2-4 เครื่อง ICP-OES Perkin Elmer Optima 4300 DV

2.2.6 การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่าง

การควบคุมคุณภาพของการวิเคราะห์ตัวอย่างในการศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการควบคุมคุณภาพทั้งในภาคสนามและในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- Field blank sample เป็นการตรวจสอบการปนเปื้อนของ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในระหว่างการเก็บตัวอย่างอากาศภาคสนาม โดยมีวิธีการคือ นำกระดาษกรองแบบ Cellulose ester membrane (ขนาดรูพรุน 0.8 ไมครอนและเส้นผ่าศูนย์กลาง 37 มิลลิเมตร) ใส่ในตลับกรอง แล้วนำเอาไปด้วยตอนที่ไปเก็บตัวอย่างภาคสนามโดยไม่ทำการเก็บตัวอย่าง หลังจากนั้นให้นำมาวิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่ห้องปฏิบัติการพร้อมกับตัวอย่างอากาศที่ทำการเก็บ นำค่าที่ได้มาลบกันจะได้ค่าปริมาณความเข้มข้นจริง

- Lab blank sample เป็นตรวจสอบการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เนื่องจากการปนเปื้อนของเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยทำการวิเคราะห์ Lab blank sample จำนวน 1 ตัวอย่าง ในทุก 10 ตัวอย่างจริง และทำการวิเคราะห์ เช่นเดียวกับตัวอย่างอากาศที่เก็บมาจริงทุกขั้นตอน

2.2.7 การเก็บแบบสอบถาม

ในการศึกษาครั้งนี้ ทุกครั้งที่มีการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล คณะผู้วิจัยต้องมีการสังเกตการณ์และการสัมภาษณ์ช่างซ่อมประจำร้านร่วมด้วย ทั้งนี้เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลต่างๆ โดยใช้แบบสอบถาม จำนวน 2 ชุด ซึ่งประกอบด้วย

2.2.7.1 แบบสอบถามชุดที่ 1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ฟ้า

2.2.7.2 แบบสอบถามชุดที่ 2 สุขศาสตร์ส่วนบุคคล ได้แก่

1) ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อม
2) พฤติกรรมส่วนบุคคล
3) การจัดการสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า
4) การสังเกตพฤติกรรม

2.2.8 การประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ

ทำการประเมินการสัมผัสโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ทางการหายใจ โดยการคำนวณ ADI (Average Daily Intake)

สูตรการคำนวณหาปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจในอากาศที่มีการปนเปื้อน

$$\text{ADI (Average Daily Intake)} = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times EP}{BW \times AT}$$

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในอากาศ (mg/ m^3)

ET คือ เวลาในการสัมผัส (hr/day)

IR คือ อัตราการหายใจ (m^3/hr)

EF คือ ความถี่ในการสัมผัส (day/year)

EP คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)

BW คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

2.2.9 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ

ทำการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งเนื่องจากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ทางการหายใจ โดยการคำนวณ HQ (Hazard Quotient) และ HI (Hazard Index) สำหรับการประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการหายใจเอาแคดเมียมและโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ทำโดยคำนวณ Slope Factor และ Lifetime cancer risk

สูตรการหาความเสี่ยงที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งที่ได้รับจากการหายใจ (Hazard Quotient; HQ)

$$HQ = \frac{CA}{TLV - TWA}$$

เมื่อ HQ คือ ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน ของโลหะหนักในอากาศ (mg/ m^3)

TLV- TWA คือ ค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Threshold Limit Value -Time Weighted Average)

สูตรการหาดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index; HI)

HI = ผลรวมของ HQ ของโลหะหนักที่ศึกษาแต่ละตัว (Pb, Cd และ Cr)

สูตร Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง

$$\text{Slope Factor} = \frac{\text{URF} \times \text{BW} \times \text{CF}}{\text{IR} \times \text{AR}}$$

เมื่อ SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(mg/kg/day)^{-1}$

URF คือ Unit Risk Factor $(\mu g/m^3)^{-1}$;

สำหรับแคดเมียมอยู่ที่ 1.8×10^{-3} (US EPA, 1985)

สำหรับโครเมียมอยู่ที่ 1.2×10^{-2} (US EPA, 1991a)

BW คือ น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่ (kg)

CF คือ Conversion Factor; 1,000 (µg/mg)

IR คือ อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m^3/day)

AR คือ Absorption Rate; 1

สูตรการคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต

Lifetime cancer risk = ADI × SF

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(mg/kg/day)^{-1}$

2.2.10 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การศึกษาครั้งนี้ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS เวอร์ชั่น 17 ในการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยสถิติที่ใช้ได้แก่ ร้อยละ (Percent) ค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

2.2.11 การวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และรายงานผลการวิจัย

เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ สรุป และรายงานผล ตลอดจนเสนอแนะแนวทางการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมและแก้ไขปัญหาการปนเปื้อนของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมภายในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

บทที่ 3
ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการศึกษาการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา มีดังนี้

3.1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากการสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา ซึ่งเป็นร้านที่อาสาเข้ามามีส่วนร่วมเป็นหน่วยตัวอย่างด้วยความเต็มใจ จำนวน 17 แห่ง พบว่าร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั้งหมดเป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตชุมชน โครงสร้างอาคารเป็นอาคารชั้นเดียว มีการระบายอากาศภายในอาคารโดยลมธรรมชาติ จำนวน 14 แห่ง (ร้อยละ 82.4) ฝาผนังมีการทาสี จำนวน 11 แห่ง (ร้อยละ 64.7) อาคารส่วนใหญ่ คือ จำนวน 9 แห่ง อายุ 11-20 ปี (ร้อยละ 52.9) และส่วนใหญ่ คือ จำนวน 8 แห่ง ทำความสะอาดร้านซ่อมทุกวัน (ร้อยละ 47.0) ดังแสดงในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สภาพทั่วไป	รายละเอียด	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
การระบายอากาศภายในอาคาร	ลมธรรมชาติ	14	82.4
	พัดลม	3	17.6
สภาพฝาผนังห้อง	ไม่ทาสี	6	35.3
	ทาสี	11	64.7
อายุของตัวอาคาร	1-10 ปี	6	35.3
	11-20 ปี	9	52.9
	21-30 ปี	2	11.8
ความถี่ในการทำความสะอาดพื้นห้อง	1 ครั้ง/สัปดาห์	2	11.8
	2 ครั้ง/สัปดาห์	2	11.8
	3 ครั้ง/สัปดาห์	5	29.4
	7 ครั้ง/สัปดาห์	8	47.0

3.2 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

3.2.1 ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การสำรวจร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามสัมภาษณ์ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน พบว่าเป็นเพศชาย จำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 100 ระดับการศึกษาของช่างซ่อมที่พบมากที่สุด คือระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) จำนวน 6 คน (ร้อยละ 35.3) ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย/ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) จำนวน 5 คน (ร้อยละ 29.4) ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 3 คน (ร้อยละ 17.6) ระดับประถมศึกษา จำนวน 2 คน (ร้อยละ 11.8) และระดับปริญญาตรี จำนวน 1 คน (ร้อยละ 5.9) ช่างซ่อมมีอายุอยู่ในช่วง 41-50 ปี จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.2 เคยทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อื่นมาก่อนจำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 88.2 เคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องสัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 29.4 ส่วนใหญ่ คือ จำนวน 13 คน ทำงานซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นเวลา 1-10 ปี คิดเป็นร้อยละ 76.6 ใช้ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นที่อยู่อาศัยจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 41.2 ไม่มีโรคประจำตัว จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 70.6 มีโรคประจำตัว ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิต โรคหอบ และโรคภูมิแพ้ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 29.4 และไม่เคยตรวจสุขภาพประจำปี จำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 94.1 ดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ข้อมูลทั่วไป	รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เพศ	หญิง	0	0
	ชาย	17	100
การศึกษา	ประถมศึกษา	2	11.8
	มัธยมศึกษาตอนต้น	3	17.6
	มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.	5	29.4
	ปวส.	6	35.3
	ปริญญาตรี	1	5.9

ตารางที่ 3-2 ข้อมูลทั่วไปของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

ข้อมูลทั่วไป	รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
อายุ	31-40 ปี	6	35.3
	41-50 ปี	7	41.2
	51-60 ปี	4	23.5
ทำงานร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าฯ	เคยทำ	15	88.2
ที่อื่นมาก่อน	ไม่เคยทำ	2	11.8
ทำงานในโรงงานอุตสาหกรรม	เคยทำ	5	29.4
ที่ต้องสัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน	ไม่เคยทำ	12	70.6
ระยะเวลาการทำงานในสถาน	1-10 ปี	13	76.6
ประกอบการนี้	11-20 ปี	4	23.5
ใช้สถานประกอบการเป็นที่อยู่	ใช้	7	41.2
อาศัย	ไม่ใช้	10	58.8
โรคประจำตัว	มีโรคประจำตัว	5	29.4
	ไม่มีโรคประจำตัว	12	70.6
การตรวจสุขภาพประจำปี	ตรวจ	1	5.9
	ไม่ตรวจ	16	94.1

3.2.2 พฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากการสำรวจพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน พบว่า มีทำความสะอาดมือก่อนรับประทานอาหารบางครั้ง จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 70.6 ล้างมือด้วยน้ำประปา 9 คน คิดเป็นร้อยละ 52.9 ล้างมือด้วยน้ำบาดาล จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 ล้างมือด้วยน้ำเปล่าอย่างเดียว จำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 11.8 ช่างซ่อมส่วนใหญ่ คือ จำนวน 10 คน จะรับประทานอาหารที่ปรุงเอง คิดเป็นร้อยละ 58.8 ใช้มือในการรับประทานอาหารโดยไม่ใช้ช้อน จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.9 ส่วนใหญ่ คือ จำนวน 15 คน ดื่มน้ำที่บรรจุขวด คิดเป็นร้อยละ 88.2 และมีร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่มีการจัดสถานที่รับประทานอาหารแยกจากสถานที่ทำงาน จำนวน 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 11.8

ปัจจุบันช่างซ่อม มีการสูบบุหรี่ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 ไม่ล้างมือก่อนสูบบุหรี่ จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 มีการดื่มแอลกอฮอล์ จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 47.1 ดื่มแอลกอฮอล์เป็นประจำทุกวัน จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 ช่างซ่อมมีการใช้เครื่องสำอาง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 17.6 และสวมรองเท้าทุกครั้งขณะปฏิบัติงาน จำนวน 17 คน ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 พฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์

พฤติกรรม	รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ทำความสะอาดมือก่อน	บางครั้ง	5	29.4
รับประทานอาหาร	ทุกครั้ง	12	70.6
แหล่งน้ำที่ใช้ทำความ	น้ำประปา	9	52.9
สะอาดมือ	น้ำบาดาล	8	47.1
การทำความสะอาดมือ	น้ำเปล่าอย่างเดียว	2	11.8
	น้ำเปล่าและสบู่	9	52.9
	บางครั้งใช้น้ำเปล่าอย่างเดียวแต่บางครั้งใช้น้ำเปล่าและสบู่	6	35.3

ตารางที่ 3-3 พฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกณ์อิเล็กทรอนิกส์ (ต่อ)

พฤติกรรม	รายละเอียด	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ลักษณะอาหารที่รับประทาน	ปรุงด้วยตนเอง	10	58.8
สม่ำเสมอ	อาหารสำเร็จรูป	7	41.2
อุปกรณ์ที่ใช้เวลารับประทานอาหาร	มือ	1	5.9
	ช้อน	16	94.1
แหล่งน้ำที่ใช้ในการบริโภค	น้ำดื่มบรรจุขวด	15	88.2
	น้ำบาดาล	1	5.9
	น้ำประปา	1	5.9
การจัดสถานที่รับประทานอาหาร	มี	15	88.2
แยกจากสถานที่ทำงาน	ไม่มี	2	11.8
การสูบบุหรี่ในปัจจุบัน	สูบ	8	47.1
	ไม่สูบ	9	52.9
การล้างมือก่อนสูบบุหรี่	ล้างมือ	3	37.5
	ไม่ล้างมือ	5	62.5
การดื่มแอลกอฮอล์ในปัจจุบัน	ดื่ม	8	47.1
	ไม่ดื่ม	9	52.9
ความถี่ในการดื่มแอลกอฮอล์	บางวัน	3	37.5
	ทุกวัน	5	62.5
การใช้เครื่องสำอาง	ใช้	3	17.6
	ไม่ใช้	14	82.4
การสวมรองเท้าขณะปฏิบัติงาน	สวมทุกครั้ง	17	100

3.2.3 การจัดการสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากการสำรวจสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 แห่ง พบว่า มีการกวาดรวบรวมเศษเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตกหล่นบนพื้นในร้านซ่อมไว้รอกำจัด จำนวน 14 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 82.4 และกวาดใส่ถังขยะเทศบาล จำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 17.6 การจัดการกับอุปกรณ์ที่ชำรุด เช่น แผงวงจร และจอภาพ เป็นต้น โดยนำไปขายของเก่า จำนวน 12 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 70.6 ทิ้งถังขยะเทศบาล จำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 17.6 และเก็บไว้แยกเอาชิ้นส่วน จำนวน 2 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 11.8 ส่วนการกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์และเศษอุปกรณ์ของร้านซ่อม โดยการนำไปทิ้งในถังขยะเทศบาลจำนวน 14 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 82.4 นำไปขายของเก่า จำนวน 3 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 17.6 ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การจัดการสภาพแวดล้อมในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

สภาพแวดล้อม	รายละเอียด	จำนวน (แห่ง)	ร้อยละ
เศษเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตกหล่นบนพื้นในร้านซ่อม	กวาดใส่ถังขยะเทศบาล	3	17.6
	กวาดรวบรวมไว้รอกำจัด	14	82.4
การจัดการกับอุปกรณ์ที่ชำรุด เช่น แผงวงจร และจอภาพ เป็นต้น	เก็บไว้แยกเอาชิ้นส่วน	2	11.8
	ขายของเก่า	12	70.6
	ทิ้งในถังขยะเทศบาล	3	17.6
การกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์และเศษอุปกรณ์ของร้านซ่อม	ทิ้งในถังขยะเทศบาล	14	82.4
	ขายของเก่า	3	17.6

3.2.4 พฤติกรรมสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 1, 2 และ 3

จากการสำรวจพฤติกรรมสุขภาพ (Health Behavior) ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 1, 2 และ 3 พบว่า ช่างซ่อมส่วนใหญ่มีเส้นผม, หน้าและผิวหนัง, เล็บมือ, เล็บเท้า, เสื้อผ้า และรองเท้า ที่อยู่ในเกณฑ์ที่สะอาด

ช่างซ่อมส่วนใหญ่ คือ จำนวน 12 คน (ร้อยละ 70.6), จำนวน 14 คน (ร้อยละ 82.4) และ จำนวน 13 คน (ร้อยละ 76.5) จะไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 1, 2 และ 3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 พฤติกรรมสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ ครั้งที่ 1, 2 และ 3

ประเด็น	พฤติกรรม	การเก็บตัวอย่างอากาศ					
		ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3	
		จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
เส้นผม	สะอาด	16	94.1	15	88.2	16	94.1
	ไม่สะอาด	1	5.9	2	11.8	1	5.9
หน้าและผิวหนัง	สะอาด	15	88.2	15	88.2	13	76.5
	ไม่สะอาด	2	11.8	2	11.8	4	23.5
เล็บมือ	สะอาด	12	70.6	13	76.5	14	82.4
	ไม่สะอาด	5	29.4	4	23.5	3	17.6
เล็บเท้า	สะอาด	13	76.5	15	88.2	15	88.2
	ไม่สะอาด	4	23.5	2	11.8	2	11.8
เสื้อผ้า	สะอาด	16	94.1	14	82.4	16	94.1
	ไม่สะอาด	1	5.9	3	17.6	1	5.9
รองเท้า	สะอาด	17	100	16	94.1	15	88.2
	ไม่สะอาด	0	0	1	5.9	2	11.8
การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE)	ใช้ผ้าปิดจมูก	5	29.4	3	17.6	4	23.5
	ไม่ใช้ PPE	12	70.6	14	82.4	13	76.5

3.3 ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศ

3.3.1 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ

จากการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Personal air sampling) จำนวน 17 คน ในขณะที่ช่างซ่อมปฏิบัติงานตามปกติ จำนวน 3 ครั้ง รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุด และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของตะกั่ว เท่ากับ 0.0048 $\pm$ 0.008, 0.00800 $\pm$ 0.006 และ 0.02953 $\pm$ 0.050 mg/m^3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-6 และภาพที่ 3-1

ตารางที่ 3-6 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ

รหัสช่างซ่อม	ความเข้มข้นของตะกั่ว (mg/m^3)			ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว (mg/m^3)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
P01	0.00270	0.00040	0.00170	0.00160 $\pm$ 0.001
P02	0.00200	0.00240	0.00240	0.00227 $\pm$ 0.000
P03	0.00330	0.00070	0.00490	0.00297 $\pm$ 0.002
P04	0.00070	0.00060	0.06800	0.02310 $\pm$ 0.039
P05	0.00060	0.00060	0.00270	0.00130 $\pm$ 0.001
P06	0.00060	0.00130	0.08670	0.02953 $\pm$ 0.050
P07	0.00490	0.00170	0.00420	0.00360 $\pm$ 0.002
P08	0.00130	0.00220	0.00730	0.00360 $\pm$ 0.003
P09	0.00020	0.00040	0.00750	0.00270 $\pm$ 0.004
P10	0.00070	0.00180	0.00510	0.00253 $\pm$ 0.002
P11	0.00120	0.00150	0.00270	0.00180 $\pm$ 0.001
P12	0.00050	0.00050	0.00300	0.00133 $\pm$ 0.001

ตารางที่ 3-6 ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ (ต่อ)

รหัสช่างซ่อม	ความเข้มข้นของตะกั่ว (mg/m^3)			ความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่ว (mg/m^3)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
P13	0.00020	0.00020	0.00360	0.00133 $\pm$ 0.002
P14	0.00800	0.00200	0.01400	0.00800 $\pm$ 0.006
P15	0.00240	0.00040	0.00440	0.00240 $\pm$ 0.002
P16	0.00030	0.00050	0.00240	0.00107 $\pm$ 0.001
P17	0.00110	0.00020	0.00180	0.00103 $\pm$ 0.001

หมายเหตุ: ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศของช่างซ่อม P04 และ P06 จากการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 สูงกว่า ครั้งที่ 1 และ 2 มาก เนื่องจากในวันที่ทำการเก็บตัวอย่างครั้งที่ 3 นั้น เป็นวันที่ช่างซ่อม P04 และ P06 มีการซ่อมโทรทัศน์มากกว่าวันอื่นๆ ช่างซ่อมจะใช้ตะกั่วบัดกรี ซึ่งตะกั่วบัดกรีเป็นวัสดุที่สำคัญมากสำหรับการบัดกรี จะถูกหลอมเหลวด้วยความร้อนเพื่อประกอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ของโทรทัศน์ที่เกิดการชำรุด จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศมีค่าสูงกว่าครั้งที่ 1 และ 2

ภาพที่ 3-1 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในตัวอย่างอากาศ

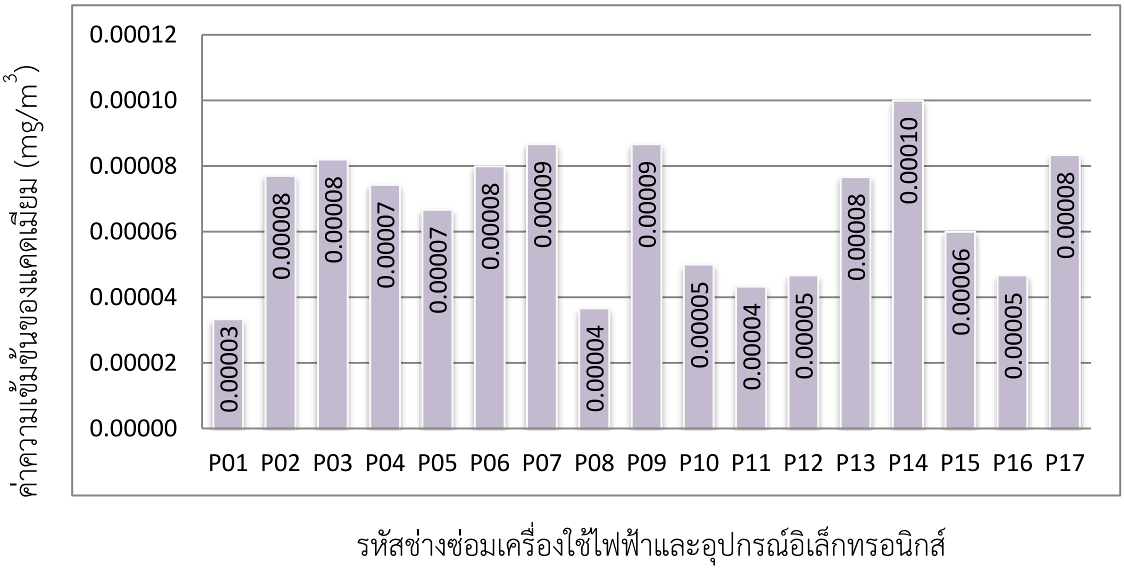
เมื่อนำค่าความเข้มข้นของตะกั่วในตัวอย่างอากาศมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.20 mg/m^3 พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่าง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), American Conference of Governmental Industrial Hygiene (ACGIH) และ Occupational Safety and Health Administration (OSHA) ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.05 mg/m^3 พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่าความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วในตัวอย่างอากาศจะไม่เกินเกณฑ์ค่ามาตรฐาน แต่หากช่างซ่อมหายใจเอาไอควันของตะกั่วเข้าไปในขณะที่ทำการบัดกรีชิ้นงานเป็นประจำ สารตะกั่วก็จะเกิดการสะสมในร่างกาย และแสดงอาการออกมาให้เห็นได้

3.3.2 ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ

จากการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Personal air sampling) จำนวน 17 คน ในขณะที่ช่างซ่อมปฏิบัติงานตามปกติ จำนวน 3 ครั้ง รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ พบว่าค่าความเข้มข้นเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุด และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของแคดเมียม อยู่ในช่วง 0.00007 ± 0.00002, 0.00003 ± 0.00002 และ 0.00010 ± 0.00009 mg/m^3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-7 และภาพที่ 3-2

ตารางที่ 3-7 ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ

รหัสช่างซ่อม	ความเข้มข้นของแคดเมียม (mg/m^3)			ความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียม (mg/m^3)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
P01	0.00002	0.00006	0.00002	0.00003 $\pm$ 0.00002
P02	0.00001	0.00002	0.00020	0.00008 $\pm$ 0.00011
P03	0.00001	0.00001	0.00022	0.00008 $\pm$ 0.00012
P04	0.00003	0.00002	0.00017	0.00007 $\pm$ 0.00008
P05	0.00006	0.00002	0.00012	0.00007 $\pm$ 0.00005
P06	0.00008	0.00002	0.00014	0.00008 $\pm$ 0.00006
P07	0.00004	0.00002	0.00020	0.00009 $\pm$ 0.00010
P08	0.00001	0.00002	0.00008	0.00004 $\pm$ 0.00004
P09	0.00003	0.00003	0.00020	0.00009 $\pm$ 0.00010
P10	0.00002	0.00005	0.00008	0.00005 $\pm$ 0.00003
P11	0.00008	0.00003	0.00002	0.00004 $\pm$ 0.00003
P12	0.00002	0.00002	0.00010	0.00005 $\pm$ 0.00005
P13	0.00002	0.00001	0.00020	0.00008 $\pm$ 0.00011
P14	0.00003	0.00007	0.00020	0.00010 $\pm$ 0.00009
P15	0.00004	0.00004	0.00010	0.00006 $\pm$ 0.00003
P16	0.00003	0.00001	0.00010	0.00005 $\pm$ 0.00005
P17	0.00002	0.00003	0.00020	0.00008 $\pm$ 0.00010



ภาพที่ 3-2 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศ

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.20 mg/m^3 พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่าง หากนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ ACGIH และ OSHA ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) เท่ากับ 0.002 mg/m^3 และ 0.005 mg/m^3 ตามลำดับ ก็พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่างเช่นกัน

ถึงแม้ว่าระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในตัวอย่างอากาศในการศึกษาครั้งนี้จะมีค่าน้อย แต่หากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์หายใจเอาไอควันของแคดเมียมเข้าไปในระหว่างการทำงานเป็นเวลานานๆ แคดเมียมจะเกิดการสะสมในร่างกาย และอาจก่อให้เกิดโรคอิไตอิไต (Itai-itai disease) หรือก่อให้เกิดเป็นมะเร็งได้

