

บทที่ 1

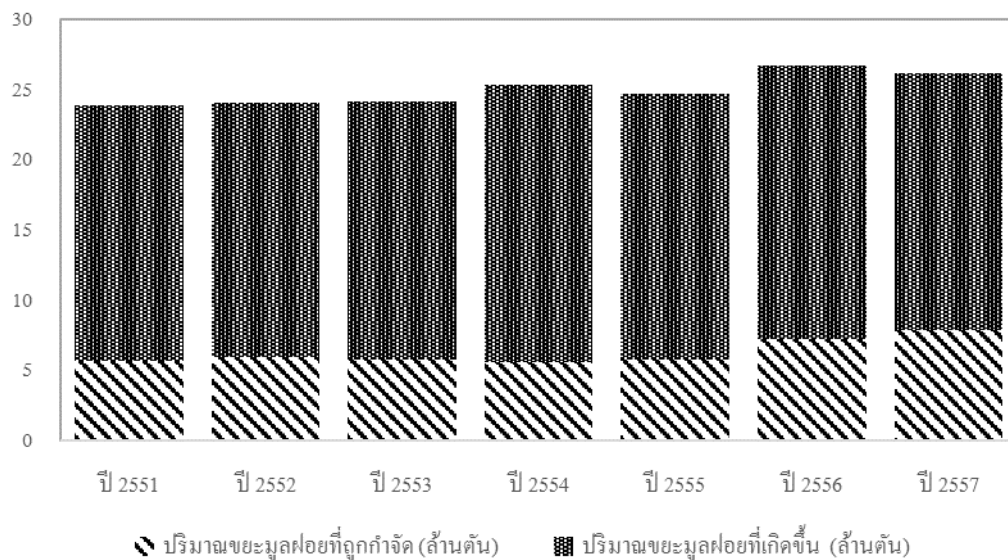
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ในปัจจุบันปริมาณขยะสะสมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจนเกิดเป็นวิกฤตปัญหาขยะ ส่งผลให้ประเทศไทยจำเป็นต้องเร่งดำเนินการแก้ไข โดยภาครัฐได้มีมาตรการและนโยบายสนับสนุนให้นำขยะมาแปรสภาพเป็นพลังงานเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งจากข้อมูลสถิติการใช้พลังงานภายในประเทศคาดว่า ในปี พ.ศ. 2573 จะมีความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงถึง 346.767×10^9 กิโลวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 4.13 ต่อปี จากปีปัจจุบัน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2555) โดยแหล่งเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทยยังคงอาศัยเชื้อเพลิงฟอสซิลเป็นหลัก และมีการนำเข้าจากต่างประเทศ อีกทั้งยังมีแนวโน้มว่าในอนาคตอาจเกิดการขาดแคลน ดังนั้นการนำขยะมาแปรสภาพเป็นพลังงานในการผลิตไฟฟ้า นอกจากจะช่วยลดการนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศแล้ว ยังเป็นการแก้ไขปัญหาขยะล้นเมืองได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

จากการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศของกรมควบคุมมลพิษดังภาพที่ 1.1 พบว่า ปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี ในปี พ.ศ. 2556 มีปริมาณขยะมูลฝอยเกิดขึ้น 27 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากปี พ.ศ. 2555 ถึง 2 ล้านตัน ร้อยละ 45 มาจากเขตเทศบาล ร้อยละ 34 มาจากนอกเขตเทศบาล และร้อยละ 21 มาจากกรุงเทพมหานคร ซึ่งขยะที่เกิดขึ้นจะถูกนำไปฝังกลบแบบถูกสุขาภิบาล ร้อยละ 34 ที่เหลืออีกร้อยละ 65 เป็นขยะที่ถูกนำไปฝังกลบแบบไม่ถูกสุขาภิบาล และเพียงร้อยละ 1 จะถูกนำไปผลิตพลังงาน จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นได้ว่าขยะส่วนใหญ่ดำเนินการจัดการโดยเทศบาล และยังคงใช้วิธีการฝังกลบเป็นหลัก ซึ่งการฝังกลบนี้นอกจากจะทำให้เกิดปัญหาในเรื่องของการจัดการพื้นที่แล้ว หากมีการจัดการที่ไม่ดีพอจะทำให้เกิดผลกระทบตามมามากมาย โดยเฉพาะก๊าซเรือนกระจก เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซมีเทน (CH_4) ที่เป็นก๊าซสำคัญที่ก่อให้เกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ส่งผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของมนุษย์และสิ่งมีชีวิตมากมาย ประกอบกับนโยบายของกระทรวงพลังงานที่ต้องการพัฒนาพลังงานทดแทนให้เป็นแหล่งพลังงานหลักของประเทศ ด้วยการจัดทำแผนพัฒนาพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือก พ.ศ. 2558-2579 ขึ้น โดยในกลุ่มของพลังงานจากขยะนั้นมีเป้าหมายในการขับเคลื่อนการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ในปี 2579 เป็น 500 เมกะวัตต์ เพื่อลดผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการ

จัดการขยะที่ไม่เหมาะสมและสร้างความมั่นคงทางด้านพลังงาน แต่ปัจจุบันมีกำลังการผลิตรวมเพียง 65.72 เมกะวัตต์ เท่านั้น



ภาพที่ 1.1 ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2557
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2558)

หากประเทศไทยต้องการผลิตไฟฟ้าให้ได้ตามแผนพัฒนาพลังงานทดแทนที่กำหนดไว้ จำเป็นต้องเร่งหาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะที่เหมาะสมนอกเหนือจากการนำขยะไปฝังกลบเท่านั้น ซึ่งปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะมีความก้าวหน้าอย่างมาก เช่น การพัฒนาและปรับปรุงระบบฝังกลบเพื่อนำก๊าซมีเทนที่เกิดจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) ในหลุมฝังกลบขยะมาผลิตเป็นไฟฟ้า ซึ่งถือว่าเป็นการทดแทนพลังงานเชื้อเพลิงและสามารถลดภาวะโลกร้อนได้อีกด้วย เนื่องจากก๊าซมีเทนจัดเป็นก๊าซเรือนกระจกชนิดหนึ่ง ที่เป็นสาเหตุของสภาวะโลกร้อน หรือจะเป็นการนำความร้อนทิ้งจากการเผาไหม้ขยะกลับมาใช้ใหม่ (Waste Heat Recovery) อย่างเทคโนโลยีเตาเผา หรือการปรับปรุงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของขยะมูลฝอยให้มีความสม่ำเสมอกลายเป็นขยะเชื้อเพลิง (Refuse Derived Fuel) ก่อนที่จะนำไปเป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้เพื่อให้พลังงานความร้อนต่อไป ซึ่งสามารถช่วยลดปัญหาความไม่แน่นอนขององค์ประกอบต่างๆ ทำให้ขยะมีความชื้นลดลง เพิ่มค่าความร้อนที่ได้เมื่อเผาไหม้ และยังทำให้ง่ายต่อการจัดเก็บ การขนส่ง และการจัดการต่างๆ นอกจากนี้ยังมีเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น การทำให้ขยะปลอดเชื้อโดยใช้ไอน้ำความดันสูง (Steam Autoclave) เป็นต้น แม้ว่าจะมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะอย่างต่อเนื่องก็ตาม แต่การนำเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ประโยชน์ยังคงมีปัจจัยและข้อจำกัดในด้านต่างๆ เกิดขึ้น ทั้งในเรื่องของ ปริมาณ ชนิด และองค์ประกอบของ

ขยะที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีแต่ละประเภท เงินลงทุน การจัดหาสถานที่ตั้งโรงไฟฟ้า ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมจากการใช้เทคโนโลยี และการยอมรับจากประชาชนที่อยู่บริเวณโครงการ การที่จะตัดสินใจใช้เทคโนโลยีใดนั้นควรมีการคำนึงถึงผลได้ผลเสียที่จะเกิดขึ้นอย่างครอบคลุม ซึ่งการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมตลอดวัฏจักรชีวิต (Life Cycle Assessment) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีความเหมาะสมสำหรับนำมาพิจารณาเพื่อเป็นแนวทางการเลือกเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นกระบวนการที่มีการพิจารณาอย่างครอบคลุมทั้งเรื่องของทรัพยากร พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ไปพิจารณาถึงต้นทุนที่เกิดขึ้น ซึ่งมีบทบาทสำคัญต่อการตัดสินใจคัดเลือกเทคโนโลยีเป็นอย่างมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงได้นำหลักการการประเมินวัฏจักรชีวิตมาใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ เพื่อพัฒนาบัญชีรายการข้อมูลวัฏจักรชีวิตและประเมินผลกระทบที่เกิดขึ้นตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะ ครอบคลุมทั้งในด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุน ซึ่งจะพิจารณาดังแต่การเก็บรวบรวมขยะ การขนส่ง จนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมา โดยมุ่งเน้นไปที่การผลิตไฟฟ้าในระดับเทศบาลในจังหวัดลำปาง เพื่อนำผลการศึกษาไปสู่แนวทางเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาล และเป็นแนวทางในการผลักดันตามนโยบายเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนในอนาคตของประเทศได้อย่างเหมาะสมต่อไป

1.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จอมอัฐ สว่างวงศ์ (2553) ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการสร้างโรงไฟฟ้าพลังงานขยะในบริเวณพื้นที่เขตใต้ของจังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาจากปริมาณและองค์ประกอบของขยะ ด้วยการคำนวณปริมาณขยะจากความสัมพันธ์ของจำนวนประชากรในพื้นที่และอัตราการเกิดขยะ ส่วนองค์ประกอบขยะใช้องค์ประกอบขยะของเทศบาลนครเชียงใหม่เป็นตัวแทน จากนั้นจะทำการประเมินศักยภาพในการผลิตพลังงานระหว่าง 3 เทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีเตาเผา เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และเทคโนโลยีการฝังกลบ ผลการศึกษา พบว่า พื้นที่เขตใต้ของเชียงใหม่มีปริมาณขยะประมาณ 450 ตันต่อปี ซึ่งหากนำขยะที่คัดแยกมาเผาเพื่อผลิตเป็นความร้อนสำหรับระบบโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำ จะสามารถรองรับโรงไฟฟ้าพลังไอน้ำได้ที่ 7.5 เมกะวัตต์ แต่หากนำมาคัดแยกผ่านกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนหรือฝังกลบเพื่อผลิตก๊าซมีเทนสำหรับนำไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์ที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้า ปริมาณก๊าซมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนจะเพียงพอสำหรับโรงไฟฟ้าที่กำลังผลิต 2.4 เมกะวัตต์ และปริมาณก๊าซมีเทนจากหลุมฝังกลบจะสามารถรองรับโรงไฟฟ้าที่มีกำลังผลิตเพียง 0.8 เมกะวัตต์ เมื่อพิจารณาถึงต้นทุนการผลิตพบว่า ต้นทุนของเทคโนโลยีการฝังกลบมีต้นทุนต่ำที่สุด อยู่ที่ 0.34 บาท/กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ในขณะที่ต้นทุนของเทคโนโลยีเตาเผาและเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน มีค่าสูงถึง 6.53 บาท/

กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง และ 5.15 บาท/กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในด้านของผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม โดยอาศัยเทคนิคการประเมินวัฏจักรชีวิต พบว่า ผลกระทบที่เกิดจากระบบโรงไฟฟ้าที่อาศัยเทคโนโลยีเตาเผามีค่าสูงสุด ถึง 0.00056 Pt รองลงมาคือระบบที่อาศัยเทคโนโลยีหลุมฝังกลบ มีค่า 0.000378 Pt ส่วนการผลิตไฟฟ้าจากระบบเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนมีผลกระทบน้อยที่สุด มีค่า 0.000322 Pt

ทงนเกียรติ และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับอำเภอของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อหาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าที่เหมาะสมทั้งในด้านเทคนิค ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และสังคม โดยเทคโนโลยีที่ทำการศึกษา ได้แก่ เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน เทคโนโลยีเตาเผาขยะ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะ และเทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ โดยการวิเคราะห์ทางด้านเทคนิคจะพิจารณารูปแบบหลักการทำงานปริมาณชนิดและองค์ประกอบของขยะที่เหมาะสมกับเทคโนโลยีต่างๆ และเงินลงทุนเพื่อนำมาพิจารณาเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุด สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่

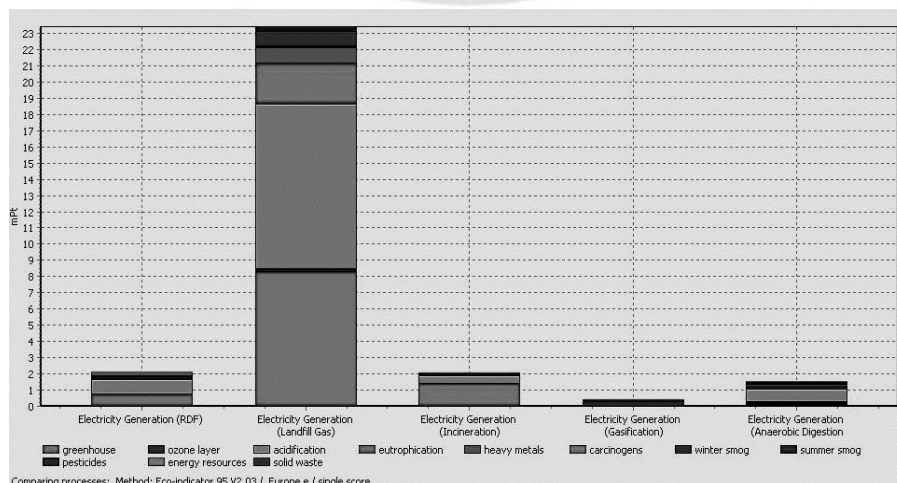
ประเด็นที่พิจารณา	เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน				
	เตาเผาขยะ	การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ	เชื้อเพลิงอัดแท่ง	ก๊าซเชื้อเพลิงขยะชุมชน
จังหวัดเชียงใหม่					
ปริมาณขยะรวมที่เข้าสู่ระบบ (ตัน/วัน)	1,235	1,235	1,235	1,235	1,235
ขนาดของโรงไฟฟ้า (MW)	20.00	10.00	1.35	38.00	17.61
เงินลงทุนเริ่มต้น (ล้านบาท)	1,800	2,400	3,629	4,000	1,707
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและบำรุงรักษา (ล้านบาท/ปี)	90	120	181.45	20	85.35
รายรับจากค่าธรรมเนียมในการกำจัดขยะ (ล้านบาท/ปี)	135.23	135.23	135.23	135.23	135.23
ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้ (kWh/ปี)	158,400,000	79,200,000	7,920,000	300,960,000	154,234,765

ตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์ของจังหวัดเชียงใหม่ (ต่อ)

ประเด็นที่พิจารณา	เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชน				
	เตาเผาขยะ	การย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน	การผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบ	เชื้อเพลิงอัดแท่ง	ก๊าซเชื้อเพลิงขยะชุมชน
ผลการพิจารณา					
ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	5.55	11.70	ERROR	5.28	4.43
ระยะเวลาคือทุนคิดลด (ปี)	10.5	ERROR	ERROR	9.43	5.99
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (ล้านบาท)	471.75	-854.92	-2747.02	1176.61	1048.21
อัตราผลตอบแทนภายใน (%)	16.18	5.58	-3.82	19.20	16.51
การจัดลำดับความเหมาะสมของโครงการ	ปานกลาง	ไม่ควรลงทุน	ไม่ควรลงทุน	มากที่สุด	มาก

จากตารางที่ 1.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบเทคโนโลยี พบว่า เทคโนโลยีเชื้อเพลิงขยะอัดแท่ง หรือ RDF เป็นเทคโนโลยีที่ให้ค่าตามเกณฑ์ที่พิจารณาที่ดีที่สุด รองลงมา คือ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะชุมชน และเทคโนโลยีเตาเผา ตามลำดับ

จากนั้นทำการวิเคราะห์ด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วยวิธีการประเมินวัฏจักรชีวิต ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป SimaPro Version 7.1 โดยมีขอบเขตการศึกษา ตั้งแต่การขนส่งขยะจนถึงกระบวนการในการผลิตพลังงานจากขยะ ผลการศึกษา พบว่า พบว่าปัญหาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะ ปัญหาหลักๆ ได้แก่ การเกิดฝนกรดและการเกิดก๊าซเรือนกระจก แสดงดังภาพที่ 1.2



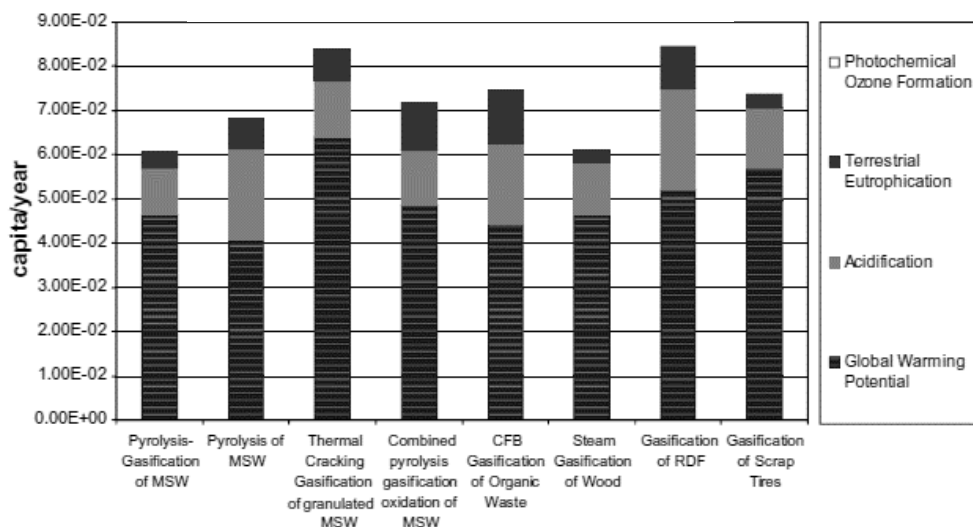
ภาพที่ 1.2 ผลการเปรียบเทียบค่าผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีผลิตพลังงานจากขยะ
ที่มา: ทนงเกียรติ และคณะ (2552)

