ความรู้ความเข้าใจและทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน

Knowledge, Understandings, and Attitude in Management of Expired Solar Cell

ณัฏฐนิชา บุญจงค์*
Natthanicha Bunchong
วนิดา ชูอักษร**
Wanida Chooaksorn

Received : June 21, 2021
Revised : August 3, 2021
Accepted : January 28, 2022

บทคัดย่อ

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ความเข้าใจ และทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน จาก 2 กลุ่มเป้าหมาย ได้แก่ กลุ่มประชากรมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต จำนวน 389 คน และกลุ่มนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแผงโซล่าเซลล์ จำนวน 47 คน พบว่า กลุ่มประชากรในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีความรู้ความเข้าใจอยู่ในระดับมาก (ร้อยละ 82.01) และมีระดับทัศนคติในระดับสูงเห็นด้วยกับรูปแบบการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน (ร้อยละ 83.80) โดยเห็นว่าการจัดการแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธีจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ จึงเป็นเรื่องจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการจัดการ และภาครัฐควรมีกฎหมายที่เกี่ยวกับวิธีการจัดการอย่างชัดเจน ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($r = 0.419$, $p < 0.001$) ในส่วนของนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง พบว่า ระดับทัศนคติอยู่ในระดับสูง ร้อยละ 85.11 โดยเห็นว่าการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานควรเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดสุดท้าย และควรอยู่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษซากเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE)

คำสำคัญ : แผงโซล่าเซลล์ / ขยะอิเล็กทรอนิกส์ / การจัดการ / ความรู้ความเข้าใจ / ทัศนคติ

*นักศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Bachelor of Environmental Science, Faculty of Science and Technology Thammasat University
**อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology, Thammasat University

ABSTRACT

This work aims to study the public knowledge, understandings, and attitudes in management of expired solar cells. The respondents consist of 389 people from Thammasat University and 47 personnel in the solar cells management field. The result shows that most of the respondents from Thammasat University have good understandings of how to manage expired solar cells (82.01 %) and agree with the proposed method of managing expired solar cells (83.80 %). The respondents agree that mishandling of the unused or expired solar cell panels affects environment and human health. Therefore, it is necessary to focus on manage of expired solar cells and the government should also set up the clearly laws regarding the discard of solar cells. Results from the study show a moderate level and statistically significant positive correlation between knowledge, understandings, and attitudes ($r = 0.419$, $p< 0.001$). In case of respondents whose background are in the solar cells management field, high attitude level was 85.11%. The management of expired solar cell panels should start from the point of origin to the end point. In addition, the management of expired solar cell panels should be governed by the electrical and electronic equipment regulations (WEEE).

Keywords : Solar Cell / E-Waste / Management / Knowledge / Attitude

บทนำ

ปัจจุบันหลายประเทศทั่วโลกพยายามศึกษาและค้นหาพลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ โดยพลังงานจากดวงอาทิตย์จัดเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่สำคัญ เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สะอาดและมีศักยภาพสูง การใช้พลังงานแสงอาทิตย์สามารถแบ่งเป็น 2 รูปแบบ คือ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าและเพื่อผลิตความร้อน (สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย, 2559) โดยสิ่งประดิษฐ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกนำมาใช้ผลิตไฟฟ้าอย่างกว้างขวาง คือ เซลล์แสงอาทิตย์หรือแผงโซล่าเซลล์ แต่แผงโซล่าเซลล์ มีข้อจำกัดในการใช้งานโดยมีอายุการใช้งานประมาณ 20 (กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (ม.ป.ป.) เมื่อหมดอายุการใช้งาน หรือเกิดความชำรุดถูกกำหนดให้เป็นของเสียอิเล็กทรอนิกส์หรือของเสียกลุ่ม E (E-waste) เป็นของเสียที่มีความเป็นอันตราย ซึ่งจะต้องคำนึงถึงแนวทางในการจัดการตามหลักวิชาการ และข้อกำหนดของกฎหมาย สำหรับประเทศไทยรัฐบาลมีแผนส่งเสริมการผลิตไฟฟ้าจากเซลแสงอาทิตย์ให้ได้ 15,574 เมกะวัตต์ ภายในปี พ.ศ.2580 ซึ่งทำให้เกิดซากแผงโซล่าเซลล์ และอุปกรณ์ประกอบจำนวนมาก ซึ่งประเมินกันว่าจะทำให้มีปริมาณของเสียสูงถึง 6 แสนตัน (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัย และนวัตกรรม (สกสว.), 2020) ปัจจุบันประเทศไทยกำลังเผชิญปัญหาในการจัดการของเสียอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากยังไม่มีมาตรการทางกฎหมายเฉพาะมารองรับเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว ทำให้ไม่มีระบบการจัดการที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังพบว่าแผงโซล่าเซลล์มีทั้งสารเคมีโลหะและส่วนประกอบที่เป็นอันตราย ถ้ามีการจัดการที่ไม่ถูกต้องหรือเหมาะสมจะทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพและสิ่งแวดล้อมได้ เช่น แผงโซล่าเซลล์ประเภทที่ทำจากซิลิคอน มีสารอันตราย คือ ซิลิกอนเตตระคลอไรด์ ซึ่งจะทำปฏิกิริยาอย่างรุนแรงกับน้ำ ทำให้ผิวหนังไหม้ ระคายเคืองระบบทางเดินหายใจ ผิวหนังและตา แผงโซล่าเซลล์ชนิดฟิล์มบาง เมื่อเกิดการเผาไหม้หรืออยู่ในที่ที่มีอุณหภูมิสูง จะสามารถปล่อยแคดเมียมและก๊าซซีลีเนียมสู่สิ่งแวดล้อมได้ (สำนักควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2557)

ดังนั้นการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วในปัจจุบันจึงถือเป็นเรื่องที่สำคัญ และมีความจำเป็น จึงดำเนินการศึกษาทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานของนักวิชาการด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งความรู้ความเข้าใจและทัศนคติของประชากรในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน เนื่องจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์จัดเป็นมหาวิทยาลัยชั้นนำที่ให้ความสำคัญและคำนึงถึงการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม มีการติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาทุกอาคารของมหาวิทยาลัย ทำให้สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 15 เมกะวัตต์ จัดเป็นมหาวิทยาลัยที่มีระบบโซล่ารูฟท็อป (Solar Rooftop) ใหญ่เป็นอันดับ 1 ของมหาวิทยาลัยในเอเชีย (วรรณโชค, 2559) จากการใช้แผงโซล่าเซลล์ที่มีในปริมาณมากของประเทศ หน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องทั้งภาครัฐ และเอกชนควรเตรียมความพร้อมในการรองรับของเสียที่เกิดขึ้นที่หมดอายุการใช้งานภายในปี พ.ศ.2580

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การกำหนดกลุ่มตัวอย่างประชากร

กลุ่มตัวอย่างประชากรในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ (1) กลุ่มประชากรนักศึกษาและบุคลากรในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต มีจำนวนประชากรทั้งหมด 14,086 คน (มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2563) ใช้ทฤษฎีการคำนวณของทาโร ยามาเน (Yamane, 1973) พบว่ามีขนาดกลุ่มตัวอย่างประชากรเท่ากับ 389 คน ศึกษาความรู้ความเข้าใจและทัศนคติต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน ซึ่งเป็นกลุ่มที่มีการใช้บริการพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยที่ติดตั้งแผงโซล่าเซลล์บนหลังคาทุกอาคาร และ (2) กลุ่มนักวิชาการจากหน่วยงานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความรู้ในด้านการจัดการของเสียอันตราย ศึกษาเฉพาะทัศนคติที่มีต่อการจัดแผงแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน ซึ่งเป็นกลุ่มตัวอย่างจากประชากรไม่ทราบขนาดของประชากรที่แน่นอน ใช้ทฤษฎีการคำนวณของคอแครน (Cochran, 1953) โดยความคลาดเคลื่อนของการสุ่มตัวอย่างเป็น 15% ระดับความเชื่อมั่น 95% มีขนาดกลุ่มตัวอย่างประชากรเท่ากับ 43 คน แต่มีผู้ตอบแบบสอบถามกลับมา 47 คน จึงนำมาวิเคราะห์ทั้งหมด ซึ่งประกอบด้วย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จำนวน 20 คน สถาบันการศึกษาในระดับมหาวิทยาลัย จำนวน 11 คน องค์การนอกภาครัฐ จำนวน 6 คน บริษัทผู้จัดจำหน่ายผลิตภัณฑ์พลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 5 คน กระทรวงอุตสาหกรรม จำนวน 3 คน และกระทรวงพลังงาน 2 คน

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 ชุดที่ 1 สำหรับกลุ่มตัวอย่างประชากรภายในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต แบ่งเป็น 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 คำถามเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์และการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน คำถามเป็นแบบเลือกตอบใช่และไม่ใช่ จำนวน 10 ข้อ โดยตอบผิด ให้ 0 คะแนน ตอบถูก ให้ 1 คะแนน และกำหนดระดับความรู้ความเข้าใจ ใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเกิต (Likert Scale) ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย 0.00-0.33 มีความรู้ในระดับน้อย

