

## บทที่ 4

### ผลการศึกษา

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

#### 4.1 การทดสอบความสัมพันธ์ตามสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุชเน็ตส์

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของประเทศไทยตามสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมคุชเน็ตส์ (EKC) พบว่าเป็นไปตามสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมคุชเน็ตส์ (EKC) โดยปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและปริมาณดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมที่เพิ่มขึ้น (พิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ( $\ln EC$ ) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\ln MPI$ ) มีค่าเป็นบวก) หรืออธิบายได้ว่าปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันกับการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมในระยะแรกของการพัฒนาเศรษฐกิจอันเป็นผลทำให้การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของไทยเพิ่มมากขึ้น แต่ในเวลาต่อมาผลของการพัฒนาเศรษฐกิจทำให้อัตราการขยายตัวของเศรษฐกิจเติบโตอย่างต่อเนื่อง รวมไปถึงโครงสร้างเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ดัชนีอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องจนถึงระดับหนึ่ง (จุดวกกลับ) ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม มีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม (ซึ่งพิจารณาได้จากค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\ln MPI$ ) มีค่าเป็นลบ (ตารางที่ 4.1)

ปรากฏการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นถึงผลลัพธ์จากการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่ทำให้ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมเพิ่มสูงขึ้นหรืออีกนัยหนึ่งกล่าวคือการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจที่เพิ่มขึ้นก่อให้เกิดความต้องการคุณภาพชีวิตที่ขึ้น ส่งผลต่อความต้องการหรืออุปสงค์ในคุณภาพสิ่งแวดล้อม

ที่ตีมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอุปสงค์ในคุณภาพสิ่งแวดล้อมมีลักษณะเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย (luxury good: จีระ 2553) กล่าวคือความต้องการสินค้านี้จะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนมากกว่าการเพิ่มขึ้นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ (ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม)

ตารางที่ 4.1 การประมาณการแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมและการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามสมมติฐานเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคูชเน็ตส์ (EKC)

ตัวแปร(variables)	ค่าสัมประสิทธิ์ (coefficient)
ค่าคงที่ (Constant)	-0.5346 (-3.5803)*
การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ( $\ln EC$ )	1.0457 (64.2671)*
ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\ln MPI$ )	0.6888 (7.3624)*
ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมยกกำลังสอง ( $\ln MPI^2$ )	-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

#### 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 ของตัวแปรด้วยการตั้งสมมติฐานหลักคือ  $H_0 = \delta_1 = \delta_2 = \delta_3 = 0$  และสมมติฐานทางเลือกคือ  $H_1 = \delta_1 \neq \delta_2 \neq \delta_3 \neq 0$  เนื่องจากผลที่ได้ในขั้นตอนนี้ค่อนข้างมีความเคลื่อนไหวไม่แน่นอนในลำดับความล่าช้า (lag order) ที่แตกต่างกันไป นั่นคือเมื่อลำดับความล่าช้าเปลี่ยนแปลงไปก็ทำให้ผลการวิเคราะห์เปลี่ยนแปลงไปด้วย ดังนั้นจึงต้องทำการวิเคราะห์ขั้นต่อไป

ขั้นตอนที่สองเป็นการประมาณค่า error correction model (ECM) เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบในระยะสั้น ถ้าตัวแปรที่ทำการศึกษาไม่มี cointegration ระหว่างกันแต่มิฉะนั้นสำคัญของ error correction term ที่มีอยู่จะแสดงถึงระดับความล่าช้าของตัวแปรที่ทำการศึกษา มีลักษณะของการ cointegration อยู่ด้วยซึ่งการเลือก lagged length ที่เหมาะสมของตัวแปรแต่ละตัว โดยใช้เกณฑ์ในการเลือก 3 เกณฑ์ในการศึกษาครั้งนี้ได้แก่ Adjust R<sup>2</sup> criterion AIC (Akaike information criterion) และ SBC (Schwartz Bayesian criterion ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากการเลือกตามเกณฑ์ทั้ง 3 นี้ค่อนข้างให้ผลที่สอดคล้องกันเป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นการศึกษานี้จึงยึดเอาผลจากการใช้เกณฑ์ AIC (Akaike Information Criterion) ในการวิเคราะห์เท่านั้นเนื่องจากการใช้เกณฑ์ AIC จะให้ผลความสัมพันธ์ในลำดับความล่าช้าของตัวแปรมากที่สุด (Ramazan, 2009: 1887-1893)

โดยผลการศึกษาตามขั้นตอนในกระบวนการ ARDL ที่เป็นขั้นตอนแรกของการทดสอบ cointegration ในแบบจำลองที่ศึกษาว่ามีอยู่หรือไม่ กล่าวคือเป็นการทดสอบความสัมพันธ์ของแบบจำลองตามสมมติฐาน 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

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

การประมาณค่าของ Error Correction Model ตามกระบวนการ ARDL ในสมการ (3.2) แสดงได้ดังตาราง 4.5 ซึ่งเป็นการแสดงถึงการเกิดกลไกปรับการออกนอกดุลยภาพของตัวแปรที่ต้องการศึกษาให้กลับเข้าสู่ดุลยภาพระยะยาว ตัวแปรที่ต้องการศึกษาได้แก่ การปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\Delta \ln CO_2$ ) การใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ( $\Delta \ln EC$ ) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\Delta \ln MPI$ ) โดยการปรับตัวเข้าสู่ดุลยภาพในระยะยาวของแต่ละตัวแปรนั้นให้ผลในช่วงระยะเวลาของความล่าช้าแตกต่างกันออกไป

บทบาทของการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ( $\Delta \ln EC$ ) และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\Delta \ln MPI$ ) ที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ( $\Delta \ln CO_2$ ) ในระยะสั้น เป็นดังตาราง 4.3 ซึ่งจะเห็นได้ว่าการเลือกช่วงล่าช้าความล่าช้าที่เหมาะสมของ AIC ในกรณีการใช้พลังงานขั้นสุดท้าย ( $\Delta \ln EC$ ) คือล่าช้าความล่าช้าที่ 0 ถึง 11 ซึ่งมีลักษณะที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบในล่าช้าความล่าช้าที่ 9, 10 และ 11 คือมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.8527, -0.0415 และ -0.0512 ตามล่าช้า และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นเครื่องหมายบวกในล่าช้าความล่าช้าที่ 0 ถึง 8 คือมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.9541, 0.2537, 0.0046, 0.0058, 0.0380, 0.2000, 0.1873, 0.0823 และ 0.1226 ตามล่าช้า โดยในล่าช้าความล่าช้าที่ 0, 1, 5 และ 9 มีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.01) ส่วนกรณีดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ( $\Delta \ln MPI$ ) เลือกช่วงล่าช้าความล่าช้าที่เหมาะสมของ AIC ได้ล่าช้าความล่าช้าที่ 0 ถึง 2 ซึ่งมีลักษณะที่ให้ค่าสัมประสิทธิ์ที่เป็นลบในล่าช้าความล่าช้าที่ 2 โดยมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ -0.0298 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรเป็นเครื่องหมายบวกในล่าช้าความล่าช้าที่ 0 และ 1 ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0.0473 และ 0.0167 ตามล่าช้า โดยพบว่าล่าช้าความล่าช้าที่ 0 มีนัยสำคัญทางสถิติ (ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05) แสดงให้เห็นว่า การใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมมีผลต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงล่าช้าความล่าช้าดังกล่าว

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

การศึกษาผลของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรม ที่มีต่อการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ได้ผลการศึกษาดังนี้

$$\ln CO_2 = 1.1818 + 1.0720 \ln EC - 0.0934 \ln MPI \quad \dots(4.1)$$

(3.7320)      (18.3145\*)      (-2.2334\*\*)

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

จากสมการ (4.1) แสดงให้เห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายเท่ากับ 1.0720 และดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมเท่ากับ -0.0934 กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายร้อยละ 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 ซึ่งพบว่ามีเพียงประเทศเดียวในกลุ่มประเทศยุโรปที่ความยืดหยุ่นของการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจมีลักษณะเช่นเดียวกับของประเทศไทยนั่นคือประเทศสวีเดน

ตารางที่ 4.2 ค่า F-statistic สำหรับการวิเคราะห์ Cointegration ของการใช้พลังงานขั้นสุดท้ายและ  
ดัชนีผลผลิตภาคอุตสาหกรรมต่อปริมาณการปลดปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

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