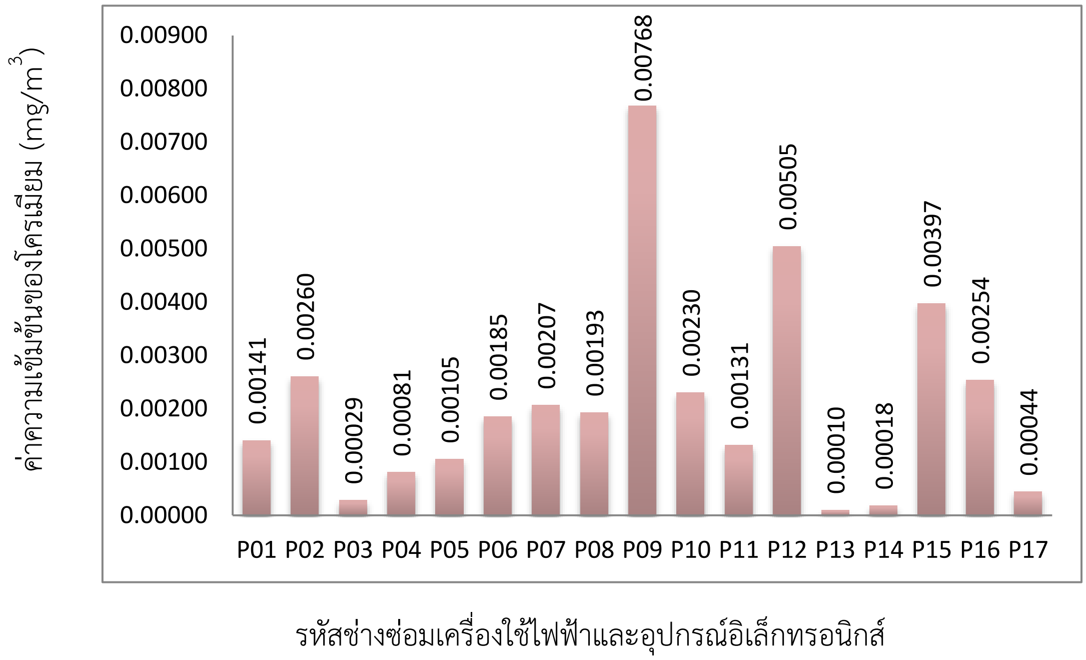
3.3.3 ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ

จากการเก็บตัวอย่างอากาศแบบติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (Personal air sampling) จำนวน 17 คน ในขณะที่ช่างซ่อมปฏิบัติงานตามปกติ จำนวน 3 ครั้ง รวมถึงผลการวิเคราะห์ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ พบว่าความเข้มข้นเฉลี่ย ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยต่ำสุด และค่าความเข้มข้นเฉลี่ยสูงสุดของโครเมียม มีค่าระหว่าง 0.002 ± 0.002, 0.00010 ± 0.0 และ 0.00768 ± 0.00590 mg/m^3 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3-8 และภาพที่ 3-3

ตารางที่ 3-8 ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ

รหัสช่างซ่อม	ความเข้มข้นของโครเมียม (mg/m^3)			ความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียม (mg/m^3)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	
P01	0.00033	0.003567	0.00033	0.00141 ± 0.00187
P02	0.00031	0.007199	0.00031	0.00260 ± 0.00398
P03	0.00029	0.00027	0.00029	0.00029 ± 0.00001
P04	0.00014	0.002136	0.00014	0.00081 ± 0.00115
P05	0.00100	0.001168	0.00100	0.00105 ± 0.00010
P06	0.00067	0.004211	0.00067	0.00185 ± 0.00204
P07	0.00020	0.005803	0.00020	0.00207 ± 0.00324
P08	0.00083	0.004119	0.00083	0.00193 ± 0.00190
P09	0.01109	0.00086	0.01109	0.00768 ± 0.00590
P10	0.00016	0.006575	0.00016	0.00230 ± 0.00370
P11	0.00047	0.003013	0.00047	0.00131 ± 0.00147
P12	0.00666	0.001819	0.006659	0.00505 ± 0.00279
P13	0.00010	0.00010	0.00010	0.00010 ± 0.0
P14	0.00009	0.00037	0.00009	0.00018 ± 0.00016
P15	0.00561	0.00071	0.005606	0.00397 ± 0.00283
P16	0.00368	0.00026	0.003675	0.00254 ± 0.00197
P17	0.00020	0.00092	0.00020	0.00044 ± 0.00042

<u>หมายเหตุ</u>: ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในอากาศของช่างซ่อม P09 จากการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 และ 3 สูงกว่าการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 และร้านซ่อมอื่นๆ มาก เนื่องจากในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 1 และ 3 นั้น เป็นวันที่ช่างซ่อม P09 มีการซ่อมเครื่องซักผ้ามากกว่าวันอื่นๆ และมีการใช้โครเมียมในการป้องกันการกัดกร่อนของแผ่นโลหะของเครื่องซักผ้าที่ทำการซ่อม จึงทำให้ค่าความเข้มข้นของโครเมียมในอากาศมีค่าสูงกว่าการเก็บตัวอย่าง ครั้งที่ 2 และร้านซ่อมอื่นๆ



ภาพที่ 3-3 ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของโครเมียมในตัวอย่างอากาศ มาเปรียบเทียบกับมาตรฐานความปลอดภัยในการทำงาน ตามประกาศของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 1.0 mg/m^3 พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่าง และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานของ NIOSH, ACGIH และ OSHA ซึ่งได้กำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้เท่ากับ 0.5, 0.5 และ 0.10 mg/m^3 ตามลำดับ พบว่ามีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานในทุกตัวอย่าง แม้ว่าค่าความเข้มข้นของโครเมียมจะมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด แต่ก็อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพ เช่น ก่อให้เกิดมะเร็งได้หากช่างซ่อมได้รับเข้าสู่ร่างกายเป็นเวลานานๆ

3.4 การประเมินการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ

ทำการประเมินการสัมผัสโลหะหนักทั้ง 3 ชนิด คือ ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมทางการหายใจ โดยการคำนวณค่า ADI (Average Daily Intake) (US EPA, 1989; Kofi, 2002; พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช, 2547)

สูตร การคำนวณหาปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ

$$\text{ADI (Average metal daily intake)} = \frac{CA \times IR \times ET \times EF \times EP}{BW \times AT}$$

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยของโลหะหนักในอากาศ (mg/ m^3)

ET คือ เวลาในการสัมผัส (hr/day)

IR คือ อัตราการหายใจ (m^3/hr)

EF คือ ความถี่ในการสัมผัส (day/year)

EP คือ ระยะเวลาที่สัมผัส (year)

BW คือ น้ำหนักของร่างกาย (kg)

AT คือ ระยะเวลาที่ใช้ในการเฉลี่ย (day)

เมื่อนำค่าความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ มาคำนวณการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่ได้รับทางการหายใจ พบว่า ค่า ADI ของช่างซ่อม จำนวน 17 คน มีค่าอยู่ในช่วง 0.000051 - 0.005449, 0.000001 - 0.000039 และ 0.000011 - 0.003006 mg/kg BW/day ตามลำดับ (ตารางที่ 3-9)

ตารางที่ 3-9 ค่าการสัมผัส (ADI) ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมของช่างซ่อม

รหัสช่างซ่อม	**ค่า ADI (mg/kg BW/day)**		
	ตะกั่ว	**แคดเมียม**	**โครเมียม**
P01	0.000398	0.000007	0.000350
P02	0.000400	0.000014	0.000458
P03	0.000872	0.000023	0.000085
P04	0.003955	0.000012	0.000139
P05	0.000727	0.000039	0.000587
P06	0.005449	0.000015	0.000341
P07	0.000922	0.000023	0.000530
P08	0.000075	0.000001	0.000040
P09	0.001057	0.000035	0.003006
P10	0.000566	0.000011	0.000514
P11	0.000292	0.000006	0.000212
P12	0.000147	0.000006	0.000558
P13	0.000152	0.000009	0.000011
P14	0.000141	0.000018	0.000032
P15	0.000116	0.000003	0.000191
P16	0.000305	0.000014	0.000723
P17	0.000051	0.000004	0.000022

3.5 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

3.5.1 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

ผู้วิจัยได้ประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง โดยการคำนวณค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) และ ดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index; HI) จากสมการ

$$HQ = \frac{CA}{TLV - TWA}$$

เมื่อ HQ คือ ค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient)

CA คือ ความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน ของโลหะหนักในอากาศ (mg/ m^3)

TLV- TWA คือ ค่ามาตรฐานปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง/วัน (Threshold Limit Value -Time Weighted Average) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ มีค่าเท่ากับ 0.05, 0.01 และ 0.05 mg/m^3 ตามลำดับ

หากค่า HQ <1 แสดงว่า ปริมาณของโลหะหนักในอากาศนั้น ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรือ ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของโลหะหนัก

HI = ผลรวมของ HQ ของโลหะหนักที่ศึกษาแต่ละตัว (Pb, Cd และ Cr)

หากค่า HI < 1 แสดงว่า ความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญ

จากการคำนวณค่าความเสี่ยง (HQ) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม พบว่ามีค่าอยู่ในช่วง 0.0160 - 0.0594, 0.0030 - 0.0100 และ 0.0002 - 0.0154 ตามลำดับ ซึ่งค่าความเสี่ยง (HQ) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ของช่างซ่อมทั้ง 17 คนนั้น มีค่าน้อยกว่า 1 (ตารางที่ 3-10) แสดงว่าปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยของช่างซ่อม หรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

สำหรับค่าดัชนีความเสี่ยง (HI) พบว่า มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0264 - 0.6023 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3-10

ตารางที่ 3-10 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็ง

รหัสช่างซ่อม	**ค่า HQ**			**ค่า HI**
	ตะกั่ว	**แคดเมียม**	**โครเมียม**	
P01	0.0320	0.0030	0.0028	0.0378
P02	0.0454	0.0080	0.0052	0.0586
P03	0.0594	0.0080	0.0006	0.0680
P04	0.4620	0.0070	0.0016	0.4706
P05	0.0260	0.0070	0.0021	0.0351
P06	0.5906	0.0080	0.0037	0.6023
P07	0.0720	0.0090	0.0041	0.0851
P08	0.0720	0.0040	0.0039	0.0799
P09	0.0540	0.0090	0.0154	0.0784
P10	0.0506	0.0050	0.0046	0.0602
P11	0.0360	0.0040	0.0026	0.0426
P12	0.0266	0.0050	0.0101	0.0417
P13	0.0266	0.0080	0.0002	0.0348
P14	0.0160	0.0100	0.0004	0.0264
P15	0.0480	0.0060	0.0079	0.0619
P16	0.0214	0.0050	0.0051	0.0315
P17	0.0206	0.0080	0.0009	0.0295

3.5.2 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง สามารถหาได้จากค่า Slope Factor (SF) ซึ่งหมายถึง ค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินความเป็นพิษของสารก่อมะเร็ง ได้แก่ แคดเมียม และโครเมียม ส่วนตะกั่วไม่มีค่า Unit Risk Factor เนื่องจากไม่ใช่เป็นสารก่อมะเร็ง เมื่อได้ค่า Slope Factor (SF) แล้ว ให้นำมาคำนวณความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ซึ่งเป็นการคำนวณความเสี่ยงตลอดชีวิต (Lifetime Cancer Risk) (US EPA, 1989) ดังสมการ

สูตร Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง ได้แก่ แคดเมียม และโครเมียม

$$SF = \frac{URF \times BW \times CF}{IR \times AR}$$

เมื่อ SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(mg/kg/day)^{-1}$

URF คือ Unit Risk Factor $(\mu g/m^3)^{-1}$;

สำหรับแคดเมียมอยู่ที่ 1.8×10^{-3} (US EPA, 1985)

สำหรับโครเมียมอยู่ที่ 1.2×10^{-2} (US EPA, 1991a)

BW คือ น้ำหนักร่างกายผู้ใหญ่ (kg)

CF คือ Conversion Factor; 1,000 (µg/mg)

IR คือ อัตราการหายใจของมนุษย์; 20 (m^3/day)

AR คือ Absorption Rate; 1

สูตร การคำนวณความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งตลอดชีวิต

$$\text{Lifetime cancer risk} = ADI \times SF$$

เมื่อ ADI คือ ปริมาณโลหะหนักที่ได้รับจากการหายใจ (mg/kg BW/day)

