บทที่ 4
ผลการศึกษา

การศึกษาครั้งนี้เป็นการทดสอบความสัมพันธ์และผลกระทบของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยโดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วนคือส่วนแรกเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ตามวิธีการแบบ environmental kuznets curve ส่วนที่สองเป็นการใช้แบบจำลองทางเศรษฐมิติด้วยเทคนิควิธี cointegration และ error correction model (ECM) ตามกระบวนการ ARDL (Autoregressive Distribute Lag) ซึ่งสามารถนำไปสู่การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการพิจารณาผลกระทบที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ทั้งในระยะสั้นและระยะยาว โดยผลการวิจัยเป็นดังนี้

4.1 การทดสอบความสัมพันธ์ตามสมมุติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยตามสมมุติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมคุซเนตส์ (EKC) พบว่าเป็นไปตามสมมุติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ (EKC) โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและปริมาณดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น (พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย (lnEC) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม (lnMPI) มีค่าเป็นบวก) หรืออธิบายได้ว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมในระยะแรกของการพัฒนาเศรษฐกิจอันเป็นผลทำให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยเพิ่มมากขึ้น แต่ในเวลาต่อมาผลของการพัฒนาเศรษฐกิจทำให้อัตราการขยายตัวของเศรษฐกิจเติบโตอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงโครงสร้างเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ดัชนีอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระดับหนึ่ง (จุดวกกลับ) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม (ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ($lnMPI^2$) มีค่าเป็นลบ (ตารางที่ 4.1)

ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงผลลัพธ์จากการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่ทำให้ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งกล่าวคือการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นก่อให้เกิดความต้องการคุณภาพชีวิตที่ขึ้น ส่งผลต่อความต้องการหรืออุปสงค์ในคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ที่ดีมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุปสงค์ในคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย (luxury good: จิระ 2553) กล่าวคือความต้องการสินค้านี้จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนมากกว่าการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม)

ตารางที่ 4.1 การประมาณการแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามสมมุติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ (EKC)

ตัวแปร(variables)	**ค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient)**
ค่าคงที่ (Constant)	-0.5346 (-3.5803)*
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย *(lnEC)*	1.0457 (64.2671)*
ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม *(lnMPI)*	0.6888 (7.3624)*
ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมยกกำลังสอง *($lnMPI^2$)*	-0.0789 (-8.4373)*
R^2	0.9959
Adjusted R^2	0.9958
จำนวนข้อมูล	264
คาบเวลา	2531 - 2552

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บแสดงค่าสถิติ t (t-statistic)

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

4.2 การทดสอบ Cointegration และ Error Correction Model ตามกระบวนการ ARDL

วิธีการทดสอบ cointegration ของกระบวนการ ARDL จะไม่เหมือนการทดสอบ cointegration โดยวิธีทั่วไป เนื่องจากการใช้เทคนิคตามกระบวนการ ARDL มีการหลีกเลี่ยงที่จะจัดหมวดหมู่ของตัวแปรให้เป็น I(1) และ I(0) อีกทั้งไม่จำเป็นต้องทำการทดสอบ Unit Root ก่อนแต่อย่างใด (Bahmani Oskooee and Brooks, 1999: 160)

