

絶滅危惧植物タコノアシの保全と再生に関する生態学的研究

米村 惣太郎
(技術研究所)

Ecological Study of the Conservation and Restoration of an Endangered Plant Species, *Penthorum chinense* Pursh

by Sotaro Yonemura

Abstract

Penthorum chinense Pursh is an endangered plant species that inhabits wetlands, such as riverbeds and fallow paddy fields, and is likely to require conservation or restoration through development works. It is important to establish methods of conservation and restoration in terms of biodiversity. The purpose of this study is to obtain ecological knowledge for conserving and restoring *P. chinense*. The autoecological characteristics were examined, and the relationships between the distribution of *P. chinense* and the environmental conditions or maintenance manners in a river and fallow paddy fields were surveyed. The results of the introduction and restoration of *P. chinense* in an artificial planting site in the wetland of a regulating reservoir were evaluated.

概要

タコノアシは、主に河川敷や休耕田など湿地に生育する絶滅危惧植物である。開発工事などでは保全対策が必要とされる植物であり、その方法を明らかにしておくことは生物多様性の観点からも重要である。本研究では、タコノアシの保全と再生のための知見を得ることを目的とし、まずタコノアシの基本的な性質としての個生態を明らかにし、次にタコノアシの主な生育地である河川、休耕田における生育動態と環境条件および管理条件との関係を調査するとともに新たに造成された調整池への導入およびその後の状況について評価を行った。

§1.はじめに

タコノアシ(*Penthorum chinense* Pursh) (写真 - 1)は、低地の泥湿地や河川敷、休耕田などに生育する湿生植物であり、日本では本州、四国、九州に分布する¹⁾。生育地が水位の変動する不安定な環境であり、近年の土地造成や河川工事などの対象となる場合が多く、そのため生育数が減少し、1997年には環境省レッドリストで絶滅危惧Ⅱ類に指定された。その後、生育地の調査や保全の努力が進んだとして2007年には準絶滅危惧種とされたが、河川改修や農村環境の変化などにより、生育適地の減少が続く可能性は高く、絶滅の危険性が高い種であることに変わりはないと考えられる。地方でも40都府県でレッドリストに記載され、31都府県で絶滅危惧Ⅱ類以上に指定されている。したがって今後も開発工事などにおいては保全対策が必要とされる種であり、その方法を確立しておくことは生物多様性保全の観点からも重要である。

タコノアシの生育環境として、主に河川と休耕田にお

ける調査がなされている。しかし、タコノアシという植物がどのような特徴を有するのか、例えば種子の発芽や寿命などに関する情報は十分ではない。生育地としての情報も、河川での持続的な生育に関しての事例の報告は少なく、生育地としてどのような場所が重要なのかは明確ではない。休耕田での生育状況についても一時的な生育状況の調査しか行われておらず、植生遷移の影響を受けるとされるタコノアシの生育状況について継続的な調査を行ったものはない。また造成工事などにおけるミティゲーションとしての移植についても実施事例は多いが、事後調査の結果はほとんど報告されていない。

そこで本研究では、まずタコノアシの基本的な性質としての個生態を明らかにし、次にタコノアシの主な生育地である河川、休耕田における生育動態と環境条件および管理条件との関係を調査した。また企業団地の建設工事に伴い新たに造成された調整池への導入およびその後の状況を評価することによって、タコノアシの保全と再生のための知見を得ることを目的とした。



写真 - 1 タコノアシ (左: 成体、右: 果序)

§2. タコノアシの個生態

2.1 目的

絶滅の危機にある植物の保全や復元を的確に行うためには、対象となる植物の個生態、即ち発芽特性や種子生産量などの種子繁殖特性および地下茎による繁殖、植物体からの再生などの栄養繁殖特性など繁殖や生育に関わる生態学的特性を把握しておく必要がある。ここでは種子繁殖特性として発芽に及ぼす光・温度の影響、シードバンクの形成、種子生産量、栄養繁殖特性として植物体からの再生状況について検討した。

2.2 方法

2.2.1 種子繁殖特性

1) 種子発芽特性

発芽実験には光照射型インキュベーターを用い、温度と照度を制御して行った²⁾。プラスチックシャーレ(φ9cm)を発芽床として、濾紙を3枚敷き、水道水で湿らした後、種子を50個ずつ置床した。温度条件は恒温条件(10、15、20、25、30℃)と変温条件(5/15、10/20、15/25、20/30℃:12時間交替)とした。光条件も明暗12時間交替とし(明暗条件)、明期に約9,000lxで蛍光灯を照射した。またシャーレをアルミホイルで覆い、遮光状態(暗条件)とし、発芽の有無を確認した。

2) シードバンクの形成

タコノアシが生育していた河川敷、休耕田から土壌を採取し、プランターに撒き出し、明暗および20/30℃の変温条件下で発芽実験を行った。土壌は、鶴見川、恩田川の河川敷(横浜市)、茂原市、市原市の休耕田で、当年の種子が結実する前に採取した。

3) 種子生産量

種子約20mgを電子天秤で秤量し、その種子数を計数し、種子1粒の重量を求めた。求めた種子重量から1蒴果および1個体当りの種子生産量を推定した。

2.2.2 植物体からの再生

草丈約23cmまで成長させたタコノアシを、地際から約3cmの高さで切断した。切断した上部茎を約8cm

長で2本切断し、1本は根側4cmを土壌に埋設し(正立挿し)、もう1本は茎頂側4cmを埋設し(倒立挿し)、切断された個体(根株)とともに成長状況を観察した。

2.3 結果

1) 種子発芽特性

発芽実験の結果(表-1、図-1)、暗条件下では恒温条件、変温条件ともに発芽は見られなかった。また恒温条件では発芽率は1~8%と低かった。変温かつ明暗条件のみ高い発芽率が得られた。温度が高いほど発芽は速いが、10/20℃以上ならばあまり差はなく、またどの温度条件でも最終発芽率は96~99%と高かった。

2) シードバンクの形成

いずれの土壌からもタコノアシの実生が出現した。1m²換算で鶴見川2,554個体、恩田川360個体、茂原市休耕田629個体、市原市休耕田1,061個体が得られた。

3) 種子生産量

種子1粒当りの重量を求めた結果、平均種子重量は0.011mg(標準偏差SD:0.001mg)であった。蒴果1つ

表 - 1 各光/温度条件における発芽率 (%)

光条件	温度条件	
	恒温	変温
明暗	1~8	96~99
暗	0	0

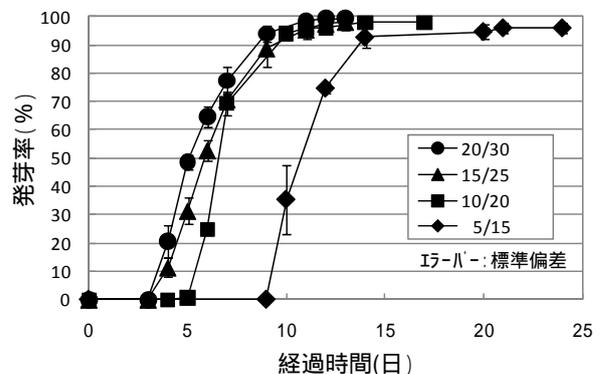


図 - 1 発芽実験結果 (明暗・変温条件)

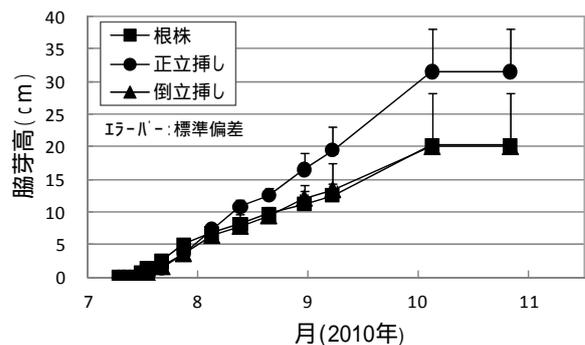


図 - 2 植物体からの再生

当りの平均種子数は、1,058 粒 (SD:178 粒) であった。タコノアシ 1 個体の蒴果数は環境条件などで変動するが、種子を採取した個体の蒴果数は平均 105 個であり、この場合 1 個体の種子生産量は約 11 万粒と推定された。

4) 植物体からの再生

茎の天地を逆にして挿した倒立挿しの場合も含めて、どの場合も腋芽からの成長が見られた (図 - 2)。それぞれ 5 個体中、根株 2 個体、正立挿し 5 個体、倒立挿し 4 個体では開花・結実が見られた。

2.4 考察

種子重量を求め、1 個体の種子生産量を推定した結果、タコノアシは微細な種子を極めて多く生産することが分かった。また種子は広い温度範囲で高い発芽率を示した。ただし高い発芽率には光と変温条件が必須であったことから、タコノアシはギャップ検出機能を有する攪乱依存種であると考えられた³⁾。また土壌の撒き出し実験からシードバンクを形成することが示された。これらからタコノアシは多くの種子を生産・散布しておき、発芽に適さない環境ではシードバンクを形成し、攪乱により発芽に適したギャップが生じた時に発芽・生育する戦略を持つ種と考えられた。

またタコノアシは高い再生力を持ち、植物体に物理的な損傷を与えるような攪乱が起きる場所での生育に有利な繁殖特性を有していると考えられた。

§3.河川における生育状況と環境条件の関係

3.1 目的

タコノアシの絶滅危険性の主要因では、河川開発が最も多く、次に土地造成、自然遷移が挙げられている。したがってタコノアシの保全のためには、河川での生育環境条件を明らかにすることが重要である。そこで日本で最大規模の群落を形成している筑後川下流域において、タコノアシの生育状況と環境条件の関係を把握することを目的として調査を行った⁴⁾。

3.2 方法

3.2.1 調査対象地

筑後川では 1985 年に河口から約 23km の地点に筑後大堰 (以下、大堰) が完成し、河口から大堰までが感潮区間となっており、この区間が下流域に区分されている。筑後川が注ぐ有明海の干満差は最大約 6m に達し、それに伴い下流域の水位も大きく変化する。上げ潮時には水が逆流し、懸濁土砂による高濁度水塊が発生し、いわゆるガタ土 (粘性土) が河床に堆積している。

3.2.2 生育状況調査方法

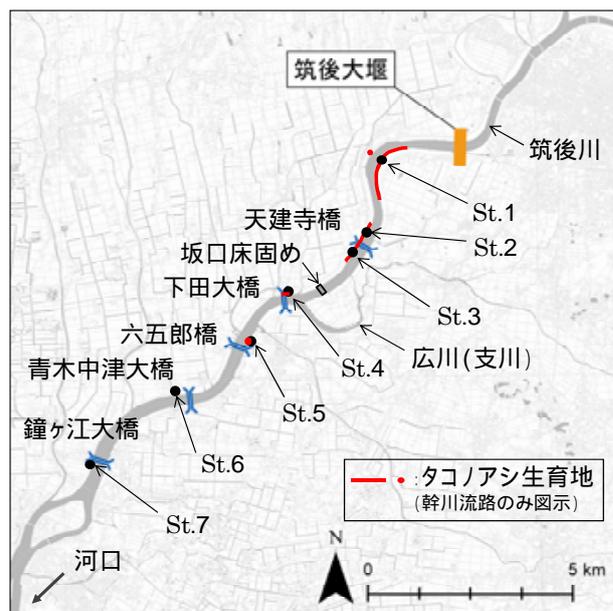


図 - 3 筑後川における調査地点と生育状況

大堰から下流側を踏査し、目視で生育状況を調査した。1 回目の踏査で六五郎橋上流側まで生育が見られた。そこで大堰から鐘ヶ江大橋下流側までの約 13km を調査区間とした (図 - 3)。踏査は 2007 年 11 月、2008 年 9 月、2009 年 5 月、8 月に行った。

また河川横断方向の生育状況を把握するため、良好な生育が見られた群落 3 カ所 (St.1~3) でライントランセクト調査を行った。最も低水路寄りのタコノアシ生育地点を起点とし、1m 毎に方形枠 (1m×1m) を設定し、タコノアシの個体数、草丈、蒴果数および標高 (東京湾平均海面基準; Tokyo Peil: TP) を求めた。

3.2.3 冠水確率および冠水時間

筑後川下流域のタコノアシの生育地は、潮汐による冠水、干出を繰り返す場所である。満潮時の河川水位が対象地点の標高以上の水位となった場合を冠水とした。ある期間の冠水回数を同期間の満潮回数で除した値を冠水確率 (%) とし、対象地点の標高以上の水位が継続する時間を冠水時間とした。水位は St.1 の近傍で圧力式水位計により 2009 年 4 月 24 日から 10 月 23 日までの半年間の 10 分毎に実測されたデータを用いた。

3.2.4 土壌調査方法

St.1~7 の 7 カ所から土壌を採取し、粒径組成、pH、電気伝導率 (以下 EC) (pH、EC とともに 1:5 水浸出法)、強熱減量、塩素イオン濃度を測定した。

3.3 結果

3.3.1 タコノアシの生育状況

1) 流下方向における生育状況

4 回の踏査の結果、タコノアシは大堰下流側約 0.7km の地点から六五郎橋上流側左岸 (St.5) まで生育が確認

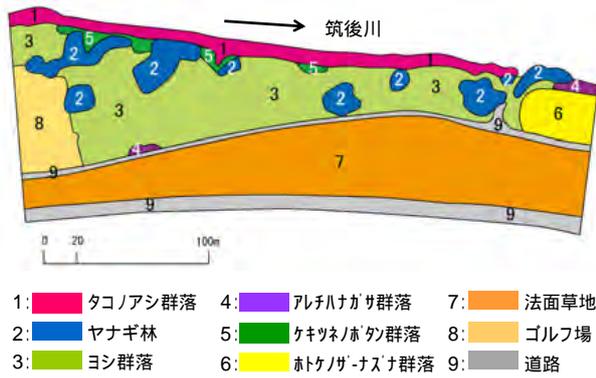


図 - 4 St.3 周辺の相観植生図

された。大堰下流側左岸(St.1)、天建寺橋上流側(St.2)、下流側(St.3)の右岸では、幅1~20mの帯状の群落それぞれ約1.0、0.6、0.6kmにわたり、河岸植生帯の最も低水路寄りに形成されていた。それより下流域では下田大橋直下(St.4)とその下流側に幅4m、長さ約30mの群落を形成していた。六五郎橋上流側(St.5)では、ヨシ群落前面に約100個体が塊状の群落を形成していた。

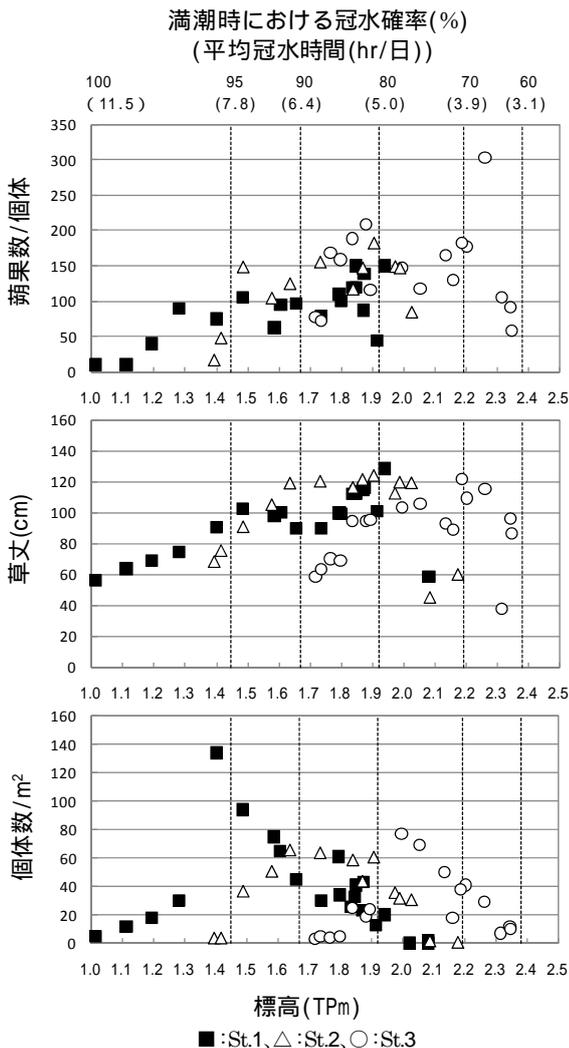


図 - 5 ライントランセクト調査結果および冠水状況

2) 横断方向における生育状況

図 - 4 に St.3 周辺の相観植生図を示す。最も低水路寄りにタコノアシが群落を形成しており、それより陸側に、ケキツネノボタン群落、ヤナギ林、ヨシ群落が成立し、タコノアシに続く植生には多様な構成が見られた。ただしヨシ群落は主に陸側の一段高い場所に形成されていた。

ライントランセクト調査結果から、各地点の標高におけるタコノアシの個体数、草丈、蒴果数を図 - 5 に示す。また半年間の満潮時の冠水確率と各冠水確率に対応する日平均冠水時間を示した。タコノアシの生育地点の標高は、最も低い地点で St.1 の 1.0m、最も高い地点で St.3 での 2.35m であり、それぞれの冠水確率は 100%、62%、1 日の平均冠水時間は 11.5 時間、3.2 時間であった。生育地の標高範囲は St.1 で 1.0~2.1m、St.2 で 1.4~2.2m、St.3 で 1.7~2.35m であり、上流側 St.1 が最も標高の低い位置から生育しており、次に St.2、St.3 の順であり、個体数の多くなる位置の標高もその順であった。

3.3.2 土壌調査結果

粒径組成は下流側に粘土・シルト分が増加する傾向が見られたが、St.4~St.6 ではほぼ同様の組成であり、生育の有無で大きな差異は見られなかった。pH は、下流

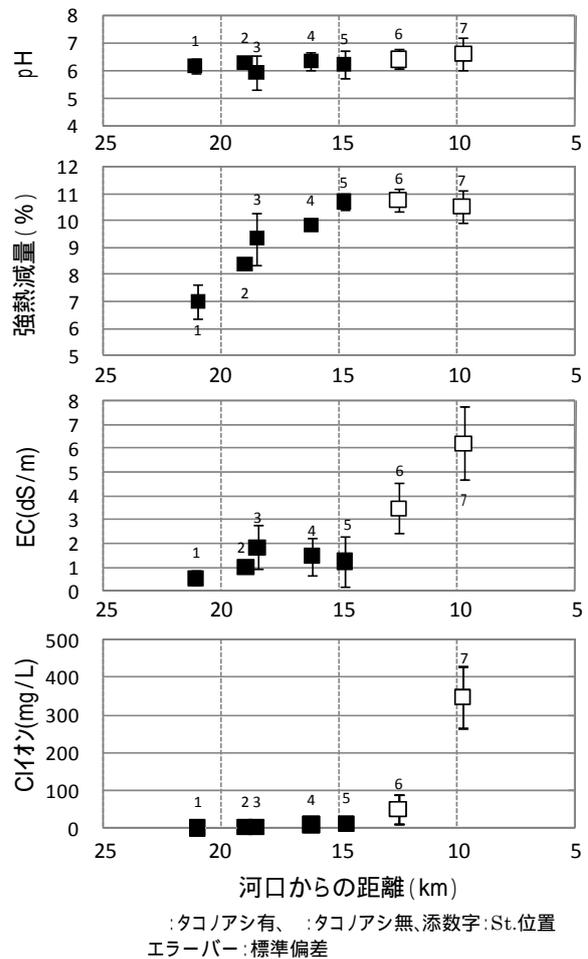


図 - 6 土壌分析結果

側へやや高くなる傾向にあるが、ほぼ同様の値であった。有機物量を示す強熱減量は、上流側から下流側に高くなるが、St.5より下流ではほぼ同程度であった。ECは塩素イオン濃度と同様の傾向を示し、St.1～5までは低く、St.6から高くなった(図-6)。立地条件が大きく異なると考えられる坂口床固めより上流側のSt.1～3を除く、St.4～7の土壌性状を生育の有無によりSt.4、5とSt.6、7の2群に分けScheffe法で検定した結果、pH、強熱減量では有意差はなく、ECで有意水準5%、塩素イオン濃度で有意水準1%で差が見られた。