SF คือ Slope Factor ของสารก่อมะเร็ง $(mg/kg/day)^{-1}$

US EPA ได้กำหนดค่า Lifetime cancer risk ไว้ที่ $\leq 1 \times 10^{-6}$ หมายถึงสถานการณ์ยังไม่มีความเสี่ยง (US EPA, 1991b) ส่วน NIOSH กำหนดค่า Lifetime cancer risk ไว้ที่ $\leq 1\times 10^{-4}$ แสดงว่าสถานการณ์ยังไม่มีความเสี่ยง (NIOSH CIB 68, 2017) และ ATSDR กำหนดค่า Lifetime cancer risk อยู่ในช่วง 1×10^{-6} - 1×10^{-4} ถือเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้ หากมีค่ามากกว่า 1×10^{-4} แสดงว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ไม่สามารถยอมรับได้ (ATSDR, 2001)

จากการประเมินค่าความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการหายใจเอาแคดเมียมและโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย โดยการคำนวณ Slope Factor พบว่า Slope Factor ของแคดเมียม และโครเมียมมีค่าอยู่ระหว่าง 4.95-9.45 และ 33-63 $(mg/kg/day)^{-1}$ ตามลำดับ

ค่าความเสี่ยงการเกิดมะเร็งของแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 5.60 x 10^{-6}- 2.03 x 10^{-4} (ตารางที่ 3-11 และ ภาพที่ 3-4) อธิบายได้ว่ากลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 5.60 คน ใน 1,000,000 คน ถึง 2.03 คน ใน 10,000 คน เมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามมาตรฐาน NIOSH ของแคดเมียม คือ ≤ 1× 10^{-4} พบว่ามีช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 6 คน (จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 17 คน) ที่มีค่าเกินเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งจะต้องหามาตรการในการป้องกันและแก้ไขความเสี่ยงที่เกิดขึ้นอย่างเร่งด่วน

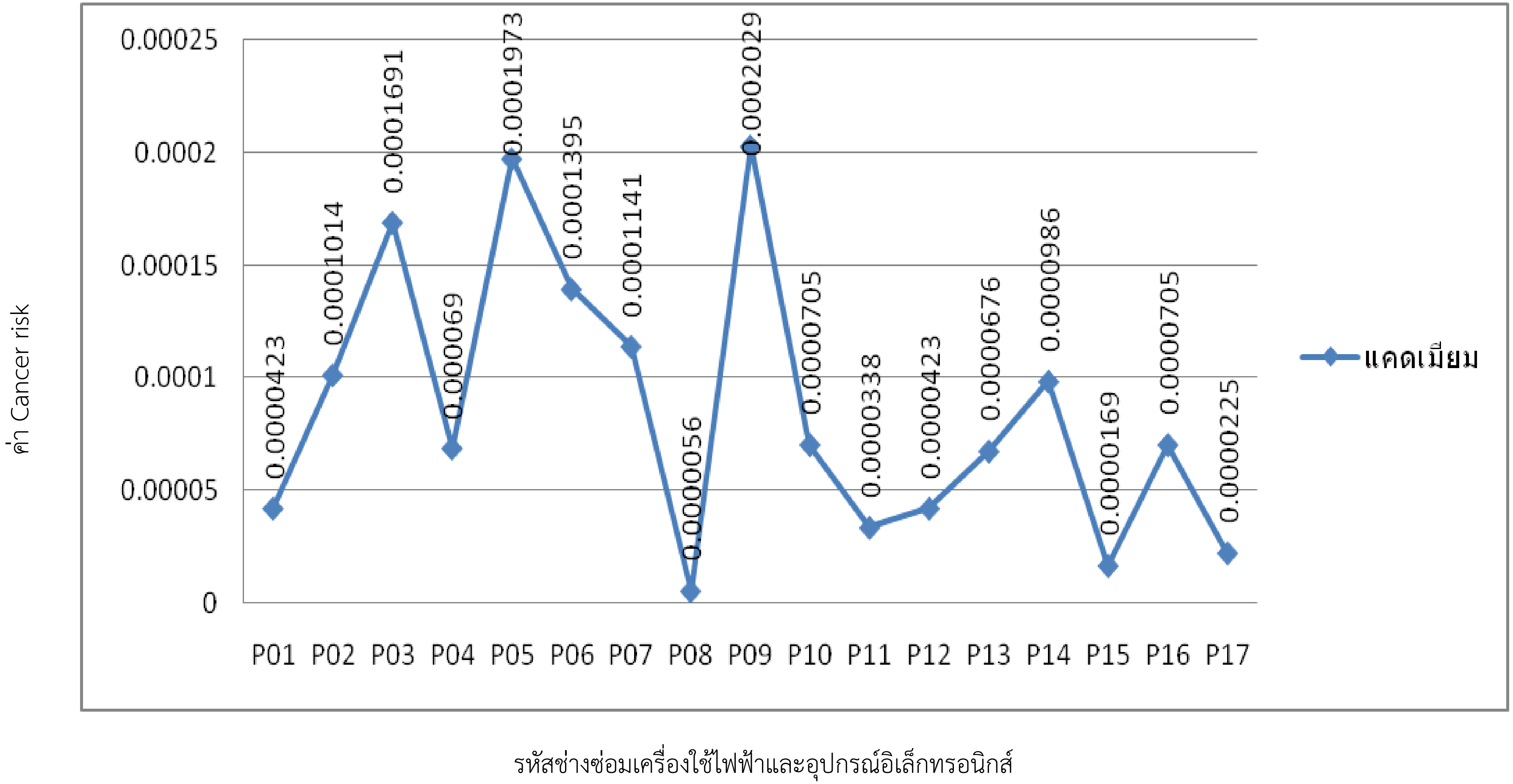
ส่วนค่าความเสี่ยงการเกิดมะเร็งของโครเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 1.00 x 10^{-7} - 3.61 x 10^{-5} (ตารางที่ 3-11 และ ภาพที่ 3-5) อธิบายได้ว่า กลุ่มตัวอย่างมีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 1 คน ใน 10,000,000 ถึง 3.61 คน ใน 100,000 คน เมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบเกณฑ์ที่ยอมรับได้ คือ ≤ 1× 10^{-4} พบว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวนทั้งหมด 17 คน มีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งแสดงว่าเป็นค่าความเสี่ยงที่ยอมรับได้

ตารางที่ 3-11 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง

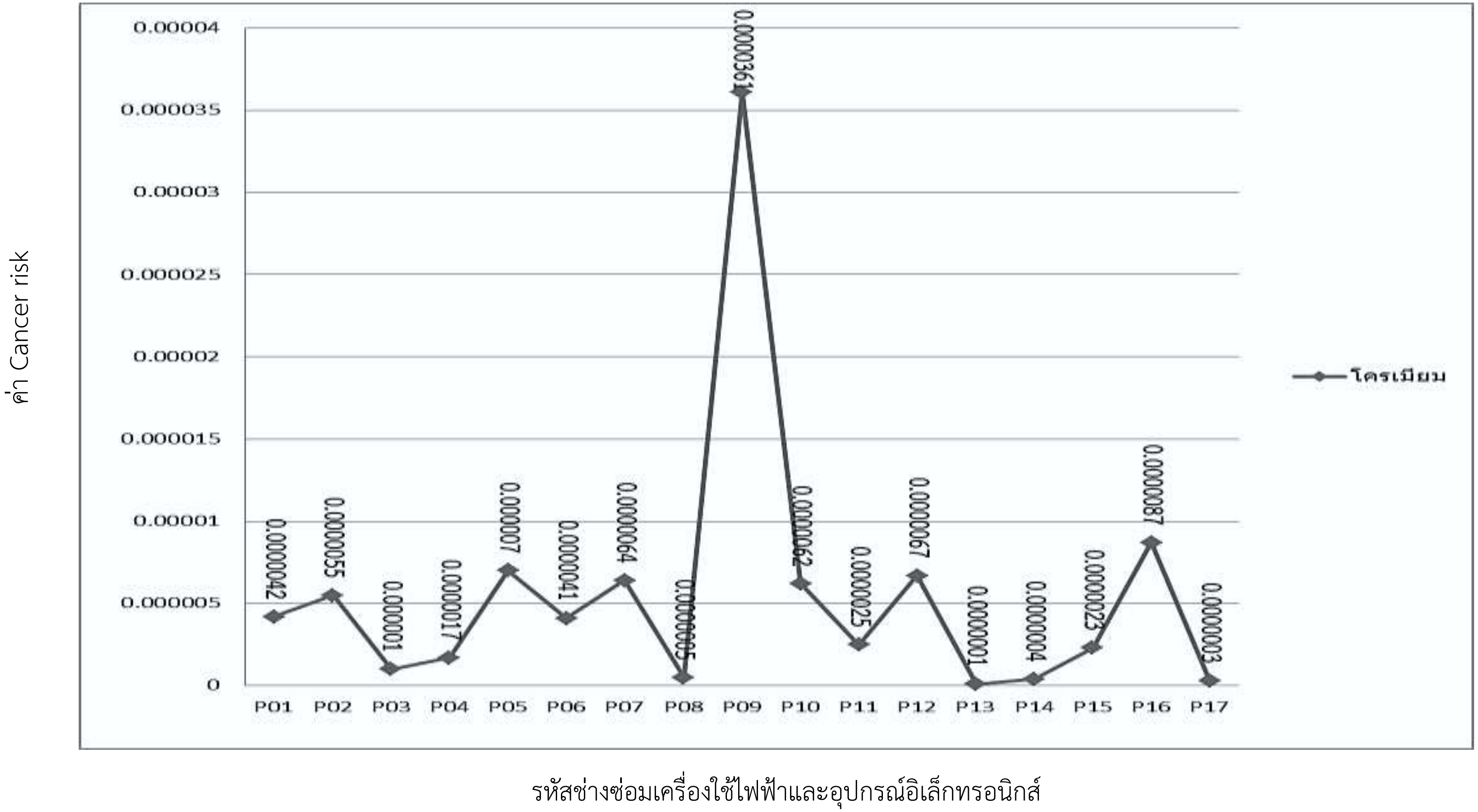
รหัสช่างซ่อม	ค่า SF		ค่า Cancer risk	
	แคดเมียม	โครเมียม	แคดเมียม	โครเมียม
P01	5.67	37.80	4.23 x 10^{-5}	4.20 x 10^{-6}
P02	7.20	48.00	1.01 x 10^{-4}	5.50 x 10^{-6}
P03	7.20	48.00	1.69 x 10^{-4}	1.00 x 10^{-6}
P04	5.76	38.40	6.90 x 10^{-5}	1.70 x 10^{-6}
P05	5.04	33.60	1.97 x 10^{-4}	7.00 x 10^{-6}
P06	9.45	63.00	1.39 x 10^{-4}	4.10 x 10^{-6}
P07	4.95	33.00	1.14 x 10^{-4}	6.40 x 10^{-6}
P08	6.75	45.00	5.60 x 10^{-6}	5.00 x 10^{-7}
P09	5.76	38.40	2.03 x 10^{-4}	3.61 x 10^{-5}
P10	6.30	42.00	7.05 x 10^{-5}	6.20 x 10^{-6}

ตารางที่ 3-11 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (ต่อ)

รหัสช่างซ่อม	ค่า SF		ค่า Cancer risk	
	แคดเมียม	โครเมียม	แคดเมียม	โครเมียม
P11	5.22	34.80	3.38×10^{-5}	2.50×10^{-6}
P12	7.65	51.00	4.23×10^{-5}	6.70×10^{-6}
P13	7.38	49.20	6.76×10^{-5}	1.00×10^{-7}
P14	5.58	37.20	9.86×10^{-5}	4.0×10^{-7}
P15	5.85	39.00	1.69×10^{-5}	2.3×10^{-6}
P16	4.95	33.00	7.05×10^{-5}	8.70×10^{-6}
P17	5.67	37.80	2.25×10^{-5}	3.00×10^{-6}



ภาพที่ 3-4 ค่า Cancer risk ของแคดเมียม



ภาพที่ 3-5 ค่า Cancer risk ของโครเมียม

บทที่ 4

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาวิจัยการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในร้านซ่อมขนาดเล็ก เขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยทำการคัดเลือกร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อเข้าร่วมโครงการวิจัยแบบอาสาสมัคร (Voluntary Selection) จำนวน 17 แห่ง เพื่อดำเนินการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวบุคคล (Personal Air Sampling) ซึ่งเป็นการเก็บตัวอย่างอากาศที่ระดับการหายใจ (Breathing Zone) ของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทั้งหมด 17 คน จำนวน 3 ครั้ง พร้อมทั้งใช้แบบสอบถามสำรวจสภาพแวดล้อมของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสัมภาษณ์ช่างซ่อม ซึ่งวัตถุประสงค์ของการวิจัยครั้งนี้ มีดังนี้

