

6章 生物多様性保全の課題について

6-1 南湖におけるヨシ群落の遺伝的多様性について

金子有子

Abstract:

生物多様性保全の中でも種の保全に際しては、生物の実態である遺伝子レベルでの理解と保全が欠かせない。本研究では、南湖地域の湖岸域5箇所、内湖4か所のヨシ群落を対象とし、SSRマーカーを用いてクローン構造を、フーサイトトリを用いて倍数体構造を明らかにし、保全遺伝学的視点から保全価値を評価した。その結果、現在、保全区域の基準となっている群落規模と遺伝的多様性には相関がないこと等が明らかになった。

1. 研究の背景

滋賀県ではヨシ群落の持つ多面的機能に鑑みて、1992年「滋賀県琵琶湖のヨシ群落の保全に関する条例」を制定し、既存群落の保全としてヨシ群落保全区域の指定、新規群落の創生として人工植栽を行ってきた(金子 2005)。1995年以降は少数産地由来の挿し木苗植栽が定着してきているが、遺伝的多様性等からの評価はなされていない。

2. 研究目的

近年の保全遺伝学の進歩から、生物多様性保全の中でも種の保全に際しては、生物の実態である遺伝子レベルの多様性に対する理解と保全が欠かせない。現在、琵琶湖の保全区域の指定は群落規模を基準としているが、指定基準に関する保全遺伝学的視点からの評価が必要である。本報告では、南湖の数集団について遺伝構造を把握し、ヨシ群落の保護や人為植栽に関する考察を行うことを目的とする。

3. 研究方法

3-1. 研究材料

ヨシ(学名 *Phragmites australis*) は他殖性、多回繁殖型で、北欧・アジアの広範囲に分布する抽水植物である。花粉、種子とも風散布で遷移初期に侵入するパイオニアであり、有性繁殖と無性繁殖の両方を行う。3倍体、4倍体、6倍体、8倍体、10倍体、11倍体が報告されている。南湖の湖岸域4集団、南湖地域内湖4集団、瀬田川について、遺伝特性を調査した(図1)。

3-2. SSR分析

各集団の19~30個体から遺伝分析用の葉を採取し、分析まで-80℃で保存した。全DNAを抽出し、5座(*PaGT4*、*PaGT8*、*PaGT9*、*PaGT12*、*PaGT16*)について分析を行い、対立遺伝子の組み合わせが同じものを同一のクローンとした。

3-3. 倍数体解析

SSR分析と同一の葉から、Nakagawa 他(2013)の方法により、フーサイトトリを用いて、各サンプルの倍数性を明らかにした。

4. 結果

4-1. 遺伝的多様性

集団内の遺伝的多様性を示すシブリン指数は、0.402~0.866までの値を取り、最も低い集団は雄琴、最も高い集団は瀬田川であった(表1)。



図1 調査集団位置図。()内はヨシ条例保全区域指定。集団内で同じ色は同じクローン。

表1 調査集団と遺伝的多様性

地域名	サンプル数	クローン数	シブリン指数
堅田内湖	30	8	0.740
雄琴	30	4	0.402
大宮川河口	30	5	0.499
烏丸(赤野井)	30	10	0.766
志那中内湖	19	8	0.766
平湖	30	5	0.701
柳平湖	29	5	0.759
矢橋水路	30	10	0.791
瀬田川	24	9	0.866

表2 調査集団の群落面積・区域指定・立地

地域名	面積(m ²)	保全区域	立地
堅田内湖	9759	指定外	内湖
雄琴	45711	保全地域	湖岸
大宮川河口	14409	保全地域	湖岸
烏丸	55809	保護地区	湖岸
志那中内湖	9850	指定外	内湖
平湖	5294	指定外	内湖
柳平湖	3672	指定外	内湖
矢橋水路	35766	保全地域	湖岸
瀬田川	-	-	河岸

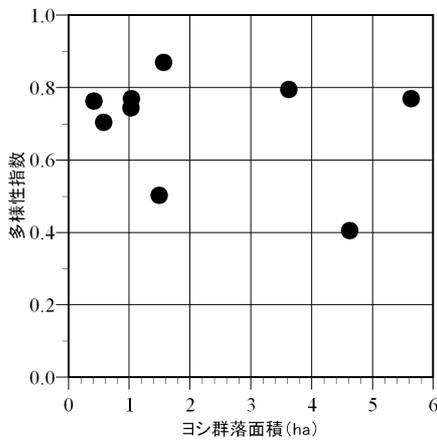


図3 ヨシ群落面積と多様度指数の関係

湖岸域集団の例として雄琴、矢橋水路、大宮川河口、内湖集団として平湖・柳平湖のクローン構造を図2に示した。遺伝的多様性とヨシ群落面積(滋賀県2000)の間に有意な相関はなかった(図3)。内湖の方が湖岸域より平均クローン指数(遺伝的多様度指数)が有意に高かった。また、平均クローン指数は指定外地域の方が保護地区より有意に高かった(西野他、2008)。

4-2 倍数性構造

図4に示したように、10倍体が卓越する集団(雄琴、堅田内湖、烏丸、矢橋水路等)と8倍体が卓越する集団(志那中内湖等)が見られた。また、遺伝的多様性は10倍体の方が8倍体より有意に低かった。

5. 考察

生物多様性保全の中で、種レベルの多様性を損失させないためには、対象種の地域毎の集団が持つ遺伝子レベルの多様性を維持することが不可欠である。なぜなら、適応度を考えるレベルは種や集団ではなく、個体だからである。

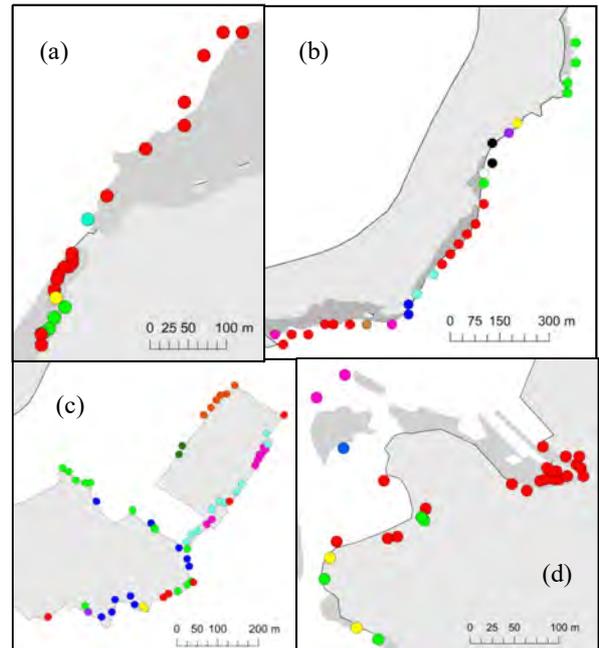


図2 各集団のクローン構造。集団内で同じ色は同じクローン。
(a) 雄琴、(b) 矢橋水路、(c) 平湖・柳平湖、(d) 大宮川

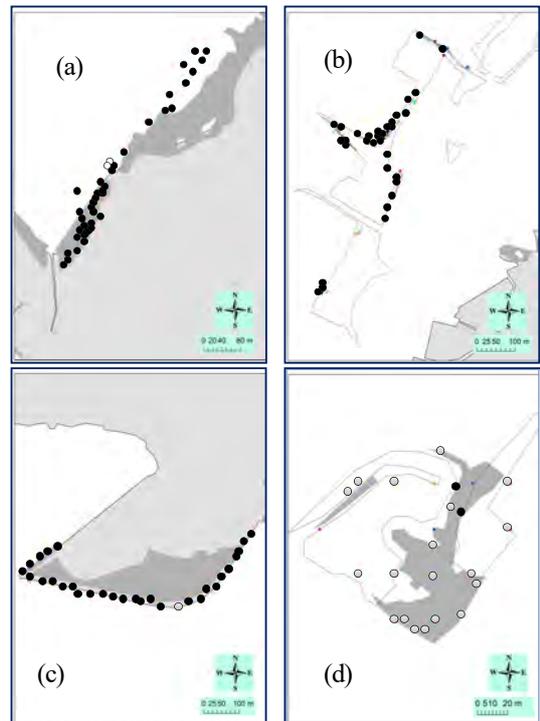


図4 各集団の倍数性構造。●10倍体、○8倍体。
(a) 雄琴、(b) 堅田内湖、(c) 烏丸、(d) 志那中内湖

個々の個体の持つ遺伝情報を保全することが生物多様性で保全にとって極めて重要である。

日本生態学会の自然再生事業指針では、風土性の原則、

変異性維持の原則が挙げられている。遺伝的多様性は保全地域より指定外地域集団で、内湖集団で湖岸域集団より有意に高かったことから、群落規模に加え遺伝的情報も加味した保全区域の基準も必要と考えられる。特に、*Phragmites australis* は高次の種内倍数性を持ち、本調査集団でも8倍体と10倍体が確認されたことから、植栽材料には倍数性構造と遺伝多様性を保持することが重要と考えられる。

引用文献

- 金子有子. 琵琶湖における*Phragmites australis*の保全施策. 「内湖からのメッセージ-琵琶湖周辺の湿地再生と生物多様性保全-」. 西野麻知子・浜端悦治編. 80-98. サンライズ出版. 彦根. 2005.
- 金子有子・東善広・辰巳勝・佐々木寧・栗林実・石綿進一・井上栄壮・小林貞・石川可奈子・芳賀裕樹・西野麻知子. 湖岸生態系の保全・修復および管理に関する政策課題研究 -平成19～20年度(2007～2008年度) 中間報告- 政策課題研究5. 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター試験研究報告書平成20年度: 55-85. 2010.
- Nakagawa Masato, Tomoshi OHKAWA and Yuko KANEKO. Flow cytometric assessment of cytotype distributions within local populations of *Phragmites australis* (Poaceae) around Lake Biwa, the largest lake in Japan. *Plant Species Biology* 28: 94-100. 2013.
- Saltonstall K. Microsatellite variation within and among North America lineages of *Phragmites australis*. *Molecular Ecology* 12: 1689-1702. 2003.

本文章は上記の金子(2005)、金子他(2010)、中川・大川・金子(2013)で発表した内容を抜粋要約したものです。SSR解析及び倍数性解析の詳細は上記文献に記載があります。

6-2 生物多様性の現状（動物）

井上栄壮

Abstract:

琵琶湖には約 1,700 種の水生生物が生息しており、その 1/3 以上が底生動物である。底生動物の多くの種は湖辺域に生息しているが、過去に南湖で生息が確認され、現在確認されていなかったり、減少した種が少なくない。特に、湖辺域に生息する巻貝類や水生昆虫類で、南湖で見られなくなった固有種や在来種が多い。南湖の湖内では、1980 年代後半から 2000 年頃までは泥質の湖底に生息するアカムシユスリカやオオユスリカが高密度で生息したが、近年は減少し、代わって水草付着性のコナユスリカ属の 1 種等が増加している。南湖の生物多様性を回復させるための実践的な課題として、湖岸地形の修復・再生と維持・管理について、今後検討を進めることが望ましい。

1. 琵琶湖の生物多様性

1-1 琵琶湖の種の多様性

琵琶湖とその周辺では、現在 2,400 種以上の動植物が記録され、そのうち、湖岸の陸生植物、爬虫類、水鳥類を除いた動植物約 1,700 種が水生生物である

(Nishino, 2012; 表 1)。

これらの水生生物のうち、約 100 種が琵琶湖以外では確認されておらず、現在 61 種（魚類 16 種、底生動物 38 種、寄生生物 1 種、水草 2 種、プランクトン 4 種）が固有種とされている。

また、水生生物の中では、底生動物が 1/3 以上の種数を占める。中でも、ユスリカ類、トビケラ類、カゲロウ類等の水生昆虫類が 320 種以上と多くなっている。底生動物の固有種 38 種のうち、貝類が 29 種を占め、カワニナ類が 15 種と多い。ビワオオウズムシは淡水産としては日本最大の扁形動物（プラナリア）で、北湖の深底帯に生息し、浅い南湖では確認されていない。

本稿では、多くの種数が琵琶湖で記録されている底生動物について、過去に分布が確認され、現在確認されていなかったり減少した種の例を挙げつつ、南湖の生物多様性保全において重要と考えられる視点を整理する。なお、外来底生動物の問題点については後述する（7-2 外来底生動物の問題点 参照）。

1-2 南湖に生息する底生動物の変遷

湖辺域には、琵琶湖に生息する底生動物の大部分が生息する。そのため、南湖の生物多様性保全・回復においても、湖辺域の生息環境の保全・修復・管理が重要となる（金子ら, 2011）。

南湖における底生動物の分布記録は断片的であるが、特に湖岸に生息する水生昆虫類で、過去に分布したが現在は分布していないと考えられる種が多い。1910 年代には、南湖の湖岸で在来種のシロタニガワカ