คะแนนเฉลี่ย 0.34-0.67 มีความรู้ในระดับปานกลาง

คะแนนเฉลี่ย 0.68-1.00 มีความรู้ในระดับมาก

ส่วนที่ 3 คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน จำนวน 10 ข้อ ลักษณะคำถามเป็นแบบประเมินระดับทัศนคติ 3 ระดับ ให้เลือกตอบตามความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม การกำหนดระดับทัศนคติเชิงบวก คือ ทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ

ให้คะแนน 3 2 และ 1 คะแนน ตามลำดับ ส่วนระดับทัศนคติเชิงลบ คือ ทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ให้คะแนน 1 2 และ 3 คะแนน

2.2 ชุดที่ 2 สำหรับนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง แบ่งเนื้อหาเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน จำนวน 10 ข้อให้เลือกตอบตามความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถาม การกำหนดระดับทัศนคติ คือ ทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ให้คะแนน 3 2 และ 1 คะแนน ตามลำดับ

การกำหนดระดับทัศนคติ ใช้แบบมาตราส่วนประมาณค่าของลิเกิต (Likert Scale) ดังนี้

ระดับคะแนน 3.00-2.41 หมายถึง มีทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง

ระดับคะแนน 2.40-1.71 หมายถึง มีทัศนคติเห็นด้วยในระดับปานกลาง

ระดับคะแนน 1.70-1.00 หมายถึง มีทัศนคติเห็นด้วยในระดับต่ำ

แบบสอบถามดำเนินการตรวจสอบคุณภาพโดยการทดสอบหาความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความเข้าใจที่ตรงกัน โดยผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ในการประเมินวิเคราะห์ และหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence, IOC) พบว่า แบบทดสอบชุดที่ 1 ได้คะแนน มากกว่า 0.7 และแบบสอบถามชุดที่ 2 ได้คะแนนมากกว่า 0.9

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ข้อมูลที่รวบรวมจากแบบสอบถามนำมาวิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย

3.2 การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลความรู้และทัศนคติ วิเคราะห์โดยใช้สถิติเชิงอนุมาน (Inferential Statistics) ได้แก่ การกระจายตัวของข้อมูลใช้วิธี Kolmogorov-Smirnov test การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ใช้สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation) ตามลำดับ โดยระดับนัยสำคัญที่ใช้ในการศึกษาคือ 0.05

ผลการวิจัย

1. ความรู้ความเข้าใจและทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานของกลุ่มตัวอย่างประชากรทั่วไป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 389 คน พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 69.15 มีสถานภาพเป็นนักศึกษาร้อยละ 84.32 โดยส่วนใหญ่มีอายุต่ำกว่า 21 ปี คิดเป็นร้อยละ 54.24 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ข้อมูล		จำนวน	ร้อยละ
เพศ	- ชาย	120	30.85
	- หญิง	269	69.15
สถานภาพ	- นักศึกษา	328	84.32
	- อาจารย์/บุคลากร	15	3.86
	- บุคคลทั่วไป	46	11.83

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ข้อมูล		จำนวน	ร้อยละ
อายุ	ต่ำกว่า 21 ปี	211	54.24
	21-30 ปี	155	39.85
	31-40 ปี	13	3.34
	41-50 ปี	9	2.31
	50 ปีขึ้นไป	1	0.26

1.1 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์และการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน

กลุ่มตัวอย่างมีความรู้ถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วซึ่งต้องอยู่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คิดเป็นร้อยละ 95.12 และข้อที่จำนวนผู้ตอบถูกน้อยที่สุดเป็นคำถามเชิงลบ คือ แผงโซล่าเซลล์มีอายุการใช้งานประมาณ 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 32.13 ดังตารางที่ 2 แต่จากรายงานของกรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน (ม.ป.ป.) มีอายุการใช้งานประมาณ 20 ปี นอกจากนี้การศึกษาในพื้นที่จังหวัดอุบลราชธานีพบว่าแผงโซล่าเซลล์ มีอายุการใช้งาน 4.6 ปี เท่านั้น (มนัสนันท์, 2559) โดย คะแนนที่ได้จากการวัดระดับความรู้ความเข้าใจของประชากรโดยรวม พบว่าประชากรส่วนใหญ่มีความรู้อยู่ในระดับมาก (7-10 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 82.01 มีความรู้ในระดับปานกลาง (4-6 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 17.48 และมีความรู้ในระดับน้อย (0-4 คะแนน) คิดเป็นร้อยละ 0.51