1) เพื่อศึกษาปริมาณความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2) เพื่อประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการรับสัมผัส ตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ

จากการศึกษาวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะได้ ดังนี้

4.1 สภาพทั่วไปของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ลักษณะร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่พบทั่วไปในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นสถานประกอบการขนาดเล็ก ซึ่งเป็นกิจการในครัวเรือน นอกจากนี้ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนเพราะมีบ้านเรือนและประชาชนอาศัยอยู่จำนวนมาก ทำให้สะดวกและง่ายต่อการมาใช้บริการของลูกค้าที่จะมาซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โครงสร้างอาคารส่วนใหญ่เป็นอาคารชั้นเดียวกึ่งห้องแถว โดยส่วนใหญ่อาคารจะมีอายุ 11-20 ปี (ร้อยละ 52.9) และการระบายอากาศภายในร้านซ่อมส่วนใหญ่เป็นแบบระบายตามธรรมชาติ (ร้อยละ 82.4) ฝาผนังทั้ง 2 ด้านจะติดกับห้องแถวอื่น ไม่มีหน้าต่าง อากาศจะระบายออกได้เฉพาะประตูหน้าร้านเท่านั้น ทำให้การระบายอากาศไม่ดีพอ ทำให้เกิดการฟุ้งกระจายของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ในร้านซ่อมเนื่องจากการปฏิบัติงานในขั้นตอน

การเชื่อม บัดกรี หลอมโลหะ หรือขั้นตอนอื่นๆ ที่เสี่ยงต่อการได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย นอกจากนี้ ยังพบว่าเจ้าของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่เห็นความสำคัญในการป้องกันผลกระทบของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมที่จะเกิดขึ้นต่อสุขภาพ

4.2 ข้อมูลทั่วไปและพฤติกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

จากการสัมภาษณ์ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน พบว่า ทั้งหมดเป็นเพศชาย มีอายุระหว่าง 41-50 ปี ส่วนใหญ่จบการศึกษาระดับ ปวส. เคยทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อื่นมาก่อน โดยเฉลี่ย 4 -12 ปี และบางคนเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องสัมผัสกับโลหะหนักมาก่อน โดยเฉลี่ย 2 – 6 ปี ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่ไม่เคยตรวจสุขภาพประจำปี (ร้อยละ 94.1) แสดงให้เห็นถึงการขาดการตระหนักและการเฝ้าระวังสุขภาพของช่างซ่อมเอง ช่างซ่อมบางคนมีโรคประจำตัว (ร้อยละ 29.4) ได้แก่ โรคเบาหวาน โรคความดันโลหิต โรคหอบ และโรคภูมิแพ้ และบางคนใช้ร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นที่พักอาศัยด้วย ซึ่งทำให้มีโอกาสเสี่ยงที่จะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกายมากยิ่งขึ้น

พฤติกรรมการปฏิบัติงานของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลถึงความเสี่ยงที่ช่างซ่อมจะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ โดยพบว่า ช่างซ่อมส่วนใหญ่จะไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (Personal Protective Equipment; PPE) เช่น ไม่มีการใช้หน้ากากปิดจมูกอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะเห็นได้จากการเก็บตัวอย่างอากาศครั้งที่ 1 , 2 และ 3 ที่ช่างซ่อมไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลร้อยละ 70.6, 82.4 และ 76.5 ตามลำดับ ส่งผลให้ช่างซ่อมสูดหายใจเอาสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกายได้ และช่างซ่อมบางคนใช้เพียงผ้าปิดจมูก ซึ่งไม่มีประสิทธิภาพเหมือนกับหน้ากากกรองสารเคมี ที่ตัวกรองสามารถลดปริมาณของสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ที่ช่างซ่อมได้รับเข้าสู่ร่างกายได้ นอกจากนี้ ช่างซ่อมบางคนทำความสะอาดมือก่อนรับประทานอาหารบางครั้ง และไม่มีการจัดสถานที่รับประทานอาหารแยกจากสถานที่ทำงาน (ร้อยละ 11.8) ส่วนพฤติกรรมเสริมอื่นๆ ที่มีความเสี่ยงในการได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย เช่น พฤติกรรมการสูบบุหรี่ (ร้อยละ 47.1) และการไม่ล้างมือก่อนสูบบุหรี่ในเวลาทำงาน (ร้อยละ 62.5) ซึ่งผู้ช่างซ่อมส่วนใหญ่ไม่ได้คำนึงถึงความปลอดภัยในสุขภาพอนามัยแต่อย่างใด

สำหรับการจัดการสภาพแวดล้อมของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลถึงความเสี่ยงที่ช่างซ่อมจะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกายทางระบบทางเดินหายใจ กล่าวคือ เศษเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ที่ตกหล่นบนพื้นในร้านซ่อมนั้น ส่วนใหญ่จะมีการกวาดรวบรวมไว้ในร้านเพื่อการรอกำจัด (ร้อยละ 82.4) ซึ่งส่งผลให้ช่างซ่อมมีความเสี่ยงที่จะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมจากการฟุ้งกระจายภายในร้านซ่อมเพิ่มขึ้น

4.3 ระดับความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในตัวอย่างอากาศที่เก็บประเภทติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

ผลการเก็บตัวอย่างอากาศประเภทติดกับตัวช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 17 คน จำนวน 3 ครั้ง และผลการวิเคราะห์ความเข้มข้นของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. ระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศมีค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยรวม อยู่ระหว่าง 0.00800 – 0.02953 และ 0.0048 $\pm$ 0.008 mg/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งกำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของตะกั่วตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ที่ 0.20 mg/m^3 และเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ NIOSH, ACGIH และ OSHA ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.05 mg/m^3 พบว่า มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานในทุกตัวอย่าง โดยจากการศึกษาครั้งนี้ตะกั่วจะพบได้จากส่วนประกอบในการบัดกรีแผ่นวงจรพิมพ์ เป็นสารประกอบหลักในลวดบัดกรี และจอมอนิเตอร์ CRT และระดับความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศจะมากขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ได้แก่ ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำการซ่อม การระบายอากาศในร้านซ่อม และการกำจัดเศษชิ้นงานในร้านซ่อม เป็นต้น

2. ระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในอากาศ มีค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยรวม อยู่ในช่วง 0.00003 – 0.00010 และ 0.00007 $\pm$ 0.00002 mg/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งกำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ที่ 0.20 mg/m^3 และเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ ACGIH และ OSHA ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.002 และ 0.005 mg/m^3 ตามลำดับ พบว่า มีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานในทุกตัวอย่าง

แม้ว่าระดับความเข้มข้นของแคดเมียมในอากาศจะมีค่าไม่เกินเกณฑ์ที่มาตรฐานกำหนด แต่หากได้รับในปริมาณน้อยๆ เป็นเวลานานก็มีการสะสมในร่างกาย และอาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ ซึ่งแคดเมียมสามารถพบได้จากแผ่นวงจรพิมพ์ ตัวต้านทาน ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วัสดุกึ่งตัวนำ และจอมอนิเตอร์ เป็นต้น หากช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีการสูบบุหรี่จะทำให้มีโอกาสได้รับแคดเมียมเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากแคดเมียม 1 มวน มีแคดเมียมปริมาณ 1 – 2 ไมโครกรัม (Friberg et al., 1986)

3. ระดับความเข้มข้นของโครเมียมในอากาศมีค่าเฉลี่ย และค่าเฉลี่ยรวม ระหว่าง 0.00010 – 0.00768 และ 0.002 ± 0.002 mg/m^3 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานของกระทรวงมหาดไทย ซึ่งกำหนดปริมาณความเข้มข้นเฉลี่ยของแคดเมียมตลอดระยะเวลาการทำงานปกติ 8 ชั่วโมง (TWA) ไว้ที่ 1.0 mg/m^3 และเกณฑ์ค่ามาตรฐานของ NIOSH, ACGIH และ OSHA ซึ่งกำหนดไว้ที่ 0.5 mg/m^3 พบว่า มีค่าไม่เกินค่ามาตรฐานในทุกตัวอย่าง ซึ่งโครเมียมจะพบได้ในการใช้ป้องกันการกัดกร่อนของแผ่นโลหะ ใช้ผสมกับโลหะทำให้เกิดความแข็งแรงมีความเหนียวทนทาน และการสูบบุหรี่จะทำให้มีโอกาสได้รับโครเมียมเพิ่มขึ้น เนื่องจากบุหรี่ 1 กรัม มีโครเมียมปริมาณ 2.56 ไมโครกรัม (Friberg et al., 1986)

4.4 การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ไม่ก่อให้เกิดมะเร็งจากการได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ทำโดยคำนวณค่าความเสี่ยง (Hazard Quotient; HQ) และ ดัชนีความเสี่ยง (Hazard Index; HI) ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศ ซึ่งพบว่าค่าความเสี่ยง (HQ) มีค่าอยู่ในช่วง 0.0160 - 0.0594, 0.0030 - 0.0100 และ 0.0002 - 0.0154 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าความเสี่ยง (HQ) ทุกค่าของกลุ่มตัวอย่างมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่าปริมาณของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศที่นั้นไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัย หรือไม่อยู่ในเกณฑ์ที่เสี่ยงต่อความเป็นพิษของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม ส่วนค่าดัชนีความเสี่ยง (HI) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.0264 - 0.6023 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 1 แสดงว่า ความเสี่ยงไม่มีนัยสำคัญ

แม้ว่าค่าความเสี่ยง (HQ) และค่าดัชนีความเสี่ยง (HI) ของช่างซ่อม จำนวนทั้งหมด 17 คนนั้นจะไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด แต่หากได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในปริมาณน้อยๆ เป็นเวลานาน ก็จะส่งผลกระทบต่อสุขภาพได้ เช่น หากได้รับตะกั่วเป็นเวลานานจะอ่อนเพลีย ไม่มีแรง ปวดตามกล้ามเนื้อตามข้อ ปลายประสาทอักเสบทำให้เกิดข้อมือตก และเกิดภาวะโลหิตจางได้ ส่วนแคดเมียมหากได้รับปริมาณน้อยๆเป็นเวลานานจะมีผลเสียโดยตรงกับโครงสร้างของกระดูก ทำให้กระดูกผุกร่อนเสียรูปแบบจากนั้นจะเกิดอาการเจ็บปวดมากเหมือนกับโรคอิไต – อิไต ในประเทศญี่ปุ่น เป็นต้น และโครเมียมหากได้รับปริมาณน้อยๆ เป็นเวลานาน ก็จะมีอาการระคายเคืองและทำลายเยื่อเมือก เป็นต้น ดังนั้นช่างซ่อมจึงควรป้องกันตนเอง เช่น สวมใส่หน้ากากกรองสารเคมีเพื่อป้องกันไม่ให้สารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม เข้าสู่ร่างกายได้

การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งเนื่องจากการหายใจ เอาแคดเมียมและโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ทำโดยการคำนวณ ค่า Slope Factor (SF) และความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (Lifetime Cancer Risk) ซึ่งผลการศึกษามีดังนี้

1. ค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของแคดเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 5.60×10^{-6} - 2.03×10^{-4} แสดงว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 5.60 คน ใน 1,000,000 คน ถึง 2.03 คน ใน 10,000 คน เมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานของ NIOSH ซึ่งกำหนดค่าไว้ที่ $\leq 1\times 10^{-4}$ พบว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จำนวน 6 คน (จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 17 คน) ที่มีค่าเกินเกณฑ์ที่สามารถยอมรับได้ ซึ่งในกลุ่มช่างซ่อมเหล่านี้ต้องเร่งหามาตรการในการป้องกันและแก้ไขความความเสี่ยงจากการได้รับแคดเมียม ยกตัวอย่างเช่น ลดปริมาณการฟุ้งกระจายของไอควัน (Fumes) ที่เกิดขึ้นในบริเวณการทำงานโดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่และทำการกำจัดเศษชิ้นงานให้ถูกวิธี สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล เช่น หน้ากากป้องกันสารเคมีในขณะที่ทำงานสัมผัสกับสารแคดเมียม รักษาสุขอนามัยส่วนบุคคล และควรมีการตรวจสุขภาพเป็นประจำทุกปี เป็นต้น

