



WINPEC Working Paper Series No. J1408  
February 2015

経済発展を介した産業生態学

中村慎一郎

現代政治経済研究所  
(Waseda INstitute of Political Economy)

早稲田大学

## 経済発ゴミ經由産業エコロジー

### From Economics to Industrial Ecology via Waste

中村慎一郎

Shinichiro Nakamura

早稲田大学政治経済学術院, 名古屋大学エコトピア科学研究所

nakashin@waseda.jp

このたび、日本 LCA 学会から廃棄物産業連関分析(WIO)の開発と普及に対し、功績賞を頂くことになった。光栄である。折角の機会なので、この手法の開発・着想に至った経緯などを個人的回想も含め紹介する。若い方々の参考にでもなれば幸いである。

産業連関分析との本格的出会いは卒論演習だった。受験なしに「ところ天式」に経済学部に進んでは見たがピンと来ない日々が続く中、大型計算機も使う「計量経済学」に手応えを感じ、その流れで選んだ。卒論研究では欧州共同体(EU の前身)が公表した初の EU 産業連関表を使い、自給率の測定などを行った。当時の EU 文書は加盟国の言語で書かれていて、英語版はなかったが、ドイツ語に関心があったので翻訳は苦にならなかった。ところで、産業連関分析の創始者である W. Leontief の名前は高校 3 年時から知っていた。政経の教師が勧めた経済学入門の本で紹介されていたからである。上で「本格的出会い」とあるのはそのため。

時は移り大学院。ドイツ政府の奨学金を貰い、裸一貫で留学したのが Bonn 大学。幸い、ボスの W. Krelle に厚遇され、2 年目から研究員に採用され、産業連関時系列データを使ったモデル開発プロジェクトに関わるようになった。

留学して間もない 1979 年、オーストリアで開かれた産業連関の学会に出かけた。当時の最先端とされた D. Jorgenson の発表に会場がほぼ圧倒される中、一人立ち上がって真っ向から批判したのがほかならぬ Leontief その人。Jorgenson は特定化の自由度が高い 2 次近似式を用い、産業連関分析で使う投入(技術)係数を従来の固定係数としてではなく、価格の関数として統計的に推定する方法を提唱していた。Leontief の批判は、特定化をきちんと検討する代わりに自由度が高い 2 次近似式を安易に使う点にあった。そのときは解らなかったのだが、これは経済学で用いる定量的関係式に登場するパラメータを如何に同定するかに関わる根本的問題であると今では理解している。その理解の具現化が WIO 開発につながったと言つて過言ではない。

無事、博士の学位を取り、欧州に残ることも考えたが東京に戻って数年、今度はカナダのトロント大学に滞在

する機会を得た。当時の私は産業連関分析から離れ Jorgenson 流の生産性計測に取り組んでいた。ところが、ある学術誌の立ち上げに関連して NY 大学で Leontief と仕事をしていた Faye Duchin と知己を得、彼女の招きで NY を訪問した。その時、幸運にも Leontief と二人で話すことが出来た。何をしているかと聞かれ、生産性計測結果について説明した。辛抱強く聞いていた Leontief であったが、おしまいに「ところであなたが計測している産業部門、パルプや鉄や繊維の工場、を実際に見に行つたことはあるのか」と聞かれ面食らった。そのような質問をする経済学者に会ったことがなかったから、これは強烈だった。私に「現場を見ること知ること」の重要性を知らしめた貴重な一言である。当時一部でもはやされていた Jorgenson 流の方法論に疑問を持つようになった。

そのような流れの中、当時、下水汚泥リサイクルの産業連関分析に取り組んでいた Faye Duchin に産業連関分析でリサイクルを考えてみたらどうだと持ちかけられた。廃棄物と産業連関分析と現場主義がキーワードとして私の中で揃いつつあった。

カナダから戻った早大、同僚に制度面から廃棄物リサイクルに取り組み、政府委員としても活躍していた寄本勝美がいた(一昨年逝去)。廃棄物リサイクルに関心がある旨を話すと彼の著書をくれたり、頁を開いて先ず目に入ったのが廃棄物リサイクル現場でニコニコしている彼の写真。「現場主義」の真骨頂である。彼が役員をし、設立からの日も浅い廃棄物学会(当時の名称)の大会に出席してみたら、ゴミの写真のスライドで見せている。数式ばかりでせいぜいグラフや数字しか出てこない経済学となんたる違いがあることか。こんな面白いことを研究している人たちがいるのだと思った。

産業連関分析を環境やエネルギー分野に応用すること自体は 1990 年代には既に格段目新しいことではなかった。吉岡完治率いる慶応大学グループが世界的にも解像度の高い我が国産業連関表を元に二酸化炭素排出データベース開発と応用に着手し成果を挙げていた。こちらにはマンパワーもないし、競合しても勝ち目は無い。そこで未だ殆ど手が付けられていないが、今後、重要性が増すと考えられる廃棄物と廃棄物処理をテーマに選んだ。

経済学では廃棄物は財の goods に対して bads と言われる。定性的な経済学をやっている人は、この読み替えをした上で、「これまでの経済学が概ね使えます」で済むかもしれない。しかし、定量屋である私はモノとしての廃棄物とその処理における物理的投入・産出を知らなくてはならない。もちろん、どんなに分厚い経済学の教科書にもそんなことは書いてない。外部不経済だの市場の失敗だのと高度に一般的・抽象的・定性的議論は書いてあるが。

そこで始めたのが廃棄物処理現場を見に行くことである。寄本勝美から紹介された東京都の焼却工場を手始めに北海道にも足を伸ばし現場を見て回った。その一方、処理に関する技術書を読んだり、専門家を招いた講演会を開いたりもした<sup>2,3)</sup>。

廃棄物の排出を産業連関で考慮するのは二酸化炭素排出の考慮と同様、既存概念の拡張をせずに出来る。オランダ統計局が既に行っていた。しかし、廃棄物が出っぱなしではなく処理されるし、処理されても物質は保存されるから無くなるわけではない。処理された後の灰や残差をどうするか、きちんと見ないといけない。経済学はお金の収支には細かいが物質収支(保存則)には結構無頓着である。ミクロ経済学には「生産者の理論」というのがあるが、物質保存や廃棄物や歩留まりは出てこない。

更に、廃棄物や副産物はリサイクルの対象でもある。関西にある一般廃棄物を直接溶融して溶融スラグとメタルを得ている処理工場を見学した。前者は土木資材、後者はカウンターウェイトになる。このモノの流れを如何に産業連関分析の中で記述したら良いのか。又、投入物の組成が変わると処理に必要な薬品・電力投入も変わることがあるし、発生する蒸気や残渣の性状・量も変わる。

廃棄物や副産物と処理をどのように記述するのがもっとも単純明快で一般性を持つのか、試行錯誤の結果に行き着いたのが 2 次廃棄物・副産物を含むモノの流れを一般的に記述する廃棄物産業連関表とモデル計算で用いる廃棄物産業連関を区別し、廃棄物と処理の対応を表す配分係数行列で両者を結びつける方法であった。

方法論上の目処が立ったところで今度はこれを実際に使い物にするためにデータを整備しないとイケない。私より前に廃棄物産業連関(WIO)表を作った人はいないから、ゼロから始めないとイケない。一人研究室でマンパワーがないからいきなり基本表ベースのデータ開発などは出来ない。そこで、当時、高いリサイクル率で有名であり見学も行って若干のデータも持っていた北海道富良野市についてこぢんまりした試作品を作った<sup>4)</sup>。見通しがついたので、次の段階として、1990 年全国表を元に最初の廃棄物産業連関表(全国表)を推定し、廃棄物広域化処理

についてその経済効果・残渣量・温暖化ガス発生量を評価した<sup>5)</sup>。

次は廃棄物処理の投入産出関係と投入廃棄物の関係を如何に表すかである。廃棄物学会で知己を得た松藤敏彦を北大に訪ねると田中信寿らと開発した一般廃棄物処理プロセスのシステムモデル「北大モデル」のコピーをくれた。これは非線形モデルなので線型モデルである産業連関分析とは相性が悪そうである。しかし、収束計算をすれば対応できる。幸い、当時富山にいた近藤康之(現在、早大)の協力でこの点をクリアすることが出来た。完成したのが北大モデルを内包した廃棄物産業連関モデルである<sup>6)</sup>。一連の手法を WIO として命名した。

2001 年の第 1 回国際産業エコロジー学会(ISIE)で WIO を用いた家電リサイクル評価を発表したら会場にいた S. Suh に「あなたのしているのは hybrid LCA だ」と言われ自分が産業エコロジーに帰属することを知った。そのあと、SETAC, ISIE, エコバランス国際会議, LCM や欧州・北米の大学で多くの研究発表を行い WIO の発信・普及に努めてきた。データの制約から他国で WIO を開発するのは未だ難しいと聞かすが、豪州・スイス・台湾を始め関心を持つ大学院生は増えているようである。

近年の主な関心は金属マテリアルフローへの応用にある<sup>7,8)</sup>。特に、リサイクル段階における混合エントロピー増加による品質劣化とその結果としての開放系リサイクル問題に関心がある。精錬における分離可能性は熱力学の制約を受ける。しっかりした制約条件があればきちんとしたモデルを作ることが出来るはずである。熱力学パラメータから金属マテリアルフローモデルを如何に表していくか、興味が尽きない。勿論、金属冶金の事を知らずにこのような事は出来ない。可能にしているのは、長坂徹也(東北大学)等との数年来の生産的文理融合(学際)共同研究である<sup>9)</sup>。

多くの素晴らしい人たちに支えられて今回の受賞がある。この場を借りて深く感謝したい。(敬称略)

- 1) 寄本勝美, ごみとリサイクル, 岩波新書, 1990
- 2) [http://www.f.waseda.jp/nakashin/genseiken\\_j.html](http://www.f.waseda.jp/nakashin/genseiken_j.html)
- 3) [http://www.f.waseda.jp/nakashin/genseiken2\\_j.html](http://www.f.waseda.jp/nakashin/genseiken2_j.html)
- 4) S. Nakamura, First International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing, Proceedings, IEEE Computer Society (1999), 475-480
- 5) 中村慎一郎, 廃棄物学会論文誌 11, (2000).84-93
- 6) S Nakamura and Y Kondo, Journal of Industrial Ecology 6 (2002), 39-64
- 7) S Nakamura, K Nakajima, Y Kondo and T Nagasaka, Journal of Industrial Ecology, 11 (2007), 50-63

日本 LCA 学会第 7 回研究発表会[東京理科大学]における学会功績賞受賞講演 (2012 年 3 月 8 日)

- 8) S Nakamura, Y Kondo, K Matsubae, K Nakajima, T Nagasaka, Environmental Science & Technology, 45, (2010), 1114-1120
- 9) S Nakamura, Journal of Industrial Ecology 15 (2011) 661-663,