



ความเชื่อมโยงระหว่างการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ รายได้ พลังงาน
สิ่งแวดล้อม และนโยบายการคลัง ภายใต้การกำกับดูแลสู่ความเป็นกลาง
ทางคาร์บอน: หลักฐานเชิงประจักษ์จากหกเขตเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออก
THE FDI-INCOME-ENERGY-ENVIRONMENT NEXUS AND FISCAL POLICY
UNDER CARBON NEUTRALITY REGULATION: EVIDENCE FROM
SIX EAST ASIAN ECONOMIES

สรุจนา สนน, นอรจัน สนนรงค์*, เก นันทะเสน, วรารณ นันทะเสน, และธนากร แสนสาร
Sarunchana Sinmee, Nirote Sinnarong*, Ke Nunthasen, Waraporn Nunthasen and Thanakorn Saensan

สาขาวิชาเศรษฐศาสตรประยุกต์ คณะเศรษฐศาสตร มหาวิทยาลัยแมโจ เชียงใหม่
Department of Applied Economics, Faculty of Economics, Maejo University, Chiang Mai

*Corresponding Author E-mail: sarunchana.0902836940@gmail.com

Received February 21, 2025; Revised May 18, 2025; Accepted May 21, 2025

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออก ที่ได้รับผลกระทบจากการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ การบริโภคพลังงาน ระดับรายได้ประชาชาติ และเครื่องมือทางการคลังของรัฐบาลต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในช่วงปี 2001-2023 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปริมาณโดยใช้ข้อมูลทศนิยมแบบพาแนลจาก 6 เขตเศรษฐกิจ ได้แก่ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ สิงคโปร์ จีน อินโดนีเซีย และไทย ในช่วงปี 2001-2023 เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกข้อมูลทศนิยมจากฐานข้อมูลธนาคารโลก สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ Panel Unit Root Tests และ Feasible Generalized Least Squares (FGLS)

ผลการวิจัยพบว่า การบริโภคพลังงานเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลบวกต่อการปล่อย CO₂ เท่ากับ 0.656 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกประเทศ ขณะที่พบหลักฐานสนับสนุนสมมติฐาน Environmental Kuznets Curve เฉพาะในญี่ปุ่น โดยมีค่าสัมประสิทธิ์ของ GDP และ GDP² เท่ากับ 137.0 และ -6.316 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ตามลำดับ สำหรับนโยบายการคลังพบว่า ระบบภาษีมีประสิทธิผลในการลดการปล่อย CO₂ เฉพาะในจีนและอินโดนีเซียเท่ากับ -0.036 และ -0.207 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ ผลการศึกษานี้สะท้อนความจำเป็นในการออกแบบนโยบายที่เหมาะสมกับระดับการพัฒนาทางเศรษฐกิจที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาชี้ให้เห็นถึงความจำเป็นในการกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสมตามระดับการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศในเอเชียตะวันออก การใช้แนวทางเดียวกันในการกำหนดนโยบายสิ่งแวดล้อมจะไม่ได้ผลดีที่สุด เนื่องจากมีความสัมพันธ์ที่แตกต่างกันระหว่างปัจจัยทางเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเขตเศรษฐกิจต่าง ๆ ของภูมิภาคนี้

คำสำคัญ: เส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุชเน็ตส์, การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ, นโยบายการคลัง, ความเป็นกลางทางคาร์บอน, เอเชียตะวันออก



Abstract

This research investigated the complex relationship between carbon dioxide emissions and economic determinants in East Asian economies, with particular emphasis on the impact of foreign direct investment (FDI), energy consumption patterns, gross domestic product per capita, and governmental fiscal policy instruments on CO₂ emissions during the period between 2001 and 2023. The study employed a quantitative methodological framework utilizing longitudinal panel data collected from six distinct economic jurisdictions: Japan, South Korea, Singapore, China, Indonesia, and Thailand. Secondary data were systematically extracted from the World Bank database, with analytical procedures incorporating Panel Unit Root Tests and Feasible Generalized Least Squares (FGLS) to address heteroskedasticity and autocorrelation concerns inherent in cross-sectional time-series data.

The empirical findings demonstrated that energy consumption emerged as the predominant driver of carbon dioxide emissions, exhibiting a robust positive coefficient of 0.656 ($p < 0.01$) across the examined economies. Evidence supporting the Environmental Kuznets Curve hypothesis, which postulates an inverted U-shaped relationship between economic development and environmental degradation, was observed exclusively in Japan, with statistically significant GDP and GDP² coefficients of 137.0 and -6.316 ($p < 0.05$), respectively. Concerning fiscal policy instruments, taxation mechanisms demonstrated efficacy in mitigating CO₂ emissions only in China and Indonesia, with respective coefficients of -0.036 and -0.207 ($p < 0.1$). Interestingly, foreign direct investment did not exhibit statistically significant effects on emission levels across the sampled economies.

These nuanced findings underscore policymakers' need to design and implement differentiated environmental strategies that acknowledge and accommodate the heterogeneous stages of economic development across East Asian economies. The results suggest that a one-size-fits-all approach to environmental policy formulation would be suboptimal given the diverse relationships between economic factors and carbon emissions observed across different jurisdictions within the region.

Keywords: Environmental Kuznets Curve, Foreign Direct Investment, Fiscal Policy, Carbon Neutrality, East Asia



บทนำ

การพัฒนาเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ออกนำมาซึ่งความท้าทายด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเป็นสาเหตุหลักของภาวะโลกร้อน การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (Foreign Direct Investment: FDI) มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาเศรษฐกิจในภูมิภาคนี้ แต่ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมยังเป็นประเด็นถกเถียง ผ่านแนวคิด Pollution Haven Hypothesis ที่มองว่า FDI อาจเพิ่มมลพิษในประเทศกำลังพัฒนา และ Halo Effect Hypothesis ที่เชื่อว่า FDI อาจช่วยลดมลพิษผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีสะอาด (Baek, 2016; Bashir, 2022)

ความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจกับการปล่อยมลพิษได้รับความสนใจผ่านกรอบแนวคิด FDI-income-energy-environment nexus (Nhuong et al., 2024; Yan et al., 2024) และเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุซเน็ตส์ ซึ่งเสนอว่าความสัมพันธ์ระหว่างรายได้ประชาชาติกับมลพิษมีลักษณะเป็นรูปตัว U คว่ำ (Kuznets, 1955) ขณะเดียวกัน เครื่องมือนโยบายการคลังมีบทบาทสำคัญในการจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยรัฐบาลในหลายประเทศใช้จ่ายสัดส่วนที่สูงของ GDP ผ่านนโยบายการคลังและจัดเก็บภาษีสิ่งแวดล้อมเพื่อควบคุมการปล่อยมลพิษ (Mahadevan & Suardi, 2024)

เอเชียมีสัดส่วนการปล่อยก๊าซเรือนกระจกมากกว่าร้อยละ 50 ของโลก นำโดยจีน อินเดีย และญี่ปุ่น ในการประชุม COP26 ประเทศเหล่านี้ได้กำหนดเป้าหมาย Net Zero โดยญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ตั้งเป้าปี 2050 จีนและอินโดนีเซียปี 2060 ซึ่งนำไปสู่การพัฒนามาตรการควบคุมคาร์บอนในสามระยะ: (1) ปี 2012-2013 ญี่ปุ่นเริ่มใช้ภาษีคาร์บอนและจีนเปิดตลาดคาร์บอน (2) ปี 2016-2019 ไทยและสิงคโปร์เริ่มใช้มาตรการภาษีคาร์บอน และ (3) ปี 2020-2021 เกาหลีใต้ประกาศ Green New Deal และอินโดนีเซียเริ่มเก็บภาษีคาร์บอน ส่งผลให้ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ และสิงคโปร์สามารถลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่จีนชะลอการเพิ่มลง และอินโดนีเซียกับไทยยังไม่แสดงผลชัดเจน (World Bank, 2023)

แม้จะมีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ผ่านแบบจำลองทางเศรษฐมิติที่หลากหลาย แต่ผลการศึกษายังไม่สามารถสรุปทิศทางความสัมพันธ์ที่ชัดเจนได้ โดยเฉพาะในบริบทของกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ที่มีพลวัตทางเศรษฐกิจและนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน การศึกษานี้จึงมุ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ดังกล่าวภายใต้บริบทของนโยบายมุ่งสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอน โดยใช้ข้อมูลจาก 6 เขตเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ สิงคโปร์ จีน อินโดนีเซีย และไทย) ระหว่างปี 2001-2023 ผ่านแบบจำลอง Feasible Generalized Least Squares (FGLS) ซึ่งเหมาะกับการจัดการปัญหาในข้อมูลพาแนล ผลการศึกษาจะนำไปสู่ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายในการออกแบบมาตรการควบคุมการปล่อยคาร์บอนที่มีประสิทธิภาพสำหรับภูมิภาคนี้

วัตถุประสงค์การวิจัย

การวิจัยนี้มุ่งวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจในกลุ่มประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้



การทบทวนวรรณกรรม

Pollution Haven Hypothesis (PHH) และ Halo Effect Hypothesis

เป็นแนวคิดที่อธิบายผลกระทบของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อมในประเทศผู้รับการลงทุน โดยมีแนวคิดที่ขัดแย้งกัน (Cole & Elliott, 2005) แสดงได้ดังสมการ $CO2_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 FDI_{it} + \epsilon_{it}$ โดยที่ $\alpha_1 > 0$ แต่ในทางตรงกันข้าม Halo Effect Hypothesis เสนอว่า FDI อาจช่วยลดการปล่อยมลพิษผ่านการถ่ายทอดเทคโนโลยีและแนวปฏิบัติที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม (Zarsky, 1999) แสดงได้ดังสมการ $CO2_{it} = \beta_0 + \beta_1 FDI_{it} + \mu_{it}$ โดยที่ $\beta_1 < 0$

การศึกษาล่าสุดพบหลักฐานสนับสนุนทั้งสองแนวคิด Bashir (2022) พบว่า PHH มักเกิดขึ้นในประเทศที่มีการกำกับดูแลสิ่งแวดล้อมอ่อนแอ สอดคล้องกับ Cabañero (2023) ที่ยืนยัน PHH ในกลุ่ม ASEAN โดยพบว่า FDI เพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในระยะยาว ขณะที่ Shakiru (2023) พบว่า ผลกระทบขึ้นอยู่กับบริบทของแต่ละประเทศ

ความสัมพันธ์ระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจ การใช้พลังงาน และมลพิษ

เป็นประเด็นสำคัญในการศึกษาด้านเศรษฐศาสตร์สิ่งแวดล้อม โดยมีการพัฒนากรอบแนวคิดจาก Energy-Growth Nexus ดั้งเดิม (Kraft and Kraft, 1978) สู่การวิเคราะห์ที่ซับซ้อนขึ้นโดยรวมมิติด้านมลพิษ แสดงในรูปแบบสมการได้ดังนี้ $CO2_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 GDP_{it} + \gamma_2 ENC_{it} + v_{it}$

โดยที่ $\gamma_1, \gamma_2 > 0$ แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจ (GDP) การใช้พลังงาน (ENC) และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)

Solarin et al. (2017) พบความสัมพันธ์ระหว่างการใช้น้ำมันในภาคอุตสาหกรรมกับคุณภาพสิ่งแวดล้อมในระยะยาว ขณะที่ Omri et al. (2014) เน้นความสำคัญของการปรับปรุงพลังงานหมุนเวียนในประเทศกำลังพัฒนา Cabañero (2023) ยืนยันความสัมพันธ์ระยะยาวระหว่างตัวแปรการเงิน การเติบโตทางเศรษฐกิจ และการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

Environmental Kuznets Curve (EKC)

สมมติฐาน EKC เสนอความสัมพันธ์รูปตัว U คว่ำระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจและคุณภาพสิ่งแวดล้อม Grossman and Krueger (1995) อธิบายว่าในระยะแรกของการพัฒนาเศรษฐกิจ การปล่อยมลพิษจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อเศรษฐกิจพัฒนาถึงระดับหนึ่ง การปล่อยมลพิษจะลดลง สะท้อนถึงการปรับโครงสร้างสู่ภาคบริการ แสดงในรูปแบบสมการได้ดังนี้ $CO2_{it} = \delta_0 + \delta_1 GDP_{it} + \delta_2 GDP_{it}^2 + \epsilon_{it}$

โดยที่ $\delta_1 > 0$ และ $\delta_2 < 0$ แสดงถึงความสัมพันธ์แบบ U คว่ำ Cabañero (2023) ยืนยันความสัมพันธ์แบบ EKC ในกลุ่ม ASEAN สอดคล้องกับ Heidari et al. (2015) และ Saboori & Sulaiman (2013) ที่พบความสัมพันธ์แบบ Inverted U-shape ในประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

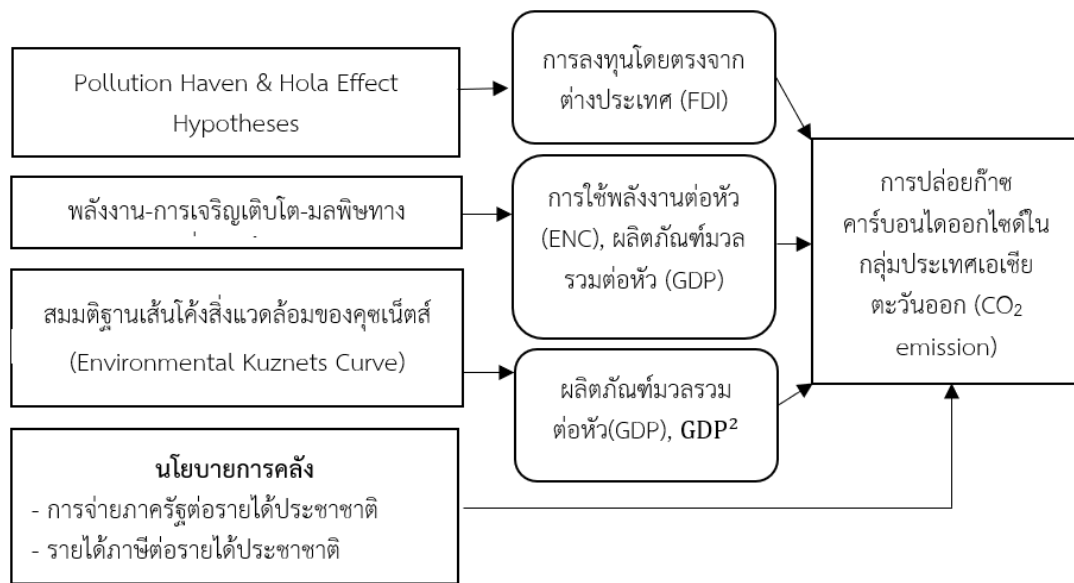
โครงสร้างอุตสาหกรรม และเครื่องมือนโยบายการคลัง

โครงสร้างอุตสาหกรรมเป็นตัวแปรสำคัญในการอธิบายการปล่อยมลพิษ Cabañero (2023) พบว่า โครงสร้างอุตสาหกรรมในกลุ่ม ASEAN ยังคงพึ่งพาพลังงานฟอสซิลสูง โดยการลงทุนในภาคพลังงาน มาจากถ่านหินและก๊าซธรรมชาติ ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการปล่อย CO_2 ที่เพิ่มขึ้น ดังสมการ

$$CO2_{it} = \theta_0 + \theta_1 INDUS_{it} + \lambda_1 GEXP_{it} + \lambda_2 TAX_{it} + \epsilon_{it} \text{ โดยที่ } \theta_1 > 0$$

เครื่องมือนโยบายการคลังมีบทบาทสำคัญในการจัดการคุณภาพสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการควบคุมการปล่อย CO₂ Cabañero (2023) พบว่า รายจ่ายภาครัฐในกลุ่ม ASEAN เพิ่มการปล่อย CO₂ ในระยะยาว สอดคล้องกับ Mughal et al. (2021) ขณะที่ Shakiru (2023) พบว่า การจัดเก็บภาษีคาร์บอนที่เข้มงวดช่วยลดการปล่อย CO₂ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ Akbar et al. (2021) เน้นความสำคัญของการบูรณาการนโยบายการคลังเข้ากับนโยบายสิ่งแวดล้อมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน

กรอบแนวคิดการวิจัย



แผนภาพที่ 1 แสดงกรอบแนวคิดในการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ทดสอบสมมติฐาน Pollution Haven and Halo Effect Hypothesis, FDI-Income-Energy-Environment Nexus และ EKC ตามกรอบของ Zhu et al. (2016) ร่วมกับมิติของนโยบายการคลังตามแนวทางของ Akbar et al. (2021) โดยใช้ข้อมูลพาแนลรายปีจาก 6 เขตเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออกเฉียง (ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ สิงคโปร์ จีน อินโดนีเซีย และไทย) ระหว่างปี 2001-2023 ซึ่งครอบคลุมช่วงสำคัญของการบังคับใช้พิธีสารเกียวโต (2005) การพัฒนานโยบายคาร์บอนของแต่ละประเทศ และการประกาศเป้าหมาย Net Zero ในการประชุม COP26 (2021) ดังสมการ

$$\Delta \ln CO_{2it} = \beta_0 + \beta_1 \Delta \ln FDI_{it} + \beta_2 \Delta \ln ENC_{it} + \beta_3 \ln GDP_{it} + \beta_4 \ln GDP_{it}^2 + \beta_5 \Delta \ln INDUS_{it} + \beta_6 \Delta \ln GEXP_{it} + \beta_7 \Delta \ln TAX_{it} + \epsilon_{it}$$

โดยที่ $\Delta \ln CO_{2it}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในประเทศ, $\Delta \ln FDI_{it}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ, $\Delta \ln ENC_{it}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงาน, $\Delta \ln GDP_{it}$ คือ รายได้ประชาชาติ (GDP), $\Delta \ln GDP_{it}^2$ คือ กำลังสองของ GDP เพื่อตรวจสอบ Environmental Kuznets Curve (EKC), $\Delta \ln INDUS_{it}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของภาคอุตสาหกรรม, $\Delta \ln GEXP_{it}$ คือ การเปลี่ยนแปลงของการใช้จ่ายภาครัฐ, $\Delta \ln TAX_{it}$ คือ



การเปลี่ยนแปลงของนโยบายภาษี, β_0 คือ ค่าคงที่ และ $\beta_1 - \beta_7$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรอิสระแต่ละตัว, ϵ_{it} คือ ส่วนความคลาดเคลื่อนสุ่ม

การศึกษาใช้การทดสอบตามลำดับขั้นเพื่อเลือกวิธีการประมาณค่าที่เหมาะสม เริ่มจากการทดสอบความนิ่งของข้อมูลด้วย Panel Unit Root Tests (LLC, IPS) จากนั้นทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลองด้วย Hausman Test และ Breusch-Pagan LM Test เพื่อเลือกระหว่าง Fixed Effects, Random Effects และ Pooled OLS ตามด้วยการทดสอบ Autocorrelation (Wooldridge Test) และ Heteroskedasticity (Modified Wald Test) เมื่อพบปัญหา Heteroskedasticity จึงเลือกใช้วิธี FGLS ในการประมาณค่า พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลกับวิธีอื่นเพื่อตรวจสอบความทนทานของผลลัพธ์ นอกจากนี้ยังวิเคราะห์แยกรายประเทศโดยใช้ Pooled OLS with Robust Standard Errors กับข้อมูลอนุกรมเวลาช่วงปี 2001 - 2023 พร้อมกับการควบคุมความคลาดเคลื่อนที่มีลักษณะความทนทานของต่อความไม่แน่นอนของความแปรปรวน สำหรับผลการประมาณการแต่ละประเทศ

ผลการวิจัย

ตารางที่ 1 แสดงผลสถิติเชิงพรรณนาของ 6 ประเทศ ช่วง 2001 – 2023

Variable	Stat	Japan	South Korea	Singapore	China	Indonesia	Thailand
CO ₂ emissions	Mean	9.46	11.57	8.91	6.21	1.90	3.55
FDI	Mean	0.38	0.93	21.54	2.74	1.53	2.48
Energy consumption	Mean	44,520.20	61,238.24	143,849.42	22,334.25	7,274.72	17,606.46
GDP per Capita	Mean	42,482.96	39,182.30	99,903.05	12,315.49	9,876.08	17,394.71
Industrial Structure	Mean	28.71	33.47	26.34	43.22	43.13	36.72
Government Expenditure	Mean	19.29	14.90	10.20	15.68	8.70	15.60
Tax Revenue	Mean	33.03	28.89	18.65	24.19	15.86	20.36

จากตารางที่ 1 พบว่า ความแตกต่างของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างกลุ่มประเทศรายได้สูงและรายได้ปานกลาง โดยเกาหลีใต้และญี่ปุ่นมีค่าเฉลี่ยการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด (11.57 และ 9.46 ตันต่อหัว) สอดคล้องกับระดับการพัฒนาอุตสาหกรรม ขณะที่อินโดนีเซียและไทยมีค่าก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำสุด (1.90 และ 3.55 ตันต่อหัว) ด้าน FDI ของสิงคโปร์มีส่วนสูงสุด (ร้อยละ 21.54 ของ GDP) ควบคู่กับการควบคุมมลพิษที่มีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ GDP ต่อหัวที่สูงของสิงคโปร์และญี่ปุ่น (99,903.05 และ 42,482.96 ดอลลาร์สหรัฐ) สนับสนุนแนวคิดเส้นโค้งสิ่งแวดล้อมของคุชเนตส์ที่การเติบโตทางเศรษฐกิจสามารถควบคุมการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้ดีขึ้น



ตารางที่ 2 แสดงผลการทดสอบ Panel Unit Root Tests

Variable	Common Unit Root:		Individual Unit Root:	
	Level	First Δ	Level	First Δ
lnCO ₂	0.04*	0.00*	0.80	0.00*
lnFDI	0.00*	0.00*	0.00*	0.00*
lnENC	0.01*	0.00*	0.45	0.00*
lnGDP	0.21	0.00*	0.89	0.00*
lnGDP ²	0.19	0.00*	0.87	0.00*
lnINDUS	0.06*	0.00*	0.65	0.00*
lnGEXP	0.13	0.00*	0.76	0.00*
lnTAX	0.00*	0.00*	0.07*	0.00*

จากตารางที่ 2 พบว่า ตัวแปรในรูปลอการิทึมธรรมชาติมีปัญหา Unit Root ที่ระดับ Level แต่มีความนิ่งที่ First Difference อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งในการทดสอบ LLC และ IPS การแปลงข้อมูลเป็นลอการิทึมธรรมชาติช่วยให้การตีความผลลัพธ์ในเชิงร้อยละของการเปลี่ยนแปลงมีความยืดหยุ่น และสนับสนุนความเหมาะสมในการใช้แบบจำลอง FGLS สำหรับประมาณค่าพารามิเตอร์ต่อไป

ตารางที่ 3 แสดงผลการทดสอบความเหมาะสมของอิทธิพลแบบจำลองพหุแนล

Type of test	Hypothesis	Model	Interpretation
Hausman Test Choice between Fixed or Random Effects	H ₀ : Difference in Coefficients Not Systematic	Prob > X^2 = 0.1668	Prefer Random Effects
Breusch and Pagan Lagrangian multiplier test Choice between OLS or Random Effects	H ₀ : Var(u) = 0 (OLS)	Prob > X^2 = 1.0000	Prefer Pooled OLS
Wooldridge Test for Serial Correlation	H ₀ : No First-Order Autocorrelation	Prob > F = 0.8234	No first-order autocorrelation
Modified Wald Test for Group Wise Heteroskedasticity	H ₀ : $\sigma_i^2 = \sigma^2$ for all i	X^2 (6) = 46.67***	Heteroskedasticity present

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการทดสอบความเหมาะสมของแบบจำลอง Panel พบว่า ค่า Hausman Test (Prob > X^2 = 0.1668) และ Breusch-Pagan LM Test (Prob > X^2 = 1.000) สนับสนุนการใช้ Pooled OLS Regression แทน Fixed หรือ Random Effects Model ขณะที่ Wooldridge Test (Prob > F = 0.8234) ไม่พบปัญหา Autocorrelation แต่ Modified Wald Test (X^2 = 46.67, $p < 0.01$) พบปัญหา Heteroskedasticity อย่างมีนัยสำคัญ จึงเลือกใช้วิธี FGLS ในการประมาณค่าเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวและเพิ่มประสิทธิภาพของแบบจำลอง