จากนั้นนำผลที่ได้มาให้น้ำหนัก โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการสำรวจความคิดเห็นของประชาชนในพื้นที่เป้าหมาย ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ในหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีการให้น้ำหนักคะแนนเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมกับการจัดการขยะในการผลิตไฟฟ้าในระดับอำเภอของพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ คือ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากขยะ

ทศวรรณ ใจเที่ยง (2555) ได้ศึกษาศักยภาพและความเป็นไปในการนำขยะมาผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 โดยการเปรียบเทียบแนวทางการจัดการขยะแบบต่าง ๆ เพื่อหาแนวทางการจัดการขยะที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากปัจจัย 4 ด้านด้วยกัน ได้แก่ ความสามารถในการขยะมาผลิตเป็นพลังงานและวัสดุทดแทน ความสามารถในการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ และการยอมรับของชุมชน พบว่า ปริมาณของขยะสามารถนำไปผลิตเป็นเชื้อเพลิงขยะ RDF-5 ได้ ซึ่งได้แก่ พลาสติก กระดาษ และไม้ มีปริมาณ 307.31 ตันต่อปี และเมื่อนำไปผลิต RDF-5 มีสัดส่วน พลาสติก: กระดาษ: ไม้: ตัวประสาน (แยมัน) เท่ากับ 4:3:1:1 โดยมวล โดยเชื้อเพลิง RDF-5 ที่ผลิตได้จะมีค่าความร้อน เท่ากับ 28,989 กิโลจูลต่อกิโลกรัม และเมื่อพิจารณาถึงปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิตของขยะที่ถูกนำไปจัดการ โดยวิธีการเดิมและจัดการโดยการคัดแยกขยะบางส่วนมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง RDF-5 ก่อนที่จะนำขยะส่วนที่เหลือไปฝังกลบด้วยวิธีการเดิม พบว่าการจัดการขยะที่มีการผลิตเชื้อเพลิง RDF-5 สามารถช่วยลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ 157.837 กิโลกรัมคาร์บอนไดออกไซด์เทียบเท่าต่อตันขยะ นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการขยะด้วยวิธีนี้ยังคุ้มค่าในการลงทุน โดยมีมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) อยู่ที่ 20,000 บาท อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Internal Rate of Return: IRR) อยู่ที่ร้อยละ 12.85 และระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 3.7 ปี

Hsien H. Khoo (2009) ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมของเทคโนโลยีในการนำขยะมาใช้ประโยชน์ในระบบ Pyrolysis และ Gasification ของประเทศสิงคโปร์ แบ่งเป็น 8 เทคโนโลยี ได้แก่ Pyrolysis-gasification of MSW, Pyrolysis of MSW, Thermal cracking gasification of granulated MSW, Combined pyrolysis gasification and oxidation of MSW, CFB gasification of organic waste, Steam gasification of shredded wood, Gasification of RDF, Gasification of shredded tyres โดยผลกระทบที่ทำการพิจารณา ได้แก่ ผลกระทบภาวะโลกร้อน (Global warming potential), ผลกระทบจากฝนกรด (Acidification potential), ผลกระทบมลภาวะทางน้ำ (Terrestrial eutrophication) และผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศ (Ozone photochemical) พบว่า เทคโนโลยี Thermal cracking gasification of granulated MSW เป็นเทคโนโลยีที่เกิดผลกระทบภาวะโลกร้อนมากที่สุด ส่วนเทคโนโลยีที่เกิดผลกระทบจากฝน

กรดมากที่สุด คือ Gasification of RDF และ CFB gasification of organic เป็นเทคโนโลยีที่เกิดผลกระทบมลภาวะทางน้ำและผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศมากที่สุด แสดงดังภาพที่ 1.3

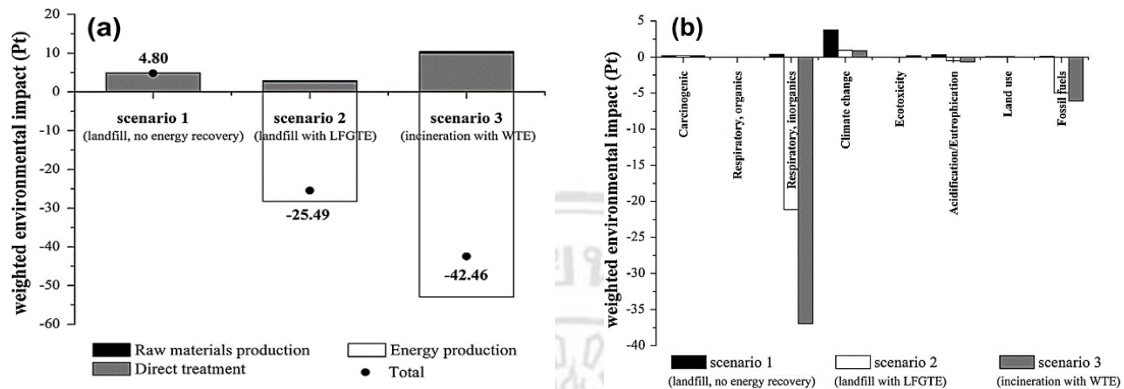


ภาพที่ 1.3 ผลการวิเคราะห์ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
ที่มา: Hsien H.Khoo (2009)

จากภาพที่ 1.3 เมื่อพิจารณาการทำ Normalization และการให้น้ำหนักของ ผลกระทบสิ่งแวดล้อม พบว่า เทคโนโลยี Thermal cracking gasification of granulated MSW และ Gasification of RDF ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนเทคโนโลยี Steam gasification of wood และ Pyrolysis-gasification of MSW ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด จะเห็นว่าเทคโนโลยี Pyrolysis และ Gasification เมื่อนำมาใช้งานย่อมส่งผลกระทบต่อสภาวะสิ่งแวดล้อมต่างๆ กันไป โดยเทคโนโลยี Gasification อาจส่งผลกระทบมากกว่า Pyrolysis เนื่องจาก Gasification เป็นการเผา ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในหลายๆ ด้าน

Jun Dong et al. (2014) ทำการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์ด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และต้นทุนของการจัดการขยะ โดยใช้หลักการประเมินวัฏจักรชีวิต ในการวิเคราะห์พลังงาน และสิ่งแวดล้อมใช้การประเมินต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต และคัดเลือกระบบการจัดการขยะที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้หลักการบูรณาการกระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับชั้น (Analytic Hierarchy Process: AHP) และการตัดสินใจโดยเรียงความสำคัญจากหลายปัจจัย (Technique for Order Preference by Similarity to an Ideal Solution: TOPSIS) โดยงานวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบการจัดการขยะในเมืองหางโจว ประเทศจีน ได้แก่ การฝังกลบ การผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ และการผลิตพลังงานจากเตาเผา ผลการศึกษา พบว่า เนื่องจากการฝังกลบเป็นการปล่อยก๊าซทิ้งโดยไม่มีการนำมาใช้ประโยชน์ ส่งผลให้มีการใช้พลังงานและมี

ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากกว่าการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบและการผลิตพลังงานจากเตาเผา ซึ่งผลกระทบหลักที่เกิดขึ้น คือ ผลกระทบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ ซึ่งมีสาเหตุมาจากก๊าซเรือนกระจก แสดงดังภาพที่ 1.4

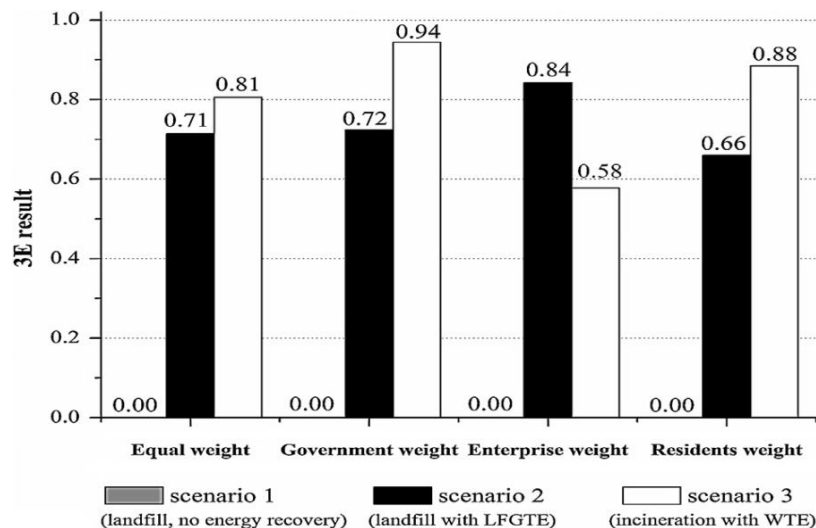


ภาพที่ 1.4 ผลการวิเคราะห์ทางสิ่งแวดล้อมด้วยวิธี Eco-indicator 99

ที่มา: Jun Dong และคณะ (2014)

จากภาพที่ 1.4 (a) จะเห็นได้ว่า การฝังกลบ มีค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุด ส่วนการผลิตพลังงานจากเตาเผา มีค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าทั้งการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบและการผลิตพลังงานจากเตาเผา มีค่าผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมติดลบ เนื่องจากการนำพลังงานกลับมาใช้ประโยชน์ จากภาพที่ 1.4 (b) จะเห็นได้ว่า การฝังกลบ การผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ และการผลิตพลังงานจากเตาเผา มีผลกระทบมากที่สุดในกลุ่มของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ เนื่องจากการฝังกลบนั้นมีการปล่อยก๊าซมีเทน ส่วนการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบเกิดการเผาไหม้ก๊าซชีวภาพที่มีเทนเป็นองค์ประกอบหลัก และการผลิตพลังงานจากเตาเผาเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้น ซึ่งล้วนแต่เป็นก๊าซเรือนกระจกหลักที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

เมื่อนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ตามแบบจำลอง พบว่า การคัดเลือกระบบการจัดการขยะที่เหมาะสมสำหรับเมืองหางโจว ประเทศจีนนั้นให้น้ำหนักความสำคัญจากกลุ่มผู้บริหารและผู้ที่อยู่ในพื้นที่ ให้น้ำหนักความสำคัญของการผลิตพลังงานจากเตาเผามากที่สุด รองลงมาคือการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบ และไม่มีการให้น้ำหนักความสำคัญกับการฝังกลบ ส่วนนักธุรกิจให้น้ำหนักความสำคัญแก่เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากหลุมฝังกลบมากกว่าของการผลิตพลังงานจากเตาเผา และไม่มีการให้น้ำหนักความสำคัญกับการฝังกลบ แสดงดังภาพที่ 1.5



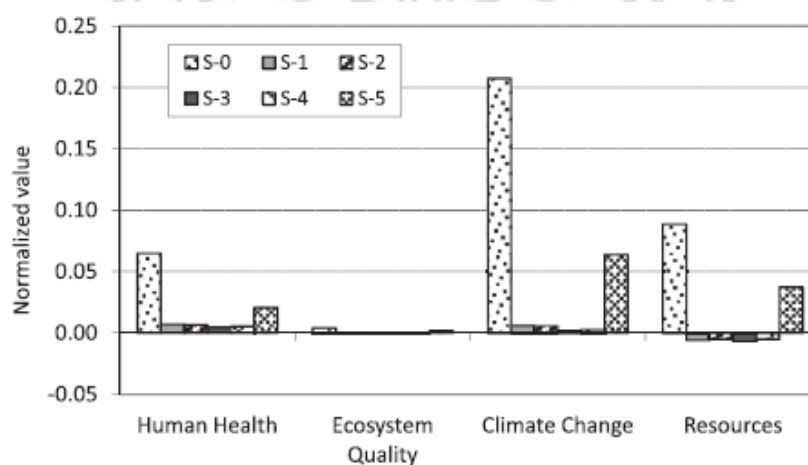
ภาพที่ 1.5 ผลการวิเคราะห์แบบจำลองด้านพลังงาน สิ่งแวดล้อม และต้นทุน
ที่มา: Jun Dong และคณะ (2014)

จากภาพที่ 1.5 พบว่า การผลิตพลังงานจากขยะโดยการเผาเป็นเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการจัดการขยะในเมืองหางโจวมากกว่าเทคโนโลยีการฝังกลบและการผลิต พลังงานจากการฝังกลบ ทั้งในด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุน

Marcelo and Krutwagen (2012) ทำการประเมินผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของการจัดการขยะเทศบาลในเมืองอะโซร์ส ประเทศโปรตุเกส ด้วยการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิต โดยใช้วิธี ReCiPe เพื่อหาวิธีการจัดการขยะก่อนนำเข้าเตาเผาที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยเปรียบเทียบการจัดการขยะที่มีในปัจจุบัน คือ มีจัดการขยะด้วยการคัดแยกก่อนเข้าสู่เตาเผา และไม่มี การคัดแยกขยะก่อนเข้าสู่เตาเผา โดยมีขอบเขตการประเมินตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะ การขนส่ง การ คัดแยก การผลิตพลังงานไปจนถึงการกำจัดขั้นสุดท้าย พบว่า การแยกขยะก่อนเข้าสู่เตาเผาส่งผลให้ สามารถลดผลกระทบลงได้ โดยเทคโนโลยีเตาเผาแบบมีการคัดแยกขยะมีผลกระทบน้อยกว่าการเผา แบบไม่มีการคัดแยกขยะ

Nava et al. (2014) ทำการศึกษาการประเมินวัฏจักรชีวิตของการจัดการขยะในเมืองอัสตูเรียส ประเทศสเปน เพื่อศึกษาวิธีการจัดการขยะที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยใช้การประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตด้วยวิธี IMPACT 2002+ ซึ่งแบ่งผลกระทบออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ผลกระทบต่อ สุขภาพของมนุษย์ คุณภาพของระบบนิเวศภาวะโลกร้อน และการสูญเสียทรัพยากร โดยมีขอบเขตการ ประเมินตั้งแต่การเก็บรวบรวม การขนส่ง และกระบวนการผลิตพลังงานจากขยะของแต่ละเทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบขยะชุมชน (SO) ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ในปัจจุบัน

ของอัสตุเรียส เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนโดยใช้เตาเผา (S1) เทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะชุมชนโดยใช้เตาเผาพร้อมกับเทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน(S2) การเผาพร้อมการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และมีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ (S3) การเผาโดยตรงพร้อมกับการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และไม่มี การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ โดยขยะจะถูกส่งไปยังการฝังกลบมากกว่าการเผา (S4) และการเผาพร้อมกับการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน และไม่มี การนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ โดยขยะจะถูกส่งไปยังการเผามากกว่าการฝังกลบ (S5) พบว่า การจัดการของเสียในปัจจุบันที่เป็นอยู่มีผลกระทบมากที่สุดของทุกกลุ่มผลกระทบ และการเผาพร้อมกับการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจนและมีการนำพลังงานกลับมาใช้ใหม่ มีผลกระทบน้อยที่สุด แสดงดังภาพที่ 1.6



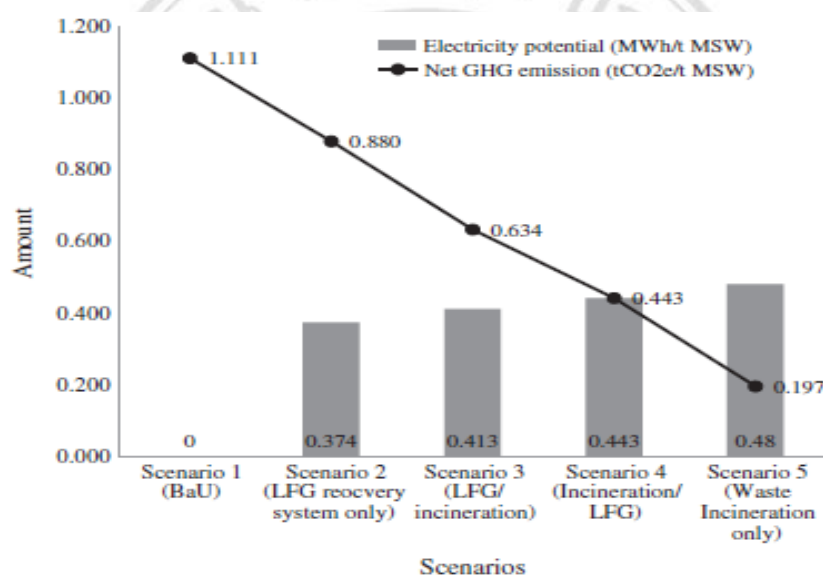
ภาพที่ 1.6 ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมของแต่ละ Scenario

ที่มา: Nava และคณะ (2014)

จากภาพที่ 1.6 พบว่า เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากการฝังกลบขยะชุมชน มีผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมมากที่สุดในทุกกลุ่มผลกระทบ โดยสูงสุดในกลุ่มของภาวะโลกร้อน รองลงมา คือ การสูญเสียทรัพยากร ผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์ และคุณภาพของระบบนิเวศ

Sie Ting Tan et al. (2014) ได้ทำการประเมินศักยภาพของเทคโนโลยีการผลิตพลังงานจากขยะมูลฝอยเทศบาลของประเทศไทย โดยมุ่งเน้นที่การใช้พลังงานและการลดปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของแต่ละเทคโนโลยี โดยทำการประเมินเทคโนโลยีปัจจุบันซึ่ง คือ การฝังกลบกับเทคโนโลยีเตาเผา และการนำก๊าซจากหลุมฝังกลบมาผลิตไฟฟ้า ด้วย Energy Potential Model แล้วนำผลที่ได้มาหาปริมาณการปล่อยคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วย Net Carbon Emission Model จากนั้นวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของเทคโนโลยี แบ่งเป็น 5 รูปแบบ ได้แก่ การจัดการขยะในปัจจุบันที่ไม่มีการนำขยะมาผลิตพลังงานการ

ผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ ร้อยละ 64 ร่วมกับเตาเผา ร้อยละ 36 การผลิตพลังงาน โดยใช้เตาเผาขยะ ร้อยละ 64 ร่วมกับการผลิตไฟฟ้าจากก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ ร้อยละ 36 และการผลิตไฟฟ้าจากเตาเผาเท่านั้นเพื่อหาเทคโนโลยีที่มีความเหมาะสมที่สุด พบว่า การจัดการขยะในปัจจุบันมีการปล่อย ก๊าซเรือนกระจกสุทธิสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับ 4 สถานการณ์ เนื่องจากไม่มีการนำขยะมาผลิตพลังงาน และเมื่อเปรียบเทียบเฉพาะเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะพบว่า การผลิตพลังงาน โดยใช้เตาเผาขยะร่วมกับการผลิตพลังงานโดยใช้ก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะมีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกสุทธิน้อยที่สุดและยังมีการผลิตพลังงานสูงสุด แสดงดังภาพที่ 1.7



ภาพที่ 1.7 การเปรียบเทียบศักยภาพพลังงานและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกแต่ละสถานการณ์

ที่มา: Sie Ting Tan และคณะ (2014)

จากการศึกษาค้นคว้างานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่า การประเมินการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลในรูปแบบของการประเมินวัฏจักรชีวิตเป็นการวิเคราะห์เพื่อใช้เปรียบเทียบได้เป็นอย่างดี ทำให้เราสามารถทราบถึงจุดสำคัญที่มีการใช้พลังงานมากที่สุดในกระบวนการได้ ผลกระทบที่เกิดจากการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงาน และต้นทุนที่ต้องใช้ตลอดอายุของโครงการ เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยยังมีอยู่ค่อนข้างจำกัด และยังไม่มีการศึกษาผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตที่เกี่ยวกับการนำขยะมาผลิตเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ชัดเจนและครอบคลุมทั้งในด้านของพลังงาน สิ่งแวดล้อม และต้นทุน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้มีการพัฒนาบัญชีรายการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลและทำการวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้า

จากขยะเทศบาล เพื่อพิจารณาถึงความเป็นไปได้ของเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับนำมาใช้กับเทศบาลในประเทศไทยได้ในอนาคต

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.3.1 เพื่อพัฒนาและวิเคราะห์ปัญหาชี้รายการตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลของแต่ละเทคโนโลยี
- 1.3.2 เพื่อหาแนวทางในการตัดสินใจเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาล โดยพิจารณา ด้านพลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.4.1 ได้บัญชีรายการเข้าและสารถาออกตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล
- 1.4.2 ทราบข้อมูลการใช้พลังงาน ผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล
- 1.4.3 เข้าใจถึงเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่เหมาะสมกับบริบทของเทศบาล
- 1.4.4 ได้แนวทางเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่มีความเหมาะสม เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์สำหรับประเทศไทยในอนาคต

1.5 ขอบเขตการศึกษาวิจัย

- 1.5.1 จัดทำบัญชีรายการของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลและประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล โดยพิจารณาตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะจนถึงการผลิตไฟฟ้าในหน่วย 1 kWh โดยมีขอบเขตศึกษาในพื้นที่การดูแลของเทศบาลในจังหวัดลำปาง
- 1.5.2 ทำการเปรียบเทียบการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลในพื้นที่จังหวัดลำปาง ด้วยเทคโนโลยีที่แตกต่างกัน 5 เทคโนโลยี ได้แก่ เทคโนโลยีเตาเผาขยะ (Incineration) เทคโนโลยีการย่อยสลายแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Digestion) เทคโนโลยีการผลิตก๊าซชีวภาพจากหลุมฝังกลบขยะ (Landfill Gas to Energy) เทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะ (Refuse Derived Fuel) ร่วมกับเทคโนโลยีผลิตก๊าซเชื้อเพลิง (Gasification) และเทคโนโลยีแท่งเชื้อเพลิงขยะร่วมกับเทคโนโลยีวัฏจักรแรงดันอินทรีย์ (Organic Rankine cycle)

1.5.3 การเก็บข้อมูลแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลปฐมภูมิและข้อมูลทุติยภูมิ

