

## MF3 自然関連財務情報開示のための

### バリューチェーンを介した自然への依存度のネットワーク分析

Network Analysis of Dependencies on Nature through Value Chains to Support Nature-Related Financial Disclosures

指導教員 町村尚准教授・地球循環共生工学領域 28H22048 中平翼 (Tsubasa NAKAHIRA)

**Abstract:** The Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (TNFD) released the guidelines that help companies find interface with nature. This study aimed to identify material sectors by visualizing the value chains of ecosystem services (ESs) among 105 industrial sectors in Japan. The dependencies on forest ESs (CO<sub>2</sub> sequestration and logs) and farmland ESs (crops and livestock) were estimated using input-output analysis. Then, network centralities were employed to identify responsible (critical sector) and remarkable (hub sector) industrial sectors in value chains. The results showed the gap between the critical or hub sectors and the published TNFD reports in Japan. This process-based approach contributes to disclosures of value chains and dependencies on nature.

**Keywords:** TNFD, ecosystem services, network analysis, private sector, input-output analysis

#### 1. 背景と目的

生態系の保全や生態系サービス (Ecosystem Services, ESs) の持続的な利用のためにはビジネス界の取り組みが重要である<sup>1)</sup>。このため 2023 年 9 月に、自然関連財務開示タスクフォース (TNFD) が自然に関する情報を開示するフレームワークを公開し、産業と自然との接点を特定する Scoping のプロセスが重要であることを示した<sup>2)</sup>。本研究では日本国内の各産業部門のバリューチェーンの中で発生する ESs への依存度のネットワークを可視化し、情報開示が特に重要な産業部門を特定することを目的とした。

#### 2. 分析方法

##### 2.1 バリューチェーンを介した自然への依存度の推計

2005, 2010, 2015 年の日本の 105 産業部門を対象として、各部門自体の直接依存度とバリューチェーン上流での間接依存度 (上流への依存度) を産業連関分析で推計した (式 1)<sup>3)</sup>。森林の CO<sub>2</sub> 吸収調整サービスと丸太供給サービス、農地の耕種作物・家畜供給サービスの 4 種への依存度を対象とした。

$$e_{ij} = d(I - A)^{-1} \quad (\text{式 1})$$

ここで  $e_{ij}$  は ESs  $i$  の単位生産額当たりの産業部門  $j$  の ESs 総依存度ベクトル (unit yen<sup>-1</sup>)、 $d$  は単位生産額当たりの産業部門別直接 ESs ベクトル (unit yen<sup>-1</sup>)、 $(I - A)^{-1}$  は産業連関表<sup>4)</sup>から得られるレオンチェフ逆行列を表す。次に  $e_{ij}$  と産業連関表の中間投入と中間需要額から、間接的な自然への依存 (unit) の行列を求め、行和から産業部門  $j$  がバリューチェーンの下流へ分配した ESs (下流への分配) を算出した。下流への分配が上流への依存度の 1.5 倍以上を上流, 2/3 以下を下流, その他を中流部門と定義した。

##### 2.2 自然への依存のネットワーク上での各産業部門の役割の評価

積極的に情報開示に取り組むべき役割を持つ産業部門として、バリューチェーンを通じて ESs の依存と分配の総量が多い critical sector を近接中心性 ( $C(u)$ ) (式 2)、バリューチェーン上で他の産業部門の自然への依存を多く仲介する hub sector を媒介中心性 ( $c_B(v)$ ) (式 3) を重み付けした評価値で特定した。

$$C(u) = \frac{n-1}{\sum_{v=1}^{n-1} d(v,u)} \quad (\text{式 2}) \quad c_B(v) = \sum_{s,t \in V} \frac{\sigma(s,t|v)}{\sigma(s,t)} \quad (\text{式 3})$$

ここで、 $d(v,u)$  は産業部門  $u, v$  間の最短パスを経由する間接的な依存の和、 $n-1$  は  $u$  から到達が可能な産業部門の数である。 $V$  は産業部門の集合、 $\sigma(s,t)$  は産業部門  $s, t$  間の最短パスの数、 $\sigma(s,t|v)$  は産業部門  $s, t$  間の最短パスの数のうち  $v$  を通過するパスの数である。