โดยการศึกษาตามกระบวนการ ARDL นี้สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนหลัก ๆ ได้ 2 ขั้นตอนซึ่งเป็นการตรวจสอบและประมาณค่าในระยะสั้นควบคู่กับการประมาณค่าในระยะยาว โดยในขั้นตอนแรกเป็นการประยุกต์ใช้ค่าสถิติ F-statistic เพื่อตรวจสอบผลความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในระยะยาวหรือการทดสอบการมี cointegration ของตัวแปรด้วยการตั้งสมมุติฐานหลักคือ $H_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0$ และสมมุติฐานทางเลือกคือ $H_1 = \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq 0$ เนื่องจากผลที่ได้ในขั้นตอนนี้ค่อนข้างมีความเคลื่อนไหวไม่แน่นอนในลำดับความล่าช้า (lag order) ที่แตกต่างกันไป นั่นคือเมื่อลำดับความล่าช้าเปลี่ยนแปลงไปก็ทำให้ผลการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่สองเป็นการประมาณค่า error correction model (ECM) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบในระยะสั้น ถ้าตัวแปรที่ทำการศึกษาไม่มี cointegration ระหว่างกันแต่มีนัยสำคัญของ error correction term ที่มีอยู่จะแสดงถึงระดับความล่าช้าของตัวแปรที่ทำการศึกษา มีลักษณะของการ cointegration อยู่ด้วยซึ่งการเลือก lagged length ที่เหมาะสมของตัวแปรแต่ละตัว โดยใช้เกณฑ์ในการเลือก 3 เกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ Adjust R^2 criterion AIC (Akaike information criterion) และ SBC (Schwartz Baysian criterion ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากการเลือกตามเกณฑ์ทั้ง 3 นี้ค่อนข้างให้ผลที่สอดคล้องกันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงยึดเอาผลจากการใช้เกณฑ์ AIC (Akaike Information Criterion) ในการวิเคราะห์เท่านั้นเนื่องจากการใช้เกณฑ์ AIC จะให้ผลความสัมพันธ์ในลำดับความล่าช้าของตัวแปรมากที่สุด (Ramazan, 2009: 1887-1893)

โดยผลการศึกษาตามขั้นตอนในกระบวนการ ARDL ที่เป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบ cointegration ในแบบจำลองที่ศึกษาว่ามีอยู่หรือไม่ กล่าวคือเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองตามสมมุติฐาน โดยการคำนวณค่าสถิติ F-statistic เมื่อทำการพิจารณาช่วงลำดับความล่าช้าตั้งแต่ 2 ถึง 12 ในแต่ละเทอม ที่เป็นผลต่างลำดับที่หนึ่งของสมการ (3.2) พบว่า ไม่มีค่าสถิติ F-statistic ที่คำนวณได้อยู่ระหว่าง 3.219 – 4.378 แต่จะอยู่เหนือค่าวิกฤตขอบเขตบนทั้งหมดคือมีค่าสูงกว่า 4.378 จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งบอกได้ว่ามี cointegration ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์รายละเอียดดังตาราง 4.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่าคือขั้นตอนที่สองที่มีการประมาณค่าโดยพิจารณา error correction term (EC_{t-1}) ตามกระบวนการ ARDL

การประมาณค่าของ Error Correction Model ตามกระบวนการ ARDL ในสมการ (3.2) แสดงได้ดังตาราง 4.5 ซึ่งเป็นการแสดงถึงการเกิดกลไกปรับการออกนอกดุลยภาพของตัวแปรที่ต้องการศึกษาให้กลับเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว ตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้แก่ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ($\Delta lnCO_2$) การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ($\Delta lnEC$) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ($\Delta lnMPI$) โดยการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวของแต่ละตัวแปรนั้นให้ผลในช่วงระยะเวลาของความล่าช้าแตกต่างกันออกไป

บทบาทของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ($\Delta lnEC$) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ($\Delta lnMPI$) ที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์($\Delta lnCO_2$)ในระยะสั้น เป็นดังตาราง 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเลือกช่วงลำดับความล่าช้าที่เหมาะสมของ AIC ในกรณีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ($\Delta lnEC$) คือลำดับความล่าช้าที่ 0 ถึง 11 ซึ่งมีลักษณะที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบในลำดับความล่าช้าที่ 9, 10 และ 11 คือมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.8527, -0.0415 และ -0.0512 ตามลำดับ และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นเครื่องหมายบวกในลำดับความล่าช้าที่ 0 ถึง 8 คือมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.9541, 0.2537, 0.0046, 0.0058, 0.0380, 0.2000, 0.1873, 0.0823 และ 0.1226 ตามลำดับ โดยในลำดับความล่าช้าที่ 0, 1, 5 และ 9 มีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01) ส่วนกรณีดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ($\Delta lnMPI$) เลือกช่วงลำดับความล่าช้าที่เหมาะสมของ AIC ได้ลำดับความล่าช้าที่ 0 ถึง 2 ซึ่งมีลักษณะที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบในลำดับความล่าช้าที่ 2 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.0298 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นเครื่องหมายบวกในลำดับความล่าช้าที่ 0 และ1 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.0473 และ 0.0167 ตามลำดับ โดยพบว่าลำดับความล่าช้าที่ 0 มีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงลำดับความล่าช้าดังกล่าว

โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์ของ error correction term (EC_{t-1}) มีค่าเท่ากับ -0.1230 ซึ่งเป็นไปตามที่คาดไว้ คือ $-1 < -0.1230 < 0$ หมายความว่าค่าความคลาดเคลื่อนที่เบี่ยงเบนออกจากดุลยภาพจะค่อย ๆ ปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาว โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01) ของสัมประสิทธิ์ค่า EC_{t-1} แสดงว่า ตัวแปรการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การศึกษาผลของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ผลการศึกษาดังนี้

$$lnCO_2 = 1.1818 + 1.0720lnEC - 0.0934lnMPI$$
$$(3.7320) \quad (18.3145^*) \quad (-2.2334^{**}) \qquad \ldots(4.1)$$

หมายเหตุ : ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงค่าสถิติ t – statistic (two – tailed test)

จากสมการ (4.1) แสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเท่ากับ 1.0720และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ -0.0934 กล่าวคือการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายร้อยละ 1 จะส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น ร้อยละ 1.0720 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01) และการเพิ่มขึ้นของดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมร้อยละ 1 จะส่งผลให้ปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ลดลง ร้อยละ 0.0934 โดยมีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมมีความสัมพันธ์กับปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศไทย

เมื่อเปรียบเทียบผลการศึกษาในกรณีเดียวกันนี้กับต่างประเทศในงานวิจัยของ Ferda Halicioglu (2009) และ Ilhan Ozturk and Ali Acaravci (2010) ที่ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ การบริโภคพลังงาน และการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศยุโรปพบว่า ความยืดหยุ่นของการบริโภคพลังงานในกลุ่มประเทศดังกล่าวมีลักษณะเช่นเดียวกันกับความยืดหยุ่นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายของประเทศไทย และในส่วนของความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของแต่ละประเทศส่วนใหญ่มีความแตกต่างกันกับความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทย กล่าวคือความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศยุโรปส่วนใหญ่มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งพบว่ามีเพียงประเทศเดียวในกลุ่มประเทศยุโรปที่ความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีลักษณะเช่นเดียวกับของประเทศไทยนั่นคือประเทศสวิสเซอร์แลนด์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.2 ค่า F-statistic สำหรับการวิเคราะห์ Cointegration ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Lag order	F-statistic
2	6.2526
3	5.0055
4	4.9085
5	14.4110
6	12.8072
7	10.8955
8	9.7246
9	9.9837
10	10.8642
11	10.9892
12	15.9983

หมายเหตุ : ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 ค่าขอบวิกฤตของค่าสถิติ F-statistic อยู่ในช่วง 3.219 – 4.378

ที่มา : จากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 4.3 การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมและปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ด้วยวิธีการ Error-Correction ของแบบจำลอง AIC (Akaike Information Criterion)

ตัวแปร	ลำดับความล่าช้า (Lag order)												
(Variable)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\Delta lnCO_2$		-0.30417*	0.1674	-0.0089	-0.0316	-0.1892*	-0.1913*	-0.1227***	-0.1944*				
		(-4.4414)	(0.2363)	(-0.1288)	(-0.4667)	(-2.8258)	(-2.8373)	(-1.7978)	(-3.0510)				
$\Delta lnEC$	0.8541*	0.2537*	0.0046	0.0058	0.3802	0.2000*	0.1873**	0.0823	0.1226***	-0.0853*	-0.0415	-0.0512**	
	(36.7081)	(3.3899)	(0.0607)	(0.0774)	(0.5102)	(2.7007)	(2.5228)	(1.0985)	(1.7480)	(-3.1853)	(-1.5523)	(-2.1713)	
$\Delta lnMPI$	0.0473**	0.0167	0.0298										
	(2.4396)	(0.8440)	(-1.5120)										
Constant	0.1453*												
	(2.9110)												
EC_{t-1}		-0.1230*											
		(-3.1534)											

หมายเหตุ : 1) ตัวเลขในวงเล็บ ( ) แสดงค่าสถิติ t-statistic (two-tailed test)

2) * แสดงนัยสำคัญที่ระดับ 0.01

** แสดงนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

*** แสดงนัยสำคัญที่ระดับ 0.1

ที่มา : จากการคำนวณ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved