ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือและแนวทางการจัดการ

นายณัฐวรรษ อาจศึก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Characterization of heavy metals and precious metals in discarded mobile phones and their management approach

Mr. Nattawat Artsuke

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Environmental Engineering
Department of Environmental Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือและแนวทางการจัดการ
โดย	นายณัฐวรรษ อาจศึก
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นิรมล สุธรรมกิจ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ณัฐวรรษ อาจศึก : ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือและแนวทางการจัดการ (Characterization of heavy metals and precious metals in discardec mobile phones and their management approach) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผศ. ดร.มนัสกร ราชากรกิจ, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 128 หน้า.

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือประกอบกับการสำรวจพฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้วของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูล จำนวน 400 ชุด ผลการศึกษาพบว่าอายุการใช้งานโทรศัพท์มือถือของผู้ตอบแบบสอบถามอยู่ที่ 1-2 ปี กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วเก็บไว้ที่บ้าน คิดเป็นร้อยละ 59.5 ซึ่งส่วนใหญ่เก็บซากโทรศัพท์ไว้เฉยๆที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร คิดเป็นร้อยละ 74.3 ส่วนสาเหตุหลักที่ยังเก็บโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วคือไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าด้วยวิธี XRF พบว่าโลหะทองแดง (Cu) มีปริมาณมากที่สุด ทั้งในแผ่นวงจรพิมพ์ ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ และหน้าจอผลึกเหลว ในขณะที่การคำนวณมูลค่าแร่โลหะที่มีค่าเปรียบเทียบระหว่างโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดและประเภทหน้าจอสัมผัส ผลการวิจัยพบว่ามูลค่าแร่โลหะที่มีค่าที่คำนวณได้ในซากโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดมีมากกว่าโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส ซึ่งคิดเป็นมูลค่า 19.37 และ 15.15 บาทต่อเครื่อง ตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....
ปีการศึกษา	2559	ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5770413021 : MAJOR ENVIRONMENTAL ENGINEERING

KEYWORDS: HEAVY METAL / PRECIOUS METAL / PCB / LCD / CA

NATTAWAT ARTSUKE: Characterization of heavy metals and precious metals in discarded mobile phones and their management approach. ADVISOR: ASST. PROF. MANASKORN RACHAKORNKIJ, Ph.D., CO-ADVISOR: SUJITRA VASSANADUMRONGDEE, Ph.D., 128 pp.

This research focuses on two major parts; namely, characterization of heavy metals and precious metals in discarded mobile phones and survey on the consumers' behavior on use and disposal of their mobile phones in Bangkok, Thailand. Having used 400 questionnaires to collect extensive information, it was found that average replacement cycle of mobile phones was approximately 1-2 years. Most of the respondents (59.5%) indicated that they have kept their discarded mobile phones at home despite the fact that some are still in working order. As many as 74.3% of those who have kept their phones have not used their phones for any reason at all. Not knowing where to dispose of the phones properly is the main reason. Characterization of heavy metals and precious metals in mobile phone parts by XRF revealed that copper metal (Cu) was most abundant. Comparison between calculated potential recycling values of a feature phone and a smart phone showed that a feature phone possessed higher recyclable mineral values per unit (19.37 Baht) as compared with that of a smart phone (15.15 Baht).

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Department: Environmental Engineering Student's Signature .....

Field of Study: Environmental Engineering Advisor's Signature .....

Academic Year: 2016 Co-Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความอนุเคราะห์ช่วยเหลือจากบุคคลหลายท่าน ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณต่อผู้ที่ให้ความอนุเคราะห์ดังต่อไปนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มนัสกร ราชากรกิจ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ ดร.สุจิตรา วาสนาดำรงดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ผู้ที่ให้โอกาสและสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางการปฏิบัติ หลักการในการดำเนินงานวิจัย รวมทั้งแก้ไขสิ่งบกพร่องมาตลอดระยะเวลาการทำงานวิจัย ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอย่างมากในการทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยพร ภู่ประเสริฐ ที่กรุณาเป็นประธานในการสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจน รองศาสตราจารย์ ดร.เพ็ชรพร เชาวกิจเจริญ รองศาสตราจารย์ ดร.เขมรัฐ โอสถาพันธุ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.นิรมล สุธรรมกิจ ที่ได้ให้คำชี้แนะ และแก้ไขจนวิทยานิพนธ์สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ห้องปฏิบัติการขยะ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ที่เป็นประโยชน์อย่างมากต่อการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณนายจักรภัทร บัติปัน และนายสิรภพ นิรัญกิจ ที่เป็นส่วนหนึ่งในงานวิจัย และช่วยเหลือในระหว่างทำงานวิจัย จนงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

และสุดท้ายขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่ให้การสนับสนุนในทุกเรื่อง และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยตลอดมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 บทนำ 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5

2.1 ข้อมูลทั่วไปของโทรศัพท์มือถือ 5

2.1.1 ส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ 5

2.1.2 การพัฒนาของโทรศัพท์มือถือ 7

2.1.3 อันตรายจากซากโทรศัพท์มือถือ 9

2.1.4 การจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือ 10

2.1.5 ขั้นตอนการแยกโทรศัพท์มือถืออย่างถูกหลักวิชาการ 11

2.1.6 เทคโนโลยีและการรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือ 13

2.1.6.1 เทคโนโลยีรีไซเคิลพลาสติกจากฝาครอบโทรศัพท์มือถือ 13

2.1.6.2 เทคโนโลยีรีไซเคิลและวิธีแยกแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) 14

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.1.6.3 การรีไซเคิลหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD) 16
2.1.6.4 เทคโนโลยีในการจัดการแบตเตอรี่แห้ง 19
2.2 โลหะหนักและโลหะมีค่า 25
2.2.1 โลหะหนัก 25
2.2.2 โลหะมีค่า 25
2.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์ 28
2.3.1 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535 28
2.3.2 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 29
2.3.3 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 30
2.3.4 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 30
2.3.5 สาระสำคัญของระเบียบ WEEE 34
2.3.6 สาระสำคัญของระเบียบ RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 36
2.3.7 แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภค 46
2.3.7.1 ความหมายของพฤติกรรม 46
2.3.7.2 สิ่งที่กำหนดพฤติกรรม 46
2.3.7.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรม 48
2.4 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52
บทที่ 3 ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย 57
3.1 แผนการทดลอง 57
3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง 58
3.3 วิธีดำเนินการทดลอง 59
3.3.1 ส่วนที่ 1 ศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ 59

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

3.3.1.2 การบดตัวอย่าง 62
3.3.2 ส่วนที่ 2 ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซาก โทรศัพท์มือถือ 64
3.3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 65
3.3.2.2 เครื่องมือในการวิจัย 70
3.3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 71
3.3.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 71
บทที่ 4 ผลการวิจัย 73
4.1 ผลการวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบต่างๆ ของซากโทรศัพท์มือถือ 73
4.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยจากส่วนประกอบต่างๆของซากโทรศัพท์มือถือ 73
4.1.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ 74
4.1.3 การคำนวณมูลค่าแร่ธาตุที่พบในแต่ละส่วนประกอบของซากโทรศัพท์มือถือ 77
4.2 ผลการวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซาก โทรศัพท์มือถือ 84
4.2.1 ข้อมูลส่วนบุคคล 85
4.2.2 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์ที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว 87
4.2.3 ทัศนคติและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ 94
4.2.3.1 ความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซาก โทรศัพท์มือถือ 94
4.2.3.2 การได้รับความรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ 96
4.2.3.3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือ ...97
4.2.4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ 98
4.3 ผลการคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ 99

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

4.3.1 ผลการคาดการณ์ปริมาณซากระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561 99
4.3.2 มูลค่าในซากโทรศัพท์มือถือทั้งสองประเภท 99
4.3.3 ข้อมูลพฤติกรรมการจัดการซากโทรศัพท์มือถือจากการลงพื้นที่เก็บแบบสอบถาม 99
บทที่ 5 สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ 104
5.1 สรุปผลการวิจัย 104
5.1.1 น้ำหนักและขนาดของแต่ละส่วนประกอบในอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ 104
5.1.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในชิ้นส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ 104
5.1.3 มูลค่าแร่ในชิ้นส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ 105
5.1.4 ข้อมูลส่วนบุคคล 105
5.1.5 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว 105
5.2 ข้อเสนอแนะ 107
5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภค 107
5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิต 107
5.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับภาครัฐ 107
5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย 108
รายการอ้างอิง 109
ภาคผนวก 112
ภาคผนวก ก การคำนวณ 113
ภาคผนวก ข มูลค่าในโทรศัพท์มือถือจำแนกตามยี่ห้อ 117
ภาคผนวก ค แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 122
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 128

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ 6
ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบรองของโทรศัพท์มือถือ 7
ตารางที่ 2.3 โลหะหนักและโลหะมีค่าที่พบในส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ 27
ตารางที่ 2.4 หน่วยงานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ชุมชน 31
ตารางที่ 2.5 กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมโดยกฎหมาย WEEE.....35
ตารางที่ 2.6 ข้อกำหนดสารพิษในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามระเบียบ RoHS.....37
ตารางที่ 2.7 วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของรูปแบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ 40
ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ในต่างประเทศ 42
ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนประชากรกรุงเทพมหานคร ที่มีการใช้โทรศัพท์มือถือ 65
ตารางที่ 3.2 การแบ่งเขตกรุงเทพมหานคร.....67
ตารางที่ 4.1 น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละส่วนประกอบโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกด 73
ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละส่วนประกอบโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส 74
ตารางที่ 4.3 ราคากลางของแร่ (ข้อมูล ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2560).....78
ตารางที่ 4.4 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB).....79
ตารางที่ 4.5 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในแผ่นฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ (CA).....80
ตารางที่ 4.6 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในหน้าจอผลึกเหลว (LCD).....81
ตารางที่ 4.7 สรุปมูลค่าในซากโทรศัพท์มือถือทั้งสองประเภท 82
ตารางที่ 4.8 จำนวนแบบสอบถามในแต่ละเขตพื้นที่การปกครอง.....85
ตารางที่ 4.9 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง 85
ตารางที่ 4.10 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว 88
ตารางที่ 4.11 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือทั้งหมด (zero WTP).....93

ตารางที่ 4.12 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือเฉพาะกลุ่มที่ยินดีที่จะจ่ายฯ (WTP).....94

ตารางที่ 4.13 ความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ 95

ตารางที่ 4.14 การได้รับความรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ 97

ตารางที่ 4.15 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือ 98

ตารางที่ 4.16 ผลการคาดการณ์ปริมาณซากระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561.....99

ตารางที่ 4.17 การคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ของโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด 101

ตารางที่ 4.18 การคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ของโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส 102

ตารางที่ 4.19 มูลค่าความสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ 102

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของโทรศัพท์มือถือ 6
ภาพที่ 2.2 การลดลงของน้ำหนักและขนาดของโทรศัพท์มือถือเปรียบเทียบกันในแต่ละปี 8
ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนไปทั้งทางด้านขนาดและน้ำหนักของโทรศัพท์มือถือ 8
ภาพที่ 2.4 สารอันตรายที่พบในซากมือถือ 9
ภาพที่ 2.5 วิธีการแยกชิ้นส่วนซากโทรศัพท์มือถือที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ 12
ภาพที่ 2.6 กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกทั้งสามแบบและผลที่ได้ในแต่ละกระบวนการ 14
ภาพที่ 2.7 โครงสร้างการเรืองแสงของแก้ว ITO จากจอ LCD 17
ภาพที่ 2.8 กระบวนการรีไซเคิลจอ LCD 18
ภาพที่ 2.9 องค์ประกอบของแบตเตอรี่แห้ง 19
ภาพที่ 2.10 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบแห้ง (Lead Acid Gel Battery) 20
ภาพที่ 2.11 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion (Li-on) Battery) 21
ภาพที่ 2.12 แบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม (Nickel-Cadmium (NiCd) Battery) 21
ภาพที่ 2.13 แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal Hydride (NiMH) Battery 22
ภาพที่ 2.14 องค์ประกอบความรับผิดชอบของผู้ผลิต 39
ภาพที่ 2.15 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยใน The Theory of Planned Behavior 48
ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม Value-belief-norm theory (VBN) 51
ภาพที่ 3.1 แผนการทดลอง 58
ภาพที่ 3.2 การเตรียมตัวอย่าง 60
ภาพที่ 3 3 แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) 61
ภาพที่ 3.4 ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ (CA) 61
ภาพที่ 3.5 หน้าจอผลึกเหลว (LCD) 61

ภาพที่ 3.6 เครื่องตัดย่อย.....62
ภาพที่ 3.7 เครื่องบดแบบเพลาคู่.....62
ภาพที่ 3.8 เครื่องบดละเอียด grinder.....63
ภาพที่ 3.9 เครื่องบดผงละเอียด disc mill.....63
ภาพที่ 3.10 เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF).....64
ภาพที่ 3.11 แผนที่ 50 เขตการปกครอง กรุงเทพมหานคร.....70
ภาพที่ 4.1 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB).....75
ภาพที่ 4.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ (CA).....76
ภาพที่ 4.3 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในหน้าจอผลึกเหลว (LCD).....77
ภาพที่ 4.4 ปริมาณโลหะมีค่าที่พบมากในแผ่นวงจรพิมพ์.....83
ภาพที่ 4.5 มูลค่าของโลหะมีค่าที่พบในแผ่นวงจรพิมพ์.....84
ภาพที่ 4.6 มูลค่าการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561.....103

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

การพัฒนาอย่างรวดเร็วของเทคโนโลยีในโทรศัพท์มือถือส่งผลกระทบอย่างกว้างขวางในด้านต่างๆ ต่อผู้บริโภค ประเด็นหนึ่งที่มีความน่าสนใจจากผลกระทบในข้างต้นคือ ปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่เสื่อมสภาพหรือไม่เป็นที่ต้องการแล้วของผู้บริโภค ซึ่งนับวันยิ่งเพิ่มปริมาณมากขึ้น หากขาดการจัดการที่เป็นระบบและถูกวิธี ขยะอิเล็กทรอนิกส์เหล่านี้ก็อาจส่งผลต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมของผู้ที่เกี่ยวข้องในบริบทต่างๆทั้งทางตรงและทางอ้อม

โทรศัพท์มือถือกลายเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในสังคมปัจจุบัน เนื่องจากเทคโนโลยีในการผลิตที่ก้าวหน้าขึ้นทำให้รูปแบบของโทรศัพท์มือถือมีความหลากหลายและราคาถูกลง ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่ายมีการใช้อย่างกว้างขวาง นอกจากนี้การพัฒนาอย่างรวดเร็วของวงการโทรศัพท์มือถือได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภค ให้มีความต้องการในผลิตภัณฑ์ใหม่ๆเร็วขึ้น บ่อยขึ้น กลายเป็นค่านิยมในการเปลี่ยนเครื่องก่อนเครื่องเดิมจะเสื่อมสภาพ การปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้บริโภคดังกล่าวเป็นปัจจัยเร่งให้อายุการใช้งานเฉลี่ยของอุปกรณ์สั้นลง นำไปสู่การเกิดขยะอิเล็กทรอนิกส์อย่างรวดเร็ว (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2558) ในปี 2555 ประเทศไทยมียอดขายโทรศัพท์มือถือ 15 ล้านเครื่อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) และกรมควบคุมมลพิษคาดการณ์ว่าภายในปี 2559 ประเทศไทยจะมีซากโทรศัพท์มือถือมากกว่า 11 ล้านเครื่อง ซากโทรศัพท์มือถือจัดเป็นของเสียอันตราย เนื่องจากชิ้นส่วนต่างๆของซากผลิตภัณฑ์มีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท และสารเคมีอื่นที่เป็นอันตราย หากไม่มีการควบคุมที่ถูกวิธีสารอันตรายเหล่านี้ก็อาจปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อม แหล่งน้ำ ดิน สะสมในพืช และสัตว์ เข้าสู่ห่วงโซ่อาหารและอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพหากเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ เช่น เป็นสารก่อมะเร็ง ส่งผลต่อต่อมไทรอยด์ ทำลายระบบประสาทและสมอง นอกจากนี้ยังสามารถก่อให้เกิดการพิการแต่กำเนิดได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

สถานการณ์ปัจจุบันปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทยนั้นเนื่องจากไม่มีกฎหมายบังคับในการจัดการซากโทรศัพท์มือถือทำให้เส้นทางของมือถือที่ไม่ได้ใช้งานแล้วตกค้างอยู่ในที่พักอาศัยและกระจายออกสู้เส้นทางต่างๆซึ่งล้วนแล้วแต่ขาดการจัดการที่ถูกวิธีตามหลักวิชาการทั้งสิ้น โดยในปี

2553 มีการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ จากกลุ่มตัวอย่าง 447 คน ซึ่งจัดทำโดยศูนย์ความเป็นเลิศแห่งชาติด้านการจัดการสิ่งแวดล้อมและของเสียอันตราย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พบว่าซากโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่ถูกเก็บไว้ที่บ้านโดยไม่ได้ใช้งานร้อยละ 68.9 บริจาคให้ญาติหรือบุคคลอื่นร้อยละ 10.29 ทิ้งรวมกับขยะทั่วไปร้อยละ 10.07 นำสินค้าเก่าไปแลกสินค้าตัวใหม่ร้อยละ 8.50 ขายให้ซาเล้งหรือร้านรับซื้อของเก่าร้อยละ 1.57 จากผลการศึกษาจะเห็นว่าซากโทรศัพท์มือมือส่วนใหญ่ไม่ได้ถูกนำกลับมาใช้ประโยชน์ ในส่วนที่เหลือก็มักจะถูกจัดการโดยผู้ประกอบการรับซื้อของเก่า หรือที่เรียกว่า “Informal sector” หมายถึงชาวบ้านที่ทำการรีไซเคิลผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้จดทะเบียนเป็นโรงงานและทำในพื้นที่ชุมชนที่เป็นที่อยู่อาศัยของตน (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2558) เนื่องจากในโทรศัพท์มีโลหะที่มีมูลค่า เช่น แผงวงจรพิมพ์ (Print Circuit Board) มีส่วนประกอบของโลหะมีค่าได้แก่ ทองคำ แพลเลเดียม และทองแดง มีการรายงานว่าประเทศญี่ปุ่นสามารถสกัดแยกทองคำ 1 กิโลกรัมได้จากโทรศัพท์มือถือ 200,000 เครื่อง (กรมควบคุมมลพิษ, 2559) จากการคาดการณ์ของกรมควบคุมโรคคาดว่าประเทศไทยมีแหล่งชุมชนคัดแยกขยะอิเล็กทรอนิกส์กระจายอยู่ทั่วประเทศเกือบ 100 แห่งในจังหวัด กระบี่ กาฬสินธุ์ ชลบุรี เชียงราย เชียงใหม่ นครปฐม นนทบุรี บุรีรัมย์ ปทุมธานี ปราจีนบุรี พระนครศรีอยุธยา ราชบุรี ลำพูน สมุทรปราการ สมุทรสาคร สระแก้ว อำนาจเจริญ รวมถึงชุมชนเสือใหญ่อุทิศ เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร อีกด้วย (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2558) จากข้อมูลที่กล่าวมาในข้างต้นจะเห็นว่าระบบการจัดการกับซากโทรศัพท์มือมือในประเทศไทยยังมีช่องว่างอยู่ระหว่างผู้บริโภคซึ่งเป็นผู้ใช้และเป็นผู้ก่อให้เกิดซากโทรศัพท์มือถือซึ่งส่วนใหญ่ไม่ทราบวิธีจัดการกับขยะที่เกิดขึ้นในขณะที่ผู้ที่มีอำนาจกำกับดูแล เช่นหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจากทางภาครัฐก็ยังขาดกฎหมายสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้น การศึกษาความเป็นอันตรายและพฤติกรรมของผู้บริโภคจึงเป็นสิ่งจำเป็นที่จะสามารถช่วยลดช่องว่างของปัญหาดังกล่าวและนำไปสู่การจัดการที่เหมาะสมได้

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นศึกษาปริมาณของโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ และการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคในด้าน ปริมาณ ปัจจัย การเลือกใช้ วิธีกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของซากโทรศัพท์ และความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือ ซึ่งจะทำการสำรวจ เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม กลุ่มประชากรที่เลือกใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือประชาชนในกรุงเทพมหานครที่ใช้โทรศัพท์มือถือ เพื่อทราบถึง

ความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายจากการได้รับสารโลหะหนักและความสูญเสียโอกาสในเชิงเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือของผู้บริโภค หากไม่นำซากโทรศัพท์มือถือดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ซึ่งผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบการจัดการซากโทรศัพท์มือถือที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้บริโภคและช่วยผลักดันให้มีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือให้สามารถเกิดขึ้นได้โดยเร็วต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1.1 เพื่อศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบต่างๆของโทรศัพท์มือถือ ได้แก่ ฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ แผ่นวงจรพิมพ์ หน้าจอผลึกเหลว

2.1.2 เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในด้าน ปริมาณ ปัจจัย การเลือกใช้ วิธีกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับอันตรายของซากโทรศัพท์ และความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือ

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 โทรศัพท์มือถือที่ใช้ในงานวิจัยเป็นซากโทรศัพท์มือถือที่ได้มาจากการรับบริจาคและจากโครงการจุฬารักษ์โลก โดยโทรศัพท์มือถือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยโทรศัพท์มือถือทั้งแบบมีปุ่มกดและแบบหน้าจอสัมผัส

1.3.2 ศึกษาส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือโดยการแยกส่วนประกอบด้วยมือ จำแนกส่วนประกอบออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ แผ่นวงจรพิมพ์ และหน้าจอผลึกเหลว ทำการทดลองหาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ ด้วยวิธี เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)

1.3.3 ทำการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภค เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม กลุ่มประชากรในการวิจัยครั้งนี้คือประชาชนในกรุงเทพมหานครที่ใช้โทรศัพท์มือถือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เพื่อทราบถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายจากการได้รับสารโลหะหนักและความสูญเสียโอกาสในเชิงเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือของผู้บริโภค หากไม่นำซากโทรศัพท์มือถือดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล

1.4.2 ทราบถึงพฤติกรรมปัจจุบันของผู้บริโภค เกี่ยวกับการเลือกใช้และวิธีกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ ข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ในการออกแบบระบบการจัดการซากโทรศัพท์มือถือที่เหมาะสมกับพฤติกรรมของผู้บริโภคต่อไป

1.4.3 ผลการศึกษาจะช่วยผลักดันให้มีการบังคับใช้กฎหมายเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือให้สามารถเกิดขึ้นได้โดยเร็ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้อมูลทั่วไปของโทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือหรือโทรศัพท์เคลื่อนที่คืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มีขนาดเล็กใช้ในการสื่อสารสองทางผ่านโทรศัพท์มือถือหรือเครือข่ายโทรศัพท์บ้าน ใช้คลื่นวิทยุในการติดต่อกับเครือข่ายโทรศัพท์มือถือโดยผ่านสถานีฐาน ซึ่งเครือข่ายของโทรศัพท์มือถือแต่ละผู้ให้บริการจะเชื่อมต่อกับเครือข่ายของโทรศัพท์บ้านและเครือข่ายโทรศัพท์มือถือของผู้ให้บริการอื่น (Basel Convention, 2011) โทรศัพท์มือถือในปัจจุบันนอกจากความสามารถพื้นฐานของโทรศัพท์แล้วยังมีคุณสมบัติที่ได้เพิ่มขึ้นมาเช่น การส่งข้อความสั้น (SMS) ปฏิทิน นาฬิกาปลุก ตารางนัดหมาย เกม การใช้งานอินเทอร์เน็ต บลูทูธ อินฟราเรด กล้องถ่ายภาพ เอ็มเอ็มเอส (MMS) วิทยุ เครื่องเล่นเพลง และจีพีเอส เป็นต้น

2.1.1 ส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ

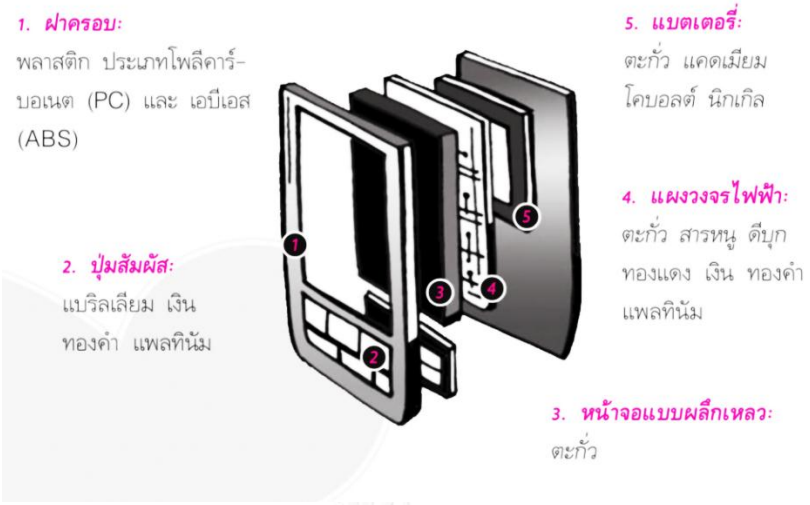
โทรศัพท์มือถือประกอบด้วยวัสดุหลายชนิดทั้งพลาสติก แก้ว เซรามิก โลหะ และส่วนที่ไม่ใช่โลหะ เป็นต้น (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซึ่งเราสามารถแยกส่วนประกอบหลักได้เป็น 3 ส่วนตามหน้าที่ได้แก่

1) ตัวเครื่อง ประกอบด้วยแผงวงจร จอผลึกเหลว (LCD) ลำโพง ไมโครโฟน ฝาครอบโทรศัพท์ แผ่นปุ่มกด และตัวนำสัญญาณ

2) เครื่องแปลงแรงดันไฟ เพื่อใช้อัดไฟแบตเตอรี่

3) แหล่งพลังงานหรือแบตเตอรี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบที่สำคัญของโทรศัพท์มือถือ

ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

ตารางที่ 2.1 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบหลักของโทรศัพท์มือถือ

วัสดุที่เป็นส่วนประกอบหลัก	ชิ้นส่วนที่พบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
พลาสติก	ฝาครอบและแผงวงจร	~40
แก้วและเซรามิก	หน้าจอแสดงผล	~20
ทองแดง (Cu)	แผ่งวงจร สายไฟ แบตเตอรี่	~10
นิกเกิล (Ni)	NiCd หรือ NiMHแบตเตอรี่	~2-10*
โคบอลต์ (Co)	Li-ionแบตเตอรี่	~1-5*
คาร์บอน (C)	แบตเตอรี่	<5
อลูมิเนียม (Al)	ฝาครอบ แบตเตอรี่	~3**
เหล็ก (Fe)	ฝาครอบ อุปกรณ์อัดประจุแบตเตอรี่	~3
ดีบุก (Sn)	แผงวงจร	~1

ที่มา: (Basel Convention, 2011)

**ขึ้นอยู่กับชนิดของแบตเตอรี่*

***ในกรณีที่ฝาครอบทำมาจากอลูมิเนียม จะมีธาตุดังกล่าวมากขึ้นประมาณ 20 ร้อยละโดยน้ำหนัก*

ตารางที่ 2.2 สัดส่วนของวัสดุที่เป็นองค์ประกอบรองของโทรศัพท์มือถือ

วัสดุที่เป็นส่วนประกอบรอง	ชิ้นส่วนที่พบ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
โบรมีน (Br)	แผงวงจร	<1
โครเมียม (Cr)	ฝาครอบ	<1
ตะกั่ว (Pb)	แผ่งวงจร	<1
ผลึกเหลวโพลีเมอร์	จอแสดงผลผลึกเหลว	<1
ทองคำ (Au)	แผงวงจร	<1
โลหะเงิน (Ag)	แผงวงจร ปุ่มสัมผัส	<1
แพลเลเดียม (Pd)	แผงวงจร	<1
สารหนู (As)	หลอดไฟ	<1
แบเรียม (Ba)	แผงวงจร	<1
เบริลเลียม (Be)	จุดเชื่อมต่อสัญญาณ	<1

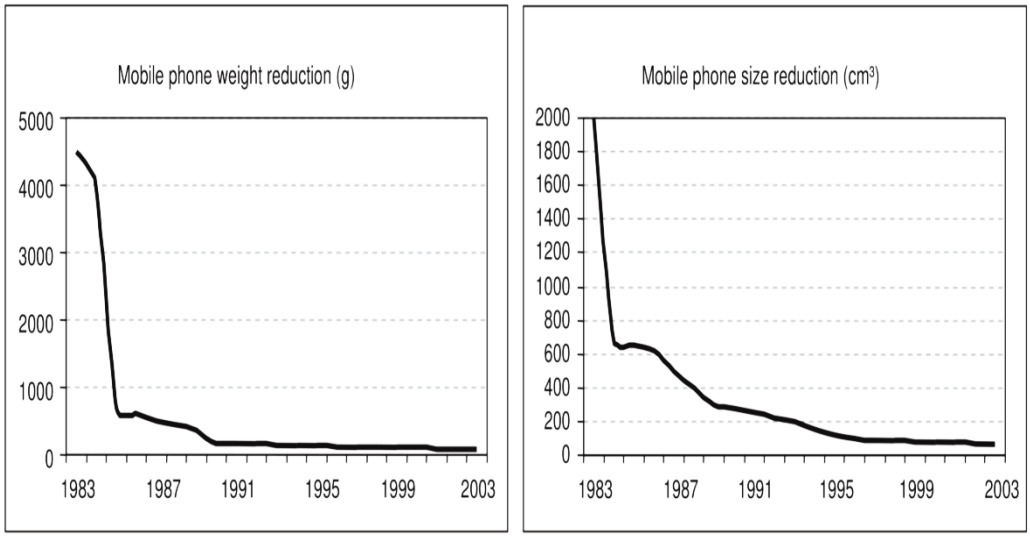
ที่มา: (Basel Convention, 2011)

2.1.2 การพัฒนาของโทรศัพท์มือถือ

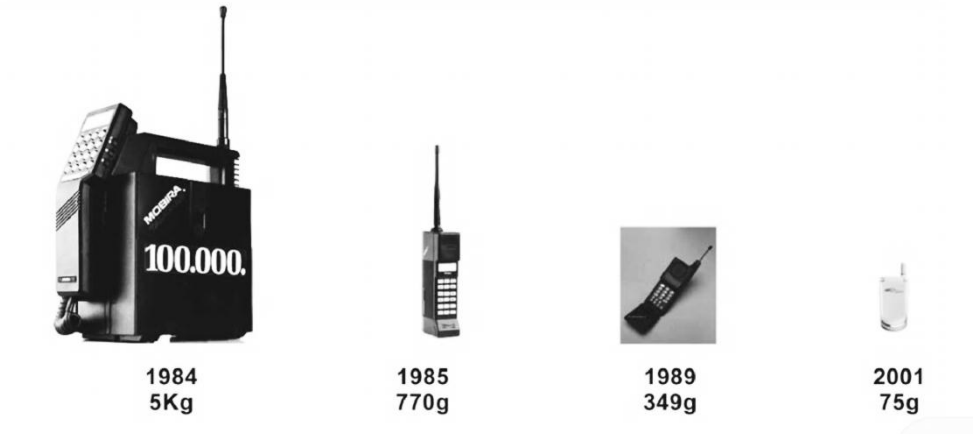
ความสนใจในการออกแบบโทรศัพท์มือถือในยุคแรกนั้นวัตถุประสงค์ไม่ได้เน้นความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหากแต่มีไว้เพื่อกิจกรรมทางการทหาร โทรศัพท์มือถือในยุคนั้นจึงมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก ภายหลังมีการใช้อย่างแพร่หลายผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือจึงได้มีการพัฒนา ออกแบบ และผลิตโทรศัพท์มือถือเพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น

ความต้องการอันดับแรกของผู้บริโภคเกี่ยวกับการพัฒนาโทรศัพท์มือถือคือเรื่องของน้ำหนักที่เบาขึ้น เนื่องจากเดิมโทรศัพท์มือถือในยุคแรกมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมาก การใช้งานก็ยากลำบาก ซึ่งจะต้องติดตั้งไว้ที่ยานพาหนะเท่านั้น ต่อมามีการใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดแบบแห้ง (Lead-acid battery) เวลาเคลื่อนย้ายต้องสะพายไว้ที่หลังคล้ายกระเป๋าแต่น้ำหนักก็ยังคงมากอยู่ดี หลังจากนั้นผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือก็ได้พัฒนาและเลิกใช้แบตเตอรี่ชนิดตะกั่ว-กรดแบบแห้ง มาใช้เป็นแบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม (NiCd battery) แทนเนื่องจากมีขนาดและน้ำหนักที่เบากว่า การพัฒนาโทรศัพท์มือถือ

ยังคงมีความต่อเนื่องจนกระทั่งปัจจุบันขนาดของโทรศัพท์มือถือทั้งตัวเครื่องและแบตเตอรี่มีขนาดเล็กลง และมีน้ำหนักเบาขึ้นมาก ซึ่งโดยเฉลี่ยโทรศัพท์แบบธรรมดาทั่วไปมีน้ำหนักไม่เกิน 100 กรัมเท่านั้น



ภาพที่ 2.2 การลดลงของน้ำหนักและขนาดของโทรศัพท์มือถือเปรียบเทียบกันในแต่ละปี
ที่มา: (Basel Convention, 2011)

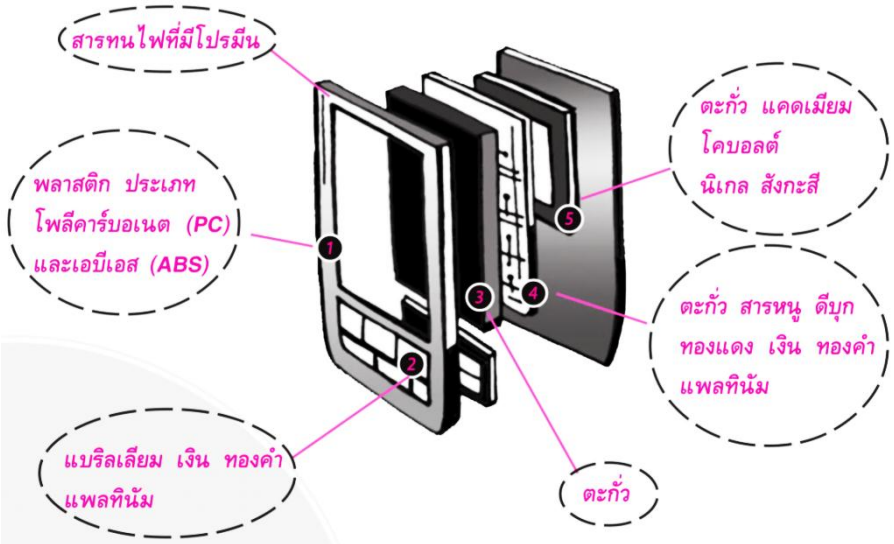


ภาพที่ 2.3 การเปลี่ยนไปทั้งทางด้านขนาดและน้ำหนักของโทรศัพท์มือถือ
ที่มา: (Basel Convention, 2011)

2.1.3 อันตรายจากซากโทรศัพท์มือถือ

ซากโทรศัพท์มือถือหมายถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้ใช้ไม่ต้องการใช้แล้วและไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ หรือไม่สามารถนำชิ้นส่วนมาใช้เพื่อนำไปทำอะไหล่ได้ และหมายความรวมถึงชิ้นส่วนที่หมดสภาพและถูกถอดออกจากโทรศัพท์ที่ซ่อมแซม (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

นอกจากชิ้นส่วนที่มีค่าแล้ว โทรศัพท์มือถือยังมีส่วนประกอบที่อันตรายดังแสดงในภาพที่ 2.4 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวัสดุในแต่ละส่วนประกอบที่เป็นอันตรายหากมีการแยกโทรศัพท์อย่างไม่ถูกวิธี



ภาพที่ 2.4 สารอันตรายที่พบในซากมือถือ
ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

สารพิษที่พบในซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

1) ตะกั่ว มีผลทำลายระบบประสาทส่วนกลาง ระบบโลหิต ส่งผลต่อการทำงานของไตและการสืบพันธุ์ มีผลต่อการพัฒนาสมองของเด็ก นอกจากนี้ยังสามารถสะสมในบรรยากาศและเกิดผลแบบเฉียบพลันหรือแบบเรื้อรังกับพืช สัตว์ และจุลชีพ

2) แคดเมียม สามารถสะสมในร่างกายโดยเฉพาะที่ไต ทำลายระบบประสาท ส่งผลต่อพัฒนาการของเด็กและภาวะตั้งครรภ์ และยังอาจมีผลต่อพันธุกรรม

3) สารทนไฟซึ่งทำจากโบรมีน เป็นพิษและสะสมในสิ่งมีชีวิต ถ้ามีทองแดงร่วมด้วยจะเพิ่มความเสี่ยงในการเกิดไดออกซินและฟิวแรนระหว่างการเผา ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่รุนแรงประเภทหนึ่ง ส่งผลเสียต่อระบบการย่อยและน้ำเหลือง ทำลายการทำงานของตับ มีผลต่อระบบประสาทและภูมิต้านทาน

4) เบริลเลียม เป็นสารก่อมะเร็งโดยเฉพาะมะเร็งปอดซึ่งเป็นอวัยวะที่ได้รับสาร ผู้ที่ได้รับสารนี้อย่างต่อเนื่องจากการสูดดมจะกลายเป็นโรคที่มีผลกับปอด หากสัมผัสจะทำให้เกิดแผลที่ผิวหนังอย่างรุนแรง ทำให้ระบบการทำงานของต่อมไทรอยด์ และต่อมไร้ท่อผิดปกติ สะสมในน้ำนมกระแสเลือดและถ่ายทอดในห่วงโซ่อาหาร

5) สารหนู มีผลการทำลายประสาท ผิวหนัง และระบบย่อยอาหาร หากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้เสียชีวิตได้

6) นิกเกิล ฝุ่นของนิกเกิลถูกจัดว่าเป็นสารก่อมะเร็งในสัตว์ทดลอง และอาจเป็นสาเหตุให้เกิดโรคมะเร็งปอดในสัตว์ทดลอง รวมถึงอาจมีผลต่อระบบสืบพันธุ์ด้วย นอกจากนี้ผลเรื้อรังจากการสัมผัสนิกเกิล ได้แก่ การแพ้ของผิวหนัง ซึ่งประกอบด้วย การมีแผลไหม้ คัน เป็นผื่นแดง มีอาการแพ้ของปอดคล้ายการเป็นหอบหืด และแน่นหน้าอก

2.1.4 การจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือ

โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์สื่อสารที่มีการใช้งานเพิ่มสูงมากในประเทศไทยโทรศัพท์มือถือมีอายุการใช้งานเฉลี่ยประมาณ 2 ปี ดังนั้นในแต่ละปีจะมีซากโทรศัพท์มือถือ แบตเตอรี่ และอุปกรณ์เสริมต่างๆจำนวนมากมาย

ซากโทรศัพท์มือถือหมายถึงโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ผู้ใช้ไม่ต้องการใช้แล้วและไม่สามารถนำมาใช้ใหม่ หรือไม่สามารถนำชิ้นส่วนมาใช้เพื่อนำไปทำอะไหล่ได้ และหมายความรวมถึงชิ้นส่วนที่หมดสภาพและถูกถอดออกจากโทรศัพท์ที่ซ่อมแซม (กรมควบคุมมลพิษ, 2551) ซากโทรศัพท์มือถือเป็นขยะอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic waste; E-waste) ที่มีความแตกต่างจากซากอื่นๆเนื่องจากประกอบไปด้วยวัสดุหลากหลายชนิด และมีโลหะที่มีค่า เช่น ทองคำ เงิน และแพลเลเดียม จะเห็นได้ว่าซากโทรศัพท์มือถือนั้นมีทั้งส่วนที่มีคุณค่าสามารถนำกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้ แต่ในขณะเดียวกันก็มี