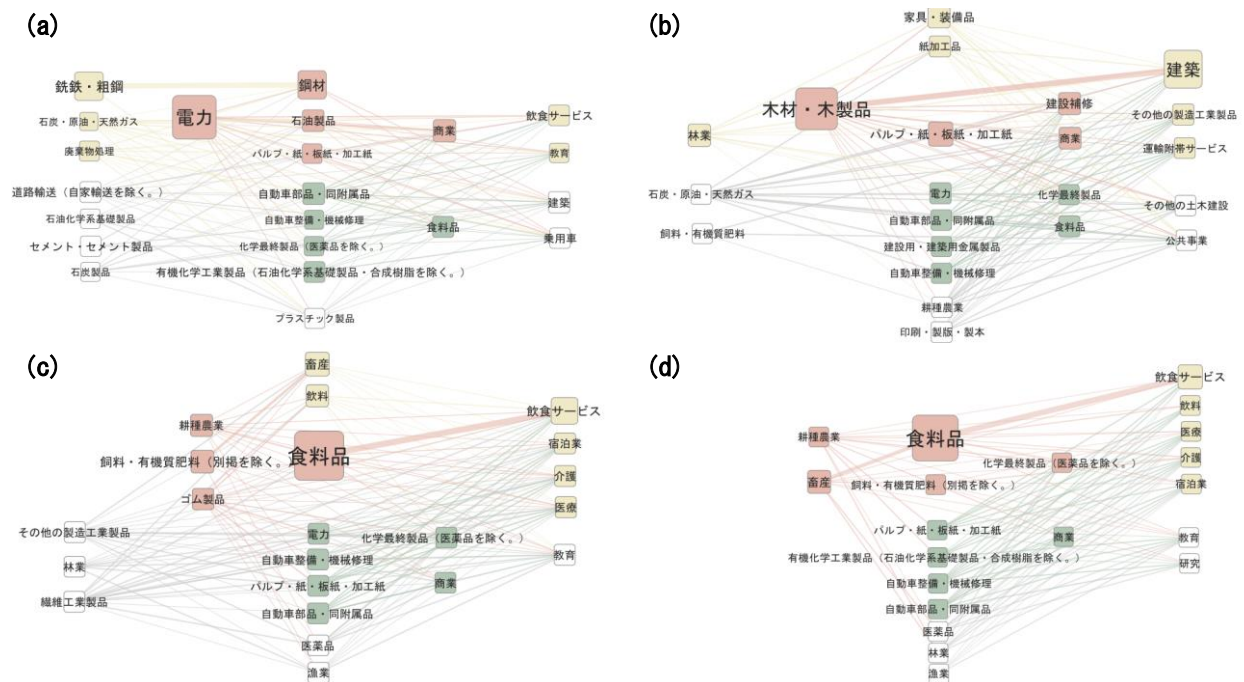


図1 2015年の (a) CO<sub>2</sub>吸収, (b) 丸太, (c) 耕種作物, (d) 家畜のバリューチェーンネットワーク図. ノードは依存度が役割が上位10位以内となった産業部門を示し, 各図中左側から上流部門, 中流部門, 下流部門の順に配置している. ノードの大きさは依存度を示し, 赤色は critical & hub sector, 黄色は critical sector, 緑色は hub sector を示す.

### 3. 結果と考察

図1に2015年の各ESへの産業部門ごとの依存度のネットワークを示す. バリューチェーン上で重要となる critical & hub sector (赤) には, CO<sub>2</sub>吸収調整サービスでは電力部門, 丸太供給サービスでは木材・木製品部門が, 農地の生態系サービスでは食料品部門が特定された. 商業部門や自動車部品・同付属品部門は4種のESsで hub sector (緑) であった. 下流部門の飲食サービス部門は critical sector (黄) であった. 耕種農業部門や林業部門などの第一次産業は供給サービスの upstream 部門に該当した.

次に, 図1で特定したバリューチェーン上で重要となる産業部門と, 2024年1月時点で TNFD レポートを開示している11社の日本企業の部門を比較した. critical & hub sector の電力部門や食料品部門, 化学最終製品部門 (N=4) と critical sector の飲料部門 (N=1) に該当する企業がレポートを開示しており, 直接操業上での直接の依存やバリューチェーン上流の生産拠点での自然への依存を開示していた. 一方で積極的に情報開示に取り組むべき役割を持つ産業部門である木材・木製品部門や, 商業部門, 自動車部品・同付属品部門, 飲食サービス部門に該当する企業は開示していなかったが, 一部の企業は2024年以降に開示が予定されていた<sup>5)</sup>. 現行の TNFD レポートでは本研究が明らかにした直接操業から下流サイドへの間接的な依存は評価されておらず, 今後の開示ではビジネスプロセスでの評価が期待される.

### 4. 今後の課題

各産業部門が依存している自然の地理的分布の分析との統合パッケージの開発や, ビジネスから一般消費者や廃棄などを含めたバリューチェーン全体を可視化する手法の開発が急務である.

### 参考文献

- 1) Dasgupta, P. (2021), The Economics of Biodiversity: The Dasgupta Review. Abridged Version. (London: HM Treasury).
- 2) Taskforce on Nature-related Financial Disclosures (2023), Recommendations of the Taskforce on Nature-related Financial Disclosures.
- 3) Shaw, R., Matsui, T., Machimura, T., Kato, S., Morioka, T., 2010. Connecting Industry and Ecosystems: Pap. Environ. Inf. Sci. ceis24, 213–218. <https://doi.org/10.11492/ceispapers.ceis24.0.213.0>
- 4) 経済産業省, 平成17–23–27年接続産業連関表 < <https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00200603&tstat=000001143666&cycle=0&year=20150&month=0>>, 2023-12-12 参照.
- 5) TNFD (2024/01/16), TNFD Early Adopters, <<https://tnfd.global/engage/inaugural-tnfd-early-adopters/>>, 2024-01-18 参照.