2. ค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของโครเมียม มีค่าอยู่ในช่วง 1.00×10^{-7} - 3.61×10^{-5} แสดงว่าช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสเกิดโรคมะเร็ง 1 คน ใน 10,000,000 ถึง 3.61 คน ใน 100,000 คน เมื่อนำค่าที่ได้เปรียบเทียบเกณฑ์มาตรฐานของ NIOSH ซึ่งกำหนดค่าไว้ที่ $\leq 1\times 10^{-4}$ พบว่าช่างซ่อมทั้งหมด 17 คน มีค่าอยู่ในไม่เกินมาตรฐาน แม้ว่าค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของโครเมียมจะมีค่าไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานของ NIOSH แต่ถ้าหากได้รับโครเมียมเป็นเวลานานๆ ก็จะเกิดการสะสมในร่างกาย และส่งผลกระทบต่อสุขภาพอนามัยได้ ซึ่งโครเมียมบวก 6 (Cr^{+6}) ถูกจัดให้เป็นสารที่มีอันตรายมาก มีความเป็นพิษรุนแรงกว่าโครเมียมบวก 3 (Cr^{+3}) มากกว่าร้อยเท่า หากได้รับเข้าร่างกายเพียงเล็กน้อยจะมีการสะสมทำให้เกิดพิษเรื้อรัง และเกิดมะเร็งในอวัยวะต่างๆ ตามมา จึงควรมีการให้สุขศึกษาเพื่อให้ความรู้ถึงพิษของสารโครเมียมที่เกิดจากการซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยการวิเคราะห์ค่าความเสี่ยงด้านสุขภาพที่ก่อให้เกิดมะเร็งของโครเมียมในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บตัวอย่างอากาศ และวิเคราะห์โครเมียมในอากาศในรูปของ total Cr ซึ่งเป็นค่ารวมของสารโครเมียมทั้งหมด

4.5 มาตรการและแนวทางการแก้ไขป้องกันความเสี่ยง

4.5.1 การควบคุมที่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เป็นการป้องกันไม่ให้สารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย ได้แก่

- การสวมใส่อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล (PPE) เมื่อต้องทำงานสัมผัสกับสารเคมีในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หน้ากากป้องกันสารเคมีที่สามารถป้องกันการหายใจเอาตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศเข้าสู่ร่างกาย
- ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควรมีการแยกชุดที่ใช้ใส่ทำงานกับชุดปกติเพื่อป้องกันการปนเปื้อนสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม
- ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ควรมีการรักษาอนามัยส่วนบุคคล เช่น ล้างมือก่อนกินอาหาร ห้ามดื่มน้ำและสูบบุหรี่ในสถานที่ทำงานเพื่อลดการปนเปื้อนที่จะได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกาย
- มีการตรวจสุขภาพตามปัจจัยเสี่ยงที่อาจจะได้รับสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม อย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง

4.5.2 การควบคุมที่ทางผ่าน ได้แก่

- การป้องกันอันตรายจากสภาพแวดล้อม เช่น ลดปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมที่ฟุ้งกระจายในบริเวณทำงาน โดยติดตั้งระบบระบายอากาศเฉพาะที่ ทำการเก็บรวบรวมฝุ่น ไอควัน (Fumes) และมีการกำจัดที่ถูกวิธี
- การรักษาความสะอาดของบริเวณทำงานจะช่วยลดปริมาณการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม
- การแยกสถานที่รับประทานอาหารออกจากสถานที่ทำงาน

4.5.3 การควบคุมที่แหล่งกำเนิด ได้แก่

- วางแผนการปฏิบัติงานในขั้นตอนบัดกรี เชื่อม หรือหลอมโลหะ โดยการศึกษาสภาพการชำรุดของเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ก่อนที่จะทำการบัดกรี เชื่อม หรือหลอมโลหะ เพื่อลดระยะเวลาการสัมผัสสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

4.5.4 มาตรการอื่นๆ ในการป้องกันความเสี่ยง ได้แก่

- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรให้สุขศึกษา มีการประชาสัมพันธ์ เพื่อให้เกิดความตระหนักและความรู้ถึงพิษของสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม และเกิดจิตสำนึกที่ดีในการป้องกันตนเองจากการได้รับสารตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมเข้าสู่ร่างกายได้

- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการติดตามดูแลในเรื่องนี้ และควรนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการป้องกันแก้ไขสำหรับร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนเพื่อใช้ในการตรวจประเมินร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ให้เป็นร้านที่มีมาตรฐานความปลอดภัย

- หน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรมีการตรวจวัดปริมาณตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในอากาศของร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ และตรวจสุขภาพร่างกายของช่างซ่อมอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง เพื่อเป็นการติดตามและเฝ้าระวังโอกาสที่ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จะได้รับสารพิษดังกล่าวเข้าสู่ร่างกาย

บรรณานุกรม

กมลพรรณ ไชยทอง. 2552. *ประสิทธิภาพของสาหร่ายไส้ไก่ในการดูดซับโลหะหนักในระบบการเลี้ยงกุ้ง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวิทยาศาสตร์การประมง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

กิตติชัย จ่างเกตุทอง. 2557. สัมภาษณ์ (27 พฤศจิกายน 2557). ช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า. ร้าน 179. เทศบาลนครหาดใหญ่, สงขลา, ประเทศไทย.

กรมควบคุมมลพิษ. 2551. *คู่มือการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ประเทศไทย.

กรมควบคุมมลพิษ. 2555. *รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ปี 2555.* กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. ประเทศไทย.

ชมพูนุท พรหมภักดิ์. 2555. *แนวทางการรับมือปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย*. สำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา.

เจริญศักดิ์ งามไตรไร. 2545. *ศึกษาการประเมินความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งจากการได้รับตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมของช่างพ่นสี ในบรรยากาศภายในสถานประกอบการพ่นสีรถยนต์ในเขตเทศบาลนครหาดใหญ่.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

นันญา พันธ์เจริญ. 2546. *เรื่องวุ่น ๆ ของอี-เวสต์. เมื่อปลาจะกินดาว 3*. ชมรมนักข่าวสิ่งแวดล้อม.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. 2543. *พรมแดนความรู้ด้านการวิจัยและสถิติ*. ชลบุรี: วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ มหาวิทยาลัยบูรพา.

บรรจง วิทยวีรศักดิ์. 2555. *พิษวิทยางานอาชีพ.* คณะการจัดการสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ประดิษฐ์ บุตรศรี. 2551. *หัวแร่งบัดกรีประหยัดพลังงาน.วิทยาลัยการอาชีพบึงกาฬ.* อาชีวศึกษาจังหวัดหนองคาย สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ.

ปเนต มโนมัยวิบูลย์, โทมัส ลิงควิสท์ และนาโอโกะ โทโจ. 2552. *หลักการขยายความรับผิดชอบของผู้ผลิตในบริบทของประเทศกำลังพัฒนา.* การจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. กรุงเทพมหานคร.

ปุณยนุช รุธิรโก. 2551. *ภัยจากขยะอิเล็กทรอนิกส์.* วารสารหาดใหญ่วิชาการ 6(1): 99-108.

พงศ์เทพ วิวรรธนะเดช. 2547. *การประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ.* ภาควิชาเวชศาสตร์ชุมชน คณะแพทยศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. นนทบุรี. 245 หน้า.

บรรณานุกรม (ต่อ)

พรทิพย์ เทียนทองดี และสายใจ พินิจเวชการ. 2548. *การศึกษาเพื่อพัฒนารูปแบบระบบการเฝ้าระวังโรคพิษตะกั่ว ในนิคมอุตสาหกรรม ในพื้นที่จังหวัดพระนครศรีอยุธยา และจังหวัดปทุมธานี.* วารสารการส่งเสริมสุขภาพและอนามัยสิ่งแวดล้อม. 28

มธุรส รุจิรวัฒน์ และจุฑามาศ สัตยาวิวัฒน์. 2549. *พิษวิทยาสิ่งแวดล้อม*. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ทรินิตี้ พับลิชชิ่ง จำกัด.

วิวัฒน์ เอกบูรณะวัฒน์ และสุทธิพัฒน์ วงศ์วิทย์วิโชติ. 2556. *พิษวิทยาอาชีพ.* พิมพ์ครั้งที่ 3. ชลบุรี: สัมมาอาชีววะ. 292 หน้า.

วิทยา อยู่สุข. 2549. *อาชีวอนามัยและความปลอดภัย.* ภาควิชาอาชีวอนามัยและความปลอดภัย คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพมหานคร. 87-99.

วีระพล วงษ์ประพันธ์. 2553. *ผลของการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมด้วยกระบวนการกลุ่มในการเสริมสร้างความรู้เจตคติ และการปฏิบัติตนในการป้องกันการปนเปื้อนสารตะกั่วของผู้ปฏิบัติงานและสภาพแวดล้อมในการทำงานร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ จังหวัดนครราชสีมา.*วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาสิ่งแวดล้อมศึกษา. มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม และสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสุพรรณบุรี. 2553. *รายงานฉบับสมบูรณ์โครงการประเมินความเสี่ยงและค่าความปลอดภัยของสารหนูในพื้นที่อำเภอด่านช้าง จังหวัดสุพรรณบุรี.*

สภาวิศวกรแห่งประเทศไทย. 2545. *เอกสารวิชาการหมวดที่ 5 ความปลอดภัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน.* กรุงเทพมหานคร. 32 หน้า.

สิทธิชัย ตันธนะสฤษดิ์. 2549. *ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับคุณภาพน้ำ.* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 239 หน้า.

สุจิตรา วาสนาดำรงดี และ ปเนต มโนมัยวิบูลย์. 2555. *การจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์.* ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการจัดการสารและของเสียอันตราย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุดารัช สิงหโกวินท์. 2548. *ขยะอิเล็กทรอนิกส์ภัยมืดที่รอวันก่อตัว*. เส้นทางสีเขียว: 18-23.

สุพัตรา วิเศษสุข. 2549. *ขยะอิเลคทรอนิกส์อันตรายที่คุณช่วยได้.* วารสารสิ่งแวดล้อม สถาบันวิจัยภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 10(1) : 43-47.

สมศักดิ์ ศรีภักดี. 2544. *การเปรียบเทียบปริมาณตะกั่วในกลุ่มผู้ปฏิบัติงานซ่อมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและ อิเล็กทรอนิกส์กับผู้ปฏิบัติงานในการผลิตแบตเตอรี่*. วิทยานิพนธ์ปริญญาสาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต สาขาอนามัยสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

บรรณานุกรม (ต่อ)

แสงโฉม เกิดคล้าย. 2547 *แนวทางการวินิจฉัยเพื่อการรายงานโรคจากการประกอบอาชีพและสิ่งแวดล้อม.* พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข:22-33.

สำนักการสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครหาดใหญ่. 2557. รายงานผลการพัฒนาสุขาภิบาลและการออกใบอนุญาตสถานประกอบการในเขตเทศบาลที่ต้องควบคุมตามกฎหมาย. เทศบาลนครหาดใหญ่. สงขลา, ประเทศไทย.

อัจฉรา พุ่มฉัตร. 2549. วิธีการจัดเก็บสารเคมี. วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ. http://thaienvironment.net. (สืบค้นเมื่อ 1 กรกฎาคม 2557)

อรวรรณ พู่พิสุทธิ์ และศุลีพร แสงกระจ่าง. 2553. ความเป็นพิษของขยะอิเล็กทรอนิกส์. *วารสารพิษวิทยาไทย,* 25(1): 67-76.

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 2013, *Toxicological.* (สืบค้นเมื่อวันที่ 20 มิถุนายน 2557).

Babu, B. R., Parande, A. K. and Basha, C. A. 2007. Electrical and electronic waste: a global environmental problem. *Waste Management & Research,* 25: 307-18.

Dahal, BM., Fuerhacker, M., Mentler, A., Karki, K.B., Shrestha, R.R. and Blum, W.E. 2008. Arsenic contamination of soils and agricultural plants through irrigation water in Nepal. *Environmental Pollution*. 155: 157-163.

Friberg, L. Nordberg, G.F. Vouk, V.B. eds. 1986. Handbook of the toxicology of metals. Vol. II. Amsterdam, Elsevier, pp. 130–184.

Foroughi, M., Najafi, P. and Toghiani, S. 2011. Trace elements removal from waster water by *Ceratophyllum demersum*. *Journal of Applied Sciences & Environmental Management*, 15(1): 197-201.

Gao, Z., L. Wang, T. Qi, J. Chu and Y. Zhang. 2007. Synthesis, characterization, and cadmium(II) uptake of iminodiacetic acid-modified mesoporous SBA-15. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 304: 77-81.

Jarosinska, D., S. Pedada and W.J. Rogan. 2004. *Assessment of Lead Exposure and ssociated Risk Factors in Urban Children in Silesia Poland*. Environmental 95(2) : 133-142.

Kofi, A.D. 2002. *Public Health Risk Assessment for Human Exposure to Chemicals; Environmental Pollution.* Vol. 6. Kluwer Academic Publishers, London.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Lennart, H., Bodil, P., Lars, B., Kierstin, P.G., I, O. and Lars, J. 2007. Cadmium exposure pathways in a population living near a battery plant. *Science of the Total Environment*. 373: 447–455.

Leung, A. O. W., Duzgoren-Aydin, N. S., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2008. Heavy metals concentrations of surface dust from e-waste recycling and its human health implications in Southeast China. *Environmental Science & Technology*, 42(7): 2674-2680.

Martin, F.S..J. and Arthur R.F. 2011. Metal-contaminated indoor and outdoor housedust from aneighborhood Smelter area in Torreon, Mexico. *Procedia Environmental Sciences.* 4: 134–137.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994a. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 7082, 4th ed.*, NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994b. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 7048, 4th ed.*, NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 1994c. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 7024, 4th ed.*, NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2003. *NIOSH Manual of Analytical Methods (NMAM), Method No. 7300, 4th ed.*, NIOSH, Cincinnati, OH, the United States.

National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). 2017. *Current Intelligence Bulletin 68* : NIOSH Chemical Carcinogen Policy. Department of Health and human service.Centers for Disease Control and Prevention National Institute for Occupational Safety and Health.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Novelli, E.L.B., Lopes, A.M., Rodrigues, A.S., Novelli, J.L.V.B. and Ribas, B.O. 1999. Superoxide radical and nephrotoxic effect of cadmium exposure. *International Journal of Environmental Health Research*. 9: 109 -11

Perihan, B.K.K. 2012. Determination of heavy metals in indoor dust from Istanbul, Turkey: Estimation of the health risk. *Environment International*. 50: 47–55.

Yamanae, T. 1973. *Statistics: An Introductory Analysis*. 3rd ed. New York :Harper & Row Publishers, Inc.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1985. *Development of statistical distributions or ranges of standard factors used in exposure assessments.* Office of Research and Development. Washington, D.C.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1989. *Risk assessment guidance for. Volume I - Human Health Evaluation Manual (part A).* Office of Research and Development. Washington, D.C.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1991a. *Human health evaluation manual, supplemental guidance Superfund. Standard default exposure factors*. Office of Research and Development. Washington, D.C.

United States Environmental Protection Agency (US EPA). 1991b. *Risk assessment guidance for. Volume I - Human Health Evaluation Manual Development of Risk-based Preliminary Remediation Goals.* Office of Research and Development. Washington, D.C.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามการเก็บตัวอย่างงานวิจัย

แบบสอบถามที่ 1: การเก็บตัวอย่างอากาศภายในอาคาร

รหัสตัวอย่าง: ....

ที่อยู่สถานที่เก็บตัวอย่าง: ....

สถานที่เก็บตัวอย่าง: ....

วันที่เก็บตัวอย่าง: ....

รายละเอียดของที่เก็บตัวอย่างอากาศ:

1. การระบายอากาศภายในห้อง:

(........) ลมธรรมชาติ (........) เครื่องปรับอากาศ

(........) พัดลม (........) อื่นๆ ระบุ...

2. สภาพฝาผนังห้อง

(........) ไม่ทาสี (........) ทาสี สี................................

สภาพของสีทาผนังห้อง..

3. ความถี่ในการทำความสะอาดพื้นห้อง: ....ครั้ง/สัปดาห์

4. อายุของตัวอาคาร: ....ปี

5. ความหนาแน่นของการจราจรภายนอกอาคาร:

(........) สูง (........) ปานกลาง (........) น้อย

6. ปริมาณเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ซ่อมในแต่ละวัน

(........) ตู้เย็น............... เครื่อง (........) เครื่องซักผ้า.............. เครื่อง

(........) โทรทัศน์.............. เครื่อง (........) คอมพิวเตอร์.............. เครื่อง

(........) อื่นๆ ระบุ..

7. จำนวนโรงงานอุตสาหกรรมที่ตั้งอยู่ใกล้กับอาคารที่เก็บตัวอย่างพร้อมระบุชนิดของโรงงาน:

....

....

....

แบบสอบถามที่ 2: สุขศาสตร์ส่วนบุคคล
วันที่.........เดือน..........ปี............ (สำหรับการสัมภาษณ์)

คำชี้แจง: แบบสอบถามมี 4 ตอน กรุณาทำเครื่องหมายถูก (/) หน้าข้อความที่ตรงประเด็นมากที่สุด
ตอนที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของผู้ให้สัมภาษณ์

1. ชื่อสถานประกอบการ..

2. ที่อยู่สถานประกอบการ.................หมู่...............ตำบล.......................อำเภอ..........................
จังหวัด....................................

3. ชื่อ......................................นามสกุล..

4. อายุ (ถึงปัจจุบัน).............ปี............เดือน (วัน เดือน ปี เกิด.............................)

5. ส่วนสูง...................................เซนติเมตร

6. น้ำหนัก...................................กิโลกรัม

7. เพศ
   7.1 (........) ชาย   7.2 (.......) หญิง

8. การศึกษา
   8.1 (........) ประถมศึกษา   8.2 (.......) มัธยมศึกษาตอนต้น
   8.3 (........) มัธยมศึกษาตอนปลาย/ปวช.   8.4 (.......) ปวส.
   8.5 (.......) ปริญญาตรี   8.6 (.......) อื่นๆ ระบุ....................

9. สถานภาพในสถานประกอบการ
   9.1 (........) เจ้าของกิจการ   9.2 (........) ลูกจ้าง
   9.3 (........) ฝึกงานชั่วคราว   9.4 (........) อื่นๆ ระบุ...............................

10. คุณเคยทำงานในร้านซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่อื่นมาก่อนหรือไม่
   10.1 (........) ไม่เคยทำ   10.2 (.......) เคยทำ ระยะเวลา..........ปี.........เดือน

11. คุณเคยทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องสัมผัสกับโลหะหนัก (เช่น โรงงานผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์, โรงงานผลิตสี หรือโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ฯลฯ) มาก่อนหรือไม่

11.1 (........) ไม่เคยทำ 11.2 (.......) เคยทำ ระยะเวลา..........ปี.........เดือน

12. การใช้สถานประกอบการเป็นที่อยู่อาศัย

12.1 (........) ใช้ 12.2 (........) ไม่ใช้

13. ผู้ที่อยู่อาศัยในสถานประกอบการ

13.1 (........) มี	คนชรา(อายุ 60 ปีขึ้นไป)	จำนวน.............. คน
	วัยแรงงาน (อายุ 15 - 59 ปี)	จำนวน............... คน
	เด็ก (อายุ 1 – 14 ปี)	จำนวน............... คน
	ทารก (อายุ แรกเกิด - ‹1 ปี)	จำนวน............... คน
	หญิงตั้งครรภ์	จำนวน............... คน
13.2 (........) ไม่มี		

14. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เป็นเวลา..............ปี................เดือน...................วัน

15. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เฉลี่ย ....ชั่วโมง/วัน

16. คุณทำงานในสถานประกอบการนี้เฉลี่ย............................วัน/สัปดาห์ หรือ ....วัน/ปี

17. คุณมีโรคประจำตัวหรือไม่

17.1 (........) มี ระบุ................................. 17.2 (........) ไม่มี

18. การตรวจสุขภาพประจำปี

18.1 (........) มี ระบุ................................. 18.2 (........) ไม่มี

ตอนที่ 2: หมวดพฤติกรรมส่วนบุคคล

19. ทำความสะอาดมือก่อนรับประทานอาหารหรือไม่

19.1 (........) ไม่เคย (ถ้าเลือกข้อนี้ให้ข้ามไปทำข้อ 21)

19.2 (........) บางครั้ง

19.3 (........) ทุกครั้ง

20. แหล่งน้ำที่ใช้ทำความสะอาดมือ

20.1 (........) น้ำจากคลอง ระบุ ชื่อ...................... 20.2 (........) น้ำบ่อตื้น

20.3 (........) น้ำบ่อบาดาล 20.4 (........) น้ำฝน

20.5 (........) น้ำประปา 20.6 (........) อื่นๆ ระบุ.....................

21. ทำความสะอาดมือโดย

21.1 (........) น้ำเปล่าอย่างเดียว

21.2 (.......) น้ำเปล่าและสบู่

21.3 (.......) บางครั้งใช้น้ำเปล่าอย่างเดียว แต่บางครั้งใช้น้ำเปล่าและสบู่

21.4 (........) อื่นๆ ระบุ..

22. อุปกรณ์ที่ใช้เวลารับประทานอาหาร

22.1 (........) มือ 22.2 (.......) ช้อน

22.3 (.......) บางครั้งใช้มือ แต่บางครั้งใช้ช้อน 22.4 (........) อื่นๆ ระบุ.....................

23. ลักษณะอาหารที่รับประทานสม่ำเสมอ

23.1 (........) ปรุงด้วยตนเอง

23.2 (........) อาหารสำเร็จรูป แหล่งที่มา ระบุ.......................

24. แหล่งน้ำที่ใช้ในการบริโภค

24.1 (........) น้ำดื่มบรรจุขวด 24.2 (........) น้ำบ่อตื้น

24.3 (........) น้ำบาดาล 24.4 (........) น้ำฝน

24.5 (........) น้ำประปา 24.6 (........) อื่นๆ ระบุ.....................

25. มีการจัดสถานที่รับประทานอาหารแยกจากสถานที่ทำงานหรือไม่ .

25.1 (........) มี 25.2 (........) ไม่มี

26. ปัจจุบันคุณสูบบุหรี่หรือไม่ (ถ้าไม่ ข้ามไปทำข้อ 28)

26.1 (........) ไม่

26.2 (........) ใช่ จำนวน..........มวน/วัน คุณสูบมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี...........เดือน

27.หลังจากปฏิบัติงานคุณล้างมือก่อนสูบบุหรี่หรือไม่

27.1 (........) ใช่ 27.2 (........) ไม่ใช่

28. คุณเคยสูบบุหรี่หรือไม่

28.1 (........) ไม่

28.2 (.......) ใช่ จำนวน...........มวน/วัน คุณเคยสูบมาเป็นระยะเวลานาน...........ปี............เดือน
หรือเลิกมาแล้ว............ปี............เดือน

29. ปัจจุบันคุณดื่มแอลกอฮอล์หรือไม่ (ถ้าไม่ ข้ามไปทำข้อ 31)

29.1 (........) ไม่ 29.2 (........) ใช่

30. คุณดื่มแอลกอฮอล์บ่อยแค่ไหน

30.1 (........) บางเวลา คุณดื่มมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี........เดือน

30.2 (........) ประจำ คุณดื่มมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี........เดือน

31. คุณเคยดื่มแอลกอฮอล์หรือไม่

31.1 (........) ไม่

31.2 (........) ใช่ ชนิดของแอลกอฮอล์................คุณเคยดื่มมาเป็นระยะเวลานาน.........ปี........เดือน
หรือเลิกมาแล้ว............ปี............เดือน

32. ปกติคุณสวมรองเท้าขณะปฏิบัติงานหรือไม่

32.1 (........) ประจำ 32.2 (.......) บางครั้ง

32.3 (........) ไม่เคย 32.4 (........) อื่นๆ ระบุ....................

33. คุณใช้เครื่องสำอางหรือไม่ (ถ้าไม่ ข้ามไปทำข้อ 35)

33.1 (........) ไม่

33.2 (........) ใช่ ระบุชนิดเครื่องสำอาง..

34. คุณใช้เครื่องสำอางบ่อยแค่ไหน

34.1 (........) บางเวลา คุณใช้เครื่องสำอางมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี........เดือน
ระบุชนิดเครื่องสำอาง:...

34.2 (........) ประจำ คุณใช้เครื่องสำอางมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี........เดือน
ระบุชนิดเครื่องสำอาง:...

35. คุณเคยใช้เครื่องสำอางหรือไม่

35.1 (........) ไม่

35.2 (........) ใช่ คุณเคยใช้เครื่องสำอางมาเป็นระยะเวลานาน ....ปี......เดือน

ระบุชนิดของเครื่องสำอาง..

หรือเลิกใช้แล้ว..........ปี.........เดือน (ระบุชนิดเครื่องสำอาง....................................)

ส่วนที่ 3: การจัดการสภาพแวดล้อมในสถานประกอบการ

36. เศษเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ตกหล่นบนพื้นในสถานประกอบการ

36.1 (........) กวาดทิ้งหน้าร้าน　36.2 (........) กวาดรวบรวมไว้รอกำจัด

36.3 (........) อื่นๆ ระบุ..............................

37. การจัดการกับอุปกรณ์ที่ชำรุด เช่น แผงวงจร จอภาพ เป็นต้น

37.1 (........) เก็บไว้แยกเอาชิ้นส่วน　37.2 (........) ขายของเก่า

37.3 (........) ทิ้งในถังขยะเทศบาล　37.4 (........) อื่นๆ ระบุ..............................

38. การกำจัดขยะอิเล็กทรอนิกส์และเศษอุปกรณ์ของสถานประกอบการ

38.1 (........) เผา　38.2 (........) ฝัง

38.3 (........) ทิ้งในถังขยะเทศบาล　38.4 (........) อื่นๆ ระบุ..............................

ส่วนที่ 4: การสังเกตพฤติกรรม

39. สภาวะสุขภาพของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

ข้อสังเกต	สะอาด	ไม่สะอาด
39.1 เส้นผม		
39.2 หน้าและผิวหนัง		
39.3 เล็บมือ		
39.4 เล็บเท้า		
39.5 เสื้อผ้า		
39.6 รองเท้า		
39.7 อื่นๆ ระบุ.....................		

40. การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคล

....

....

....

....

....

41. กิจกรรมของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในวันที่ทำการเก็บตัวอย่าง

....

....

....

....

....

41. พฤติกรรมอื่นๆ

....

....

....

....

....

ภาคผนวก ข

ข้อมูลการคำนวณ

การคำนวณหาค่า ADI ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม

รหัสตัวอย่าง	CA ตะกั่ว (mg/m3)	CA แคดเมียม (mg/m3)	CA โครเมียม (mg/m3)	IR (m3/day)	ET (hr/day)	EF (day/year)	EP (Year)	BW (Kg)	AT (day)	ADI ตะกั่ว (mg/kg BW/day)	ADI แคดเมียม (mg/kg BW/day)	ADI โครเมียม (mg/kg BW/day)
P01	0.00160	0.00003	0.00141	20	8	250	10	63	25550	0.000398	0.000007	0.000350
P02	0.00227	0.00008	0.00260	20	8	250	9	80	25550	0.000400	0.000014	0.000458
P03	0.00297	0.00008	0.00029	20	8	250	15	80	25550	0.000872	0.000023	0.000085
P04	0.02310	0.00007	0.00081	20	8	250	7	64	25550	0.003955	0.000012	0.000139
P05	0.00130	0.00007	0.00105	20	8	250	20	56	25550	0.000727	0.000039	0.000587
P06	0.02953	0.00008	0.00185	20	9	250	11	105	25550	0.005449	0.000015	0.000341
P07	0.00360	0.00009	0.00207	20	8	250	9	55	25550	0.000922	0.000023	0.000530
P08	0.00360	0.00004	0.00193	20	8	250	1	75	25550	0.000075	0.000001	0.000040
P09	0.00270	0.00009	0.00768	20	8	250	16	64	25550	0.001057	0.000035	0.003006

การคำนวณหาค่า ADI ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	CA ตะกั่ว (mg/m3)	CA แคดเมียม (mg/m3)	CA โครเมียม (mg/m3)	IR (m3/day)	ET (hr/day)	EF (day/year)	EP (Year)	BW (Kg)	AT (day)	ADI ตะกั่ว (mg/kg BW/day)	ADI แคดเมียม (mg/kg BW/day)	ADI โครเมียม (mg/kg BW/day)
P10	0.00253	0.00005	0.00230	20	8	250	10	**70**	25550	0.000566	0.000011	0.000514
P11	0.0018	0.00004	0.00131	20	8	250	6	**58**	25550	0.000292	0.000006	0.000212
P12	0.00133	0.00005	0.00505	20	8	250	6	**85**	25550	0.000147	0.000006	0.000558
P13	0.00133	0.00008	0.00010	20	8	250	6	**82**	25550	0.000152	0.000009	0.000011
P14	0.0008	0.0001	0.00018	20	8	250	7	**62**	25550	0.000141	0.000018	0.000032
P15	0.0024	0.00006	0.00397	20	8	250	2	**65**	25550	0.000116	0.000003	0.000191
P16	0.00107	0.00005	0.00254	20	8	250	10	**55**	25550	0.000305	0.000014	0.000723
P17	0.00103	0.00008	0.00044	20	8	250	2	**63**	25550	0.000051	0.000004	0.000022

การคำนวณหาค่า HQ ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม และค่า HI

รหัสตัวอย่าง	CA ตะกั่ว (mg/m3)	CA แคดเมียม (mg/m3)	CA โครเมียม (mg/m3)	TWA ตะกั่ว	HQ ตะกั่ว	TWA แคดเมียม	HQ แคดเมียม	TWA โครเมียม	HQ โครเมียม	HI
P01	0.00160	0.00003	0.00141	0.05	0.0320	0.01	0.0030	0.5	0.0028	0.0378
P02	0.00227	0.00008	0.00260	0.05	0.0454	0.01	0.0080	0.5	0.0052	0.0586
P03	0.00297	0.00008	0.00029	0.05	0.0594	0.01	0.0080	0.5	0.0006	0.0680
P04	0.02310	0.00007	0.00081	0.05	0.4620	0.01	0.0070	0.5	0.0016	0.4706
P05	0.00130	0.00007	0.00105	0.05	0.0260	0.01	0.0070	0.5	0.0021	0.0351
P06	0.02953	0.00008	0.00185	0.05	0.5906	0.01	0.0080	0.5	0.0037	0.6023
P07	0.00360	0.00009	0.00207	0.05	0.0720	0.01	0.0090	0.5	0.0041	0.0851
P08	0.00360	0.00004	0.00193	0.05	0.0720	0.01	0.0040	0.5	0.0039	0.0799
P09	0.00270	0.00009	0.00768	0.05	0.0540	0.01	0.0090	0.5	0.0154	0.0784

การคำนวณหาค่า HQ ของตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียม และค่า HI (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	CA ตะกั่ว (mg/m3)	CA แคดเมียม (mg/m3)	CA โครเมียม (mg/m3)	TWA ตะกั่ว	HQ ตะกั่ว	TWA แคดเมียม	HQ แคดเมียม	TWA โครเมียม	HQ โครเมียม	HI
P10	0.00253	0.00005	0.00230	0.05	0.0506	0.01	0.0050	0.5	0.0046	0.0602
P11	0.0018	0.00004	0.00131	0.05	0.0360	0.01	0.0040	0.5	0.0026	0.0426
P12	0.00133	0.00005	0.00505	0.05	0.0266	0.01	0.0050	0.5	0.0101	0.0417
P13	0.00133	0.00008	0.00010	0.05	0.0266	0.01	0.0080	0.5	0.0002	0.0348
P14	0.0008	0.0001	0.00018	0.05	0.0160	0.01	0.0100	0.5	0.0004	0.0264
P15	0.0024	0.00006	0.00397	0.05	0.0480	0.01	0.0060	0.5	0.0079	0.0619
P16	0.00107	0.00005	0.00254	0.05	0.0214	0.01	0.0050	0.5	0.0051	0.0315
P17	0.00103	0.00008	0.00044	0.05	0.0206	0.01	0.0080	0.5	0.0009	0.0295

การคำนวณหาค่า SF และ cancer risk ของแคดเมียมและโครเมียม

รหัสตัวอย่าง	ADI ตะกั่ว (mg/kg BW/day)	ADI แคดเมียม (mg/kg BW/day)	ADI โครเมียม (mg/kg BW/day)	URF แคดเมียม $(\mu g/m^3)^{-1}$	CF (μg/mg)	BW (kg)	IR (m^3/day)	AR	SF แคดเมียม $(mg/kg/day)^{-1}$	URF โครเมียม $(\mu g/m^3)^{-1}$	SF โครเมียม $(mg/kg/day)^{-1}$	cancer risk แคดเมียม	cancer risk โครเมียม
P01	0.000398	0.000007	0.000350	0.00180	1000	63	20	1	5.67	0.012	37.80	0.0000423	0.0000042
P02	0.000400	0.000014	0.000458	0.00180	1000	80	20	1	7.20	0.012	48.00	0.0001014	0.0000055
P03	0.000872	0.000023	0.000085	0.00180	1000	80	20	1	7.20	0.012	48.00	0.0001691	0.0000010
P04	0.003955	0.000012	0.000139	0.00180	1000	64	20	1	5.76	0.012	38.40	0.0000690	0.0000017
P05	0.000727	0.000039	0.000587	0.00180	1000	56	20	1	5.04	0.012	33.60	0.0001973	0.0000070
P06	0.005449	0.000015	0.000341	0.00180	1000	105	20	1	9.45	0.012	63.00	0.0001395	0.0000041
P07	0.000922	0.000023	0.000530	0.00180	1000	55	20	1	4.95	0.012	33.00	0.0001141	0.0000064
P08	0.000075	0.000001	0.000040	0.00180	1000	75	20	1	6.75	0.012	45.00	0.0000056	0.0000005
P09	0.001057	0.000035	0.003006	0.00180	1000	64	20	1	5.76	0.012	38.40	0.0002029	0.0000361

การคำนวณหาค่า SF และ cancer risk ของแคดเมียมและโครเมียม (ต่อ)

รหัสตัวอย่าง	ADI ตะกั่ว (mg/kg BW/day)	ADI แคดเมียม (mg/kg BW/day)	ADI โครเมียม (mg/kg BW/day)	URF แคดเมียม $(\mu g/m^3)^{-1}$	CF $(\mu g/mg)$	BW (kg)	IR (m^3/day)	AR	SF แคดเมียม $(mg/kg/day)^{-1}$	URF โครเมียม $(\mu g/m^3)^{-1}$	SF โครเมียม $(mg/kg/day)^{-1}$	cancer risk แคดเมียม	cancer risk โครเมียม
P10	0.000566	0.000011	0.000514	0.00180	1000	70	20	1	6.30	0.012	42.00	0.0000705	0.0000062
P11	0.000292	0.000006	0.000212	0.00180	1000	58	20	1	5.22	0.012	34.80	0.0000338	0.0000025
P12	0.000147	0.000006	0.000558	0.00180	1000	85	20	1	7.65	0.012	51.00	0.0000423	0.0000067
P13	0.000152	0.000009	0.000011	0.00180	1000	82	20	1	7.38	0.012	49.20	0.0000676	0.0000001
P14	0.000141	0.000018	0.000032	0.00180	1000	62	20	1	5.58	0.012	37.20	0.0000986	0.0000004
P15	0.000116	0.000003	0.000191	0.00180	1000	65	20	1	5.85	0.012	39.00	0.0000169	0.0000023
P16	0.000305	0.000014	0.000723	0.00180	1000	55	20	1	4.95	0.012	33.00	0.0000705	0.0000087
P17	0.000051	0.000004	0.000022	0.00180	1000	63	20	1	5.67	0.012	37.80	0.0000225	0.0000003

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นางสาวอรอนงค์ คงสวัสดิ์
รหัสประจำตัวนักศึกษา	5510920030

วุฒิการศึกษา

วุฒิ	**ชื่อสถาบัน**	**ปีที่สำเร็จการศึกษา**
วิทยาศาสตรบัณฑิต (อนามัยสิ่งแวดล้อม)	มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์	2554

ทุนการศึกษา

- ทุนอุดหนุนเพื่อวิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัยปีงบประมาณ พ.ศ. 2556

ตำแหน่งและสถานที่ทำงาน

นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา

การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงาน

การประชุมวิชาการระดับชาติ “นอร์ทเทิร์นวิจัย” ครั้งที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2559 “วิจัยเพิ่มมูลค่าพัฒนาเศรษฐกิจ” **การประเมินความเสี่ยงต่อสุขภาพของช่างซ่อมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์จากการสัมผัสตะกั่ว แคดเมียม และโครเมียมในร้านซ่อมขนาดเล็กเขตเทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา** วันศุกร์ที่ 26 พฤษภาคม 2560 ณ วิทยลัยนอร์ทเทิร์น จังหวัดตาก