

平成 22 年 5 月 28 日現在

研究種目：若手研究（B）  
研究期間：2007～2009  
課題番号：19710198  
研究課題名（和文） 湖沼生態系の健全化レジームシフトにむけた水生植物の発芽・定着条件の研究  
研究課題名（英文） Germination ecology of aquatic plants: Toward the regime shift to conservatory sound ecosystems  
研究代表者  
西廣淳（NISHIHIRO JUN）  
東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教  
研究者番号：60334330

## 研究成果の概要（和文）：

持続可能な社会の構築に向け生態系修復が課題となっている湖沼生態系を対象として、生物多様性・生態系サービスの点で健全な状態に復帰させるための方法論の確立に向けた基礎研究として、(1) 絶滅危惧植物の持続可能な個体群再生に必要な条件を検討する研究と、(2) 過去の人為によって破壊された湖沼沿岸植生帯を再生させるための条件の研究を行った。

## (1) 絶滅危惧水生植物の個体群再生：アサザをモデル植物とした研究

霞ヶ浦におけるアサザ個体群の個体群生態学および集団遺伝学的研究を総合した分析の結果、理論的に重要性が指摘されているいくつかの問題、すなわち小規模化し遺伝的多様性が低下した地域個体群の突発的な絶滅、小集団における個体の繁殖成功度の低下、残存する成熟個体におけるヘテロ接合度の高さが確認された。土壌シードバンクとして残存する個体の遺伝解析の結果、土壌シードバンクは遺伝的多様性（対立遺伝子の多様性）の回復には効果的な材料となることが示唆された。一方、土壌シードバンク中の個体は近交係数が高く、近交弱勢による適応度の低下が懸念された。霞ヶ浦では、個体群再生に向けた取り組みの結果、地域個体群数とジェネット数が回復しつつあることが示唆されたが、今後も継続的なモニタリングと順応的管理が必要である。

## (2) 湖岸植生帯の再生

霞ヶ浦で 2002 年に開始された湖岸植生帯の再生事業地をモデルケースとして、植生再生に必要な条件の検討を行った。2002 年に開始されたこの事業は、種多様性の高い土壌シードバンクを含む湖の底質を植生導入の材料に用いて行われ、実施後 5 年以上が経過した現状でも、湿潤土壌状態が維持されている場所では在来湿生植物が優占する条件が維持されていた。一方、比高が高い場所ではセイタカアワダチソウをはじめとする侵略的外来種の繁茂が認められた。これらの場所では市民参加による駆除管理が進められている。また、事業を実施した当初は再生が認められた沈水植物は、植生発達と底質へのリター・有機物の堆積に伴って消失した。

沈水植物を再生させた事例として印旛沼における再生事業地での研究を行った。印旛沼の湖岸には、1960 年代に湖底から浚渫された土砂を用いて造成された「高水敷」が存在する。この高水敷の土砂中に、現在の印旛沼の地上植生からは消失した沈水・浮葉植物の散布体バンクが存在している可能性について検証するとともに、散布体バンクからの個体を定着・成長させ種子生産させることでこれらの植物の保全に寄与することを目的として、高水敷に浅い池を造成する事業が千葉県により実施された。造成された 6 つの池のうち 2 つでは、絶滅危惧種であるガシャモク、シャジクモ、オトメフラスコモを含む 8 種の沈水・浮葉植物が確認された。沈水植物が出現した池では多数の種子が新たに生産されていることも確認され、この事業が散布体バンクの保全にも寄与したことが示された。しかし、4 つの池では水生植物は確認されず、散布体バンクの分布には空間的な偏りがあることが示唆された。

## 研究成果の概要（英文）：

(1) Restoration of a sustainable of endangered aquatic plant; A model study on *Nymphoides peltata* in Lake Kasumigaura.

Several theoretically expected issues, such as sudden extinction of small populations with low genetic diversity, limited seed production in small-sized local populations, and significantly high heterozygosity in adults that have survived environmental change, were ascertained through integrated studies on demography with discrimination of genets and genetics using highly polymorphic genetic markers. Investigation of genetic properties of the remnant soil seed bank suggested that the seed bank could potentially restore genetic diversity, although the fitness reduction of seed banks caused by inbreeding could affect the success of restoration. As a result of restoration efforts, increases in the number of local populations and genets in the Lake Kasumigaura metapopulation have led to population recovery.

(2) Restoration of lakeshore vegetation: Studies and practices in Lake Kasumigaura

Recovery of lost or degraded vegetation and plant diversity is an important but often difficult step in the wetland restoration processes. At Lake Kasumigaura, Japan, a project was launched in 2002 to recover lakeshore vegetation using soil seed banks as the plant material. In this project, lake sediments containing soil seed banks were spread thinly (~10 cm) on the surfaces of artificial lakeshores with microtopographic variations, which were constructed in front of the concrete levees. In total 180 species, including six endangered or vulnerable plants and twelve native submerged plants that had disappeared from the above-ground vegetation of the lake, were recorded on five restored lakeshores (totally 65,200 m<sup>2</sup>) during the first year of the restoration project. The distribution of each recolonized species suggested the importance of arrangement of ground height for restoration of species-rich lakeshore vegetation. Foreseen changes in the vegetation, such as the disappearance of disturbance-dependent species from the above ground vegetation, replacement of submerged-plant dominated vegetation by *Typha*-dominated plants, and the invasion of the invasive exotic, *Solidago altissima*, were recognized in the early stages of monitoring at the restored sites. Vegetation management including selective removal of the invasive exotics started as a collaborative activity among citizens, government and researchers.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	540,000	3,540,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：資源保全学・資源保全学

キーワード：生物多様性保全、生態系修復

### 1. 研究開始当初の背景

20世紀の末期には、人間活動の影響による生物多様性の喪失や生態系の変化の問題が強く認識されるようになると同時に、生態系の変化のパターンについての研究が進展した。その重要な成果の一つが、生態系の状態

は、生態系をとりまく環境の変化に対して連続的に変化するのではなく、閾値を越えると不連続・跳躍的に変化をすることを説明したレジームシフトモデル（双安定性モデル）の提案である（Scheffer *et al.* 2001）。このモデルでは、生態系は同じ状態を維持しようとする復帰能力（resilience；自己修復能）を示すも

のと説明されている。また生態系が復帰能力を示すのは、生態系の構成要素である生物（たとえば水生植物）とその環境要因（たとえば水質）の間に正のフィードバック（たとえば水生植物の存在により水質が良くなり、植物が生育しやすくなるといった関係）が生じるためであると考えられている。

現在、湖沼・砂漠・海洋など様々な生態系でレジームシフトモデルの妥当性が検討されており、それらの研究からは、生物多様性が高く、人に対して様々な恵みをもたらす「健全な生態系」も、その逆の「不健全な生態系」も、それぞれ状態を維持しようとする復帰能力をもつことが次第に示されつつある (Scheffer & Carpenter 2003)。レジームシフトモデルに当てはまる生態系では、不健全化した生態系もそれ自体が復帰能力を有するため、「健全化へのレジームシフト」は困難な取り組みとなり、科学的に未解決の課題も多い。

湖沼生態系は、生物多様性や生態系機能の低下の問題が顕著な生態系である。湖沼生態系を健全化させるためには、生物多様性や湖沼の物理・化学的環境条件の維持の「要」の役割を担う湖岸植生帯を再生させることが不可欠である。湖岸植生帯は湖沼生態系の構成要素であると同時に、それ自体がレジームシフトモデルに当てはまる挙動を示す系である (Suding *et al.* 2004)。すなわち、植生がある程度以上の規模で残存している場所での植生回復は比較的容易だが、植生が完全に喪失してしまうと回復が極めて困難になる。

## 2. 研究の目的

植生がいったん消失した状況から回復させるためには、種子などの散布体からの発芽・定着を通して植生を回復させる必要がある。申請者はこれまで湖沼沿岸を含む湿地の植物を対象に、発芽生態学や繁殖生態学の研究を進めてきた (Nishihiro *et al.* 2004 ほか)。本研究では、これらで得られた知見を総合するとともに、野外における発芽定着条件の維持機構の解明の研究を進める。

本研究は、湖沼の健全化レジームシフトに向けて必要な研究として、湖岸植生帯を対象として、復帰能力が生じるメカニズムを明らかにし、その知見を踏まえて健全化に必要な条件を明らかにすることを目的とする。

## 3. 研究の方法

以下の3つのアプローチから湖沼生態系における生物多様性保全と湖岸植生帯の修復に必要な条件を検討する。

(1) 絶滅危惧水生植物をモデルとした「種の保全」手法の実践的研究。霞ヶ浦で保全活動が行われているアサザをモデル植物として、保全上重要な水生植物の保全と個体群再生

に必要な条件を明らかにする。

(2) 湖岸植生帯再生のための先駆的な取り組みが行われている霞ヶ浦および印旛沼における野外調査に基づき、植生帯特に湖沼の健全化レジームシフトと関連が深い沈水植物の再生条件を検討する。

## 4. 研究成果

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 17 件)

Uesugi, R., Nishihiro, J., Tsumura, Y., Washitani, I. (2007) Restoration of genetic diversity from soil seed banks in a threatened aquatic plant, *Nymphoides peltata*. *Conservation Genetics* 8: 111-121. doi:10.1007/s10592-006-9153-6

Nakayama, N., Nishihiro, J., Kayaba, Y., Muranaka, T., and Washitani, I. (2007) Seed deposition of *Eragrostis curvula*, an invasive alien plant on a river floodplain. *Ecological Research* 22: 696-701. doi:10.1007/s11284-006-0047-3 (Erratum; *Ecological Research* 22: 702.)

Nishihiro, J. and Washitani, I. (2007) Restoration of lakeshore vegetation using sediment seed banks; studies and practices in Lake Kasumigaura, Japan. *Global Environmental Research*. 11: 171-177.

Kadoya, T., Suda, S.-I., Nishihiro, J., and Washitani, I. (2007) Procedure for predicting the trajectory of species recovery based on the nested species pool information: dragonflies in a wetland restoration site as a case study. *Restoration Ecology*. 16: 397-406. DOI 10.1111/j.1526-100X.2007.00314.x.

Nakamura, K., Kayaba, Y., Nishihiro, J. and Takamura, N. (2008) Effects of submerged plants on water quality and biota in large-scale experimental ponds. *Landscape and Ecological Engineering*. 4: 1-9. DOI 10.1007/s11355-007-0033-0.

Ohtani, M., Terauchi, H., Nishihiro, J., Ueno, S., Tsumura, Y., and Washitani, I. (2008) Towards a legal framework for systematic conservation: identification and development of allele-specific PCR markers for conspecific varieties of an endangered perennial herb *Primula kisoana* Miquel based on sequence variation of

chloroplast DNA. Conservation Genetics. 9: 1173-1181. DOI 10.1007/s10592-007-9433-9.

Nishihiro, J. and Washitani, I. (2009) Quantitative evaluation of water-level effects on 'regeneration safe-sites' for lakeshore plants in Lake Kasumigaura, Japan. Lake and Reservoir Management. 25: 217-223. DOI 10.1080/07438140902938332.

Nishihiro, J., Uesugi, R., Takagawa, S., and Washitani, I. (2009) Toward the restoration of a sustainable population of a threatened aquatic plant, *Nymphoides peltata*: integrated genetic/demographic studies and practices. Biological Conservation. 142: 1906-1912. DOI 10.1016/j.biocon.2009.05.012.

Sakayama, H., Kasai, F., Nozaki, H., Watanabe, M.M., Kawachi, M., Shigyo, M., Nishihiro, J., Washitani, I., Krienitz, L. and Ito, M. (2010) Taxonomic reexamination of *Chara globularis* (Charales, Charophyceae) from Japan based on oospore morphology and *rbcL* gene sequences, and the description of *C. leptospora* sp. nov.. Journal of Phycology. 45: 917-927 DOI 10.1111/j.1529-8817.2009.00700.x.

西廣淳・西口有紀・西廣(安島)美穂・鷺谷いづみ (2007) 湿地再生における外来植物対策：霞ヶ浦の湖岸植生帯再生地における市民参加型管理の試み. 地球環境, 12: 65-80.

大谷雅人・西廣淳・寺内浩・寺内優美子・鷺谷いづみ (2009) 群馬県鳴神山における絶滅危惧植物カッコソウの個体群再生に向けた取り組みとそれにより明らかになった種特性及び生育環境. 保全生態学研究, 14: 91-99.

上杉龍士・西廣淳・鷺谷いづみ (2009) 日本における絶滅危惧水生植物アサザの個体群の現状と遺伝的多様性. 保全生態学研究, 14: 13-24.

高川晋一・西廣淳・上杉龍士・後藤章・鷺谷いづみ (2009) 霞ヶ浦における土壌シードバンクからのアサザ個体群再生のための順応的な実践. 保全生態学研究. 14: 109-117.

黒田英明・西廣淳・鷺谷いづみ (2009) 霞ヶ浦の浚渫土中の散布体バンクの種組成とその空間的不均一性. 応用生態工学, 12: 21-36.

西廣淳・岡本実希・高村典子 (2010) 釧路湿原シラルトロ湖の植生と植物相. 陸水学雑誌, 70: 183-190.

久城圭・林紀男・西廣淳 (2010) 印旛沼における「高水敷の掘削」による散布体バンクからの沈水植物群落の再生. 応用生態工学, 12: 141-147.

大谷雅人・石濱史子・西廣淳 (2010) 日本産被子植物の絶滅リスクと生態的特性の関係：系統関係を考慮した地域間・科間比較. 日本生態学会誌. (印刷中)

[学会発表] (計 18 件)

Nishihiro, J. (2007) "Conservation and restoration of lakeshore vegetation at Lake Kasumigaura, Japan", Workshop in "Biodiversity and sustainable development: ecological and socio-economic challenges for the conservation and restoration of wetlands in Japan and Europe", Bavarian Academy for Nature Conservation and Landscape Management, Laufen, Germany.

Nishihiro, J. (2007) "Restoration of lakeshore vegetation in Lake Kasumigaura", International Meeting on Ecological Restoration of Lake, Shanghai. 24 Dec. 2007, Shanghai. (Invited lecture)

Nishihiro, J. (2009) "Nature Restoration and Biodiversity Database: Lessons from a Vegetation Restoration Program", International Workshop for Networking Biodiversity Observation Activities in Asia Pacific Region. 22 July 2009, University of Nagoya, Japan. (Invited lecture)

西廣淳. 「霞ヶ浦の湖岸植生の再生：技術的な成果と課題」. 日本陸水学会第 72 回大会(公開シンポジウム「霞ヶ浦を考える. 第一部：健全な霞ヶ浦を取り戻せるか?」). 2007 年 9 月 12 日. 茨城大学 (茨城県水戸市).

西廣淳. 「自然再生事業における市民参加モニタリング」. 科学技術社会論学会第 6 回年次研究大会 (ワークショップ「ローカル知の組織化と地域社会のデザイン」). 2007 年 11 月 11 日. 東京工業大学大岡山キャンパス.

岡本実希・西廣淳・赤坂宗光・中川恵・佐治あずみ・高村典子. 「釧路湿原シラルトロ湖における沈水植物の分布と環境要因との関係」. 日本生態学会第 55 回大会. 2008 年 3 月. 福岡. (優秀ポスター賞受賞)

野副健司・西廣淳・鷺谷いづみ. 「植物の多様性のホットスポットである浮島湿原 (霞ヶ浦) におけるカモノハシの指標性」. 日本生態学会第 55 回大会. 2008 年 3 月. 福岡. (優

秀ポスター賞受賞)

西廣淳. 「湖の水位変動の季節性と植物の生活史」. 日本生態学会第 55 回大会 (自由集会「フェノロジー研究会: 水辺環境の季節性と植物のフェノロジー特性」). 2008 年 3 月. 福岡.

西廣淳. 「レッドリスト (植物 I) での評価における課題」. 日本生態学会第 55 回大会 (企画集会「保全の現場からみたレッドリスト・レッドデータブック」). 2008 年 3 月. 福岡.

西廣淳. 「保全生態学からみたレッドリスト評価の問題点」. 日本植物学会第 72 回大会 (植物分類学関連学会連絡会共催シンポジウム「2007 年植物レッドリストからみえる保全生物学的課題」). 2008 年 9 月 25 日. 高知大学.

大谷雅人・石濱史子・西廣淳. 「植物の絶滅リスクと生態的特性との関係」. 日本生態学会第 56 回大会 (シンポジウム「生物の空間分布・動態と生態的特性との関係: マクロエコロジーからの視点」). 2009 年 3 月. 岩手県立大学.

西廣淳. 「湖沼の生物多様性の評価」. 日本生態学会第 56 回大会 (企画集会「生態系の保全・再生を生態学と人文社会科学から考える: 湖沼を事例として」). 2009 年 3 月. 岩手県立大学.

一瀬克久・石井潤・西廣淳・鷺谷いつみ. 「生育確率予測モデルを用いた侵略的外来植物の駆除方法の検討: 鬼怒川におけるシナダレスズメガヤを例に」. 日本生態学会第 56 回大会. 2009 年 3 月. 岩手県立大学.

石井潤・橋本瑠美子・西廣淳・鷺谷いつみ. 「渡良瀬遊水地の湿地再生試験地における初期の植生発達」. 日本生態学会第 56 回大会. 2009 年 3 月. 岩手県立大学.

池上佑里・西廣淳・鷺谷いつみ. 「茨城県北浦流域における谷津奥部の水田耕作放棄地に成立した植生の保全生態学的評価」. 日本生態学会第 56 回大会. 2009 年 3 月. 岩手県立大学. (優秀ポスター賞受賞)

岡本実希・赤坂宗光・中川恵・西廣淳・高村典子. 「ヒシの繁茂が沈水植物に与える影響: 優占 6 種の反応の違い」. 日本生態学会第 56 回大会. 2009 年 3 月. 岩手県立大学. (最優秀ポスター賞受賞)

西廣淳. 「形質ベースアプローチによる霞ヶ

浦の湖岸植生変化の分析」. 日本生態学会第 57 回大会. 2010 年 3 月. 東京大学.

Wang Zhe・西廣淳・鷺谷いつみ. 「保全上重要性の高い湖岸湿原における Facilitator としてのカモノハシ」. 日本生態学会第 57 回大会. 2010 年 3 月. 東京大学. (最優秀ポスター賞受賞)

[図書] (計 6 件)

西廣淳・須田真一 (2008) 川・湖沼. 消える日本の自然: 写真が語る 108 スポットの現状 (鷺谷いつみ編). p.158-169. 恒星社厚生閣. (分担執筆)

西廣淳 (2009) 「土壌シードバンク」「植物」「水生植物」. 川の百科事典 (高橋裕編集委員長・岩屋隆夫・沖大幹・島谷幸宏・寶馨・玉井信行・野々村邦夫・藤芳素生編). 丸善. (分担執筆)

西廣淳 (2009) 「植物の保全」. 植物の百科事典 (石井龍一・岩槻邦男・竹中明夫・土橋豊・長谷部光泰・矢原徹一・和田正三編). 朝倉書店. (分担執筆)

西廣淳 (2009) 湖沼沿岸域の生態系評価指標. 生態系再生の新しい視点: 湖沼からの提案. 高村典子編. p. 71-93. 共立出版. (分担執筆)

鷺谷いつみ・宮下直・西廣淳・角谷拓 (編) (2010) 保全生態学の技法: 調査・研究・実践マニュアル. 東京大学出版会. (編集)

西廣淳・西廣美穂 (2010) 湿地の土壌シードバンク調査法. 保全生態学の技法: 調査・研究・実践マニュアル. 鷺谷いつみ・宮下直・西廣淳・角谷拓 (編). 東京大学出版会. (分担執筆)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

<http://www.coneco.es.a.u-tokyo.ac.jp/jn/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

西廣淳 (NISHIHIRO JUN)

東京大学・大学院農学生命科学研究科・助教

研究者番号: 60334330

(2)研究分担者  
なし ( )  
研究者番号 :

(3)連携研究者  
なし ( )  
研究者番号 :