

บทที่ 5

สรุปผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

จากผลการศึกษาในบทที่ 4 ได้ทำการศึกษาศักยภาพของขยะเทศบาลในพื้นที่การดูแลของเทศบาลในจังหวัดลำปางและความเป็นไปได้ในการนำขยะมาผลิตเป็นไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน 5 เทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีเตาเผาขยะ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง และเทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เพื่อเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงาน ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล เพื่อเสนอแนะทางเลือกเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่มีความเหมาะสมกับบริบทของพื้นที่เทศบาลนั้น โดยสามารถสรุปและวิจารณ์ผลได้ดังนี้

5.1 การศึกษาศักยภาพและความเป็นไปได้ในการนำขยะมาผลิตไฟฟ้า

จากการคาดการณ์จำนวนประชากรในปี พ.ศ.2556 จนถึงปี พ.ศ.2576 พบว่า จำนวนประชากรเขตเทศบาลในกลุ่มพื้นที่ 1 และกลุ่มพื้นที่ 2 ของจังหวัดลำปางมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย ส่งผลให้ปริมาณขยะในอนาคต ปี พ.ศ.2556 จนถึงปี พ.ศ.2576 เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเช่นกัน โดยศักยภาพของขยะเทศบาลที่จะสามารถนำมาผลิตไฟฟ้าได้ของพื้นที่กลุ่ม 1 และ กลุ่ม 2 ของจังหวัดลำปาง มีปริมาณขยะรวมที่คาดการณ์ไว้ว่าจะเกิดสูงสุดในปี 2576 ที่ 174.86 ตันต่อวัน และ 199.08 ตันต่อวัน ซึ่งปริมาณดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการกำหนดขนาดของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานแต่ละระบบ โดยขยะในพื้นที่เทศบาลกลุ่ม 1 ปริมาณ 175 ตันต่อวัน เมื่อนำมาผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเตาเผา จะมีขนาดเท่ากับ 3.1 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 27,288,812 kWhต่อปี เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.16 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,404,531 kWhต่อปี เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.31 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 2,705,186 kWhต่อปี เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชนมีขนาดของระบบ เท่ากับ 7.8 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 68,053,490 kWhต่อปี และเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 5.2 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 45,368,993 kWh ต่อปี และเมื่อนำขยะในพื้นที่กลุ่ม 2 ปริมาณ 199 ตันต่อวัน มา

ผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเตาเผา จะมีขนาด เท่ากับ 3.5 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 31,031,286 kWh ต่อปี เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.18 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 1,597,153 kWh ต่อปี เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากระบบฝังกลบ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 0.35 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 3,076,183 kWh ต่อปี เทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน มีขนาดของระบบ เท่ากับ 8.8 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 77,386,540 kWh ต่อปี และเทคโนโลยีขยะเชื้อเพลิงอัดแท่งร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดัน สารอินทรีย์ มีขนาดของระบบ เท่ากับ 5.9 MW สามารถผลิตไฟฟ้าได้ 51,591,026 kWh ต่อปี

5.2 การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล

การวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต โดยพิจารณาครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการ เก็บรวบรวมขยะ กระบวนการคัดแยก และกระบวนการผลิตไฟฟ้า โดยแสดงผลการศึกษาการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกในแต่ละขั้นตอนตลอดวัฏจักรชีวิตในการผลิตไฟฟ้าจากขยะ 1 kWh

จากการรวบรวมวัตถุดิบและมลพิษที่เกิดขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล พบว่า การนำขยะ ผลิตไฟฟ้าด้วยเทคโนโลยีเตาเผาขยะ เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิงและ เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ ล้วนแต่มีการปล่อยก๊าซ เรือนกระจกมากในขั้นตอนของการผลิตไฟฟ้า ส่วนเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากในขั้นตอนของ การได้มาซึ่งวัตถุดิบ โดยเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูงสุด คือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ เท่ากับ $0.64 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ผลกระทบหลักจะมาจากการเผาไหม้ RDF-5 รองลงมา คือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ $0.45 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ผลกระทบหลักจะมาจากการเผา ไหม้ RDF-5 เช่นเดียวกับเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันสารอินทรีย์ ส่วนเทคโนโลยีเตาเผา เท่ากับ $0.23 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ผลกระทบส่วนใหญ่จะมาจากขั้นตอนของการผลิต เนื่องจากมีการเผาไหม้ขยะและการใช้เชื้อเพลิง เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ มีปริมาณ การปล่อยก๊าซเรือนกระจก เท่ากับ $0.22 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ ผลกระทบหลักมาจากการเผาไหม้น้ำมันดีเซลที่ใช้ใน การฝังกลบ และเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีผลกระทบน้อยที่สุด เท่ากับ $0.03 \text{ kgCO}_2\text{-eq/kWh}$ โดยผลกระทบหลักมาจากการใช้ไฟฟ้าในการคัดแยกขยะในขั้นตอนของการได้มาซึ่ง วัตถุดิบ

เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของการจัดการขยะที่มีในปัจจุบัน คือ การฝังกลบ (Landfill) และการเทกอง (Open dump) ซึ่งจะเปรียบเทียบในหน่วยของตันขยะ พบว่า การนำขยะ 1 ตัน ไปฝังกลบมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากที่สุด เท่ากับ $1.02 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ รองลงมาเป็น การเทกอง มีค่าเท่ากับ $0.68 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ เนื่องจากทั้ง 2 วิธีนี้มีปริมาณการปล่อยก๊าซมีเทนออกสู่บรรยากาศมาก จึงทำให้มีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสูง แต่เมื่อนำก๊าซชีวภาพที่เกิดจากการฝังกลบมาผลิตไฟฟ้าทำให้ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงเนื่องจากการนำก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นมาใช้ประโยชน์ ซึ่งมีค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเหลือเพียง $0.009 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ ส่วนการนำขยะไปผลิตไฟด้วยเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ มีค่าเท่ากับ $0.006 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง มีค่าเท่ากับ $0.30 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าเท่ากับ $0.21 \text{ kgCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ และเทคโนโลยีเตาเผา มีค่าเท่ากับ $0.08 \text{ tonCO}_2\text{-eq/ton MSW}$ ซึ่งจะเห็นว่าสามารถลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากการจัดการขยะด้วยวิธีปัจจุบันได้ทุกเทคโนโลยี

5.3 การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล

จากการรวบรวมข้อมูลสารวัตถุดิบ พลังงาน และมลสารที่ออกมาจากการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล พบว่า ในด้านการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต เทคโนโลยีที่มีการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตมากที่สุด คือ เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ เท่ากับ 3.55 MJ/kWh ซึ่งมาจากการใช้พลังงานในขั้นตอนของการเก็บรวบรวมและคัดแยกขยะส่วนในขั้นตอนของการผลิตนั้น มาจากการใช้น้ำมันดีเซลในการฝังกลบขยะ รองลงมา คือ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน 1.44 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ 1.09 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ 0.92 MJ/kWh และต่ำสุดคือ เทคโนโลยีเตาเผา เท่ากับ 0.52 MJ/kWh เมื่อนำผลการวิเคราะห์พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิตมาหาค่าพลังงานสุทธิ พบว่า เทคโนโลยีเตาเผา มีค่าพลังงานสุทธิ มีค่าพลังงานสุทธิสูงสุด เท่ากับ 3.07 MJ/kWh รองลงมาคือ เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงขยะ มีค่าพลังงานสุทธิ เท่ากับ 2.68 MJ/kWh เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 2.50 MJ/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เท่ากับ 2.15 MJ/kWh และเทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ มีค่าพลังงานสุทธิน้อยที่สุด เท่ากับ 0.55 MJ/kWh

เมื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างปริมาณการใช้พลังงานของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลกับการจัดการขยะที่มีในปัจจุบัน คือ การฝังกลบ (Landfill) และการเทกอง (Open dump) นั้น พบว่า การนำขยะ 1 ตัน จัดการด้วยวิธีการฝังกลบ มีค่าการใช้พลังงาน เท่ากับ 108 MJ/ton MSW การเทกอง มีค่าการ

ใช้พลังงานน้อยที่สุด เท่ากับ 99 MJ/ton MSW ซึ่งมาจากการใช้น้ำมันดีเซลในการขนส่งและฝังกลบเท่านั้น แต่เมื่อนำขยะมาผลิตไฟฟ้า พบว่า เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าการใช้พลังงานเท่ากับ 318 MJ/ton MSW ส่วนเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบ เท่ากับ 150 MJ/ton MSW เทคโนโลยีเตาเผา เท่ากับ 181 MJ/ton ส่วนเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 606 MJ/ton MSW และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีก๊าซเชื้อเพลิง เท่ากับ 609 MJ/ton MSW เนื่องจากต้องผ่านหลายกระบวนการก่อนที่จะนำขยะมาผลิตไฟฟ้า จึงทำให้มีค่าการใช้พลังงานสูงกว่าเทคโนโลยีอื่นๆ

5.4 ต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล

จากการประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกิดขึ้นในการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล ทั้งในด้านของเงินลงทุนเริ่มต้น ค่าดำเนินการและบำรุงรักษา มูลค่าซาก พบว่า คือ เทคโนโลยีเตาเผาเป็นเทคโนโลยีที่มีต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตมากที่สุด เท่ากับ 5.90 บาท/kWh รองลงมา เทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ เท่ากับ 4.59 บาท/kWh เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เท่ากับ 4.56 บาท/kWh และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ เท่ากับ 2.88 บาท/kWh ในขณะที่เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบมีต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตต่ำที่สุด เท่ากับ 0.76 บาท/kWh

5.5 การเสนอแนวทางเลือกเทคโนโลยี

การสรุปผลการพิจารณาเพื่อตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสม มีการกำหนดน้ำหนักความสำคัญของประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องจากการสำรวจความคิดเห็นของนักวิชาการ ว่าในการศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล ควรพิจารณาประเด็นหลักในด้านเทคโนโลยีและความเหมาะสมด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และด้านสังคม จากผลการพิจารณาน้ำหนักของประเด็นหลักที่กำหนด พบว่า เทคโนโลยีที่มีคะแนนรวมสูงที่สุด คือ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน รองลงมา ได้แก่ เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง เทคโนโลยีเตาเผาขยะ เทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากหลุมฝังกลบ และเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ ตามลำดับ

5.6 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

ในการประเมินทั้งในส่วนของศักยภาพในการผลิตพลังงาน การใช้พลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม รวมไปถึงต้นทุนการผลิตไฟฟ้าในงานวิจัยนี้ได้ใช้ข้อมูลอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลภายนอก ซึ่งในการดำเนินงานจริง ข้อมูลต่างๆ อาจมีค่าที่ไม่ตรงตามค่าที่ได้ประมาณการไว้ ดังนั้นจึงควรมีการเพิ่มในส่วนของการเก็บข้อมูลจริงหรือศึกษาการวิเคราะห์ความอ่อนไหว เพื่อทดสอบว่าตัวแปรต่างๆที่

นำมาใช้มีการเปลี่ยนแปลงมาน้อยเพียงใด โดยผู้วิจัยมีแนวทางในการปรับปรุงงานวิจัยเพื่อให้ผลงานวิจัยที่ออกมามีความสมบูรณ์มากขึ้นดังนี้

- 5.6.1 บัญชีรายการของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะควรมีการเก็บข้อมูลจริงเพื่อให้เป็นฐานข้อมูลบัญชีรายการเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะของประเทศไทย
- 5.6.2 ในอนาคตอาจทำการศึกษาเพิ่มเติมในส่วนของการพัฒนาฐานข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์พลังงานของประเทศไทยด้วยเทคนิคการตรวจวัดจริง เพื่อนำมาคำนวณหาค่าจริงของประเทศไทย ซึ่งจะทำให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องและใกล้เคียงความเป็นจริง
- 5.6.3 ทำการพัฒนาฐานข้อมูลต้นทุนโรงไฟฟ้าของประเทศไทยเพื่อสร้างฐานข้อมูลการลงทุนในการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่มีอยู่จริงในประเทศไทย
- 5.6.4 สามารถนำรูปแบบการประเมินของงานวิจัยนี้ไปเป็นแนวทางในการพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับโรงไฟฟ้าต่างๆ และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ด้านการวางแผนการผลิตของโรงไฟฟ้าตลอดวัฏจักรชีวิต



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved