

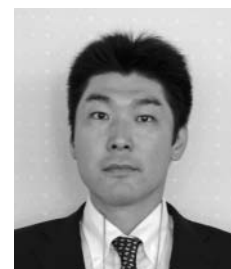
工場周辺水域の生物多様性評価の取り組み^{*1}

株式会社日本紙パルプ研究所^{*2} 西 田 高 志^{*3}

Evaluation of Biodiversity in the Aquatic Environment of the Industrial Area

Takashi Nishida^{*3}

Japan Pulp & Paper Research Institute Inc.^{*2}



Abstract

A wide range of materials used in the pulp and paper industry are derived from biological resources. The pulp and paper industry is also benefited by ecosystem services (supports of biodiversity) such as sequestration of CO₂ produced by energy supply and effluent purification. The loss of biodiversity as well as global warming is increasingly recognized as a threat to not only wildlife but also economic sustainability. Biodiversity is often defined as the variety of all forms of life, from genes to species, through to the broad scale of ecosystems. Unlike CO₂ emissions, quantitative methods to evaluate biodiversity, however, have not yet been developed. Therefore, most industrial actions for conserving biodiversity are limited to propose guidelines for preservation of biodiversity. Only few studies have been conducted to evaluate the degrees of biodiversity. Japan Pulp and Paper Research Institute has made enormous efforts to preserve biodiversity using various biological assessment tools combined with state-of-the-art analytical techniques since 1994 when the significance of conserving biodiversity was not even recognized. In this study, an ecological survey was conducted near industrial sites to calculate and visualize degrees of biodiversity.

分類：X₁ 環境総論, X₁ 排水

1. はじめに

1.1 生物多様性の概要

生物多様性とは、さまざまな生物が存在している様子を表している（表1）。生物多様性には3つの階層（①生態系、②種、③遺伝子）があり、それらが複雑に絡み合っている。我々はその生物多様性から「生態系サービス」と呼ばれる自然の恵みを受償で享受している（表2）。特に、紙パルプ産業は原料や用水、エネルギーの供給から排出した二酸化炭素の吸収や排水の浄化に至るまで生態系サービス

表 1 生物多様性の3つの階層とその定義

生物多様性	定 義
生態系の多様性	さまざまな環境に適応した多くの生態系が存在すること
種の多様性	多くの種が存在すること
遺伝子の多様性	同一種内でも多くの遺伝的な違いが存在すること

によって支えられているといっても過言ではない。そのため、生物多様性が失われた場合、野生生物だけでなく我々の活動にも多大な影響が出ることが予想されている。したがって、持続的に生態系サービスを受け続けるためには生物多様性の保全は不可欠である。

^{*1}平成 22 年度年次大会講演（講演 No. B 12）

^{*2}〒300-2635 茨城県つくば市東光台 5-13-11/5-13-11
Tokodai, Tsukuba-shi, Ibaraki 300-2635, Japan

^{*3}E-mail: nishida@jpri.co.jp

表 2 生態系サービスの5つの分類と例

分類	例
供給	食品や水、原材料などの生産と供給
調整	気候などの制御と調節
文化	精神的・文化的・科学的利益
基盤	栄養循環や空気と水の浄化
保全	多様性の維持・地盤の安定化

1.2 企業と生物多様性の保全

2008年ドイツ・ボンで開催されたCOP9で「生態系と生物多様性と経済学（TEEB）」が発表され、生物多様性の保全は二酸化炭素の排出量削減と同様に企業の義務ととらえられるようになった。そして、2010年10月の生物多様性条約第10回締約国会議（COP10）は日本が議長国を務める。そのため、世界と同様に国内においても生物多様性に大きな負荷を与える企業の取り組みは不可欠と考えられている。実際に、生物多様性民間参画ガイドライン（環境省）や企業の生物多様性に関する活動の評価基準に関するフィージビリティ調査（FoE ジャパン）、生物多様性宣言（日本経団連）など企業が生物多様性保全に取り組むためのガイドラインが続々と登場している。事実、国内のさまざまな企業のCSR報告書は、二酸化炭素の排出量削減対策と並んで生物多様性の保全に向けた活動が記載されている。企業が生物多様性の保全をCSR活動として展開する場合、事業を評価・管理しなければならないため数値化または可視化する必要がある。二酸化炭素の排出量であれば明確に定量評価することができるが、生物多様性については定義づけが難しく、定量評価する方法は未だ一般化されていない。そのため、さまざまな企業のCSR報告書に記載されているのは植林活動と希少種の保護活動などに限られている。その理由として、植林活動は活動の成果を植林本数や植林面積で明確に数値化でき、数値目標を設定しやすいと考えられる。また、希少種の保護は活動を明確に可視化でき、目標とする種数を設定しやすいと考えられる。そのため、企業による生物多様性の保全活動は、「生物多様性を保全するための方法」を数値化または可視化したものが主体となっており、その活動の「結果としての生物多様性」を直接評価した例は少ない。

1.3 紙パルプ産業界のとりくみ

日本の紙パルプ産業は、持続可能な社会の実現に貢献するため、古紙のリサイクル、未利用資源の活用、資源・エネルギーの節減を進めてきた。さらに、高度な排水処理、パルプの無塩素漂白など、環境負荷の少ない製造プロセスへの転換を着実に進めている。当研究所では、日本国内で生物多様性保全の重要性が社会的に認知される以前（1994年）から生物試験法の技術ならびに各種化学分析技術の確立、産業排水の生物影響評価を通じて生物多様性保全に取り組んできた（図1）。そして、さらなる先進的な取り組みとして、工場周辺水域の生態調査を実施し、生態学的手法を用いて生物多様性の数値化・可視化を試みたので報告

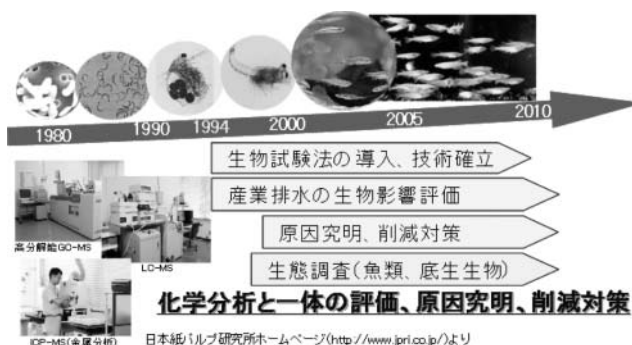


図 1 当研究所における環境評価の概要

する。

2. 評価手法

2.1 魚類相調査

2009年秋に工場周辺水域に生息する魚類を採集した。魚類相調査は放流口および港湾規模や地理的条件が同等と考えられる近隣漁港の2地点で実施した。両地点とも調査努力量を一定にするため調査者2名が大潮の干潮前2時間に釣り採集、干潮後2時間にたも網および投網採集を行った（図2）。採集された魚類は種名および個体数を記録した。種の同定はNakabo（2004）¹⁾に従った。原則として採集された魚類は記録後に再放流したが、生息証明のため各種1個体を目安に持ち帰って標本として保管した。

2.2 底棲動物相調査

2009年秋に工場周辺水域に生息する底棲動物を採集した。底棲動物相調査は工場が隣接する湾および河口の計10地点で実施した。各地点でエクマンバージ式採泥器を3投して、450 cm²あたりに生息する底棲動物を泥ごと採集した。採集物は船上で泥ごとホルマリン固定して持ち帰り、ラボ内で生物を選り分け（西村，1992，1995）^{2,3)}に従って同定した。

2.3 統計解析手法

生物多様性を示す指数として、さまざまな多様度指数が知られている。本研究では生物群集の比較に適切な指数とされる対数逆 Simpson 指数 $\text{Log} (1/D)$ ⁴⁾を求めた（DはSimpsonの単純度指数）。この指数は、各種の個体数のバランスを表すもので、多様度が小さいほど0に近い値となり、多様度が大きいほど1に近い値となる。また、群集間の類似性を示す指数としてMorishitaの類似度指数（ $C\lambda$ ）⁵⁾を求めた。この指数は群集の類似性を共通種のみでなく、個体数も加味して表すもので、類似度が低いほど0に近い



図 2 魚類相調査の様子

値となり、類似度が高いほど1に近い値となる。

魚類相に基づいた工場周辺水域の分類には Word 法によるクラスター分析を用いた。分類には文献値も利用したため各魚種の個体数は使用せず（調査努力量が均一でなくなるため）、いる/いない（1/0）のカテゴリデータに変換して解析した。

底棲動物相に基づいた調査地点の分類は、すべての組み合わせで C_s 指数を求めて地点間の生物群集の類似度を算出し、それに基づいて Word 法によるクラスター分析を行った。

3. 結果と考察

3.1 魚類相調査

放流口において 13 種 148 個体、近隣漁港で 25 種 369 個体、のべ 31 種 517 個体の魚類が採集された（図 3）。放流口の多様度指数 $\log(1/D)$ は、0.318 であり、これは単純な環境（藻類のような立体構造物がなく、砂や泥など単一の底質からなる起伏の少ない環境）で平均的といえる値だった⁶⁾。また、放流口と近隣漁港の魚類相には共通種が少なく、特に放流口の魚類は高水温に強い種で塩分濃度の低い河口を主な生息域とする種が多いという特徴があった。実際に調査時の水温、塩分は放流口が 29.4℃21‰、近隣漁港が 24.0℃30‰であった。近隣河口の魚類相データ（純淡水魚を除く）⁷⁾も含めてクラスター分析したところ、やはり放流口の魚類相は近隣河口の魚類相と近縁であることが確認されたことから（図 4）、放流口は河口の代替地として利用されていると考えられた。

以上のことから、放流口周辺の魚類相は排水水質の影響よりもむしろ水温・塩分・単純な環境の 3 要因から大きな



図 3 採集された魚類

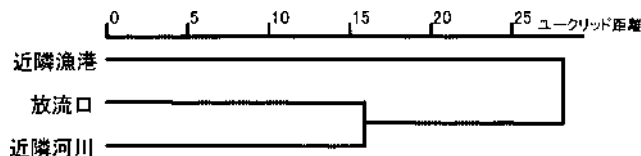


図 4 魚類相のカテゴリデータに基づいたクラスター分析結果

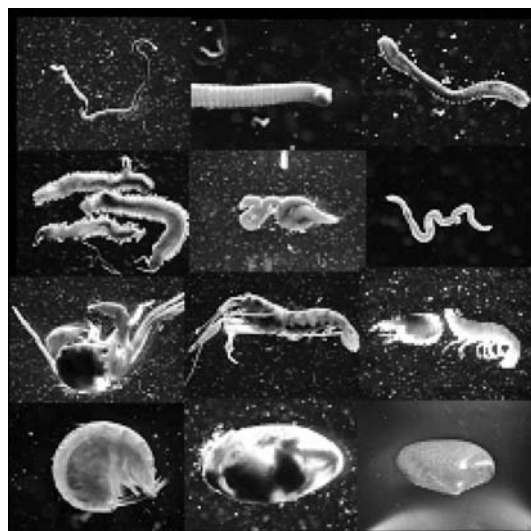


図 5 採集された底棲動物（一部）

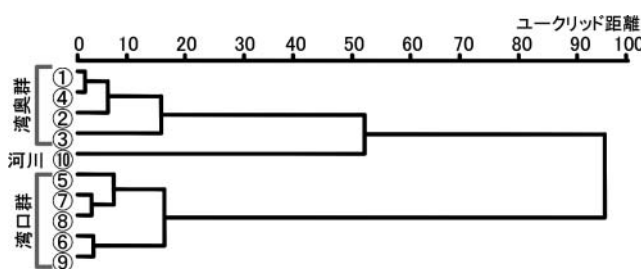


図 6 底棲動物群集の類似性に基づいたクラスター分析結果

影響を受けていることが推察された。

3.2 底棲動物相調査

10 地点で、のべ 20 種 257 個体の底棲動物が採集された（図 5）。底棲動物群集の類似性に基づいて解析したところ、河川・湾奥・湾口の 3 グループに分類された（図 6）。底棲動物の分布は河川を軸とした一般的な内湾の堆積物の分布状況を反映していると考えられる。

4. ま と め

今回の調査によって放流口にはその物理環境（水温・塩分・単純な環境）に適応した魚類相が形成されており、底質調査地点には底質の堆積状況を反映した底棲動物群集が形成されていることが明らかになった。本研究によって工場周辺水域に生息する魚類相および底棲動物相が把握でき、生態学的手法を用いて生物多様性の数値化・可視化が可能であることが確認された。

5. 今後の展望

ほとんどの産業は生態系サービスによって支えられている。そのため、生態系サービスを与えてくれる生物多様性を正しく評価し、保全していくことは持続的発展(sustainability)を念頭においている企業では欠かすことができないものと考えられる。今後は生態調査の実施例をさらに増やすとともに、生物相の季節変化や年変動も考慮に入れた生態調査を実施し、生物多様性の保全に貢献できるような改善案の提案も行いたいと考えている。

References

- 1) Nakabo T. (ed) (2002) Fishes of Japan with pictorial keys of the species, English edition. *Tokai University Press*, Tokyo.
- 2) Nishimura S. (ed) (1992) Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys Vol. I. *HOIKUSHA*, Osaka.
- 3) Nishimura S. (ed) (1995) Guide to Seashore Animals of Japan with Color Pictures and Keys Vol. II. *HOIKUSHA*, Osaka.
- 4) Ito Y and Sato K. (2002) Problems around the indices of species diversity for comparison of different communities. *SEIBUTSUKAGAKU*. 53(4) : 204-220.
- 5) Ito Y, Yamamura N, Shimada M. (1992) Animal Ecology. *Soju Shobo*, Tokyo.
- 6) Nishida T, Inui R, Onikura N, Oikawa S. 2008. Relationships between fish communities and reef structures in northern Kyushu, Japan. *Ecology and civil engineering*. 11(11) : 51-62.
- 7) Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (2000) Census of river and waterside, List of confirmation species (fishes). <http://www3.river.go.jp/download/2000/gyokairui.pdf>.