3.4 考察

3.4.1 流下方向における分布について

筑後川下流域では、河口からの距離14.8kmから22.3kmの範囲でタコノアシの生育が見られた。特に大堰下流側左岸、天建寺橋上下流側右岸では0.6～1.0kmにわたり連続する带状群落を河岸植生帯の最も低水路寄りに形成していた(図-3、4)。生育場所は地形的には蛇行の内側であり、蛇行の外側になる対岸には水制の周辺を除いてタコノアシの生育は見られなかった。蛇行の内側は流速が遅く、土砂が堆積しやすいため、緩傾斜の干潟となる流路斜面が形成されており、タコノアシの生育に適した基盤と環境が提供されていると考えられた。ただし蛇行の内側でも天建寺橋下流側までの带状の大きな群落はそれより下流側には見られなかった。その理由として、干満状況や流速の違い、塩分の影響などが考えられた。下田大橋上流側の坂口に床固めが設けられており、そのため下流側では上流側より干満の差が大きく、また引き潮速度も速くなり、それらが生育に影響を及ぼしている可能性がある。また六五郎橋から下流側に生育していない理由としては、土壌分析の結果および文献⁵⁾から、遡上する塩分の影響によるものと考えられた。

3.4.2 横断方向における分布について

ライントランセクト調査の結果から、タコノアシは常時冠水している場所には生育せず、また冠水確率が低い場所にも生育は見られず、60%以上の確率で満潮時に冠水するような立地に生育していることが分かった。ただし冠水時間が短くても長くても生育には不向きであり、平均して1日に3時間以上冠水し、半日以上は干上がるような場所が必要と考えられた。

いずれの場所でもタコノアシが最も低い位置から出現し、それに続くケキツネノボタンやヨシ、ヤナギなどは冠水確率の低くなる陸側の位置にしか出現しなかった。このような潮汐や洪水などの影響を最も受ける場所に群落を成立させられる理由として、沈水状態でも長期間生存し、伸長成長もできること、切断された茎からも再生が可能なこと(図-2)など、タコノアシが冠水や攪乱に対する高い耐性を有しているためと考えられる。

§4. 休耕田における生育状況と管理方法の関係

4.1 目的

タコノアシの主な生育地である休耕田において生育状況と管理方法について経年的な調査を行い、休耕田におけるタコノアシの保全方法に関する知見を得る⁶⁾。

4.2 方法

4.2.1 調査対象地

調査対象地は、茨城県水戸市および城里町を流れる西田川(那珂川二次支川)の流域に分布する休耕田である(図-7)。この流域は乾田化がなされていない水田が多く残されている。

4.2.2 生育状況調査方法

西田川上流域から那珂川一次支川である藤井川に合流するまでの流域で、氾濫平野に位置する休耕田を2001年、2002年に踏査し、生育状況を調査した。生育が確認された休耕田では、生育場所に方形枠(2m×2m)の位置を決め、ブラウンプランケの方法で植生調査を行い、また土壌の乾湿状態を4段階(乾、適、湿、過湿)で記録した。その後、年1回の植生調査を継続した。ただし調査開始後に復田などが行われた休耕田は除外し、逆に新たに生育が確認された休耕田は調査対象に加えた。休耕田の管理状況は、関係者へのヒアリングと実際の植物の生育状況から判断した。

4.2.3 遷移度とタコノアシの生育状況の関係

各休耕田での植生調査結果から、各年の遷移度を算出し、タコノアシの生育状況との関係を検討した。遷移度は、沼田の式を簡略化した以下の式⁷⁾で求めた。

$$\text{遷移度} = \sum(d \times 1)$$

ただし、dは被度百分率(%), lは植物の生活型に基づき、1年草=1、多年草=10、木本=100とした。

4.2.4 生育基盤の評価

タコノアシが生育している休耕田と生育していない休耕田の土壌を採取し、土壌の含水率、pH、EC、粒径組成を分析した。

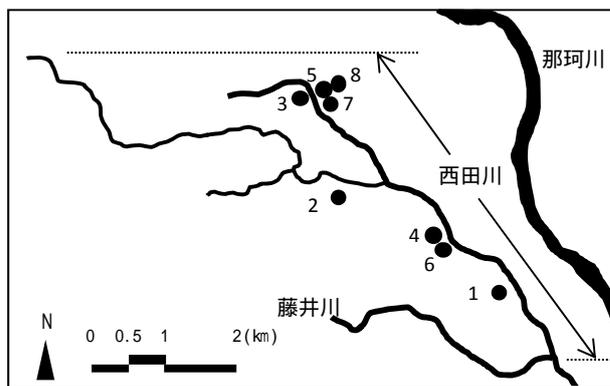


図-7 西田川流域と継続調査を行った休耕田の位置

表 - 2 継続調査を行った休耕田の概要と管理方法、方形枠の位置

休耕田No.	1	2	3	4	5	6	7	8
方法	耕起		全面刈取り			外縁刈取り		無管理
管理 頻度	1回/年	1回/年	1回/2年	1回/2年	2回/年	2回/年	-	-
時期	春	夏、秋	夏、冬	夏、秋	春、秋	春、秋	-	-
面積 (㎡)	1797	643	574	1171	290	903	1052	290
休耕年	1999	1995	2002	2003	2001	2004	1995	2001
土性	LiC	CL	CL	CL	CL	SCL	CL	LiC

(注) LiC: 軽埴土, CL: 埴埴土, SCL: 砂質埴埴土

4.3 結果

4.3.1 管理状況の異なる休耕田でのタコノアシの生育状況と主な出現種の動態

調査を継続した休耕田 8 筆の位置を図 - 7 に、表 - 2 に各休耕田の管理状況、面積、休耕開始年、土性および形状 (方位) と設置した方形枠の位置を示す。なお斜線部は調査開始時のタコノアシの生育範囲を示す。管理方法では、耕起が 1 カ所、全面刈取りが 3 カ所、外縁刈取りが 2 カ所、無管理が 2 カ所であった。耕起とはトラクターを用いて全面を耕起する方法、全面刈取りとは、草刈機を用いて全面を地上 5~10cm の高さで刈取る方法、外縁刈取りとは、隣接する耕作田の作業性向上のため、休耕田の外縁を 2m 程度刈取る方法を意味している。

それぞれの管理状況におけるタコノアシおよび出現する主な植物の経年変化の例を表 - 3~6 に示す。

1) 耕起

休耕田 1 (表 - 3) では毎年春に耕起が行われている。西田川流域で管理方法として耕起が行われていたのはこの 1 筆だけであった。タコノアシは筆内の一部に生育しており、2001 年の調査開始後、徐々に増加していた。2008 年からツルマメが優占したことで 2010 年には被度が減少したが、10 年間タコノアシの生育が継続された。

2) 全面刈取り (休耕田 2、3、4)

全面刈取りの例として休耕田 2 の場合を表 - 4 に示す。夏または秋に年 1 回の全面刈取りが行われており、筆内のほぼ全域でタコノアシの生育が見られた休耕田である。2006 年は調査直前に刈取りがなされ欠測となったが、2003 年から 2008 年まで大きな被度で生育していた。しかし 2009 年、2010 年は方形枠とその周辺の刈取りがなされず、2010 年に方形枠内のタコノアシは消失した。

3) 外縁刈取り (休耕田 5、6)

外縁刈取りの例として休耕田 5 の場合を表 - 5 に示す。タコノアシは刈取りされる外縁部の植生帯の端部に生育していた。生育数は徐々に増加し、調査直前に刈取りされた 2005 年を除き、2003 年から 2008 年まで優占していた。しかし 2009 年から隣接水田の耕作が放棄され

表 - 3 休耕田 1 (耕起)

調査年	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
全植被率 (%)	80	95	90	95	95	95	95	95	95	95		
植生高 (m)	1.4	1.4	1.4	1.3	1.1	1.1	1.0	1.0	1.2	1.0		
出現種数	18	11	19	14	18	14	12	10	7	10		
土湿												
管理の有無												
タコノアシ	中HH	+	1・1	2・3	2・2	2・3	2・2	3・3	3・3	3・3	2・2	
ヒメジョロ	巨Ch	3・3	1・2	1・2	1・1	1・1	+2	+2			+ +2	
イヌビエ	高Th	+	5・4	1・1	1・1	+					+ 1・1	
ヒメジョロ	低Th	1・1	1・1	3・3	3・3	3・3	1・1	+	+	+	1・1	
ミゾソバ	中HH(Th)				+	3・3	1・1	4・4	4・4		+	
ツルマメ	つるTh						+	+	+	4・4	4・4	4・4

表 - 4 休耕田 2 (全面刈取り)

調査年	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
全植被率 (%)		95	70	85	95		95	95	95	95	
植生高 (m)		2.0	0.8	1.6	1.2		1.8	1.6	2.4	1.0	
出現種数		10	20	12	11		10	9	7	6	
土湿											
管理の有無											
タコノアシ	中HH		2・2	3・3	4・4	3・3		3・3	3・3	+2	
アマガサ	高Th		1・2	1・1	+2	2・2		+ +2	3・3	2・2	
ガマ	高HH		3・3	1・2	1・1			+			
ヌカキビ	高Th		1・2	+2	1・1	3・3		1・1			
ウキヤガラ	高HH								1・1	1・1	2・2
オオクサキ	高Th								3・3	3・3	

表 - 5 休耕田 5 (外縁刈取り)

調査年	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	
全植被率 (%)	90	95	95	95	60	85	95	90	90	90	
植生高 (m)	1.0	1.5	1.6	1.6	0.5	0.7	2.3	2.3	4.0	4.0	
出現種数	20	11	20	16	13	17	16	15	9	10	
土湿											
管理の有無											
タコノアシ	中HH	+2	2・2	3・4	3・3	+2	3・3	3・2	3・3	+	
ヒメジョロ	高Ch	2・2	2・2	+	2・2	2・2	+2	+	+	+	
コガマ	高HH	2・2	2・3	1・1	1・1	1・1					
イヌビエ	高Th	1・1					+	2・1	2・2		
アカバナ	中HH			2・2	3・3	+	+	2・2	1・1	2・2	+
ヨシ	高HH							1・1	2・2	3・3	3・3

表 - 6 休耕田 7 (無管理)

調査年	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10		
全植被率 (%)	95	95	85	95	95	95	95	85	90	90		
植生高 (m)	1.6	1.7	1.9	1.9	2.0	2.0	2.3	2.3	2.5	2.0		
出現種数	9	9	9	9	9	11	12	12	7	8		
土湿												
管理の有無												
タコノアシ	中HH	4・4	3・3	4・4	4・4	3・3	1・1	+	+	+		
サンカクイ	高HH	4・4	3・4	2・3	+	+2	+	1・1	1・1	1・1	+	
ヒメガマ	高HH	1・1	1・2	1・1	1・1	2・2	1・1	2・2	3・3	4・4	3・3	
アカバナ	中HH	+		+	+2	4・4	1・1	4・4	2・2	2・2	3・3	
マツカサスキ	高HH		1・2			+2	2・2	2・2	1・1	1・1	1・1	
ヨシ	高HH									+	+2	1・1

(注) 土湿: ●: 湿, ■: 過湿 管理の有無: ○: 有り, -: 無し
 草丈: 巨: 2m 以上, 高: 1~2m, 中: 0.3~1m, 低: 0.01~0.3m
 生活型: HH: 湿生多年草, HH(Th): 湿生1年草, Ch: 多年草, Th: 1年草

ると外縁刈取りもされなくなり、ヨシの被度が大きくなるのに伴い、タコノアシは減少し、2010年には消失した。

4) 無管理(休耕田7、8)

無管理の例として休耕田7の場合を表-6に示す。休耕田7は1995年に休耕となり、無管理の状態で放棄された田である。2005年まではタコノアシの被度は大きかったが、2006年以降小さくなり、2010年には消失した。

4.3.2 遷移度とタコノアシの生育状況の関係

休耕田の管理方法別に、各年の遷移度(タコノアシを除いた出現種による)を求め、遷移度とタコノアシの被度(%)との相関関係の有無を検定した。図-8に耕起、全面刈取りの場合の散布図を示す。相関関係の検定の結果、耕起では5%有意水準で、全面刈取り、外縁刈取り、無管理では1%有意水準で負の相関関係が認められた。

4.3.3 タコノアシの生育基盤

土壌分析結果を図-9に示す。含水率はタコノアシの生育している休耕田では44~83%であり、生育していない休耕田では24~61%であった。母平均の差の検定の結果、有意水準1%で有意であった。pHはタコノアシの生育有りが5.8~6.21、生育無しが5.76~6.5、ECは生育有りが0.044~0.26(dS/m)、生育無しが0.028~0.22(dS/m)、粘土・シルト率は生育有りが44~67%、生育無しが46~73%であり、これらはいずれも有意差がなかった。

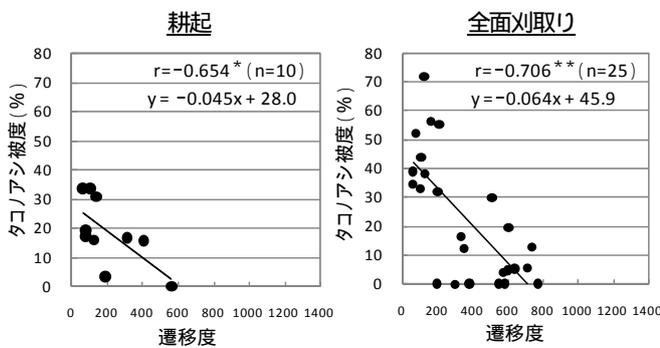


図-8 遷移度とタコノアシ被度の関係

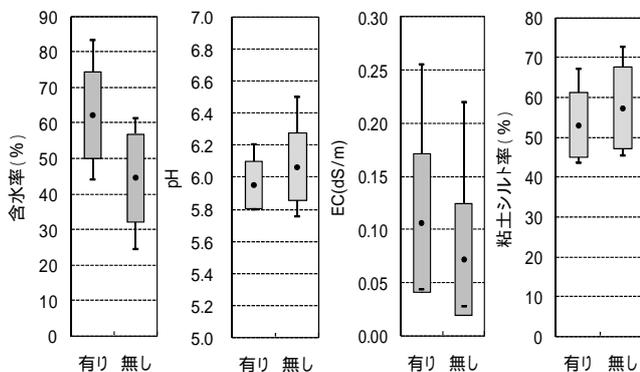


図-9 タコノアシの生育の有無での土壌分析結果

4.4 考察

4.4.1 西田川流域における生育環境

休耕田土壌の分析結果では、タコノアシの生育の有無で有意な差があったのは土壌含水率のみであり、生育している休耕田のほうが高かった。また継続調査を行った休耕田の方形枠の土湿が全区全期間で湿または過湿であったことから、タコノアシを休耕田で保全するためには湿田として維持されることが重要と判断される。

4.4.2 休耕田における生育状況と管理条件

西田川流域で調査した結果から、タコノアシの継続的な生育には、耕起および刈取りが有効であることが分かった。また管理が放棄されると、ほとんどの場合で2~3年の内にタコノアシは消失したことから、タコノアシを維持するためには何らかの農的管理が必要であることが示された。各管理状況での遷移度とタコノアシの被度について相関関係の分析を行った結果、耕起では5%有意水準で、全面刈取り、外縁刈取り、無管理では1%有意水準で負の相関関係が認められた。このことは、タコノアシ以外の植物により遷移が進むとタコノアシが減少することを示しており、タコノアシが攪乱依存種であり、遷移の初期に出現する種であることを示唆している。河川では洪水による攪乱によってタコノアシの継続的生育のための環境条件が維持されているが、休耕田では耕起や刈取りによる農的管理が洪水のような自然的攪乱を代替し、タコノアシの生育を可能にしていると考えられた。

§5.調整池におけるタコノアシ群落の再生

5.1 目的

開発工事などでは生育地に影響が及ぶ場合、ミティゲーション(保全措置)としては回避による生育地の保全が優先されるべきであるが、生育地の消失が止むを得ない場合、代償措置として新たな生育環境を創出することが必要とされる。これまで多くの植物に対し移植などの代償措置が実施されてきた。しかし多くの事例の中にも新たに造成された場所でタコノアシを再生した報告はない。そこで企業団地に造成された調整池での再生を試みた結果から、適切な導入方法と維持管理方法について明らかにすることを目的とした⁸⁾。

5.2 方法

5.2.1 植栽基盤の造成

調整池は、長辺180m、短辺55mの長方形であり、その東側短辺に半楕円状の植栽基盤を造成した。基盤の断面図を図-10に示す。調整池底面から常時水面までの高さは約3mである。植栽部分は、南側2/3が階段状、北側1/3が斜面状となっており、階段状の区画を高いほう

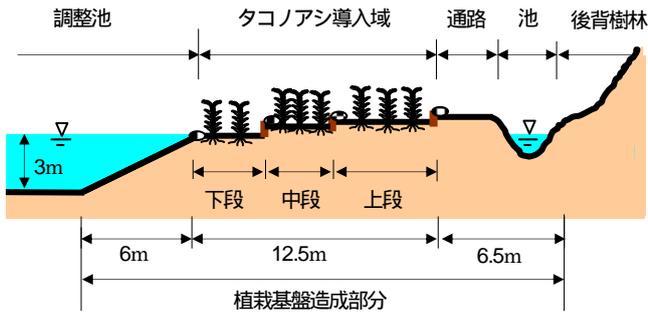


図 - 10 植栽基盤断面図

から上段、中段、下段とした。測定の結果、中段は下段より約 20cm、上段は中段より約 23cm 高かった。

5.2.2 タコノアシの導入方法

タコノアシの導入は、上段、中段は播種で、下段はポット苗で行った。播種では、1998年5月28日に基盤 1m² 当り約 3,000 粒の種子を撒き出した。ポット苗は 1998年3月20日にポットに播種・育苗し、同年7月6日に 1m² 当り 5 個体を植え付けた。

5.2.3 導入後の管理方法と植生調査方法

導入後 3 年間、タコノアシの生育を阻害すると考えられたセイタカアワダチソウ、ヒロハホウキギク、イヌビエの草丈 20cm 以上の個体を夏季に除去した。4 年目は管理作業を行わず、5 年目から 8 年目までは 3 月に枯草の全面的刈取りおよび除去を行ったが、9、10 年目は管理を実施せず、経過を観察した。

植生調査として、各段に 4 カ所の方形枠 (1m×1m) を設け、導入した 1998 年から 10 年間経年的にタコノアシの個体数 (2004 年欠測)、植生を秋季に調査した。

5.2.4 復元実験

2005 年に中段に方形枠 (1m×1m) を 3 カ所設定し、3 月上旬にリターの除去および初夏にタコノアシ以外の植物を刈取り、個体数の変化を調査した。

また 2007 年に上段、中段に方形枠 (1m×1m) を 2 カ所ずつ設け、6 月に表層土を耕耘し、11 月にシードバンクから生育したタコノアシを調査した。

5.2.5 調整池の水位変動

調整池の水位を圧力式水位計により測定した。測定は 2001 年 8 月から 2003 年 8 月、2006 年 5 月から 2007 年 12 月の間に行った。

5.3 結果

5.3.1 タコノアシの個体数の経年変化

1998 年から 2007 年の各段の 4 カ所の方形枠における個体数の平均値の経年変化を図 - 11 に示す。播種により導入した上段、中段とも 1 年目に 1m² 当り 400 個体以上が生育し、下段では導入したポット苗全てが活着した。その後、上段では 2 年目まで 1 年目とほぼ同

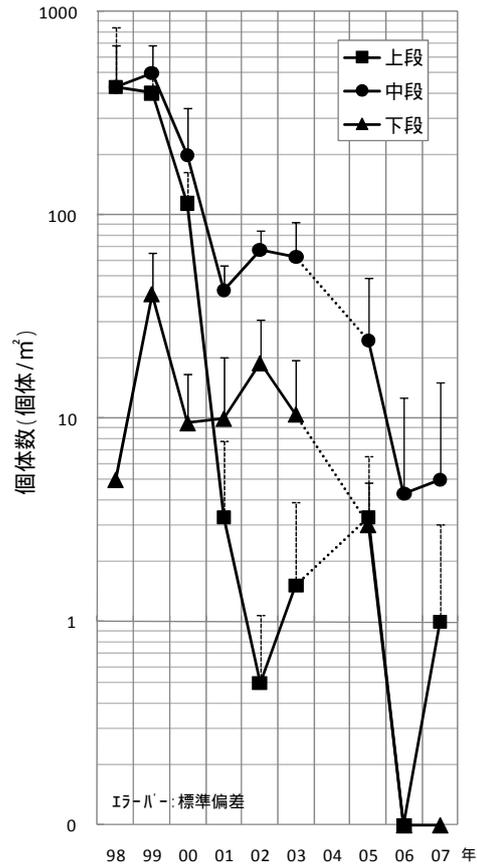


図 - 11 各段でのタコノアシ個体数の経年変化

数の個体数が維持されていたが、3 年目から減少し、9 年目には生育が見られず、10 年目には 1 カ所の方形枠で 4 個体が確認されたただけであった。中段でも 3 年目から減少したが、8 年目までは 20 個体以上が維持されていた。しかし中段でも 9 年目以降は 1 カ所を残し消失した。下段では 2 年目に増加し、他の段と同様に 3 年目に減少するが、その後は約 3~19 個体の範囲で増減しながら 8 年目までは生育が見られた。しかし 9 年目以降は生育が見られなかった。平均個体数の変化をみると、上段で最も速く少なくなり、次に下段であり、中段で最も多くの個体数が維持されていた。

5.3.2 復元実験

リターの除去および刈取りを行った方形枠でのタコノアシの個体数の変化を図 - 12 に示す。リター除去および刈取りを行うことにより、経時的に個体数の増加がみられた。また、現地で耕耘した方形枠では 2007 年 11 月にタコノアシの生育数は上段で 300 個体、1,050 個体が確認されたが、中段では見られなかった。

5.3.3 調整池の水位変動

水位測定期間中の各段の冠水回数から年換算して求めた冠水回数は、上段は年 6~13 回、中段は年 19~25 回であった。下段は年間を通じて冠水していた。ただし植栽基盤に更地が出来たり、植生を破壊するような状況は調査を行った 10 年間には見られなかった。

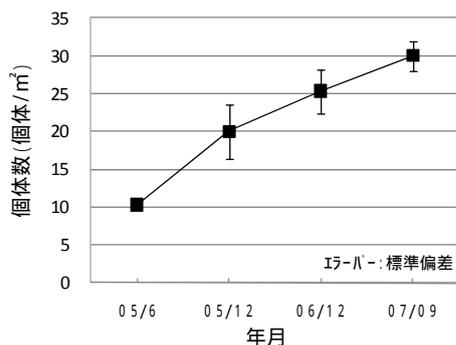


図 - 12 リター除去、刈取りによる個体数の経年変化

5.4 考察

5.4.1 導入方法

播種、ポット苗のどちらの方法でも群落を再生することが可能であった。播種では 1 m² 当り約 3,000 粒の種子を撒き出し、400 個体以上が生育したことから、播種によるタコノアシ群落の復元はやや確実性は低い、充分可能であると考えられた。またポット苗では全てが活着し、その年の秋季に根茎による栄養繁殖体が形成され、2 年目は個体数が 8 倍に増加した。したがって復元に利用できる種子が限られている場合、ポット苗を育成し、それを現地に植栽する方法がより確実な導入方法であると考えられた。

5.4.2 好適土壌環境

タコノアシは中段で最も良好な生残を示した。中段は常時水面より 10cm ほど高い位置にあるが、土壌は概ね過湿の状態であった。タコノアシを今回のような管理条件下でより長期的に維持するには、下段のような冠水状態や上段のような湿性～中性の立地でなく、中段のような過湿の土壌状態が望ましいと考えられる。

5.4.3 調整池での保全

この調整池では最大 3m 程度の水位変動があり、植栽基盤の上段、中段は年に 6 回から 20 回以上の頻度で冠水したと推定されたが、個体数は経年的に減少した。タコノアシは水位変動の激しい場所に多くみられるとされるが、水位変動だけではタコノアシの維持は難しいと考えられる。また管理を行わなかった 9 年目に、上段、下段の方形枠全てでタコノアシが消失したこと(図 - 11)、逆にリターの除去および刈取りを行った実験では生育数の増加が確認されたこと(図 - 12)から、休耕田の場合と同じように、何らかの管理をしなければ、他の植物に負けて生育ができなくなるが、刈取りなどの管理をすることで生育を維持することができると考えられた。

またタコノアシは人工的に造成された基盤でも土壌中にシードバンクを形成しており、タコノアシの生育が見られなくなった場合にも土壌を耕耘することで再度タコノアシを生育させることが可能と考えられた。

§6.総合的考察

6.1 タコノアシの生態的特性

個生態に関する実験および自然環境下における生育状況の調査結果から次のように考えられる。

6.1.1 生活環

種子は主に春季に発芽し、その年の夏季～秋季に開花・結実するとともに地下茎による栄養繁殖体を形成する。栄養繁殖体は、春季に伸長開始し、種子からの生育と同じく、夏季～秋季に開花・結実し、栄養繁殖体を形成する。冬季にはその年に生育した個体は枯死し、種子および栄養繁殖体から新たな個体ができる。

6.1.2 繁殖特性

タコノアシは種子と地下茎による繁殖を行う。種子繁殖では、多くの種子を生産し、水流などで広い範囲に散布しておき、発芽に適した裸地的環境であれば発芽・生育するが、適さない場合はシードバンクを形成し、攪乱によりギャップが生じた場合に発芽・生育する戦略を持つ種と考えられた。また損傷を受けても再生可能であり、栄養繁殖により個体数が 8 倍に増えたことから高い栄養繁殖能力を有していると考えられた。

6.1.3 生活史戦略

植物の生活史戦略を知ることはその種に適した生育環境を推定する有効な方法である⁹⁾。Grime は植物の進化を支配した重要な淘汰圧として、競争、ストレス、攪乱の 3 つがあり、この作用のもとに、3 つの主要な戦略型、即ち、競争種、ストレス耐性種、攪乱依存種が進化したと考えた¹⁰⁾。これらの特性はトレードオフの関係にあり、現実の植物は 3 つの戦略をそれぞれ異なる程度で兼ね備えていると考えられている。

調査を行った各生育地での 3 つの淘汰圧と人的関わりおよびタコノアシの生育状況を表 - 7 に示す。筑後川では、潮汐による冠水が植物体へのストレスと考えられ、その度合(強度・頻度)は大きく、また洪水による攪乱が年に数回発生する。ストレスと攪乱の淘汰圧が強く、タコノアシ以外の植物がほとんど生育できないため、淘汰圧としての競争はない。休耕田では、ス

表 - 7 淘汰圧と人的関わりおよび生育状況の関係

生育地 淘汰圧	河川 (筑後川)	休耕田 (西田川流域)	調整池
ストレス	冠水 (強度・頻度大)	冠水 (強度・頻度小)	冠水 (強度・頻度小)
攪乱	洪水	農的管理 (耕起、刈取り)	なし
競争	なし (侵入できず)	あり	あり
人的関わり	なし	農的管理	なし (農的管理)
タコノアシ 生育状況	継続的	継続的 (農的管理が ないと消失)	消失 (農的管理で 再出現)

トレスとして降雨による冠水があるがその度合は小さい。休耕田では耕起や刈取りなどの農的管理が攪乱として機能し、それによりタコノアシの生育が継続できるが、管理が行われないと他種との競争に負けて消失する。調整池では、ストレスとして同様に冠水があるが、比較的度合は小さいため、休耕田と同様に競争的環境になり、短期間で消失する。ただし刈取りや耕起を行うことで個体数の増加や再出現が確認された。

このような各生育地での生育状況および個生態学的特性から、タコノアシは攪乱のない競争的環境では他種に負けて消失するが、冠水ストレスと攪乱に対する高い耐性を有しており、また大量の種子生産量やシードバンク形成などにより攪乱条件下でいち早くニッチを開拓できると考えられることから、総括的にはストレス耐性を兼ね備えた攪乱依存種と位置付けられる。

6.2 タコノアシの保全と再生のための方法

6.2.1 河川における保全

タコノアシのような攪乱に依存的な植物は、生育立地が繰り返し再生されるという機構が失われたために絶滅に瀕しており、それらを保全するには生育の場の保全とその場の状態の保全が必要である¹¹⁾。筑後川で大きな群落を維持できている理由は、生育場として感潮域に緩やかな流路斜面が形成されており、淘汰圧として潮汐による冠水ストレスと洪水による攪乱の起きる環境が残されているからである。他の河川においてもそのような生育場とストレスや攪乱をもたらす水辺環境を維持・創出することが基本的な保全手法として有効であると考えられる。

6.2.2 休耕田における保全

休耕田の土壌分析および継続的な生育地の観察の結果、タコノアシの生育場として湿田状態が維持されていることが重要であった。また耕起、刈取りによる農的管理が行なわれている休耕田ではタコノアシの継続

的な生育が見られたが、管理が行われなくなると、数年のうちに消失したことから、河川での洪水による攪乱を代替するような農的管理の実施が必要である。

6.2.3 タコノアシの再生のための方法

1) 発芽・生育適地

実験結果から、タコノアシはギャップ検出機構を有する攪乱依存種であり、また調整池の植栽基盤では冠水あるいは土壌水分が適である場所より、過湿状態の場所で最も長く生育が維持されていた。これらから裸地であり、常時は冠水していない、過湿な土壌状態が維持されるような植栽基盤を構築する必要がある。

2) 導入方法

播種およびポット苗での導入が可能である。ポット苗と同様に現地生育個体の移植も全て活着したことが確認されている。またシードバンクからの再出現も確認されており、これら4つの方法が現地の状況に応じて利用可能である。種子の生産量が多く、長期の保存も可能なため、再生や復元に際しては、種子を採取し、それを保存しておき、ポット苗を育成し、現地に導入する方法が最も確実性が高いと考えられる。

3) 維持・管理方法

タコノアシは攪乱が起きずに植生遷移が進むと消失する。また調整池で起こるような水位変動だけでは遷移を戻すような作用は期待できない。そのためタコノアシを継続的に生育させるためには、休耕田で行われていたような耕起や刈取りのような農的管理、即ち、攪乱依存種が好む裸地的環境を創出・維持することを念頭においた順応的な管理の実践を行う必要がある。

謝辞

本研究を行うに際し、千葉大学小林達明教授および東京農工大学亀山章名誉教授にご指導・ご助言を頂いた。また首都大学東京横山勝英准教授には筑後川水位の実測データを提供して頂いた。厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) リバーフロント整備センター：“川の生物図典”，山海堂，1996.
- 2) 米村惣太郎，那須守，田澤龍三，逸見一郎，松原徹郎：“絶滅危惧植物タコノアシ群落の保全に関する基礎的研究”，日本緑化工学会誌，Vol.25，No.4，pp.317～320，2000.
- 3) 鷺谷いづみ：“種子発芽における環境モニター”，化学と生物，Vol.31，No.64，pp.382～384，1993.
- 4) 米村惣太郎，井原寛人：“筑後川下流域における絶滅危惧植物タコノアシの生育状況と環境条件”，環境情報科学論文集 24，pp.61～66，2010.
- 5) 横山勝英，大村拓，鈴木伴征，高島創太郎：“筑後川河口域における塩水遡上特性と汽水域環境について”，水工学論文集，Vol.55，pp.1453～1458，2011.
- 6) 米村惣太郎，中武禎典：“茨城県西田川流域の休耕田における絶滅危惧植物タコノアシの生育と管理状況”，環境情報科学論文集 25，pp.197～202，2011.
- 7) 亀山章：“高速道路のり面の植生遷移について”，造園雑誌，Vol.41，No.1，pp.23～33，1977.
- 8) 米村惣太郎，井原寛人：“調整池の植生基盤に導入されたタコノアシの経年的変化”，日本緑化工学会誌，Vol.34，No.1，pp.45～50，2008.
- 9) 鷺谷いづみ，矢原徹一：“保全生態学入門—遺伝子から景観まで—”，文一総合出版，1996.
- 10) Grime, J.P.: “Plant Strategies, Vegetation Processes, and Ecosystem Properties (2nd. Ed.)”, John Wiley & Sons, Chichester, 2001.
- 11) 梅原徹：“植物保護と環境—保全へのアプローチ—”，自然史研究，Vol.2，No.15，pp.225～230，1999.