表1 琵琶湖とその周辺で確認された種(タクサ)数(Nishino, 2012 を改変)。

	総種数	固有種数	固有の可能性が ある種数	外来種数	生活様式*
湖岸の植物 ^b	565 (7)			171 (4)	PE
原生動物	137		6		PA, B, PR
植物					
珪藻	65	3			PA, B
植物プランクトン	455				PA, B
沈水植物	53	2		4	B
海綿動物	14	1			B
刺胞動物(ヒドラ類)	2				B
ウズムシ類	29	2		2	B
吸虫類	1			1	PR
糸虫類	3			1	PR
ヒモムシ類	1		1		B
鉤頭動物	10				PR
ワムシ類	174				PA, B
線虫類	47	1	2		B, PR
軟体動物(貝類)	64	29		8	B
環形動物					
貧毛類(ミミズ類)	49				B, PR
ヒル類	18	1			B, PR
甲殻類					
枝角類(ミジンコ類)	55	1		1	PA, B
橈脚類(ケンミジンコ類)	33				PA
貝虫類(カイミジンコ類)	40		16		B
鯉尾類(チョウ類)	1				PR
軟甲類(エビ類)	16	3		4	B, PR
昆虫類					
トンボ類	54				B
カゲロウ類	27	1	2		B
カワケラ類	2				B
半翅類(カメムシ類)	3				B, PE
脈翅類(アミメカゲロウ類)	3				B
甲虫類	8				B
ユスリカ類 ^c	171		7		B
トビケラ類	55	1			B
コケムシ類	14			1	B
脊椎動物					
魚類	57	16		11	N
両生類	19			1	B
爬虫類	16			2	
鳥類	177			1	
計	2436	61	34	206	
計(陸上植物、爬虫類、鳥類を除く)	1687	61	34	38	

*PA:浮遊; PE:浮表; B:底生; N:遊泳; PR:寄生

^b()内は浮水植物

^c金子ら(2012)

ゲロウ *Ecdyonurus yoshidae* とと思われる種の記録があり（川村, 1918）、1940 年代頃まではクロスジヒゲナガトビケラ *Ceraclea nigronervosa*、ビワアシエダトビケラ *Georgium japonicum*、ビワセトトビケラ *Leptocerus biwae* 等のトビケラ類、トウヨウモンカゲロウ *Ephemera orientalis* 等の種が多産した（津田, 1942; 山口ら, 1943）。しかし、1960 年代頃からトビケラ類、カゲロウ類の多くの種は南湖で記録されなく

なり（西野，1991a）、1980年代後半に確認されたトウヨウモンカゲロウも、近年の調査では確認されていない（金子ら，2012）。

湖内に生息する代表的な水生昆虫類であるユスリカ類については、湖底の泥中に生息するオオユスリカ *Chironomus plumosus*、アカムシユスリカ *Prosilocerus akamusi* は、1970年代から2000年頃まで南湖に高密度で生息していた（西野，2001）。これら2種は、1950年代以前に記録されておらず、もとは琵琶湖に分布していなかったと考えられる（西野，2001）。近年、これら2種は減少し、代わって水草附着性のコナユスリカ属の1種 *Corynoneura lacustris*、ウスグロヒメエリユスリカ *Psectrocladius aquatronus*、ヨドミツヤユスリカ *Cricotopus sylvestris* 等が増加しており、湖内の沈水植物の増加に伴ってユスリカの種構成が変化したと考えられる（Inoue et al., 2012）。

貝類については、固有巻貝オウミガイ *Radix onychia* は、1986-1990年には琵琶湖岸全域に分布していた（西野，1991a, b）が、2006-2010年には北湖では分布場所が減少し、南湖ではまったく採集されなかった（金子ら，2012）。また、同じく固有巻貝のカドヒラマキガイ *Gyraurus biwaensis* やヒロクチヒラマキガイ *Gyraurus amplificatus* も、1986-1990年には湖岸全域で採集されたが、ヒロクチヒラマキガイが1地点で採集された以外、南湖では採集されていない（金子ら，2012）。二枚貝では、セタシジミ *Corbicula sandai*、タテボシガイ *Unio douglasiae* 等が多産したが、1960年代以降、減少が著しい（水産試験場，2005）

2. 南湖の生物多様性保全

湖辺域に生息する種レベルの多様性を回復させるためには、まず、生息環境の構成基盤となる湖岸形状を修復し、生息環境の多様性を回復させるべきである。底生動物の生息環境の観点からは、過去に南湖に生息し、現在減少したり確認されなくなった在来の水生昆虫類（固有種ビワコエグリトビケラ、トウヨウモンカゲロウ等）や固有貝類（ヤマトカワニナ、オウミガイ、カドヒラマキガイ等）の多くは、水際付近の浅い水域を生息場所とする（西野，1991b, 1992）。このため、これらの種は石積み護岸やコンクリート護岸によって人工化された急傾斜の湖岸には生息困難と考えられる。また、急傾斜の湖岸形状は、湖水の混合・巻き上げを妨げ、底質の泥質化、湖底の低酸素化を生じさせるとの指摘もある（一瀬，2013）。南湖では湖岸の73%が人工化されており（金子ら，2012）、湖岸形状

が急傾斜化された地域の増加が、貝類や水生昆虫類の生息環境悪化につながった可能性がある。

したがって、緩傾斜の砂浜や礫帯、抽水植物帯等を修復・再生することにより、底生動物の種の多様性をある程度回復できると考えられる。湖岸形状の再生においては、本来その地域が有していた湖岸形状と、過去から現在まで生息した動植物種の知見を整理しつつ、優先的に現状を維持する地域、修復・再生すべき地域を選定していくことが望ましい。また、湖岸を修復・再生した後、その場所が生息場所として持続的に機能するためには、流入河川や湖流等、地域によって異なる要因についても考慮しつつ維持・管理する必要がある。生物多様性の回復に向けた実践的な課題として、湖岸地形の修復・再生とその後の維持・管理の方法について、今後、検討を進めることが望ましい。

南湖の湖内では、シジミ類については1960年代から減少が続いており（1-2「南湖」とは何か？ 参照）、水草繁茂だけが減少要因ではないと考えられる。二枚貝類の増加のためには、今後、富栄養化が進んだ時期からの堆積物や、湖底にマット状に広がるリングピア等、その他の底質環境についても調査を進める必要がある（3-7 底生生物相と水草の関係 参照）。

引用文献

- 一瀬論（2013）琵琶湖の水環境の現状と沿岸帯の機能評価に向けて．用水と排水，55:300-307.
- Inoue, E., Kobayashi, T. and Nishino, M. (2012) Chironomid fauna (Diptera: Chironomidae) of Lake Biwa, with emphasis on the changes in recent years. In: Lake Biwa: Interactions between nature and people (eds Kawanabe, H., Nishino, M. and Maehata, M.), Springer, New York, pp 113-116.
- 金子有子・東善広・石川可奈子・井上栄壮・西野麻知子（編著）（2011）琵琶湖岸の環境変遷カルテ．滋賀県琵琶湖環境科学センター，大津，47pp.
- 金子有子・東善広・佐々木寧・辰己勝・橋本啓史・須川恒・石川可奈子・芳賀裕樹・井上栄壮・西野麻知子（2012）湖岸生態系の保全・修復および管理に関する政策課題研究－湖岸地形と生物からみた琵琶湖岸の現状と変遷および保全の方向性．滋賀県琵琶湖環境科学センター研究報告書，7，113-149.
- 川村多実二（1918）日本淡水生物学（上，下巻）．裳華房，東京，579pp.
- 西野麻知子（1991a）底生動物からみた湖岸の地域区分．琵琶湖岸の景観生態学的区分，滋賀県琵琶湖研究所，大津，pp 47-63.
- 西野麻知子（編）（1991b）びわ湖の底生動物－水辺の生きものたちⅠ．貝類編．滋賀県琵琶湖研究所，大津，46pp.
- 西野麻知子（編）（1992）びわ湖の底生動物－水辺の生きものたちⅡ．水生昆虫編．滋賀県琵琶湖研究所，大津，62pp.
- 西野麻知子（2001）琵琶湖のユスリカと大発生する種．In: ユスリカの世界（近藤繁生・平林公男・岩熊敏夫・上野

- 隆平 編), 培風館, 東京, pp 2-11.
- Nishino, M. (2012) Biodiversity of Lake Biwa. In: Lake Biwa: Interactions between nature and people (eds Kawanabe, H., Nishino, M. and Maehata, M.), Springer, New York, pp 31-35.
- 津田松苗 (1942) 琵琶湖岸大津臨湖実験所に於ける毛翅目相の研究. 昆虫, 16(2), 62-66.
- 滋賀県水産試験場 (2005) 平成 14~15 年度琵琶湖沿岸帯調査報告書. 滋賀県水産試験場, 彦根, 204pp.
- 山口久直・津田松苗・鳥居元 (1943) 琵琶湖北山田付近の底生生物 (琵琶湖沿岸帯生物群集の研究 2). 陸水学雑誌, 13, 105-112.