ตารางที่ 2 ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์และการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน

คำถามเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ	จำนวนผู้ตอบถูก (ร้อยละ)	จำนวนผู้ตอบผิด (ร้อยละ)
1. แผงโซล่าเซลล์มีส่วนประกอบที่เป็นโลหะหนักที่อันตราย เช่น ปรอท แคดเมียม ซิลิกอน เตตระคลอไรด์ เป็นต้น	266 (68.38)	123 (31.62)
2. แผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานถูกกำหนดให้เป็นของเสียอิเล็กทรอนิกส์หรือของเสียกลุ่ม E (E-waste)	346 (88.95)	43 (11.05)
3. ขั้นตอนในการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน คือ การคัดแยก เก็บรวบรวม ขนส่ง บำบัด และการกำจัด	352 (90.49)	37 (9.51)
4. แผงโซล่าเซลล์เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วสามารถนำไปกำจัดด้วยวิธีการรีไซเคิลได้	228 (58.61)	161 (41.39)
5. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วต้องอยู่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	370 (95.12)	19 (4.88)
*6. แผงโซล่าเซลล์สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้าได้โดยมีอายุการใช้งานประมาณ 50 ปี	125 (32.13)	264 (67.87)

ตารางที่ 2 (ต่อ)

คำถามเพื่อวัดความรู้ความเข้าใจ	จำนวนผู้ตอบถูก (ร้อยละ)	จำนวนผู้ตอบผิด (ร้อยละ)
*7. แผงโซล่าเซลล์เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้ว จะกลายเป็นขยะที่ไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม	310 (79.69)	79 (20.31)
*8. เมื่อแผงโซล่าเซลล์หมดอายุการใช้งานเราสามารถทิ้งรวมกับขยะทั่วไปได้	368 (94.60)	21 (5.40)
*9. แผงโซล่าเซลล์เมื่อหมดอายุการใช้งานแล้วสามารถนำไปฝังกลบได้เลย	350 (89.97)	39 (10.03)
*10. ปัจจุบันประเทศไทยมีกฎหมายที่ควบคุมการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่ชัดเจน และเหมาะสม	275 (70.69)	114 (29.31)

หมายเหตุ : ข้อคำถามที่มีเครื่องหมาย * หมายถึงข้อคำถามเชิงลบ

1.2 ทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน

กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูงต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน โดยทัศนคติมีระดับสูงกับการจัดการแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 93.06 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.92 ส่วนของระดับทัศนคติระดับต่ำ พบว่า ส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติต่ำกับการจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของหน่วยงานภาครัฐเท่านั้น คิดเป็นร้อยละ 63.24 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.46 และมีรายละเอียดอื่นๆ ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ข้อมูลการวัดระดับทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานรายข้อ

คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติ	ระดับทัศนคติ			
	สูง (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	ต่ำ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย
1. ปัจจุบันการจัดการแผงโซล่าเซลล์เป็นเรื่องที่จำเป็น และควรให้ความสำคัญ	328 (84.32)	59 (15.17)	2 (0.51)	2.84 (สูง)
2. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานแล้วจัดเป็นเรื่องที่ยุ่งยาก และมีความซับซ้อน	209 (53.73)	155 (39.85)	25 (6.43)	2.47 (สูง)
3. การจัดการแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธี จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์	362 (93.06)	22 (5.66)	5 (1.29)	2.92 (สูง)
4. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานควรเน้นที่วิธีการรีไซเคิลก่อนเป็นอันดับแรก	233 (59.90)	126 (32.39)	30 (7.71)	2.52 (สูง)
5. การรับรู้นโยบาย หรือกฎหมายด้านการจัดการแผงโซล่าเซลล์ถือเป็นเรื่องที่มีความจำเป็น	312 (80.21)	75 (19.28)	2 (0.51)	2.80 (สูง)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติ	ระดับทัศนคติ			
	สูง (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	ต่ำ (ร้อยละ)	ค่าเฉลี่ย
6. ประเทศไทยควรมีกฎหมายเกี่ยวกับวิธีการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานที่ชัดเจน	327 (84.06)	48 (12.34)	14 (3.60)	2.80 (สูง)
7. กฎหมายหรือข้อบังคับที่ไม่ชัดเจน ทำให้เกิดการกำจัดแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธี	332 (85.35)	51 (13.11)	6 (1.54)	2.84 (สูง)
8. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรมีการวางแผนในการจัดการล่วงหน้า ก่อนอุปกรณ์จะเสื่อมสภาพการใช้งาน	351 (90.23)	36 (9.25)	2 (0.51)	2.90 (สูง)
9. ท่านคิดว่าท่านควรมีส่วนร่วมในการแก้ไขปัญหาขยะที่เกิดจากแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน	217 (55.78)	155 (39.85)	17 (4.37)	2.51 (สูง)
*10. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของหน่วยงานภาครัฐเท่านั้น	68 (17.48)	75 (19.28)	246 (63.24)	2.46 (สูง)
รวม				2.71 (สูง)

หมายเหตุ : ข้อคำถามที่มีเครื่องหมาย * หมายถึงข้อคำถามเชิงลบ ทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง ระดับปานกลาง และระดับต่ำ ให้คะแนน 1 2 และ 3 คะแนน ตามลำดับ

จากตารางที่ 3 ประชากรส่วนใหญ่มีทัศนคติอยู่ในระดับสูง มีค่าคะแนนเฉลี่ย 2.71 และเมื่อพิจารณาคำถามเป็นรายข้อย่อยซึ่งมีทั้งข้อคำถามเชิงบวกและคำถามเชิงลบ พบว่า ข้อคำถามที่กลุ่มประชากรที่ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยรวมมากที่สุด ได้แก่ การจัดการแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธี จะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรมีการวางแผนในการจัดการล่วงหน้า ก่อนอุปกรณ์จะเสื่อมสภาพการใช้งาน กฎหมายหรือข้อบังคับที่ไม่ชัดเจน ทำให้เกิดการกำจัดแผงโซล่าเซลล์อย่างไม่ถูกวิธี มีคะแนนเฉลี่ย 2.92, 2.90 และ 2.84 คะแนน ตามลำดับ ส่วนคำถามที่ได้คะแนนเฉลี่ยรวมน้อยที่สุด ได้แก่ การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรเป็นหน้าที่และความรับผิดชอบของหน่วยงานภาครัฐเท่านั้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยรวม 1.54 เนื่องจากเป็นคำถามทัศนคติเชิงลบ โดยความสัมพันธ์ระหว่างความรู้และทัศนคติ พบว่า มีความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยพบว่าความสัมพันธ์ทางบวก และมีระดับความสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง ($r = 0.419$ $p< 0.001$) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบแยกส่วนระหว่างตัวแปรต่างๆ (N=389)

ตัวแปร	1	2
1. ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์และการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน	1.000	
2. ทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน	0.419*	1.000

* $p< 0.001$

2. การศึกษาทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานสำหรับนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง จากการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 47 คน จากสังกัดหน่วยงานกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม กระทรวงอุตสาหกรรม คณาจารย์ในมหาวิทยาลัย องค์กรอิสระ บริษัทเอกชนด้านการซื้อขายแผงโซล่าเซลล์ พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง คิดเป็นร้อยละ 61.70 ระดับการศึกษาพบว่าอยู่ในระดับปริญญาตรีมากที่สุดจำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 55.32 ซึ่ง ส่วนใหญ่มาจากสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัด จำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 29.79 และมีตำแหน่งเป็นนักวิชาการสิ่งแวดล้อมมากที่สุด จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 25 ซึ่งจากการวิเคราะห์ระดับทัศนคติ พบว่ามีทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูง โดยเห็นด้วยกับแนวคิดการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานว่าควรเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดสุดท้าย คือ มีการควบคุมตั้งแต่การผลิตจนเกิดของเสีย การคัดแยก การเก็บรวบรวม ขนส่ง บำบัดและการกำจัดมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 89.36 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 2.89 และมีรายละเอียดอื่นๆ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ข้อมูลการวัดระดับทัศนคติที่มีต่อการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานรายข้อ

คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติ	ระดับทัศนคติ			
	สูง (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	ต่ำ (ร้อยละ)	เฉลี่ย (ร้อยละ)
1. ในประเทศไทย หาก (ร่าง) พระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์และซากผลิตภัณฑ์ถูกนำมาใช้จะเป็นกรอบทางกฎหมายในการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานให้มีความยั่งยืนทางสังคมและสิ่งแวดล้อมได้	39 (82.98)	6 (12.77)	2 (4.26)	2.79 (สูง)
2. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน ควรอยู่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจัดการเศษซากเหลือทิ้งจากผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE)	42 (89.36)	4 (8.51)	1 (2.13)	2.87 (สูง)
3. หลักปฏิบัติ Code of Practice คือ มาตรการด้านการออกแบบติดตั้ง และจัดการกากของเสียสำหรับผู้ประกอบกิจการผลิตไฟฟ้าจากแผงโซล่าเซลล์ที่มีความเหมาะสม	34 (72.34)	13 (27.66)	0 (0.00)	2.72 (สูง)
4. ประเทศไทยควรมีนโยบายการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานโดยเน้นวิธีการรีไซเคิลก่อนอันดับแรก	35 (74.47)	7 (14.89)	5 (10.64)	2.64 (สูง)
5. แนวคิดการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานควรเริ่มตั้งแต่จุดกำเนิดจนถึงจุดสุดท้าย คือมีการควบคุมตั้งแต่การผลิตจนเกิดของเสีย การคัดแยก การเก็บรวบรวม ขนส่ง บำบัดและการกำจัด	42 (89.36)	5 (10.64)	0 (0.00)	2.89 (สูง)
6. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรมีการคัดแยกประเภทของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบแผงก่อนนำไปกำจัด	41 (87.23)	5 (10.64)	1 (2.13)	2.85 (สูง)

ตารางที่ 5 (ต่อ)

คำถามเพื่อสำรวจทัศนคติ	ระดับทัศนคติ			
	สูง (ร้อยละ)	ปานกลาง (ร้อยละ)	ต่ำ (ร้อยละ)	เฉลี่ย (ร้อยละ)
7. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรเน้นกำจัดการใช้สารที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม โดยเสนอให้ใช้สิ่งอื่นทดแทนสารตะกั่ว ปรอท เป็นต้น ในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	40 (85.11)	6 (12.77)	1 (2.13)	2.83 (สูง)
8. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรส่งเสริมการนำชิ้นส่วนวัสดุกลับมาใช้ซ้ำหรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยผ่านระบบการรับคืนและจัดเก็บรวบรวมของผู้ผลิตผ่านกลไกการตลาด	38 (80.85)	8 (17.02)	1 (2.13)	2.79 (สูง)
9. การจัดการแผงโซล่าเซลล์ควรมีการดำเนินการโดยแบ่งเป็น 2 กรณี คือ (1) ส่งออกไปจัดการนอกประเทศให้เป็นไปตามกฎหมายและข้อกำหนดระหว่างประเทศ (2) การจัดการภายในประเทศต้องดำเนินการฝังกลบในหลุมฝังกลบของเสียอันตราย หรือเผาทำลายด้วยเตาเผาเฉพาะ หรือจัดการโดยวิธีอื่นซึ่งเป็นไปตามกฎหมาย	39 (82.98)	7 (14.89)	1 (2.13)	2.81 (สูง)
10. ในอนาคตประเทศไทยควรมีการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานแบบรีไซเคิลที่หลากหลาย เช่น การบดแยกด้วยแม่เหล็ก การหลอม เป็นต้น	33 (70.21)	14 (29.79)	0 (0.00)	2.70 (สูง)
รวม	2.79 (สูง)			

จากตารางที่ 5 ข้อมูลระดับทัศนคติสำหรับหน่วยงานและบุคลากรที่เกี่ยวข้อง ส่วนใหญ่มีทัศนคติอยู่ในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 85.11 มีทัศนคติในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 14.89

อภิปรายผลการวิจัย

1. ความรู้และทัศนคติด้านการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานในปัจจุบันสำหรับประชากรทั่วไป พบว่า ประชากรส่วนใหญ่มีความรู้ความเข้าใจในระดับมาก อาจเนื่องมาจากกำลังอยู่ในช่วงอายุที่กำลังศึกษาและให้ความสำคัญกับเรื่องพลังงานทดแทนและสิ่งแวดล้อม นอกจากนี้กลุ่มวัยเรียนจะมีความรู้ความเข้าใจและความตระหนักต่อการจัดการของเสียอิเล็กทรอนิกส์ที่สูงกว่ากลุ่มวัยทำงาน (สุธิดา, 2560) แต่อย่างไรก็ตามประชากรส่วนใหญ่ให้ข้อเสนอแนะที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยระบุว่าปัจจุบันยังไม่มีการให้ความรู้เกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์ที่มากเพียงพอแก่ประชาชนทั่วไป และหวังว่าในอนาคตจะมีการเผยแพร่ความรู้ในเรื่องต่างๆ เกี่ยวกับแผงโซล่าเซลล์เพิ่มมากขึ้น ส่วนทัศนคติ พบว่าประชากรส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติที่เห็นด้วยเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการแผงโซล่าเซลล์ โดยมีความเห็นว่าปัจจุบันการจัดการแผงโซล่าเซลล์เป็นเรื่องที่มีความจำเป็นและควรให้ความสำคัญ การจัดการอย่างไม่ถูกวิธีจะทำให้ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์ได้ ถึงแม้ประเทศไทยจะมีร่างพระราชบัญญัติการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แต่ควรผลักดันให้มีกฎหมายรองรับอย่างชัดเจน (พีรนาฏ และสุทธิพร, 2559) โดยประเทศไทยควรมีรูปแบบการจัดการ การวางแผนในการกำจัดที่แน่นอน มีการประชาสัมพันธ์เกี่ยวกับนโยบาย หรือกฎหมายให้กับประชากรที่มีส่วน

เกี่ยวข้องเพื่อป้องกันการลักลอบกำจัดอย่างไม่ถูกวิธี ซึ่งในการจัดการแผงโซล่าเซลล์นั้นโดยส่วนใหญ่เห็นด้วยเกี่ยวกับการจัดการที่เน้นไปที่วิธีการรีไซเคิลก่อนเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Fthenakis (2000) ซึ่งพบว่าเทคโนโลยีในการรีไซเคิลแผงโซล่าเซลล์สามารถทำได้จริง โดยต้องเริ่มจากการคัดแยก และการกำจัดต้องเป็นไปตามกฎหมายและนโยบายของรัฐ อาศัยความร่วมมือระหว่างผู้ใช้งานแผงโซล่าเซลล์ ผู้ผลิตแผงโซล่าเซลล์ หน่วยงานรับกำจัดและภาครัฐ หรือภาครัฐและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องซึ่งจะช่วยให้การจัดการขยะที่เกิดขึ้นสามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพและครบวงจรมากขึ้น (มนัสนันท์, 2559)

2. ทัศนคติด้านการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานในปัจจุบันสำหรับนักวิชาการที่เกี่ยวข้อง นักวิชาการที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่มีระดับทัศนคติที่เห็นด้วยในระดับสูงเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการแผงโซล่าเซลล์ ส่วนใหญ่เห็นด้วยกับแนวคิดการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานว่าควรมีการควบคุมตั้งแต่การผลิต การคัดแยก การเก็บรวบรวม ขนส่ง บำบัดและการกำจัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชาญศักดิ์ (2560) โดยก่อนจะนำไปกำจัดควรมีการคัดแยกประเภทของชิ้นส่วนและอุปกรณ์ประกอบแผงออกจากกันก่อน เพื่อให้รูปแบบการจัดการสามารถดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากกฎหมายที่เกี่ยวกับการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ของประเทศไทยที่มีอยู่ในปัจจุบันยังไม่เพียงพอ ทำให้การบังคับใช้ในปัจจุบันต้องพิจารณาจากกฎหมายที่ใกล้เคียงเพื่อนำมาปรับใช้ ดังนั้นจึงควรกำหนดกฎหมายที่เป็นการเฉพาะเพื่อให้ทันต่อการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบและครบวงจร โดยส่วนใหญ่มองว่าการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานในปัจจุบันควรอยู่ภายใต้ระเบียบว่าด้วยการจำกัดการใช้สารอันตรายบางชนิดในผลิตภัณฑ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (WEEE) และควรมีการร่างกฎหมายที่ชัดเจนออกมาบังคับใช้ในประเทศไทยเพื่อเป็นกรอบทางกฎหมายในการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานให้มีความยั่งยืนทางสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ จากการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับกฎหมายที่เกี่ยวข้องในปัจจุบัน พบว่า ประเทศไทยยังไม่มีระบบการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่ครบวงจรและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมาตรการการจัดการส่วนใหญ่มีการนำแนวคิด “หลักการความรับผิดชอบที่เพิ่มขึ้นของผู้ผลิต” (Extened Producer Responsibility: EPR) ร่วมกับแนวคิดผู้ก่อมลพิษเป็นผู้จ่าย (Polluter Pay Principle: PPP) มาปรับใช้ โดยการออกกฎหมายที่กำหนดให้ผู้ผลิต ผู้นำเข้า หรือผู้บริโภค มีส่วนร่วมในการรับผิดชอบด้านการเงินและการดำเนินการสร้างระบบการจัดการตั้งแต่ต้นทางไปจนถึงปลายทาง ซึ่งเป็นแนวทางที่เหมาะสมสำหรับประเทศไทยในการนำมาปรับใช้ในการออกกฎหมายเพื่อเป็นการสร้างระบบการจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานต่อไปได้ในอนาคต (ชมพูนุท, 2555; กรมควบคุมมลพิษ, 2557) นอกจากนี้พบว่านักวิชาการที่เกี่ยวข้องมีระดับทัศนคติเห็นด้วยในระดับสูงต่อการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งานมารีไซเคิล ถึงแม้รูปแบบการจัดการแบบรีไซเคิลเป็นทางเลือกที่ดีต่อสิ่งแวดล้อมแต่ปัจจุบันไม่เป็นที่นิยมมากนักเนื่องจากต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูง (ฐานเศรษฐกิจ, 2561) แต่อย่างไรก็ตามแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน จำเป็นต้องมีมาตรการหรือมาตรฐานในการควบคุมมลพิษที่อาจจะเกิดขึ้นจากกระบวนการจัดการเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณประชากรในมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และนักวิชาการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการแผงโซล่าเซลล์ จากหน่วยงานต่างๆ ที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม ทำให้การวิจัยในครั้งนี้บรรลุได้ตามวัตถุประสงค์เป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

ควบคุมมลพิษ, กรม. (2557). **โครงการยกร่างกฎหมายการจัดการซากผลิตภัณฑ์เครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์และของเสียอันตรายจากชุมชน.** [Online]. Available : http://infofile.pcd.go.th/law/Draft_580529.pdf?CFID=2836663&CFTOKEN=81646845 [2563, พฤศจิกายน 3].

ควบคุมวัตถุอันตราย กรมโรงงานอุตสาหกรรม, สำนัก. (2557). **คำแนะนำสำหรับการพิจารณาวัตถุอันตรายตามบัญชี ๕.๖**. [Online]. Available : http://eis.diw.go.th/haz/pdf/haz5.6.pdf [2564, สิงหาคม 5].

ชมพูนุท พรหมภักดิ์. (2555). แนวทางการรับมือปัญหาขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. **บทความทางวิชาการสำนักวิชาการ สำนักงานเลขาธิการวุฒิสภา, 2**(9), 1-26.

ชาญศักดิ์ สุภรโภคี. (2560). **รูปแบบการบริหารที่เหมาะสมในการจัดการของเสียอันตรายในบ้านเรือนประชากรในเขตจังหวัดนครราชสีมา**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

ฐานเศรษฐกิจ. (2561). **ปัญหาขยะจากซากแผงโซล่าเซลล์**. [Online]. Available : https://www.thansettakij.com/content/257088 [2563, ธันวาคม 25].

ธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, มหาวิทยาลัย. (2563). **ข้อมูลและสถิติ.** [Online]. Available : https://www.tu.ac.th/index.php/th/326-th-th/teach/survey/219-data [2563, ตุลาคม 19].

พัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน, กรม. (ม.ป.ป.). **คู่มือการพัฒนาและการลงทุน ผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 2 พลังงานแสงอาทิตย์** [Online]. Available : https://www.dede.go.th/article_attach/h_solar.pdf [2564, สิงหาคม 4].

พีรนาฏ คิดดี และสุทธิพร บุญมาก. (2559). การขับเคลื่อนและอุปสรรคของการจัดการขยะอิเล็กทรอนิกส์ในประเทศไทย. **วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, 8**(8), 145-158.

มนัสนันท์ พิบาลวงค์. (2559). **การจัดการแผงโซล่าเซลล์ที่หมดอายุการใช้งาน กรณีศึกษาจังหวัดอุบลราชธานี.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์.

วรรณโชค ไชยสะอาด. (2559). **ยลโฉมหลังคา “โซลาร์รูฟ” ธรรมศาสตร์ เพิ่มพลังงานสะอาด40%**. [Online]. Available : https://www.posttoday.com/politic/report/465917 [2563, กันยายน 25].

สมาคมพลังงานทดแทนสู่ชุมชนแห่งประเทศไทย. (2559). **พลังงานแสงอาทิตย์.** [Online]. Available : http://www.reca.or.th/library-solar-energy.aspx [2563, ธันวาคม 9].

ส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.), สำนักงานคณะกรรมการ. (2020). **โซล่าร์เซลล์ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าฮิตติดเทรนด์.** [Online]. Available : https://researchcafe.org/solar-panel/ [2564, สิงหาคม 5].

สุธิดา ภูกองชนะ. (2560). **การศึกษาความตระหนักและแนวปฏิบัติในการเก็บรวบรวมและการคืนซากแบตเตอรี่โทรศัพท์มือถือในประเทศไทย.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

Fthenakis, V.M. (2000). End-of-Life Management and Recycling of PV Modules. **Energy Policy, 28**(14), 1051-1058.

Cochran, W.G. (1953). **Sampling Techniques**. New YorK : John Wiley & Sons, Inc.

Yamane Taro. (1973). **Statistics : An Introductory Analysis**. (3 th ed.). New York : Harper and Row Publication.