ความอันตรายจากสารพิษต่างๆจึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือดังกล่าวอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการด้วย

2.1.5 ขั้นตอนการแยกโทรศัพท์มือถืออย่างถูกหลักวิชาการ (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

2.1.5.1 ตรวจสอบสภาพของโทรศัพท์หรือชิ้นส่วนต่างๆในโทรศัพท์มือมือ

หลังจากได้ซากโทรศัพท์มือถือแล้วควรมีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องชิ้นส่วนที่มีราคา เช่น แผ่นวงจรพิมพ์ หลอดไฟ หน้าจอแสดงผล มาตรวจสอบสภาพ เพื่อนำชิ้นส่วนในวงจรมือถือที่ยังสามารถใช้ได้ไปทำเป็นอะไหล่หรือขายเป็นอะไหล่มือสอง สิ่งที่ได้จากกระบวนการนี้คือเครื่องโทรศัพท์มือสอง หรืออะไหล่มือสอง และโทรศัพท์มือถือหรือชิ้นส่วนที่ไม่สามารถใช้ได้ควรนำไปทิ้งยังจุดรับซาก

2.1.5.2 การรวบรวมซาก

เตรียมกล่องหรือภาชนะที่จะใช้บรรจุซากโทรศัพท์มือถือไม่ควรทำการแยกชิ้นส่วนเองเพื่อป้องกันการสัมผัสโลหะหนัก ต้องทำการแยกแบตเตอรี่ออกจากซากส่วนอื่นๆและรวบรวมไปส่งมอบยังจุดรับคืนแบตเตอรี่ แยกอุปกรณ์เสริมอื่นๆเช่น ตัวโทรศัพท์ สายชาร์จ หูฟัง เป็นต้น เพื่อให้ส่งไปแยกชิ้นส่วนได้ง่ายขึ้น และเพิ่มโอกาสในการนำกลับมาใช้ใหม่ (Reuse) ส่วนที่เป็นตัวเครื่องโทรศัพท์ควรจัดส่งให้ร้านคัดแยกหรือร้านซ่อมเพื่อรับซื้อเพื่อแยกชิ้นส่วนต่อไป

ข้อควรระมัดระวังในการเก็บแยกแบตเตอรี่เนื่องจากอาจมีประจุที่ค้างอยู่ในแบตเตอรี่ ซึ่งอาจก่อให้เกิดประกายไฟได้ ไม่ควรเผาแบตเตอรี่หรือทิ้งแบตเตอรี่เก่าปะปนกับขยะทั่วไปเพราะอาจทำให้เกิดการรั่วไหลของโลหะต่างๆเช่น ตะกั่ว ปรอท กระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม และก่อให้เกิดความเจ็บป่วยของประชาชนที่อยู่อาศัยบริเวณนั้นได้

2.1.5.3 การเตรียมสถานที่และเครื่องมือ

เตรียมสถานที่ที่สามารถถ่ายเทอากาศได้สะดวก อาจติดตั้งพัดลมเพื่อลดความเข้มข้นของไอตะกั่ว หรือฝุ่นของโลหะหนักที่เกิดขึ้นจากขั้นตอนการทำงาน

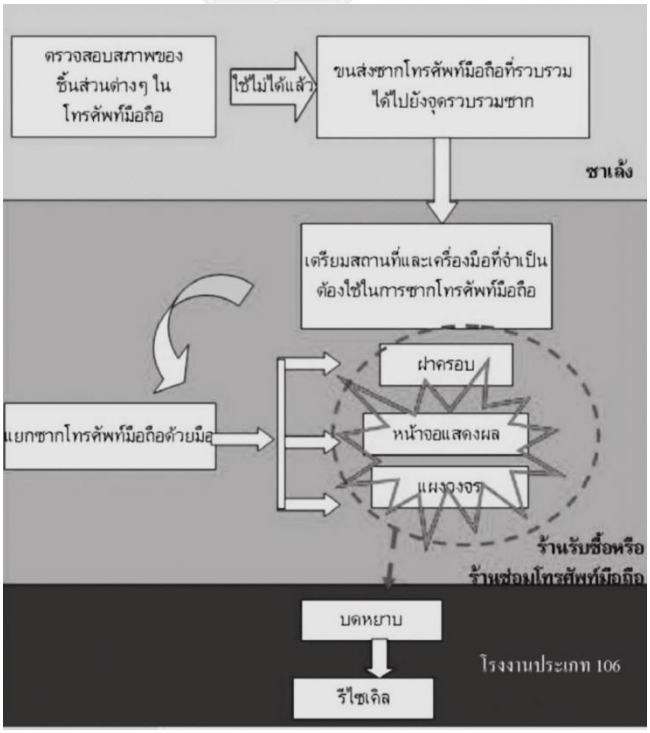
2.1.5.4 แยกหยาบชิ้นส่วนต่างๆของซากโทรศัพท์มือถือ

อุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับขั้นตอนนี้คือ ไขควง การแยกชิ้นส่วนต่างๆทำได้โดยใช้เครื่องมือช่างทั่วไปสำหรับซ่อมโทรศัพท์มือถือ ผู้ปฏิบัติงานควรสวมถุงมือและหน้ากากเพื่อป้องกันอันตรายจากโลหะหนักที่มากับซากโทรศัพท์มือถือ สิ่งที่ได้จากกระบวนการนี้คือ ฝาครอบ แผ่นวงจรพิมพ์ หน้าจอแสดงผล หลอดไฟ แท่นชาร์จประจุไฟฟ้า และสายไฟ ตลอดจนอุปกรณ์เสริม

ข้อควรระมัดระวังคือห้ามเผาอุปกรณ์เสริมและแผ่นวงจรพิมพ์ เพราะอาจก่อให้เกิดสารก่อมะเร็งกระจายสู่บรรยากาศได้ นอกจากนี้การแยกชิ้นส่วนออกจากแผ่นวงจรพิมพ์และการรีไซเคิลพลาสติกทั้งจากแผ่นวงจร และฝาครอบ อาจทำให้เกิดการรั่วไหลของสารตะกั่ว และสารก่อมะเร็งปนเปื้อนสู่สิ่งแวดล้อมได้

2.1.5.5 การรีไซเคิลวัสดุต่างๆจากซากโทรศัพท์มือถือ

ขั้นตอนนี้สามารถทำได้โดยผู้ประกอบการที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ประเภท 105 และ106)



ภาพที่ 2.5 วิธีการแยกชิ้นส่วนซากโทรศัพท์มือถือที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2551)

2.1.6 เทคโนโลยีและการรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือ

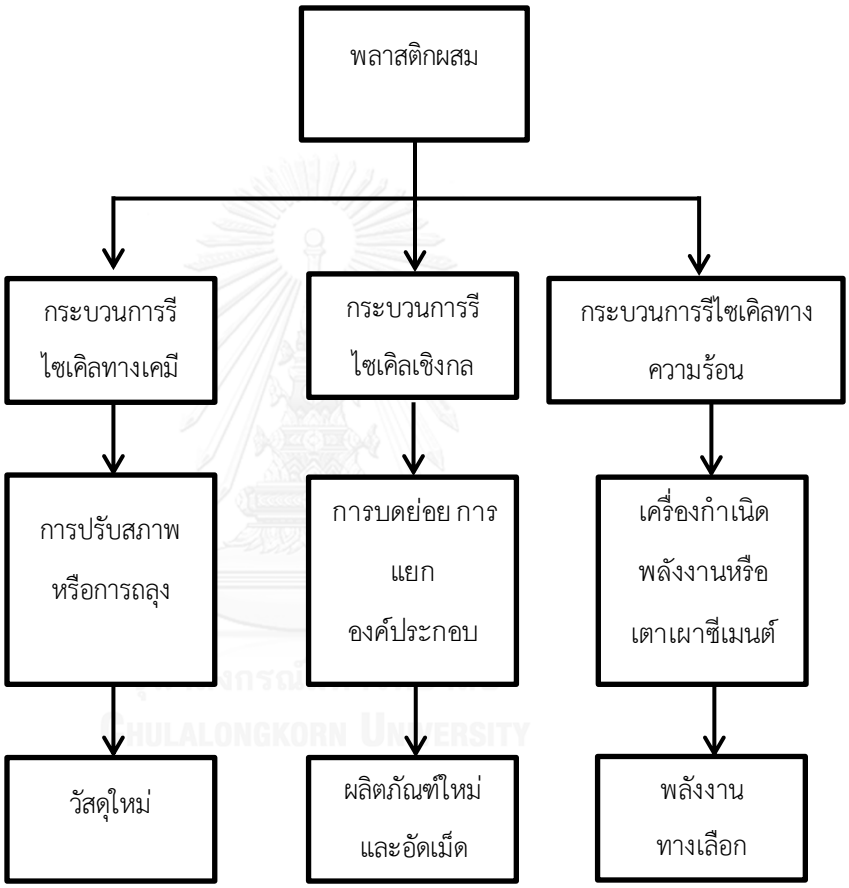
2.1.6.1 เทคโนโลยีรีไซเคิลพลาสติกจากฝาครอบโทรศัพท์มือถือ

ฝาครอบโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกโพลีคาร์บอเนต (PC) หรืออะคริโลไนไตรล์บิวทาไดอีนสไตรีน (ABS) โดยทั้งสองชนิดนี้จัดอยู่ในกลุ่มเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) คือ เมื่อได้รับความร้อนจะถูกหลอมกลายเป็นพลาสติกเหลว จึงสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ซึ่งกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกนั้นโดยทั่วไปมีสามวิธีการ ได้แก่ กระบวนการรีไซเคิลทางเคมี (Chemical recycling) กระบวนการรีไซเคิลทางกล (Mechanical recycling) และกระบวนการรีไซเคิลด้วนความร้อน (Thermo recycling) กระบวนการทั้งสามจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน แสดงในภาพที่ 2.6 โดยในส่วนของการรีไซเคิลทางเคมีนั้นเศษชิ้นส่วนพลาสติกจะถูกใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมีหรือเป็นสารรีดักชันในกระบวนการถลุงโลหะ ส่วนกระบวนการรีไซเคิลทางกลจะใช้การบดย่อย (Shredding) และกระบวนการจำแนกประเภทพลาสติก (Resin identification) เพื่อผลิตเป็นเม็ดพลาสติกใหม่ สำหรับกระบวนการรีไซเคิลโดยใช้ความร้อนจะนำเศษพลาสติกมาใช้เป็นเชื้อเพลิงเผาไหม้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

สำหรับกระบวนการรีไซเคิลพลาสติกด้วยวิธีทางกล (mechanical recycling process) นั้น ในขั้นแรกจะคัดแยกส่วนที่ปนเปื้อนพลาสติกออกเช่นส่วนที่เคลือบหรือทาอยู่บนพลาสติก (painted plastics) วิธีการที่นำมาใช้ในการคัดแยกเพื่อกำจัดสิ่งเจือปนเหล่านั้นออกมามีหลายวิธี เช่น การบด (grinding) การแช่เยือกแข็ง (cryogenic method) การขัดหรือถูออก (abrasion/abrasive technique) การใช้ตัวทำละลาย (solvent stripping method) การใช้อุณหภูมิสูงในการกำจัด (high temperature aqueous based paint removal method) เป็นต้น

ขั้นตอนต่อมาเป็นการบดเพื่อลดขนาดของพลาสติกลงทำให้ส่วนของโลหะที่ปนมาหลุดออกไป จากนั้นจึงเข้าสู่เครื่องบดละเอียด (granulation and milling) เพื่อลดขนาดลงอีกครั้ง เมื่อทำการลดขนาดลงเรียบร้อยแล้วจึงนำเข้าสู่เครื่องแยกด้วยแรงแม่เหล็กเพื่อทำการแยกโลหะที่มีส่วนผสมของเหล็กออก จากนั้นนำเข้าสู่เครื่องแยกโดยกระแสไหลวนซึ่งสามารถแยกส่วนโลหะที่ไม่ใช่เหล็กออก เมื่อแยกโลหะออกแล้วจึงเข้าสู่เครื่องแยกโดยใช้อากาศ (air separation system) เพื่อแยกส่วนที่เบากว่าพลาสติก เช่น กระดาษ ฟิล์ม ฉลากต่างๆ ออกจากกลุ่มพลาสติก

จากนั้นเศษพลาสติกจะเข้าสู่ขั้นตอนการจำแนกประเภทพลาสติก (resin identification) ซึ่งประกอบด้วยระบบและเครื่องจักรต่างๆมากมาย ได้แก่ ระบบไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclones) เครื่องแยกไฟฟ้าสถิต (triboelectric separator) เครื่อง high speed accelerator และเครื่อง X-ray fluorescence spectroscopy หลังจากผ่านกระบวนการทั้งหมดนี้แล้ว เศษพลาสติกที่ได้จะปราศจากสิ่งเจือปนและพร้อมสำหรับการขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้ต่อไป (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 2.6 กระบวนการรีไซเคิลพลาสติกทั้งสามแบบและผลที่ได้ในแต่ละกระบวนการที่มา (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

2.1.6.2 เทคโนโลยีรีไซเคิลและวิธีแยกแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB)

แผ่นวงจรพิมพ์เป็นชิ้นส่วนสำคัญของโทรศัพท์มือถือ ทำหน้าที่เป็นทางเดินสัญญาณไฟฟ้าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆที่อยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ ทำให้อุปกรณ์เหล่านั้นเชื่อมต่อกันได้อย่างถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยชิ้นส่วนของแผ่นวงจรพิมพ์นั้นมีวัสดุหรือโลหะมีค่าอยู่หลายชนิด ได้แก่ ทองแดง

ทองคำ แพลเลเดียม เงิน แทนทาลัมและสังกะสี อย่างไรก็ดี แผ่นวงจรพิมพ์ก็มีมีสารอันตรายอยู่หลายชนิด ได้แก่ ตะกั่วที่เป็นส่วนประกอบของบัดกรีร่วมกับดีบุก แคดเมียม เบริลเลียม สารหนู สารทนไฟที่ทำจากโบรมีน ด้วยเหตุนี้การจัดการแผ่นวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board: PCB) จึงต้องทำอย่างระมัดระวัง โดยต้องมีการใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์เพื่อควบคุมมลพิษและป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ปฏิบัติงานได้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) กระบวนการรีไซเคิล PCB โดยทั่วไปมีอยู่ 4 วิธีหลัก ได้แก่

1) กระบวนการแยกทางกล (Mechanical Separation)

เป็นการใช้สมบัติเฉพาะตัวขององค์ประกอบต่างๆในการแยกโลหะออกมา ขั้นตอนแรกจำเป็นต้องแยกโดยใช้แรงงานคน จากนั้นจึงจะใช้สมบัติเฉพาะ เช่น ขนาดของ องค์ประกอบ ความหนาแน่น ความเป็นแม่เหล็ก สมบัติทางไฟฟ้าสถิต นอกจากนี้เมื่อ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ผ่านกระบวนการไปแล้วครั้งหนึ่ง ส่วนที่เหลือออกมาสามารถนำไปเข้ากระบวนการนี้อีกครั้งได้เพื่อเพิ่มปริมาณการดึงโลหะกลับ สำหรับการแยกโลหะที่ไม่ใช่เหล็กออกนั้นต้องใช้กระบวนการเพิ่มเติม เช่น การใช้ไฟฟ้าสถิต การใช้กระแสไหลวน (eddycurrents) การใช้แรงเหวี่ยง เป็นต้น ข้อดีของกระบวนการนี้คือเหมาะกับอุปกรณ์ที่มีโครงสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน แต่มีข้อเสียคือเกิดเสียงรบกวนและฝุ่น อาจเกิดแก๊สพิษ และของ เหลือที่แยกองค์ประกอบแล้วต้องนำไปผ่านกระบวนการบำบัดต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) กระบวนการทางความร้อน (Thermal treatment)

ใช้เตาเผา (incinerator) เพื่อหลอมโลหะซึ่งใช้อุณหภูมิสูงมาก องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ พลาสติก (plastic) และวัสดุออกไซด์ที่ทนความร้อนสูง (refractory oxides) จะถูกเผากลายเป็นตะกรัน (slag) นอกจากนี้ยังมีกระบวนการทำปฏิกิริยาเคมีจากการหลอม (smelting reactions) ซึ่งเป็นการใช้โลหะตัวอื่นมาช่วยดึงโลหะออกจากแผ่นวงจรโดยส่วนใหญ่จะใช้ทองแดง อีกกระบวนการหนึ่งคือการใช้ปฏิกิริยาไพโรไรซิสหรือปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีโดยใช้ความร้อนในสภาวะไร้อากาศ (pyrolysis reaction) ทำให้องค์ประกอบอื่นๆ (พลาสติก ไม้ กระดาษ ยาง) เสื่อมสลายไปกลายเป็นก๊าซไฮโดรคาร์บอน วิธีนี้ยังไม่มีใช้ในระดับอุตสาหกรรม ข้อดีของกระบวนการนี้ คือได้โลหะที่มีความบริสุทธิ์สูงและมีโอกาสสูงที่จะได้โลหะมากกว่าหนึ่งชนิดที่มีความบริสุทธิ์สูงโดยไม่เกิด

ปัญหากับโลหะผสม ข้อเสียคือเกิดของเสียที่เป็นก๊าซและฝุ่น อาจเกิดพิษจากไดอ๊อกซิน (dioxin) และมีการสูญเสียโลหะมากเนื่องจากโลหะจะสูญเสียไปกับตะกรัน (slag) ซึ่งจะนำกลับมาได้ยากในกรณีที่เป็นโลหะจำพวกทองหรืออลูมิเนียม

3) กระบวนการสกัดด้วยสารละลายทางเคมี (Hydrometallurgical treatment)

ขั้นตอนหลักคือการสกัดโลหะด้วยสารละลายกรดหรือด่าง จากนั้นจึงมาทำการแยกโลหะออกจากกรดหรือด่าง โดยใช้กระบวนการต่างๆเช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย การตกผลึก การแลกเปลี่ยนประจุ การกรอง การกลั่น เป็นต้น กระบวนการนี้มีข้อดีตรงที่ได้ความบริสุทธิ์ของโลหะสูงและสามารถเจาะจงชนิดโลหะที่ต้องการสกัดออกได้ ข้อเสียคือของเสียที่เกิดขึ้นเป็น พิษ เกิดกรดหรือด่างสูงและมีปริมาณมาก

4) กระบวนการทางไฟฟ้าเคมี (Electrochemical treatment)

เป็นขั้นตอนที่ทำให้โลหะมีความบริสุทธิ์มากขึ้น โดยมักจะใช้ปฏิกิริยาที่เกิดในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) ซึ่งส่วนใหญ่ใช้คู่ของสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดรด์กับโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KI/KOH)

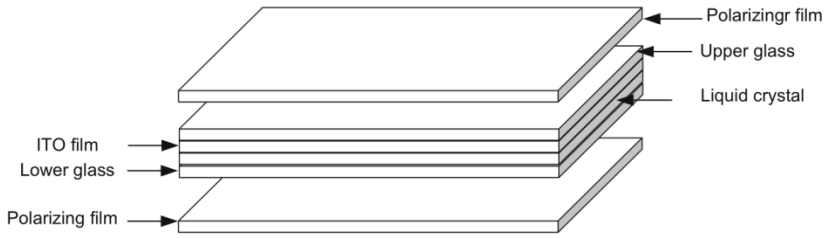
กล่าวโดยสรุป ในปัจจุบัน วิธีกำจัดซากหรือเศษแผ่นวงจรพิมพ์ที่ได้รับความนิยมคือกระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อนเพื่อดึงโลหะทองแดง (copper) กลับออกมาใช้อีกครั้ง อย่างไรก็ตามในกรณีที่แผ่นวงจรมีส่วนประกอบที่เป็นพลาสติกอยู่มากจำเป็นต้องมีการดัดแปลงขั้นตอนของกระบวนการบำบัดโดยใช้ความร้อน โดยนำขั้นตอนอื่นๆ เช่น กระบวนการแยกทางกล กระบวนการสกัดด้วยสารละลายเคมีมาประยุกต์ใช้ด้วย (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

2.1.6.3 การรีไซเคิลหน้าจอแสดงผลแบบผลึกเหลว (Liquid Crystal Display: LCD)

หน้าจอ LCD มีการใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน องค์ประกอบของหน้าจอแสดงผลแบบ LCD ประกอบด้วยที่ยึดโลหะ (Metal stand) กรอบพลาสติก (EMI metal shielding) ลวดชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ แผ่นวงจรไฟฟ้า (PCB) แหล่งกำเนิดแสง (backlight) กรอบโลหะและตัวจอ LCD (LCD panel) โดยตัวจอ LCD จะมีการหุ้มด้วยแผ่นแก้วหรือกระจกทั้ง 2 ด้านและใช้แผ่นโพลารอยด์ด้านหน้าผนวกกับชั้นนอกสุดเป็นแผ่นกันการสะท้อนแสง ประกอบด้วยฟิล์มที่เป็นตัวกรองแสง

(polarizer film) แก้ว ชั้นกรองสีขั้วไฟฟ้าแบบโปร่งแสงที่ใช้อินเดียมทินออกไซด์ (ITO transparent electrode) แผ่นฟิล์ม (Polyimide alignment film) ผลึกเหลว (liquid crystal) และ thin film transistors (TFT) ดังแสดงในภาพที่ 2.7

ภาพที่ปรากฏขึ้นบนจอ LCD นั้นเกิดจากแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากหลอดไฟด้านหลังของจอภาพ (backlight) ผ่านชั้นกรองแสง (polarized filter) แล้ววิ่งไปยังผลึกเหลวที่เรียงตัวด้วยกัน 3 เซลล์คือ แสงสีแดง แสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงิน กลายเป็นพิกเซล (pixel) ที่สว่างสดใสเกิดขึ้น อาจกล่าวได้ว่า เทคนิคของจอ LCD คือการบิดตัวโมเลกุลแล้วเอาเงาของโมเลกุลมาใช้งานนั้นเอง (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)



ภาพที่ 2.7 โครงสร้างการเรืองแสงของแก้ว ITO จากจอ LCD
ที่มา: (Li และคณะ, 2009)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

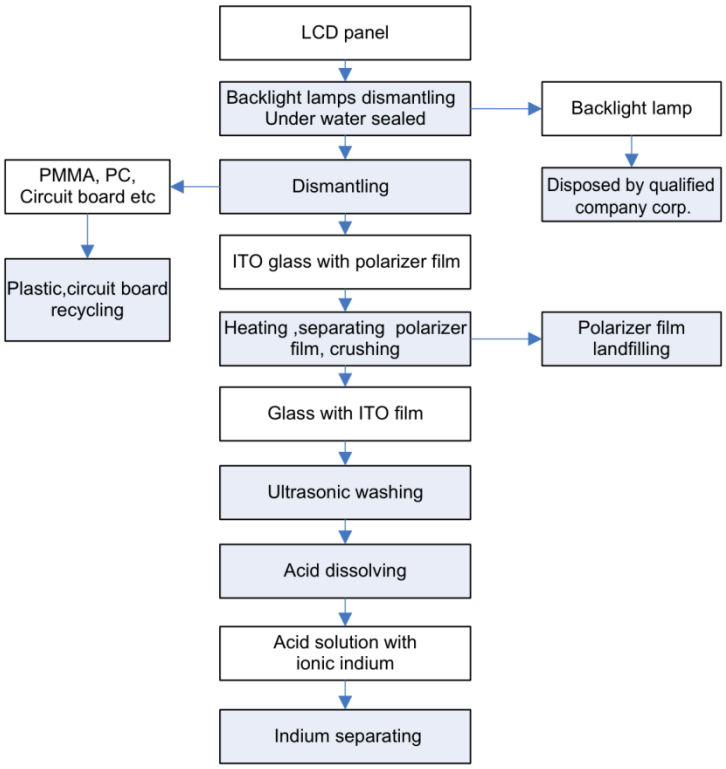
จอภาพ LCD มีชิ้นส่วนที่เป็นอันตราย 2 ส่วนหลักๆ คือ หลอด back light (Cold Cathode Fluorescent Lamps: CCFL) ซึ่งมีสารปรอทอยู่และวัสดุที่เป็นส่วนประกอบของผลึกเหลว (Liquid crystal material) ซึ่งมีส่วนประกอบสารอินทรีย์หลายชนิดที่เป็นสารก่อมะเร็ง นอกจากนี้ในเชิงเศรษฐกิจ ยังมีแรงจูงในในการพัฒนาเทคโนโลยีรีไซเคิลจอภาพ LCD เนื่องจากในจอภาพ LCD นั้นมีวัสดุที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้มากมาย เช่น แก้ว โลหะ พลาสติก และโลหะมีค่าโดยเฉพาะอินเดียมซึ่งเป็นโลหะหายาก โดยจอแก้ว ITO 1 กิโลกรัมจะมีส่วนประกอบของโลหะอินเดียมอยู่ 102 มิลลิกรัม ปัจจุบันราคาโลหะอินเดียมประมาณ 900 ดอลลาร์สหรัฐฯต่อกิโลกรัม ด้วยเหตุนี้มีการคิดค้นวิธีสกัดวัดสุจากจอ LCD กลับมาใช้ใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งการดึงโลหะอินเดียมกลับออกมาจากบริเวณ Transparent electrodes ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ควบคุมการปล่อยผ่านของแสง โดยมีนักวิจัยกลุ่ม

หนึ่ง (Li และคณะ, 2009) ได้เสนอวิธีการแบบผสมผสานในการสกัดโลหะอินเดียมออกมา โดยในช่วงที่เป็นการถอดคัดแยกด้วยมือนั้นควรมีการถอดชิ้นส่วนต่างๆของจอ LCD ด้วย ได้แก่ PMMA PET PC แผ่นวงจร และหลอด Back ligfht (CCFL) ซึ่งจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการนำวัสดุมาใช้ซ้ำได้ จากนั้นจึงเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล 3 ขั้นตอนได้แก่

ขั้นแรก แยกแผ่นฟิล์มควบคุมแสง (Polarizing film) ด้วยวิธีการให้ความร้อนสูง (ประมาณ 200-250 องศาเซลเซียส) ในเตาหลอม

ขั้นที่สอง ล้างสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึกเหลวออกไปโดยใช้คลื่นความถี่สูง (ultrasonic washing) จากนั้นจึงบดแก้วที่มีแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมของโลหะ ITO

ขั้นที่สาม นำเศษแก้วที่บดแล้วมาผ่านกระบวนการทางเคมีโดยนำเศษแก้วมาละลาย (disslove) ด้วยสารละลายเคมีผสมที่มีฤทธิ์เป็นกรดเพื่อดึงโลหะอินเดียมออกมาจากเศษแก้ว



ภาพที่ 2.8 กระบวนการรีไซเคิลจอ LCD
ที่มา (Li และคณะ, 2009)

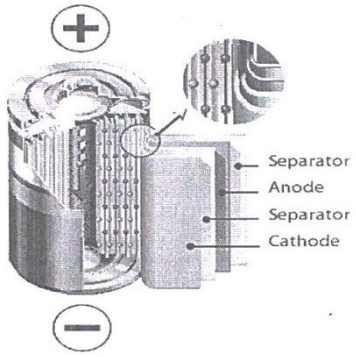
จาการทดลองของ Li และคณะพบว่าสารเคมีผสมระหว่างกรดไนตริกกับกรดไฮโดรคลอริกและน้ำ (อัตราส่วน 45:5:50) ที่ระดับอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและใช้เวลาในการละลาย 30 นาทีจะให้ผลลัพธ์ในการดึงโลหะอินเดียมกลับมาได้ดีที่สุด

2.1.6.4 เทคโนโลยีในการจัดการแบตเตอรี่แห้ง

แบตเตอรี่สามารถแบ่งได้ตามสารละลายตัวนำไฟฟ้าได้เป็น 2 ชนิด คือ แบตเตอรี่ชนิดแห้ง (dry cell battery) และแบตเตอรี่ชนิดเปียก (wet cell battery) หากเป็นชนิดเปียกจะมีการเติมสารละลายตัวนำประจุเพิ่มเติม เนื่องจากสารละลายตัวนำไฟฟ้าจะถูกใช้ไปขณะทำงานของแบตเตอรี่ เช่น แบตเตอรี่รถยนต์ เป็นต้น

<u>องค์ประกอบของแบตเตอรี่แห้ง</u>

แบตเตอรี่เป็นอุปกรณ์ที่ใช้หลักปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมีในการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าโดยมีส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่ ขั้วบวกหรือขั้วแคโทด (cathode) ขั้วลบหรือขั้วแอโนด (anode) สารละลายตัวนำไฟฟ้า (electrolyte) แผ่นกั้นระหว่างขั้ว (separator) และกรอบภายนอก (external case) แสดงดังภาพที่ 2. 9 ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างแบตเตอรี่แต่ละชนิดคือวัสดุที่ใช้ทำขั้วของแบตเตอรี่ ซึ่งทำให้คุณลักษณะรวมถึงประสิทธิภาพในการจ่ายพลังงานไฟฟ้ามีความแตกต่างกัน วัสดุที่ใช้ทำขั้วมักจะเป็นโลหะ แผ่นกั้นระหว่างขั้วมักจะเป็นกระดาษหรือการดาษแข็ง และกรอบภายนอกมักจะใช้ พลาสติก เหล็ก หรือกระดาษแข็งเป็นวัสดุ (Bernardes, Espinosa และTenório, 2004)



ภาพที่ 2.9 องค์ประกอบของแบตเตอรี่แห้ง

ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

แบตเตอรี่แห้งที่ใช้กันทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆได้แก่ แบตเตอรี่ที่ไม่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้ (non-rechargeable Battery) และแบตเตอรี่ที่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้ (rechargeable Battery) ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะมุ่งเน้นเฉพาะแบตเตอรี่ชนิดที่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้เท่านั้น

แบตเตอรี่ที่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้ (Rechargeable Battery)

แบตเตอรี่ที่สามารถเติมประจุไฟใหม่ได้หรือที่เรียกว่า “ถ่านชาร์จ”นั้นได้รับความนิยมมากขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา เช่น โทรศัพท์มือถือ กล้องดิจิตอล เครื่องเล่นภาพหรือเสียงขนาดพกพา เป็นต้น ช่วยสร้างความสะดวกและประหยัดให้กับผู้บริโภค แบตเตอรี่นี้มีหลายประเภทดังนี้

1) แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบแห้ง (Lead Acid Gel Battery)

แบตเตอรี่ชนิดนี้มีต้นกำเนิดจากแบตเตอรี่รถยนต์ซึ่งต้องเติมสารละลายที่เป็นตัวนำประจุหรือสารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytes) แต่มีการพัฒนาจนสามารถทำงานในสภาพที่ไม่มีของเหลวได้ ส่วนประกอบที่สำคัญ คือกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) แบบเจลซึ่งเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และขั้วตะกั่วซึ่งเป็นสารที่มีอันตรายสูง สามารถลุกติดไฟได้กรณีที่เกิดการลัดวงจรของแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ชนิดนี้ส่วนใหญ่ใช้ในจุดประสงค์สำหรับการสำรองไฟในเครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เช่น ตู้โทรศัพท์ รถจักรยานไฟฟ้า เครื่องสำรองไฟเครื่องคอมพิวเตอร์ เนื่องจากให้กำลังไฟสูงและจ่ายไฟได้อย่างสม่ำเสมอ

ภาพที่ 2.10 แบตเตอรี่ตะกั่ว-กรดแบบแห้ง (Lead Acid Gel Battery)

ที่มา: https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types

2) แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion (Li-on) Battery)

ปัจจุบันเป็นที่นิยมสูงสุด เนื่องจากมีข้อดีหลายประการเช่น น้ำหนักเบา ให้กำลังไฟสูง เป็นต้น มักมีการใช้อย่างแพร่หลายในโทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์แบบพกพาหรือแม้แต่รถยนต์แบบไฮบริด เนื่องจากลิเทียมไอออนมีความไวต่อการเกิดปฏิกิริยา อย่างไรก็ตามแบตเตอรี่ชนิดนี้สามารถเกิดระเบิดได้ จึงต้องมีกระบวนการเก็บและจัดเก็บอย่างเหมาะสม

ภาพที่ 2.11 แบตเตอรี่ลิเทียมไอออน (Lithium-ion (Li-on) Battery)
ที่มา: https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types

3) แบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม (Nickel-Cadmium (NiCd) Battery)

เป็นแบตเตอรี่แบบชาร์ตได้ในยุคแรกซึ่งได้รับความนิยมมาอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถนำมาใช้ทดแทนถ่านไฟฉาย (ถ่านอัลคาไลน์) มักใช้ในอุปกรณ์พกพาต่างๆ เช่น วิทยุสื่อสาร อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบพกพา แบตเตอรี่ชนิดนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ นิกเกิลออกไซด์ไฮดรอกไซด์ (Nickel oxide hydroxide (NiOOH)) และโลหะแคดเมียมเป็นขั้วทั้งสอง จึงมีข้อดีตรงที่ให้พลังงานไฟสูง มีอายุการใช้งานนาน สามารถชาร์ตได้ถึง 500 ครั้ง อย่างไรก็ตามโลหะแคดเมียมเป็นโลหะหนักมีความเป็นพิษต่อมนุษย์สูง มีการศึกษาพบว่าแคดเมียมที่มีผลิตในปัจจุบัน ร้อยละ 70 นำมาใช้เพื่อผลิตแบตเตอรี่ชนิดนี้ ดังนั้นเทคโนโลยีการบำบัดจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก

ภาพที่ 2.12 แบตเตอรี่นิเกิลแคดเมียม (Nickel-Cadmium (NiCd) Battery)
ที่มา: https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types/

4) แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal Hydride (NiMH) Battery)

มีลักษณะขนาดและองค์ประกอบคลายคลึงกับแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม แต่ไม่มีส่วนประกอบของแคดเมียมและปรอท โดยมีการใช้โดยมีการใช้โลหะชนิดอื่นแทนแคดเมียม นั้นคือโลหะดูดซับไฮโดรเจน (Hydrogen-absorbing alloy) ซึ่งทำให้แบตเตอรี่ชนิดนี้มีผลต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม แต่มีราคาที่สูงกว่า ด้านการใช้งานสามารถที่จะมาเป็นคู่แข่งของทั้งถ่านอัลคาไลน์และแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียม ในด้านความปลอดภัยแม้จะมีความเป็นอันตรายน้อยกว่าชนิดแคดเมียม เทคโนโลยีในการจัดเก็บและการบำบัดให้ถูกวิธียังมีความจำเป็นเนื่องจากโลหะนิกเกิลควรจะต้องมีการนำกลับมาใช้ใหม่

ภาพที่ 2.13 แบตเตอรี่นิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ (Nickel Metal Hydride (NiMH) Battery
ที่มา: https://www.batterysolutions.com/recycling-information/battery-types/nickel/

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>กระบวนการรีไซเคิลซากแบตเตอรี่แห้ง</u>

ชนิดของแบตเตอรี่แห้งที่กล่าวมาในข้างต้นชี้ให้เห็นว่าแบตเตอรี่แต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่สำคัญแตกต่างกันส่งผลให้กระบวนการจัดการแตกต่างกันด้วย อย่างไรก็ตามแม้กระบวนการในการจัดการและเทคโนโลยีในการรีไซเคิลจะต่างกันแต่ท้ายที่สุดแล้วเป้าหมายก็คือการนำโลหะที่มีค่าที่อยู่ในซากแบตเตอรี่กลับมาใช้ประโยชน์ให้ได้มากที่สุด (กรมควบคุมมลพิษ, 2553) ซึ่งกระบวนการจัดการและเทคโนโลยีในการรีไซเคิลซากแบตเตอรี่สามารารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆ ได้แก่

1) กระบวนการเก็บรวบรวมและแยกซากแบตเตอรี่

จัดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากของกระบวนการจัดการซากแบตเตอรี่ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่กำหนดปริมาณซากแบตเตอรี่ที่จะเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ซึ่งกระบวนการดังกล่าวจะต้องมีการ

จัดการอย่างเหมาะสมเพื่อป้องกันไม่ให้สารพิษในซากแบตเตอรี่แพร่กระจายสู่สิ่งแวดล้อมในระหว่างการรวบรวมและขนส่งได้ วิธีที่มีประสิทธิภาพและประหยัดต้นทุนในการเก็บรวบรวมและขนส่งคือการเพิ่มจุดรับคืนหรือจุดทิ้งซากแบตเตอรี่โดยเฉพาะ ดั่งเช่นในประเทศสวีเดน เยอรมนีและโปรตุเกส ที่ใช้ระบบเพิ่มจุดรับคืนหรือจุดทิ้งซากแบตเตอรี่แบบนี้ ส่วนในประเทศเนเธอร์แลนด์ใช้ระบบแม่เหล็กในการแยกซากแบตเตอรี่ออกจากขยะครัวเรือน เป็นต้น (Bernardes, Espinosa และ Tenório, 2004) หลังจากที่ได้รวบรวมซากแบตเตอรี่แล้วจะเข้าสู่กระบวนการคัดแยกซากแบตเตอรี่ ในขั้นต้นจะเป็นการคัดแยกโดยใช้แรงงานเพื่อคัดกรองสิ่งที่ไม่ต้องการออกก่อน จากนั้นจะมีการคัดแยกประเภทของซากแบตเตอรี่โดยใช้เครื่องจักร เทคโนโลยีในการคัดแยกซากแบตเตอรี่มีการพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง ล่าสุดใช้การจดจำรูปร่าง (photo recognition) ในการจำแนกแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ เทคโนโลยีนี้ใช้ในประเทศเยอรมนีโดยสามารถแยกชนิดของแบตเตอรี่ได้ถึง 24 ชิ้นต่อวินาที และมีความแม่นยำสูงถึงร้อยละ 99 หลักการคือการตรวจจับฉลากที่ติดบนแบตเตอรี่ นอกจากนี้ยังมีการใช้รังสีเอกซ์ (X-ray) และสนามแม่เหล็กในการตรวจจับและจำแนกชนิดของแบตเตอรี่อีกด้วย

2) กระบวนการแยกชิ้นส่วนแบตเตอรี่

หลังจากทำการคัดแยกซากแบตเตอรี่ประเภทต่างๆแล้ว ต่อมาคือขั้นตอนการแยกชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบของแบตเตอรี่เพื่อทำการแยกชิ้นส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับโลหะออก เช่น แยกพวกแกรไฟต์ (คาร์บอน) และออกไซด์ของโลหะออกเพื่อให้เหลือเฉพาะชิ้นส่วนที่จะเข้าสู่กระบวนการดึงโลหะกลับมา (recovery metal) เป็นต้น ส่วนอื่นๆที่ถูกแยกออกมาจะเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลที่เหมาะสมกับชนิดนั้นๆ เช่น พลาสติก กระดาษอาจนำไปเผาเพื่อเป็นเชื้อเพลิง สำหรับแบตเตอรี่ลิเทียมไอออนที่นิยมใช้มากในโทรศัพท์มือถือนั้น กระบวนการแยกชิ้นส่วนมีเป้าหมายหลักเพื่อเพิ่มสัดส่วนของโลหะลิเทียมที่จะเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลให้ได้มากที่สุดซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการรีไซเคิล โดยเริ่มจากแยกเอาส่วนตัวโครงของแบตเตอรี่ (case or shell) ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกและโลหะประเภททองแดง (Cu) เหล็ก(Fe) โดยการบด(crushing) และใช้ตะแกรงคัดกรองขนาด (sieving) นอกจากนี้ยังมีการใช้เครื่องแยกโดยพลังงานแม่เหล็ก (magnetic separator) เพื่อแยกชิ้นส่วนทีเป็นเหล็กออกจากโลหะลิเทียม สำหรับส่วนที่เป็นสารยึด (binder) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (electrolyte) และสารละลายตัวทำละลายอื่นๆที่มีอยู่ในแบตเตอรี่ชนิดนี้จะถูกแยกออกในกระบวนการแยกชิ้นส่วนก่อนหน้านี้แล้ว (Xu และคณะ, 2008)

3) กระบวนการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่หรือการรีไซเคิลโลหะ (Metal Recovery)

ปัจจุบันเทคโนโลยีในการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่หรือแยกสกัดโลหะจากซากแบตเตอรี่นั้นมีวิธีการหลักๆ สองวิธี คือ กระบวนการแยกโลหะด้วยความร้อน (pyrometallurgical process) และกระบวนการแยกโลหะด้วยสารละลายเคมี แล้วจึงแยกโลหะออกมาหรือทำให้ตกตะกอน ออกจากสารละลายนั้นอีกครั้งหนึ่ง (hydrometallurgical process)

3.1) กระบวนการแยกโลหะด้วยความร้อน (pyrometallurgical process) กระบวนการแยกโลหะด้วยความร้อนเป็นวิธีการในการผลิตเหล็ก ซึ่งกระบวนการนี้โดยทั่วไปจะใช้อุณหภูมิที่สูงมาก (มากกว่า 700 องศาเซลเซียสขึ้นไป) เพื่อแยกโลหะออกมา ด้วยความร้อนที่สูงมากดังกล่าวชิ้นส่วนอื่นๆที่ไม่ใช่โลหะ เช่น พลาสติก กระดาษ จะถูกเผาไหม้กลายเป็นก๊าซ สิ่งที่เหลืออยู่จึงเป็นโลหะเหลวหรือของแข็งโลหะ หากต้องการได้โลหะที่มีความบริสุทธิ์สูงมากเช่น สังกะสี ปรอท วิธีการที่ใช้คือใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงมากจนโลหะระเหยกลายเป็นไอและไหลไปกลั่นตัวที่เครื่องควบแน่นซึ่งจะทำให้ได้โลหะที่บริสุทธิ์ที่แทบไม่มีโลหะอื่นเจือปนอยู่ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีที่ใช้ความร้อนซึ่งไม่จำเป็นต้องใช้กระบวนการคัดแยกและแยกชิ้นส่วนก่อน (pre-treatment) สามารถนำซากแบตเตอรี่เข้าสู่กระบวนการสกัดได้ทันทีเนื่องจากใช้อุณหภูมิที่สูงมากทำให้ต้องมีการควบคุมการปล่อยสารอันตรายหรือสารพิษต่างๆ เช่นไดอ๊อกซิน (dioxin) สารประกอบคลอไรด์ (chloride compounds) และไอปรอท (กรมควบคุมมลพิษ, 2553)

3.2) กระบวนการแยกโลหะด้วยสารละลายเคมี (hydrometallurgical process) เป็นกระบวนการแยกโลหะที่มีค่าต่างๆ (metal recovery process) จากซากแบตเตอรี่ด้วยกระบวนการสกัด (extraction) และการทำให้บริสุทธิ์ (purification) โดยใช้สารละลายเคมีหรือเป็นการสกัดของแข็งด้วยของเหลว (leaching) เพื่อที่จะละลายส่วนที่เป็นโลหะในซากแบตเตอรี่

การแยกโลหะด้วยกระบวนการนี้เริ่มจากการใช้สารละลายกรดหรือด่างละลายโลหะที่ต้องการแยกให้ละลายอยู่ในสารละลาย จากนั้นจึงทำการแยกโลหะออกจากสารละลายนั้นโดยใช้หลักการอื่นๆ ซึ่งมีได้หลายวิธีเช่น การทำให้ตกตะกอน (precipitation) การเปลี่ยนค่าการเป็นกรด-ด่าง (altering the pH) การเติมสารบางชนิดเพื่อให้เกิดการตกผลึกของโลหะ (adding some reaction agent) หรือการใช้ปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี (electrolysis) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถ

แยกโลหะออกจากสารละลายได้ด้วยการใช้ตัวทำละลายอีกชนิด (solvent extraction) สกัดอีกครั้ง เช่น การใช้ตัวทำละลายอินทรีย์ (organic solvent) ก่อนที่จะนำไปตกผลึก (precipitation) หรือทำปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (electrolysis) เพื่อดึงโลหะออก (Espinosa, Bernardes และTenório, 2004) กระบวนการนี้เป็นที่นิยมอย่างมากเนื่องจากเป็นกระบวนการที่สามารถดึงโลหะกลับได้อย่างมีประสิทธิภาพและใช้พลังงานน้อยกว่ากระบวนการแยกโลหะด้วยความร้อยอย่างมาก แต่มีจุดอ่อนตรงที่ของเสียที่ตามมาโดยเฉพาะน้ำเสียซึ่งต้องมีการนำไปบำบัดต่อไปอีก

2.2 โลหะหนักและโลหะมีค่า

2.2.1 โลหะหนัก

โลหะหนัก (Heavy Metal) คือ กลุ่มธาตุที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรับต่อลูกบาศก์เซนติเมตรหรือมีความถ่วงจำเพาะมากกว่า 4 ขึ้นไป เป็นสารที่คงตัว ไม่สามารถสลายตัวได้ในกระบวนการธรรมชาติ โลหะหนักมีทั้งหมด 22 ชนิด ได้แก่ ไททาเนียม (Ti) โครเมียม (Cr) แมงกานีส (Mn) เหล็ก (Fe) โคบอลต์ (Co) นิเกิล (Ni) ทองแดง (Cu) อาร์เซนิก (As) สังกะสี (Zn) โมลิบดีนัม (Mo) เงิน (Ag) แคดเมียม (Cd) ดีบุก (Sn) พลวง (Sb) แทนทาลัม (Ta) ทังสเตน (W) ทองคาขาว (Pt) ทองคา (Au) ตะกั่ว (Pb) ปรอท (Hg) บิสมัส (Bi) และยูเรเนียม (U)

ในแต่ละส่วนประกอบมือถือประกอบด้วยโลหะหนักหลายชนิดเช่น ในแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบด้วยทองแดง (Cu) สารหนู (As) ตะกั่ว (Pb) ดีบุก(Sn) และเหล็ก (Fe) เป็นต้น เช่นเดียวกันกับแบตเตอรี่ที่ขั้วไฟฟ้าส่วนมากทำมาจากโลหะหนักเช่น นิกเกิล (Ni) แคดเมียม (Cd) ซึ่งธาตุโลหะหนักเหล่านี้จัดเป็นสารอันตรายอาจเกิดการรั่วไหลสู่สิ่งแวดล้อมส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศและสุขภาพของมนุษย์ได้หากขาดการจัดการที่ถูกวิธี

2.2.2 โลหะมีค่า

โลหะมีค่าจำพวกทอง เงิน และทองแดง ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักที่พบมากในโทรศัพท์มือถือสามารถแยกออกมาใช้ประโยชน์ได้โดยเฉพาะแร่ทองคำ (Au) ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจสูงเป็นที่น่าสนใจของบริษัทที่ทำธุรกิจด้านการสกัดโลหะมีค่าออกจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ ปัจจุบันเทคโนโลยีในการผลิตโทรศัพท์มือถือล้ำสมัยขึ้นได้เปลี่ยนมาใช้ทองคำเป็นส่วนประกอบสำหรับตัวนำไฟฟ้าแทนการใช้

ทองแดง ทำให้สัดส่วนของทองคำในมือถือหนึ่งตันมีมากกว่าก้อนแร่ทองหนึ่งตัน (สัดส่วนทองคำในแผ่นวงจรพิมพ์ของมือถือประมาณ 150 กรัมต่อตัน ในขณะที่สัดส่วนในทองคำในก้อนแร่ทองคำประมาณ 5 กรัมต่อตัน) และทองคำในมือถือก็ถูกแยกสกัดออกมาได้ง่ายกว่าทองคำจากก้อนแร่อีกด้วย ดังนั้นจะเห็นว่าการทำเหมืองแร่ทองคำจากซากโทรศัพท์มือถือเป็นอีกธุรกิจที่น่าสนใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.3 โลหะหนักและโลหะมีค่าที่พบในส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ

โลหะหนัก	ส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ			
	ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์	แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)	หน้าจอ (LCD)	แบตเตอรี่ (Li-on Battery)
Ti	■			
Cr	■			
Mn		■		
Fe	■			■
Co				■
Ni				■
Cu		■	■	■
As		■		
Zn		■		
Mo				
Ag	■	■		
Cd		■		■
Sn		■	■	
Sb		■		
Ta		■		
W		■		
Pt				
Au		■		
Pb		■	■	■
Hg				■
Bi		■		
Ba		■		
ธาตุอื่นๆ	Al และMg	Pd และ Be	In และ O	Li, Al และ F

ที่มา : (Basel Convention, 2011)

2.3 กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์

ประเทศไทยมีกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ อยู่หลายฉบับซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯและของเสียอันตรายชุมชน ทั้งนี้กฎหมายที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการจัดการของเสียหรือของเสียอันตรายจากชุมชนได้แก่ พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติพ.ศ.2535 พระราชบัญญัติการสาธารณสุขพ.ศ.2535 พระราชบัญญัติวัตถุอันตรายพ.ศ.2535 และพระราชบัญญัติโรงงานพ.ศ.2535

2.3.1 พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม พ.ศ. 2535

สาระสำคัญ

- เป็นกฎหมายที่ให้อำนาจคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติกำหนดมาตรฐานสิ่งแวดล้อมในเรื่องต่างๆ
- มาตรา 78 กำหนดการเก็บรวบรวม การขนส่ง และการกำจัดของเสียอันตรายและมลพิษอื่นๆ แต่ให้เป็นไปตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น
- มาตรา 79 กำหนดว่า ในกรณีที่ไม่มีกฎหมายใดบัญญัติไว้เฉพาะให้รัฐมนตรีโดยคำแนะนำของคณะกรรมการควบคุมมลพิษมีอำนาจออกกฎกระทรวงกำหนดชนิดและประเภทของเสียอันตราย หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการของเสียอันตรายนั้นอย่างเหมาะสม

ข้อจำกัดของกฎหมาย/การนำมาใช้

- แม้จะมีจะมีบทบัญญัติที่กล่าวถึง “ของเสียอันตราย” แต่ขาดนิยามคำว่า “ของเสียอันตราย” มีเพียงคำว่า “วัตถุอันตราย”
- ขาดการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการดำเนินการด้านการลด คัดแยก และนำกลับมาใช้ใหม่อย่างครบวงจร
- ใช้กฎหมายนี้ได้เฉพาะกรณีที่ไม่มีกฎหมายใดบัญญัติไว้เฉพาะ แต่ที่ผ่านมายังไม่มีการออกกฎกระทรวงตามมาตรา 79 แต่อย่างใด

2.3.2 พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535

สาระสำคัญ

เป็นกฎหมายที่กำหนดมาตรการจัดการมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลจากแหล่งชุมชน โดย พ.ร.บ.การสาธารณสุข (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 ได้มีการแก้ไขคำเพิ่มเติมนิยาม “มูลฝอย” ให้หมายรวมถึง มูลฝอยที่เป็นพิษหรือเป็นอันตรายต่อชุมชน และควบคุมกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ 13 กลุ่มซึ่งรวมถึงกิจการรับซื้อของเก่าด้วย (การสะสมวัตถุหรือสิ่งของที่ชำรุดใช้แล้วหรือเหลือใช้)

ข้อจำกัดของกฎหมาย/การนำมาใช้

- มุ่งเน้นการจัดการของเสียที่ปลายทาง (การเก็บ ขนและกำจัดมูลฝอย) มากกว่าการจัดระบบการจัดการให้ครอบคลุมทุกขั้นตอน มิได้มีบทบัญญัติที่ส่งเสริมการลด การคัดแยก และการนำกลับมาใช้ใหม่
- ขาดการมีส่วนร่วมของประชาชนและภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง ในการจัดการมูลฝอย กฎหมายจะเน้นการให้อำนาจหน้าที่แก่ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท.) เป็นสำคัญ

ร่างพระราชบัญญัติการสาธารณสุข (ฉบับที่...) พ.ศ. ...(ฉบับรับฟังความคิดเห็น วันที่ 25 กุมภาพันธ์ 2557)

- กำหนดนิยาม “มูลฝอย” ไว้กว้างมาก ครอบคลุม วัตถุ วัสดุ ...หรือสิ่งอื่นใดที่ไม่ต้องการหรือไม่ใช้แล้วและประสงค์จะทิ้ง ทั้งนี้ ไม่รวมถึงของเสียอันตรายตามกฎหมายว่าด้วยโรงงาน และกำหนดนิยามคำว่า “มูลฝอยที่เป็นพิษหรืออันตรายจากชุมชน” ไว้เพิ่มเติม โดยหมายความว่า มูลฝอยที่มีหรือปนเปื้อนหรือมีองค์ประกอบของสิ่งใดๆ ในลักษณะที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของประชาชนหรือสิ่งแวดล้อม
- เพิ่มอำนาจของ อปท. ในการออกข้อบัญญัติท้องถิ่น ซึ่งรวมถึงการกำหนดหลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขเกี่ยวกับการคัดแยก เก็บ ขนและกำจัดสิ่งปฏิกูลหรือมูลฝอย
- ห้ามมิให้ผู้ใดดำเนินกิจการรับทำการเก็บ ขน หรือกำจัดสิ่งปฏิกูลมูลฝอย โดยทำเป็นธุรกิจหรือโดยได้รับผลประโยชน์ตอบแทนด้วยการคิดค่าบริการ เว้นแต่จะได้รับใบอนุญาตจากเจ้าพนักงานท้องถิ่น

2.3.3 พระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535

สาระสำคัญ

- ควบคุมเรื่องต่างๆที่เกี่ยวข้อง กับการประกอบกิจการโรงงาน รวมทั้งควบคุมการกำจัดของเสีย สิ่งปฏิกูลและวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว
- ผู้ประกอบการกิจการโรงงานที่มีสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ต้องขออนุญาตก่อนและแจ้งรายละเอียดเกี่ยวกับชนิด ปริมาณ ลักษณะ คุณสมบัติ วิธีการเก็บและกำจัดต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรมทุกปี
- กำหนดหน้าที่และความรับผิดชอบของผู้ก่อเกิดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว ผู้รวบรวมขนส่งและผู้บำบัด/กำจัดสิ่งปฏิกูลหรือวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว

ข้อจำกัดของกฎหมาย/การนำมาใช้

- เน้นการควบคุมดูแลกากของเสียอุตสาหกรรมเป็นสำคัญ
- ปัจจุบันโรงงานที่รับของเสียอันตรายจากชุมชนมาจัดการ ไม่ถูกกำหนดให้ต้องรายงานข้อมูลต่อกรมโรงงานอุตสาหกรรม
- ไม่สามารถใช้บังคับกับกลุ่มชาวบ้านคัดแยกซากผลิตภัณฑ์ฯ ที่ไม่ได้จดทะเบียนโรงงาน

2.3.4 พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

สาระสำคัญ

- เป็นกฎหมายควบคุมวัตถุอันตรายซึ่งรวมถึงกากของเสีย ภายใต้คำว่า “ของเสียเคมีวัตถุ” โดยจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ที่ต้องได้รับอนุญาตจากพนักงานเจ้าหน้าที่ก่อนการผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครอง
- บัญชีรายชื่อวัตถุอันตรายรวมถึงเครื่องใช้ไฟฟ้าและรวมถึงอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้แล้วด้วย แต่มีประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม พ.ศ. 2546 ยกเว้นให้ผู้ผลิต ผู้ส่งออก ผู้มีไว้ในครอบครองและผู้ที่นำเข้าเพื่อการใช้สอยส่วนบุคคล (ไม่เกิน 2 เครื่องต่อหนึ่งรายการ) ไม่ต้องขึ้นทะเบียนและยื่นขออนุญาต ส่วนผู้นำเข้าเชิงพาณิชย์ต้องปฏิบัติตามหลักเกณฑ์และเงื่อนไขตามประกาศกรมโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2550

- ขอบเขตการควบคุมกว้างกว่า พ.ร.บ.โรงงาน โดยกำกับดูแลผู้ที่มีไว้ในครอบครองที่มิใช้โรงงาน จึงนำมาใช้กำกับดูแลการนำเข้า-ส่งออกและการขนส่งของเสียอันตราย

สำหรับหน่วยงานกำกับดูแลและกฎหมายหลักที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ฯ ในแต่ละขั้นของวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ครอบคลุมการจัดการตั้งแต่ต้นทางจนปลายทางดังแสดงในตารางที่ 2. 4

ตารางที่ 2.4 หน่วยงานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชุมชน

กลไกระดับนโยบาย/คณะกรรมการ		
การผลิต/นำเข้าผลิตภัณฑ์	**การจัดจำหน่าย/ จัดซื้อผลิตภัณฑ์**	**การใช้/การซ้อม/ใช้ซ้ำ ผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
- คณะกรรมการวัตถุอันตราย - คณะกรรมาการมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	- คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค - คณะกรรมาการมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	- คณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค - คณะกรรมาการมาตรฐานลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
การเก็บรวบรวม/ ขนส่งซากผลิตภัณฑ์/ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว	**การบำบัด/ถอด รื้อ/ คัดแยกผลิตภัณฑ์/ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**	**การรีไซเคิล/ กำจัดซากผลิตภัณฑ์/ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
- คณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ - คณะกรรมาการกรมควบคุมมลพิษ		
หน่วยงานกำกับดูแล(หลัก)		
การผลิต/นำเข้าผลิตภัณฑ์	**การจัดจำหน่าย/ จัดซื้อผลิตภัณฑ์**	**การใช้/การซ้อม/ใช้ซ้ำ ผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
- กรมโรงงานอุตสาหกรรม - สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม	- สมอ. - สำนักงานคณะกรรมการคุ้มครองผู้บริโภค (สคบ.)	- สมอ. - สคบ. - องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) หน่วยงานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชุมชน

หน่วยงานกำกับดูแล(หลัก)		
การเก็บรวบรวม/ขนส่งซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว	**การบำบัด/ถอด รื้อ/คัดแยกผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**	**การรีไซเคิล/กำจัดซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
- องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น		
กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (เฉพาะระดับพระราชบัญญัติ)		
การผลิต/นำเข้าผลิตภัณฑ์	**การจัดจำหน่าย/จัดซื้อผลิตภัณฑ์**	**การใช้/การซ้อม/ใช้ซ้ำผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
- พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 - พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2535 -พ.ร.บ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511	- พ.ร.บ. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม พ.ศ. 2511 -พ.ร.บ. คุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ.2522	<u>ช่วงการใช้งาน</u> - พ.ร.บ. คุ้มครองผู้บริโภค พ.ศ.2522 -พ.ร.บ. ความรับผิดต่อความเสียหายที่เกิดจากสินค้าที่ไม่ปลอดภัย พ.ศ. 2551 <u>กรณีร้านซ้อม/ชุมชนคัดแยกของเก่า</u> - พ.ร.บ. การสาธารณสุข พ.ศ. 2535
การเก็บรวบรวม/ขนส่งซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว	**การบำบัด/ถอด รื้อ/คัดแยกผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**	**การรีไซเคิล/กำจัดซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
<u>ภาพรวม</u> - พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมฯ พ.ศ.	<u>ภาพรวม</u> - พ.ร.บ. ส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมฯ พ.ศ.	<u>กรณีโรงงานรีไซเคิล</u> - พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2535 -พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) หน่วยงานและกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์และซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ชุมชน

กฎหมายที่เกี่ยวข้อง (เฉพาะระดับพระราชบัญญัติ)		
การเก็บรวบรวม/ขนส่งซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว	**การบำบัด/ถอด รื้อ/คัดแยกผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**	**การรีไซเคิล/กำจัดซากผลิตภัณฑ์/ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว**
2535 กรณีร้านค้าของเก่า/ซาเล้ง - พ.ร.บ. การสาธารณะสุข พ.ศ. 2535 - พ.ร.บ. ควบคุมการขายทอดตลาดและค้าของเก่า พ.ศ. 2474	2535 กรณีชุมชนคัดแยกของเก่า -พ.ร.บ. การสาธารณะสุข พ.ศ. 2535 กรณีโรงงานรีไซเคิล -พ.ร.บ. โรงงาน พ.ศ. 2535 -พ.ร.บ. วัตถุอันตราย พ.ศ. 2535	

ประเทศต่างๆทั้งประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศกำลังพัฒนาได้ให้ความสำคัญและตระหนักถึงผลกระทบเกี่ยวกับซากขยะอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว จะเห็นได้จากสหภาพยุโรปได้มีการประกาศใช้ระเบียบว่าด้วยเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE Directive) และระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารที่เป็นอันตรายบางประเภท RoHS (Restriction of the use of certain hazardous substances in electrical and electronic equipment) เช่นเดียวกับหลายมลรัฐในประเทศสหรัฐอเมริกาและประเทศแคนาดา เช่น แคลิฟอร์เนีย เมน อัลเบอต้า ออนทาริโอ ที่ได้ออกระเบียบเช่นเดียวกับสหภาพยุโรป ในเอเชีย ประเทศญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และไต้หวันก็มีการออกกฎหมายรีไซเคิลเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน ประเทศจีนเองก็มีการออกมาตรการทางการบริหารเรื่อง RoHS และWEEE ตามออกมา

2.3.5 สาระสำคัญของระเบียบ WEEE

ระเบียบ WEEE มีวัตถุประสงค์เพื่อวางมาตรการในการป้องกันการเพิ่มปริมาณของซากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ส่งเสริมการนำชิ้นส่วนหรือวัสดุกลับคืน (Recovery) และการใช้ซ้ำหรือการนำกลับมาใช้ใหม่ (Recycle/reuse) โดยผ่านระบบการรับคืน (Return) และการจัดเก็บรวบรวม (Collection) ของผู้ผลิต และเพื่อลดความเสี่ยงและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอันเกิดจากการกำจัดซาก WEEE ระเบียบนี้พัฒนาขึ้นโดยอาศัยหลักความรับผิดชอบของผู้ผลิต (The principle of producer responsibility) โดยสหภาพยุโรปใช้วิธีกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำในการจัดการเศษเหลือทิ้งของผลิตภัณฑ์และกำหนดเป้าหมายขั้นต่ำในการ Recovery/Re-use/Recycle และใช้กลไกตลาดเป็นเครื่องมือในการบังคับให้ผู้ผลิตหากลยุทธ์ ในการจัดการกับซากผลิตภัณฑ์ที่หมดอายุ ที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าที่สุด โดยการกำหนดให้ผู้ผลิตต้องเป็นผู้รับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดการทั้งหมด

ระเบียบนี้ครอบคลุมถึงผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 10 กลุ่ม ที่ผลิตขึ้นทั้งก่อนและหลังจากที่ระเบียบนี้จะมีผลบังคับใช้ ประเภทของผลิตภัณฑ์ทั้ง 10 กลุ่มที่จัดเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ได้สรุปในตารางที่ 2.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.5 กลุ่มผลิตภัณฑ์ที่ถูกควบคุมโดยกฎหมาย WEEE

กลุ่ม	กลุ่มผลิตภัณฑ์	การนำทรัพยากรกลับคืน* (recovery)	กาใช้ซ้ำและการนำวัสดุกลับมาใช้ใหม่* (re-use/recycle)
1	เครื่องใช้ขนาดใหญ่ที่ใช้ในครัวเรือน (Large household appliances)	80 %	75 %
2	เครื่องใช้ขนาดเล็กที่ใช้ในครัวเรือน (Small household appliances)	70 %	50 %
3	อุปกรณ์โทรคมนาคม (IT and Telecommunication equipment)	75 %	65 %
4	Consumer equipment เช่น โทรทัศน์ วิทยุ กล้องวีดีโอ	75 %	65 %
5	อุปกรณ์ให้แสงสว่าง (Lighting equipment)	70 %	50 %
6	เครื่องมือไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and electronic tools)	70 %	50 %
7	ของเล่นเด็ก (Toys) เครื่องเล่นเพื่อความบันเทิงและเครื่องกีฬา	70 %	50 %
8	อุปกรณ์การแพทย์	ยังไม่กำหนด	ยังไม่กำหนด
9	เครื่องมือวัดหรือควบคุมต่างๆ (Monitoring and control instruments)	70 %	50 %
10	อุปกรณ์ขายของอัตโนมัติ (Automatic dispensers)	80 %	75 %

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.3.6 สาระสำคัญของระเบียบ RoHS (Restriction of Hazardous Substances)

ระเบียบ RoHS เป็นระเบียบที่มุ่งเน้นการจำกัดการใช้สารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่ต้นเหตุ โดยจำกัดการใช้สารอันตรายบางประเภทในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ และทำให้การนำทรัพยากรกลับคืนและการทิ้งซากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าฯ ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ระเบียบนี้ครอบคลุมผลิตภัณฑ์เดียวกับ WEEE ยกเว้นเฉพาะผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในกลุ่ม 8 และ 9 (เครื่องมือแพทย์และเครื่องมือวัดและควบคุม ตามลำดับ) โดยระเบียบนี้เสนอให้ใช้อื่นทดแทน สารตะกั่ว สารปรอท สารแคดเมียม สารโครเมียม-เฮกซะวาเลนซ์ (Cr-VI) สารโพลิโบรมิเนท-ไบฟีนิล (PolyBrominated Biphynyles ; PBB) และ สารโพลิโบรมิเนท-ไดฟีนิล-อีเทอร์ (PolyBrominated DiphynylEthers ; PBDE) ใน ผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าฯ ตามข้อกำหนดของ RoHS กำหนดน้ำหนักของสารที่จำกัดปริมาณไว้ 6 ชนิด ดังตารางที่ 2. 6 แต่มีข้อยกเว้นสารตะกั่ว ปรอท แคดเมียม และ โครเมียม-เฮกซะวาเลนซ์ (Cr- VI) ในผลิตภัณฑ์บางชนิดดังนี้

1) ปรอท

- สารปรอท ใน Compact fluorescent lamps ในปริมาณไม่เกิน 5 มิลลิกรัมต่อหลอด
- สารปรอท ในหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบตรงสำหรับใช้งานทั่วไป โดย
    - หลอดที่ใช้ Halophosphate ให้มีปรอทได้ไม่เกิน 10 มิลลิกรัมต่อหลอด
    - Triphosphate ที่มีช่วงชีวิตปกติ ไม่เกิน 5 มิลิกรัมต่อหลอดและ
    - Triphosphate ที่มีช่วงชีวิตยาว ไม่เกิน 8 มิลิกรัมต่อหลอด
- สารปรอท ในหลอดหลอดฟลูออเรสเซนต์ แบบตรง สำหรับใช้งานพิเศษ
- สารปรอท ในหลอดไฟที่ไม่ได้กล่าวในที่นี้

2) ตะกั่ว

- สารปรอท ในหลอดไฟที่ไม่ได้กล่าวในที่นี้
- สารตะกั่ว ที่ผสมในแก้วของ หลอดภาพ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และ หลอดฟลูออเรสเซนต์
- สารตะกั่ว ที่ใช้ในโลหะอัลลอย (alloying element)
    - ในอลูมิเนียม ให้มีปริมาณตะกั่วได้ไม่เกิน 0.4% โดยน้ำหนัก

- และในทองแดง ให้มีที่มีปริมาณตะกั่วได้ไม่เกิน 4% โดยน้ำหนัก
- ในเหล็ก ให้ที่มีปริมาณตะกั่วได้ไม่เกิน 0.35% โดยน้ำหนัก

- สารตะกั่วในสารบัดกรีชนิดจุดหลอมเหลวสูง ตะกั่วบัดกรีใน เครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย หน่วยเก็บข้อมูล และชุดเก็บข้อมูล (ได้รับการยกเว้นถึงปี ค.ศ. 2010) ตะกั่วบัดกรีในระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับสวิทช์ชิ่ง ให้สัญญาณ ส่งผ่านข้อมูล รวมถึงการบริหารเครือข่ายในการสื่อสาร และสารตะกั่ว ในชิ้นส่วนเซรามิกส์อิเล็กทรอนิกส์

3) แคดเมียม

- สารแคดเมียม ในการเคลือบผิวหน้าเพื่อป้องกันการกัดกร่อนในการใช้งานบางประเภท

4) โครเมียม

- สารโครเมียม-เฮกซะวาเลนซ์ ในการป้องกันการกัดกร่อนเหล็กคาร์บอนในระบบหล่อเย็นใน Absorption Refrigerators

ชนิดของสารอันตรายที่ห้ามใช้ รวมถึงรายการข้อยกเว้นที่ได้มีการระบุในระเบียบนี้ อาจมีการเพิ่มหรือลด ได้อีกในอนาคตทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในสาขาที่เกี่ยวข้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.6 ข้อกำหนดสารพิษในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ตามระเบียบ RoHS

สารพิษ	ความเข้มข้น
ตะกั่ว (Pb)	ไม่เกิน 0.1% (1000 มก./กก.)
ปรอท (Hg)	ไม่เกิน 0.1% (1000 มก./กก.)
แคดเมี่ยม (Cd)	ไม่เกิน 0.01% (100 มก./กก.)
โครเมี่ยม (VI) (Cr^{6+})	ไม่เกิน 0.1% (1000 มก./กก.)
โพลีโบรมิเนต ไบเฟนนิลส์ (PBB)	ไม่เกิน 0.1% (1000 มก./กก.)
โพลีโบรมิเนต ไดเฟนนิลอีเธอร์ (PBDE)	ไม่เกิน 0.1% (1000 มก./กก.)

ที่มา http://www.thairohs.org

ปัจจุบันกรมควบคุมมลพิษภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมกำลังมีความพยายามผลัดดันเพื่อให้เกิดกฎหมายที่จะมาควบคุมและจัดการกับของเสียอันตรายที่เกิดขึ้นโดยเฉพาะ โดยร่างกฎหมายดังกล่าวรียกว่า “ร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และซากผลิตภัณฑ์อื่น พ.ศ. ...” โดยอาศัยหลักการการมีส่วนร่วมของทุกภาคส่วนควบคู่กับความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต (Extended Producer Responsibility: EPR) ที่ให้ผู้ผลิตรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ซึ่งจะช่วยผลักดันให้ผู้ผลิตปรับปรุงการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น อันเป็นการสนับสนุนการผลิตและการบริโภคอย่างยั่งยืน จึงจำเป็นต้องตราพระรายบัญญัตินี้ (กรมควบคุมมลพิษ, 2557)

<u>แนวคิดความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต</u>

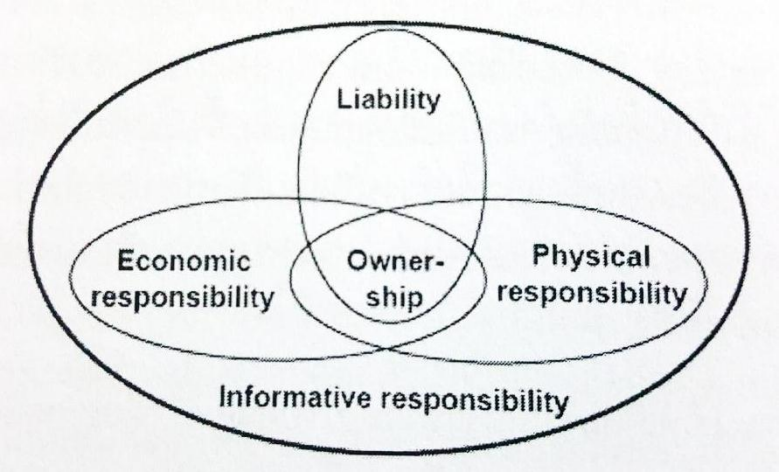
แนวคิดความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต (Extended Producer Responsibility: EPR) เป็นแนวคิดที่ปรากฏในตัวบทกฎหมายและกฎระเบียบว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์หลายประเภทในต่างประเทศ EPR เป็นหลักการของนโยบายสิ่งแวดล้อมที่เน้นการป้องกันตั้งแต่ต้นทาง ด้วยความตระหนักว่าปัญหาการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ เป็นผลพวงของการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้คำนึงถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อผลิตภัณฑ์หมดอายุการใช้งาน แนวคิดหรือหลักการ EPR จึงระบุให้ผู้ผลิตและผู้บริโภค ควรจะต้องรับผิดชอบเมื่อผลิตภัณฑ์กลายเป็นซากที่ผู้ใช้ไม่ต้องการ แทนที่จะปล่อยให้เป็นหน้าที่ของรัฐบาลท้องถิ่นเช่นที่เคยเป็นมา เนื่องจากผู้ผลิตเป็นผู้ที่สามารถแก้ไขการออกแบบผลิตภัณฑ์และระบบการกระจายสินค้าที่เอื้ออำนวยต่อการนำทรัพยากรกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยความรับผิดชอบของผู้ผลิตประกอบไปด้วยความรับผิดชอบใน 4 ด้าน (Lindhqvist, 2000) ได้แก่

1) การรับผิดชอบทางกฎหมาย (liability) หมายถึง ความรับผิดชอบทางแพ่งของผู้ผลิตผลิตภัณฑ์เพื่อชดใช้ความเสียหายที่เกิดจากการกระทำของผู้ผลิต

2) ความรับผิดชอบทางเศรษฐศาสตร์/ทางการเงิน (economic/financial responsibility) หมายถึง ความรับผิดชอบค่าใช้จ่ายทั้งหมดหรือบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับซากผลิตภัณฑ์ฯ เช่น การจ่ายค่ารวบรวม ค่าขนส่ง ค่าบำบัดหรือค่ากำจัดซากผลิตภัณฑ์ฯ

3) ความรับผิดชอบทางกายภาพ (physical responsibility) หมายถึง ความรับผิดชอบในส่วนของการจัดการทางกายภาพ กล่าวคือ ผู้ผลิตรับผิดชอบที่จะดำเนินการต่างๆในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ หรือลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นจากซากผลิตภัณฑ์ฯ เช่น การรวบรวม เก็บขน บำบัดหรือกำจัดซากผลิตภัณฑ์ฯ การบำบัดการปนเปื้อนในดิน มลพิษทางอากาศหรือทางน้ำที่เกิดจากการกำจัดซากผลิตภัณฑ์ การกำกับดูแลให้เป็นไปตามเป้าหมายการรีไซเคิลซึ่งถือเป็นส่วนหนึ่งของการรับผิดชอบทางกายภาพ

4) ความรับผิดชอบด้านข้อมูลข่าวสาร (informative responsibility) หมายถึง ความรับผิดชอบในการแสดงข้อมูลด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ที่อาจมีผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อม เพื่อสร้างความตระหนักให้ผู้บริโภค เช่น การแสดงตำแหน่งของสารอันตรายในผลิตภัณฑ์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.14 องค์ประกอบความรับผิดชอบของผู้ผลิต
ที่มา: (Lindhqvist, 2000)

แนวคิดการออกกฎหมาย EPR ที่ควบคุมซากผลิตภัณฑ์ไม่ใช่เรื่องใหม่ หลายประเทศได้ออกกฎหมายในลักษณะนี้แล้ว เช่นไต้หวัน เกาหลีใต้ เวียดนาม ในส่วนของเวียดนามเป็นประเทศแรกในอาเซียนที่ได้ออกกฎหมายที่ใช้หลักการ EPR มาจัดการกับขยะหรือซากผลิตภัณฑ์ที่เป็นของเสียอันตราย ในส่วนของรูปแบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์แบบ EPR นั้น อาจแบ่งได้เป็นสองรูปแบบใหญ่ คือ รูปแบบที่ให้ผู้ผลิตรับผิดชอบการพัฒนาระบบเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ทั้งทางกายภาพและทางการเงินหรือที่เรียกว่า “FULL EPR” อย่างเช่นกฎระเบียบของสหภาพยุโรป (WEEE Directive) อีก

รูปแบบหนึ่งคือรูปแบบที่ให้ผู้ผลิตรับผิดชอบเฉพาะทางการเงิน โดยจ่ายค่าธรรมเนียมเข้ากองทุนของรัฐ จากนั้นกองทุนจะนำเงินที่ได้ไปอุดหนุนการเก็บรวบรวมและการรีไซเคิลซากผลิตภัณฑ์ จึงเรียกรูปแบบที่สองนี้ว่า รูปแบบกองทุนของรัฐ (Governmental Fund) หรือบางครั้งเรียกว่า “Partial EPR” (สุจิตรา วาสนาดำรงดี, 2559)

ตารางที่ 2.7 วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของรูปแบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ

	รูปแบบ Full EPR	รูปแบบกองทุนของรัฐ (Partial EPR)
จุดแข็ง	1) ผู้ผลิตรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯที่เกิดขึ้นเอง ทำให้การจัดการมีประสิทธิภาพ 2) ผลักดันให้ผู้ผลิตมีการออกแบบและผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมมากขึ้น 3) เป็นระบบที่นิยมในต่างประเทศ ทำให้ผู้ผลิตไม่ต้องปรับตัวมาก 4) ผู้ผลิตสามารถออกแบบระบบการเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ฯที่หลากหลาย เหมาะสมกับกลยุทธ์ทางการตลาดและประเภทผลิตภัณฑ์ สามารถเน้นการรณรงค์หรือสร้างแรงจูงใจเรื่องการให้ส่วนลดซื้อผลิตภัณฑ์ใหม่ (หรือบริการรับของเก่ามาจัดการ) กับกลุ่มลูกค้าองค์กร(บริษัท ห้างร้าน โรงงาน) 5) ระบบการจัดการมีความยืดหยุ่นมากกว่าในการปรับตัวตามการเปลี่ยนแปลงของประเภทผลิตภัณฑ์ฯในตลาด	1) มีระบบการจัดการเพียงระบบเดียวง่ายต่อการสื่อสารทำความเข้าใจกับผู้ผลิตและผู้บริโภค 2) มีหลักประกันว่าซากผลิตภัณฑ์ฯ จะได้รับการจัดการเนื่องจากมีการเก็บค่าธรรมเนียมไว้ก่อนแล้ว 3) กำหนดเงินอุดหนุนที่แน่นอน สร้างความมั่นใจให้กับโรงงานรีไซเคิล 4) ในกรณีที่กฎหมายเปิดให้ค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์สามารถรวมอยู่ในค่าใช้จ่ายในการซื้อคืนซากผลิตภัณฑ์ฯ จากผู้บริโภคได้ กองทุนสามารถใช้กลไกรับซื้อคืนซึ่งจะช่วยเพิ่มปริมาณซากผลิตภัณฑ์ฯ ที่จะเข้าสู่ระบบการจัดการอย่างถูกต้องได้ (ทั้งนี้การใช้กลไกรับซื้อคืนต้องดำเนินการควบคู่ไปกับการสร้างความตระหนักให้กับประชาชนถึงต้นทุนสิ่งแวดล้อมจากการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯอย่างไม่ถูกต้องด้วย)

ที่มา: ปรับจากกรมควบคุมมลพิษ (2557)

ตารางที่ 2.7 (ต่อ) วิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนของรูปแบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ

	รูปแบบ Full EPR	รูปแบบกองทุนของรัฐ (Partial EPR)
จุดอ่อน	1) ผู้ผลิตและผู้นำเข้ามีจำนวนมาก รวมตัวกันได้ยาก (ในทางปฏิบัติ หากสามารถผลักดันให้ผู้ประกอบการรายใหญ่ไม่กี่รายที่มีส่วนแบ่งตลาดรวมกันมากกว่าร้อยละ 70 จัดระบบการเก็บรวบรวม ก็สามารถเริ่มดำเนินการได้) 2) ขาดหน่วยงาน/องค์กรกลางที่จะเป็นผู้บริหารจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ (จุดอ่อนนี้ แก้ได้โดยให้กฎหมายกำหนดให้มีการจัดตั้งสมาคมฯ ขึ้นมาเป็นการเฉพาะเพื่อสนับสนุนให้เกิดการรวมกลุ่มกัน) 3) ความไม่แน่นอนของเงินอุดหนุนที่จะจ่ายให้กับโรงงานรีไซเคิล	1) ในแง่การพัฒนากฎหมายและการดำเนินงานจะต้องเกี่ยวพันกับหน่วยงานต่าง ๆ มากมาย และต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของการปรับแก้กฎหมายให้เอื้อต่อการพัฒนาระบบการจัดเก็บค่าธรรมเนียมและการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ 2) ประสิทธิภาพในการใช้จ่ายเงินกองทุนด้อยกว่าระบบ EPR มีค่าโสหุ้ย (Transaction cost) ที่สูงกว่าเนื่องจากต้องเกี่ยวพันกับหน่วยงานต่างๆดังกล่าวข้างต้น และต้องอาศัยระบบการติดตามตรวจสอบอย่างเข้มงวดซึ่งทำให้มีค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ค่อนข้างสูง 3) หากผู้ผลิตและผู้นำเข้ามีหน้าที่เพียงการจ่ายเงินค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์ฯ จะไม่ก่อให้เกิดแรงจูงใจให้มีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมหรือง่ายต่อการรีไซเคิล (เว้นแต่มีบทบัญญัติที่สร้างแรงจูงใจ เช่น การ 4) ยกเว้นหรือลดหย่อนค่าธรรมเนียมกรณีที่เป็นผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม) 5) ระบบการจัดการมีความยืดหยุ่นน้อยกว่าในแง่การจัดเก็บค่าธรรมเนียมผลิตภัณฑ์ฯและเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ 6) ปัญหาความโปร่งใสในการใช้จ่ายเงินกองทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.8 ตัวอย่างกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ในต่างประเทศ

ประเทศ	กฎหมายหลัก	รูปแบบการจัดการและผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม
สหภาพยุโรป	• WEEE Directive 2002 (ประกาศ 13 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2003 มีผลบังคับใช้ (อนุวัตร) ตั้งแต่ 13 สิงหาคม ค.ศ. 2004) • WEEE Directive (recast), 2012 (ประกาศ 24 กรกฎาคม ค.ศ. 2012 มีบังคับใช้ (อนุวัตร) ตั้งแต่ 14 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2014)	รูปแบบ Full EPR ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: 10 กลุ่มผลิตภัณฑ์ 1) เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนขนาดใหญ่ 2) เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือนขนาดเล็ก 3) อุปกรณ์สารสนเทศและสื่อสาร 4) อุปกรณ์เพื่อความบันเทิงของผู้บริโภค 5) อุปกรณ์ให้แสงสว่าง 6) อุปกรณ์ช่าง 7) ของเล่น อุปกรณ์สันทนาการและกีฬา 8) อุปกรณ์ทางการแพทย์ 9) เครื่องมือตรวจสอบ 10) ตู้อัตโนมัติ
สหรัฐอเมริกา	ไม่มีกฎหมายระดับรัฐบาลกลาง ตัวอย่างกฎหมายระดับมลรัฐ • แคลิฟอร์เนีย Electronic Waste Recycling Act (ประกาศ 24 กันยายน ค.ศ. 2003) • มินเนโซต้า Video Display and Electronic Device Collection and Recycling, 115A.1310-1330 ค.ศ.2007	• แคลิฟอร์เนีย รูปแบบกองทุนของรัฐ ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: หลอดภาพ CRT (โทรทัศน์ คอมพิวเตอร์ และเครื่องเล่นภาพแบบพกพา) ที่มีขนาดใหญ่ 4 นิ้ว (ตามแนวทแยง) • มินเนโซต้า รูปแบบ Full EPR ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: โทรทัศน์และคอมพิวเตอร์ โทรสาร เครื่องเล่น DVD เครื่องบันทึกเทปวิดีโอ และอุปกรณ์จอภาพที่ขายให้กับครัวเรือน

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) ตัวอย่างกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ในต่างประเทศ

ประเทศ	กฎหมายหลัก	รูปแบบการจัดการและผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม
จีน	Ordinance on the Administration of the Recovery and Disposal of Waste Electronic and Electrical Products (China WEEE) (ประกาศ 25 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 2009 มีผลบังคับใช้ 1 มกราคม ค.ศ. 2011)	รูปแบบกองทุนของรัฐ ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์ (รวมแท็บเล็ตพีซี)
อินเดีย	E-waste (Management and Handling) Rules, 2011) ภายใต้ Environment (Protection) Act, No.29 of 1986 (ประกาศ 12 พฤษภาคม ค.ศ. 2011 มีผลบังคับใช้ 1 พฤษภาคม ค.ศ. 2012)	รูปแบบ Full EPR ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: 1) กลุ่มอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศ (คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ รวมทั้งตลับหมึก โทรศัพท์ทุกชนิด) 2) กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน (โทรทัศน์ ตู้เย็น เครื่องซักผ้า เครื่องปรับอากาศ)
ญี่ปุ่น	กฎหมายพื้นฐาน Fundamental Law for Establishing a Sound Material-Cycle Society (มกราคม ค.ศ. 2001) กฎหมายเฉพาะ • Specified Home Appliances Recycling Law (SHARL) (ประกาศ 5 มิถุนายน ค.ศ. 1998 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 1 เมษายน ค.ศ. 2001)	SHARL: รูปแบบ Full EPR ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: เครื่องใช้ไฟฟ้าครัวเรือนขนาดใหญ่ได้แก่ โทรทัศน์ จอ CRT ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องซักผ้า เครื่องอบผ้า โทรทัศน์ จอ LCD และ Plasma LPEUR: รูปแบบ Full EPR แบบสมัครใจ ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลและแบตเตอรี่ขนาดพกพาที่อัด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) ตัวอย่างกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ในต่างประเทศ

ประเทศ	กฎหมายหลัก	รูปแบบการจัดการและผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม
ญี่ปุ่น (ต่อ)	• Law for Promotion of Effective Utilization of Resources (LPEUR)	ประจุใหม่ได้ LRSEEA: ท้องถิ่นรับผิดชอบหลัก ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: ซากผลิตภัณฑ์ฯเกือบทุกชนิดที่ไม่ได้ถูกควบคุมโดยกฎหมาย SHARL และ LPEUR โดยรัฐบาลกลางจะประกาศรายชื่อประเภทผลิตภัณฑ์พื้นฐาน แต่รัฐบาลท้องถิ่นมีอำนาจที่จะเลือกกำหนดประเภทผลิตภัณฑ์ที่จะเก็บรวบรวมได้
เกาหลีใต้	• Act on the Promotion of Saving and Recycling of Resources (APSRR) 1992 และฉบับแก้ไขปี ค.ศ.2002 • Act for Resource Recycling of Electrical and Electronic Equipment and Vehicles	เริ่มจากรูปแบบมัดจำคืนเงินแล้วปรับเป็น Full EPR APSRR (1992) ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: 11 ประเภท ได้แก่ โทรทัศน์ เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ คอมพิวเตอร์หลอดฟลูออเรสเซนท์ เครื่องเสียง โทรศัพท์มือถือ เครื่องพิมพ์ เครื่องถ่ายเอกสาร เครื่องแฟกซ์ นอกจากนี้ยังควบคุมผลิตภัณฑ์อื่นๆที่เป็นบรรจุภัณฑ์และของเสียอันตรายชุมชน ARREEEV (2007) ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ทุกประเภท และยานพาหนะสี่ล้อทั่วไปได้แก่ รถยนต์ส่วนบุคคล รถตู้ไม่เกิน 9 ที่นั่งและรถบรรทุกขนาดเล็ก

ตารางที่ 2.8 (ต่อ) ตัวอย่างกฎหมายว่าด้วยการจัดการซากผลิตภัณฑ์ฯ ในต่างประเทศ

ประเทศ	กฎหมายหลัก	รูปแบบการจัดการและผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม
ไต้หวัน	Waste Disposal Act 1987 และฉบับแก้ไข ค.ศ. 1997	เริ่มจากรูปแบบ Full EPR แล้วปรับเป็นรูปแบบกองทุนรัฐ ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: 14 กลุ่มผลิตภัณฑ์ในส่วนซากผลิตภัณฑ์ฯได้แก่ กลุ่มอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และสารสนเทศ (คอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ Hard disk drive ฯลฯ) กลุ่มเครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน (โทรทัศน์ เครื่องซักผ้า ตู้เย็น เครื่องปรับอากาศ พัดลม) และกลุ่มอุปกรณ์ให้แสงสว่าง
เวียดนาม	Decision No.50/2013 of Prime Minister on Prescribing Retrieval and Disposal of Discarded Products (ประกาศ 9 สิงหาคม ค.ศ. 2013 มีผลบังคับใช้ 25 กันยายน ค.ศ. 2013)	รูปแบบ Full EPR ผลิตภัณฑ์ที่ควบคุม: 6 กลุ่มผลิตภัณฑ์ได้แก่ 1) แบตเตอรี่ 2) อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ 3) สารเคมีในอุตสาหกรรม การเกษตร การประมง และยาที่ใช้ในมนุษย์ 4) สารหล่อลื่นและน้ำมัน 5) ยางรถยนต์ 6) ยานพาหนะ

ที่มา: ปรับจากกรมควบคุมมลพิษ (2557)

2.3.7 แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับพฤติกรรมของผู้บริโภค

2.3.7.1 ความหมายของพฤติกรรม

(Goldenson, 1984) ได้ให้คำจำกัดความว่า พฤติกรรมเป็นการกระทำหรือการตอบสนองการกระทำทางจิตวิทยาของแต่ละบุคคล และเป็นปฏิสัมพันธ์ในการตอบสนองต่อสิ่งกระตุ้นภายในหรือภายนอก รวมทั้งเป็นกิจกรรมการกระทำต่าง ๆ ที่เป็นไปอย่างมีจุดมุ่งหมาย

(Martin Garry, 1996) ได้ให้คำจำกัดความว่า พฤติกรรมคือ กิจกรรม การกระทำ การแสดงออก การตอบสนอง ความรับผิดชอบ และการโต้ตอบ พฤติกรรมเป็นสิ่งที่บุคคลจะแสดงออกมาทั้งการพูดหรือการกระทำตลอดจนให้ทัศนะว่าสิ่งแวดล้อมเป็นสำเหตุของพฤติกรรม

(สิทธิโชค วรานุสันติกุล, 2546) ให้ความหมายพฤติกรรม คือ การกระทำของสิ่งมีชีวิตโดยที่รู้สึกตัว และไม่รู้สึกตัวในลักษณะที่สังเกตได้หรือไม่ก็ตามถือว่าเป็นการกระทำทั้งสิ้น

(วิมลสิทธิ์ หรยางกูร, 2526) กล่าวว่า พฤติกรรมมนุษย์นั้นมีความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมทางจิต หรือพฤติกรรมภายใน ได้แก่ ความคิด ทัศนคติ ความรู้สึก ความเชื่อ จะทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมภายนอก

จากความหมายต่าง ๆ ของพฤติกรรมที่นำมากล่าวไว้ข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พฤติกรรมคือการแสดงออกซึ่งการกระทำ ของมนุษย์ที่สังเกตเห็นได้จากภายนอก มีรากฐานจากความรู้ ความเชื่อ ทัศนคติส่วนบุคคล โดยพฤติกรรมที่แสดงออกจะถูกควบคุม สั่งการด้วยระบบจารีต ขนบธรรมเนียมประเพณี กฎระเบียบ และข้อบังคับต่างๆ (รุ่งกิจ บูรณ์เจริญ, 2554)

2.3.7.2 สิ่งที่กำหนดพฤติกรรม

สิ่งที่มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของมนุษย์มีหลายประการ (ชุดา จิตพิทักษ์, 2525) ซึ่งอาจจำแนกได้ 2 ประการ คือ

1) ลักษณะนิสัยส่วนตัว ได้แก่

1.1) ความเชื่อ หมายถึง การที่บุคคลคิดถึงอะไรก็ได้ในแง่ของข้อเท็จจริง ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องถูกหรือผิดเสมอไป ความเชื่ออาจมาโดยการเห็น การบอกเล่า การอ่าน รวมทั้งการคิดขึ้นมาเอง

1.2) ค่านิยม หมายถึง สิ่งที่คนนิยมยึดถือประจำใจที่ช่วยตัดสินใจในการเลือก

1.3) ทัศนคติหรือเจตคติ มีความเกี่ยวข้องกับพฤติกรรมของบุคคล กล่าวคือ ทัศนคติเป็นแนวโน้มหรือขั้นเตรียมพร้อมของพฤติกรรมและถือว่าทัศนคติมีความสำคัญในการกำหนดพฤติกรรมของสังคม

1.4) บุคลิกภาพ เป็นสิ่งกำหนดว่าบุคคลหนึ่งจะทำอะไร ถ้าเขาตกอยู่ในสถานการณ์หนึ่ง เป็นสิ่งที่บอกว่าบุคคลจะปฏิบัติอย่างในสถานการณ์หนึ่ง ๆ

2) กระบวนการอื่น ๆ ทางสังคม ได้แก่

2.1) สิ่งกระตุ้นพฤติกรรม (Stimulus object) และความเข้มข้นของสิ่งกระตุ้นพฤติกรรม ลักษณะนิสัยของบุคคล คือ ความเชื่อ ค่านิยม ทัศนคติ บุคลิกภาพ มีอิทธิพลต่อพฤติกรรมก็จริง แต่พฤติกรรมจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าไม่มีสิ่งกระตุ้นพฤติกรรม ซึ่งเป็นปัจจัยภายในบุคคล ได้แก่ การสะสมความรู้ ประสบการณ์ในเรื่องต่าง ๆ ที่เคยได้รับหรืออาจได้รับจากภายนอก อาทิ จากข่าวสาร คำบอกเล่าของบุคคล เป็นต้น

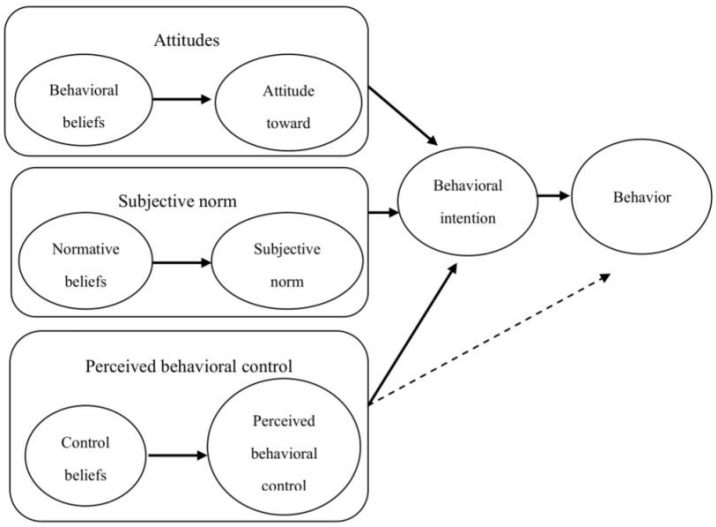
2.2) สถานการณ์ (Situation) หมายถึง สิ่งแวดล้อมทั้งที่เป็นบุคคล ไม่ใช่บุคคลซึ่งอยู่ในสภาวะที่บุคคลกำลังจะมีพฤติกรรม

สรุปได้ว่าสิ่งที่กำหนดพฤติกรรมจากความหมายที่ให้ไว้ข้างต้น สามารถอธิบายได้ว่าพฤติกรรมจะเกิดขึ้นไม่ได้ถ้าหากขาดสิ่งกระตุ้นพฤติกรรมซึ่งไม่ว่าจะเป็น ความเชื่อ ค่านิยม ทัศนคติ และบุคลิกภาพของบุคคล สิ่งเหล่านี้ล้วนเกิดจากกระบวนการขัดเกลาทางสังคม หรือในชื่อเรียกที่คล้ายกันว่า “Socialization” รวมทั้งลักษณะที่เกิดขึ้นในทางสภาพแวดล้อมที่เรียกว่า ประสบการณ์ ซึ่งในกระบวนการดังกล่าวข้างต้น จะเป็นตัวกำหนดพฤติกรรมหรือการกระทำของมนุษย์นั้นเอง (ชุดา จิตพิทักษ์, 2525)

2.3.7.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวกับพฤติกรรม

1) Theory of Planned Behavior

ทฤษฎีพฤติกรรมตามแผน เป็นทฤษฎีที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายสำหรับการศึกษาทัศนคติ และอิทธิพลของทัศนคติที่มีต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เป็นทฤษฎีที่เป็นผลจากการพัฒนาเพิ่มเติมจาก The Theory of Reasoned Action (TRA) หลักการของ Theory of Planned Behavior กล่าวว่าการแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ (Human behavior) จะได้รับอิทธิพลจากความตั้งใจแสดงพฤติกรรม (Behavioral intention) และสิ่งที่มีอิทธิพลต่อความตั้งใจแสดงพฤติกรรมนั้นประกอบด้วยปัจจัยหลัก 3 ประการได้แก่ ทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม (Attitudes towards the behavior) บรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรม (Subjective norm about the behavior) และการรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมของตนเองในการแสดงพฤติกรรมใดๆ (Perceived behavioral control of the behavior) โดยการรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมนี้ยังมีอิทธิพลโดยตรงต่อพฤติกรรมด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยตามทฤษฎี Theory of Planned Behavior ตามที่กล่าวข้างต้นแสดงในภาพของแบบจำลอง ดังภาพที่ 2.15



ภาพที่ 2.15 แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยใน The Theory of Planned Behavior
ที่มา: (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

จากภาพที่ 2.15 ทัศนคติที่มีต่อพฤติกรรม คือ การประเมินของบุคคลที่มีต่อภาพรวมของพฤติกรรมใดๆ ซึ่งเกิดจากความเชื่อเกี่ยวกับผลที่น่าจะตามมาจากพฤติกรรม (Behavioral beliefs) และการประเมินหรือตัดสินผลที่ตามมานั้นไม่ว่าจะเป็นทางบวกหรือลบ ถ้าผลการประเมินของบุคคลต่อผลที่ตามมาเป็นบวก บุคคลนั้นก็จะมีทัศนคติที่ดีต่อพฤติกรรมนั้น ในทางตรงข้ามถ้าผลการประเมินเป็นลบ บุคคลนั้นก็จะมีทัศนคติที่ไม่ดีต่อพฤติกรรมดังกล่าวบรรทัดฐานของบุคคลเกี่ยวกับพฤติกรรม (Subjective norm) คือ การรับรู้ของบุคคลเกี่ยวกับความคาดหวัง หรือความต้องการของสังคมที่มีต่อบุคคลนั้น ในการที่จะกระทำ หรือไม่กระทำ พฤติกรรมใดๆ ซึ่งเกิดจากความเชื่อของบุคคลต่อความต้องการของสังคม (Norm active beliefs) โดยเฉพาะอย่างยิ่งคนใกล้ชิดกับบุคคลนั้น อาทิ คนในครอบครัว เป็นต้น ที่ต้องการจะให้บุคคลนั้นแสดงพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง และการประเมินหรือตัดสินความเชื่อนั้นไม่ว่าจะเป็นทางบวกหรือลบ ปัจจัยสุดท้าย ได้แก่ การรับรู้ถึงการควบคุมพฤติกรรมของตนเองในการแสดงพฤติกรรมใดๆ (Perceived behavioral control) คือความรู้สึกยากหรือง่ายในการแสดงพฤติกรรมใดๆ ซึ่งเกิดจากความเชื่อของบุคคลที่มีต่อปัจจัยที่อาจส่งเสริมหรือขัดขวางการแสดงพฤติกรรมนั้น (Control beliefs) และการรับรู้ถึงกำลังของปัจจัยดังกล่าวที่มีต่อความเชื่อมั่นที่จะทำให้บุคคล สามารถแสดงพฤติกรรมได้หรือไม่ เนื่องจากทัศนคติและพฤติกรรมของมนุษย์นั้น มีความไม่แน่นอนสูง ด้วยเหตุนี้การศึกษางานทางด้านเกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์ควรทำการศึกษาค้นคว้าแนวคิด ทฤษฎีต่าง ๆ เกี่ยวกับ พฤติกรรมให้ครอบคลุมประเด็นที่จะศึกษาอย่างกว้างขวาง เพื่อให้สามารถนาไปอธิบายการเกิดพฤติกรรมได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น

2) The Theories of Habit

พฤติกรรมเคยชิน (Habitual behavior) เป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการนำแบบจำลอง Theory of Planned Behavior (TPB) มาอธิบายการเปลี่ยนแปลงหรือแสดงพฤติกรรมของมนุษย์ เนื่องจากการแสดงพฤติกรรมหรือการเปลี่ยนพฤติกรรมตามหลักการของ TPB นั้น เกิดจากกระบวนการคิดและตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุปัจจัย โดยผ่านการควบคุมของจิตรู้สำนึก (Consciousness) ขณะที่การแสดงพฤติกรรมของบุคคลอันเกิดจากอิทธิพลของพฤติกรรมเคยชินนั้น เป็นไปอย่างอัตโนมัติ โดยไม่ต้องผ่านกระบวนการตัดสินใจแต่อย่างใด จากคุณสมบัติดังกล่าวของพฤติกรรมเคยชิน การวิเคราะห์พฤติกรรมของบุคคล โดยละเลยการพิจารณาอิทธิพลของพฤติกรรมเคยชิน จึงอาจทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการอธิบายพฤติกรรม

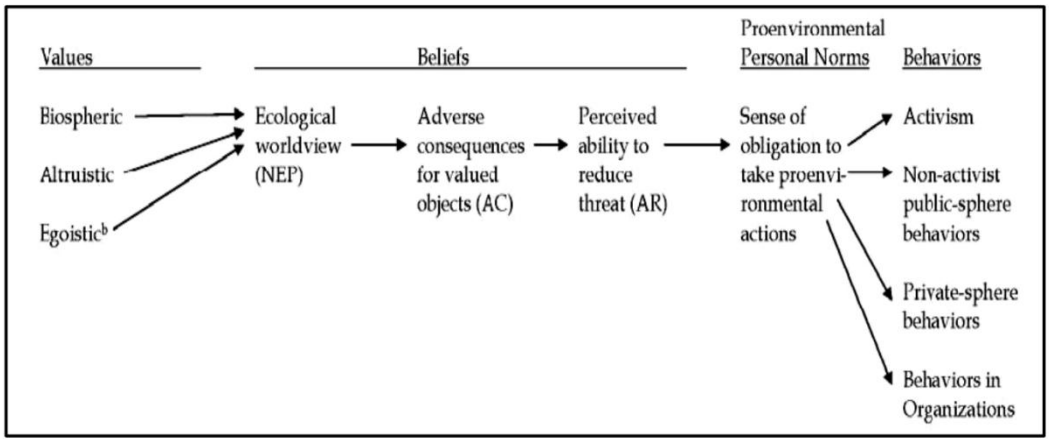
ของกลุ่มเป้าหมายได้ พฤติกรรมเคยชินของบุคคลเกิดจากเหตุปัจจัย 3 ประการ ประการแรก ได้แก่ พฤติกรรมที่ปฏิบัติซ้ำ (Repeated behavior) พฤติกรรมใดจะถูกพัฒนาเป็นพฤติกรรมเคยชินได้นั้น จะต้องถูกปฏิบัติอย่างบ่อยครั้งและต่อเนื่อง ประการที่สอง พฤติกรรมที่ปฏิบัติซ้ำนั้น จะต้องปฏิบัติอย่างสม่ำเสมอในสภาวะแวดล้อมหรือบริบทที่เหมือนเดิม ซึ่งอาจเรียกได้ว่ามี ความสอดคล้องกันของสถานการณ์ที่ทำให้เกิดการแสดงพฤติกรรมในแต่ละครั้ง และประการที่สาม พฤติกรรมที่ปฏิบัติซ้ำนั้น ทำให้ผู้ปฏิบัติเกิดความพึงพอใจหรือเกิดผลสัมฤทธิ์ ตามมาจากการแสดงพฤติกรรมนั้น ความพึงพอใจหรือผลสัมฤทธิ์นี้ จะเป็นปัจจัยเสริมที่ทำให้บุคคลแสดงพฤติกรรมนั้น บ่อยครั้งและต่อเนื่องยิ่งขึ้น ถ้าการแสดงพฤติกรรมใดของบุคคลเป็นไปตามเหตุปัจจัยทั้งสามประการนี้ พฤติกรรมนั้นก็มีโอกาสที่จะถูกพัฒนาเป็นพฤติกรรมเคยชินได้ในอนาคต จากเหตุปัจจัยที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเคยชินตามที่กล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า การที่จะควบคุมหรือยับยั้ง เพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมเคยชินนั้น สามารถทำได้โดยการทำให้พฤติกรรมของบุคคล เป็นการแสดงออกที่ผ่านกระบวนการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการคิดอย่างมีเหตุผล นอกจากนี้ อีกแนวทางหนึ่งที่สามารถยับยั้งและเปลี่ยนพฤติกรรมเคยชินได้ก็คือ การเปลี่ยนบริบทที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเคยชินนั้นๆ

3) Norm-activation Theory

ทฤษฎีที่ได้รับความนิยมในการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับอธิบายการเปลี่ยนพฤติกรรมของมนุษย์ คือ Norm-activation Theory โดยมีสมมติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของมนุษย์นั้นเป็นไปเพื่อสิ่งที่ดีขึ้น ในมุมมองของการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม (Pro-environment) ก็เช่นเดียวกัน มนุษย์จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ส่งผลกระทบทางลบต่อสิ่งแวดล้อมก็ต่อเมื่อรับรู้ถึงผลกระทบดังกล่าวที่มีต่อสิ่งมีชีวิตอื่น (Non-human species) และธรรมชาติ (Biosphere) ตามหลักการของ Norm activation theory กล่าวว่า มนุษย์จะแสดงพฤติกรรมหรือเปลี่ยนพฤติกรรมไปในแนวทางที่สนับสนุนเป้าหมายที่ตั้งไว้ของตนเอง ก็ต่อเมื่อบุคคลนั้นเกิดจิตสำนึกในใจถึงสิ่งที่ถูกต้อง และเชื่อมโยงไปถึงความคาดหวังถึงสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมา ซึ่งเป็นผลมาจากคุณค่าที่มีอยู่ในสิ่งที่พิจารณา (Values) ความเชื่อหรือการรับรู้ในคุณค่าของสิ่งนั้นๆ (Beliefs) และบรรทัดฐานของบุคคล (Personal norm) ทั้งนี้ความสำเร็จในการเปลี่ยนพฤติกรรม จะเป็นผลมาจากการปลุกเร้าบรรทัดฐานเชิงมโนธรรม (Moral norm) ให้เกิดขึ้นในบุคคลการเปลี่ยนพฤติกรรมจะเกิดขึ้นหรือไม่นั้น จะขึ้นอยู่กับระดับของการปลุกเร้าซึ่งได้รับอิทธิพลจากปัจจัยสำคัญ 3 ประการ ประการแรก ได้แก่ การยอมรับในคุณค่าของ

สิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งเป็นสิ่งที่บุคคลทั่วไปในสังคมให้ความสำคัญ (Personal values) ประการที่สอง ได้แก่ การที่บุคคลเชื่อว่าสิ่งสำคัญที่ก่อให้เกิดคุณค่าในสิ่งที่ว่านั้น อยู่ในภาวะวิกฤติ หรือการตระหนักถึงผลกระทบที่ตามมาจากการกระทำต่อบุคคลอื่น (Awareness of consequence, AC) ซึ่งโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นไปที่ภาวะวิกฤติของสิ่งที่คนทั่วไปในสังคมเห็นพ้องกันว่ามีความสำคัญและมีคุณค่า และประการสุดท้ายได้แก่ การตระหนักถึงความรับผิดชอบในผลของการกระทำที่มีต่อบุคคลอื่น (Ascription of responsibility, AR) นั่นคือ การเชื่อว่าผลกระทบที่ไม่พึงประสงค์ต่อบุคคลอื่นในสังคม และ สิ่งมีชีวิตอื่นๆ หรือธรรมชาติ ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของตัวเรานั้นสามารถบรรเทาหรือแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือกระทำการอย่างใดอย่างหนึ่ง และเชื่อว่าการเปลี่ยนพฤติกรรมหรือ การกระทำ ดังกล่าว สามารถบรรเทาวิกฤติที่เกิดขึ้นและฟื้นฟูสิ่งที่มีคุณค่าสำหรับคนในสังคมที่ถูกทำลายลงไปแล้วนั้นให้กลับมามีสภาพที่ดีเหมือนเดิมได้ (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

ต่อมาในปี ค.ศ. 1993 Stem และคณะ ได้เสนอ Value-belief-norm theory (VBN) ซึ่งพัฒนามาจาก Norm-activation Theory โดยมีรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ดังแสดงในภาพที่ 2. 16



ภาพที่ 2.16 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม Value-belief-norm theory (VBN)

ที่มา: (สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์, 2551)

2.4 ทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(ศุภศันส์ สกุลตั่ง, 2548) ศึกษาการทำโลหะกลับคืนจากแบตเตอรี่โทรศัพท์เคลื่อนที่โดยใช้การชะละลายและการตกตะกอน โดยใช้แบตเตอรี่ 2 ชนิด คือแบบนิกเกิลเมทัลไฮไดรด์ และแบบแบตเตอรี่ลิเทียมไอออน โดยพบว่าองค์ประกอบของแบตเตอรี่นิเกิลเมทัลไฮไดรด์ประกอบด้วยขั้วไฟฟ้า ปลอกเหล็ก ปลอกพลาสติก และแผ่นกั้นระหว่างขั้วไฟฟ้า ร้อยละ 40.9 19.7 15.3 และ 17.2 โดยน้ำหนักตามลำดับ ในขณะที่องค์ประกอบของแบตเตอรี่ชนิดลิเทียมไอออนพบว่ามีขั้วไฟฟ้า ปลอกเหล็ก ปลอกพลาสติก และแผ่นกั้นขั้วไฟฟ้า ร้อยละ 41.8 37.7 15.8 และ 3.3 โดยน้ำหนักตามลำดับ นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์โลหะในขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่มีโลหะที่เป็นองค์ประกอบหลัก คือ นิเกิลและแลนทานัม ร้อยละ 54.2 และ 9.2 โดยน้ำหนักตามลำดับ

(สนธยา จันทรคณา, 2549) ศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกขยะที่เกิดจากแบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือในเขตกรุงเทพมหานคร โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบง่าย ทำการสุ่มตัวอย่าง 400 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการรายงาน ผลการศึกษาพบว่าด้านการรับรู้ถึงผลกระทบต่อคุณภาพชีวิตที่เกิดจากแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีการรับรู้ในระดับสูง ระดับการศึกษาและอาชีพที่แตกต่างกันจะมีผลให้เกิดความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของระดับความเห็นโดยรวมในพฤติกรรมการรับรู้ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทางด้านพฤติกรรมการคัดแยกการทิ้งแบตเตอรี่ที่เสื่อมสภาพพบว่าทิ้งรวมกับขยะอื่นร้อยละ 35.9 ทิ้งแยกจากการขยะอื่นร้อยละ 37.5 และทิ้งที่จุดรับคืนซากแบตเตอรี่ร้อยละ 15.1

(เฉลิมจิต มักศิริสมบัติ, 2550) ศึกษาการชะละลายโลหะจากแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือจำนวน 5 ยี่ห้อ รวม 15 รุ่น ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ประเภทได้แก่นิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) นิกเกิลเมทัลไฮไดร์ (Ni-MH) ลิเธียมไอออน (Li-on) และลิเธียมพอลิเมอร์ (Li polymer) ผลการศึกษาพบว่าส่วนประกอบหลักภายในเซลล์แบตเตอรี่ (อิเล็กทรอไลต์ อิเล็กโทรด แผ่นกั้น) คิดเป็นร้อยละ 60.01 โลหะร้อยละ 24.17 พลาสติกร้อยละ 13.03 เมื่อทำการชะละลายพบว่าโลหะที่ถูกชะละลายออกมามากที่สุดคือแคดเมียม (Cd) จากแบตเตอรี่ประเภทนิกเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) ทั้งนี้โลหะที่พบในทุกประเภทแบตเตอรี่คือโคบอลต์ (Co) มีความเข้มข้นอยู่ที่ 540 – 4,661.33 มิลลิกรัมต่อลิตร และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นโคบอลต์กับมาตรฐาน STLC พบว่าเกินค่ามาตรฐาน

(พรทิพย์ ชิณสงคราม, 2550) ศึกษาความตระหนักของประชาชนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในกรุงเทพมหานครต่อมลพิษสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่เสื่อมสภาพ โดยการวิจัยเชิงสำรวจด้วยแบบสอบถามจำนวน 400 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่าผู้วิจัยมีความตระหนักในระดับมาก (ร้อยละ 21.0) และมากที่สุด (ร้อยละ 75.5) ในด้านสารพิษที่เป็นองค์ประกอบของซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่ ในขณะที่ประชาชนยังมีการทิ้งซากแบตเตอรี่ปะปนกับขยะในบ้าน (ร้อยละ 27.0) และมีความเข้าใจว่าซากโทรศัพท์มือถือ (ร้อยละ 20.5) และแบตเตอรี่ (ร้อยละ 20.8) ไม่ใช่ขยะอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและพบว่าเพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ และรายได้ที่แตกต่างกันไม่มีผลต่อความตระหนัก ($p>0.05$) แต่ประชาชนที่มีอายุต่างกันมีความคิดเห็นต่อการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือและแบตเตอรี่แตกต่างกัน ($p<0.05$) โดยเฉพาะอายุต่ำกว่า 20 ปี มีความเห็นด้วยน้อยกว่าอายุระหว่าง 30 – 39 ปี

(Li และคณะ, 2009) เพิ่มประสิทธิภาพการดึงกลับโลหะอินเดียมในหน้าจอผลึกเหลว (LCD) โดยเสนอให้มีการแยกส่วนประกอบที่ไม่จำเป็นออกก่อนซึ่งก็คือ แผ่นฟิล์มควบคุมแสง (Polarizaing film) ด้วยวิธีให้ความร้อนสูงประมาณ 200 - 260 องศาเซลเซียส ต่อมาล้างสารประกอบอินทรีย์ที่เป็นผลึกเหลวออกโดยใช้คลื่นความถี่สูง จากนั้นจึงบดแก้วที่มีแผ่นฟิล์มที่มีส่วนผสมของโลหะ ITO สุดท้ายนำเศษแก้วที่บดแล้วมาผ่านกระบวนการทางเคมีมีฤทธิ์เป็นกรด (อัตราส่วนของกรดไนตริก กรดไฮโดรคลอกริก และน้ำอยู่ที่ 45:5:50) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที จะให้ผลลัพธ์ในการดึงโลหะอินเดียมกลับมามากที่สุด

(Tripathi, 2012) ศึกษาการชะละลายทองคำ (Au) จากแผ่นวงจรพิมพ์โดยใช้สารชะละลายแอมโมเนียมไทโอซัลเฟต จากผลการทดลองพบว่าแผ่นวงจรพิมพ์ประกอบด้วยโลหะมีค่าหลายชนิด เช่น ทองคำร้อยละ 0.021 โดยน้ำหนัก เงินร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ทองแดงร้อยละ 56.68 โดยน้ำหนัก และยังพบอีกว่าสภาวะที่ดีที่สุดในการชะละลายทองคำคือการใช้ละลายแอมโมเนียไทโอซัลเฟต 0.1M พีเอช 10 – 10.5 อัตราส่วนระหว่างของแข็งและของเหลวเท่ากับ 10 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิห้องสามารถนำโลหะทองคำกลับคืนมาได้ร้อยละ 56.7

(Dervisevic และคณะ, 2013) วิเคราะห์องค์ประกอบของแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) จากซากโทรศัพท์มือถือและคอมพิวเตอร์ ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้เครื่อง X-Ray Fluorescence

Spectroscopy (XRF) และ ICP-OES ผลการทดลองพบว่าแผ่นวงจรพิมพ์มีโลหะที่เป็นองค์ประกอบหลักคือทองแดง (Cu) ตะกั่ว (Pb) และดีบุก (Sn) นอกจากนี้ยังประกอบด้วยโลหะมีค่าเช่นทองคำ (Au) เงิน (Ag) และแพลลาเดียม (Pd) และจากการเปรียบเทียบองค์ประกอบของโลหะมีค่าระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์จากซากโทรศัพท์มือถือกับคอมพิวเตอร์พบว่า แผ่นวงจรพิมพ์ในโทรศัพท์มือถือมีโลหะมีค่าจำพวกทองคำ (Au) เงิน (Ag) แพลลาเดียม (Pd) และแพลทตินัม (Pt) สูงกว่าแผ่นวงจรพิมพ์ของคอมพิวเตอร์

(ประยุทธ สุวรรศรี และรัชนี ผิวทอง, 2556) ศึกษาความตระหนักและพฤติกรรมในการจัดการซากของเสียที่เกิดจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ กรณีศึกษาเยาวชนในเขตกรุงเทพมหานคร โดยศึกษากลุ่มประชากรเยาวชนที่กำลังศึกษาในระดับมัธยมศึกษาซึ่งมีจำนวนเท่ากับ 264,270 คน สุ่มตัวอย่าง 450 คน ใช้แบบสอบถามในการเก็บข้อมูลโดยผลการวิเคราะห์เชิงสถิติกลุ่มตัวอย่างพบว่า กลุ่มที่ซื้อโทรศัพท์เคลื่อนที่ด้วยเงินตัวเองมีความตระหนักในการจัดการซากของเสียสูงกว่ากลุ่มที่ได้โทรศัพท์มาด้วยวิธีอื่น และพบว่ากลุ่มที่ได้รับรู้ข่าวสารเกี่ยวกับซากและการจัดการซากของเสียที่เกิดจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ ได้ดัชนี “พฤติกรรมการจัดการซากของเสีย” สูงกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับรู้ข่าวสาร กลุ่มที่ได้รับรู้ข่าวสารจากอินเตอร์เน็ตหรือสื่ออิเล็กทรอนิกส์ได้ดัชนี “พฤติกรรมการจัดการกับซากของเสีย” สูงกว่ากลุ่มที่ได้รับรู้ข่าวสารจากแหล่งอื่น

(พรไพฑูรย์ เหล่าสมบัติทวี, 2557) ศึกษาการเก็บกลับคืนโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีการหลอมแบบรีดักชัน ซึ่งพบว่าอุณหภูมิการหลอมที่ 1200 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ร่วมกับการคงอุณหภูมิในการแยกตัวของโลหะที่ 500 องศาเซลเซียส ระยะเวลาในการแยก 2 ชั่วโมง เป็นสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการเก็บกลับคืนผลจากการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วออกไซด์ (PbO) ตกค้างในแก้วด้วยเทคนิค XRF (X-ray fluorescence) แสดงปริมาณตะกั่วออกไซด์ตกค้างที่ต่ำที่สุด และพบว่าการใช้เทคนิค EPMA (Electron Probe Micro Analysis) ในการวิเคราะห์องค์ประกอบโดยใช้สภาวะการกลับคืนดังกล่าว พบว่าวิธีการหลอมแบบรีดักชันสามารถเก็บลับคืนโลหะทองแดง ตะกั่ว และดีบุก อันเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในขยะอิเล็กทรอนิกส์ได้สูง

(กาญจนา นิยมมาก, 2557) ศึกษาพฤติกรรมและความคิดเห็นเกี่ยวกับการคืนซากโทรศัพท์มือถือของเจ้าหน้าที่รัฐเปรียบเทียบกับประชาชนทั่วไปในเขตดุสิต ผลการศึกษาพบว่าส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างที่เป็นเจ้าหน้าที่รัฐและประชาชนทั่วไป มีพฤติกรรมในการคืนซากโทรศัพท์มือถือไม่แตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบระหว่างการแบ่งตามระดับการศึกษา และระดับรายได้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เป็นเจ้าหน้าที่รัฐกับประชาชนทั่วไปที่แบ่งตามระดับรายได้ มีพฤติกรรมและความเห็นในทิศทางเดียวกันมากกว่าเมื่อเทียบกับการแบ่งตามระดับการศึกษา

(Xiu, Qi และZhang, 2015) ศึกษาการชะละลายของทอง (Au) เงิน (Ag) และแพลลาเดียม (Pd) จากแผ่นวงจรพิมพ์โทรศัพท์มือถือ โดยใช้วิธี Supercritical water Oxidation (SCWO) ก่อนการชะละลายร่วมกับขั้นตอนการชะละลายโดยใช้สารละลาย iodine-iodine เป็นตัวทำละลาย ผลการทดสอบพบว่ากระบวนการร่วมระหว่าง SCWO กับการชะละลายมีผลทำให้กระบวนการนำโลหะมีค่ากลับคืนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และพบว่าสภาวะ SCWO มีอุณหภูมิ 420 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบค่าความเข้มข้นของทอง (Au) และแพลลาเดียม (Pd) สูงที่สุด ในขณะที่สภาวะ SCWO มีอุณหภูมิ 410 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที พบค่าความเข้มข้นของเงิน (Ag) สูงที่สุด

(Deng และคณะ, 2017) ศึกษาโทรศัพท์มือถือที่หมดอายุการใช้งานแล้วในฮ่องกง พบว่าฮ่องกงมีมูลค่ารวมทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 330 ตันต่อปี การจัดการกับขยะอิเล็กทรอนิกส์ในฮ่องกงมีการส่งออกไปยังทวีปแอฟริกาและประเทศกำลังพัฒนาเช่น ประเทศจีนหรือประเทศปากีสถานเพื่อนำไปรีไซเคิล จากการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมพบว่าอายุการใช้งานของโทรศัพท์มือถือในฮ่องกงไม่ถึง 2 ปี และซากโทรศัพท์มือถือเหล่านั้นจะถูกส่งไปยังประเทศจีน สำหรับการกำจัด ซึ่งวิธีการรีไซเคิลในปัจจุบันมักจะไม่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ส่งผลกระทบอย่างรุนแรงต่อสุขภาพของมนุษย์ ผลที่ได้จากการวิเคราะห์นี้ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการวางแผนระบบการจัดเก็บและสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นในฮ่องกงและจีนแผ่นดินใหญ่เพื่อจัดการกับซากโทรศัพท์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

(Golev และCorder, 2017) ศึกษาการกู้คืนโลหะมีค่าจากขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศออสเตรเลีย ผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยในการนำโลหะที่มีมูลค่าในซากขยะอิเล็กทรอนิกส์ประกอบด้วยหลายปัจจัย ซากขยะอิเล็กทรอนิกส์บางประเภทง่ายต่อการนำโลหะกลับมาใช้ใหม่ ในขณะที่ซากขยะอิเล็กทรอนิกส์บางประเภทมีความยุ่งยากในการนำโลหะกลับมาเนื่องจากอุปกรณ์มีความซับซ้อน แต่

จากการศึกษาพบว่าซากขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความซับซ้อนนั้น มักจะประกอบด้วยโลหะที่มีค่าและเป็นโลหะที่พบได้ยาก ซึ่งได้แก่ ซากคอมพิวเตอร์ ทีวี และโทรศัพท์มือถือ ทำให้ประเด็นการนำโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือเป็นเรื่องที่น่าสนใจในประเทศออสเตรเลีย

จากการศึกษาทบทวนงานวิจัยพบว่า ด้านการรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ งานวิจัยในอดีตส่วนใหญ่สนใจศึกษาเฉพาะองค์ประกอบบางส่วนของซากโทรศัพท์มือถือเท่านั้น เช่น กลุ่มของโลหะที่พบในแบตเตอรี่ชนิดต่างๆ หรือโลหะมีค่าในแผ่นวงจรพิมพ์ ไม่ได้พิจารณาองค์ประกอบทั้งหมดของโทรศัพท์มือถือ ในขณะที่งานของผู้วิจัยนั้นสนใจที่จะศึกษาองค์ประกอบโดยรวมของซากโทรศัพท์ไม่ว่าจะเป็น ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ แผ่นวงจรพิมพ์ หน้าจอผลึกเหลว และแบตเตอรี่ ทำให้การศึกษาครั้งนี้มีความครอบคลุมแตกต่างจากงานวิจัยในอดีต ในส่วนของการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคนอกเหนือจากพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปจากผลกระทบของการพัฒนาเทคโนโลยีของผู้ผลิตโทรศัพท์มือถือที่ผู้วิจัยคาดว่าในปัจจุบันผลการศึกษาจะแตกต่างจากงานวิจัยในอดีตแล้ว คำถามในเชิงแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการมีกฎหมายเฉพาะในการจัดการกับซากโทรศัพท์ดังกล่าวที่ถูกเพิ่มขึ้นในแบบสอบถามก็เป็นอีกหนึ่งสิ่งที่ผู้วิจัยคาดว่าผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้จะสร้างความแตกต่างเพิ่มเติมจากงานวิจัยอื่นๆได้ และเนื่องจากผู้วิจัยทำการศึกษาทั้งด้านการทดลองในเชิงวิศวกรรมและมีการศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคด้วย ทำให้สามารถเชื่อมโยงผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองส่วนนำไปสู่การประเมินความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายจากการได้รับสารโลหะหนักและความสูญเสียโอกาสในเชิงเศรษฐศาสตร์เกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือของผู้บริโภค หากไม่นำซากโทรศัพท์มือถือดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล ซึ่งในส่วนนี้ถือได้ว่าเป็นจุดเด่นของงานวิจัยที่จะทำการศึกษาในครั้งนี้อีกด้วย

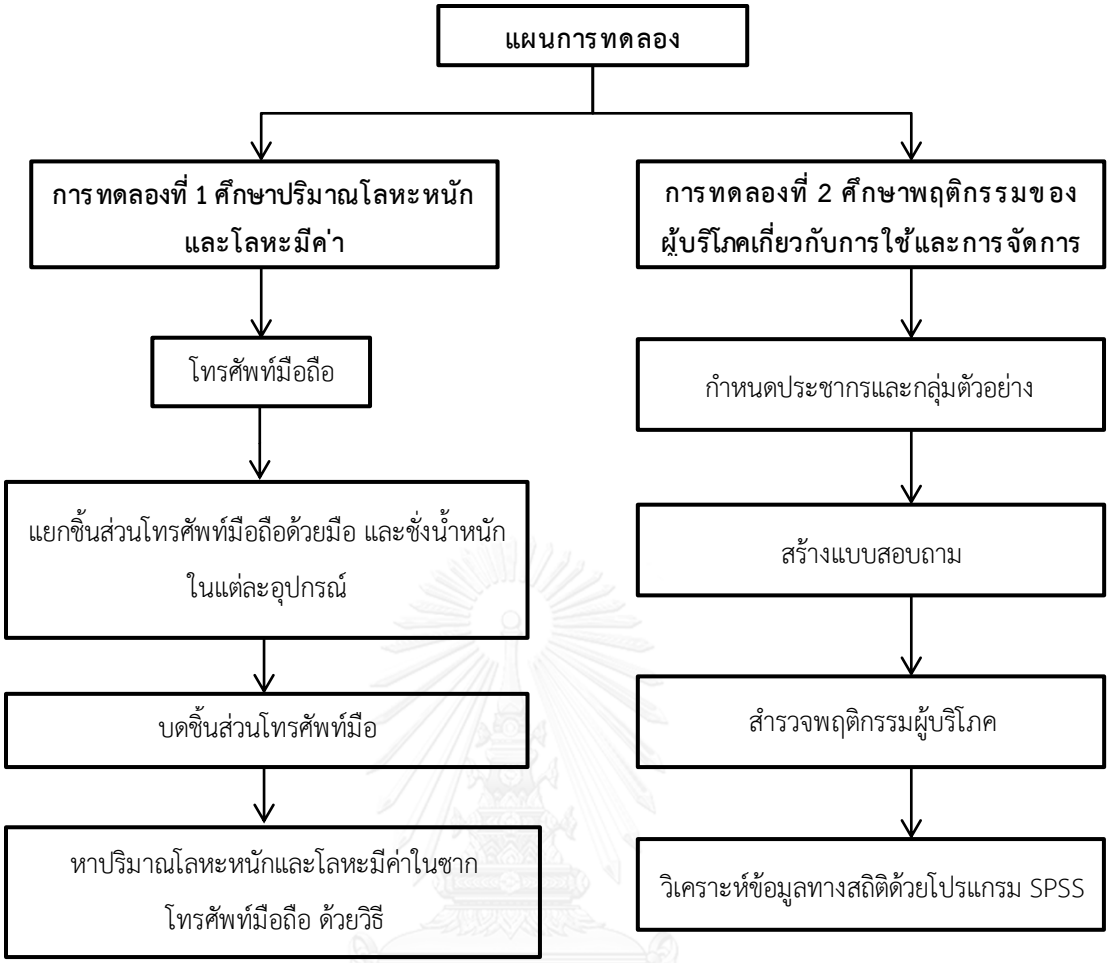
บทที่ 3
ขั้นตอนและวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 แผนการทดลอง

แผนงานวิจัยครั้งนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนแรกเป็นงานวิจัยระดับห้องปฏิบัติการทำการศึกษาที่ห้องปฏิบัติการขยะ อาคารสี่ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และส่วนที่ 2 จะทำการสำรวจพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการเลือกใช้และกำจัดโทรศัพท์มือถือในพื้นที่กรณีศึกษากรุงเทพมหานคร

ส่วนที่ 1 ศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบต่างๆของโทรศัพท์มือถือ โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยชุดแรกเป็นการศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือแบบมีปุ่มกด ซึ่งจะแยกส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือแบบมีปุ่มกดออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ ฝาครอบและแป้นพิมพ์ แผ่นวงจรพิมพ์ และหน้าจอผลึกเหลว ส่วนชุดการทดลองที่ 2 จะเป็นการศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือแบบหน้าจอสัมผัสซึ่งจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนเช่นกัน หลังจากแยกส่วนประกอบออกแล้วจะทำการชั่งน้ำหนัก บดชิ้นส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์และหาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ ด้วยวิธี เทคนิค X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) ดังแสดงในภาพที่ 3. 1

ส่วนที่ 2 ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ พื้นที่กรณีศึกษากรุงเทพมหานครโดยจะสุ่มตัวอย่างจากประชาชนที่ใช้โทรศัพท์มือถือในเขตต่างๆของกรุงเทพมหานครจากทั้งหมด 50 เขต โดยจะสุ่มตัวอย่างมาทั้งหมด 8 เขต แบ่งตามลักษณะการปกครองได้แก่ เขตกรุงเทพฯชั้นใน ชั้นกลาง ชั้นนอก และฝั่งธนบุรี เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเขตละ 50 ชุด รวม 400 ชุด จากนั้นทำการวิเคราะห์ผลจากการสำรวจด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS เพื่อวิเคราะห์ผลการทดลอง



ภาพที่ 3.1 แผนการทดลอง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1) เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (WDXRF) (S8 Tiger) วิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2) ชุดสาธิตอุปกรณ์รีไซเคิลซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ปฏิบัติการที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ พระประแดง

2.1 เครื่องตัดย่อย มอเตอร์ ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น SB-E 4 POLE 1.5 KW

2.2 เครื่องบดแบบเพลาคู่ มอเตอร์ ยี่ห้อ MITSUBISHI รุ่น SB-E 4 POLE 1.5 KW

3) เครื่องบดละเอียด grinder ยี่ห้อ FDV รุ่น YF-150 700W ห้องปฏิบัติการขยะ อาคารสี่ ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4) เครื่องบดผงละเอียด disc mill ยี่ห้อ RETHCH ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

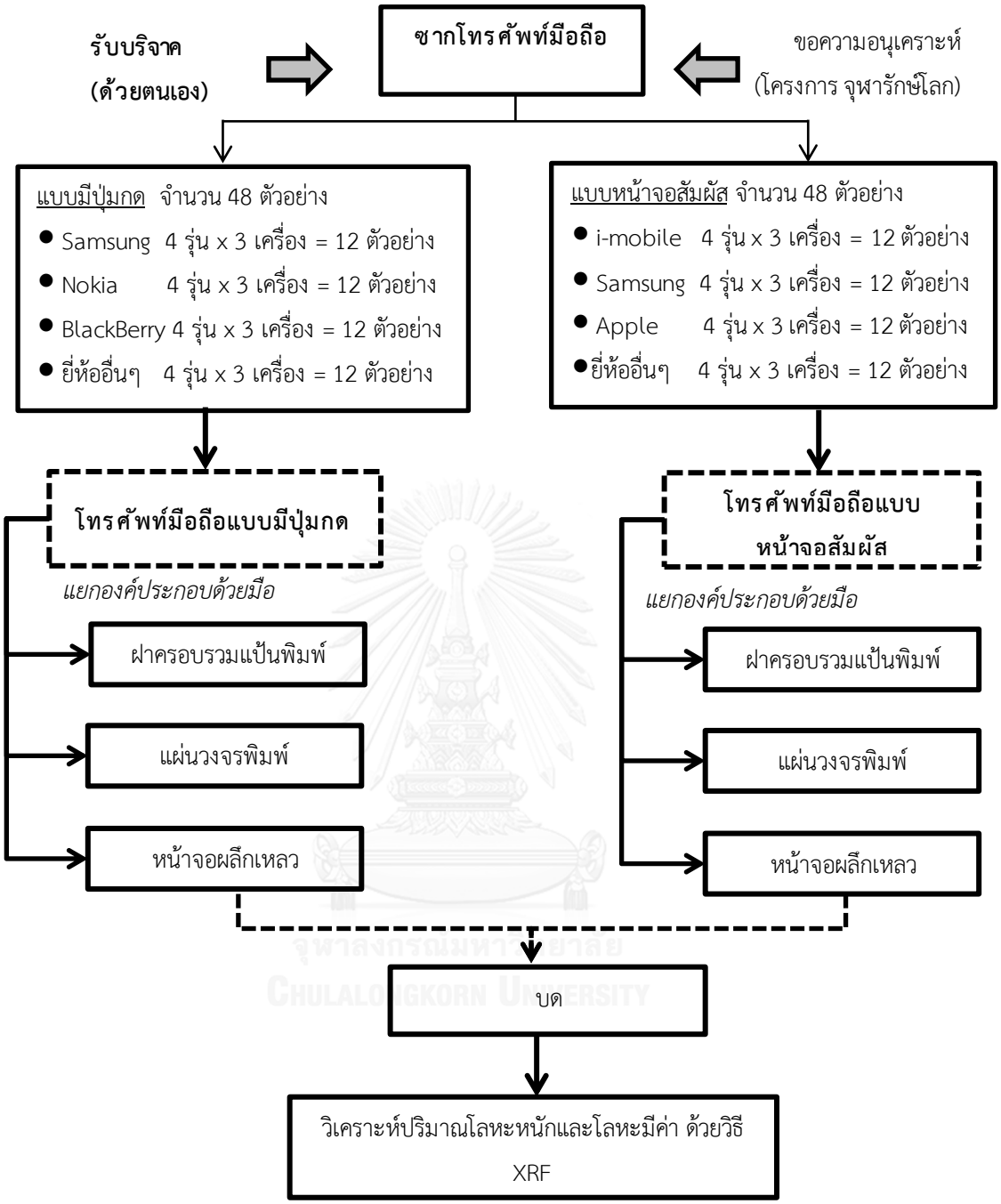
5) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledo รุ่น ML 104/01 ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมสาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.3 วิธีดำเนินการทดลอง

3.3.1 ส่วนที่ 1 ศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ

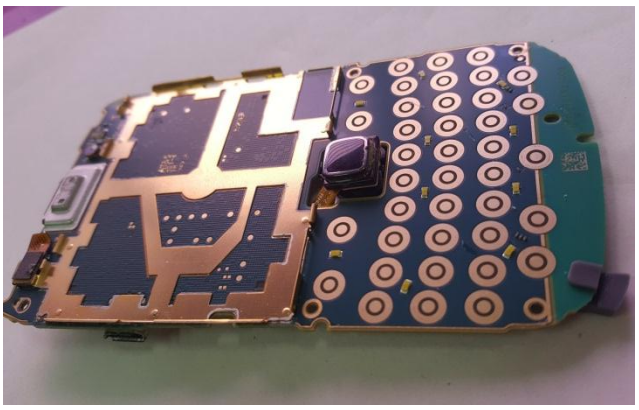
3.3.1.1 การเตรียมตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

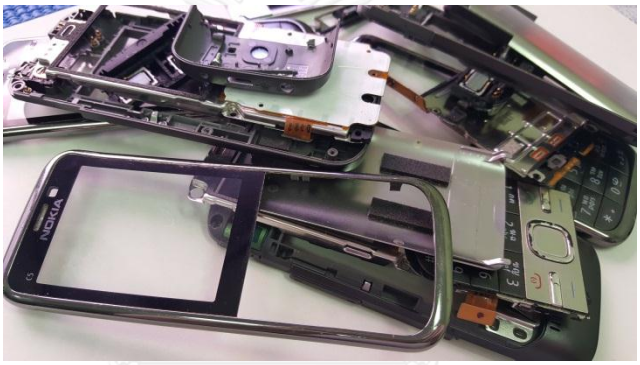


ภาพที่ 3.2 การเตรียมตัวอย่าง

การเตรียมตัวอย่างจะทำการแยกชิ้นส่วนโทรศัพท์ด้วยมือโดยแยกออกเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ แผ่นวงจรพิมพ์ PCB) ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ (CA) และหน้าจอ (LCD) อุปกรณ์ที่ใช้ในการแยกคือไขควงขนาดเล็ก จากนั้นจะทำการชั่งน้ำหนักในแต่ละอุปกรณ์ แสดงดังภาพที่ 3.3 3.4 และ3.5 ตามลำดับ



ภาพที่ 3 3 แผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)



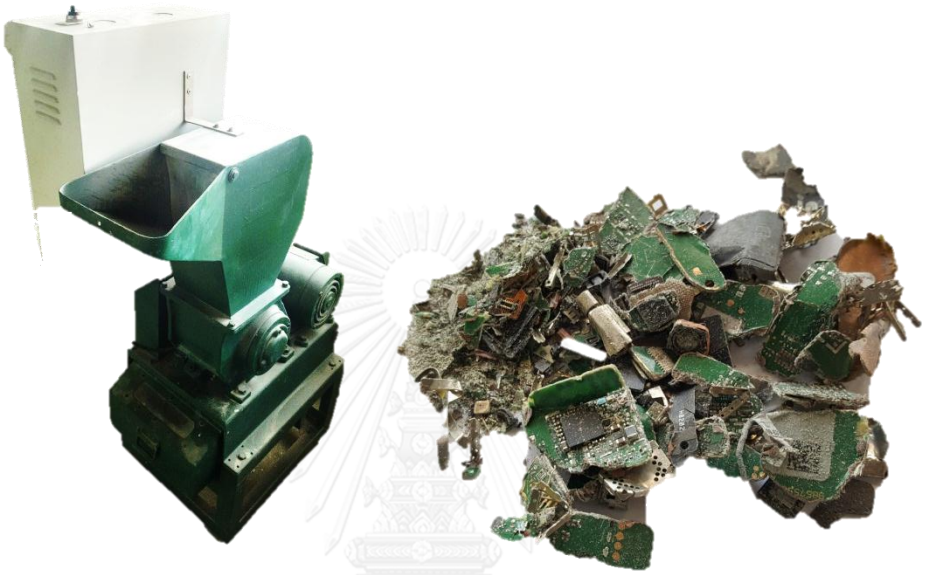
ภาพที่ 3.4 ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ (CA)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

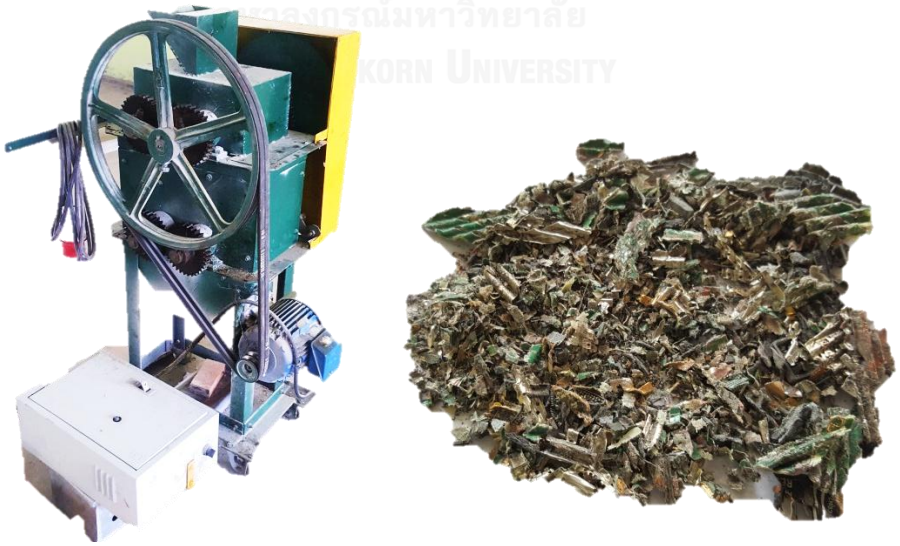
ภาพที่ 3.5 หน้าจอผลึกเหลว (LCD)

3.3.1.2 การบดตัวอย่าง

1. บดด้วยชุดสาธิตอุปกรณ์รีไซเคิลซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งประกอบด้วยเครื่องบด 2 ประเภท ได้แก่*เครื่องตัดย่อย* แสดงดังภาพที่ 3.6 และ*เครื่องบดแบบเพลาคู่* แสดงดังภาพที่ 3.7



ภาพที่ 3.6 เครื่องตัดย่อย



ภาพที่ 3.7 เครื่องบดแบบเพลาคู่

2. บดด้วยเครื่องบดละเอียด grinder

ภาพที่ 3.8 เครื่องบดละเอียด grinder
ที่มา : *http://www.myskinrecipes.com*

3. บดด้วยเครื่องบดผงละเอียด disc mill

ภาพที่ 3.9 เครื่องบดผงละเอียด disc mill

3.3.1.3 วิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่า ด้วยเครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)

ภาพที่ 3.10 เครื่อง X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF)
ที่มา : http://www.strec.chula.ac.th

3.3.2 ส่วนที่ 2 ศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ

งานวิจัยส่วนนี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey research) เพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคในด้านปริมาณและการเลือกใช้โทรศัพท์มือถือ วิธีกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ และความสัมพันธ์ระหว่างการรับรู้ข่าวสารกับความตระหนักต่อมลพิษในสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือ โดยจะนำเสนอวิธีการวิจัยตามลำดับดังนี้

1) ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

2) เครื่องมือในการวิจัย

3) การเก็บรวบรวมข้อมูล

4) สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.3.2.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ ประชาชนในเขตกรุงเทพมหานครที่ใช้โทรศัพท์มือถือ ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 7,380,117 คน

ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนประชากรกรุงเทพมหานคร ที่มีการใช้โทรศัพท์มือถือ

ปีพ.ศ.	2554	2555	2556	2557	2558	2559
จำนวน (คน)	5,083,557	5,386,679	5,470,054	7,134,265	7,253,701	7,380,117

ที่มา: (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2559)

กลุ่มตัวอย่างและการคำนวณขนาดตัวอย่าง

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสุ่มตัวอย่างจากประชากรเป้าหมาย โดยใช้วิธีการคำนวณขนาดของกลุ่มตัวอย่างตามหลักสถิติเพื่อการวิจัย คือกลุ่มปกครองแบบชนชั้น และสุ่มตัวอย่างผู้ใช้โทรศัพท์มือถือแบบโดยบังเอิญ กำหนดตัวอย่างตามสูตรคำนวณ (วัฒนา สุนทรธัย, 2546)

$$\text{ขนาดตัวอย่าง } n=\frac{Nz^2p(1-p)}{NE^2+z^2p(1-p)}$$

เมื่อ n = ขนาดของตัวอย่าง

N = จำนวนประชากรผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในกรุงเทพมหานคร

Z = คะแนนมาตรฐาน (1.96) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

P = สัดส่วนประชากรที่ต้องการศึกษา (ร้อยละ 50)

E = ค่าความคลาดเคลื่อน ± ร้อยละ 5

จากประชากรผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 7,380,117 คน ในปี พ.ศ. 2559

$$\text{แทนค่า } n = \frac{7{,}380{,}117\,(1.96)^2\,0.5(1-0.5)}{7{,}380{,}117\,(0.05)^2+(1.96)^2\,0.5(1-0.5)}$$

$$n = 384.14$$

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ n เท่ากับ 400 ตัวอย่าง

<u>กลุ่มตัวอย่าง</u>

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ใช้วิธีสุ่มตัวอย่างหลายขั้นตอน (Multi-stage Sampling) โดยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ใช้วิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้นภูมิ (Stratified Sampling) แบ่งเขตกรุงเทพมหานครทั้ง 50 เขต ออกเป็น 4 กลุ่มดังแสดงในตารางที่ 3.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 การแบ่งเขตกรุงเทพมหานคร

กลุ่มเขตที่	ชื่อกลุ่มเขต	ชื่อสำนักงานเขต
1	เขตกรุงเทพฯ ชั้นใน	1. บางคอแหลม 2. บางรัก 3. ยานนาวา 4. คลองเตย 5. ปทุมวัน 6. พระนคร 7. พญาไท 8. ป้อมปราบศัตรูพ่าย 9. ราชเทวี 10. สาธร 11. สัมพันธวงศ์
2	เขตกรุงเทพฯ ชั้นกลาง	1. บางเขน 11. วัฒนา 2. บางซื่อ 3. บางนา 4. จตุจักร 5. ดินแดง 6. ดุสิต 7. ห้วยขวาง 8. ลาดพร้าว 9. หลักสี่ 10. พระโขนง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) การแบ่งเขตกรุงเทพมหานคร

กลุ่มเขตที่	ชื่อกลุ่มเขต	ชื่อสำนักงานเขต
3	เขตกรุงเทพฯ ชั้นนอก	1. บางกะปิ 2. บึงกุ่ม 3. คันนายาว 4. ดอนเมือง 5. ลาดกระบัง 6. มีนบุรี 7. หนองจอก 8. ประเวศ 9. สายไหม 10. สะพานสูง 11. สวนหลวง 12. ทวีวัฒนา 13. วังทองหลาง 14. คลองสามวา
4	เขตกรุงเทพฯ ฝั่งธนบุรี	1. บางบอน 13. ทุ่งครุ 2. บางแค 14. ธนบุรี 3. บางขุนเทียน 4. บางกอกน้อย 5. บางกอกใหญ่ 6. บางพลัด 7. จอมทอง 8. คลองสาน 9. หนองแขม 10. ราษฎร์บูรณะ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 (ต่อ) การแบ่งเขตกรุงเทพมหานคร

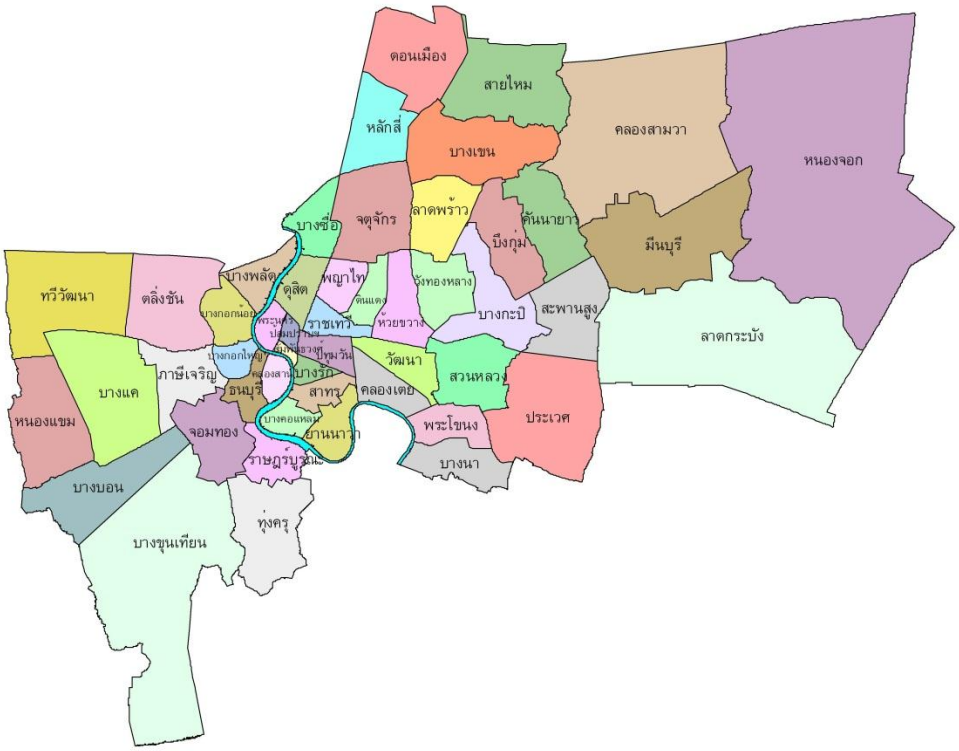
กลุ่มเขตที่	ชื่อกลุ่มเขต	ชื่อสำนักงานเขต
4 (ต่อ)	เขตกรุงเทพฯ ฝั่งธนบุรี (ต่อ)	11. ภาษีเจริญ
		12. ตลิ่งชัน

ขั้นตอนที่ 2 ใช้วิธีการสุ่มตัวอย่างแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Sampling) โดยเลือกสำนักงานเขต กลุ่มละ 2 เขต เพื่อเก็บข้อมูลเขตละ 50 ตัวอย่างรวมเป็น 400 ตัวอย่าง

ตารางที่ 3.3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิธีการแบ่งกลุ่ม

กลุ่มเขตที่	ชื่อกลุ่มเขต	ชื่อสำนักงานเขตที่ได้จากการสุ่ม
1	เขตกรุงเทพฯ ชั้นใน	บางคอแหลม ปทุมวัน
2	เขตกรุงเทพฯ ชั้นกลาง	จตุจักร หลักสี่
3	เขตกรุงเทพฯ ชั้นนอก	มีนบุรี ทวีวัฒนา
4	เขตกรุงเทพฯ ฝั่งธนบุรี	บางกอกใหญ่ ตลิ่งชัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 3.11 แผนที่ 50 เขตการปกครอง กรุงเทพมหานคร

ที่มา : https://www.google.co.th

3.3.2.2 เครื่องมือในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ลักษณะของเครื่องมือวิจัย

ทำการสำรวจข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

ส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพและรายได้ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List)

ส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับ พฤติกรรมการใช้ การซื้อ และพฤติกรรมการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List)

ส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามวัดความรู้ความเข้าใจและความตระหนักเกี่ยวกับอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) ซึ่งมีเกณฑ์กำหนดค่าน้ำหนักการประเมิน 5 ระดับตามแนวลิเกิร์ต (Likert) ได้ดังนี้

ตารางที่ 3.4 ค่าน้ำหนักการประเมิน 5 ระดับตามแนวลิเกิร์ต (Likert)

ช่วงคะแนนเฉลี่ย	ระดับความคิดเห็น
4.50 - 5.00	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4.50 - 4.49	เห็นด้วย
3.50 - 3.49	ไม่แน่ใจ
2.50 - 2.49	ไม่เห็นด้วย
1.00 - 1.49	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ส่วนที่ 4 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบปลายเปิด (Open End)

3.3.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลในเขตกรุงเทพมหานครโดยวิธีการสุ่มตามวิธีที่แสดงในขั้นต้น จนครบข้อมูล 400 ตัวอย่าง จากนั้นจะนำแบบสอบถามมาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผลการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ คือจำนวนประชากร 400 คน จำนวนแบบสอบถาม 400 ชุด คิดเป็นร้อยละ 100

3.3.2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS (Statistical Package for the Social Science for Window) โดยขั้นตอนคือ หลังจากตรวจสอบความถูกต้องสมบูรณ์ของแบบสอบถามแล้ว จะทำการแปลงข้อมูลเป็นตัวเลข (Code) นำข้อมูลที่ได้บันทึกลงในคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะวิเคราะห์ข้อมูลผ่านโปรแกรม SPSS ตามลำดับดังนี้

1) แบบสอบถามส่วนที่ 1 เป็นแบบสอบถามข้อมูลส่วนบุคคล ของผู้ตอบแบบสอบถาม ประกอบด้วย เพศ อายุ ระดับการศึกษา และอาชีพ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ใช้วิธีหาค่าความถี่ (Frequency) แล้วสรุปออกมาเป็นค่าร้อยละ (Percentage)

2) แบบสอบถามส่วนที่ 2 เป็นแบบสอบถามเกี่ยวกับ พฤติกรรมการใช้ การซื้อ และพฤติกรรมการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check-List) ใช้วิธีหาค่าความถี่ (Frequency) แล้วสรุปออกมาเป็นค่าร้อยละ (Percentage)

3) แบบสอบถามส่วนที่ 3 เป็นแบบสอบถามวัดความรู้ความเข้าใจและความตระหนักเกี่ยวกับอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วน ประมาณค่า (Rating Scale) แล้วสรุปออกมาเป็นค่าร้อยละ (Percentage)

4) แบบสอบถามส่วนที่ 4 ข้อมูลเกี่ยวกับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะอื่นๆ ที่มีต่อการจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือ ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบปลายเปิด (Open End) ใช้วิธีการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) แล้วเรียบเรียงออกมาเป็นค่าความถี่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
ผลการวิจัย

4.1 ผลการวิจัยส่วนที่ 1 การศึกษาปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าจากส่วนประกอบต่างๆ ของซากโทรศัพท์มือถือ

4.1.1 น้ำหนักเฉลี่ยจากส่วนประกอบต่างๆของซากโทรศัพท์มือถือ

ซากโทรศัพท์มือถือหลังจากจัดกลุ่มแยกประเภทและรุ่นของโทรศัพท์แล้วจะทำการแยกส่วนประกอบด้วยมือโดยใช้อุปกรณ์ช่างพื้นฐานในการแยก โดยทำการทดลองที่ห้องปฏิบัติการขยะอาคารสี่ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ทำการแบ่งกลุ่มตัวอย่างซากโทรศัพท์ดังกล่าวออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A (โทรศัพท์แบบปุ่มกด) 48 เครื่อง และกลุ่ม B (โทรศัพท์แบบหน้าจอสัมผัส) อีก 48 เครื่อง จากผลการทดลองพบว่าแผ่นวงจรพิมพ์(PCB) ในกลุ่มโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดมีน้ำหนักมากกว่าประเภทหน้าจอสัมผัส ในขณะที่ชิ้นส่วนอื่นไม่ว่าจะเป็นแบตเตอรี่ ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ และหน้าจอโทรศัพท์ พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยกลุ่มโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดมีน้ำหนักน้อยกว่าประเภทหน้าจอสัมผัส รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.1 และ 4.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละส่วนประกอบโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกด

ชิ้นส่วน	กลุ่ม A โทรศัพท์ประเภทปุ่มกด (กรัม)				ค่าเฉลี่ย (กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	SAMSUNG	NOKIA	BlackBerry	Other A		
BT	19.8160	23.2441	27.2115	21.7809	23.0131	3.1315
CA	36.8069	51.8587	44.1774	42.0071	43.7125	6.2496
LCD	10.7170	9.3403	16.7924	10.6020	11.8629	3.345
PCB	14.9727	20.1667	29.5224	24.8023	22.3660	6.2356

หมายเหตุ : BT = แบตเตอรี่ CA = ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ LCD = หน้าจอผลึกเหลว และ PCB = แผ่นวงจรพิมพ์

ตารางที่ 4.2 น้ำหนักเฉลี่ยของแต่ละส่วนประกอบโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส

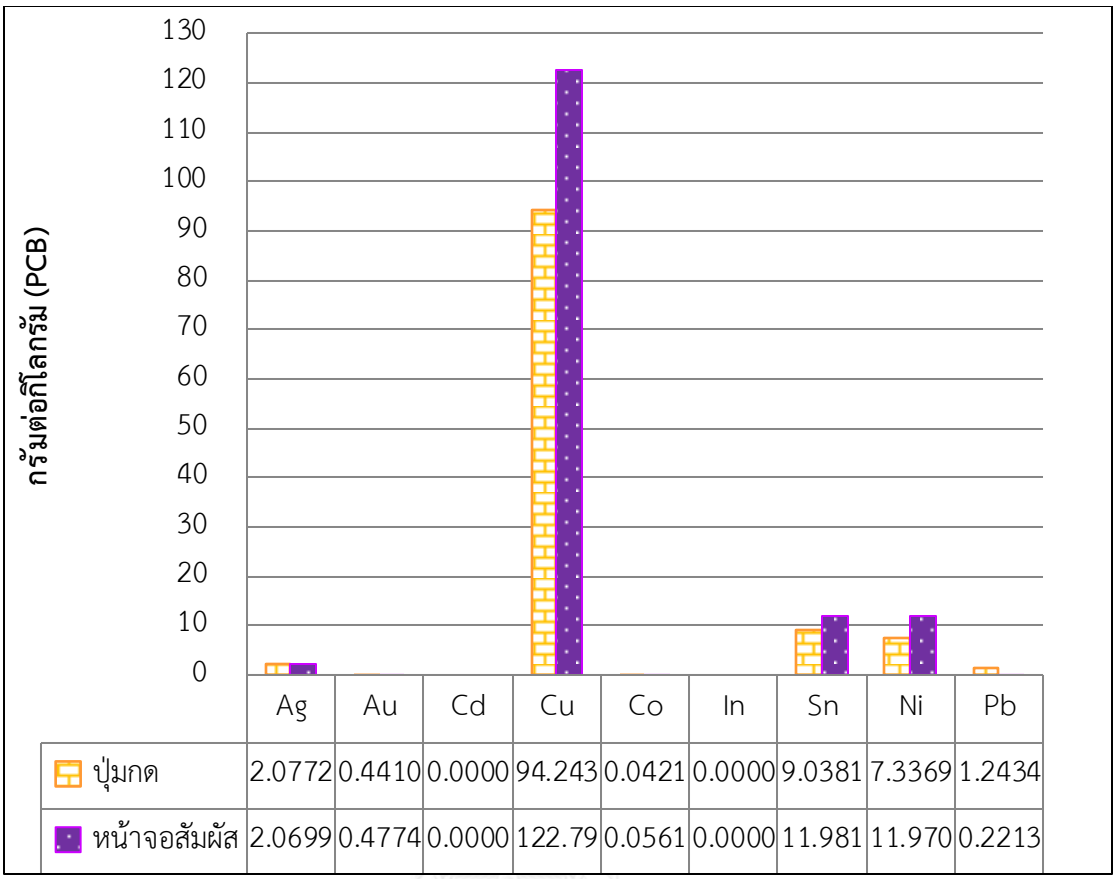
ชิ้นส่วน	กลุ่ม B โทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส (กรัม)				ค่าเฉลี่ย (กรัม)	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	I mobile	SAMSUNG	Apple	Other B		
BT	40.9157	30.7483	24.9252	29.6240	31.5533	6.7319
CA	71.8277	56.3858	62.3458	47.7069	59.5665	10.146
LCD	40.8604	20.7478	28.6970	28.1377	29.6107	8.3289
PCB	16.4826	18.7146	15.7539	20.4303	17.8453	2.1345

หมายเหตุ : BT = แบตเตอรี่ CA = ฝาครอบรวมแป้นพิมพ์ LCD = หน้าจอผลึกเหลว และ PCB = แผ่นวงจรพิมพ์

4.1.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ

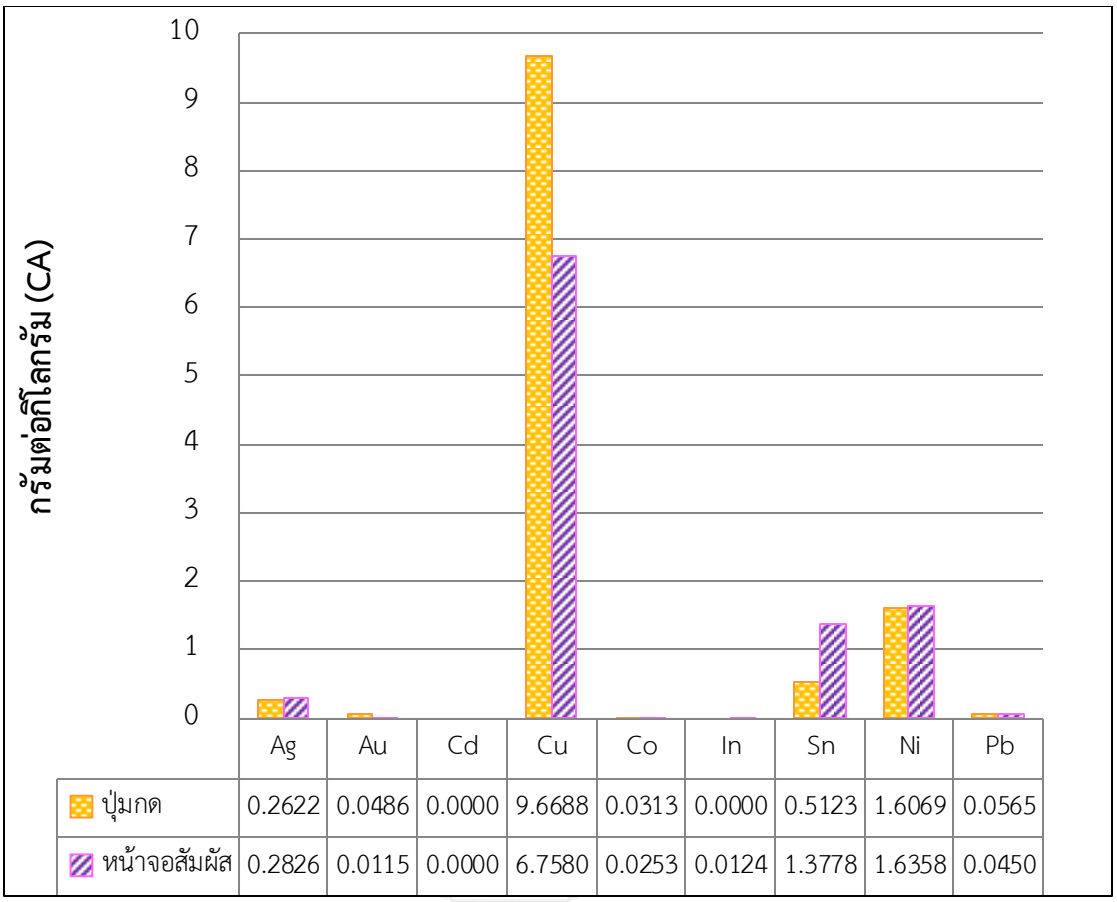
หลังจากการการบดตัวอย่างเป็นที่เรียบร้อยแล้วขั้นตอนต่อมาคือการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือ โดยกลุ่มของโลหะหนักและโลหะมีค่าที่สนใจในการวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย ธาตุ Ag Au Cd Cu Co In Sn Ni และPb ซึ่งผู้วิจัยเลือกวิธี X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) ในการวิเคราะห์เนื่องจากสามารถบ่งชี้ชนิดและปริมาณของธาตุได้หลากหลาย ไม่ต้องใช้ธาตุมาตรฐานในการเปรียบเทียบ และการวิเคราะห์ไม่สูญเสียตัวอย่าง ซึ่งเหมาะสำหรับตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ เนื่องจากตัวอย่างเป็นซากโทรศัพท์มือถือมีความอันตรายจำเป็นต้องรวบรวมและนำมากำจัดอย่างถูกวิธี โดยผู้วิจัยนำตัวอย่างดังกล่าวส่งวิเคราะห์ที่ศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการทดลองพบว่าในแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB) พบธาตุทองแดง (Cu) ในปริมาณมากที่สุด โดยพบในโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัสมากกว่าประเภทปุ่มกด ความเข้มข้นอยู่ที่ 122.7938 และ 94.2438 กรัมต่อกิโลกรัม PCB ตามลำดับ ธาตุที่พบรองลงมาคือดีบุก (Sn) นิเกิล (Ni) เงิน (Ag) เป็นต้น ในขณะที่ผลการวิเคราะห์แผ่นวงจรพิมพ์ไม่พบธาตุแคดเมียม (Cd) และอินเดียม (In) แสดงดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)

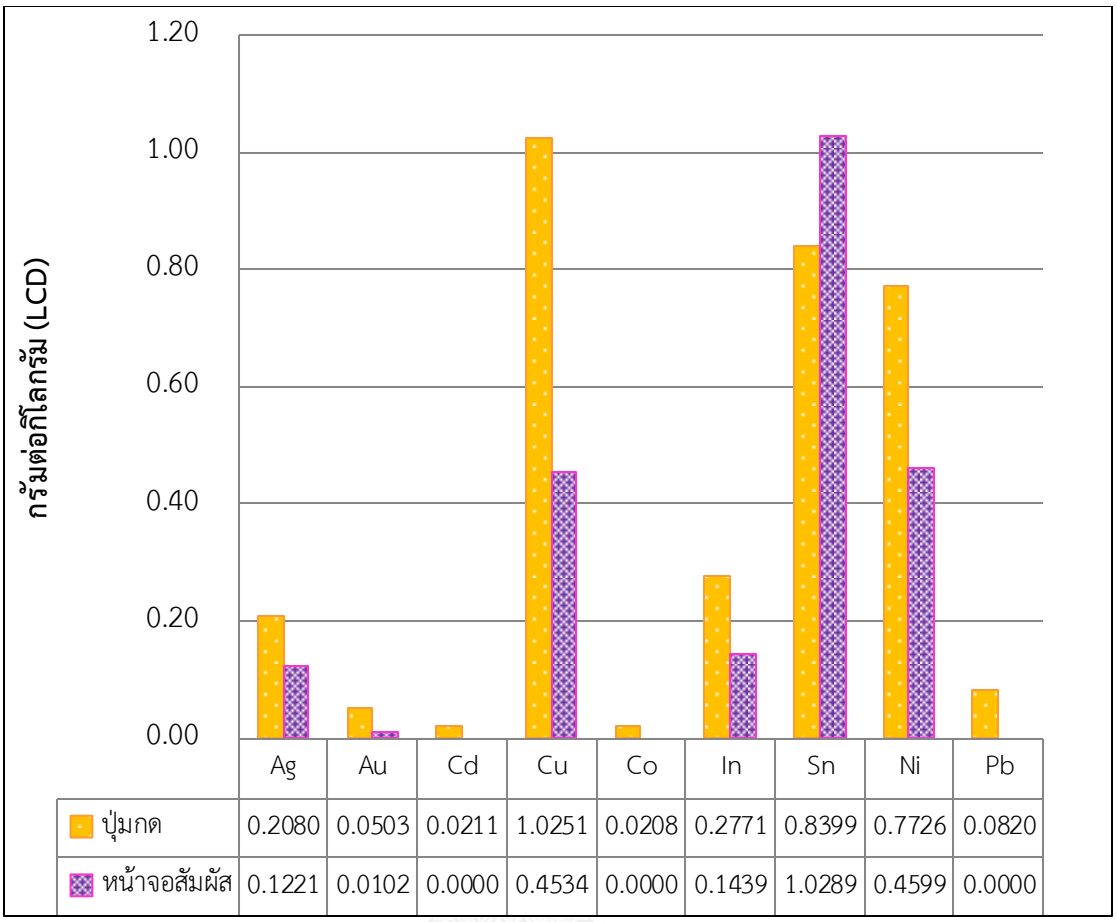
ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ (CA) พบธาตุทองแดง (Cu) ในปริมาณมากที่สุด โดยพบในโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดมากกว่าประเภทหน้าจอสัมผัส ความเข้มข้นอยู่ที่ 9.6688 และ6.7580 กรัมต่อกิโลกรัม CA ตามลำดับ ธาตุที่พบรองลงมาคือ นิเกิล (Ni) ดีบุก (Sn) เงิน (Ag) เป็นต้น ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ไม่พบธาตุแคดเมียม (Cd) แสดงดังภาพที่ 4.2



	Ag	Au	Cd	Cu	Co	In	Sn	Ni	Pb
ปุ่มกด	0.2622	0.0486	0.0000	9.6688	0.0313	0.0000	0.5123	1.6069	0.0565
หน้าจอสัมผัส	0.2826	0.0115	0.0000	6.7580	0.0253	0.0124	1.3778	1.6358	0.0450

ภาพที่ 4.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ (CA)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในหน้าจอผลึกเหลว (LCD) พบธาตุทองแดง (Cu) ดีบุก (Sn) และนิเกิล (Ni) ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน การวิเคราะห์โลหะหนักแคดเมียม (Cd) โคบอลต์ (Co) และตะกั่ว (Pb) ในโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดพบว่ามีความเข้มข้นอยู่ที่ 0.0211 0.0208 และ0.0820 กรัมต่อกิโลกรัม LCD ในขณะที่กลุ่มโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัสไม่พบกลุ่มโลหะหนักดังกล่าว แสดงดังภาพที่ 4.3



	Ag	Au	Cd	Cu	Co	In	Sn	Ni	Pb
ปุ่มกด	0.2080	0.0503	0.0211	1.0251	0.0208	0.2771	0.8399	0.7726	0.0820
หน้าจอสัมผัส	0.1221	0.0102	0.0000	0.4534	0.0000	0.1439	1.0289	0.4599	0.0000

ภาพที่ 4.3 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในหน้าจอผลึกเหลว (LCD)

4.1.3 การคำนวณมูลค่าแร่ธาตุที่พบในแต่ละส่วนประกอบของซากโทรศัพท์มือถือ

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาธาตุที่พบในปริมาณมากและมีมูลค่าในแต่ละส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับพิจารณาความสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์หากซากโทรศัพท์เหล่านั้นไม่ถูกนำเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลอย่างถูกวิธี สำหรับราคากลางของแร่ธาตุดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ราคากลางของแร่ (ข้อมูล ณ วันที่ 1 มิถุนายน 2560)

แร่	ราคาแร่		บาท/กรัม
	มูลค่า	หน่วย	
Ag	18.350	บาท/กรัม	18.3500
Au	1387.330	บาท/กรัม	1387.3300
Cd	1.761	เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม	0.0599
Cu	208260.000	บาท/ตัน	0.2083
Co	56.375	เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม	1.9168
In	235.000	เหรียญสหรัฐ/กิโลกรัม	7.9900
Sn	41820.000	บาท/หาบหลวง	0.6970
Ni	8830.000	เหรียญสหรัฐ/ตัน	0.3002
Pb	67029.000	บาท/ตัน	0.0670

ที่มา : (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในแผ่นวงจรพิมพ์ (PCB)

แร่	A				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก PCB ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	2.0772	22.3660	0.0465	18.3500	0.8525
Au	0.4410	22.3660	0.0099	1387.3300	13.6850
Cd	0.0000	22.3660	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	94.2438	22.3660	2.1079	0.2083	0.4390
Co	0.0421	22.3660	0.0009	1.9168	0.0018
In	0.0000	22.3660	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	9.0381	22.3660	0.2021	0.6970	0.1409
Ni	7.3369	22.3660	0.1641	0.3002	0.0493
Pb	1.2434	22.3660	0.0278	0.0670	0.0019
				รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด	15.1703
แร่	B				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก PCB ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	2.0699	17.8453	0.0369	18.3500	0.6778
Au	0.4774	17.8453	0.0085	1387.3300	11.8201
Cd	0.0000	17.8453	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	122.7938	17.8453	2.1913	0.2083	0.4564
Co	0.0561	17.8453	0.0010	1.9168	0.0019
In	0.0000	17.8453	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	11.9813	17.8453	0.2138	0.6970	0.1490
Ni	11.9700	17.8453	0.2136	0.3002	0.0641
Pb	0.2213	17.8453	0.0039	0.0670	0.0003
				รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส	13.1696

ตารางที่ 4.5 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในแผ่นฝาครอบโทรศัพท์รวมแป้นพิมพ์ (CA)

แร่	A				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก CA ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	0.2622	43.7125	0.0115	18.3500	0.2104
Au	0.0486	43.7125	0.0021	1387.3300	2.9461
Cd	0.0000	43.7125	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	9.6688	43.7125	0.4226	0.2083	0.0880
Co	0.0313	43.7125	0.0014	1.9168	0.0026
In	0.0000	43.7125	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	0.5123	43.7125	0.0224	0.6970	0.0156
Ni	1.6069	43.7125	0.0702	0.3002	0.0211
Pb	0.0565	43.7125	0.0025	0.0670	0.0002
	รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด				3.2840
แร่	B				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก CA ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	0.2826	59.5665	0.0168	18.3500	0.3089
Au	0.0115	59.5665	0.0007	1387.3300	0.9472
Cd	0.0000	59.5665	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	6.7580	59.5665	0.4026	0.2083	0.0838
Co	0.0253	59.5665	0.0015	1.9168	0.0029
In	0.0124	59.5665	0.0007	7.9900	0.0059
Sn	1.3778	59.5665	0.0821	0.6970	0.0572
Ni	1.6358	59.5665	0.0974	0.3002	0.0293
Pb	0.0450	59.5665	0.0027	0.0670	0.0002
	รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส				1.4354

ตารางที่ 4.6 แสดงการคำนวณมูลค่าแร่ในหน้าจอผลึกเหลว (LCD)

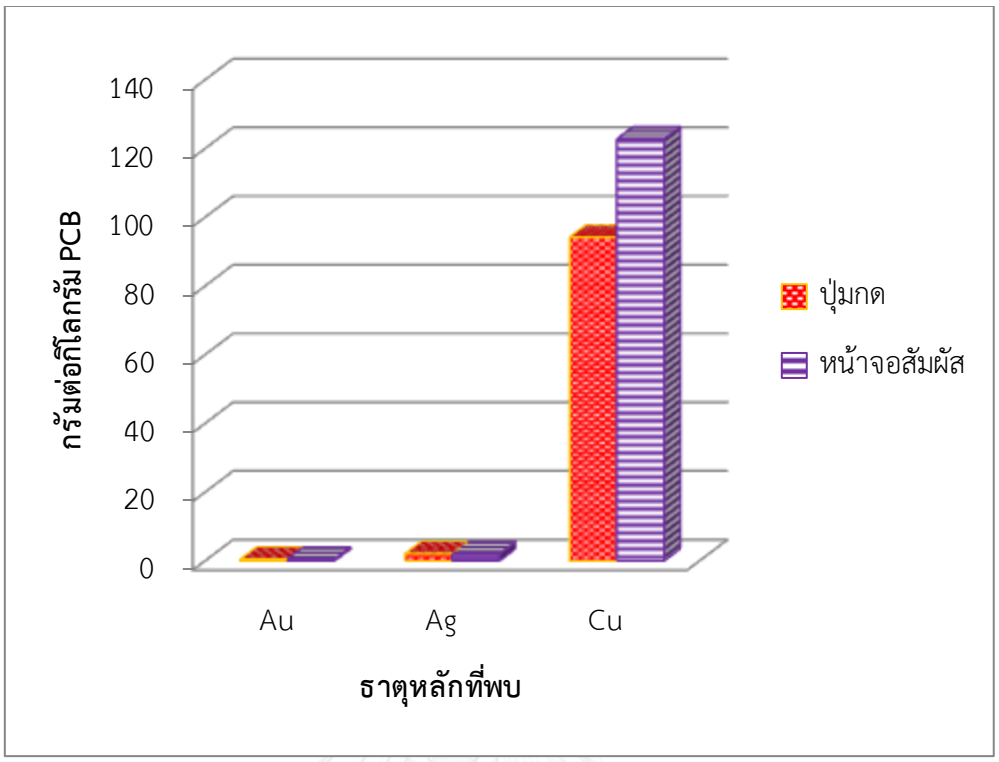
แร่	A				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก LCD ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	0.2080	11.8629	0.0025	18.3500	0.0453
Au	0.0503	11.8629	0.0006	1387.3300	0.8279
Cd	0.0211	11.8629	0.0003	0.0599	0.0000
Cu	1.0251	11.8629	0.0122	0.2083	0.0025
Co	0.0208	11.8629	0.0002	1.9168	0.0005
In	0.2771	11.8629	0.0033	7.9900	0.0263
Sn	0.8399	11.8629	0.0100	0.6970	0.0069
Ni	0.7726	11.8629	0.0092	0.3002	0.0028
Pb	0.0820	11.8629	0.0010	0.0670	0.0001
				รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด	0.9122
แร่	B				
	ความเข้มข้นจากเครื่อง XRF	น้ำหนัก LCD ต่อเครื่อง	น้ำหนักแร่ต่อเครื่อง	ราคาแร่	มูลค่า
	(กรัมต่อกิโลกรัม)	(กรัมต่อเครื่อง)	(กรัมต่อเครื่อง)	(บาทต่อกรัม)	(บาทต่อเครื่อง)
Ag	0.1221	29.6107	0.0036	18.3500	0.0663
Au	0.0102	29.6107	0.0003	1387.3300	0.4188
Cd	0.0000	29.6107	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	0.4534	29.6107	0.0134	0.2083	0.0028
Co	0.0000	29.6107	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.1439	29.6107	0.0043	7.9900	0.0340
Sn	1.0289	29.6107	0.0305	0.6970	0.0212
Ni	0.4599	29.6107	0.0136	0.3002	0.0041
Pb	0.0000	29.6107	0.0000	0.0670	0.0000
				รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส	0.5473

จากผลการทดลองเมื่อคำนวณมูลค่าแร่ตามสมการดังกล่าวแล้วจะได้ว่ามูลค่าแร่รวมที่พบในโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดเท่ากับ 19.3666 บาทต่อเครื่อง ในขณะที่มูลค่าแร่รวมที่พบในโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัสเท่ากับ 15.1523 บาทต่อเครื่อง แสดงดังตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าในการคำนวณมูลค่ารวมนั้น แร่ทองคำ (Au) ส่งผลต่อราคารวมมากที่สุดเนื่องจากมีราคาที่สูงมากกว่าแร่ชนิดอื่น แม้ว่าแผ่นวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัสจะมีปริมาณแร่ทองคำ(Au) มากกว่าโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด แต่ขนาดและน้ำหนักของแผ่นวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัสน้อยกว่า ทำให้มูลค่ารวมของโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัสน้อยกว่าประเภทปุ่มกดด้วย แสดงให้เห็นว่าขนาดและน้ำหนักของส่วนประกอบโทรศัพท์มือถือมีผลต่อการคำนวณมูลค่าแร่ด้วย แสดงดังภาพที่ 4.4 และ 4.5 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.7 สรุปมูลค่าในซากโทรศัพท์มือถือทั้งสองประเภท

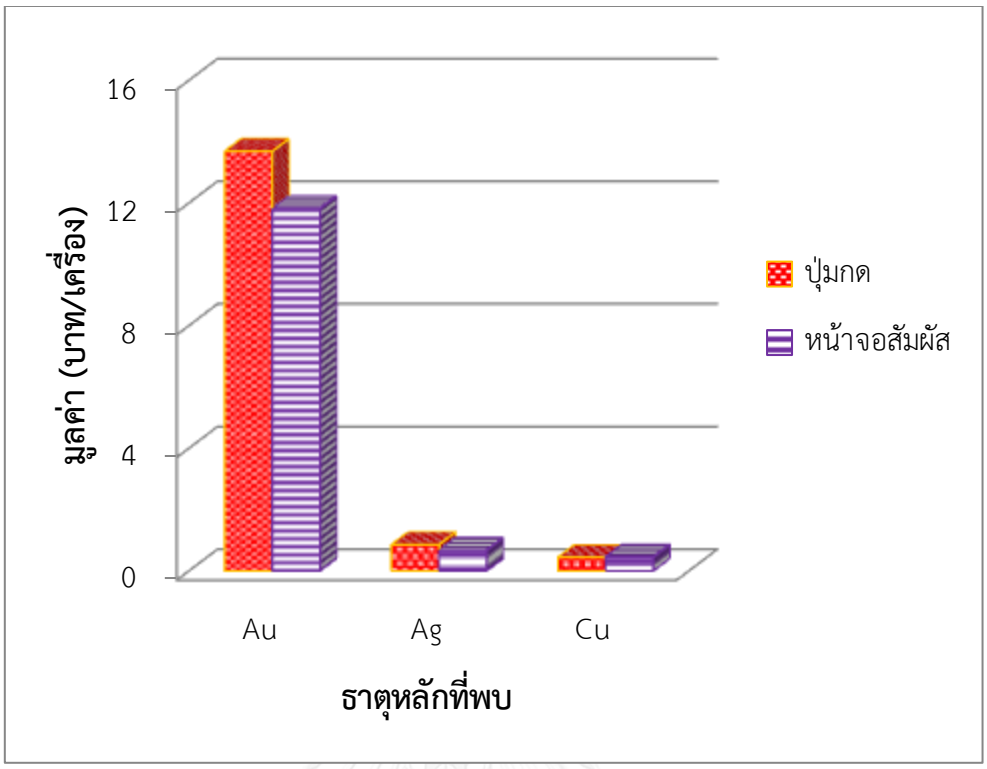
โทรศัพท์แบบปุ่มกด (A)			โทรศัพท์แบบหน้าจอสัมผัส (B)		
PCB แบบปุ่มกด	15.1703		PCB แบบหน้าจอสัมผัส	13.1696	
CA แบบปุ่มกด	3.2840	บาทต่อ	CA แบบหน้าจอสัมผัส	1.4354	บาทต่อ
LCD แบบปุ่มกด	0.9122	เครื่อง	LCD แบบหน้าจอสัมผัส	0.5473	เครื่อง
รวมมูลค่า	19.3666		รวมมูลค่า	15.1523	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.4 ปริมาณโลหะมีค่าที่พบมากในแผ่นวงจรพิมพ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 4.5 มูลค่าของโลหะมีค่าที่พบในแผ่นวงจรพิมพ์

4.2 ผลการวิจัยส่วนที่ 2 การศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ

ผลการลงพื้นที่เก็บแบบสอบถามเพื่อศึกษาพฤติกรรมของผู้บริโภคเกี่ยวกับการใช้และการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือในเขตกรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่าง 400 ตัวอย่าง ทำการเก็บข้อมูลตั้งแต่วันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2560 ถึงวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ในพื้นที่ 8 เขตการปกครองได้แก่ เขตบางคอแหลม เขตปทุมวันเขตจตุจักร เขตหลักสี่ เขตมีนบุรี เขตทวีวัฒนา เขตบางกอกใหญ่ และเขตตลิ่งชัน โดยแบ่งจำนวนแบบสอบถามตามสัดส่วนจำนวนประชากร แสดงดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 จำนวนแบบสอบถามในแต่ละเขตพื้นที่การปกครอง

ลำดับ	เขตการปกครอง	จำนวนแบบสอบถาม (ชุด)
1	บางคอแหลม	50
2	ปทุมวัน	40
3	จตุจักร	50
4	หลักสี่	85
5	มีนบุรี	90
6	ทวีวัฒนา	20
7	บางกอกใหญ่	25
8	ตลิ่งชัน	40
	รวม	**400**

4.2.1 ข้อมูลส่วนบุคคล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของผู้ตอบแบบสอบถาม จำนวน 400 คน แบ่งเป็นเพศหญิง 218 คน และเพศชาย 182 คน คิดเป็นร้อยละ 54.5 และ 45.5 ตามลำดับ ผู้ตอบแบบสอบถามมีอายุตั้งแต่ 18 ปี ถึง 71 ปี ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท ร้อยละ 33.25 จบระดับปริญญาตรี ร้อยละ 55 มีรายได้เฉลี่ยของครอบครัวอยู่ที่ 15,001-30,000 บาทต่อเดือน รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 4.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 4.9 ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูล	**จำนวน**	**%**
เพศ		
หญิง	218	54.5
ชาย	182	45.5

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูล	จำนวน	%
อายุ		
18-25	166	41.5
26-35	107	26.75
36-45	69	17.25
46-55	42	10.5
55 ปีขึ้นไป	16	4
อาชีพ		
ข้าราชการ	66	16.5
พนักงานบริษัท	133	33.25
นักเรียน/นิสิต	118	29.5
ธุรกิจส่วนตัว/ค้าขาย	36	9
รับจ้าง	33	8.25
แม่บ้าน/พ่อบ้าน/เกษียณ	10	2.5
อื่นๆ	4	1
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	19	4.75
มัธยมศึกษา	105	26.25
อาชีวศึกษา	44	11
ปริญญาตรี	220	55
ปริญญาโท ขึ้นไป	12	3
รายได้เฉลี่ยของครอบครัวต่อเดือน		
น้อยกว่า 10,000 บาท	19	4.75
10,001-15,000 บาท	55	13.75
15,001-30,000 บาท	103	25.75

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) ข้อมูลส่วนบุคคลของกลุ่มตัวอย่าง

ข้อมูล	จำนวน	%
รายได้เฉลี่ยของครอบครัวต่อเดือน (ต่อ)		
30,001-50,000 บาท	80	20
50,001-100,000 บาท	98	24.5
100,000 บาท ขึ้นไป	45	11.25
ลักษณะที่อยู่อาศัยปัจจุบัน		
บ้านเดี่ยว	139	34.8
ทาวน์เฮาส์/บ้านแฝด	53	13.3
อาคาร/ตึกแถว	61	15.3
ห้องเช่า/หอพัก/อพาร์ทเมนต์	105	26.3
คอนโดมีเนียม/แฟลต	38	9.5
อื่น (วัด)	4	1

4.2.2 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์ที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

จากการวิจัยพบว่าส่วนใหญ่มีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วเก็บไว้ที่บ้านถึง 238 คน คิดเป็นร้อยละ 59.5 ผลการศึกษาการจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วพบว่าส่วนใหญ่เก็บซากโทรศัพท์ไว้เฉยๆที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร คิดเป็นร้อยละ 74.3 รองลงมาคือให้ญาติ/พี่น้อง/มูลนิธิ/โครงการ คิดเป็นร้อยละ 10.8 และพบว่ากลุ่มตัวอย่างบางส่วนมีวิธีจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วโดยทิ้งรวมไปกับขยะทั่วไป คิดเป็นร้อยละ 4.3 แสดงดังตารางที่ 4.10

ในประเด็นของผู้ตอบแบบสอบถามที่บอกว่า “เก็บไว้เฉยๆที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร” สาเหตุหลักที่ยังเก็บโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วคือไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน คิดเป็นร้อยละ 39.2 รองลงมาคือเก็บไว้เป็นเครื่องสำรอง/ใช้ประโยชน์ด้านอื่น ร้อยละ 3.8 และมีกลุ่มผู้ตอบแบบสอบถาม

บางส่วนให้เหตุผลว่าสาเหตุที่ยังคงเก็บซากโทรศัพท์ดังกล่าวไว้เนื่องจากมีคุณค่าทางจิตใจ เช่น อยากเก็บข้อความหรือรูปภาพเก่าๆ ไว้ร้อยละ 20

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ของระดับการศึกษาต่อความตั้งใจในการแยกทิ้งซากโทรศัพท์มือถือจากขยะทั่วไปด้วยวิธี Crosstabs พบว่าระดับการศึกษาไม่มีความสัมพันธ์กับความตั้งใจในการแยกทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) โดยกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เลือกจะแยกซากฯ ก่อนทิ้งร้อยละ 87 ในขณะที่บางส่วนเลือกจะไม่แยกทิ้งร้อยละ 13 ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับผลงานวิจัยของท่านอื่นในอดีต (กาญจนา นิยมมาก, 2557)

ตารางที่ 4.10 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

คำถาม	จำนวน	%
1. ปัจจุบันท่านใช้โทรศัพท์มือถือหรือไม่		
ไม่ใช้ (ตอบต่อข้อ 6)	0	0
ใช้	400	100
2. ประเภทของโทรศัพท์มือถือที่ท่านใช้งานอยู่เป็นแบบใด		
แบบมีปุ่มกด (feature phone)	17	4.3
แบบหน้าจอสัมผัส (smart phone)	383	95.8
3. ราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบันคือ		
น้อยกว่า 1,000 บาท	19	4.8
1,001-5,000 บาท	62	15.5
5,001-10,000 บาท	75	18.8
10,001-15,000 บาท	72	18
15,001-20,000 บาท	64	16
20,001บาท ขึ้นไป	108	27
4. ท่านใช้โทรศัพท์มือถือเครื่องก่อนหน้านี้นานเพียงใด (สำหรับท่านที่ไม่เคยเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือ ท่านใช้โทรศัพท์มือถือเครื่องปัจจุบันเป็นระยะเวลานานเท่าใด)		
น้อยกว่า 6 เดือน	7	1.8

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

คำถาม	จำนวน	%
6 เดือน -1 ปี	64	16
1-2 ปี	134	33.5
2-3 ปี	86	21.5
3-4 ปี	66	16.5
4 ปีขึ้นไป	43	10.8
5. สาเหตุหลักในการเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือของท่านเป็นเครื่องที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน		
เครื่องเก่าเสีย/หมดอายุการใช้งาน /ชำรุดจากอุบัติเหตุ	252	63
สูญหาย/ถูกขโมย	18	4.5
ราคาค่าซ่อมไม่แตกต่างจากราคาของโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่	32	8
ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการให้บริการ	23	5.8
เครื่องเก่าล้าสมัย ฟังก์ชันการใช้งานน้อย ไม่ตอบสนองต่อความต้องการ/ตามเพื่อน	75	18.8
6. ในครอบครัวของท่านมีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วเก็บไว้ที่บ้านของท่านหรือไม่		
ไม่มี (ตอบต่อข้อ 10.)	123	30.8
มี	238	59.5
ไม่ทราบ	39	9.8
7. ท่านจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วของท่านอย่างไร		
เก็บไว้เฉยๆ ที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร (ตอบต่อข้อ 8.)	240	74.3
ให้ญาติ/พี่น้อง/มูลนิธิ/โครงการ	35	10.8
ขายให้ซาเล้ง/ร้านรับซื้อ	8	2.5

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

คำถาม	จำนวน	%
นำไปเป็นส่วนลดในการซื้อเครื่องใหม่	18	5.6
ทิ้งลงในกล่องสำหรับรีไซเคิล ของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ	8	2.5
ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป (ตอบต่อข้อ 9.)	14	4.3
8. เฉพาะท่านที่ตอบ “เก็บไว้เฉยๆ ที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร” (ในข้อ 7.) โปรดระบุเหตุผลที่ท่านยังเก็บโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้ว		
เก็บไว้เป็นเครื่องสำรอง/ใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น เป็นนาฬิกาปลุก ฯลฯ	81	33.8
มีคุณค่าทางจิตใจ เช่น อยากเก็บข้อความหรือรูปภาพเก่าๆ ไว้	48	20
ไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน	94	39.2
อื่นๆ	17	7.1
9. เฉพาะ**ท่านที่ตอบ “ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป” (ในข้อ 7.)** สาเหตุที่ท่านไม่แยกทิ้งโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วรวมกับขยะทั่วไปคืออะไร		
ไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน (ไม่มีถังขยะ/ตู้รับทิ้งขยะอันตรายแถวบ้าน)	8	57.1
ปริมาณมีน้อย คิดว่าทิ้งไปคงไม่เป็นอันตราย	1	7.1
ถึงจะแยกทิ้ง แต่พนักงานเก็บขยะก็นำไปทิ้งรวมกันอยู่ดี	5	35.7
10.ต่อไปภายหน้า หากท่านมีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว ท่านจะแยกทิ้งโทรศัพท์มือถือออกจากขยะทั่วไปหรือไม่		
จะแยกทิ้ง	348	87
ไม่แยกทิ้ง (ทิ้งรวมไปกับขยะทั่วไป)	52	13

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

คำถาม	จำนวน	%
11.หากภาครัฐและบริษัทผู้ผลิตจัดระบบเก็บรวบรวมโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปรีไซเคิล ท่านจะให้ความร่วมมือในการนำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปทิ้งยังจุดที่กำหนดหรือไม่		
นำไปทิ้งยังจุดที่กำหนด	375	93.8
ไม่นำไปทิ้ง	25	6.3
12.ท่านที่ตอบว่า “นำไปทิ้งยังจุดที่กำหนด” (ในข้อ 11.) ท่านคิดว่า ท่านจะนำโทรศัพท์มือถือไปคืนช่องทางใดมากที่สุด		
กล่องรับทิ้งที่ตั้งตามศูนย์บริการเครือข่ายที่ตั้งตามห้างสรรพสินค้า	183	45.8
กล่องรับทิ้งที่ตั้งหน้าร้านสะดวกซื้อใกล้บ้านของท่าน	166	43.7
กล่องรับทิ้งที่ตั้ง ณ สถานที่ราชการและสำนักงานเขต	25	6.6
อื่นๆ	6	1.6
13.ท่านต้องการสิ่งตอบแทนหรือสิ่งจูงใจสำหรับการนำโทรศัพท์มือถือเก่ามาหย่อนที่กล่องรับทิ้งหรือไม่		
ไม่ต้องการสิ่งตอบแทนหรือสิ่งจูงใจใดๆ	153	38.3
ต้องการให้มีการชิงโชค ลุ้นรางวัล	26	6.5
ต้องการคูปองส่วนลดซื้อโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่	137	34.3
ต้องการคูปองส่วนลดซื้อสินค้าอุปโภคบริโภค	63	15.8
ต้องการได้เป็นเงินสด	18	4.5
อื่นๆ	3	0.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

คำถาม	จำนวน	%
14.ท่านยินดีที่จะจ่ายค่าโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ที่รวมค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือหรือไม่		
ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ	164	41
ไม่ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ	236	59
ไม่ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ เนื่องจาก		
คิดว่าเป็นหน้าที่ของรัฐในการกำจัดขยะ	36	15.3
ซากโทรศัพท์มีมูลค่าในตัวอยู่แล้ว	118	50
ผู้ผลิตควรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการกำจัดซากฯ	79	33.5
อื่นๆ	3	1.3

สำหรับประเด็นความยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลรวมกับราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ (Willingness to pay) จากจำนวนผู้ตอบแบบสอบถาม 400 คน ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลคิดเป็นร้อยละ 59 ในขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามร้อยละ 41 ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิล มีจำนวนทั้งสิ้น 164 คน เมื่อคำนวณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดโดยรวมกลุ่มผู้ไม่ยินดีที่จะจ่ายไปในการคำนวณด้วย ซึ่งได้กำหนดมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือของผู้ตอบแบบสอบถามกลุ่มนี้เท่ากับ 0 บาท ผลการวิจัยพบว่ามูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ (zero WTP) ของผู้ตอบแบบสอบถามเฉลี่ยอยู่ที่ 37 บาทต่อเครื่อง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 69.6814 แสดงดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือทั้งหมด (zero WTP)

N	Valid	400
	Missing	0
Mean		37.3750
Median		0.0000
Mode		0.00
Std. Deviation		69.68140
Minimum		0.00
Maximum		500.00

ในขณะที่เมื่อคำนวณมูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือเฉพาะกลุ่มของผู้ตอบแบบสอบถามที่ยินดีที่จะจ่ายจำนวน 164 คนนั้นพบว่ามูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ (WTP) ของผู้ตอบแบบสอบถามเฉลี่ยอยู่ที่ 91 บาทต่อเครื่อง ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 83.3825 ฐานนิยมอยู่ที่ 100 บาทต่อเครื่อง มูลค่าความเต็มใจที่จะจ่ายต่ำสุดอยู่ที่ 20 บาทต่อเครื่อง สูงสุด 500 บาทต่อเครื่อง แสดงดังตารางที่ 4.12

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างเพศต่อความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิล (WTP) ด้วยวิธี Crosstabs พบว่าความแตกต่างของเพศไม่มีความสัมพันธ์กับความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) อธิบายได้ว่าทั้งเพศชายและเพศหญิงมีความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลไม่แตกต่างกัน

ตารางที่ 4.12 ความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือเฉพาะกลุ่มที่ยินดีที่จะจ่ายฯ (WTP)

N	Valid	164
	Missing	0
Mean		91.1585
Median		80.0000
Mode		100.00
Std. Deviation		83.38248
Minimum		20.00
Maximum		500.00

4.2.3 ทัศนคติและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ

4.2.3.1 ความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ

ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เห็นด้วยในหลายประเด็นเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรโลกเช่น การแยกขยะ การนำซากโทรศัพท์มาทิ้งในจุดที่กำหนด ความคาดหวังในการรักษาสิ่งแวดล้อมจากสังคม ครอบครัวและตัวเอง ยกเว้นในประเด็นความเต็มใจที่จะจ่ายค่าสินค้าและบริการที่แพงขึ้นเพื่อช่วยลดภาระโลกร้อน ที่ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ไม่แน่ใจสำหรับประเด็นดังกล่าว แสดงดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ

ข้อความ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
เราใกล้จุดที่ทรัพยากรในโลกไม่สามารถรองรับประชากรได้เพียงพออีกต่อไปแล้ว	1	4.3	28	49.3	17.5
การแยกขยะอันตราย เช่นซากโทรศัพท์มือถือออกจากขยะทั่วไปก่อนทิ้ง สามารถช่วยลดความเสี่ยงการปนเปื้อนสารอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและระบบนิเวศได้	0.3	1	8.3	53	37.5
ฉันเต็มใจที่จะจ่ายสินค้าและบริการแพงขึ้นเพื่อช่วยลดภาวะโลกร้อน	5.3	14	36.5	35.8	8.5
การแยกทิ้งขยะอันตราย (เช่นโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้ว) ไม่ปะปนไปกับขยะทั่วไป เป็นหน้าที่/ความรับผิดชอบของเราทุกคน	0.3	1.8	8.8	50.3	39

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) ความตระหนักต่อมลพิษในด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ

ข้อความ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
หากศูนย์บริการเครือข่าย (DTAC, TRUE, AIS) มีการตั้งกล่องรับรีไซเคิล โทรศัพท์มือถือเก่าที่เสียแล้ว ฉันคิดว่าเป็นเรื่องที่สะดวกและง่ายสำหรับฉันที่จะนำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปหย่อนลงกล่องรับรีไซเคิลดังกล่าว	0.3	2	9	50	38.8
ฉันรู้สึกผิด หากฉันไม่นำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ใช้แล้วไปทิ้งในจุดที่กำหนด	0.8	6.3	29.8	49.8	13.5
ฉันรู้สึกว่าคนรอบข้างฉัน (ครอบครัว, เพื่อน) คาดหวังให้ฉันแยกขยะอันตราย เช่นซากโทรศัพท์มือถือก่อนทิ้ง	2.5	5.3	38.5	43	10.8
ฉันคิดว่าการแยกขยะมูลฝอยและขยะอันตรายเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของฉัน	1.5	2.8	14.3	60	21
ฉันรู้สึกผิด หากฉันไม่นำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ใช้แล้วไปทิ้งในจุดที่กำหนด	0.8	6.3	29.8	49.8	13.5

4.2.3.2 การได้รับความรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ

ในที่หัวข้อเรื่องการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ได้รับข้อมูลเรื่องการแยกและทิ้งขยะอันตรายโรงเรียน จากสำนักงานเขต และ

ผ่านสื่อโทรทัศน์/วิทยุ/หนังสือพิมพ์ในระดับเดียวกัน คือระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 45.5 ร้อยละ 38 และร้อยละ 38.3 ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การได้รับความรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ

ข้อความ	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
ท่านได้รับความรู้เรื่องการแยกขยะ (ขยะอินทรีย์, ขยะทั่วไป, ขยะรีไซเคิลและขยะอันตราย) จากโรงเรียนที่ท่านได้เล่าเรียนมา มากน้อยเพียงใด	3.5	17	45.5	24.5	9.5
ท่านได้รับข้อมูลข่าวสารจากสำนักงานเขตเรื่องการแยกและทิ้งขยะอันตราย (เช่น ผ่านการแจกประกาศ, แผ่นพับ, ป้ายประชาสัมพันธ์) มากน้อยเพียงใด	15	32.8	38	11	3.3
ท่านได้รับข้อมูลข่าวสารเรื่องการแยกและทิ้งขยะอันตราย ผ่านสื่อโทรทัศน์/วิทยุ/หนังสือพิมพ์ มากน้อยเพียงใด	9.5	31	38.3	16	5.3

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4.2.3.3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือ

สำหรับเรื่องความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือ พบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ทราบว่าโทรศัพท์มือถือจัดเป็นของเสียอันตรายและประกอบด้วยสารประกอบที่มีพิษคิดเป็นร้อยละ 72.5 ในขณะที่กลุ่มตัวอย่างร้อยละ 60.3 ไม่ทราบว่าประเทศไทยยังไม่มีโรงงานรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือแบบครบวงจร และกลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ร้อยละ 73 ไม่ทราบว่าปัจจุบันรัฐบาลได้จัดทำร่างกฎหมายจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เพื่อให้ผู้ผลิตเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ฯ ไปรีไซเคิลอย่างถูกต้อง แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของซากโทรศัพท์มือถือ

ข้อความ	ไม่ทราบ	ทราบ
โทรศัพท์มือถือประกอบด้วยสารประกอบที่มีพิษ เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู เป็นต้น และจัดเป็นของเสียอันตราย	27.8	72.3
ร้อยละ 80 ของโทรศัพท์มือถือสามารถนำมารีไซเคิลได้ บางชิ้นส่วนประกอบด้วยโลหะที่มีค่า เช่น ทองคำ เงิน และแพลเลเดียม เป็นต้น	43	57
ประเทศไทยยังไม่มีโรงงานรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือแบบครบวงจร เนื่องจากขาดระบบจัดเก็บซากโทรศัพท์ที่มีประสิทธิภาพ และข้อจำกัดด้านกฎหมายที่ไม่เอื้อต่อการลงทุน	60.3	39.8
รัฐบาลปัจจุบันประกาศให้ปัญหาขยะเป็นวาระแห่งชาติ มีการจัดทำแผนเพื่อแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยและขยะอันตราย	55.8	44.3
รัฐบาลได้จัดทำร่างกฎหมายจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้ผลิตเรียกคืนซากผลิตภัณฑ์ฯ ไปรีไซเคิลอย่างถูกต้อง	73	27
ท่านทราบหรือไม่ว่า โครงการ “จุฬาฯ รักษ์โลก” เป็นโครงการที่ช่วยส่งเสริมการจัดการซากโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้วให้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลอย่างถูกวิธี	80.5	19.5

Chulalongkorn University

4.2.4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการซากโทรศัพท์มือถือ

จากเก็บข้อมูลแบบสอบถามจำนวน 400 ชุด มีผู้ตอบแบบสอบถามแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ จำนวน 65 คน ข้อเสนอส่วนใหญ่เสนอให้มีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับประโยชน์ของการรีไซเคิลโทรศัพท์มือถือ รวมทั้งประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับจุดรับบริจาคโทรศัพท์ที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้ว คิดเป็นร้อยละ 40 ข้อเสนอรองลงมาคืออยากให้รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเพิ่มจุดตั้งกล่องรับบริจาคซากโทรศัพท์ที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้ว คิดเป็นร้อยละ 28 ในขณะที่ผู้ตอบแบบสอบถามบางกลุ่มเสนอว่าควรมีแรงจูงใจจากภาครัฐให้ส่วนลดหรือเงินสดเพื่อแลกกับการนำซากโทรศัพท์ดังกล่าว คิดเป็นร้อยละ 16 มีเพียงร้อยละ 3 ที่เสนอให้เร่งออกกฎหมายควบคุมการจัดการกับซาก

โทรศัพท์โดยเสนอให้มีหน้าที่รับผิดชอบร่วมกันทั้งผู้ผลิตและผู้บริโภคเพื่อให้คำนึงถึงสิ่งแวดล้อมทั้งสองฝ่าย

4.3 ผลการคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์

ในการศึกษาการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ต้องอาศัยข้อมูลสินค้าคงคลังในประเทศเพื่อประเมินการเกิดซากภายในประเทศตลอดอายุการใช้งาน ข้อมูลที่ต้องใช้ในการคำนวณได้แก่

4.3.1 ผลการคาดการณ์ปริมาณซากระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561

ตารางที่ 4.16 ผลการคาดการณ์ปริมาณซากระหว่างปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561

ประเภทผลิตภัณฑ์	ปริมาณซาก (พันเครื่อง)					
	ระดับการอิ่มตัว	2557	2558	2559	2560	2561
โทรศัพท์มือถือ	1.5	8,405	9,237	10,005	10,697	11,305

ที่มา: (กรมควบคุมมลพิษ, 2555)

4.3.2 มูลค่าในซากโทรศัพท์มือถือทั้งสองประเภท

ซึ่งผู้วิจัยใช้ข้อมูลมูลค่าในซากโทรศัพท์มือถือทั้งสองประเภท ดังที่ได้แสดงในตารางที่ 4.7 มาใช้ในการคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์

4.3.3 ข้อมูลพฤติกรรมการจัดการซากโทรศัพท์มือถือจากการลงพื้นที่เก็บแบบสอบถาม

ผู้วิจัยเลือกใช้ข้อมูลการจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วของผู้ตอบแบบสอบถามที่บอกว่า ร้อยละ 74.3 เก็บไว้เฉยๆ ที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร โดยในการคำนวณครั้งนี้กำหนดให้พฤติกรรมการจัดการซากโทรศัพท์มือถือของคนในกรุงเทพมหานครและพฤติกรรมของคนในประเทศไทยไม่แตกต่างกัน และผู้วิจัยได้ตั้งสมมุติฐานระหว่างสัดส่วนปริมาณซากโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดต่อประเภทหน้าจอสัมผัส โดยในปี พ.ศ. 2557 กำหนดว่าปริมาณซากที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดร้อยละ 90 ในขณะที่ร้อยละ 10 เป็นซากโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส และได้กำหนดให้สัดส่วนปริมาณซากนี้เปลี่ยนแปลงทุกปี ซึ่งแนวโน้มปริมาณซากโทรศัพท์มือถือ

ประเภทปุ่มกดมีแนวโน้มลดลง ในขณะที่ปริมาณซากโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัสมีแนวโน้มสูงขึ้นตามความนิยมของผู้บริโภค

<u>สูตรคำนวณ</u>

EL= EW x V

EL คือ มูลค่าการสูญเสียโอกาส (บาท)

EW คือ ปริมาณคาดการณ์ซากโทรศัพท์แต่ละประเภทคำนวณตามสัดส่วนการเกิดซากฯในแต่ละปี (เครื่อง)

V คือ มูลค่าโทรศัพท์ในแต่ละประเภท (บาทต่อเครื่อง)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.17 การคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ของโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด

ปี พ.ศ.	การคาดการณ์ปริมาณซาก (พันเครื่อง)	การคาดการณ์ปริมาณซากที่ถูกเก็บไว้ที่บ้าน ร้อยละ 74.3 (พันเครื่อง)	กำหนดสัดส่วนปริมาณซากฯ ระหว่างโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด/หน้าจอสัมผัส	ปริมาณซากฯ โทรศัพท์ประเภทปุ่มกด (EW) (พันเครื่อง)	มูลค่าโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด (V) (บาทต่อเครื่อง)	มูลค่าการสูญเสียโอกาสโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด (EL) (บาทต่อปี)
2557	8,405	6,245	90/10	5,620	19.3666	108,848,215
2558	9,237	6,863	80/20	5,490	19.3666	106,331,518
2559	10,005	7,434	70/30	5,204	19.3666	100,775,792
2560	10,697	7,948	60/40	4,769	19.3666	92,353,707
2561	11,305	8,400	50/50	4,200	19.3666	81,335,784

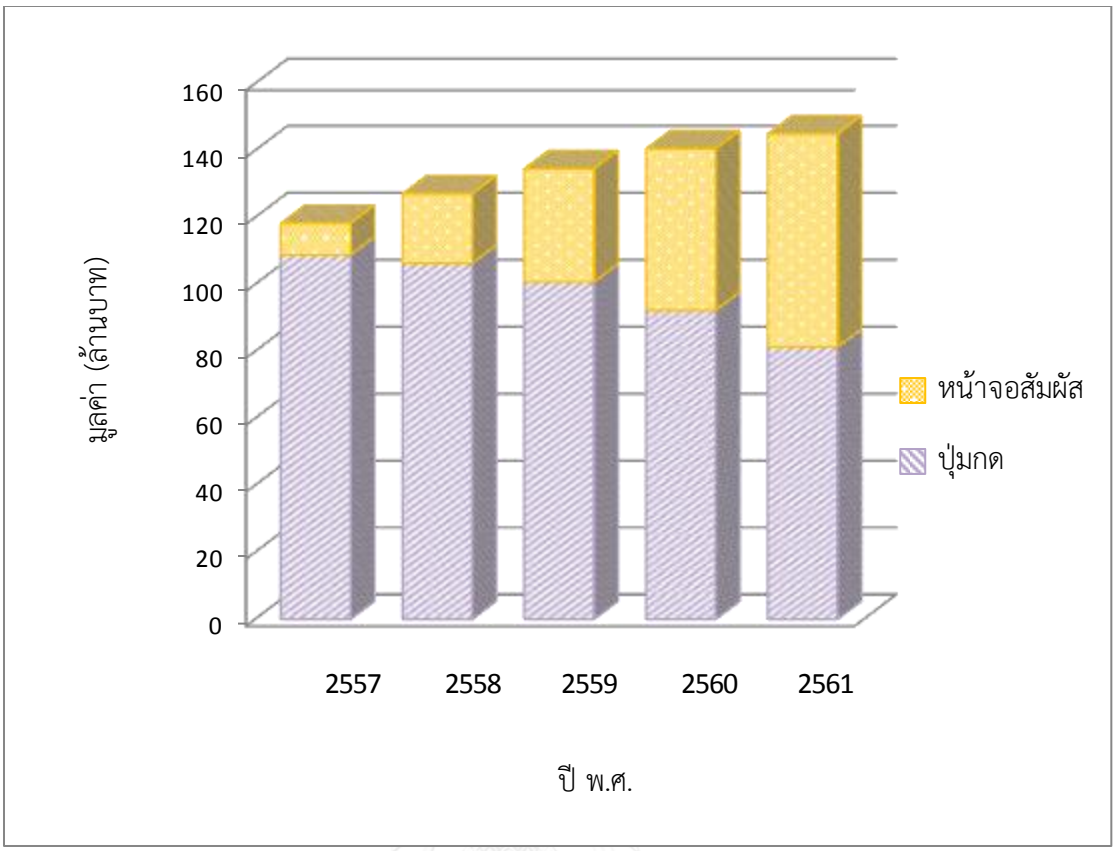
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.18 การคำนวณการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ของโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส

ปี พ.ศ.	การคาดการณ์ปริมาณซาก (พันเครื่อง)	การคาดการณ์ปริมาณซากที่ถูกเก็บไว้ที่บ้าน ร้อยละ 74.3 (พันเครื่อง)	กำหนดสัดส่วนปริมาณซากฯ ระหว่างโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด/หน้าจอสัมผัส	ปริมาณซากฯ โทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส (EW) (พันเครื่อง)	มูลค่าโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส (V) (บาทต่อเครื่อง)	มูลค่าการสูญเสียโอกาสโทรศัพท์หน้าจอสัมผัส (EL) (บาทต่อปี)
2557	8,405	6,245	90/10	624	15.1523	9,462,481
2558	9,237	6,863	80/20	1,373	15.1523	20,798,320
2559	10,005	7,434	70/30	2,230	15.1523	33,791,360
2560	10,697	7,948	60/40	3,179	15.1523	48,171,405
2561	11,305	8,400	50/50	4,200	15.1523	63,636,736

ตารางที่ 4.19 มูลค่าความสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์

ปี พ.ศ.	**มูลค่าซากโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด**	**มูลค่าซากโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส**	**มูลค่ารวมทั้งสองประเภท**
2557	108,848,215	9,462,481	118,310,697
2558	106,331,518	20,798,320	127,129,839
2559	100,775,792	33,791,360	134,567,152
2560	92,353,707	48,171,405	140,525,112
2561	81,335,784	63,636,736	144,972,520



ภาพที่ 4.6 มูลค่าการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ ปี พ.ศ. 2557 ถึง 2561

จากภาพที่ 4.6 แสดงให้เห็นถึงมูลค่าการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์เปรียบเทียบระหว่างซากโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดและโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัสในแต่ละปี ผลการวิจัยพบว่าในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยจะสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์หากไม่นำซากโทรศัพท์เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลเป็นจำนวนเงินประมาณ 140 ล้านบาท ซึ่งมูลค่าที่สูญเสียไปนั้นมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในอนาคต เนื่องจากการคาดการณ์ปริมาณการเกิดซากโทรศัพท์ที่เพิ่มขึ้นทุกปี

บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยครั้งนี้ทำการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือและแนวทางการจัดการ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณแร่โลหะดังกล่าวในแต่ละส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ ประกอบกับการศึกษาพฤติกรรมการใช้และการกำจัดซากของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร เพื่อแสดงให้เห็นถึงความจำเป็นในการผลักดัน ร่างกฎหมายการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ให้มีผลบังคับใช้โดยเร็ว ทั้งนี้ผู้วิจัยเชื่อว่าหากประเทศไทยมีกฎหมายดูแลเรื่องการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะแล้ว จะทำให้เกิดระบบการจัดการที่ถูกต้อง และจะช่วยลดปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ที่มีอยู่ในปัจจุบันได้ ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือระหว่างภาครัฐ ผู้ผลิต และผู้บริโภค ในการช่วยกันให้เศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม พัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพราะนอกจากกฎหมายฉบับนี้จะช่วยส่งเสริมการรีไซเคิล ลดความเสี่ยงการปนเปื้อนอันมีสาเหตุจากการเก็บขยะอิเล็กทรอนิกส์ไม่ถูกวิธีแล้ว ยังเป็นการช่วยลดการบริโภคทรัพยากรใหม่ที่ไม่จำเป็น ทำให้มีปริมาณแร่กลับเข้าสู่ระบบเพื่อนำกลับมาผลิตใหม่อีกครั้ง เป็นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดอีกด้วย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 น้ำหนักและขนาดของแต่ละส่วนประกอบในอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ

พบว่าแผ่นวงจรพิมพ์ของโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดมีน้ำหนักและขนาดใหญ่กว่าโทรศัพท์ประเภทหน้าจอสัมผัส ส่งผลให้การคำนวณมูลค่าแร่ในโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดมีมูลค่าสูงกว่าโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส

5.1.2 ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในชิ้นส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ

พบว่าโลหะที่พบส่วนใหญ่ในทุกๆส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือคือโลหะทองแดง (Cu) สาเหตุน่าจะมาจาก โทรศัพท์มือถือเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่มีการเชื่อมต่อระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์ หน้าจอผลึกเหลว และฝาครอบรวมแป้นพิมพ์เข้าด้วยกัน ทำให้สามารถพบโลหะทองแดง (Cu) ได้ในทุกๆส่วนประกอบของโทรศัพท์มือถือ

ในขณะที่โลหะแคดเมียม (Cd) ซึ่งเป็นธาตุโลหะหนัก มีความเป็นอันตรายหากเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมพบเพียงในส่วนประกอบหน้าจอผลึกเหลวของโทรศัพท์มือถือประเภทปุ่มกดเท่านั้น โดยผู้วิจัยคาดว่าเนื่องจากโทรศัพท์ประเภทปุ่มกดเป็นโทรศัพท์เทคโนโลยีเก่าอาจจะยังใช้โลหะแคดเมียม (Cd) ในการผลิตอยู่ แต่เมื่อเทคโนโลยีพัฒนาขึ้นมาตรฐานสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น ส่งผลให้ในการผลิตโทรศัพท์รุ่นใหม่ๆไม่มีการใช้แคดเมียมเป็นส่วนประกอบ สังเกตได้ว่าไม่พบโลหะแคดเมียมแล้วในโทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส

5.1.3 มูลค่าแร่ในชิ้นส่วนอุปกรณ์โทรศัพท์มือถือ

แม้ว่าจะพบโลหะทองแดง (Cu) ในปริมาณที่มากที่สุดในแต่ละอุปกรณ์ แต่เมื่อนำมาคำนวณมูลค่าแร่แล้วกลับพบว่าตัวแปรที่ส่งผลต่อมูลค่ามากที่สุดคือโลหะทองคำ (Au) ซึ่งแม้จะพบในปริมาณน้อยแต่มูลค่าของทองคำต่อน้ำหนักนั้นสูงมากจึงทำให้ชิ้นส่วนโทรศัพท์ที่มีโลหะทองคำเป็นองค์ประกอบมีมูลค่าแร่ในอุปกรณ์นั้นๆสูงขึ้นด้วย โดยชิ้นส่วนที่พบโลหะทองคำมากที่สุดคือแผ่นวงจรพิมพ์ เนื่องจากแผ่นวงจรพิมพ์เปรียบเสมือนสมองของโทรศัพท์มือถือประกอบด้วยอุปกรณ์ชิ้นเล็กๆ ที่ทำหน้าที่แตกต่างกันมากมายต้องอาศัยโลหะที่มีการนำไฟฟ้าที่ดีเยี่ยมเพื่อเชื่อมอุปกรณ์ชิ้นเล็กๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน ซึ่งโลหะที่มีสมบัติการนำไฟฟ้าที่ดีที่สุดก็คือทองคำนั่นเอง สังเกตได้จากยิ่งอุปกรณ์มีความทันสมัยมากเท่าไรโอกาสที่จะพบทองคำเป็นส่วนประกอบก็มีมากยิ่งขึ้น

5.1.4 ข้อมูลส่วนบุคคล

จากการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นผู้หญิง มีอายุอยู่ในช่วง 18-25 ปี ระดับการศึกษาปริญญาตรี ประกอบอาชีพพนักงานบริษัท มีรายได้เฉลี่ยต่อครัวเรื่อนอยู่ในช่วง 15,000-30,000 บาท แสดงให้เห็นว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีอายุน้อย มีการศึกษาอยู่ในระดับสูง

5.1.5 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

จากผลการสำรวจพบว่าผู้ตอบแบบสอบถามใช้โทรศัพท์มือถือประเภทหน้าจอสัมผัส ร้อยละ 95.8 โดยอายุการใช้งานโทรศัพท์มือถือส่วนใหญ่อยู่ที่ 1-2 ปี ซึ่งน้อยกว่าอายุการใช้งานจริงที่ออกแบบโดยบริษัทผู้ผลิตซึ่งปกติ อยู่ที่ 4-5 ปี สาเหตุน่าจะมาจากการพัฒนาเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า

มากขึ้น ทำให้โทรศัพท์มือถือมีฟังก์ชันใช้งานมากขึ้น รวดเร็ว และราคาถูกลง ทำให้ผู้บริโภคสามารถเข้าถึงได้ง่าย

ในการจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วพบว่าส่วนใหญ่มีซากโทรศัพท์เก็บไว้ที่บ้าน ในจำนวนนี้บางครัวเรือนมีซากโทรศัพท์เก็บไว้สูงถึง 12 เครื่อง ส่วนใหญ่เก็บไว้เฉยๆที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร โดยให้เหตุผลว่า ไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่ทราบว่าซากโทรศัพท์มือถือมีอันตราย ไม่ควรทิ้งไปกับขยะทั่วไป แต่ก็ไม่ทราบว่าจะต้องนำไปทิ้งที่ไหน สังเกตได้ว่ายังคงเก็บซากโทรศัพท์ไว้ที่บ้าน

ในประเด็นเรื่องของความตั้งใจในการแยกทิ้งพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามมีความตั้งใจในการแยกซากโทรศัพท์ออกจากขยะทั่วไปก่อนทิ้งและยินดีที่จะให้ความร่วมมือกับภาครัฐหรือผู้ผลิตสำหรับการนำซากโทรศัพท์มือถือดังกล่าวมาทิ้งที่จุดที่กำหนดไว้ ซึ่งส่วนใหญ่สะดวกนำมาทิ้งยังกล่องรับบริจาคตามศูนย์บริการเครือข่ายในห้างสรรพสินค้า โดยไม่ต้องการสิ่งตอบแทนใดๆ

ส่วนประเด็นความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือนั้นพบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ ไม่ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิล โดยให้เหตุผลว่าซากโทรศัพท์มือถือมีมูลค่าในตัวอยู่แล้ว ในประเด็นนี้ภาครัฐควรให้ความรู้ความเข้าใจแก่ผู้บริโภคของความจำเป็นที่จะต้องช่วยกันรับผิดชอบต่อมิติทางสิ่งแวดล้อม โดยควรชี้แจงถึงที่มาและความสำคัญ และที่สำคัญที่สุดคือประโยชน์ที่ผู้บริโภคจะได้รับหากให้ความร่วมมือกับรัฐบาล เพราะถ้าหากผู้บริโภคไม่รับฟังและไม่พยายามเข้าใจ ในอนาคตหากมีกฎหมายออกมาบังคับใช้กับผู้ผลิต ผู้ผลิตก็จะผลักภาระความรับผิดชอบทางสิ่งแวดล้อมไปกับราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่อยู่ดี

ในหัวข้อประเด็นการได้รับข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือ พบว่าผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความเข้าใจหรือได้รับข้อมูลข่าวสารจากภาครัฐหรือระดับหนังสือพิมพ์ ในระดับปานกลาง- น้อย จึงแสดงให้เห็นถึงจุดอ่อนของผู้บริโภคในประเทศไทยคือขาดองค์ความรู้ในการกำจัดซาก ส่งผลให้ยังคงเก็บซากโทรศัพท์ไว้ เพราะไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน รัฐบาลหรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรเร่งสร้างองค์ความรู้เรื่องการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือให้แก่ผู้บริโภค

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้บริโภค

ผู้บริโภคควรช่วยกันสนับสนุนโครงการรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือเนื่องจากเป็นโครงการที่ใกล้ตัวสามารถทำได้ง่ายแต่ส่งผลกระทบต่อตัวผู้บริโภคเองทั้งทางตรงและทางอ้อม รวมถึงอันตรายของโลหะหนักที่อาจเกิดขึ้นจากพฤติกรรมการกำจัดซากของผู้บริโภคด้วย แม้ว่างานวิจัยในครั้งนี้จะศึกษาธาตุที่อยู่ในกลุ่มของโลหะหนักอันตรายไม่กี่ชนิด เช่น แคดเมียม (Cd) โคบอล (Co) และตะกั่ว (Pb) แต่จากการสำรวจเก็บข้อมูล ยังพบว่ายังมีผู้ตอบแบบสอบถามเลือกที่จะจัดการกับซากโทรศัพท์มือถือโดยการทิ้งรวมกับขยะทั่วไปคิดเป็นร้อยละ 4.3 โดยให้เหตุผลว่าไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน แสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคขาดความรู้ความเข้าใจถึงความเสี่ยงที่อาจเกิดอันตรายจากการปนเปื้อนโลหะอันตรายทั้งต่อตัวผู้บริโภคเอง และผู้คนที่เกี่ยวข้องในเส้นทางการกำจัดซากโทรศัพท์มือถือนี้

5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ผลิต

จากผลการวิจัยพบว่า ผู้บริโภคส่วนใหญ่ยินดีนำซากโทรศัพท์มาทิ้งที่กล่องรับบริจาคตามศูนย์ผู้ให้บริการเครือข่ายในห้างสรรพสินค้า โดยไม่ต้องการสิ่งตอบแทน หากผู้ผลิตเล็งเห็นประโยชน์จากผลวิจัยในครั้งนี้จะสามารถลดต้นในการจัดเก็บซากผลิตภัณฑ์ได้มาก เพราะไม่ต้องจ่ายค่ารับซื้อซากฯ กลับ และยังได้รับการร่วมมือจากผู้บริโภคสูงเนื่องจากเป็นช่องทางที่สะดวกของผู้บริโภคเอง

5.2.3 ข้อเสนอแนะสำหรับภาครัฐ

จากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าผู้บริโภคยังขาดองค์ความรู้เกี่ยวกับการจัดการซากโทรศัพท์มือถืออยู่มาก รัฐบาลควรมีการประชาสัมพันธ์โครงการต่างๆเกี่ยวกับการรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ เช่น จุดที่ผู้บริโภคสามารถนำซากโทรศัพท์มาบริจาคได้สะดวก รวมถึงภาครัฐหรือผู้ที่เกี่ยวข้องในการผลักดันร่างกฎหมาย สามารถใช้ข้อมูลการสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์หากประเทศไทยยังไม่มีระบบนำซากโทรศัพท์มือถือเข้าสู่กระบวนการรีไซเคิล เพื่อช่วยประกอบการตัดสินใจในการผลักดันให้ประเทศไทยมีกฎหมายจัดการกับซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์โดยเร็ว และจากการวิจัยในหัวข้อความเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ

ของผู้ตอบแบบสอบถามทั้งหมดที่บอกว่า ค่าเฉลี่ยความยินที่ที่จะจ่ายสำหรับค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถืออยู่ที่ 37 บาทต่อเครื่องนั้น รัฐบาลสามารถนำข้อมูลการวิจัยดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ในเชิงนโยบาย ออกแบบระบบเรียกคือซากโทรศัพท์มือถือเพื่อให้สอดคล้องกับพฤติกรรมของผู้บริโภคได้ นอกจากนี้เพื่อเป็นการกระตุ้นและส่งเสริมให้ผู้บริโภคนำซากโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้วเข้าสู้ระบบเรียกคืนซากฯ รัฐบาลควรสร้างแรงจูงใจให้กับผู้บริโภคด้วย เช่น ให้คูปองส่วนลดการซื้อโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่หรือส่วนลดสำหรับซื้อสินค้าอุปโภคบริโภคชนิดอื่นแลกกับการ นำซากโทรศัพท์ที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้วมาเข้าสู่ระบบของรัฐบาลหรือผู้ผลิต

5.3 ข้อจำกัดของงานวิจัย

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกวิเคราะห์เฉพาะกลุ่มของโลหะหนักและโลหะมีค่าที่พบมากในซากโทรศัพท์มือถือเพียง 9 ชนิดได้แก่ Ag Au Cd Cu Co In Sn Ni และ Pb เนื่องจากข้อจำกัดเรื่องเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และวิธีทำการทดลองที่ไม่ครอบคลุมทุกธาตุตลอดการวิจัย ทำให้การคำนวณมูลค่าแร่รวมในซากโทรศัพท์มือถือในงานวิจัยครั้งนี้ อาจไม่ครบถ้วนและแสดงถึงมูลค่ารวมที่แท้จริงที่มีอยู่ในซากโทรศัพท์มือถือ ทำให้การคำนวณความสูญเสียโอกาสทางเศรษฐศาสตร์ในงานวิจัยครั้งนี้แสดงถึงมูลค่าแร่ที่ทำการวิเคราะห์เฉพาะที่กล่าวมาในข้างต้นเท่านั้น ตลอดจนวิธีเคราะห์ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือที่ผู้วิจัยเลือกใช้วิธี X-Ray Fluorescence Spectrometry (XRF) นั้น ก็เพื่อความถูกต้องรวดเร็วและประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับการวิจัยเป็นการวัดปริมาณแร่โลหะที่มีอยู่ในซากโทรศัพท์มือถือเชิงวิเคราะห์เท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากวิธีที่ผู้ประกอบการรีไซเคิลใช้ในการสกัดแร่โลหะเหล่านั้นออกจากซากโทรศัพท์มือถือ ทำให้อาจมีความแตกต่างในด้านปริมาณจากการสกัดได้จริง ขึ้นกับวิธีที่ผู้ประกอบการเลือกใช้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กรมควบคุมมลพิษ. (2551). คู่มือการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

กรมควบคุมมลพิษ. (2553). โครงการศึกษาหลักเกณ์ วิธีการ เงื่อนไข และอันตราย (Vol. 1/3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2555). การพัฒนาแนวทางประเมิณปริมาณซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์.

กรมควบคุมมลพิษ. (2557). โครงการยกร่างกฎหมายการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายจากชุมชน (Vol. 1/4). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). แนวทางการจัดการของเสียอันตราย (WEEE). from http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_battery.htm วันที่ 7 กรกฎาคม 2559

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่. from http://www.dpim.go.th วันที่ 1 พฤษภาคม 2560

กาญจนา นิยมมาก. (2557). พฤติกรรมและความเห็นเกี่ยวกับการคือซากโทรศัพท์มือถือของเจ้าหน้าที่รัฐเปรียบเทียบกับประชาชนทั่วไปในเขตดุสิต. (ปริญญามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

เฉลิมจิต มักศิริสมบัติ. (2550). ความสามารถในการชะละลายโลหะจากแบตเตอรี่โทรศัพท์เครื่อนที่ที่ทิ้งแล้ว ด้วยวิธีการสกัดของเสียแบบประยุกต์. มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชุดา จิตพิทักษ์. (2525). พฤติกรรมศาสตร์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร: บริษัทสารมวลชน.

ประยุทธ สุวรรศรี, และ รัชนี ผิวทอง. (2556). ความตระหนักและพฤติกรรมในการกำจัดซากของเสียที่เกิดจากโทรศัพท์เคลื่อนที่ : กรณีศึกษาเยาวชนในเขตกรุงเทพมหานตร. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.

พรทิพย์ ชิณสงคราม. (2550). ความตระหนักของประชาชนผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในกรุงเทพมหานครต่อมลพิษสิ่งแวดล้อมจากการทิ้งซากโทรศัพท์มือถือและแบบเตอรี่เสื่อมสภาพ.

พรไพฑูรย์ เหล่าสมบัติทวี. (2557). การเก็บกลับคืนโลหะจากขยะอิเล็กทรอนิกส์โดยวิธีการหลอมแบบรีดักชัน. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รุ่งกิจ บูรณ์เจริญ. (2554). การจัดการขยะฐานศูนย์: กรณีศึกษา โรงเรียนจอมพระประชาสรรค์ อำเภอจอมพระ จังหวัดสุรินทร์. สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วัฒนา สุนทรธัย. (2546). เรียนสถิติด้วย *SPSS* ภาคสถิติอิงพารามิเตอร์. กรุงเทพฯ: วิทยพัฒน์.

วิมลสิทธิ์ หรยางกูร. (2526). พฤติกรรมมนุษย์กับสภาพแวดล้อม : มูลฐานทางพฤติกรรมเพื่อการออกแบบและวางแผน. กรุงเทพ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภศันส์ สกุลตั่ง. (2548). การนำโลหะกลับคืนจากแบตเตอรี่โทรศัพท์เครื่อนที่โดยการชะละลายและการตกตะกอน. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัญฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

สนธยา จันทรคณา. (2549). การศึกษาพฤติกรรมการคัดแยกขยะที่เกิดจากแบตเตอรี่ของโทรศัพท์มือถือในเขตกรุงเทพมหานคร. มหาวิทยาลัยเซ็นจอห์น, กรุงเทพ.

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2559). การสำรวจการมีการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในครัวเรือน

สิทธิโชค วรานุสันติกุล. (2546). จิตวิทยาสังคม : ทฤษฎีและการประยุกต์: ซีเอ็ดยูเคชั่น บมจ.

สุจิตรา วาสนาดำรงดี. (2558). สถานการณ์ปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์. วารสารสิ่งแวดล้อมไทย, 2558(3), 1-18.

สุจิตรา วาสนาดำรงดี. (2559). วิเคราะห์เปรียบเทียบร่างกฎหมายจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์สองฉบับของประเทศไทย. วารสารสิ่งแวดล้อมไทย, 20(1), 63-75.

สุรเมศวร์ พิริยะวัฒน์. (2551). ทฤษฎีทัศนคติและพฤติกรรม ทางเลือกสำหรับการวิเคราะห์พฤติกรรมการเดินทาง.

ภาษาอังกฤษ

Basel Convention. (2011). Guidance document on the environmentally sound management of used and end-of-life mobile phones. from http://www.basel.int/TheConvention/Publications/TechnicalGuidelines/tabid/2362/Default.aspx

Bernardes, A. M., Espinosa, D. C. R. and Tenório, J. A. S. (2004). Recycling of batteries: a review of current processes and technologies. *Journal of Power Sources,* 130(1–2), 291-298. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2003.12.026

Deng, W.-J., Giesy, J. P., So, C. and Zheng, H.-L. (2017). End-of-life (EoL) mobile phone management in Hong Kong households. *Journal of Environmental Management,* 200, 22-28.

Dervisevic, I., Minic, D., Kamberovic, Z., Cosovic, V. and Ristic, M. (2013). Characterization of PCBs from computers and mobile phones, and the

proposal of newly developed materials for substitution of gold, lead and arsenic. *Environ Sci Pollut Res Int,* 20(6), 4278-4292. doi: 10.1007/s11356-012-1448-1

Espinosa, D. C. R., Bernardes, A. M. and Tenório, J. A. S. (2004). An overview on the current processes for the recycling of batteries. *Journal of Power Sources,* 135(1–2), 311-319. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2004.03.083

Goldenson, R. M. (1984). *Longman Dictionary of Psychology and Psychiatry*. United Kingdom: Longman Group

Golev, A. and Corder, G. D. (2017). Quantifying metal values in e-waste in Australia: The value chain perspective. *Minerals Engineering,* 107, 81-87. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.mineng.2016.10.021

Li, J., Gao, S., Duan, H. and Liu, L. (2009). Recovery of valuable materials from waste liquid crystal display panel. *Waste Management,* 29(7), 2033-2039. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2008.12.013

Lindhqvist, T. (2000). *Extended Producer Responsibility in Cleaner Production: Policy Principle to Promote Environmental Improvements of Product Systems IIIEE.* Lund University.

Martin Garry, P. J. (1996). *Behavior modification : what it is and how to do it*: Upper Saddle River.

Tripathi, A. (2012). Leaching of Gold from the Waste Mobile Phone Printed Circuit Boards (PCBs) with Ammonium Thiosulphate. *Metallurgical Engineering,* 1(2), 17-21.

Xiu, F. R., Qi, Y. and Zhang, F. S. (2015). Leaching of Au, Ag, and Pd from waste printed circuit boards of mobile phone by iodide lixiviant after supercritical water pre-treatment. *Waste Management,* 41, 134-141. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2015.02.020

Xu, J., Thomas, H. R., Francis, R. W., Lum, K. R., Wang, J. and Liang, B. (2008). A review of processes and technologies for the recycling of lithium-ion secondary batteries. *Journal of Power Sources,* 177(2), 512-527. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2007.11.074

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
การคำนวณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการคำนวณ

1. การแปลงหน่วยจากการวิเคราะห์ XRF จากหน่วยความเข้มข้น เปอร์เซ็นต์ (%) และหนึ่งในล้านส่วน (PPM) เปลี่ยนเป็นกรัมต่อกิโลกรัม (g/kg)

Eval2 V2.5.500 Admin 5/31/2017 2:50:17 PM
Sample: 600505-0933-A-PCB-B1
Measured on 5/29/2017 10:39:48 AM
Sample measured by Admin
Measurement method: Best Detection-He34mm

Sum	Si	Cu	Ca	Al	Ba	Sn	Fe	Ni	Br	P
45 %	15.2 %	13.3 %	3.66 %	3.07 %	1.56 %	1.39 %	1.31 %	0.860 %	0.772 %	0.641 %

Ti	Mg	Ta	W	Zn	Cr	Ag	S	Zr	Nd	Cl
0.564 %	0.397 %	0.331 %	0.273 %	0.205 %	0.199 %	0.163 %	0.150 %	0.139 %	853 PPM	678 PPM

Ga	K	Pb	As	Au	Sr	Mn	Co	Nb
484 PPM	470 PPM	459 PPM	389 PPM	369 PPM	317 PPM	178 PPM	31.0 PPM	20.3 PPM

ตัวอย่างการคำนวณ

เปลี่ยนหน่วย % เป็น g/kg จากตัวอย่าง 100 กรัม

แร่เงิน (Ag) ความเข้มข้น 0.136 % = $\frac{\mathbf{0.163\ g}}{\mathbf{100\ g}}$

$$\frac{\mathbf{0.163\ g}}{\mathbf{100\ g}} \times \frac{\mathbf{1{,}000\ g}}{\mathbf{1kg}} = 1.63\ \text{g/kg}$$

เปลี่ยนหน่วย PPM เป็น g/kg จากตัวอย่าง 100 กรัม

แร่ตะกั่ว (Pb) ความเข้มข้น 459 PPM = $\frac{\mathbf{459\ g}}{\mathbf{1{,}000{,}000\ g}}$

$$\frac{\mathbf{459\ g}}{\mathbf{1{,}000{,}000\ g}} \times \frac{\mathbf{1{,}000\ g}}{\mathbf{1kg}} = 0.459\ \text{g/kg}$$

2. ปริมาณแร่เงินในแผ่นวงจรพิมพ์ (C_{PCB})

ตัวอย่าง

$$C_{PCB\ Ag} = C_{XRF\ Ag} \times Wt_{PCB}$$

$C_{PCB\ Ag}$ คือ ความเข้มข้นของแร่ Ag ที่พบในแผ่นวงจรพิมพ์ (กรัมต่อกิโลกรัม)

$C_{XRF\ Ag}$ คือ ความเข้มข้นของแร่ Ag ที่วิเคราะห์ได้จากเครื่อง XRF เท่ากับ 2.0772 (กรัมต่อกิโลกรัม)

Wt_{PCB} คือ น้ำหนักเฉลี่ยของแผ่นวงจรพิมพ์ เท่ากับ 22.3660 (กรัมต่อเครื่อง)

ดังนั้น $C_{PCB\ Ag} = 2.0772\ \frac{\mathbf{g}}{\mathbf{kg}} \times 22.3660\ \frac{\mathbf{g}}{\text{เครื่อง}}$

$$C_{PCB\ Ag} = 0.0465\ \frac{\mathbf{g}}{\text{เครื่อง}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. มูลค่าแร่เงินในแผ่นวงจรพิมพ์ (V_{PCB})

$$V_{PCB\ Ag}=C_{PCB\ Ag} \times P_{Ag}$$

$V_{PCB\ Ag}$ คือ มูลค่าแร่ Ag ในแผ่นวงจรพิมพ์ (บาทต่อเครื่อง)

$C_{PCB\ Ag}$ คือ ความเข้มข้นของแร่ Ag ที่พบในแผ่นวงจรพิมพ์เท่ากับ 0.0465 (กรัมต่อกิโลกรัม)

P_{Ag} คือ ราคากลางของธาตุ Ag เท่ากับ 18.35 (บาทต่อกรัม)

$$V_{PCB\ Ag}=0.0465\ \frac{\text{g}}{\text{เครื่อง}} \times 18.35 \frac{\text{บาท}}{\text{g}}$$

$$V_{PCB\ Ag}=0.8525\ \frac{\text{บาท}}{\text{เครื่อง}}$$

4. มูลค่าแร่รวมในแผ่นวงจรพิมพ์ $\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ PCB$

เท่ากับผลรวมของมูลค่าแร่แต่ละชนิดในแผ่นวงจรพิมพ์

$$\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ PCB = 0.8525+13.6850+0.0000+0.4390+0.0018+0.0000+0.1409+0.0493+0.0019$$

$$\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ PCB = 15.1703\ \frac{\text{บาท}}{\text{เครื่อง}}$$

5. มูลค่าแร่รวมในโทรศัพท์มือถือ V_{total}

$$V_{total}=\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ PCB+\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ CA+\sum_{\text{Ag-Pb}}^{n} V\ LCD$$

$$V_{total}=15.1703+3.2840+0.9122$$

$$V_{total} = 19.3666\ \frac{\text{บาท}}{\text{เครื่อง}}$$

6. ขนาดตัวอย่าง

$$\text{ขนาดตัวอย่าง } n=\frac{Nz^2p(1-p)}{NE^2+z^2p(1-p)}$$

เมื่อ n = ขนาดของตัวอย่าง

N = จำนวนประชากรผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในกรุงเทพมหานคร

Z = คะแนนมาตรฐาน (1.96) ที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95

P = สัดส่วนประชากรที่ต้องการศึกษา (ร้อยละ 50)

E = ค่าความคลาดเคลื่อน ± ร้อยละ 5

จากประชากรผู้ใช้โทรศัพท์มือถือในเขตกรุงเทพมหานคร ทั้งหมด 7,380,117 คน ในปี พ.ศ. 2559

$$\text{แทนค่า } n = \frac{7{,}380{,}117\,(1.96)^2\,0.5(1-0.5)}{7{,}380{,}117\,(0.05)^2+(1.96)^2\,0.5(1-0.5)}$$

$$n = 384.14$$

7. มูลค่าการสูญเสียโอกาสโทรศัพท์ประเภทปุ่มกด

<u>สูตรคำนวณ</u>

$$EL = EW \times V$$

EL คือ มูลค่าการสูญเสียโอกาส (บาท)

EWคือ ปริมาณคาดการณ์ซากโทรศัพท์แต่ละประเภทคำนวณตามสัดส่วนการเกิดซากฯในแต่ละปี (เครื่อง)

V คือ มูลค่าโทรศัพท์ในแต่ละประเภท (บาทต่อเครื่อง)

$$EL_{2557} = 5{,}620 \text{ พันเครื่องต่อปี} \times 19.3666 \ \frac{\text{บาท}}{\text{เครื่อง}}$$

$$EL_{2557} = 108{,}848{,}215 \ \frac{\text{บาท}}{\text{ปี}}$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข
มูลค่าในโทรศัพท์มือถือจำแนกตามยี่ห้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

มูลค่าแร่โลหะในโทรศัพท์ ยี่ห้อ SAMSUNG

PCB										
แร่	A SAMSUNG					B SAMSUNG				
	นน.XRF (ง/kg)	นน.PCB/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (ง/kg)	นน.PCB/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	2.4595	14.9727	0.0368	18.3500	0.6757	2.6200	18.7146	0.0490	18.3500	0.8997
Au	0.4487	14.9727	0.0067	1387.3300	9.3194	0.5130	18.7146	0.0096	1387.3300	13.3192
Cd	0.0000	14.9727	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	18.7146	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	67.7250	14.9727	1.0140	0.2083	0.2112	143.5000	18.7146	2.6855	0.2083	0.5593
Co	0.0342	14.9727	0.0005	1.9168	0.0010	0.0508	18.7146	0.0010	1.9168	0.0018
In	0.0000	14.9727	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	18.7146	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	6.6825	14.9727	0.1001	0.6970	0.0697	9.8275	18.7146	0.1839	0.6970	0.1282
Ni	6.3350	14.9727	0.0949	0.3002	0.0285	9.6100	18.7146	0.1798	0.3002	0.0540
Pb	2.0919	14.9727	0.0313	0.0670	0.0021	0.1433	18.7146	0.0027	0.0670	0.0002
			รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด		10.3076			รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส		14.9624

CA										
แร่	A SAMSUNG					B SAMSUNG				
	นน.XRF (ง/kg)	นนCA/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (ง/kg)	นน.CA/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.4691	36.8069	0.0173	18.3500	0.3169	0.2158	56.3858	0.0122	18.3500	0.2233
Au	0.0272	36.8069	0.0010	1387.3300	1.3889	0.0000	56.3858	0.0000	1387.3300	0.0000
Cd	0.0000	36.8069	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	56.3858	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	11.9075	36.8069	0.4383	0.2083	0.0913	2.2150	56.3858	0.1249	0.2083	0.0260
Co	0.0252	36.8069	0.0009	1.9168	0.0018	0.0000	56.3858	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.0000	36.8069	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	56.3858	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	0.5253	36.8069	0.0193	0.6970	0.0135	1.7025	56.3858	0.0960	0.6970	0.0669
Ni	2.1390	36.8069	0.0787	0.3002	0.0236	0.2638	56.3858	0.0149	0.3002	0.0045
Pb	0.0857	36.8069	0.0032	0.0670	0.0002	0.0119	56.3858	0.0007	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด		1.8361			รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส		0.3207

LCD										
แร่	A SAMSUNG					B SAMSUNG				
	นน.XRF (ง/kg)	นน.LCD/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (ง/kg)	นน.LCD/เครื่อง (ง/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (ง/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/ง	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.3399	10.7170	0.0036	18.3500	0.0668	0.2543	20.7478	0.0053	18.3500	0.0968
Au	0.1303	10.7170	0.0014	1387.3300	1.9373	0.0315	20.7478	0.0007	1387.3300	0.9067
Cd	0.0000	10.7170	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	20.7478	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	2.3163	10.7170	0.0248	0.2083	0.0052	1.2743	20.7478	0.0264	0.2083	0.0055
Co	0.0000	10.7170	0.0000	1.9168	0.0000	0.0000	20.7478	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.1475	10.7170	0.0016	7.9900	0.0126	0.1785	20.7478	0.0037	7.9900	0.0296
Sn	1.3913	10.7170	0.0149	0.6970	0.0104	0.9665	20.7478	0.0201	0.6970	0.0140
Ni	1.3585	10.7170	0.0146	0.3002	0.0044	1.1775	20.7478	0.0244	0.3002	0.0073
Pb	0.3280	10.7170	0.0035	0.0670	0.0002	0.0000	20.7478	0.0000	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด		2.0369			รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส		1.0599

A SAMSUNG			บาท/เครื่อง	B SAMSUNG			บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด			10.3076	รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส			14.9624
รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด			1.8361	รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส			0.3207
รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด			2.0369	รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส			1.0599
		รวม	14.1807			รวม	16.3430

มูลค่าแร่โลหะในโทรศัพท์ ยี่ห้อ NOKIA และ I mobile

PCB										
แร่	A NOKIA					B I mobile				
	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	2.0868	20.1667	0.0421	18.3500	0.7722	2.2075	16.4826	0.0364	18.3500	0.6677
Au	0.3653	20.1667	0.0074	1387.3300	10.2189	0.4078	16.4826	0.0067	1387.3300	9.3240
Cd	0.0000	20.1667	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	16.4826	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	84.2750	20.1667	1.6996	0.2083	0.3539	95.5750	16.4826	1.5753	0.2083	0.3281
Co	0.0544	20.1667	0.0011	1.9168	0.0021	0.1061	16.4826	0.0017	1.9168	0.0034
In	0.0000	20.1667	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	16.4826	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	8.4500	20.1667	0.1704	0.6970	0.1188	14.0000	16.4826	0.2308	0.6970	0.1608
Ni	6.7275	20.1667	0.1357	0.3002	0.0407	14.5250	16.4826	0.2394	0.3002	0.0719
Pb	0.9343	20.1667	0.0188	0.0670	0.0013	0.2820	16.4826	0.0046	0.0670	0.0003
			รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด		11.5080			รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส		10.5561

CA										
แร่	A NOKIA					B I mobile				
	นน.XRF (g/kg)	นนCA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.CA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.1115	51.8587	0.0058	18.3500	0.1061	0.1323	71.8277	0.0095	18.3500	0.1743
Au	0.0508	51.8587	0.0026	1387.3300	3.6566	0.0000	71.8277	0.0000	1387.3300	0.0000
Cd	0.0000	51.8587	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	71.8277	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	6.8100	51.8587	0.3532	0.2083	0.0735	4.9425	71.8277	0.3550	0.2083	0.0739
Co	0.0266	51.8587	0.0014	1.9168	0.0026	0.0031	71.8277	0.0002	1.9168	0.0004
In	0.0000	51.8587	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	71.8277	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	0.6105	51.8587	0.0317	0.6970	0.0221	0.4588	71.8277	0.0330	0.6970	0.0230
Ni	0.8810	51.8587	0.0457	0.3002	0.0137	0.7920	71.8277	0.0569	0.3002	0.0171
Pb	0.0584	51.8587	0.0030	0.0670	0.0002	0.0351	71.8277	0.0025	0.0670	0.0002
			รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด		3.8749			รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส		0.2889

LCD										
แร่	A NOKIA					B I mobile				
	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.0850	9.3403	0.0008	18.3500	0.0146	0.0506	40.8604	0.0021	18.3500	0.0379
Au	0.0074	9.3403	0.0001	1387.3300	0.0952	0.0000	40.8604	0.0000	1387.3300	0.0000
Cd	0.0000	9.3403	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	40.8604	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	0.6333	9.3403	0.0059	0.2083	0.0012	0.1044	40.8604	0.0043	0.2083	0.0009
Co	0.0000	9.3403	0.0000	1.9168	0.0000	0.0000	40.8604	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.2048	9.3403	0.0019	7.9900	0.0153	0.1428	40.8604	0.0058	7.9900	0.0466
Sn	0.8293	9.3403	0.0077	0.6970	0.0054	1.0280	40.8604	0.0420	0.6970	0.0293
Ni	0.5630	9.3403	0.0053	0.3002	0.0016	0.1718	40.8604	0.0070	0.3002	0.0021
Pb	0.0000	9.3403	0.0000	0.0670	0.0000	0.0000	40.8604	0.0000	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด		0.1333			รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส		0.1168

A NOKIA			บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด			11.5080
รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด			3.8749
รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด			0.1333
		รวม	15.5162

B I mobile			บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส			10.5561
รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส			0.2889
รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส			0.1168
		รวม	10.9618

มูลค่าแร่โลหะในโทรศัพท์ ยี่ห้อ BlackBerry และ Apple

PCB

แร่	A Black Berry					B Apple				
	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	1.6725	29.5224	0.0494	18.3500	0.9061	1.5725	15.7539	0.0248	18.3500	0.4546
Au	0.4665	29.5224	0.0138	1387.3300	19.1066	0.6698	15.7539	0.0106	1387.3300	14.6380
Cd	0.0000	29.5224	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	15.7539	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	122.1000	29.5224	3.6047	0.2083	0.7507	130.0000	15.7539	2.0480	0.2083	0.4265
Co	0.0210	29.5224	0.0006	1.9168	0.0012	0.0382	15.7539	0.0006	1.9168	0.0012
In	0.0000	29.5224	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	15.7539	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	11.5500	29.5224	0.3410	0.6970	0.2377	12.9000	15.7539	0.2032	0.6970	0.1416
Ni	7.5350	29.5224	0.2225	0.3002	0.0668	14.1250	15.7539	0.2225	0.3002	0.0668
Pb	0.4783	29.5224	0.0141	0.0670	0.0009	0.1900	15.7539	0.0030	0.0670	0.0002
			รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด		21.0699			รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส		15.7289

CA

แร่	A Black Berry					B Apple				
	นน.XRF (g/kg)	นนCA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.CA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.1091	44.1774	0.0048	18.3500	0.0884	0.1291	62.3458	0.0081	18.3500	0.1477
Au	0.0599	44.1774	0.0026	1387.3300	3.6697	0.0055	62.3458	0.0003	1387.3300	0.4779
Cd	0.0000	44.1774	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	62.3458	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	9.1900	44.1774	0.4060	0.2083	0.0846	2.1960	62.3458	0.1369	0.2083	0.0285
Co	0.0231	44.1774	0.0010	1.9168	0.0020	0.0810	62.3458	0.0051	1.9168	0.0097
In	0.0000	44.1774	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	62.3458	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	0.4783	44.1774	0.0211	0.6970	0.0147	1.6025	62.3458	0.0999	0.6970	0.0696
Ni	1.7350	44.1774	0.0766	0.3002	0.0230	0.8710	62.3458	0.0543	0.3002	0.0163
Pb	0.0349	44.1774	0.0015	0.0670	0.0001	0.0000	62.3458	0.0000	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด		3.8824			รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส		0.7497

LCD

แร่	A Black Berry					B Apple				
	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.1124	16.7924	0.0019	18.3500	0.0346	0.0910	28.6970	0.0026	18.3500	0.0479
Au	0.0388	16.7924	0.0007	1387.3300	0.9039	0.0093	28.6970	0.0003	1387.3300	0.3693
Cd	0.0845	16.7924	0.0014	0.0599	0.0001	0.0000	28.6970	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	0.6965	16.7924	0.0117	0.2083	0.0024	0.2522	28.6970	0.0072	0.2083	0.0015
Co	0.0830	16.7924	0.0014	1.9168	0.0027	0.0000	28.6970	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.5520	16.7924	0.0093	7.9900	0.0741	0.1026	28.6970	0.0029	7.9900	0.0235
Sn	0.6053	16.7924	0.0102	0.6970	0.0071	1.1618	28.6970	0.0333	0.6970	0.0232
Ni	0.4140	16.7924	0.0070	0.3002	0.0021	0.2362	28.6970	0.0068	0.3002	0.0020
Pb	0.0000	16.7924	0.0000	0.0670	0.0000	0.0000	28.6970	0.0000	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด		1.0270			รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส		0.4675

A Black Berry		บาท/เครื่อง	B Apple		บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด		21.0699	รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส		15.7289
รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด		3.8824	รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส		0.7497
รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด		1.0270	รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส		0.4675
	รวม	25.9793		รวม	16.9461

มูลค่าแร่โลหะในโทรศัพท์ ยี่ห้ออื่นๆ

PCB										
แร่	A Other					B Other				
	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.PCB/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	2.0900	24.8023	0.0518	18.3500	0.9512	1.8798	20.4303	0.0384	18.3500	0.7047
Au	0.4838	24.8023	0.0120	1387.3300	16.6453	0.3193	20.4303	0.0065	1387.3300	9.0487
Cd	0.0000	24.8023	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	20.4303	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	102.8750	24.8023	2.5515	0.2083	0.5314	122.1000	20.4303	2.4945	0.2083	0.5195
Co	0.0587	24.8023	0.0015	1.9168	0.0028	0.0292	20.4303	0.0006	1.9168	0.0011
In	0.0000	24.8023	0.0000	7.9900	0.0000	0.0000	20.4303	0.0000	7.9900	0.0000
Sn	9.4700	24.8023	0.2349	0.6970	0.1637	11.1975	20.4303	0.2288	0.6970	0.1595
Ni	8.7500	24.8023	0.2170	0.3002	0.0652	9.6200	20.4303	0.1965	0.3002	0.0590
Pb	1.4693	24.8023	0.0364	0.0670	0.0024	0.2698	20.4303	0.0055	0.0670	0.0004
			รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด		18.3620			รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส		10.4929

CA										
แร่	A Other					B Other				
	นน.XRF (g/kg)	นนCA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.CA/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.3593	42.0071	0.0151	18.3500	0.2769	0.6533	47.7069	0.0312	18.3500	0.5719
Au	0.0564	42.0071	0.0024	1387.3300	3.2883	0.0403	47.7069	0.0019	1387.3300	2.6689
Cd	0.0000	42.0071	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	47.7069	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	10.7675	42.0071	0.4523	0.2083	0.0942	17.6785	47.7069	0.8434	0.2083	0.1756
Co	0.0505	42.0071	0.0021	1.9168	0.0041	0.0171	47.7069	0.0008	1.9168	0.0016
In	0.0000	42.0071	0.0000	7.9900	0.0000	0.0495	47.7069	0.0024	7.9900	0.0189
Sn	0.4350	42.0071	0.0183	0.6970	0.0127	1.7475	47.7069	0.0834	0.6970	0.0581
Ni	1.6725	42.0071	0.0703	0.3002	0.0211	4.6165	47.7069	0.2202	0.3002	0.0661
Pb	0.0472	42.0071	0.0020	0.0670	0.0001	0.1331	47.7069	0.0064	0.0670	0.0004
			รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด		3.6975			รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส		3.5615

LCD										
แร่	A Other					B Other				
	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)	นน.XRF (g/kg)	นน.LCD/เครื่อง (g/เครื่อง)	นน.แร่/เครื่อง (g/เครื่อง)	ราคาแร่ บาท/g	มูลค่า (บาท/เครื่อง)
Ag	0.2946	10.6020	0.0031	18.3500	0.0573	0.0926	28.1377	0.0026	18.3500	0.0478
Au	0.0248	10.6020	0.0003	1387.3300	0.3644	0.0000	28.1377	0.0000	1387.3300	0.0000
Cd	0.0000	10.6020	0.0000	0.0599	0.0000	0.0000	28.1377	0.0000	0.0599	0.0000
Cu	0.4545	10.6020	0.0048	0.2083	0.0010	0.1830	28.1377	0.0051	0.2083	0.0011
Co	0.0000	10.6020	0.0000	1.9168	0.0000	0.0000	28.1377	0.0000	1.9168	0.0000
In	0.2043	10.6020	0.0022	7.9900	0.0173	0.1517	28.1377	0.0043	7.9900	0.0341
Sn	0.5340	10.6020	0.0057	0.6970	0.0039	0.9595	28.1377	0.0270	0.6970	0.0188
Ni	0.7548	10.6020	0.0080	0.3002	0.0024	0.2544	28.1377	0.0072	0.3002	0.0021
Pb	0.0000	10.6020	0.0000	0.0670	0.0000	0.0000	28.1377	0.0000	0.0670	0.0000
			รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด		0.4464			รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส		0.1040

A Other	บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบปุ่มกด	18.3620
รวมมูลค่า CA แบบปุ่มกด	3.6975
รวมมูลค่า LCD แบบปุ่มกด	0.4464
รวม	22.5059

B Other	บาท/เครื่อง
รวมมูลค่า PCB แบบหน้าจอสัมผัส	10.4929
รวมมูลค่า CA แบบหน้าจอสัมผัส	3.5615
รวมมูลค่า LCD แบบหน้าจอสัมผัส	0.1040
รวม	14.1583

ภาคผนวก ค
แบบสอบถามที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สอบถามบุคคลทั่วไปที่มีอายุ 18 ปีขึ้นไป
ที่อาศัยอยู่ในกรุงเทพฯ มานานกว่า 3 เดือนขึ้นไป

สำหรับเจ้าหน้าที่พิจารณา วันที่สำรวจ.....
ผู้สำรวจ.....เขต.....
ชื่อหมู่บ้าน/ชุมชน/ถนน.....

แบบสอบถามความคิดเห็น
การจัดการโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วของคนกรุงเทพมหานคร

การสำรวจนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ปริมาณโลหะหนักและโลหะมีค่าในซากโทรศัพท์มือถือและแนวทางการจัดการ"
ของนายณัฐวรรษ อาจศึก นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดยมี ผศ.ดร.ปนัสกร ราชากรกิจ ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา
หากมีประเด็นคำถามหรือข้อสงสัย กรุณาติดต่อเบอร์ 090 909 4793

แบบสอบถามนี้ไม่มีการถามชื่อ ที่อยู่ เบอร์โทรติดต่อของท่าน จึงขอให้ท่านตอบคำถามทุกข้อตามความเป็นจริง ผลการศึกษาจะนำเสนอในภาพรวมเท่านั้น

ตอนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคล

1. เพศ ☐ 1) หญิง ☐ 2) ชาย
2. อายุ.....ปี (เศษของปี ถ้าเกิน 6 เดือน คิดเป็น 1 ปี)
3. สถานภาพของผู้ให้สัมภาษณ์: ☐ 1) โสด ☐ 2) สมรส(รวมที่เป็นม่าย) ☐ 3) หย่า/แยกกันอยู่
4. ระดับการศึกษาสูงสุดของท่าน
   ☐ 1) ประถมศึกษาตอนต้น (ป.1-ป.4) ☐ 2) ประถมศึกษาตอนปลาย (ป.5-ป.6)
   ☐ 3) มัธยมศึกษาตอนต้น (ม.1-ม.3) ☐ 4) มัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4-ม.6)
   ☐ 5) อาชีวศึกษา (ปวช. ปวส.) ☐ 6) ปริญญาตรี
   ☐ 7) ปริญญาโทขึ้นไป ☐ 8) อื่นๆ (ระบุ).....
5. อาชีพของท่าน
   ☐ 1) ข้าราชการ/พนักงานของรัฐ ☐ 2) พนักงานบริษัท ☐ 3) ธุรกิจส่วนตัว
   ☐ 4) ค้าขาย ☐ 5) รับจ้าง/ลูกจ้าง ☐ 6) เกษตรกร
   ☐ 7) นักเรียน/นิสิต นักศึกษา ☐ 8) แม่บ้าน/พ่อบ้าน ☐ 9) เกษียณ/ว่างงาน ☐ 10) อื่นๆ.....
6. ครอบครัวของท่าน มีสมาชิก (รวมตัวท่าน) จำนวน.....คน เป็นเด็ก (ต่ำกว่า 14 ปี).....คน ผู้ใหญ่.....คน
7. รายได้เฉลี่ยของครอบครัวต่อเดือน (รวมทุกคนในบ้านที่มีรายได้) *(ใช้ในการศึกษาวิจัยเท่านั้น กรุณาตอบความเป็นจริง)*
   ☐ 1) น้อยกว่า 10,000 บาท ☐ 2) 10,001-15,000 บาท ☐ 3) 15,001-30,000 บาท
   ☐ 4) 30,001-50,000 บาท ☐ 5) 50,001-100,000 บาท ☐ 6) 100,000 บาท ขึ้นไป
8. ลักษณะที่อยู่อาศัยในปัจจุบันของท่าน
   ☐ 1) บ้านเดี่ยว ☐ 2) ทาวน์เฮาส์/บ้านแฝด ☐ 3) อาคาร/ตึกแถว
   ☐ 4) ห้องเช่า/หอพัก/อพาร์ทเมนท์ ☐ 5) คอนโดมิเนียม/แฟลต ☐ 6) อื่นๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 2 พฤติกรรมการใช้และการกำจัดโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว

1. ปัจจุบันท่านใช้โทรศัพท์มือถือหรือไม่
   ☐ 1) ไม่ใช้ (ตอบต่อข้อ 6.) ☐ 2) ใช้ จำนวน.....เครื่อง

2. ประเภทของโทรศัพท์มือถือที่ท่านใช้งานอยู่เป็นแบบใด
   ☐ 1) แบบมีปุ่มกด ☐ 2) แบบหน้าจอสัมผัส (smart phone)

3. ราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องที่ท่านใช้งานอยู่ในปัจจุบันคือ
   ☐ 1) น้อยกว่า 1,000 บาท ☐ 2) 1,001-5,000 บาท ☐ 3) 5,001-10,000 บาท
   ☐ 4) 10,001-15,000 บาท ☐ 5) 15,001-20,000 บาท ☐ 6) 20,001บาท ขึ้นไป

4. ท่านใช้โทรศัพท์มือถือเครื่องก่อนหน้านี้นานเพียงใด (สำหรับท่านที่ไม่เคยเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือ ท่านใช้โทรศัพท์มือถือเครื่องปัจจุบันเป็นระยะเวลานานเท่าใด)
   ☐ 1) น้อยกว่า 6 เดือน ☐ 2) 6 เดือน -1 ปี ☐ 3) 1-2 ปี
   ☐ 4) 2-3 ปี ☐ 5) 3-4 ปี ☐ 6) 4 ปีขึ้นไป ☐ 7) อื่นๆ (ระบุ).....

5. สาเหตุหลักในการเปลี่ยนโทรศัพท์มือถือของท่านมาเป็นเครื่องที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันคือ (เลือกเพียง 1 ข้อ)
   ☐ 1) เครื่องเก่าเสีย/หมดอายุการใช้งาน /ชำรุดจากอุบัติเหตุ
   ☐ 2) สูญหาย/ถูกขโมย
   ☐ 3) ราคาค่าซ่อมไม่แตกต่างจากราคาของโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่
   ☐ 4) ผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการให้บริการ
   ☐ 5) เครื่องเก่าล้าสมัย ฟังก์ชันการใช้งานน้อย ไม่ตอบสนองต่อความต้องการ/ตามเพื่อน

6. ในครอบครัวของท่านมีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วเก็บไว้ที่บ้านของท่านหรือไม่ (ทุกคนในบ้านรวมกัน)
   ☐ 1) ไม่มี (ตอบต่อข้อ 10.) ☐ 2) มี จำนวน.....เครื่อง ☐ 3) ไม่ทราบ

7. ท่านจัดการกับโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วของท่านอย่างไร
   ☐ 1) เก็บไว้เฉยๆ ที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร (ตอบต่อข้อ 8.)
   ☐ 2) ให้ญาติ/พี่น้อง/มูลนิธิ/โครงการ
   ☐ 3) ขายให้ซาเล้ง/ร้านรับซื้อ ราคา.....บาท
   ☐ 4) นำไปเป็นส่วนลดในการซื้อเครื่องใหม่
   ☐ 5) ทิ้งลงในกล่องสำหรับรีไซเคิล ของผู้ให้บริการเครือข่ายโทรศัพท์มือถือ
   ☐ 6) ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป (ตอบต่อข้อ 9.)

8. **เฉพาะท่านที่ตอบ "เก็บไว้เฉยๆ ที่บ้านไม่ได้ใช้ทำอะไร" (ในข้อ 7.)** โปรดระบุเหตุผลที่ท่านยังเก็บโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้วไว้
   ☐ 1) เก็บไว้เป็นเครื่องสำรอง/ใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ เช่น เป็นนาฬิกาปลุก เล่นเกมส์ ฯลฯ
   ☐ 2) มีคุณค่าทางจิตใจ เช่น อยากเก็บข้อความหรือรูปภาพเก่าๆ ไว้
   ☐ 3) ไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน
   ☐ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

9. **เฉพาะท่านที่ตอบ "ทิ้งรวมกับขยะทั่วไป" (ในข้อ 7.)** สาเหตุที่ท่านไม่แยกทิ้งโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วรวมกับขยะทั่วไปคืออะไร
   ☐ 1) ไม่ทราบว่าจะนำไปทิ้งที่ไหน (ไม่มีถังขยะ/ตู้รับทิ้งขยะอันตรายแถวบ้าน)
   ☐ 2) ปริมาณมีน้อย คิดว่าทิ้งไปคงไม่เป็นอันตราย
   ☐ 3) ถึงจะแยกทิ้ง แต่พนักงานเก็บขยะก็นำไปทิ้งรวมกันอยู่ดี
   ☐ 4) อื่นๆ (โปรดระบุ).....

10. ต่อไปภายหน้า หากท่านมีโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้งานแล้ว ท่านจะแยกทิ้งโทรศัพท์มือถือออกจากขยะทั่วไปหรือไม่

☐ 1) จะแยกทิ้ง ☐ 2) ไม่แยกทิ้ง (ทิ้งรวมไปกับขยะทั่วไป)

11. หากภาครัฐและบริษัทผู้ผลิตจัดระบบเก็บรวบรวมโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปรีไซเคิล ท่านจะให้ความร่วมมือในการนำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปทิ้งยังจุดที่กำหนดหรือไม่

☐ 1) นำไปทิ้งยังจุดที่กำหนด

☐ 2) ไม่นำไปทิ้ง เนื่องจาก.....

12. ท่านที่ตอบว่า **"นำไปทิ้งยังจุดที่กำหนด" (ในข้อ 11.)** ท่านคิดว่า ท่านจะนำโทรศัพท์มือถือไปคืนช่องทางใดมากที่สุด (เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ 1) กล่องรับทิ้งที่ตั้งตามศูนย์บริการเครือข่าย (AIS, DTAC, True) ที่ตั้งตามห้างสรรพสินค้า

☐ 2) กล่องรับทิ้งที่ตั้งหน้าร้านสะดวกซื้อใกล้บ้านของท่าน

☐ 3) กล่องรับทิ้งที่ตั้ง ณ สถานที่ราชการและสำนักงานเขต

☐ 4) อื่นๆ ระบุ.....

13. ท่านต้องการสิ่งตอบแทนหรือสิ่งจูงใจสำหรับการนำโทรศัพท์มือถือเก่ามาหย่อนที่กล่องรับทิ้งหรือไม่ (เลือกเพียง 1 ข้อ)

☐ 1) ไม่ต้องการสิ่งตอบแทนหรือสิ่งจูงใจใดๆ

☐ 2) ต้องการให้มีการชิงโชค ลุ้นรางวัล

☐ 3) ต้องการคูปองส่วนลดซื้อโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่

☐ 4) ต้องการคูปองส่วนลดซื้อสินค้าอุปโภคบริโภค

☐ 5) ต้องการได้เป็นเงินสด โดยอัตราขั้นต่ำที่ต้องการ คือ.....บาท (ทั้งนี้ ผู้ผลิตจะรวมต้นทุนรับซื้อโทรศัพท์มือถือดังกล่าวไว้ในราคาขายโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ หากท่านต้องการขายมือถือเก่าในราคาสูง ท่านอาจต้องซื้อโทรศัพท์มือถือแพงขึ้นในภายหลัง)

☐ 6) อื่นๆ ระบุ.....

14. ซากโทรศัพท์มือถือเป็นของเสียอันตรายประเภทหนึ่งที่สามารถนำกลับมารีไซเคิลได้ แต่ที่ผ่านมา มักถูกจัดการอย่างไม่ถูกต้องโดยชาวบ้านนำไปแกะแยกชิ้นส่วนที่ขายได้และทิ้งเศษชิ้นส่วนที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันรัฐบาลกำลังจัดทำร่างกฎหมายที่จะกำหนดให้ผู้ผลิตจัดระบบเรียกคืนซากโทรศัพท์มือถือจากผู้บริโภค เพื่อนำไปรีไซเคิลอย่างถูกต้อง หากร่างกฎหมายนี้มีผลบังคับใช้ ราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่จะบวกค่าใช้จ่ายในการเรียกคืนและค่ารีไซเคิลโทรศัพท์มือถือเก่าด้วย (จากการศึกษาที่ผ่านมา พบว่าต้นทุนการเก็บรวบรวมและรีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถืออยู่ที่ 60 บาทต่อเครื่อง)

ด้วยลักษณะการดำเนินงานเช่นนี้ **ท่านยินดีที่จะจ่ายค่าโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ที่รวมค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือหรือไม่ หากท่านยินดี ท่านเต็มใจที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลสูงสุดในอัตราเท่าใด**

☐ 1) ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือที่รวมอยู่ในราคาโทรศัพท์มือถือเครื่องใหม่ในอัตราต่อไปนี้

(กรุณาวงกลม ○ ตัวเลขในตารางที่ตรงกับความพึงพอใจของท่าน ทั้งนี้ขอให้พิจารณารายได้และค่าใช้จ่ายอื่นๆของท่าน ประกอบการตัดสินใจด้วย)

บาทต่อเครื่อง

20	40	60	80	100	120	160	200	240	280
320	360	400	450	500	700	900	1,000	อัตราอื่น (ระบุ).....	

☐ 2) ไม่ยินดีที่จะจ่ายค่ารีไซเคิลซากโทรศัพท์มือถือ เนื่องจาก (เลือกคำตอบเพียง 1 ข้อ)

( ) 1) คิดว่าเป็นหน้าที่ของรัฐในการกำจัดขยะ ( ) 2) ซากโทรศัพท์มีมูลค่าในตัวอยู่แล้ว

( ) 3) ผู้ผลิตควรรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการกำจัดซากฯ ( ) 4) อื่นๆ (ระบุ).....

ตอนที่ 3 ทัศนคติและการรับรู้ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะจากโทรศัพท์มือถือ

โปรดพิจารณาข้อความแต่ละข้อและวงกลม ○ ตัวเลขทางขวามือที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมากที่สุดเพียงคำตอบเดียว

ตอนที่ 3.1 ความตระหนักต่อผลกระทบด้านสุขภาพและสิ่งแวดล้อมจากการกำจัดขยะจากโทรศัพท์มือถือ

ข้อ	ข้อความ	ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง	ไม่เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	เห็นด้วย	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
1.	เราใกล้จุดที่ทรัพยากรในโลกไม่สามารถรองรับประชากรได้เพียงพออีกต่อไปแล้ว	1	2	3	4	5
2.	การแยกขยะอันตราย เช่นขยะจากโทรศัพท์มือถือออกจากขยะทั่วไปก่อนทิ้ง สามารถช่วยลดความเสี่ยงการปนเปื้อนสารอันตรายที่อาจส่งผลกระทบต่อสุขภาพและระบบนิเวศได้	1	2	3	4	5
3.	ฉันเต็มใจที่จะจ่ายสินค้าและบริการแพงขึ้นเพื่อช่วยลดภาวะโลกร้อน	1	2	3	4	5
4.	การแยกทิ้งขยะอันตราย (เช่นโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้ว) ไม่ปะปนไปกับขยะทั่วไป เป็นหน้าที่/ความรับผิดชอบของเราทุกคน	1	2	3	4	5
5.	หากศูนย์บริการเครือข่าย (DTAC, TRUE, AIS) มีการตั้งกล่องรับรีไซเคิล โทรศัพท์มือถือเก่าที่เสียแล้ว ฉันคิดว่าเป็นเรื่องที่สะดวกและง่ายสำหรับฉันที่จะนำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วไปหย่อนลงกล่องรับรีไซเคิลดังกล่าว	1	2	3	4	5
6.	ฉันคิดว่าการแยกขยะมูลฝอยและขยะอันตรายเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของฉัน	1	2	3	4	5
7.	ฉันรู้สึกผิด หากฉันไม่นำโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ใช้แล้วไปทิ้งในจุดที่กำหนด	1	2	3	4	5
8.	ฉันรู้สึกว่าคนรอบข้างฉัน (ครอบครัว, เพื่อน) คาดหวังให้ฉันแยกขยะอันตราย เช่นจากโทรศัพท์มือถือก่อนทิ้ง	1	2	3	4	5

ตอนที่ 3.2 การได้รับความรู้ ข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับการจัดการขยะจากโทรศัพท์มือถือ

ข้อ	ข้อความ/คำถาม	น้อยมาก	น้อย	ปานกลาง	มาก	มากที่สุด
1.	ท่านได้รับความรู้เรื่องการแยกขยะ (ขยะอินทรีย์, ขยะทั่วไป, ขยะรีไซเคิลและขยะอันตราย) จากโรงเรียนที่ท่านได้เล่าเรียนมา มากน้อยเพียงใด	1	2	3	4	5
2.	ท่านได้รับข้อมูลข่าวสารจากสำนักงานเขตเรื่องการแยกและทิ้งขยะอันตราย (เช่น ผ่านการแจกประกาศ, แผ่นพับ, ป้ายประชาสัมพันธ์) มากน้อยเพียงใด	1	2	3	4	5
3.	ท่านได้รับข้อมูลข่าวสารเรื่องการแยกและทิ้งขยะอันตราย ผ่านสื่อโทรทัศน์/วิทยุ/หนังสือพิมพ์ มากน้อยเพียงใด	1	2	3	4	5

ตอนที่ 3.3 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการและอันตรายของขากโทรศัพท์มือถือ

ข้อ	ท่านทราบหรือไม่ว่า.....	ไม่ทราบ	ทราบ
1.	โทรศัพท์มือถือประกอบด้วยสารประกอบที่มีพิษ เช่น ตะกั่ว ปรอท สารหนู เป็นต้น และจัดเป็นของเสียอันตราย	1	2
2.	ร้อยละ 80 ของโทรศัพท์มือถือสามารถนำมารีไซเคิลได้ บางชิ้นส่วนประกอบด้วยโลหะที่มีค่า เช่น ทองคำ เงิน และแพลเลเดียม เป็นต้น	1	2
3.	ประเทศไทยยังไม่มีโรงงานรีไซเคิลขากโทรศัพท์มือถือแบบครบวงจร เนื่องจากขาดระบบจัดเก็บขากโทรศัพท์ที่มีประสิทธิภาพ และข้อจำกัดด้านกฎหมายที่ไม่เอื้อต่อการลงทุน	1	2
4.	รัฐบาลปัจจุบันประกาศให้ปัญหาขยะเป็นวาระแห่งชาติ มีการจัดทำแผนเพื่อแก้ไขปัญหาขยะมูลฝอยและขยะอันตราย	1	2
5.	รัฐบาลได้จัดทำร่างกฎหมายจัดการขากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ เพื่อให้ผู้ผลิตเรียกคืนขากผลิตภัณฑ์ฯ ไปรีไซเคิลอย่างถูกต้อง	1	2
6.	ท่านทราบหรือไม่ว่า โครงการ "จุฬาฯ รักษ์โลก" เป็นโครงการที่ช่วยส่งเสริมการจัดการขากโทรศัพท์มือถือที่เสียแล้วหรือไม่ได้ใช้แล้วให้เข้าสู่กระบวนการรีไซเคิลอย่างถูกวิธี	1	2

ตอนที่ 4 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการจัดการขากโทรศัพท์มือถือ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขอขอบคุณในความร่วมมือของท่านเป็นอย่างสูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายณัฐวรรษ อาจศึก เกิดเมื่อวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2533 ที่จังหวัดบุรีรัมย์ สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ศรีราชา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา เมื่อปีการศึกษา 2555 เข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2557

ผลงานวิจัยส่วนหนึ่งจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 16 จัดขึ้นที่โรงแรมเดอะ ทวิน ทาวเวอร์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ในชื่อหัวข้อ การสำรวจพฤติกรรมการใช้โทรศัพท์มือถือและการจัดการซากโทรศัพท์มือถือที่ไม่ใช้แล้วของคนกรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 17-18 พฤษภาคม 2560

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University