ตารางที่ 4 แสดงแบบจำลองการประมาณค่าแบบพหุคูณ

VARIABLES	(1) Pooled OLS Estimation	(2) Fixed Effects (Robust)	(3) Random Effects (Robust)	(4) FGLS Regression: Heteroskedastic with Cross-sectional
$\Delta \ln$ Foreign Direct Investment (% GDP)	0.00304 (0.00404)	0.00243 (0.00249)	0.00304 (0.00286)	0.00212 (0.00181)
$\Delta \ln$ Energy Consumption (kWh/person)	0.61122*** (0.09198)	0.63953** (0.22393)	0.61122*** (0.23107)	0.65607*** (0.06746)
$\Delta \ln$ GDP (constant 2015 USD/capita)	0.79877 (0.70192)	0.53704 (0.88513)	0.79877 (0.49905)	0.93225* (0.53833)
$\Delta \ln$ GDP Squared (constant 2015 USD/capita)	-0.01686 (0.03570)	0.00128 (0.03839)	-0.01686 (0.01563)	-0.04072 (0.02720)
$\Delta \ln$ Industry Sector Share (% GDP)	0.02633 (0.09998)	-0.01628 (0.14939)	0.02633 (0.15387)	0.12401** (0.05858)
$\Delta \ln$ Government Expenditure (% GDP)	0.07019 (0.06690)	0.09654** (0.03337)	0.07019* (0.04088)	0.01095 (0.04919)
$\Delta \ln$ Tax Revenue (% GDP)	-0.03738 (0.02849)	-0.03917 (0.03061)	-0.03738 (0.03366)	-0.01818 (0.01734)
Constant	-0.01432*** (0.00381)	-0.01854*** (0.00381)	-0.01432*** (0.00562)	
Observations	132	132	132	132
R ²	0.6206	0.5689	0.621	
Adjusted R ²	0.599	0.545	0.565	
Root MSE	0.0295	0.0285	0.0295	

จากตารางที่ 4 พบว่า การศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากหกเขตเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ในช่วงปี 2001-2023 เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจ โดยวิเคราะห์ผ่านแนวคิด Pollution Haven Hypothesis, FDI–Income–Energy–Environment Nexus และ Environmental Kuznets Curve (EKC) ผลลัพธ์จากแบบจำลองเชิงเศรษฐมิติ ซึ่งประกอบด้วย Pooled OLS, Fixed Effects, Random Effects และ Feasible Generalized Least Squares (FGLS) สามารถสรุปได้ดังนี้ ผลกระทบของการลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) ผลการศึกษาพบว่า การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ในทุกแบบจำลองที่วิเคราะห์ โดยค่าสัมประสิทธิ์ใน Pooled OLS และ Random Effects มีทิศทางบวก



เล็กน้อยแต่ไม่มีความชัดเจนทางสถิติ ซึ่งบ่งชี้ว่า FDI ในกลุ่มประเทศดังกล่าวไม่ได้ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการปล่อยก๊าซเรือนกระจกอย่างมีนัยสำคัญในช่วงเวลาที่ศึกษา

ต่อมาผลกระทบของการบริโภคพลังงาน มีผลกระทบเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะในแบบจำลอง FGLS (0.656***) ผลลัพธ์นี้สอดคล้องกับแนวคิด FDI–Income–Energy–Environment Nexus ซึ่งชี้ให้เห็นว่า การใช้พลังงานเป็นตัวขับเคลื่อนหลักในการเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในภูมิภาคนี้ ถัดมาผลกระทบของระดับรายได้ประชาชาติ ตัวแปรรายได้ประชาชาติ แสดงความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์อย่างมีนัยสำคัญเฉพาะในแบบจำลอง FGLS (0.932*) ในขณะที่ GDP² แสดงค่าสัมประสิทธิ์ลบในทุกแบบจำลอง แต่ไม่พบความมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสนับสนุนบางส่วนต่อแนวคิด Environmental Kuznets Curve (EKC) ที่ระบุว่า การเติบโตทางเศรษฐกิจในระยะเริ่มต้นจะนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก่อนที่จะลดลงเมื่อรายได้เพิ่มขึ้นถึงระดับที่เหมาะสม ถัดมาบทบาทของภาคอุตสาหกรรม สัดส่วนภาคอุตสาหกรรม (% GDP) มีผลเชิงบวกและมีนัยสำคัญในแบบจำลอง FGLS (0.124**) ซึ่งบ่งบอกว่า การเติบโตของภาคอุตสาหกรรมเป็นหนึ่งในปัจจัยสำคัญที่ทำให้การปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้น และสุดท้าย ผลกระทบของเครื่องมือทางการคลัง ได้แก่ การใช้จ่ายภาครัฐ % (GDP) มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ใน Random Effects (0.070*) แสดงให้เห็นว่าการขยายตัวของการใช้จ่ายภาครัฐอาจก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกิจกรรมทางเศรษฐกิจที่ใช้ทรัพยากรและพลังงานมากขึ้น ดังเขียนสมการพยากรณ์ของแต่ละแบบจำลองเศรษฐกิจ ดังนี้

สมการที่ 1 แบบจำลอง (Pooled OLS)

$$\Delta \ln \text{CO}_2 = -0.01432 + 0.61122 \Delta \ln \text{ENC} + \varepsilon_{it}$$

สมการที่ 2 แบบจำลอง Fixed Effects)

$$\Delta \ln \text{CO}_2 = -0.01854 + 0.63953 \Delta \ln \text{ENC} + 0.09654 \Delta \ln \text{GEXP} + \varepsilon_{it}$$

สมการที่ 3 แบบจำลอง (Random Effects)

$$\Delta \ln \text{CO}_2 = -0.01432 + 0.61122 \Delta \ln \text{ENC} + 0.07019 \Delta \ln \text{GEXP} + \varepsilon_{it}$$

สมการที่ 4 แบบจำลอง (FGLS Regression with Heteroskedastic & Cross-

sectional)

$$\Delta \ln \text{CO}_2 = 0.65607 \Delta \ln \text{ENC} + 0.93225 \Delta \ln \text{GDP} + 0.12001 \Delta \ln \text{INDUS} + \varepsilon_{it}$$

การศึกษาพบว่า การบริโภคพลังงานและการพัฒนาอุตสาหกรรมเป็นปัจจัยหลักที่เพิ่มการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชียตะวันออก แต่ FDI และเครื่องมือทางการคลังยังมีบทบาทจำกัดในการควบคุมมลพิษ



ตารางที่ 5 แสดงการวิเคราะห์ผลกระทบรายประเทศ

VARIABLES	High income			Upper middle income		
	Japan	South Korea	Singapore	China	Indonesia	Thailand
$\Delta \ln \text{ FDI}$	-0.00314 (0.00251)	-0.0122 (0.00862)	0.00409 (0.0186)	-0.00507 (0.0124)	0.00941 (0.0087)	-0.00029 (0.00541)
$\Delta \ln \text{ ENC}$	-0.365 (0.361)	1.235*** (0.252)	0.170 (0.149)	0.628* (0.341)	0.900*** (0.162)	0.629** (0.235)
$\Delta \ln \text{ GDP}$	137.0** (51.89)	-4.492 (6.864)	-8.502 (4.893)	2.248 (1.973)	-3.589 (9.233)	4.673 (6.582)
$\Delta \ln \text{ GDP}^2$	-6.316** (2.431)	0.223 (0.343)	0.402* (0.210)	-0.0984 (0.114)	0.240 (0.502)	-0.223 (0.332)
$\Delta \ln \text{ INDUS}$	-0.319 (0.237)	0.289 (0.269)	0.129 (0.149)	0.833** (0.382)	-0.144 (0.224)	-0.0625 (0.237)
$\Delta \ln \text{ GEXP}$	1.033** (0.389)	0.0545 (0.188)	0.201** (0.0844)	0.421** (0.181)	0.114 (0.175)	0.244 (0.151)
$\Delta \ln \text{ TAX}$	-0.362 (0.234)	0.00351 (0.0310)	-0.0851 (0.0625)	-0.0364* (0.0180)	-0.207* (0.110)	-0.0469 (0.0645)
Constant	-0.0377*** (0.0108)	-0.0178 (0.0129)	-0.0257*** (0.00553)	-0.0126 (0.0252)	-0.0287** (0.0111)	-0.0107 (0.0102)
R^2	0.701	0.867	0.623	0.867	0.784	0.796
Adjusted R^2	0.552	0.800	0.435	0.801	0.676	0.693
Root MSE	0.0217	0.0155	0.0296	0.0204	0.0377	0.0163
F-statistic	12.88	25.04	12.85	27.45	18.10	9.860
Durbin-Watson	1.982	1.067	1.727	2.278	2.139	2.980

Robust standard errors in parentheses, *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

จากตารางที่ 5 พบว่า การวิเคราะห์ผลกระทบรายประเทศสะท้อนความแตกต่างระหว่างกลุ่มประเทศตามระดับการพัฒนาในกลุ่มประเทศรายได้สูง ญี่ปุ่นแสดงหลักฐานสนับสนุน Environmental Kuznets Curve อย่างชัดเจนผ่านค่าสัมประสิทธิ์ของ GDP (137.0**) และ GDP² (-6.316**) สะท้อนว่าการพัฒนาเศรษฐกิจในระยะยาวนำไปสู่การลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แม้การใช้จ่ายภาครัฐจะมีผลบวก (1.033**) เกาหลีใต้พบเพียงผลกระทบของการใช้พลังงาน (1.235**) สอดคล้องกับโครงสร้างอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานเข้มข้น ขณะที่สิงคโปร์มีลักษณะเฉพาะคือ พบผลบวกทั้งจากการใช้จ่ายภาครัฐ (0.201**) และ GDP² (0.402*) สะท้อนการเติบโตที่ยังผูกกับการปล่อยมลพิษสำหรับกลุ่มรายได้ปานกลาง จีนแสดงให้เห็นผลกระทบของการพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างชัดเจนทั้งจากการใช้พลังงาน (0.628*) การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม (0.833**) และการใช้จ่ายภาครัฐ (0.421**) แต่นโยบายภาษีเริ่มแสดงประสิทธิผลในการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (-0.0364*) อินโดนีเซียพบผลกระทบสูงสุดจากการใช้พลังงาน (0.900***) สะท้อนการพึ่งพาพลังงานฟอสซิล แต่มาตรการภาษีมีประสิทธิผลชัดเจน (-0.207*) ส่วนไทยพบเฉพาะผลกระทบจากการใช้พลังงาน (0.629**) แสดงถึงความท้าทายในการปรับโครงสร้างการใช้พลังงาน โดยสรุปผลการศึกษาราย



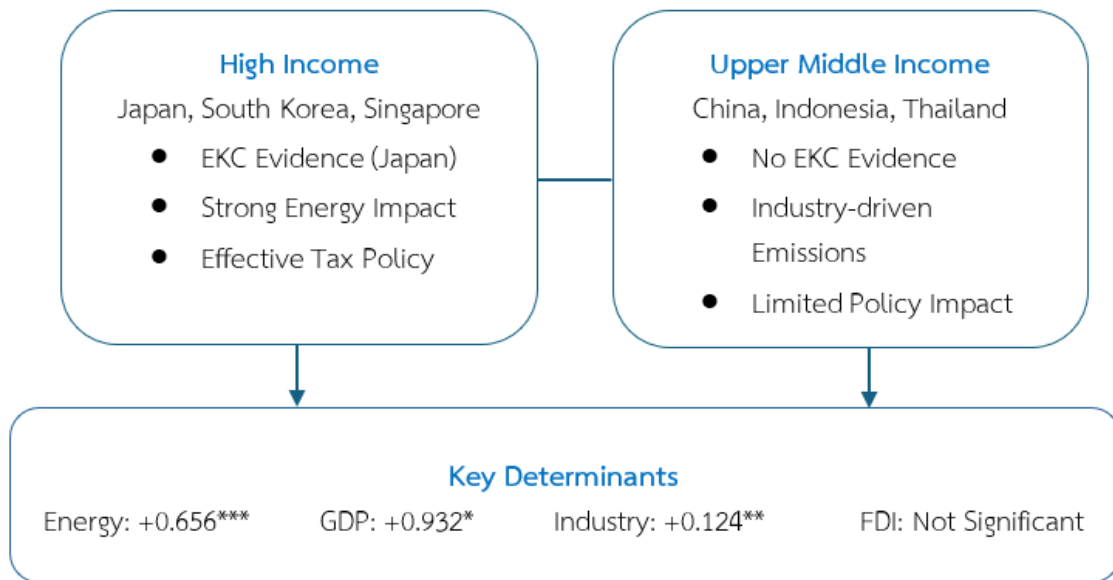
ประเทศนี้ชี้ให้เห็นว่า การใช้พลังงานเป็นปัจจัยหลักในประเทศรายได้ปานกลาง ในขณะที่นโยบายภาษีเริ่มแสดงประสิทธิผลในบางประเทศ และมีเพียงญี่ปุ่นที่แสดงรูปแบบ EKC อย่างชัดเจน

อภิปรายผล

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจในเอเชียตะวันออกช่วงปี 2001-2023 เผยประเด็นสำคัญห้าประการ ได้แก่ ประการแรก การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศ (FDI) ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในทุกแบบจำลอง สอดคล้องกับ Zhu et al. (2016) ที่พบว่า ผลกระทบของ FDI จะแตกต่างกันตามบริบทของประเทศ ขณะที่ประเทศที่มีการปล่อยมลพิษต่ำมีแนวโน้มเผชิญกับ Pollution Haven ผลลัพธ์นี้ชี้ให้เห็นว่า นโยบายการส่งเสริม FDI ในภูมิภาคนี้ควรคำนึงถึงลักษณะเฉพาะของแต่ละประเทศ ประการที่สอง การบริโภคพลังงานแสดงผลบวกอย่างมีนัยสำคัญ (สัมประสิทธิ์ FGLS: 0.65607) สะท้อนความสัมพันธ์ตามแนวคิด FDI-Income-Energy-Environment Nexus การศึกษานี้สอดคล้องกับงานของ Baek (2016) และ Cabañero (2023) ที่พบว่า การใช้พลังงานเป็นตัวขับเคลื่อนหลักของการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศกำลังพัฒนาที่ยังพึ่งพาพลังงานฟอสซิลเป็นหลัก ประการที่สาม การศึกษาพบหลักฐานสนับสนุน Environmental Kuznets Curve (EKC) เฉพาะในญี่ปุ่น ($GDP: 137.0, GDP^2: -6.316$) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Cabañero (2023) และ Saboori & Sulaiman (2013) ที่พบความสัมพันธ์แบบ Inverted U-shaped ในประเทศรายได้สูง ประการที่สี่ ด้านนโยบายการคลัง การศึกษาพบว่า การใช้จ่ายภาครัฐมีผลบวกต่อการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ภาษีคาร์บอนช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพในจีน (-0.0364) และอินโดนีเซีย (-0.207) สอดคล้องกับ Akbar et al. (2021) และ Mughal et al. (2021) ที่เน้นความสำคัญของการออกแบบเครื่องมือทางการคลังที่เหมาะสมกับระดับการพัฒนาของแต่ละประเทศ และประการที่ห้า การบรรลุเป้าหมาย Net Zero มีความท้าทายแตกต่างกันตามระดับการพัฒนา โดยประเทศรายได้สูงอย่างญี่ปุ่นและเกาหลีใต้ ต้องมุ่งลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากระดับสูง (9.46 และ 11.57 ตันต่อหัว) ขณะที่ประเทศกำลังพัฒนาเผชิญความท้าทายในการสร้างสมดุลระหว่างการเติบโตทางเศรษฐกิจกับการรักษาสีเขียว สอดคล้องกับ Bashir (2022) ที่เน้นความสำคัญของการออกแบบนโยบายที่คำนึงถึงบริบทเฉพาะของแต่ละประเทศ

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

การศึกษานี้นำเสนอองค์ความรู้ใหม่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการพัฒนาเศรษฐกิจและการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเอเชียตะวันออก ผลการศึกษานี้ให้ความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างกลุ่มประเทศตามระดับการพัฒนา โดยพบหลักฐานสนับสนุนสมมติฐาน Environmental Kuznets Curve เฉพาะในญี่ปุ่น ซึ่งเป็นประเทศรายได้สูงที่มีความก้าวหน้าด้านนโยบายสิ่งแวดล้อม ในขณะที่กลุ่มประเทศรายได้ปานกลางระดับบน โดยเฉพาะจีน อินโดนีเซีย และไทย ยังคงพบการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ขับเคลื่อนโดยภาคอุตสาหกรรมและการใช้พลังงาน การวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง FGLS แสดงให้เห็นว่า ปัจจัยกำหนดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่สำคัญ ได้แก่ การบริโภคพลังงาน (0.656^{***}) การเติบโตทางเศรษฐกิจ (0.932^*) และโครงสร้างอุตสาหกรรม (0.124^{**}) ในขณะที่การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศไม่พบนัยสำคัญทางสถิติ



แผนภาพที่ 2 แสดงรูปแบบความเชื่อมโยงระหว่าง FDI-Income-Energy-Environment-Fiscal Policy ในเอเชียตะวันออก

สะท้อนให้เห็นว่า การพัฒนานโยบายสู่ความเป็นกลางทางคาร์บอนจำเป็นต้องคำนึงถึงระดับการพัฒนาที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะการมุ่งเน้นการเปลี่ยนผ่านสู่พลังงานสะอาด การออกแบบเครื่องมือทางการคลังที่เหมาะสม และการส่งเสริมการลงทุนในอุตสาหกรรมที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม องค์ความรู้นี้มีความสำคัญต่อการพัฒนานโยบายสิ่งแวดล้อมในภูมิภาคเอเชียตะวันออก โดยเฉพาะในบริบทของการบรรลุเป้าหมาย Net Zero ที่แต่ละประเทศได้ประกาศไว้

สรุป

การศึกษานี้นำเสนอหลักฐานเชิงประจักษ์ที่สำคัญเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์กับปัจจัยทางเศรษฐกิจในหกเขตเศรษฐกิจเอเชียตะวันออก โดยใช้แบบจำลอง Panel Data และ FGLS ในการวิเคราะห์ข้อมูลช่วงปี 2001-2023 ผลการศึกษาพบว่า การบริโภคพลังงานเป็นปัจจัยขับเคลื่อนหลักของการปล่อยมลพิษ โดยเฉพาะในกลุ่มประเทศรายได้ปานกลางที่พึ่งพาพลังงานฟอสซิล ขณะที่ญี่ปุ่นประสบความสำเร็จในการควบคุมมลพิษผ่านการพัฒนาเทคโนโลยีและการปรับโครงสร้างเศรษฐกิจ สอดคล้องกับแนวคิด Environmental Kuznets Curve ในประเด็นเครื่องมือทางการคลังโดยเฉพาะนโยบายภาษีแสดงผลในการลดการปล่อยคาร์บอนเฉพาะในจีนและอินโดนีเซียที่มีความพร้อมด้านการบริหารจัดการ อย่างไรก็ตาม การลงทุนโดยตรงจากต่างประเทศไม่แสดงผลกระทบที่ชัดเจน สะท้อนข้อจำกัดของกลไกการถ่ายทอดเทคโนโลยีในภูมิภาค อย่างไรก็ตาม ผลการศึกษาชี้ว่าการบรรลุเป้าหมายความเป็นกลางทางคาร์บอนต้องอาศัยการผสมผสานนโยบายที่เหมาะสมกับระดับการพัฒนา ทั้งการปรับโครงสร้างพลังงาน การพัฒนาเครื่องมือทางการคลัง และการเสริมสร้างความร่วมมือระดับภูมิภาค ซึ่งจะเป็นกลไกสำคัญในการขับเคลื่อนเอเชียตะวันออกสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน



ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

จากผลการศึกษา หน่วยงานกำหนดนโยบายควรดำเนินการสามประการ ประการแรก เร่งปรับโครงสร้างการบริโภคพลังงานสู่พลังงานสะอาด โดยเฉพาะในประเทศรายได้ปานกลางที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูง ประการที่สอง พัฒนาเครื่องมือการคลังที่เหมาะสม การปรับอัตราภาษีคาร์บอน การสนับสนุนการลงทุนในเทคโนโลยีสะอาด และการให้สิทธิประโยชน์ทางภาษีแก่อุตสาหกรรมสีเขียว และประการที่สาม ออกแบบนโยบายที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจของแต่ละประเทศ

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

การวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นสามประเด็น ได้แก่ การวิเคราะห์ผลกระทบของนวัตกรรมทางการเงินเพื่อสิ่งแวดล้อมและกลไกตลาดคาร์บอน การประเมินต้นทุน-ผลประโยชน์ของการจัดการคลังในระดับอุตสาหกรรม และการพัฒนาแบบจำลองเศรษฐกิจที่ซับซ้อนขึ้น เช่น Panel Threshold Regression หรือ Dynamic Panel GMM เพื่อจับความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นและแก้ปัญหา Endogeneity

เอกสารอ้างอิง

- Akbar, M. W., Yuelan, P., Maqbool, A., Zia, Z., & Saeed, M. (2021). The nexus of sectoral-based CO₂ emissions and fiscal policy instruments in the light of Belt and Road Initiative. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32493-32507. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13040-3>
- Baek, J. (2016). A new look at the FDI–income–energy–environment nexus: Dynamic panel data analysis of ASEAN. *Energy Policy*, 91, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.12.045>
- Bashir, M. F. (2022). Discovering the evolution of Pollution Haven Hypothesis: A literature review and future research agenda. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(32), 48210-48232. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-20782-1>
- Cabañero, J. G. (2023). Do financing sources affect CO₂ emissions? The case of growing ASEAN. *SOUTHEAST ASIAN JOURNAL OF ECONOMICS*, 11(1), 159-187. <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/saje/article/view/264583>
- Cole, M. A., & Elliott, R. J. R. (2005). FDI and the Capital Intensity of “Dirty” Sectors: A Missing Piece of the Pollution Haven Puzzle. *Review of Development Economics*, 9(4), 530-548. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2005.00292.x>
- Grossman, G. M., & Krueger, A. B. (1995). Economic growth and the environment. *The quarterly journal of economics*, 110(2), 353-377. <https://doi.org/10.2307/2118443>



- Heidari, H., Katircioğlu, S. T., & Saeidpour, L. (2015). Economic growth, CO2 emissions, and energy consumption in the five ASEAN countries. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 785-791. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.07.081>
- Kuznets, S. (1955). International differences in capital formation and financing. In *Capital formation and economic growth* (pp. 19-111): Princeton University Press.
- Mahadevan, R., & Suardi, S. (2024). Globalisation, tourism and environmental kuznets curve. *Tourism Economics*, <https://doi:10.1177/13548166241295799>
- Mughal, N., Kashif, M., Arif, A., Guerrero, J. W. G., Nabua, W. C., & Niedbala, G. (2021). Dynamic effects of fiscal and monetary policy instruments on environmental pollution in ASEAN. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(46), 65116-65126. <https://doi:10.1007/s11356-021-15114-8>
- Nhuong, B. H., Hang, L. T. T., Thuy, D. T. T., Quang, P. T., & Anh, K. T. (2024). Investigating the Nexus Between Foreign Direct Investment and Sustainable Energy Transition: The Case of Vietnam. *Journal of Environmental Assessment Policy and Management*, 26(01), 2350023. <https://doi:10.1142/S1464333223500230>
- Omri, A., Nguyen, D. K., & Rault, C. (2014). Causal interactions between CO2 emissions, FDI, and economic growth: Evidence from dynamic simultaneous-equation models. *Economic Modelling*, 42, 382-389. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2014.07.026>
- Saboori, B., & Sulaiman, J. (2013). CO2 emissions, energy consumption and economic growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) countries: A cointegration approach. *Energy*, 55, 813-822. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.04.038>
- Shakiru, T. (2023). Dependence Between Foreign Direct Investment and Carbon Dioxide Emissions in East Africa: Bivariate Distributional Copula Regression Technique. *Asian Journal of Applied Economics*, 30(2), 54-79. <https://so01.tci-thaijo.org/index.php/AEJ/article/view/267374>
- Solarin, S. A., Al-Mulali, U., Musah, I., & Ozturk, I. (2017). Investigating the pollution haven hypothesis in Ghana: An empirical investigation. *Energy*, 124, 706-719. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.089>
- World Bank. (2023). *World Development Indicators*. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Yan, C., Ahmed, S., Solangi, Y. A., Alyamani, R., & Khoso, W. M. (2024). The nexus between foreign direct investment, economic progress, and quality of institutions in fostering sustainable energy efficiency: Evidence from BRICS economies. *Heliyon*, 10(14). <https://doi:10.1016/j.heliyon.2024.e34222>



- Zarsky, L. (1999). Havens, halos and spaghetti: untangling the evidence about foreign direct investment and the environment. *Foreign direct Investment and the Environment*, 13(8), 47-74.
- Zhu, H., Duan, L., Guo, Y., & Yu, K. (2016). The effects of FDI, economic growth and energy consumption on carbon emissions in ASEAN-5: Evidence from panel quantile regression. *Economic Modelling*, 58, 237-248. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2016.05.003>