

公益信託エスベック地球環境研究・技術基金

2021 年度 研究報告書

国際産業連関分析を用いた輸出財の生産・CO₂排出構造の
解明と時系列分析を通じた持続可能な輸出政策の提言

山形大学 人文社会科学部

時任翔平

はじめに

経済発展と環境保全を両立させる「持続可能な開発」という共通理念達成のために、一部の国だけではなく全ての国が協力して温室効果ガス排出削減等に対する効果的な環境政策を実施していく必要がある。各企業においても、消費者の環境意識の高まりと環境に対する企業責任や ESG 投資を考慮し、金銭的利益だけに捉われない包括的な企業価値が重要視される。そのために生産活動とその波及的な影響を正確にとらえる必要があるが、近年、生産の垂直的国際分業が発達し、国内での経済活動に付随する雇用・付加価値産出と排出責任の所在も国際化し非常に複雑になっている。地球温暖化というグローバルな問題の緩和と、貿易を通じた国際経済における地位の保持の両方を達成するためには、グローバルサプライチェーン全体を俯瞰し把握したうえで政策を決定することが重要である。

世界全体のサプライチェーンを把握するには多地域産業連関表を用いた産業連関分析が有用であり、例えばどの国の消費が複雑なサプライチェーンを通して別の国の環境汚染に影響を与えているのかといったような解析が可能となる。しかし、産業連関分析の多くが「消費」と「生産・排出」の関係を明らかにするものであり、その途中にある取引構造の分析は発展途上である。近年では国際取引構造をネットワークと捉え、重要な取引を抽出する技法が開発されている。また、PM_{2.5}のような越境汚染が伴うものには大気循環モデルが組み合わせられるなど、グローバルサプライチェーンネットワーク構造の分析は環境・情報・経済と学際的な研究課題となっている。

本研究では上述した研究に精通している土中哲秀氏・永島史弥氏（共同研究者）と協力することにより、ネットワーク研究・国際産業連関の知見を基に、新しいフレームワークを用いてサプライチェーン構造を解明し非常に精緻かつ明解な結論を提示した。具体的には既存の付加価値貿易分析、環境産業連関分析とネットワーク分析を統合し、「どの財」の「どの国」への輸出が「どこ」で「どれほどの価値」と「どれほどの CO₂ 排出」を生み出すのかを詳細に分析するフレームワークを提案した。さらに構造分解分析を応用した時系列分析を用いることで、リーマンショック等様々な要因を通して各国の輸出が生み出す付加価値・CO₂排出がどのような要因でどのように変わったのかを定量的に分析した。具体的には時系列での付加価値創出額・CO₂排出量変化を、各産業の付加価値率・排出強度に関わる「技術の変化」、輸出財の上流のサプライチェーン構造である「後方連関変化効果」、輸出財が相手国の生産において相対的にどれほど重要かを示す「相対輸出効果」、輸出先の財がグローバルサプライチェーンでどれだけ需要されるかを示す「前方連関変化効果」、経済規模自体の変化を示す「最終需要効果」に分解した。本手法の開発により経済事象による具体的かつ定量的な影響を明らかにし、今後の経済的な地域統合やサプライチェーンの再編成を考慮しながら持続可能な輸出政策について提言した。

輸出財の誘発付加価値とグローバルサプライチェーンにおける位置の時系列分析

本研究では各国各産業の輸出取引に伴う付加価値生産額の変化を「サプライチェーン構造の変化」と付加価値率、経済規模の「量的変化」に分解する新しい構造分解フレームワークを構築した。これによって各年の輸出付加価値変化額が輸出の「上流の変化」、つまり輸出財生産のサプライチェーン構造変化によるものなのか、それとも輸出の「下流の変化」、つまり輸出財に対する世界の需要構造の変化なのか新しいフレームワークを通してみることができるようになる。各生産工程における海外委託や現地生産・供給が増加した現代において、中間財輸出に関わるグローバルサプライチェーン全体の構造把握は非常に重要である。

本研究ではまず輸出額から輸出付加価値額を抽出する。その際、既存の中間財輸出付加価値額 (Koopman et al., 2014) とは定義を変えていることに注意されたい。輸出付加価値額を用いる理由として、付加価値生産の二重計上が上げられる。財を生産する際、投入された労働者への賃金や税金などの付加価値が原料費に上乘せされるが、その財が中間財である場合、下流の財の価格に内包され、下流に行くほど上流の付加価値額が上乘せされている。例えば鉄鋼を輸出し、その鉄鋼を使った部品を輸入して自動車を生産し輸出した場合、輸出額には鉄鋼生産の付加価値が自動車輸出時にもう一度計上されていることになる。そのため、経済活動の尺度としては付加価値が望ましい。本研究では World input-output tables 2016 年版 (Dietzenbacher et al., 2013; Timmer et al., 2015; Timmer et al., 2016) の 2000-2014 年表を GRAS 法 (Junius and Oosterhaven, 2003; Lenzen et al., 2007) を用いて 2014 年価格で実質化し、各年の輸出付加価値額に新しいフレームワークを応用した。

図 3 は輸出付加価値額の変化と構造分解結果である。バツ印と実線が付加価値額変化額を示しており、棒グラフが各分解結果になっている。青色の棒グラフは付加価値係数の変化による効果を示している。全体的に安定していないが 2000 年から 2014 年にかけては増加している。紫の棒グラフは最終消費変化の効果、つまり世界の経済規模の効果を示している。総変化の中で最も影響が大きく、全体として経済が発達していることがわかるが、2008 年のリーマンショックの影響で増加幅は若干減少している。緑色の棒グラフは輸出先における当該国輸出財の投入割合の変化による効果 (相対輸出効果) であり、2004 年以降マイナスが続いている。日本の輸出財が世界の中間財市場において影響力が小さくなっており、特に震災のあった 2011 年には東北に集中していた基幹部品の工場が被害を受け、大きなマイナス要因になっている。橙色の棒グラフは輸出財生産の国内サプライチェーンの変化による効果 (後方連関変化効果) であり、相対輸出効果と同じく、震災による影響が国内サプライチェーンに大きな影響を与えている。赤色の棒グラフは輸出先の需要構造の変化による効果 (前方連関変化効果) を示しており、リーマンショック以降プラスからマイナスに転じている。これは主要輸出先である欧米諸国が大きなダメージを受けたことが理由として考えられる。貿易協定を通して相対輸出の強化と下流の国と連携した供給拡大の必要がある。

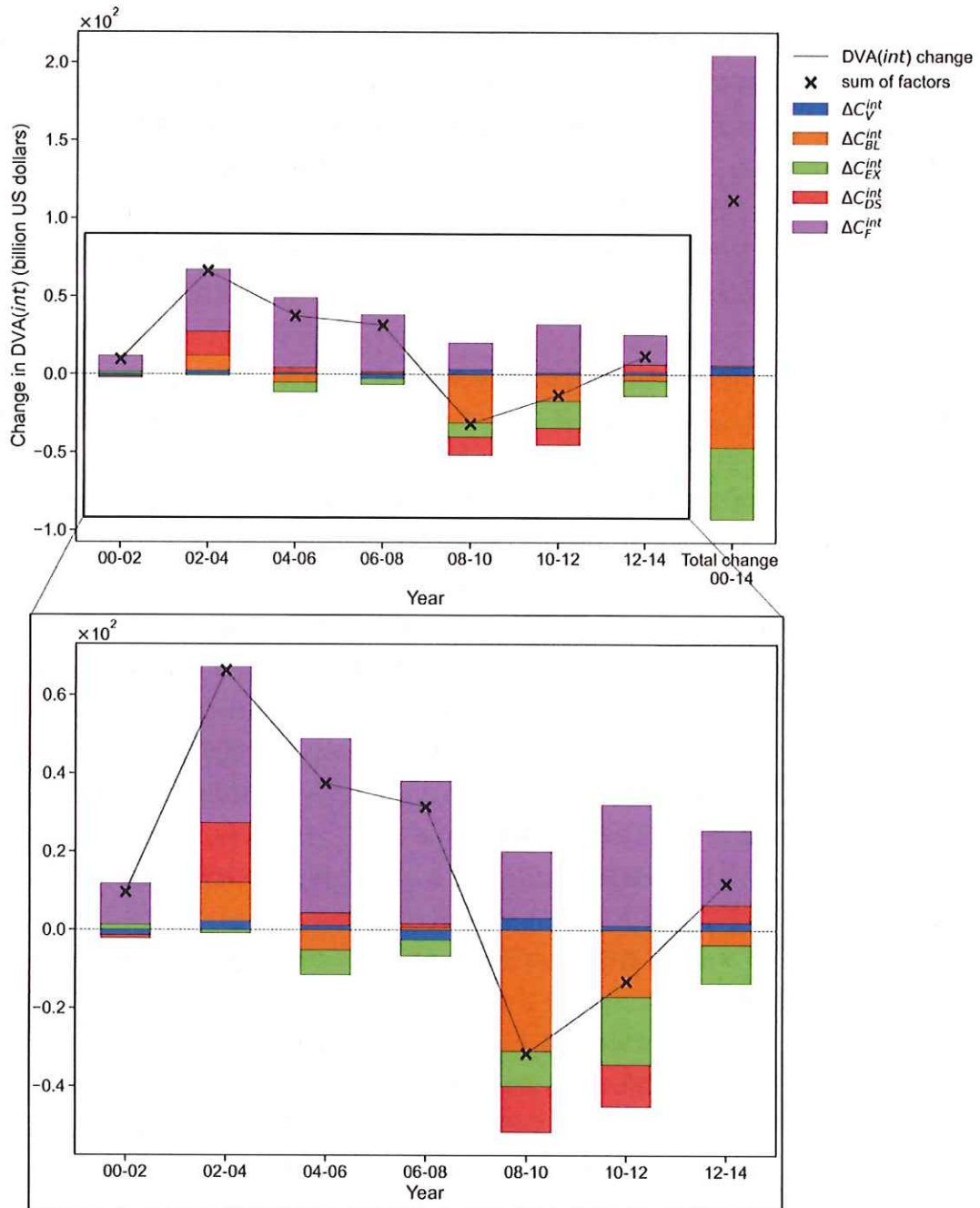


図3. 輸出付加価値額の変化と構造分解

輸出財の誘発 CO₂ 排出量とグローバルサプライチェーンにおける位置の時系列分析

本研究では上述の各輸出取引に関わるサプライチェーンを通じた排出量について、付加価値分析で用いた手法を応用し、時系列分析を行った。各輸出取引の含まれるサプライチェーンにおいて、上流・下流のサプライチェーン構造の変化が排出量に影響を与えているのか、それとも排出係数・経済規模が影響を与えているのか、GRAS法を用いて2014年価格で実質化したWorld input-output tablesの2000-2014年表を用いて定量的に分析を行った。

図4は日本の輸出取引に伴うCO₂排出量の変化を示している最終財輸出に伴う排出量と比較して中間財輸出の割合は大きく成長している。特に中間財輸出に伴う国外での排出量(FE)は大きく成長しており、輸出中間財の生産における国外生産品の役割が大きくなっていることがわかる。

産業別に見た結果が図5であり、点が2000年から2014年にかけての排出量の変化を示しており、棒グラフは各効果を示している。いずれも最終需要の変化(経済規模効果)が大きくプラスに寄与しており、その他の効果については産業ごとに異なる。国内輸出産業においては金属が最も排出量を伸ばしており、経済規模以外にも下流取引の変化(前方連関変化効果)が増加に寄与している。その一方で相対輸出の変化(相対輸出効果)は大きく減少に寄与しており、輸出先(中国など)の世界的な需要は大きくなっているが輸出先における日本の財の役割が小さくなっている方が大きいことがわかる。これは非金属鉱物産業や水上輸送産業にもみられる。化学製品においては相対輸出効果の減少を前方連関変化効果が上回っており、需要を伸ばしている。

図6は付加価値の変化とCO₂排出量の変化を示している。2000年から2014年にかけて付加価値は伸びているものの、金属や化学製品のように大きく排出量を伸ばしている産業とコンピュータや自動車製造の様に付加価値を大きく伸ばしている産業に分けることができる。コンピュータや自動車製造産業は上流サプライチェーンが海外に移転しているものの、海外からの中間需要の伸びが国内付加価値の創出に大きく寄与していた。化学製品は国内排出係数の改善による削減ポテンシャルが大きいですが、金属製品はサプライチェーンの海外移転によって国内付加価値の伸びが鈍化している一方で排出削減に貢献しており、輸出を通じた国内付加価値の成長と排出削減はトレードオフになっている。

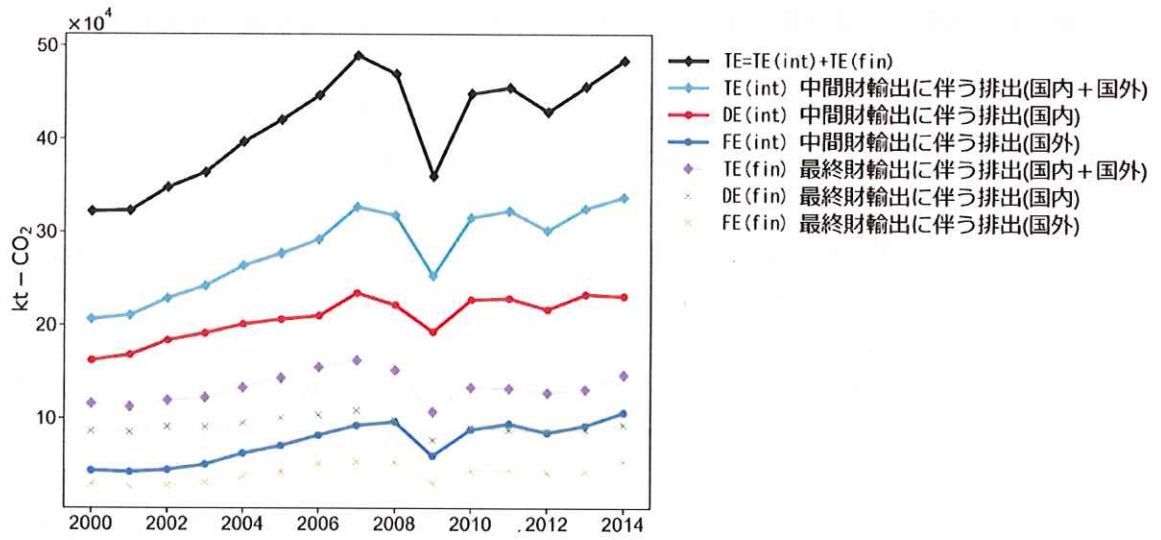


図 4. 日本の輸出取引に伴う CO₂ 排出量の変化

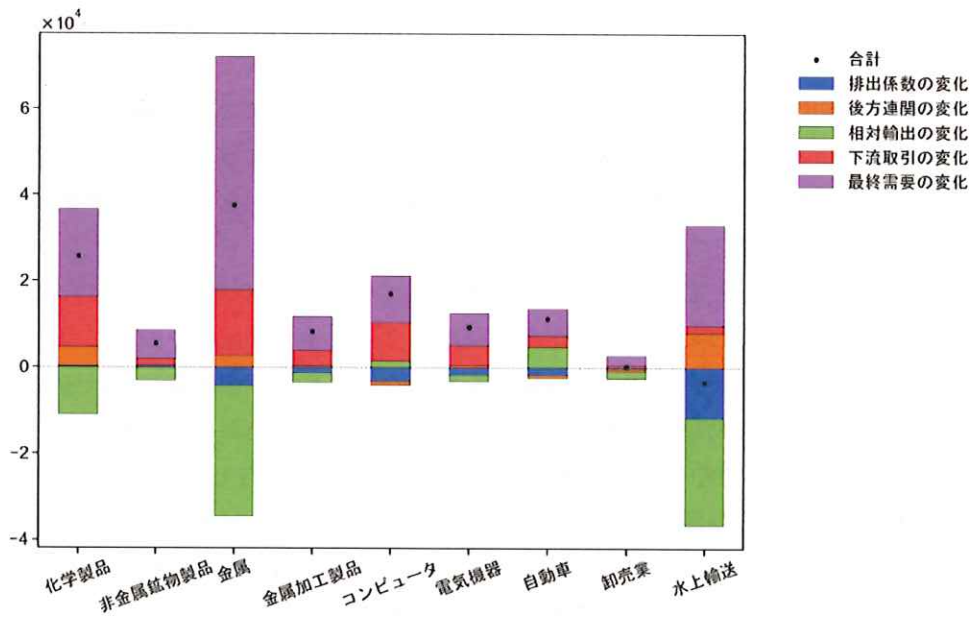


図 5. 日本の各輸出取引に伴う 2000-2014 年の CO₂ 排出量変化とその分解結果

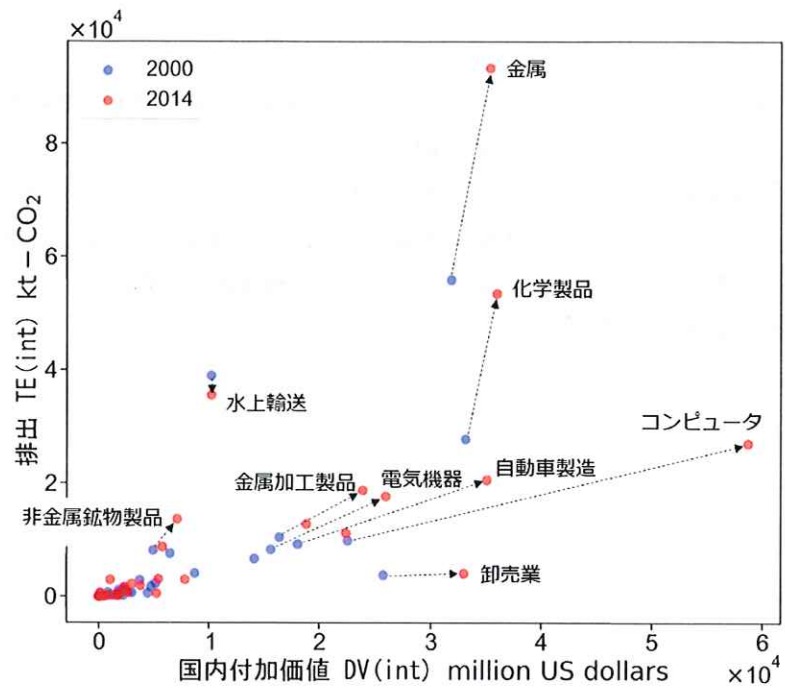


図 6. 日本の各輸取出引に伴う CO₂ 排出量変化と付加価値変化

今後の展望

本研究を通して、グローバルサプライチェーンの俯瞰と把握、そして時系列での分析フレームワークを構築し、付加価値と CO₂ 排出量というそれぞれ経済と環境の両面から分析を行った。本分析は輸出政策、気候変動緩和政策に提言できるものであり、また、企業の排出量勘定にも寄与できる。今後は CO₂ 排出量だけではなく資源利用や汚染物質などの環境データを用いて考察を深め、また、削減ポテンシャルや削減費用を導入することでより経済分析との整合性を高めていきたい。

本助成の研究成果

研究論文（国際誌にて査読中）

- [1] Tokito, S., Hanaka, T., Nagashima, F., “Carbon Footprint Analysis Based on the Structural Position in the Global Supply-Chain Networks”, SSRN 4113601, 2022.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4113601>

学会報告

[1] ○時任翔平、永島史弥、土中哲秀、「付加価値輸出の構造分解分析」、『第32回環太平洋産業連関分析学会』、東京、2021年10月30日-10月31日。

[2] ○土中哲秀、時任翔平、永島史弥、「サプライチェーンにおける位置を考慮した環境負荷分析」、『第32回環太平洋産業連関分析学会』、東京、2021年10月30日-10月31日。

[3] ○永島史弥、時任翔平、土中哲秀、「中間財輸出に伴うライフサイクルCO₂排出量の推定」、『第17回日本LCA学会研究発表会』、オンライン、2022年3月2日-3月4日。

参照

- [1] Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2013). The construction of world input-output tables in the WIOD project. *Economic Systems Research*, 25, 71–98.
- [2] Liang, S., Qu, S., Xu, M. (2016). Betweenness-based method to identify critical transmission sectors for supply chain environmental pressure mitigation, *Environ. Sci. & Technol.*, 50, 1330–1337. doi:10.1021/acs.est.5b04855.
- [3] Hanaka, T.; Kanemoto, K.; Kagawa, S. (2022). Multi-perspective structural analysis of supply chain networks. *Economic Systems Research*, 34, DOI 10.1080/09535314.2021.1883552.
- [4] Junius, T., & Oosterhaven, J. (2003). The solution of updating or regionalizing a matrix with both positive and negative entries. *Economic Systems Research*, 15(1), 87–96.
- [5] Koopman, R., Wang, Z., & Wei, S. (2014). Tracing value-added and double counting in gross exports. *American Economic Review*, 104(2), 259–94.
- [6] Lenzen, M., Wood, R., & Gallego, B. (2007). Some comments on the GRAS method. *Economic Systems Research*, 19(4), 461–465.
- [7] Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J.H., Theurl, M.C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., de Koning, A., Tukker, A. (2018). EXIOBASE 3: Developing a time series of detailed environmentally extended multi-regional input-output tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22, 502–515; DOI 10.1111/jiec.12715.
- [8] Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J.H., Theurl, M.C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., de Koning, A., Tukker, A. (2021). EXIOBASE 3 (3.8.1) [Data set]. Zenodo. DOI 10.5281/zenodo.4588235.
- [9] Timmer, M. P., Dietzenbacher, E., Los, B., Stehrer, R., & de Vries, G. J. (2015). An illustrated user guide to the world input–output database: The case of global automotive production. *Review of International Economics*, 23, 575–605.
- [10] Timmer, M. P., Los, B., Stehrer, R., & de Vries, G. J. (2016). An anatomy of the global trade slowdown based on the WIOD 2016 release. *GGDC research memorandum number 162*, University of Groningen.

[11] Tokito, S., Nagashima, F., Hanaka, T., “Changes in Domestic Value Added from Exports: A Structural Decomposition Approach”, SSRN 4057270, 2022.
<https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4057270>