- 1) ข้อมูลปฐมภูมิ จะเป็นข้อมูลที่ทำการศึกษาในพื้นที่ที่ทำการศึกษาค้นคว้า เช่น ปริมาณขยะพลังงาน และเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเก็บขนขยะ รูปแบบในการจัดการ และระยะทางขนส่ง เป็นต้น
- 2) ข้อมูลทุติยภูมิ จะเป็นข้อมูลที่ได้จากแหล่งอ้างอิงที่เชื่อถือได้ เช่น กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงพลังงาน และงานวิจัยที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ เป็นต้น โดยข้อมูลทุติยภูมิที่ใช้ อ้างอิง ได้แก่ องค์ประกอบของขยะ การใช้พลังงานในกระบวนการผลิตไฟฟ้าจากขยะ และ มูลค่าของเทคโนโลยีการผลิตไฟฟ้าจากขยะ เป็นต้น

1.5.4 ทำการวิเคราะห์ผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพลังงาน ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านต้นทุน พิจารณาครอบคลุมตั้งแต่การเก็บรวบรวมขยะจนถึงการผลิตไฟฟ้าออกมา ซึ่งจะไม่พิจารณาผลกระทบที่มีต่อด้านสังคมและวัฒนธรรม เป็นต้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การวิเคราะห์ด้านพลังงาน ใช้หลักการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต
- 2) การวิเคราะห์ด้านสิ่งแวดล้อม ใช้หลักการวิเคราะห์ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏจักรชีวิต
- 3) การวิเคราะห์ด้านต้นทุน ใช้หลักการประเมินต้นทุนทั้งหมดตลอดวัฏจักรชีวิต

1.5.5 การเสนอแนะทางเลือกเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาลที่เหมาะสม ด้วยการวิเคราะห์ปัจจัยแบบลำดับชั้น ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งในการตัดสินใจแบบพิจารณาหลายหลักเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Making)

1.6 วิธีดำเนินงานวิจัย

ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานวิจัย

ลำดับ	วิธีการวิจัย	หลักการ/ทฤษฎีที่ใช้อ้างอิง	ผลลัพธ์
1	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยภายใต้หัวข้อการประเมินผลกระทบตลอดวัฏจักรชีวิตของการผลิตไฟฟ้าจากขยะเทศบาล	- การจัดการขยะของเทศบาล - รูปแบบและกระบวนการของเทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจากขยะ - ทฤษฎีการวิเคราะห์พลังงานผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมและต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิต	- องค์ความรู้ที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการทำการวิจัยและนำไปใช้ในการจัดทำและระเบียบวิธีของขั้นตอนในการวิจัย

ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	วิธีการวิจัย	หลักการ/ทฤษฎีที่ใช้อ้างอิง	ผลลัพธ์
		- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง AHP	
2	ศึกษาข้อมูลศักยภาพของแหล่งขยะ ความเป็นไปได้ในการนำขยะเทศบาลในพื้นที่ภาคเหนือตอนบนมาผลิตเป็นไฟฟ้า	- ข้อมูลพื้นที่ ชนิด ปริมาณและองค์ประกอบของขยะ	- ได้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของแหล่งขยะ
3	ศึกษารูปแบบเทคโนโลยีการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากขยะ	- ข้อมูลทางเทคนิค ได้แก่ ขนาดและประสิทธิภาพของระบบขั้นตอนและกระบวนการในการผลิตไฟฟ้า การติดตั้ง - วิธีการ เปรียบเทียบ ข้อดี/ข้อเสีย ข้อจำกัด และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นต่อสิ่งแวดล้อม	- ได้ทราบข้อมูลเบื้องต้นของเทคโนโลยีที่ใช้แต่ละรูปแบบ
4	กำหนดเป้าหมาย ขอบเขตการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลบัญชีรายการของแต่ละกิจกรรม	- กำหนดเป้าหมายและขอบเขตการศึกษาหน่วยงาน - ใช้วิธีเก็บข้อมูลตามกรอบวิธีการดำเนินงานของการประเมินวัฏจักรชีวิต	- ได้ทราบเป้าหมายและขอบเขตของการศึกษา - ได้ข้อมูลปริมาณวัตถุดิบทรัพยากร พลังงานในขั้นตอนเก็บรวบรวมขยะและการผลิตไฟฟ้า
5	วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดทำบัญชีรายการ และทำการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่วิเคราะห์	- ใช้หลักการสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน	- ได้บัญชีรายการของการผลิตไฟฟ้าจากขยะในพื้นที่เทศบาล
6	ทำการวิเคราะห์ผลกระทบทางพลังงาน สิ่งแวดล้อม และต้นทุนตลอดวัฏจักรชีวิตการผลิตไฟฟ้าจากขยะ	- ใช้หลักการวิเคราะห์การใช้พลังงานตลอดวัฏจักรชีวิต - ใช้หลักการวิเคราะห์การปล่อยก๊าซเรือนกระจกตลอดวัฏ	- ทราบปริมาณผลกระทบทั้งทางด้านสิ่งแวดล้อม พลังงาน และต้นทุนของการผลิตไฟฟ้าจาก

ตารางที่ 1.2 การดำเนินงานวิจัย (ต่อ)

ลำดับ	วิธีการวิจัย	หลักการ/ทฤษฎีที่ใช้อ้างอิง	ผลลัพธ์
	เทศบาล	จักรชีวิต - ใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุน ตลอดวัฏจักรชีวิต	ขยะเทศบาลของแต่ละ เทคโนโลยี
7	ศึกษาความเหมาะสมเพื่อ เป็นแนวทางในการเลือก เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้าจาก ขยะในพื้นที่ศึกษา	- ใช้หลักการการให้น้ำหนัก ความสำคัญ	- ได้แนวทางในการเลือก เทคโนโลยีที่เหมาะสม กับบริบทของเทศบาล
8	สรุปผลการศึกษา รวบรวม ปัญหา และข้อเสนอแนะ	- ตรวจสอบและประเมินผล จากทฤษฎีและงานวิจัยที่ เกี่ยวข้อง	- แก้ไข ปรับปรุงผลลัพธ์ ที่ได้ให้มีประสิทธิภาพ มากขึ้น
9	จัดทำรายงานวิทยานิพนธ์ นำเสนอ สรุปผลการศึกษา วิจัย		- รายงานวิทยานิพนธ์