

4.2 学術研究（研究者の観点から）

ここでは、アザメの瀬をフィールドとした公募研究などの成果を掲載する。

研究課題については、表 4.2-1 に示すとおりである。

表 4.2-1 公募研究等一覧

タイトル	研究機関	研究者
4.2.1 再生氾濫原における水質変化とそれに及ぼす要因に関する研究	九州大学大学院工学研究院	小崎 拳 林 博徳
	国土交通省港湾局技術企画課	辻本陽琢
	九州大学大学院工学研究院	島谷幸宏
4.2.2 出水による種子分散について	九州大学大学院工学研究院	林博徳, 島谷幸宏, 池松伸也
	NIPPO コーポレーション	重松光太郎
	東京大学	西廣淳
	徳島大学	河口洋一
4.2.3 再生氾濫原の有する魚類産卵場としての機能に関する研究	九州大学大学院工学研究院	小崎 拳 林 博徳
	福岡県保健環境研究所	中島淳
	九州大学大学院工学研究院	島谷幸宏
4.2.4 アザメの瀬に生息する二枚貝について	九州大学大学院工学研究院	林博徳, 島谷幸宏, 池松伸也
	国土交通省 港湾局技術企画課	辻本陽琢
	徳島大学	河口洋一
4.2.5 アザメの瀬自然再生事業における住民参加と地域知識の活用	東京大学農学生命科学研究科	渡辺敦子
4.2.6 アザメの瀬のトンボ相	東京大学農学生命科学研究科	須田真一
4.2.7 CVM によるアザメの瀬の経済価値評価に関する研究	日本大学理工学部海洋建築工学科	桜井慎一
4.2.8 アザメの瀬自然再生過程で復元する植物種の自然適性に関する生態遺伝学的評価研究（平成 15 年度～平成 17 年度実施）	大阪府立大学農学生命科学研究科（現東京農業大学）	山口裕文
4.2.9 アザメの瀬自然再生事業初期に出現したアゼナ類の自然適性に関する遺伝学的一評価	大阪府立大学農学生命科学研究科（現東京農業大学）	山口裕文, 向井恵美, 中山祐一郎
4.2.10 アザメの瀬における植生復元への土壌シードバンク利用可能性の評価	東京大学農学生命科学研究科	西廣淳
4.2.11 アザメの瀬自然再生事業地における自然解説モデルの提案	東京学芸大学環境教育実践施設	吉富友恭
4.2.12 イネ科草本群落の成立と哺乳類の動向～特にカヤネズミの移入・定着～	九州大学大学院農学研究院	石若礼子, 増田泰久, 佐藤洋行, 木下由子
4.2.13 アザメの瀬に関する調査報告～主に土壌と植生について～	九州大学大学院農学研究院	望月俊宏, 中野 豊, 大場憲子
4.2.14 アザメの瀬に関する調査報告-アザメの瀬再生過程における土壌養分とバイオマスの評価-	九州大学大学院農学研究院	望月俊宏, 中野 豊, 大場憲子
4.2.15 松浦川における水質調査-主に植生に影響を与える成分について-	九州大学大学院農学研究院	望月俊宏, 中野 豊

4.2.1 再生氾濫原における水質変化とそれに及ぼす要因に関する研究

九州大学大学院工学研究院

小崎 拳

九州大学大学院工学研究院

林 博徳

国土交通省港湾局技術企画課

辻本陽琢

九州大学大学院工学研究院

島谷幸宏

1. 背景及び目的

近年,河川においても生物多様性は益々重要となってきた。特に,氾濫原は多様な生物のハビタットであることから,現在氾濫原環境を再生する自然再生事業が全国的に取り組まれている。しかしながら,これらの事業に関する知見は未だ不足していることから,今後十分にモニタリングを行い,自然再生手法を科学的に検証することが必要と考えられる。とりわけ生物の生死に大きく影響を与える水質の挙動を把握することは重要である。そこで,本研究では再生氾濫原であるアザメの瀬と松浦川本川における水質および水中植生の季節変化を調べ,水質の変動に影響を及ぼす要因について考察した。

2. 研究方法

2.1 調査対象地

調査対象としたのは,松浦川本川とアザメの瀬内の水理的环境条件が異なる3地点(上池・下池・クリーク)である。アザメの瀬は通常時クリークのみ松浦川本流との連続性を有しているが,上池及び下池は一時的水域となっている。なお,出水時には氾濫水が全体に流入する仕組みとなっている。

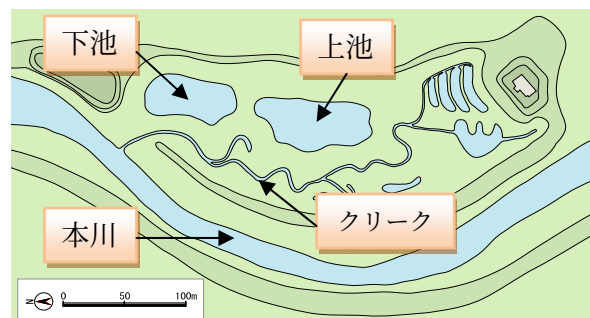


図-1 調査地点

2.2 調査方法

水質測定項目は,水温・水深・pH・DO・T-N・T-P・TOCとした。水中植生については,水質調査時に,目視にて繁茂状況を確認した。調査期間は2009年3月～11月で,データの計測は毎月1回行った。なお調査期間の水温・水位変動を設置型水温計・水位計により連続観測した。

3. 研究結果

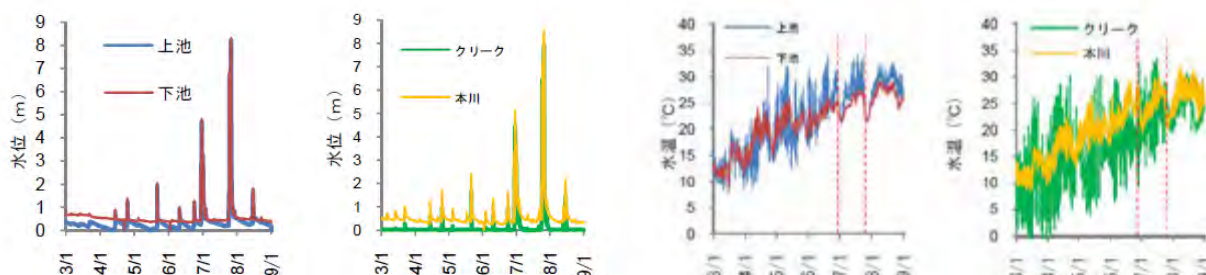


図-2 水深・水温変動

図-2は水深・水温変動のグラフである。水深に関しては各調査地点ともに6月と7月に大きな水位上昇が認められる。これは,2009年6月30日と7月26日の出水を示す。水温変化のグラフを見ると,通年で上池とクリークの日変動が大きくなっている。水深変動のグラフと比較すると,水位が低い場所ほど日変動が大きいことがわか

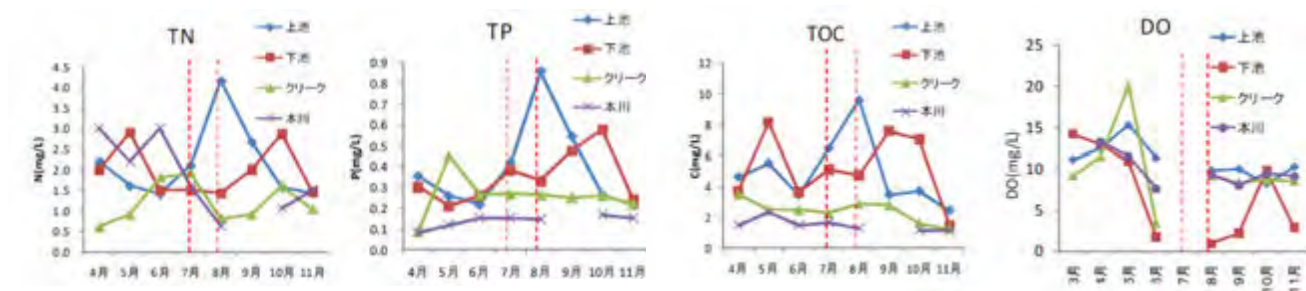


図-3 各水質項目の月別変化

る。赤の破線で示した出水時に着目すると、各調査地点ともに出水後には水温が減少していることが確認できる。

次に、図-3に各地点におけるT-N・T-P・TOC・DOの月別変化を示す（破線：出水日）。T-Nについては、上池は夏期に高い値を示しているが、それ以外の地点では夏期に低くなっている。T-Pについては本川とクリークの変化は小さく、7月以降の上池・下池は大きな変化を示している。TOCに関しても上池は夏期に高くなっているが、下池は逆に夏期に低い値を示した。本川とクリークの変化はTPと同様に小さかった。また、出水と栄養塩についての関係は既往の研究において報告がなされており、これらの変化についても出水の影響を受けている可能性が考えられた。7月の出水前後に着目すると、上池はすべての項目において出水後に大きく増加し、その後徐々に減少していることがわかる。それに対し、その他の3地点においては出水後に大きな増加は見られず、減少しているものもあった。DOに関しては一年を通して本川と上池の変化は小さかった。クリークは5～6月にかけて大きな変化を示し、その後はほぼ一定となった。また、下池は6～9月に大きく減少している。

さらに、2009年6月における各調査地点の様子を図-4に示す。水面・水中の植生繁茂状況に関しては、下池ではヒシが繁殖し夏期には水面を覆い尽くすほどになった。それ以外の調査地点では、水際に多少植物がみられるものの、水面・水中における顕著な植生の繁茂は一年を通じて確認されなかった。今回の植生の繁茂状況調査は目視による観測のため正確な値を示すことはできないが、図-5より下池におけるヒシの繁茂状況は、おおよそ5月から薄く水面に広がり始め、6月には水面の60～70%程度を覆い、7月には90%程度濃密に繁茂、8月には80～90%程度、9月には枯れ始め50～60%程度、10月にはほぼ水面からは消失しているのが確認された。



図-4 6月の植生繁茂状況



図-5 下池の植生変化

4. 考察

栄養塩や有機物は洪水によって氾濫原に供給されることが知られているが、上池における観測結果はこれら既往の研究結果の傾向と一致した。しかし一方で、同じ一時的水域である下池では、上池とは異なり7月出水後の栄養塩量の顕著な上昇は確認されなかった。この要因として現在考えられるのは、下池におけるヒシの大繁殖である。上述の通り6月～9月ごろにかけて、ヒシが下池水面を覆いつくしていた。ヒシは高い栄養塩吸収能力を有していることが知られており、ヒシが栄養塩を吸収したため、出水後も下池の栄養塩の変化は小さくなったのではないかと考えられた。またヒシは夏期において水面の大部分を覆っており、光を遮断することによって下池のD0を低下させた可能性が考えられる。

さらに、出水前後の水温変動にも着目した。図-6は2009年と2008年の夏期の下池日平均水温と日平均気温である（破線部：出水）。図-6より、水温変動には気温の変化が強く影響していることが明らかだが、出水直後はどちらの年においても気温の下がり幅よりさらに低下していることがわかる。7月に出水のなかった2008年は7月以降において水温＝気温となっている。6月30日に出水のあった2009年はそれ以降一カ月程度、水温＜気温という関係になっている。このことから、水温の低下は気温による影響だけでなく、出水の攪乱による冷却効果も受けていると推測される。

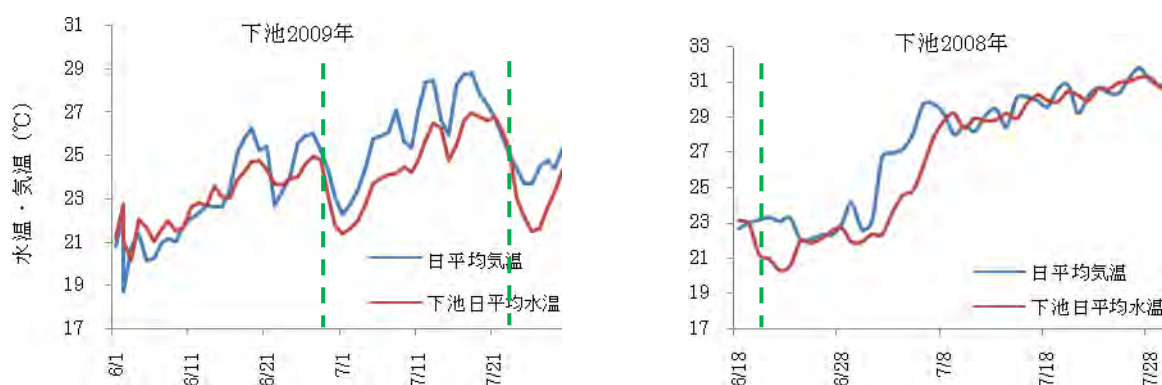


図-6 下池の気温・水温変化

5. まとめ

本研究では、アザメの瀬の通年の大まかな水質変化が環境の異なる地点ごとに明らかになった。また、出水前後で栄養塩や有機物量が増加した場所とそうでない場所があるなど水質変化の挙動は場所ごとに異なっていた。これらの水質の変化には出水や植物の繁茂状況が影響していると考えられるが、現段階ではそれを特定するには至っていない。これらを踏まえ今後は出水と水質変化の関係について明瞭に示すため、出水直前・出水中・出水直後といったより詳細な水質データをとる必要がある。また、本調査は月に1回実施してきたが、水質の月変動なども考慮すると、今後は調査回数を増やす必要があるだろう。さらに、植物の繁茂状況と水質変化の関係を明らかにするためには、ヒシを含めた水生植物の繁茂状況に関してより詳細な研究を行っていく必要がある。

本研究室ではアザメの瀬における二枚貝の生息状況についても調査を行っており、アザメの瀬には2000匹を超えるドブガイ属二枚貝の生息が確認されている。2009年の夏には下池において二枚貝が多数死亡したことを確認しており、水質や水深等が関係していると考えられるため、その関連性についても今後調べていく予定である。特に、下池における夏期のD0値は異常なまでに小さくなっており、そこに生息する生物にとっては致命的である。これと関係していると考えられる植生の繁茂状況は現在変遷過程にある。よって水質の変動とともに今後も定期的に観測を行い、対策を講じていく必要がある。

4.2.2 出水による種子分散について

九州大学大学院工学研究院 林博徳，島谷幸宏，池松伸也

NIPPO コーポレーション 重松光太郎

東京大学 西廣淳

徳島大学 河口洋一

1. 背景

氾濫原は、河川の氾濫や河道の移動によって形成され、河川の堆積物によって構成される場である。氾濫原は洪水時における遊水地としての機能と、多様な生物の生息場を提供する機能を有している。しかしこの氾濫原は河川改修や土地開発によって、急速に減少している。このような背景を受けて、氾濫原を再生する事業が 1990 年頃から世界中で取り組まれている。我が国においても例外ではなく、国土交通省は佐賀県松浦川中流域に位置するアザメの瀬地区を対象に氾濫原の再生に取り組んでいる。ここでは、再生氾濫原であるアザメの瀬における植生再生過程の評価研究について報告する。

近年河川における自然再生研究では、流水による種子分散(hydrochory)に関する研究が広く取り組まれている。たとえば、Goodson et al. 2003 は流水によって運ばれる堆積土砂の量や粒径と植物の定着に関係があることを示している。Jansson et al. 2005 は流水による種子分散が河岸植生の種多様性に寄与しているとしている。しかし、これらの研究は河川の平常時の水位変動による種子散布に着目したものであり、研究期間が長く風等による散布の可能性を除くことができないので、種子散布が確実に流水によって行われたことを示すには不十分である。そこで本研究では、洪水流によって氾濫原に種子が運搬されることを明確に示し、運搬される種子の種類や量を把握、またそれらとともに運ばれる土砂の量や粒径との関係を示し、氾濫原への種子の流水輸送システムを明らかにすることを目的とする。

2. 研究方法

2.1 研究対象地

アザメの瀬地区は、生物の生息場としての氾濫原湿地環境の再生を目的として面積約 6ha、延長約 1000m、幅約 400m にわたって整備された再生氾濫原である。湿地として再生される前は水田として利用されていたが、松浦川本流との水理的な連続性は確保されていなかった。再生後のアザメの瀬地区は、クリークと池およびそれらの周りの湿地からなっており、水理的な連続性も再生された。通常時はクリークのみで松浦川本川とつながっているが、洪水時にはアザメの瀬地区全体に洪水流が流れ込む仕組みとなっており、定期的に流水によって攪乱を受け土砂や様々な生物が流入する（図 2-1）。

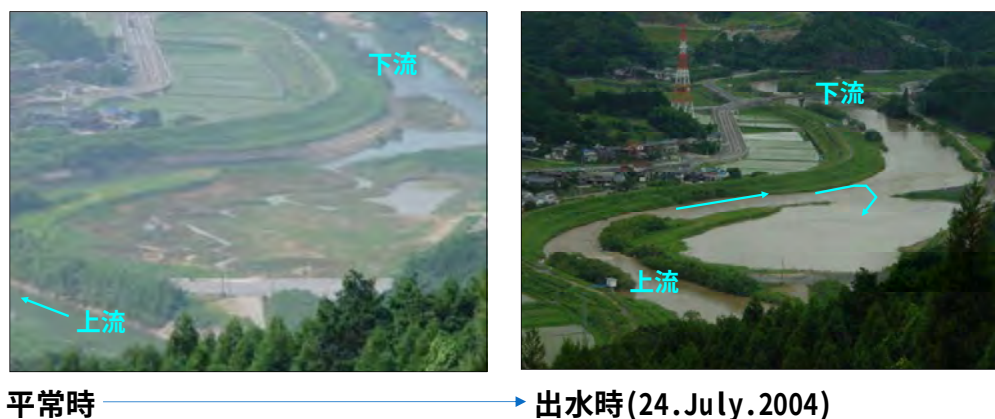


図 2-1 アザメの瀬の水位変動

2.2 調査方法

(1) 堆積物トラップ

本研究では、河川の氾濫に伴う洪水流によって輸送される土砂、種子を採集するため、アザメの瀬内及び松浦川本川に堆積物トラップを設置した。調査前に堆積している土砂と、洪水流によって輸送される堆積物を明確に分けるために、堆積物トラップはビニールシートを敷いた地面の上に、20×20cm のステンレス製の枠に不織布を張った堆積物トラップを敷設することによって作成した(図 2-2)。堆積物トラップは1 調査地点につき6 コドラート設置し、コドラート4 個を発芽試験用、2 個を土砂分析用とした。

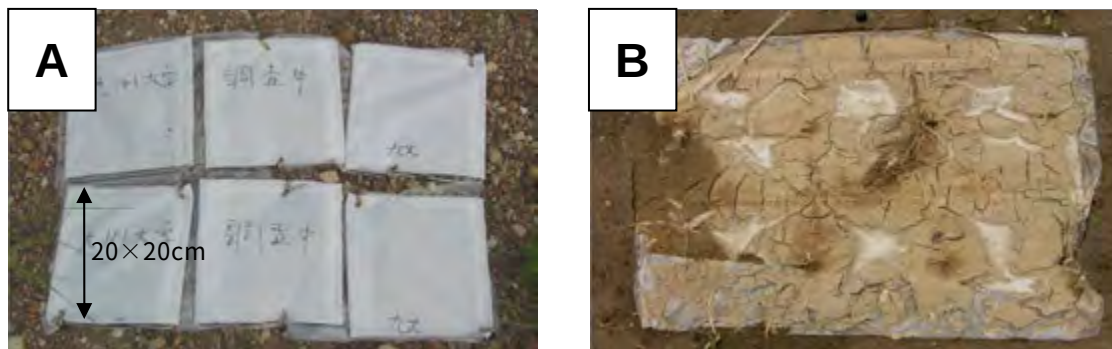


図 2-2 設置した堆積物トラップ (A) 出水前, (B) 出水後

(2) 設置場所

堆積物トラップは、地形や水面からの高さ、アザメの瀬流入口からの距離等の地形的特徴を捉えられるように考慮してアザメの瀬内全体に設けた（図 2-3）。設置地点数は、2004 年の調査においてはアザメの瀬内に 33 ヶ所、松浦川本川に 5 ヶ所設置した。2006 年度は、アザメの瀬内に 34 ヶ所、松浦川本川に 6 ヶ所、風散布識別用に 5 か所設置した。

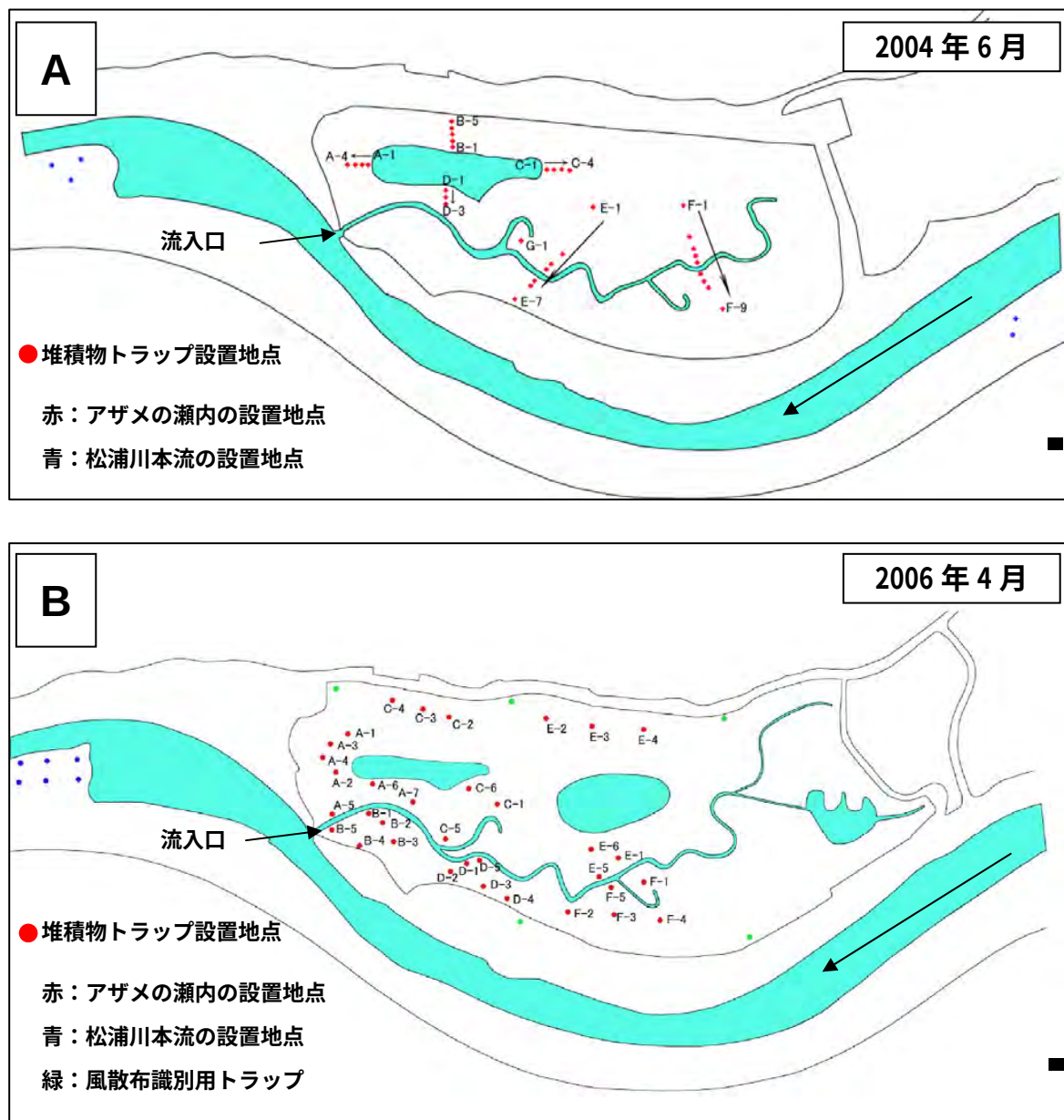


図 2-3 堆積物トラップ設置場所平面図 (A) 2004 年調査, (B) 2006 年調査

(3) 対象洪水及び堆積物トラップ設置期間

調査は、季節による差異について検証するため 2004 年 6 月（夏出水）と 2006 年 4 月（春出水）の計 2 回実施した。設置期間は 2004 年 6 月 22 日～7 月 2 日、及び 2006 年 4 月 8 日～4 月 18 日である。出水が起こる直前に堆積物トラップを設置し、出水後水位が下がるのを待って、堆積物トラップは速やかに持ち帰り実験を行った。堆積物トラップの回収に際しては、堆積物トラップ上に堆積したサンプルを密閉可能なビニール袋に入れ、設置箇所名をつけて持ち帰った。その後発芽試験用のサンプルは速やかに発芽試験に回し、土砂分析用のサンプルは冷凍庫に入れて保存したのち、土砂分析を行った。

なお、2004 年 6 月の調査では、松浦川本川設置の 5 地点のうち 1 地点、2006 年 4 月の調査では、松浦川本川設置の 6 地点のうち 4 地点、風散布識別用の 5 地点のうち 1 地点のサンプルがそれぞれ流水あるいは人為的要因によって失われていた。

また堆積物トラップを設置した調査期間内の 2004 年 6 月 24 日～27 日にかけて、1 日最大 83mm、4 日間で 269mm の降雨があった。その結果アザメの瀬内では TP7.0m 強まで水位が上昇したことが観測された（図 2-4）。同様に 2006 年の調査では、4 月 10 日～11 日にかけて、1 日最大 102mm、2 日間で 133mm の降雨があり、アザメの瀬内では TP8.0m まで水位が上昇した（図 2-5）。その結果、2004 年 6 月、2006 年 4 月いずれの調査時においても、風散布識別用を除くすべての堆積物トラップが水没した。両調査実施期間ともに、調査期間までの前半年間で最も大きな出水をとらえており（図 2-6、図 2-7）、大規模出水時（平均年最大流量程度）の流水により輸送される堆積物の挙動を、十分に把握できるものと思われる。

なおいずれの調査も、直前に行われた改修工事によって調査対象地域の表土は掘削されており（2006 年度は第二次掘削）、アザメの瀬全体が裸地の状況下で実施した。そのため、調査時にはアザメの瀬内に植物はほとんど存在しない状態であった。

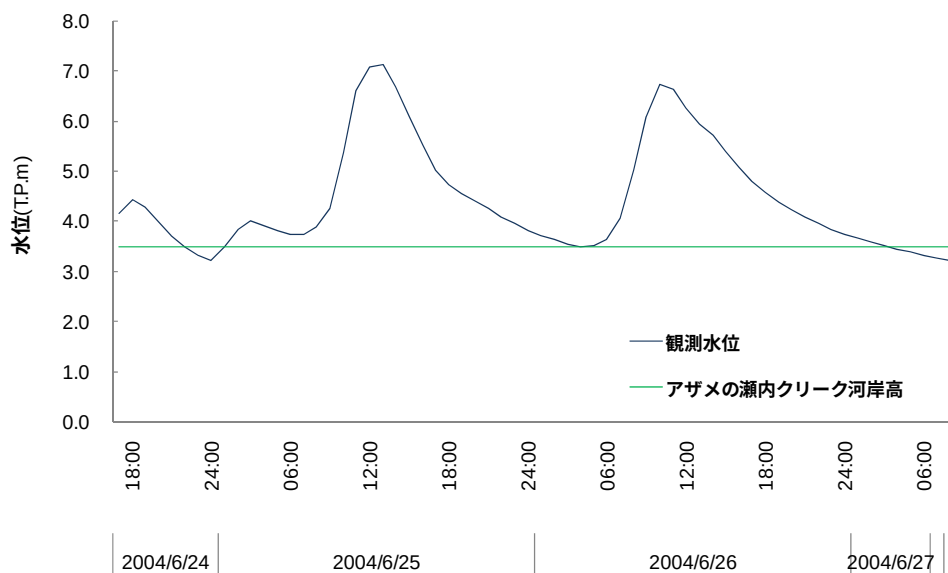


図 2-4 アサメの瀬における調査実施期間の水位ハイドログラフ（2004 年 6 月）

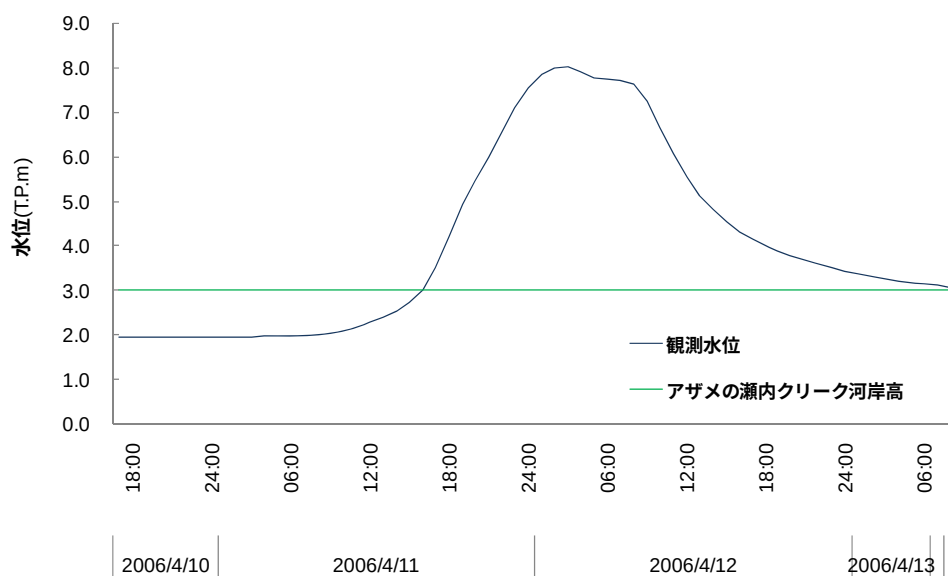


図 2-5 アサメの瀬における調査実施期間の水位ハイドログラフ（2006 年 4 月）

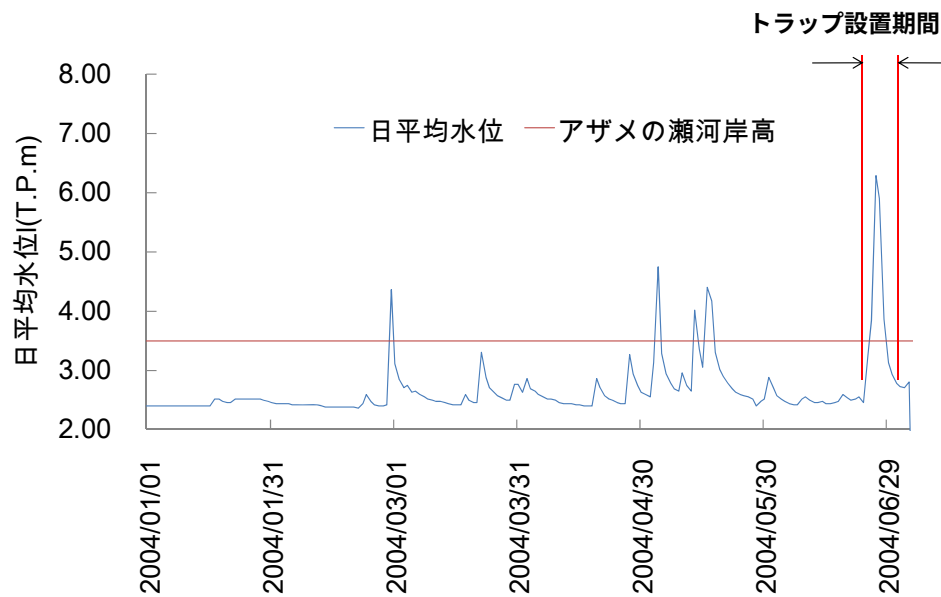


図 2-6 アザメの瀬における日平均水位ハイドログラフ（2004 年 1 月～6 月）

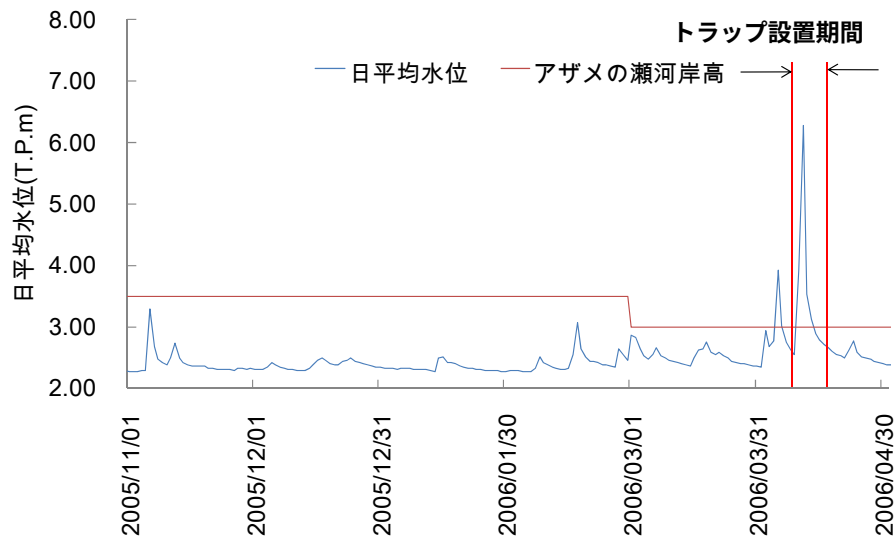


図 2-7 アザメの瀬における日平均水位ハイドログラフ（2005 年 11 月～2006 年 4 月）

(4) 発芽試験

発芽試験は、土壌をまきだして実生を調査する実生発生法を用いた（荒木ら 1997）。装置には、コドラートと同じ 20×20cm のサイズに作製した木製のプランターの底に通水用の穴を空け、水槽に設置して湿潤状態を保ったものを使用した。プランターは、土壌サンプルを採取した地点ごとに分けて設置し、バーミキュライトをプランターの底から 20cm まで敷き詰め、その上に土壌サンプルをまきだして発芽試験を行った（図 2-8）。

堆積土砂中に含まれる埋土種子を堆積土砂の厚みによらず過不足なく発芽させるために、堆積土砂量が多かった地点の土壌サンプルについては、厚み 5mm 程度の層状に切り分けたのちに、別々のプランターにまきだして発芽試験をおこなった。

発芽後は発芽した種の同定を行うため、同種と見られる草本をまとめて別のプランターに移植した。移植した草本は、同定可能な特徴を呈するまで育成した（図 2-9）。種同定後は堆積物トラップ地点と本数を確認したのちに速やかに抜き取った。これは発芽した植物がプランターの中で結実し、種子を落とすことを防ぐためと、先に発芽した植物によってできる日陰で発芽がそれらより遅い植物の成長を阻害することやその後の発芽を阻害することを防ぐためである。

なお種の同定は（佐竹ほか 1999）の記述に従い、西廣淳氏（東京大学大学院）の指導のもと行った。本研究では、湿地性草本という分類を行っているが、湿地性草本とは、種同定で用いた文献において、生息環境の解説文で「湿地」、「湿った環境」、「水田」、「水辺」との記述が認められたものを指す。

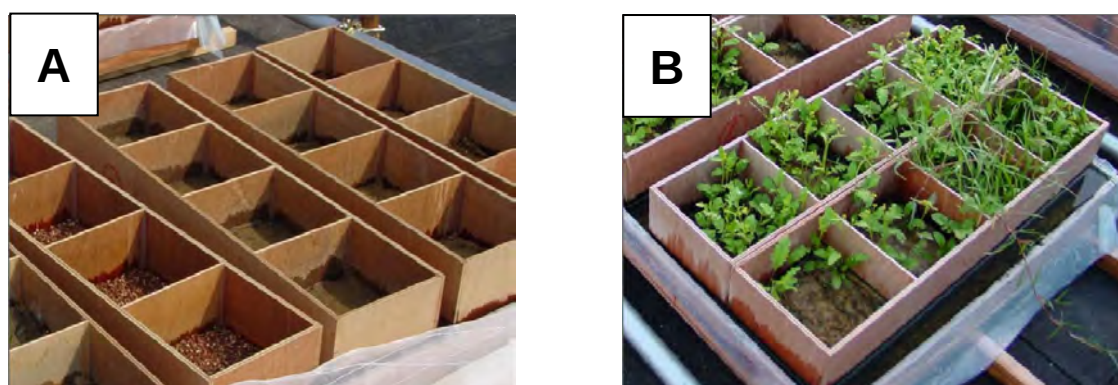
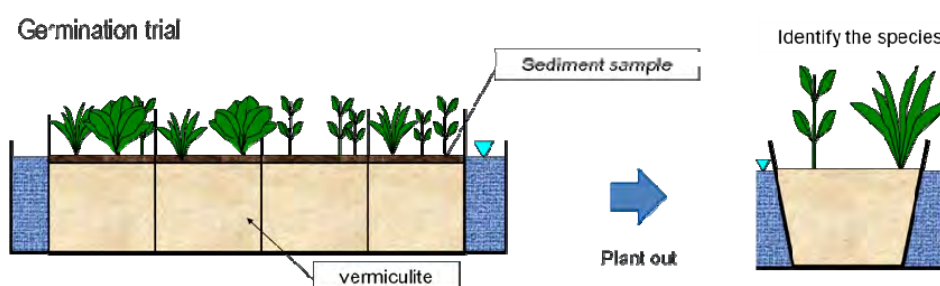


図 2-8 発芽試験の様子；(A) 撒き出し直後，(B) 撒き出し後一カ月経過時の様子



2-9 発芽試験から種同定までの流れ

図

3. 研究結果

3.1 発芽試験結果

(1) 2004 年（夏出水）結果

2004 年 6 月に採取した堆積物トラップサンプルから、全体で 96 種、6229 個体（1025 個体/m²）の発芽が確認された。このうち、アザメの瀬内に設置したサンプルからは、95 種 5818 個体（1101 個体/m²）の発芽が確認された。本川に設置したサンプルからは、41 種 411 個体（77.8 個体/m²）の発芽が確認された。

アザメの瀬に設置したサンプルから発芽した個体数上位 8 種を図 3-1 に示す。最も発芽数が多かったのはスカシタゴボウ（2387 個体）であり、アザメの瀬に設置したサンプルから発芽した総個体数の 41% を占めていた。以下アメリカアゼナ、イヌガラシ、アゼナ、トキワハゼ、タネツケバナ、シナダレスズメガヤ、コゴメガヤツリと続いた。これら上位 8 種の発芽数の総和は全体の 77% であった。

湿地再生の指標となる湿地性植物については、全ての種の中で発芽数が最も多かったスカシタゴボウをはじめ、38 種、3927 個体が確認された。スカシタゴボウ、アメリカアゼナ、アゼナなど水田雑草の発芽数が多かったが、環境省 RDB 絶滅危惧Ⅱ類種に指定されているオオアブノメ（2 個体）やミズマツバ（7 個体）、準絶滅危惧種に指定されるカワヂシャ（30 個体）も含まれていた。一方、外来種が 26 種、862 個体確認された。その中には日本固有の植物を脅かすと言われているシナダレスズメガヤやセイタカアワダチソウも含まれていた。特にシナダレスズメガヤは個体数が 117 個体と多かった。

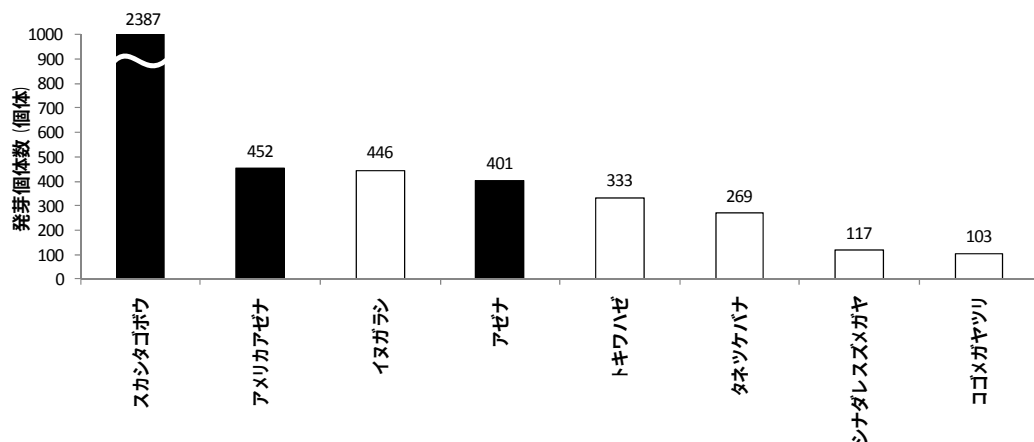


図 3-1 2004 年 発芽上位 8 種（棒グラフ上の数字は発芽数を、黒棒は湿地性草本を示している。）

(2) 2006 年（春出水）結果

2006 年 4 月に採取した堆積物トラップサンプルから、全体で 78 種、3178 個体（495 個体/m²）の発芽が確認された。このうちアザメの瀬内に設置したサンプルからは 77 種 3156 個体（580 個体/m²）の発芽が確認された。本川に設置したサンプルからは、2 種 5 個体が確認されたのみであった。これには、本川に設置した堆積物トラップが、6 設置地点のうち 4 設置地点で流水の影響で失われていたことが影響している。

アザメの瀬に設置したサンプルから発芽した個体数上位 8 種を図 3-2 に示す。オオクサキビの個体数が最も多く 1043 個体で、アザメの瀬に設置したサンプルから発芽した総個体数の 33%を占めていた。以下ヌカキビ、イヌビエ、セイタカアワダチソウ、アゼナ、イ、カラムシ、アメリカアゼナと続いた。これら上位 8 種の発芽数の総和は全体の 76%であった。

湿地性植物については、35 種 1370 個体が確認された。ヌカキビやイヌビエというイネ科の水田雑草種が、発芽数は多かった。湿地性草本の中には希少種として、環境省 RDB 絶滅危惧Ⅱ類に指定されるオオアブノメ（8 個体）やミズマツバ（5 個体）、準絶滅危惧種に指定されるカワヂシャ（65 個体）も確認された。

一方、外来種が 23 種 1535 個体確認された。外来種では侵略的外来種であるセイタカアワダチソウも確認された。

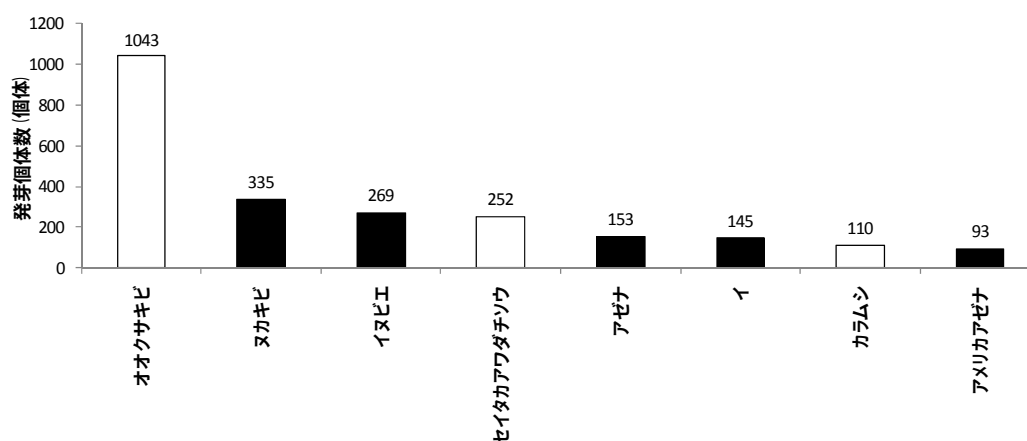


図 3-2 2006 年発芽上位 8 種（棒グラフ上の数字は発芽数を、黒棒は湿地性草本示している。）

3.2 アザメの瀬内の種子の分散

発芽数の多かった種上位 8 種について、堆積物トラップ設置地点ごとの発芽数を示す（図 3-3～図 3-10）。

スカシタゴボウ（図 3-3）、イヌガラシ（図 3-5）はアザメの瀬内のほぼ全地点に満遍なく、漂着していた。特にクリーク上流のトラップ設置地点においても、種子の漂着が多くみられる点は、これら 2 種のみで見られた特徴である。

一方、シナダレスズメガヤ（図 3-9）、コゴメガヤツリ（図 3-10）は、流入口からの距離が近い下池周りのトラップ設置地点に多く漂着していた。特に下池の北側の斜面に多かった。それ以外のトラップ設置地点ではほとんど漂着が見られなかった。

アメリカアゼナ（図 3-4）、アゼナ（図 3-6）、トキワハゼ（図 3-7）、タネツケバナ（図 3-8）は、流入口に近い地点に多く漂着する傾向は確認できるが、クリークの上流付近のトラップ設置地点においても一定数の漂着が見られた。

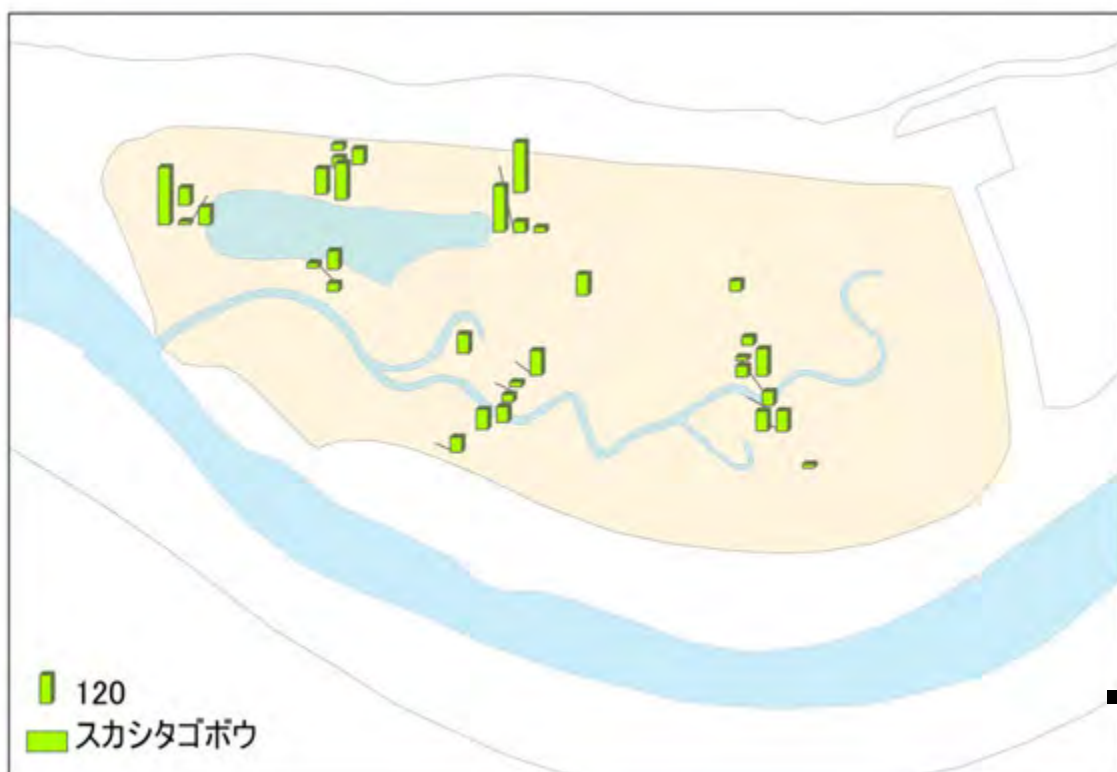


図 3-3 スカシタゴボウの地点別発芽数

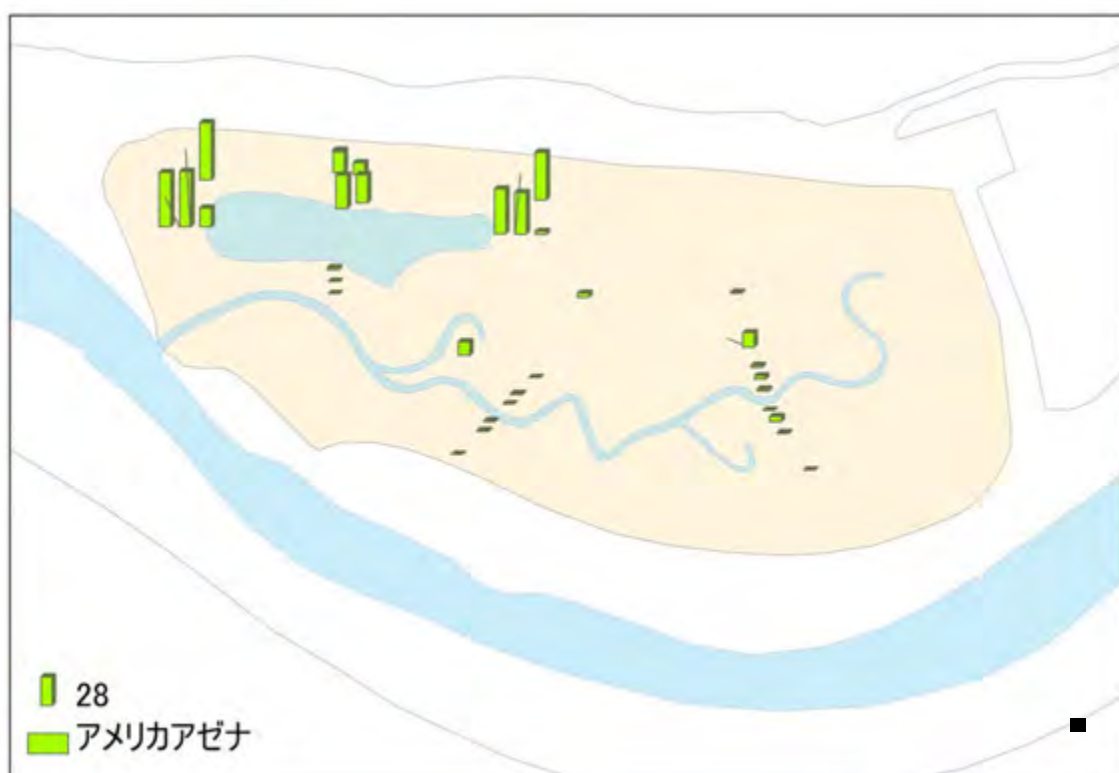


図 3-4 アメリカアゼナの地点別発芽数

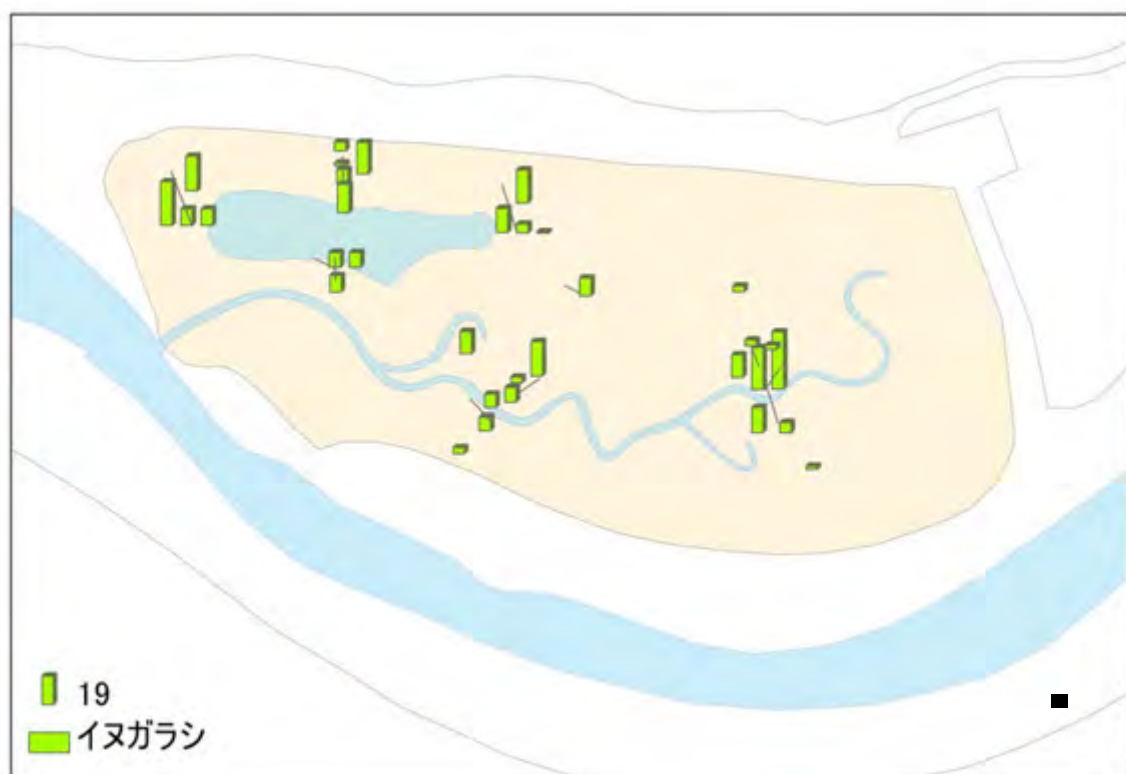


図 3-5 イヌガラシの地点別発芽数



図 3-6 アゼナの地点別発芽数



図 3-7 トキワハゼの地点別発芽数

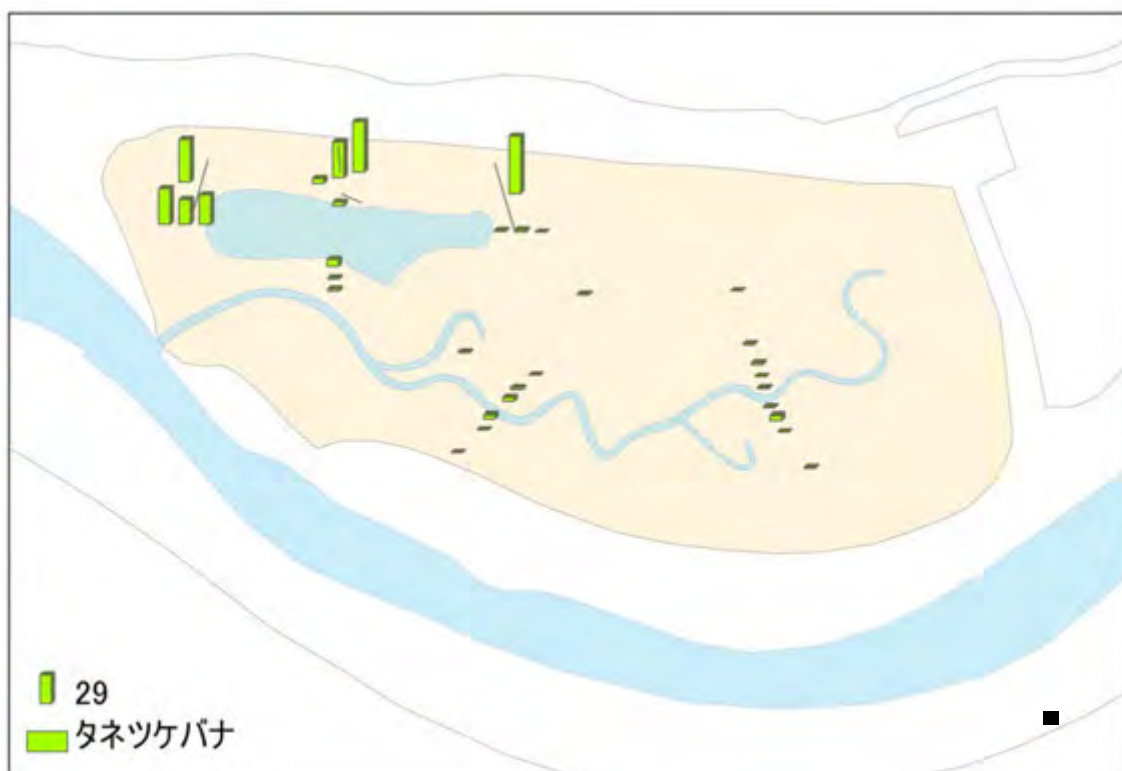


図 3-8 タネツケバナの地点別発芽数



図 3-9 シナダレスズメガヤの地点別発芽数



図 3-10 コゴメガヤツリの地点別発芽数

2006 年（春出水）結果

発芽数の多かった種上位 8 種について、堆積物トラップ設置地点ごとの発芽数を示す（図 3-11～図 3-18）。

オオクサキビ（図 3-11）、ヌカキビ（図 3-12）、イヌビエ（図 3-13）は、流入口からの距離がごく近いクリーク最下流部や下池北側の設置地点に漂着していた。それ以外のトラップ設置地点にはほとんど漂着が認められなかった。

セイタカアワダチソウ（図 3-14）、アゼナ（図 3-15）、イ（図 3-16）、カラムシ（図 3-17）、アメリカアゼナ（図 3-18）は、流入口に近い地点に多く漂着する傾向が認められた。特にイやカラムシはこの傾向が強くオオクサキビなどとも漂着挙動が似ていたが、クリーク中流部まで漂着が認められる点においてオオクサキビなどとは異なっていた。セイタカアワダチソウ、アゼナ、アメリカアゼナは、流入口からの距離が遠い地点ほど漂着個体数は少なくなるが、クリークの上流まで漂着が認められた。流入口からの距離が遠い、クリークの中～上流のトラップ設置地点では、特に左岸側に多く漂着していた。それに対し、上池東側のトラップ設置地点には、いずれの種も漂着していなかった。

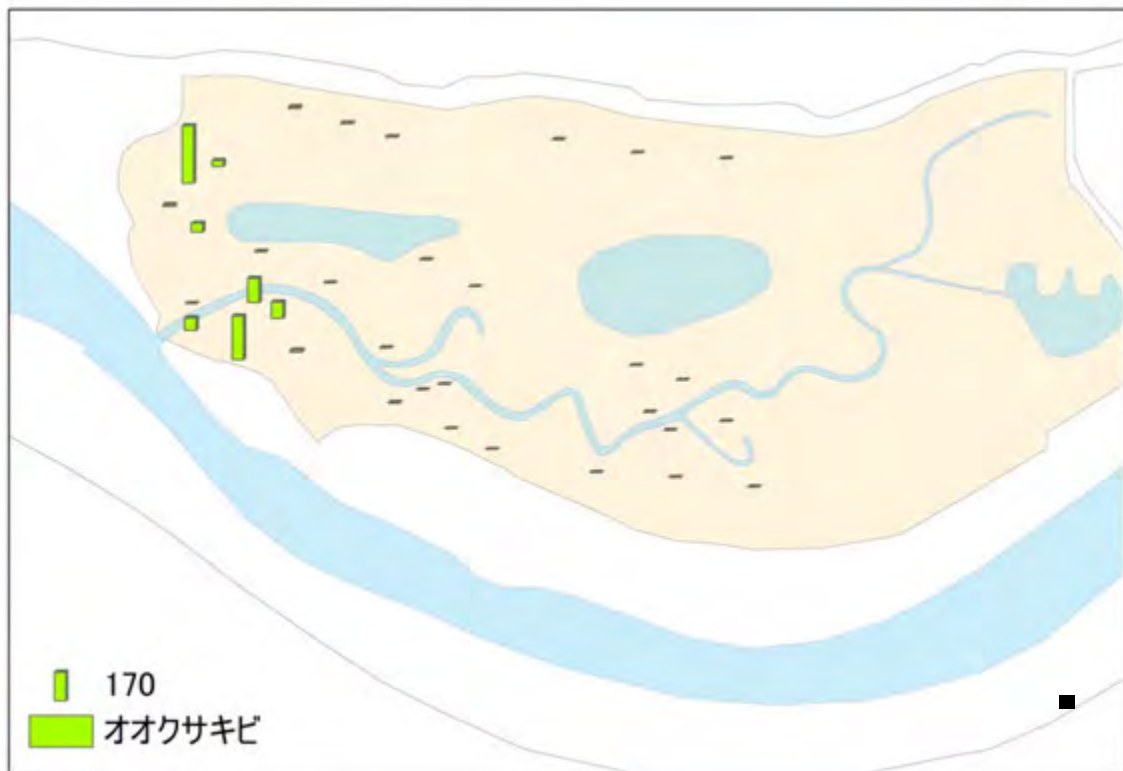


図 3-11 オオクサキビの地点別発芽数



図 3-12 ヌカキビの地点別発芽数

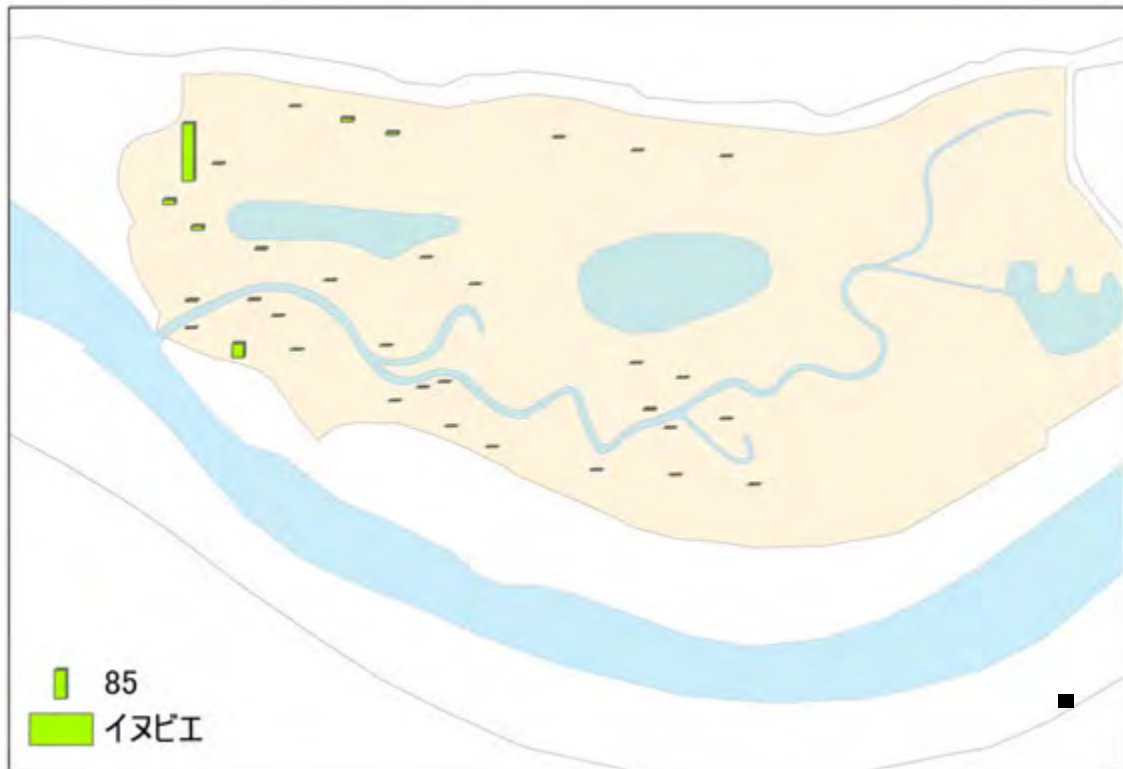


図 3-13 イヌビエの地点別発芽数



図 3-14 セイトカアワダチソウの地点別発芽数



図 3-15 アゼナの地点別発芽数



図 3-16 イの地点別発芽数



図 3-17 カラムシの地点別発芽数

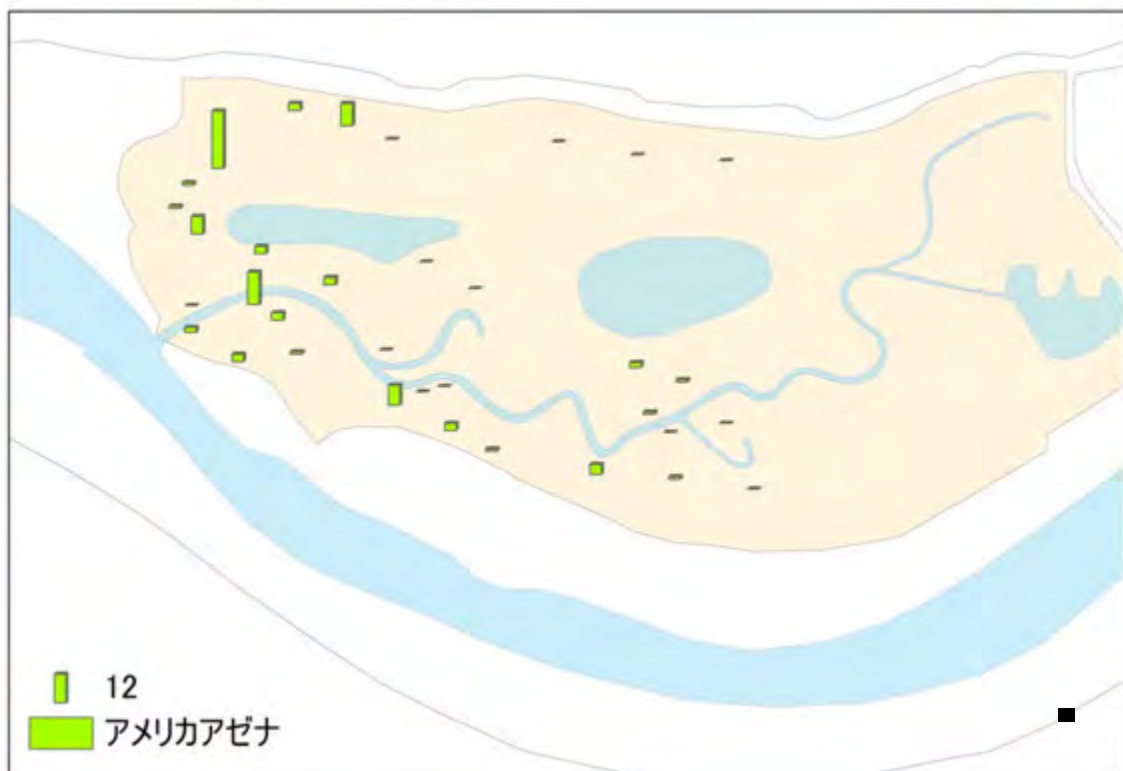


図 3-18 アメリカアゼナの地点別発芽数

(2) 種子の分散挙動の総括

種子の分散については、2004 年、2006 年のいずれにおいても、流入口に近い地点に多くの種子が漂着する傾向が確認できた。また種ごとの結果をみると、それぞれ漂着挙動は異なっていた。

シナダレスズメガヤやオオクサキビなど流入口にごく近い地点に多く漂着する種や、アゼナやアメリカアゼナのように流入口に近い地点に多く漂着するものの上池周辺やクリーク上流地点にも漂着が認められる種、スカシタゴボウやイヌガラシのように流入口からの距離によらず満遍なく漂着する種などが見られた。以上のように、堆積物トラップ設置場所によって漂着する種子の種類や量が異なるのには、アザメの瀬の中における出水時の流況や、種子の水理特性が影響していると考えられる

(3) 発芽数と堆積土砂量の関係

発芽試験の結果と堆積した土砂の関係を見たところ、漂着する種子の量は堆積土砂量と有意な相関があることが確認された。粒径別にみると、特に細砂の堆積量との相関が強い傾向が認められた(図 3-19, 図 3-20)。

Goodson et al. (2003) は河川沿いにシードトラップを設置した同様の調査を行い、漂着する種子の個体数と堆積物土砂や有機物量との間に有意な相関があることを示している。本研究により得られた結果は Goodson et al. (2003) が示した結果と同様の傾向を示しており、河道だけでなく、氾濫原においても漂着する種子の量は堆積土砂量と関係していることが明らかとなった。また、種子の分散挙動は種によって異なっており、本研究の結果では、堆積土砂量との相関が弱い種も確認された。これらの種については、土砂との相関が高かった種とは異なる物理的特性を有していると推測される。

Nakayama et al. (2006) は、洪水の堆積物に含まれるシナダレスズメガヤの種子の量を発芽試験によって調査し、シナダレスズメガヤの種子は、粒径 0.25mm 以下の細砂が多い場所に有意に多く堆積するという結果を得ている。本研究の結果は Nakayama et al. (2006) の結果と一致していた。また、Nakayama et al. (2006) は細砂とシナダレスズメガヤの沈降速度が近い値を示すことを明らかにし、沈降速度がシナダレスズメガヤの漂着場所を決定する要因である可能性を示唆している。このように、種によって種子の堆積形態が異なる挙動を示した要因は、種ごとに沈降速度をはじめとする水中の物理特性が異なることにある可能性がある。

本研究により、種子の分散挙動は種によって差はあるものの、土砂(特に細砂)の分散挙動と強く関係していることが明らかとなった。氾濫原における土砂の堆積については、予測モデル等に関する研究が広く行われている(Hardy et al. 2000, He and Walling 1998, Thonon et al 2007)。本研究の成果をこれらの土砂の堆積モデル等に応用することにより、種子の分散堆積挙動を予測することが可能となると考えられる

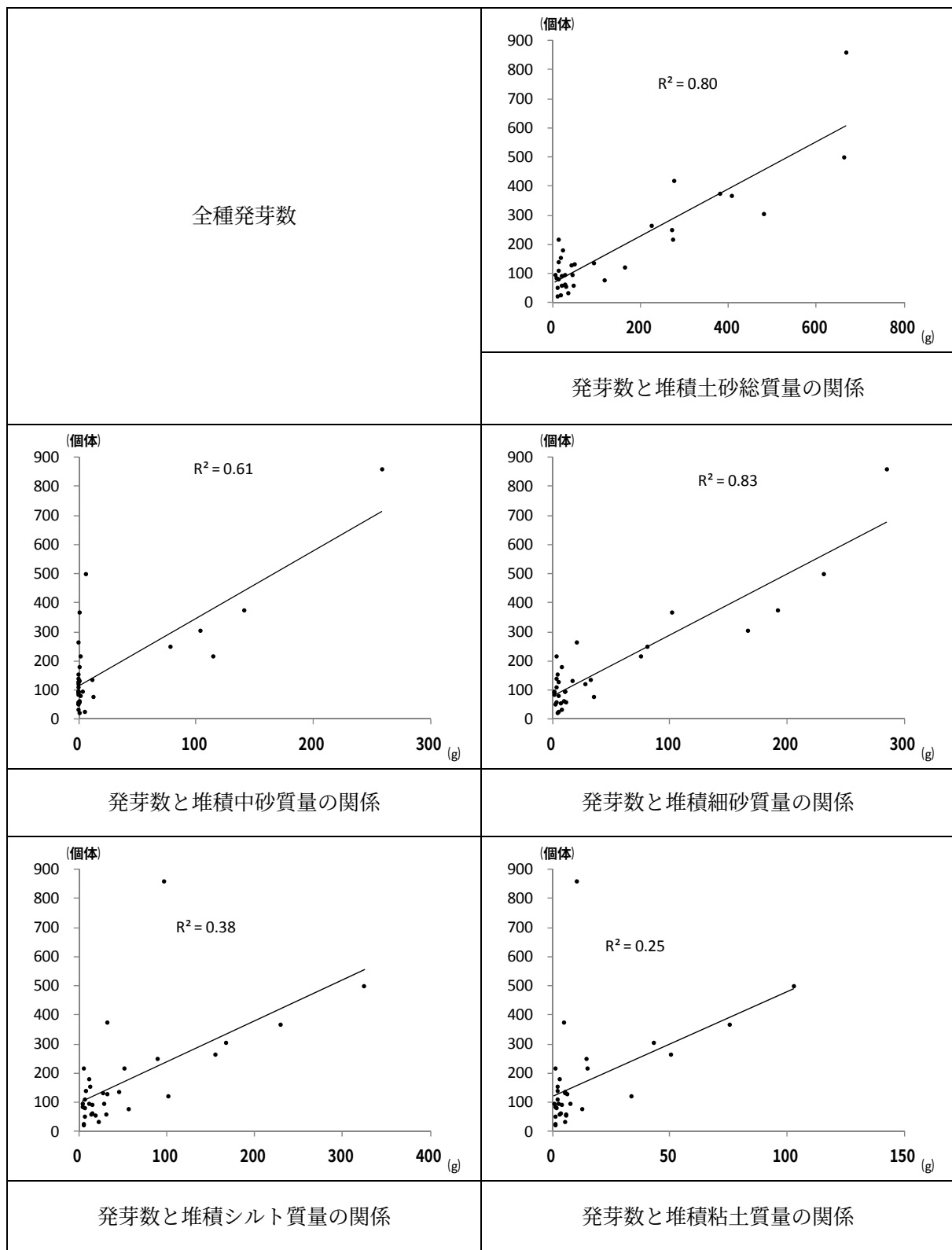


図 3-19 2004 年調査における全種発芽数の地点別発芽数と堆積土砂量の関係（各グラフの縦軸は発芽数、横軸は堆積土砂の量を表す。）

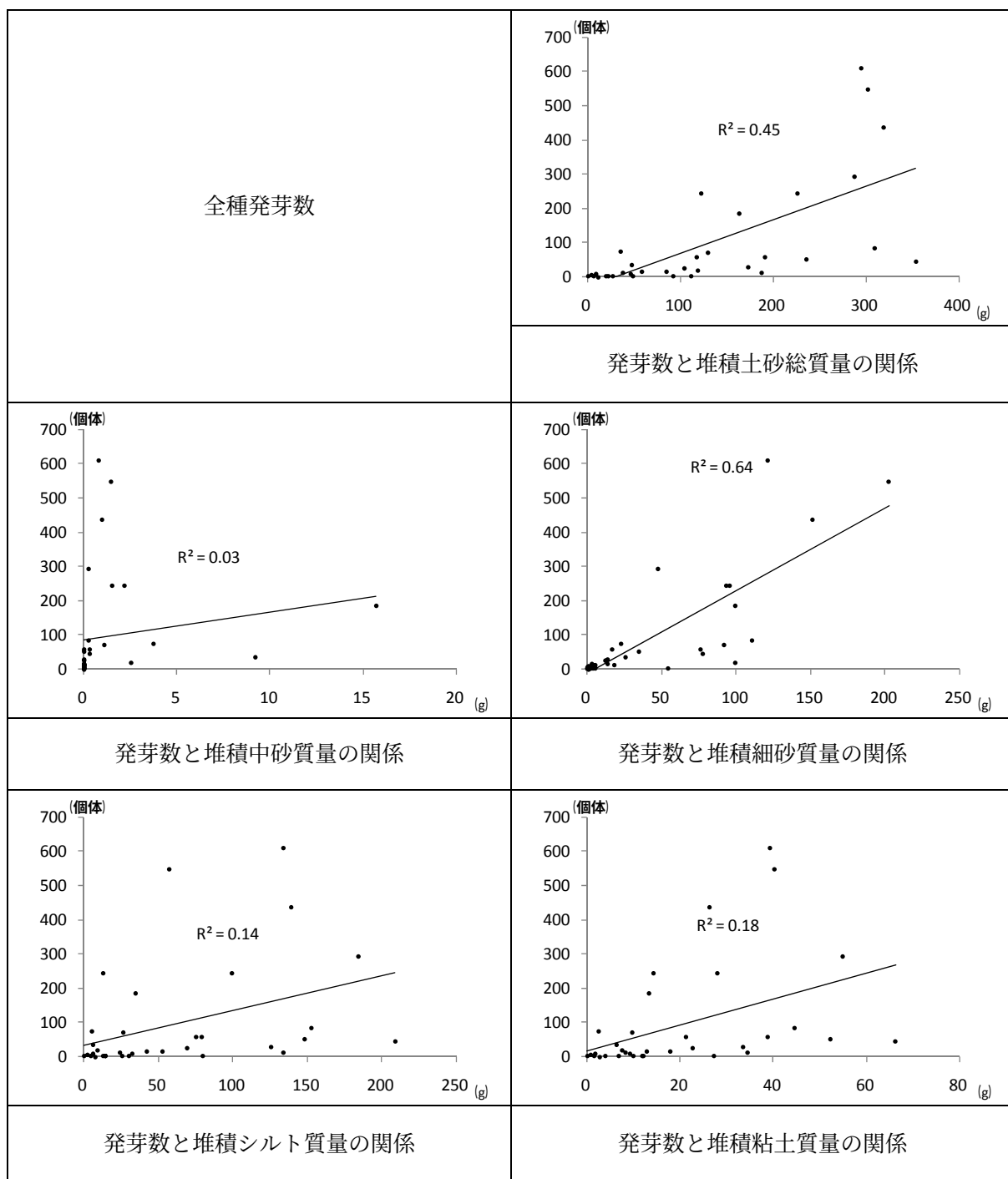


図 3-20 2006 年調査における全種の地点別発芽数と堆積土砂量の関係（各グラフの縦軸は発芽数，横軸は堆積土砂の量を表す.）

4. 結論

本研究では、再生氾濫原アザメの瀬を対象に、出水時に流水によって輸送される土砂・種子等堆積物のトラップ採取調査、および採集した種子の発芽試験、種子の沈降特性の把握を行うことにより、出水時における流水の種子輸送システムを明らかにすることを試みた。得られた知見を以下に示す。

- ・ 人工的に再生された氾濫原湿地（アザメの瀬）に、出水に伴う流水によって発芽可能な植物の種子が輸送されることを示した。
- ・ 一度の出水によってアザメの瀬へ運搬される種子の量は 1000 個体/m²以上であり、十分に植生再生に寄与すると考えられた。
- ・ 種類による差異はあるものの、流入口（本川とアザメの瀬との接合部）に近いほど種子の漂着数が多い傾向が認められ、流入口からの距離は種子の漂着数の多少を決定する要因となることが示された。
- ・ 種子の分散は、土砂（特に細砂）の分散と非常に高い相関を示した。すなわち土砂の堆積しやすい地点には多くの種子が漂着することが明らかとなった。したがって、土砂動態を予測することである程度種子の漂着場所を予測できることが示唆された。

（参考文献）

- Goodson, J. M., Gurnell, A. M., Angold, P. G., & Morrissey, I. P. (2003). Evidence for hydrochory and the deposition of viable seeds within winter flow-deposited sediments: The river dove, derbyshire, UK. *River Research and Applications*, 19(4), 317-334.
- Hardy, R. J., Bates, P. D., & Anderson, M. G. (2000). Modelling suspended sediment deposition on a fluvial floodplain using a two-dimensional dynamic finite element model. *Journal of Hydrology*, 229(3-4), 202-218.
- He, Q., & Walling, D. E. (1998). An investigation of the spatial variability of the grain size composition of floodplain sediments. *Hydrological Processes*, 12(7), 1079-1094.
- Jansson R., Zinko U., Merritt D. M. & Nilsson C. (2005) Hydrochory increases riparian plant species richness: a comparison between a free-flowing and a regulated river. *Journal of Ecology* 93:1094-1103
- Nakayama, N., Nishihiro, J., Kayaba, Y., Muranaka, T., & Washitani, I. (2007). Seed deposition of *eragrostis curvula*, an invasive alien plant on a river floodplain. *Ecological Research*, 22(4), 696-701.
- 佐竹義輔・大井次三郎・北村四郎・亘理俊次・富成忠夫 (1982) 日本の野生植物, 平凡社, 東京
- Thonon, I., de Jong, K., van der Perk, M., & Middlekoop, H. (2007). Modelling floodplain sedimentation using particle tracking. *Hydrological Processes*, 21(11), 1402-1412.

4.2.3 再生氾濫原の有する魚類産卵場としての機能に関する研究

九州大学大学院工学研究院 小崎 拳
九州大学大学院工学研究院 林 博徳
福岡県保健環境研究所 中島 淳
九州大学大学院工学研究院 島谷 幸宏

1. 背景及び目的

自然再生事業の一環として佐賀県の松浦川中流部に再生された再生氾濫原（アザメの瀬）では、毎年春から夏にかけて数回の出水が起こる。一般に、コイ科をはじめとする氾濫原依存魚種は出水時に氾濫原を産卵場として利用することが知られており、それはアザメの瀬においても確認されている。しかしながら、氾濫原においてはその定量的な調査報告は極めて少なく、特に氾濫原と本川との比較を行った報告は見つからない。そこで本研究では、人工産卵藻（キンラン）を用いてコイ科をはじめとする氾濫原依存魚種の産卵状況を定量的に把握し、松浦川本川とアザメの瀬とで比較を行うことを目的とした。

2. 調査対象地

アザメの瀬は、約6.0haの面積を有し、複数の池とクリークが存在する。春・夏の洪水時には松浦川本流の流量が増加し、下流から大量の水が流れ込む仕組みになっている。本研究では、水理的環境条件が異なる四つの環境（上池、下池、クリーク、本川）を対象とした。キンランの設置地点は上池・下池・クリークではそれぞれ4地点ずつ、本川にはアザメの瀬と同数になるよう12地点設置した。アザメの瀬においてはほぼ均等に広がるように岸際に設置した。本川においてはアザメの瀬を中心にそれより上流側と下流側にほぼ等間隔に設置した。また、左岸側に統一し、内岸側と外岸側にまんべんなく配置し、物理的条件が偏らないように留意した。

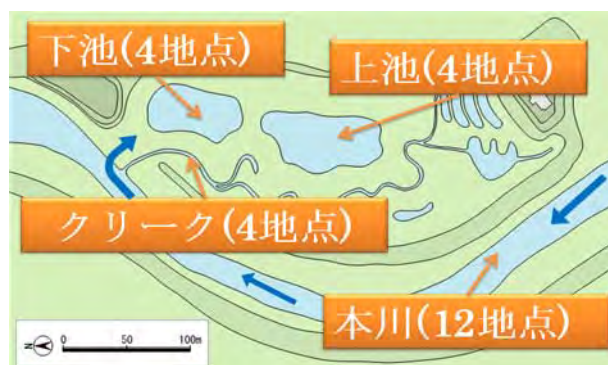


図-1 調査対象地

3. 調査方法

3.1 人口産卵藻（キンラン）

本研究では、魚類の産卵状況を調べるために人口産卵藻（キンラン）を用いた(図-2)。キンランは長さ 50cm のものを 3 本使用し、20cm 間隔で発泡スチロールの浮きに結び付けた。キンランの下端には 80 g のおもりを装着した。これらは、コイやフナ、タモロコ等の魚類の産卵場が水面付近の水草等であることを考慮したものであり、浮きを付けることにより水位変動にも対応できる仕組みになっている。また、この装置は 10～15m 程度のロープに結束し、他端を地面に打ち込み固定した。



図-2 キンラン

3.2 キンラン設置期間及びエアレーション期間

一般に、コイ科魚類の産卵は春から初夏にかけて行われる。そのためキンランの設置は4月上旬より行った。設置期間は1週間程度とし、2010年4月9日～8月11日までに計18回の設置を行った。また、回収と同時に新たなキンランの設置もおこなった。持ち帰ったキンランは一本ずつバケツに入れ、2週間程エアレーションを行った。孵化した仔魚はエアレーションを始めてから一週間後と二週間後の2回に分けて採捕し、60%エタノールに浸けて保存した。

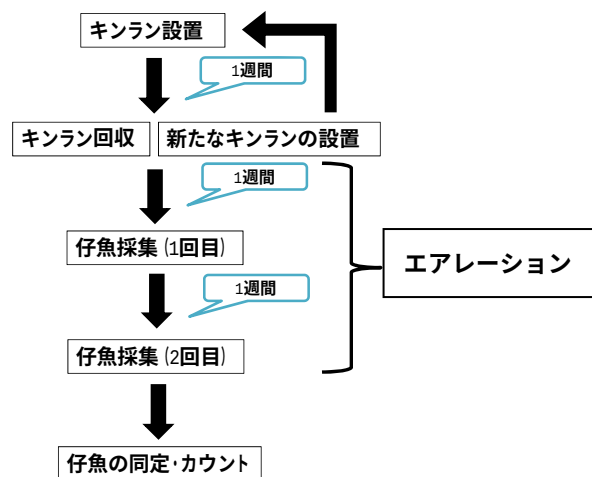


図-3 調査フロー

4. 研究結果及び考察

4.1 仔魚孵化数



図-4 産着卵



図-5 孵化仔魚

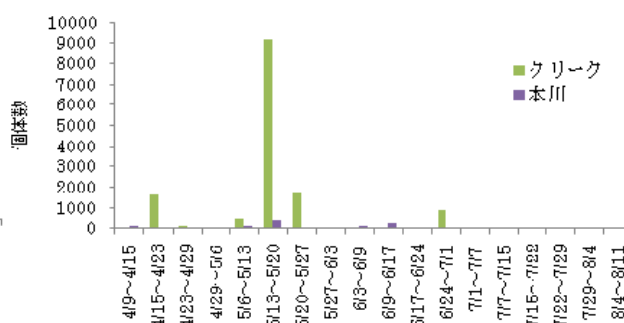
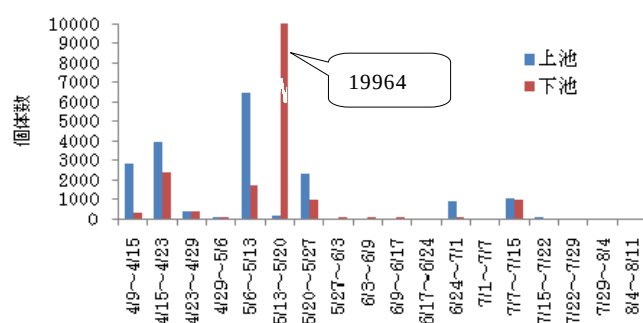


図-6 仔魚孵化数

図-4に示すように、キンランには多数の産着卵が確認された。その後実験室にてキンランをバケツに入れ、エアレーションを行った結果、多数の仔魚が孵化した(図-5)。孵化までの日数には各調査区間ごとに違いが見られたが、どの区間においても10日以内にはほぼすべての卵から仔魚が孵化していた。また、確認された魚種は主にコイ・フナ・タモロコであり、ごく僅かにナマズも混じっていた。なお、コイ・フナについては仔魚の段階で同定するのは困難であったため、コイ亜科としてまとめて取り扱うことにした。

図-6に上池・下池・クリーク・本川における各調査区間ごとの仔魚の孵化数を示した。これより、調査時期や調査地点において仔魚の孵化数に違いがみられた。仔魚の総孵化数はアザメの瀬全体では59251匹、松浦川本川では1141匹であり、氾濫原では本川に比べて約50倍もの仔魚が孵化した（図-7）。これは、コイ科魚類が本川よりもアザメの瀬を選択的に産卵場として選んでいることを意味している。このことから、氾濫原は河川に生息する魚類の産卵場として重要な役割を果たしていると考えられる。

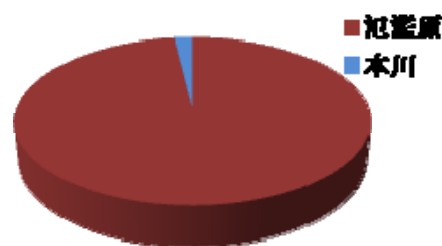


図-7 仔魚孵化割合

4.2 水深変動と孵化数の関係

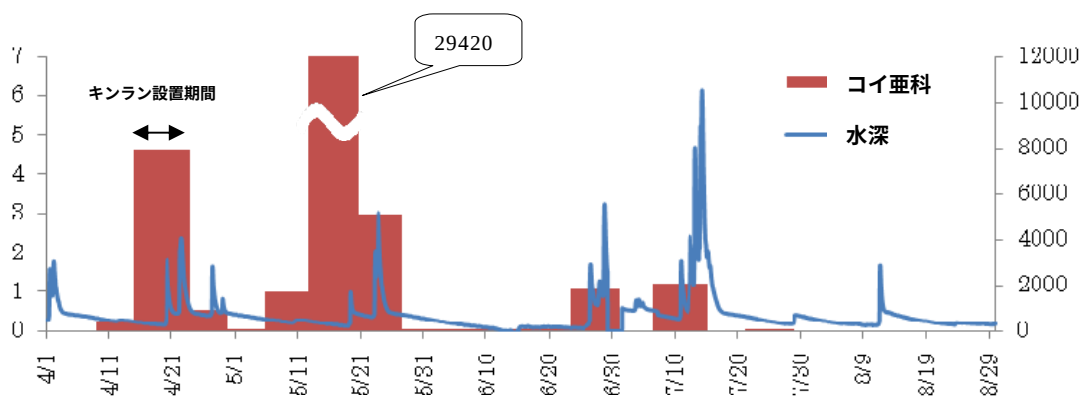


図-8 水深変動とコイ垂科の仔魚孵化

コイ科魚類の産卵は降雨や出水に大きく関係することは既に報告されている。図-8 に代表値として上池水深とコイ垂科の孵化数の関係を示した。なお、棒グラフの幅は各々のキンラン設置期間を表わしている。これより、キンラン設置期間において水位の上昇が起こった際に仔魚孵化数（つまり産卵数）が多くなっていることがわかる。キンラン設置期間が 4/15～4/23、5/20～5/27、6/24～7/1、7/7～7/15 のものについてはこのような傾向が顕著に確認できた。また水深が減少し続けている 5/27～6/24 間の 4 回の調査では仔魚の孵化数は極めて少なくなっていることから、水位上昇による産卵行動への影響は十分に考えられた。なお、以上のような傾向はコイ・フナにはみられたが、タモロコにはみられなかった。この結果から、特にコイ・フナに関しては水位上昇（または降雨）が産卵のトリガーとなっていることが考えられた。よって、小規模な水位変動も容易に起こるような環境設計が魚類の産卵数増加に寄与し、個体数維持につながると考えられた。

5. まとめ

本研究では、氾濫原が魚類の産卵場として重要な機能を果たしていることに加え、降雨や水位上昇が産卵行動を誘発することが定量的に示された。特に、氾濫原と本川とで産卵数に大きな違いがみられたことから、氾濫原の産卵場としての重要性が証明された。また、氾濫原にとって出水は栄養塩の供給など重要な意味を持つが、魚類の産卵にとっても重要であり、魚類の保全にとっては欠かせない環境であると考えられた。しかし、魚類の多くは氾濫原と本川を往来して生活を送っている。よって、氾濫原環境の整備のみならず、それを中心とした包括的な河川整備が今後必要であると思われる。

4.2.4 アザメの瀬に生息する二枚貝について

九州大学大学院工学研究院 林博徳，島谷幸宏，池松伸也

国土交通省 港湾局技術企画課 辻本陽琢

徳島大学 河口洋一

1. 背景

イシガイ目二枚貝は，世界各地の河川や湖沼に広く分布しており，日本国内においては 18 種が報告されている（Kondo 2008）．以前は自然度の高い小河川，農業用水路，ため池，わんど等に多く生息していた（石鍋・望月 2005），近年多くのこれらの環境は人為的な影響を受けており，それに伴って多くのイシガイ目二枚貝はその生息域，生息数を減少させている（Kondo 2008）．イシガイ目二枚貝は，絶滅の危機に瀕する種を多く含むコイ科タナゴ亜科魚類に産卵母貝として利用される（増田・内山 2004）ことや，自身がドジョウやヨシノボリ類に寄生する期間を有することから，共生する水生生物と深い関わりを有している．さらに，水質を浄化する能力を有している（千葉ほか 2001）ことなどから，河川や氾濫原を含む淡水水環境にとって重要な種であると考えられる．そのため，これらの生息場所の保全あるいは再生は，河川生態系の生物多様性上を維持する上で極めて重要な課題である．根岸ら（2008）は国内外におけるイシガイ目二枚貝（以下イシガイ類とする）に関する既往研究をレビューし，イシガイ類や共生関係にある魚類等の種や生息環境の保全を考えた場合，イシガイ類の好適生息環境条件や生態的機能等に関する知見が不足していることを指摘している．このように，イシガイ類の生態と物理的な環境（流量や生息場環境）の関係に関する研究が急務であると思われる．

本研究で対象とした再生氾濫原アザメの瀬には，イシガイ目二枚貝の一種とされるヌマガイの生息が確認されている（図 1-1）．アザメの瀬では，計画当初二枚貝の再生は想定されていなかった．しかし，整備後の定性調査によってヌマガイが相当数分布していることが明らかになり，ヌマガイ類にとって好適な環境となっていると考えられた．また，その流入経路については明らかになっておらず，アザメの瀬のように人工的に再生された氾濫原に，遊泳力のない淡水二枚貝が侵入・定着するメカニズムについては既往の研究が見受けられない．これらを明らかにすることは，イシガイ類の生息場の保全再生上重要であることに加え，自然再生事業を実施する上での有益な知見となると考えられる．そこで本研究では，アザメの瀬および松浦川におけるヌマガイの分布状況調査を行い，ヌマガイの生態と生息場物理環境の関係について明らかにする．



図 1-1 アザメの瀬に生息するヌマガイ

2. 研究方法

2.1 アザメの瀬および松浦川におけるイシガイ目二枚貝の分布状況

(1) アザメの瀬における分布状況調査

ここでは、アザメの瀬におけるイシガイ目二枚貝の分布状況と、生息場物理環境について調査し、その関係について明らかにする。さらに、多数の分布が確認されたヌマガイについて、その成長速度や推定年齢を明らかにすることにより、アザメの瀬に分布するヌマガイ個体群が河川の氾濫により、外部から侵入・定着した可能性について検証する。

a) 調査対象地

本研究では、アザメの瀬竣工当初に造成され、アザメの瀬の中でも松浦川本川に最も近く洪水の影響を受けやすいと考えられる下池を調査対象とした（図 2-1, 図 2-2）。なお下池は通常時は松浦川本川と水理的な連続性を有しておらず止水域となっているが、出水時には氾濫水が流入することによって水理的に松浦川本川とつながるという特徴を有している。調査対象とした下池は水面幅が南北 92 メートル、東西 40 メートルであった（2007 年 6 月調査時）。なお、アザメの瀬は 2004 年 3 月の竣工から、約 2 年をかけて段階的に施工され、本調査開始時の 2007 年 6 月時点で下池は竣工後約 3 年 3 ヶ月が経過していた。

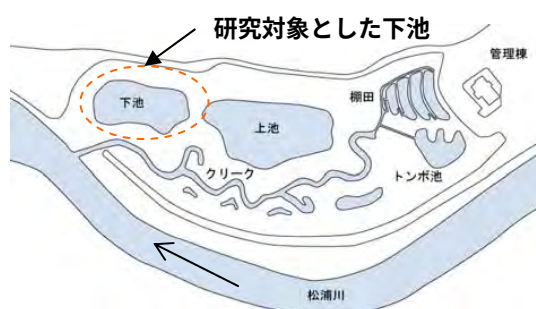


図 2-1 調査対象地アザメの瀬平面図



図 2-2 アザメの瀬下池

b) 採捕方法

調査対象とした下池全域を、農業用ロープを用いて4m×4mの正方形メッシュ状に分割し（図 2-3）、メッシュ毎に二枚貝の採取を行った。貝の採取は、手探りおよび鋤簾によって行い、確認できるすべてのイシガイ目二枚貝の個体を採集した（図 2-4）。採集した個体は工芸用ドリルを用いて個体識別番号を記入（図 2-5）した後、殻長、湿重量を計測し、速やかに採集した場所に放流した。物理環境については、水深及び泥厚をメッシュ毎に計測した。調査は2007年6月～7月にかけて実施した。

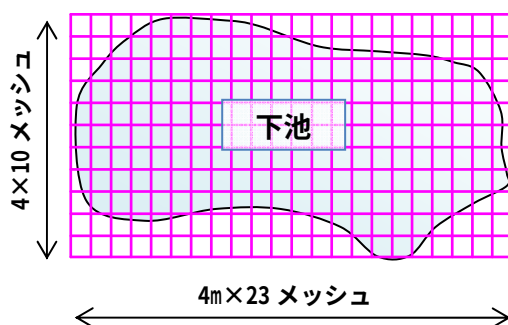


図 2-3 調査対象地



図 2-4 二枚貝採捕調査時の様子

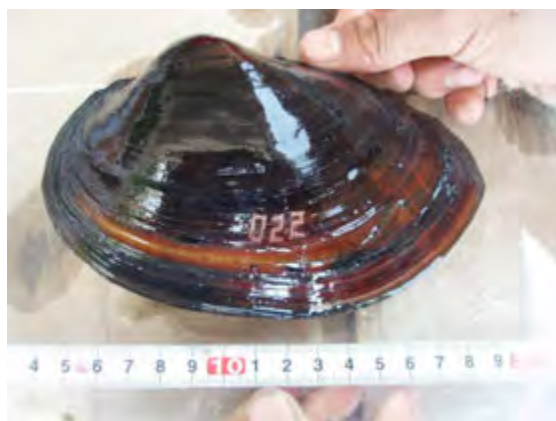


図 2-5 採捕したヌマガイ（個体識別番号を記入）

c) 成長速度の測定および年齢の推定

ヌマガイの成長速度を推定するために、個体識別済み（2007 年 6-7 月実施）の個体を定期的に採集し、殻長を測定した。一度の調査での採集個体数は約 50 個体とした。個体採集は、平成 19 年 10 月、平成 20 年 1 月、4 月、5 月、6 月、7 月に実施した。この際、新たに採集された個体には、個体識別番号を記入し、殻長及び湿重量を測定した後放流した。本調査の結果を元に①Gullant and Holt Plot (Gullant and Holt 1959) により成長速度と推定最大殻長を算出した。さらに②Munro's method (Munro 1982) に従い成長曲線の作成と採集個体の年齢推定を行った。なおこれらの解析には解析ソフト FISAT2 (<http://www.fao.org/fi/oldsite/STATIST/fisoft/fisat/index.htm>.) を用いた。

①Gullant and Holt Plot (Gullant and Holt 1959)

最小二乗法を用いた成長速度推定法である。同一個体について、初採捕時と再採捕時の殻長および日時を記録する。その二つの時点の平均殻長に対する成長速度を算出し、プロットする。

②Munro's method (Munro 1982)

Von Bertalanffy の成長式 ((1) 式) を用いた年齢推定法である。入力データは①と同じで、同一個体について、初採捕時と再採捕時の殻長および日時を記録する。成長係数 K ((2) 式) の分散を最小にする L_{∞} を求め、その値を (1) 式に代入し、時刻 t における殻長を推定する。

$$L_t = L_{\infty}(1 - \exp(-K(t - t_0))) \quad \dots (1)$$

$$K = \frac{\ln(L_{\infty} - L_m) - \ln(L_{\infty} - L_r)}{t_r - t_m} \quad \dots (2)$$

なお、ここに L_t : 時刻 t における殻長, L_{∞} : 最大殻長, L_m : 採捕時の殻長, L_r : 再採捕時の殻長, K : 成長係数である。

(2) 松浦川における分布状況調査

アザメの瀬に生息するヌマガイの中には、出水による流水によって流入したと考えられる個体が存在する。そこで本節ではアザメの瀬のヌマガイのソースと考えられる松浦川本川において、イシガイ目二枚貝の分布状況を調査した。

松浦川本流のアザメの瀬地点より上流の縦断幹線流路延長約 20km を対象とした(図 2-6 赤線)。対象区間の河道内を歩き、河床材料が泥や砂泥で構成され、止水域となっている環境の地点(堰の上下流, 支川, 橋梁下, 旧河道, わんど)を対象に, 鋤簾および潜水目視によってイシガイ目二枚貝の分布の有無を確認した。また住民ヒアリングにより, 以前確認されていたという回答を得た地点についても調査を行った。調査を実施した地点は全 40 地点 (図 2-6) である。

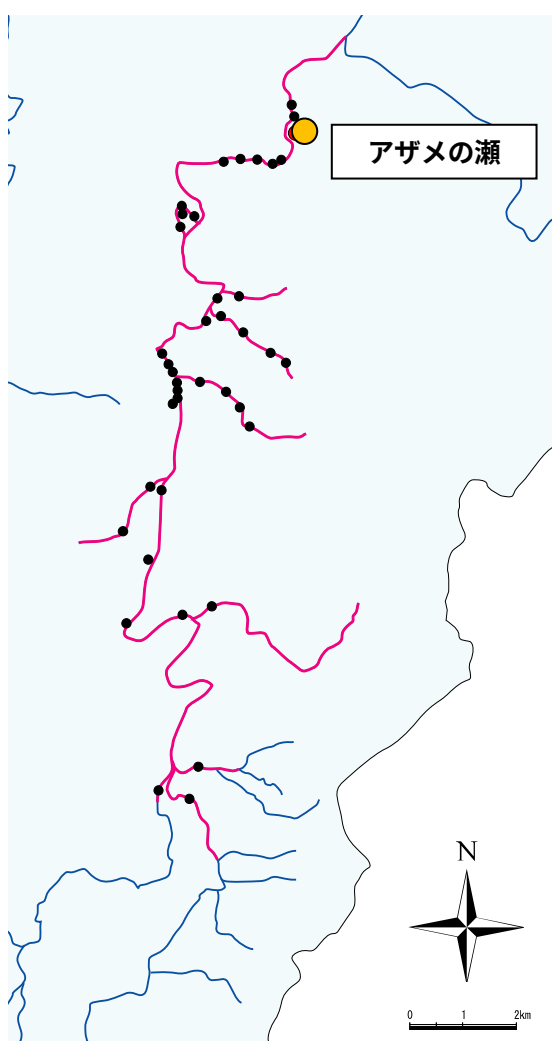


図 2-6 分布状況調査実施地点



図 2-7 分布状況調査実施地点風景



図 2-8 分布状況調査方法

3. 研究結果

3.1 イシガイ目二枚貝の分布状況

(1) アザメの瀬におけるイシガイ目二枚貝の分布状況

a) アザメの瀬に生息するヌマガイについて

現在日本国内にはドブガイ類を含むイシガイ類二枚貝（イシガイ目：Unionoida）は 18 種が確認され、その中でドブガイ属（*Anodonta*）に属するものは、タガイ（*Anodonta japonica*）、ヌマガイ（*Anodonta lauta*）、マルドブガイ（*Anodonta calipygos*）の 3 種が報告されており、よく類似した環境を好み生息している。これらは殻形態による特徴から同定が可能とされているが、地域変異や個体差によっては殻形態による同定が困難な場合がある。実際に本研究では、調査開始時点では、アザメの瀬に生息するドブガイ類を明確に同定することはできなかった。しかし現在は、白井（2010 未発表）によってミトコンドリア DNA(Cox2-Cox1 領域 971bp)に基づく遺伝子解析により、ヌマガイ（*Anodonta lauta*）であることが明らかにされている（図 3-1）。

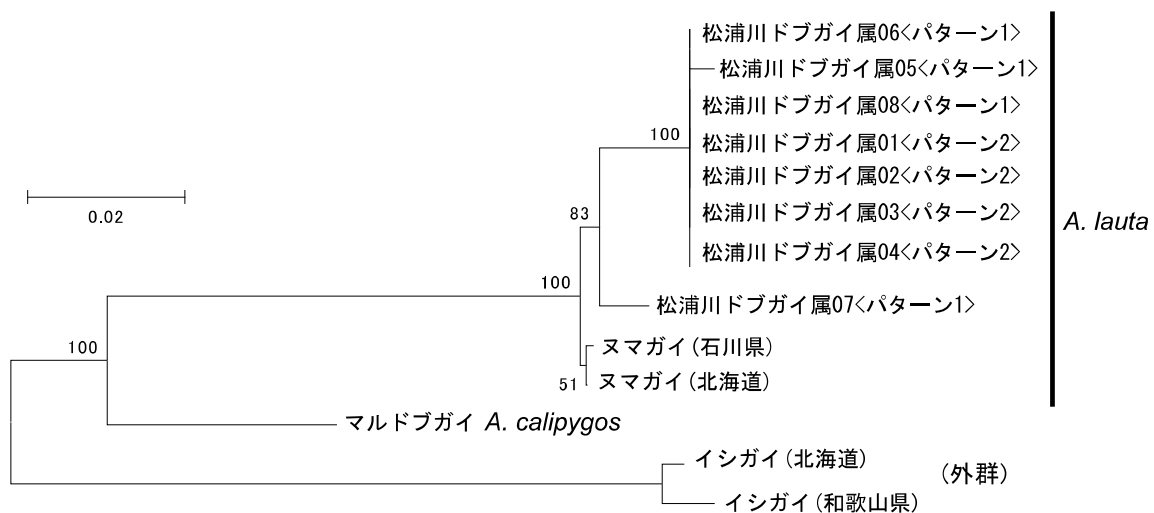


図 3-1 アザメの瀬に生息するドブガイ属の遺伝的系統図（白井 2010 未発表データ）

b) イシガイ目二枚貝の分布状況と物理環境の関係

2007年6-7月にアザメの瀬で実施した分布状況調査の結果、ヌマガイ 1467 個体、イシガイ 29 個体、トンガリササノハガイ 4 個体の生息が確認された（図 3-2）。アザメの瀬に分布する二枚貝の 98%がヌマガイであった。以降は突出して個体数の多かったヌマガイに着目して話を進める。

アザメの瀬では、ヌマガイは殻長 3cm 程度の稚貝から 20cm を超えるものまで様々なサイズの個体が確認されたが、殻長約 11cm 前後の個体が多く見られた（図 3-3）。

図 3-4 はアザメの瀬の下池におけるヌマガイのメッシュ別の分布個体数を示した図である。この図より、個体数にはメッシュごとにばらつきがあるが、ヌマガイは池全体に生息していることが確認できる。図 3-5 はメッシュ毎に生息するヌマガイの平均殻長を示した分布図である。平均殻長とは、一つの方形メッシュ内で捕獲された複数のヌマガイの殻長を平均したものである。この図より、殻長 5cm 以下の稚貝は水際部分に多く、殻長が 15cm 以上の大きい個体は池の中心部よりやや西よりに多く生息していることが確認できる。



図 3-2 アザメの瀬で確認されたイシガイ目二枚貝（左からヌマガイ、イシガイ、トンガリササノハガイ）

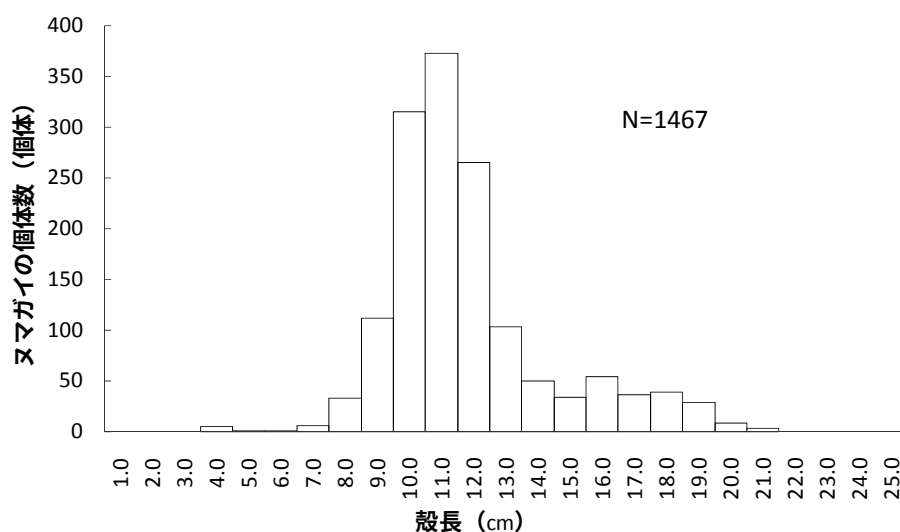


図 3-3 アザメの瀬に分布するヌマガイの殻長ヒストグラム

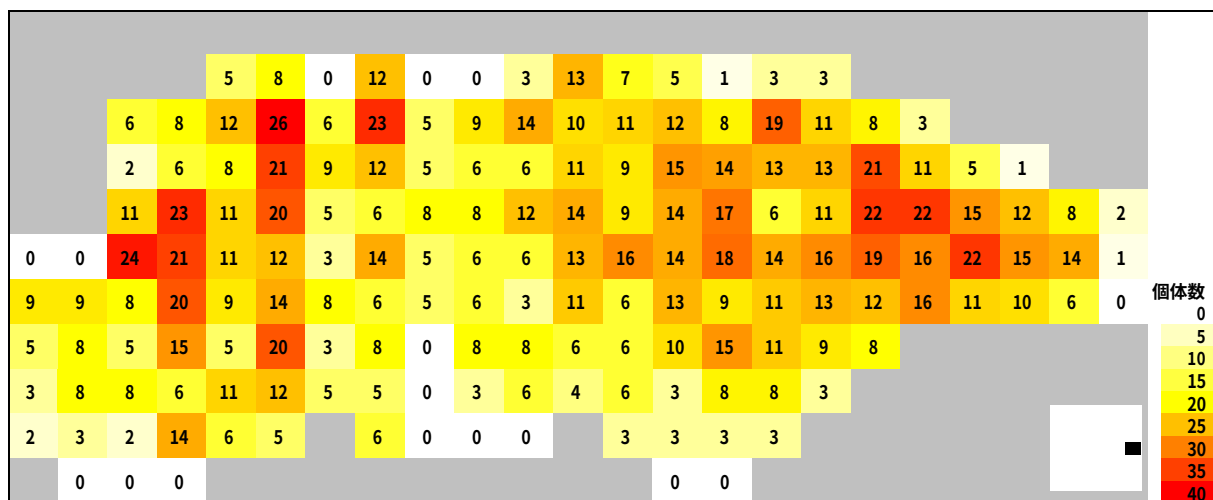


図 3-4 アザメの瀬下池におけるヌマガイのメッシュ別個体数（メッシュ内の数字は確認された個体数を示す）

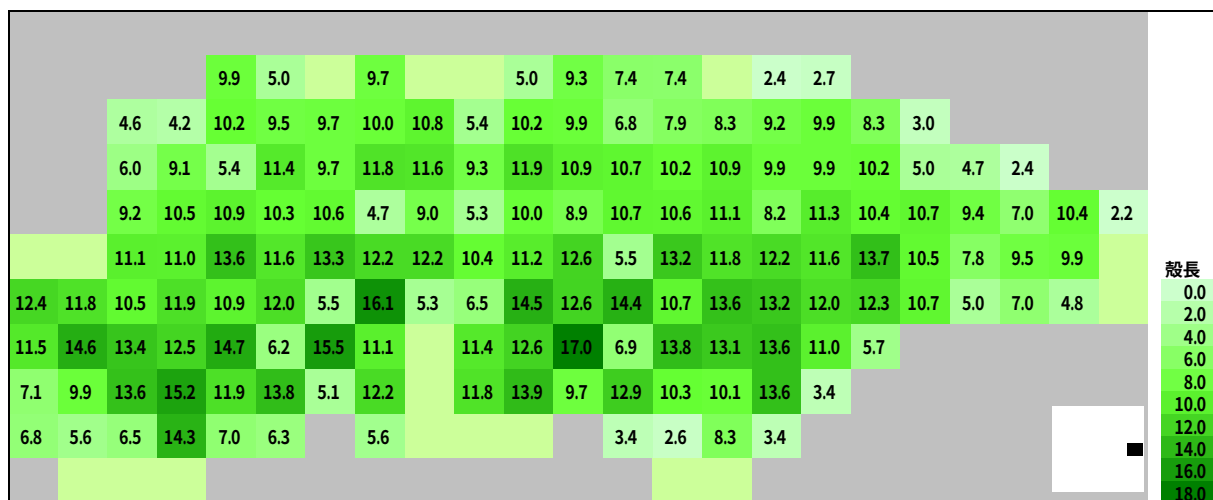


図 3-5 アザメの瀬下池におけるメッシュ別平均殻長（メッシュ内の数字は平均殻長を示す）

c) 物理環境調査結果

アザメの瀬下池の水深分布を図 3-6 に示す。池の中心部分に近づくにつれ水深が大きくなっていることが確認できる。最も深かった地点で水深は 64cm であり、平均水深は 30cm であった。

泥厚の測定結果を図 3-7 に示す。水際部分の泥厚は浅く、池の中心部に近づくほど泥厚が大きくなっていることが確認できる。最も泥厚が大きい地点で、泥厚は 35cm であり、平均泥厚は 14cm であった。南側の水際部分は特に泥厚が浅かった。

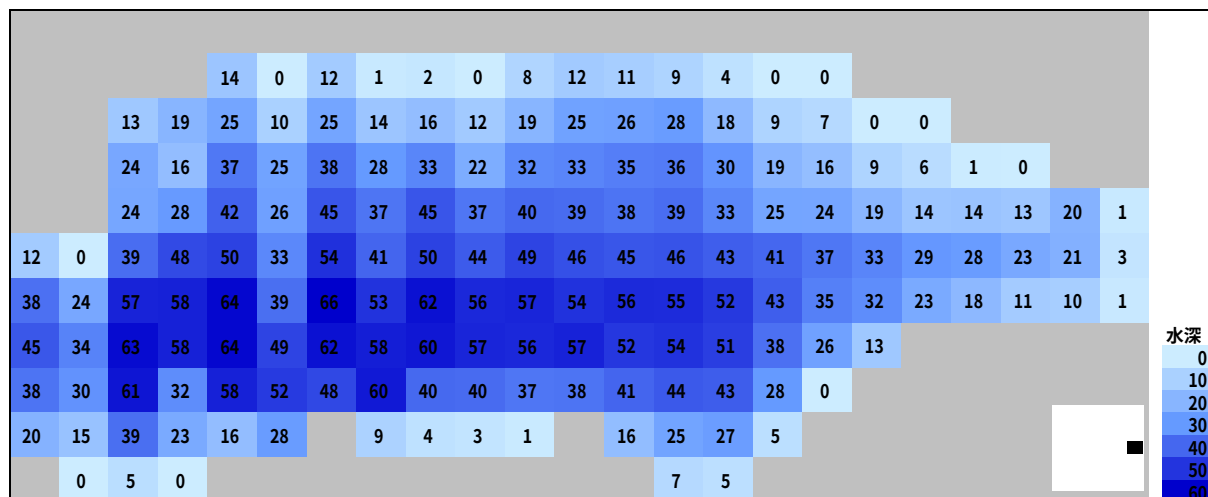


図 3-6 アザメの瀬下池のメッシュ別水深分布（メッシュ内の数字は計測した水深を示す）

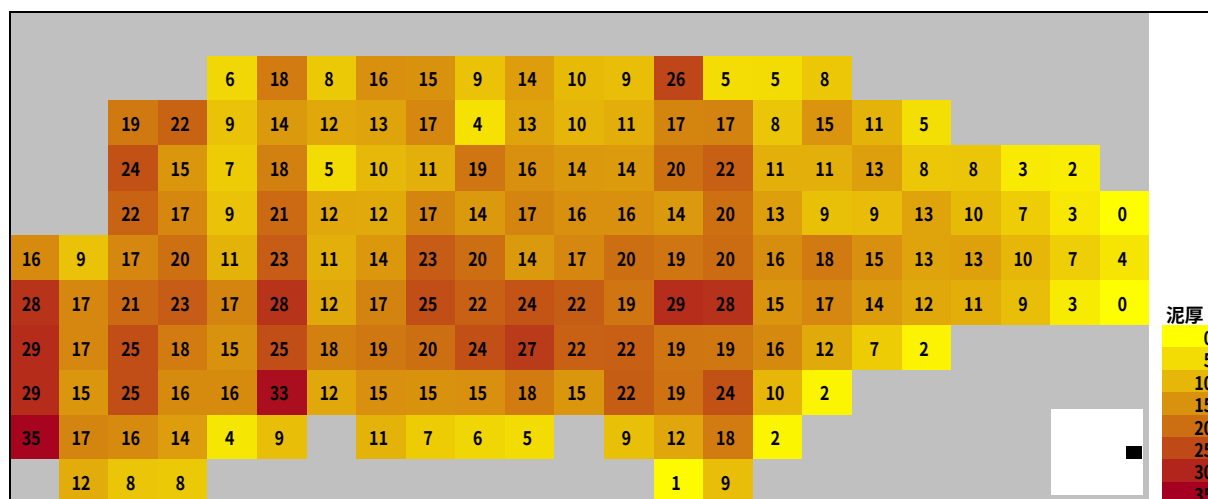


図 3-7 アザメの瀬下池のメッシュ別泥厚分布（メッシュ内の数字は計測した泥厚を示す）

d) ヌマガイの分布と物理環境の関係

方形メッシュで区切った調査地点ごとの物理環境（水深，泥厚）と分布状況（個体数，平均殻長）の回帰分析を行った．その結果水深-平均殻長間，泥厚-平均殻長間に有意な相関が認められた（**図 3-8**，**図 3-9**）．一方で個体数と物理環境の間には有意な相関は見られなかった（**図 3-10**，**図 3-11**）．

図 3-8 より，水深が深い地点ほど大きい個体が生息していることが確認できる．

図 3-9 より，泥厚が大きい地点ほど殻長の大きい個体が生息していることが確認できる．泥厚より平均殻長が大きい地点も 14%（21 地点）見られたが，残りの 86%（131 地点）は泥厚のほうが平均殻長より大きかった（**図 3-9** 中の赤点線）．つまり確認されたヌマガイのうち多くの個体は，自身の殻長よりも泥厚が大きい場所に分布していると考えられる．

ヌマガイは魚類等と比べると移動能力は低い，70cm/day 程度の移動能力は有している（近藤・加納 1993）．したがって多くの個体は，少なくとも自身の殻長よりも泥厚がある場所を選んで生息していると考えられる．

以上の結果から，ある一定以上の殻長をもつ個体の生息環境を好適に保つには一定以上の水深および泥厚が必要であることが示唆された．このように水深や泥厚といった物理環境とドブガイ類の分布生息状況との関係を示すことは，生息場所保全や復元の観点からみても重要な知見と考えられる．またドブガイ類が底質として砂泥～泥底を好んで生息する（Kondo 2008）ことや，水深についてもイシガイなどに比べて深い場所を好む（紀平 1984）ことは知られているが，特に個体の殻長サイズによって好適な水深・泥厚が異なることを示した点は本研究の新規的な点である．

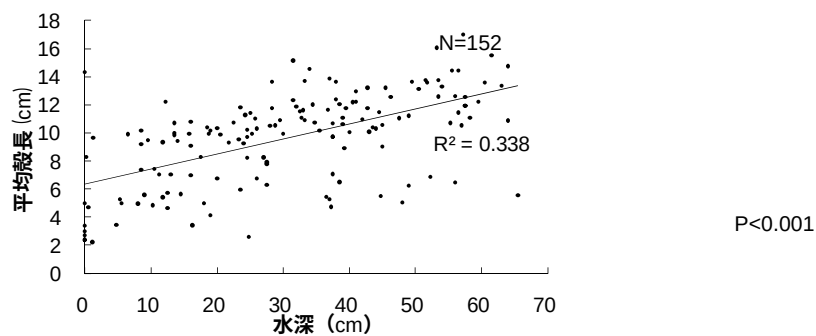


図 3-8 水深とヌマガイの平均殻長の関係

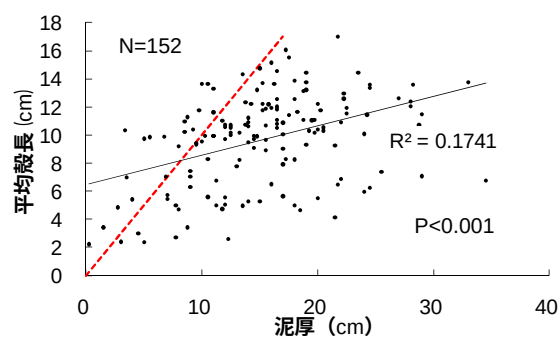


図 3-9 泥厚とヌマガイの平均殻長の関係

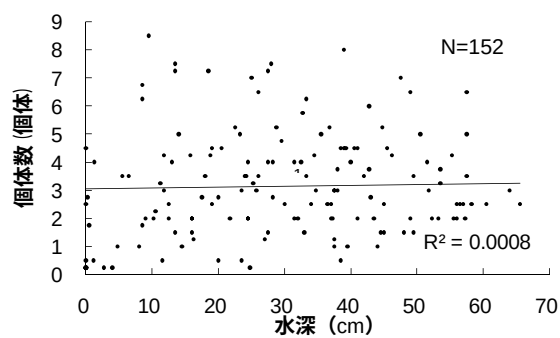


図 3-10 水深とヌマガイの分布個体数の関係

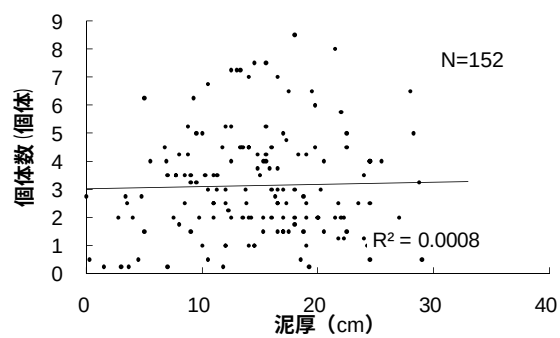


図 3-11 泥厚とヌマガイの分布個体数の関係

e) 成長速度の測定および年齢の推定

Gullant and Holt Plot の結果（ヌマガイの殻長-成長速度グラフ）を図 3-12 に示す。グラフより殻長が大きくなるにつれて、成長速度が小さくなる傾向があり、殻長約 5cm 程度で約 0.02cm/day（年間成長量 7.3cm）、殻長約 15cm 程度で約 0.01cm/day（年間成長量 3.7cm）、殻長 20cm 程度ではほとんど成長しないことがわかる。ただし、殻長の小さい（5cm 程度以下）個体については本調査では確認できなかったため、成長速度が得られていない。また推定最大殻長は 21.42cm となった。本結果により明らかになったヌマガイの成長速度は今までに報告されている事例（木村・河野 2003）と比較しても速く、アザメの瀬はヌマガイの生育にとって良好な環境にあると推測できる。その理由については、水質、水温が好適な環境であることに加え、餌資源である植物性プランクトンが豊富であることなどが原因と考えられる。またそれは年に数回起こる出水攪乱によって多量の有機物が流入することによってもたらされると推測されるが、この点については今後さらに調査を進めていく必要がある。

Munro's method の結果（ヌマガイの殻長-推定年齢グラフ）を図 3-13 に示す。この図より最も分布個体数の多い殻長 11cm 前後の個体の推定年齢は 2 歳前後であることがわかる。一方、調査時の推定年齢が 4 歳以上である個体も 13 個体（5.3%）確認された。これらの個体は、アザメの瀬竣工から調査時点までの年月（3 年 3 カ月）よりも推定年齢が上であるので、ある程度の大きさの成員の状態でアザメの瀬へ侵入した可能性が高い。

ヌマガイを含むイシガイ類は陸上を移動する能力は有していない上、水中においてもヌマガイの移動能力は、あまり高くないことから（近藤・加納 1993, 美馬ほか 1996）、アザメの瀬へ成員の状態で侵入したヌマガイは流水によって輸送されたと考えられる。なお今回実施した解析によると、調査開始時点で殻長が 16cm 以上の個体は、アザメの瀬へ流水によって輸送されたと考えられることから、2007 年 6~7 月時に採捕した 1467 個体のうち、殻長が 16cm 以上である 169 個体（11.5%）は流水によって輸送されたものと推測される（図 3-14）。

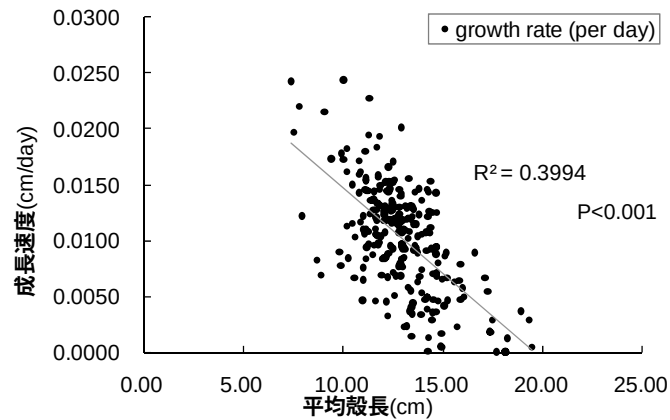


図 3-12 平均殻長-成長速度グラフ（図中のプロットは、各サンプルについて一回目捕獲時の殻長と再捕獲時の殻長の平均値に対する成長速度を示している。）

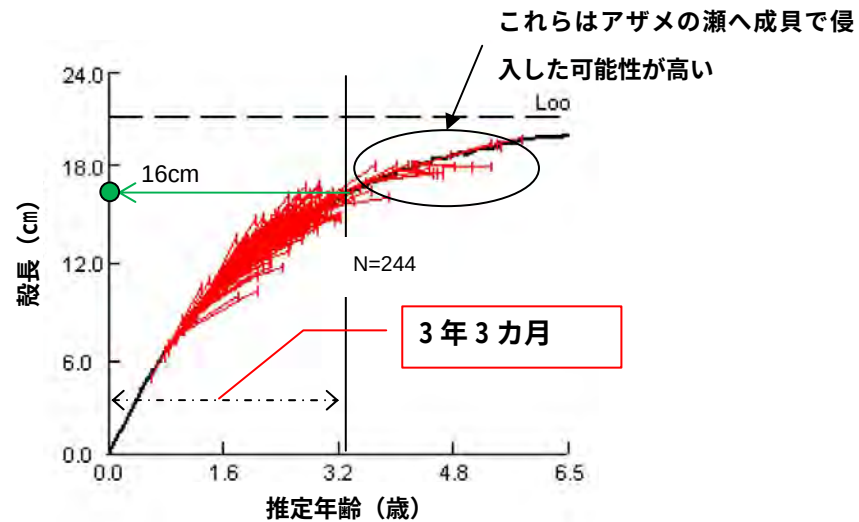


図 3-13 平均殻長-推定年齢グラフ（図中のプロットは、各サンプルについて一回目捕獲時の殻長と再捕獲時の殻長を直線で結んだものを示している。）

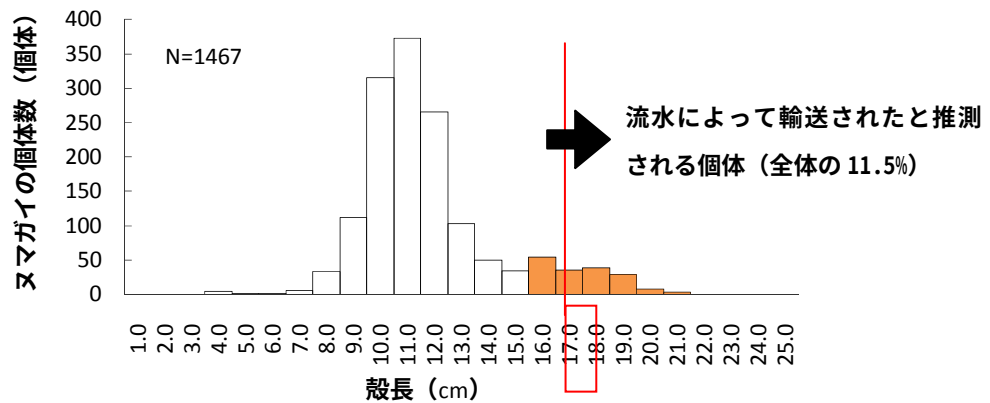


図 3-14 ヌマガイの殻長ヒストグラム（2007 年 7 月時点）

f) ヌマガイはいつアザメの瀬へ侵入したのか？

図 3-15 にヌマガイの殻長殻長分布の 3 ヶ月ごとの季別変化を示す。縦軸はヌマガイの個体数の分布割合、横軸は殻長を示している。調査開始時（2007 年 6-7 月）の殻長分布は殻長 11cm 前後をピークとする個体群が一つ確認されるのに対し、10 月時の調査では殻長 5～9cm 前後のをピークとする個体群が新たに確認され、個体群が二つ確認できる（図 3-15 太い点線部分）。さらにその後は二つの年級群がそれぞれ成長していることが確認できる。7 月と 10 月の調査の間には梅雨前線および台風による大規模な出水が起こっており、この出水によって殻長 5～9cm 前後のヌマガイが流入した可能性が考えられる。

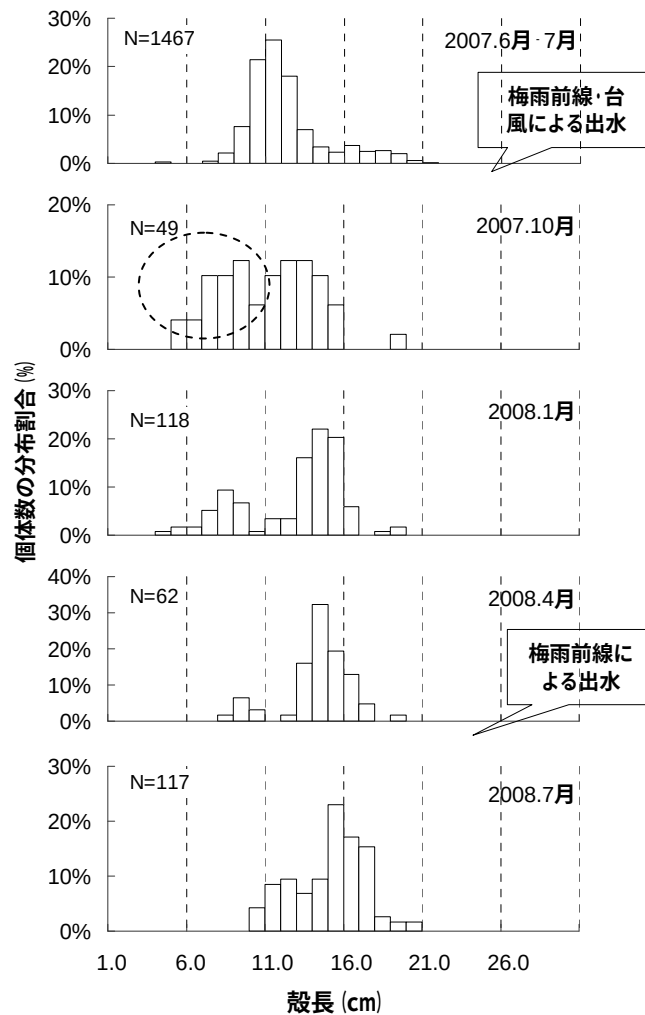


図 3-15 ヌマガイの殻長分布の季別変化

図 3-16 は、アザメの瀬における日平均水位ハイドログラフを示している。横軸に年月縦軸に水位をとっている。グラフより、2006 年の 4 月から 10 月ごろにかけて比較的規模の大きな出水が頻繁に起こっていることが確認できる。他の年と比較しても 2006 年は頻繁に出水が起こった年である。

ところで、分布状況調査を実施した 2007 年 6-7 月時点で、アザメの瀬には殻長約 11cm 前後のヌマガイが突出して多く確認された（図 3-3）。これらの個体は、調査時の推定年齢は 2 歳程度であり、図 3-13 の成長曲線から 2006 年時の殻長を逆算すると 5cm 前後と考えられる。

したがって、2006 年時に頻繁に起こった出水により、殻長 5cm 前後の個体がアザメの瀬へ多数に輸送された結果、2007 年時点で殻長約 11cm の程度の個体が多数分布している可能性がある。

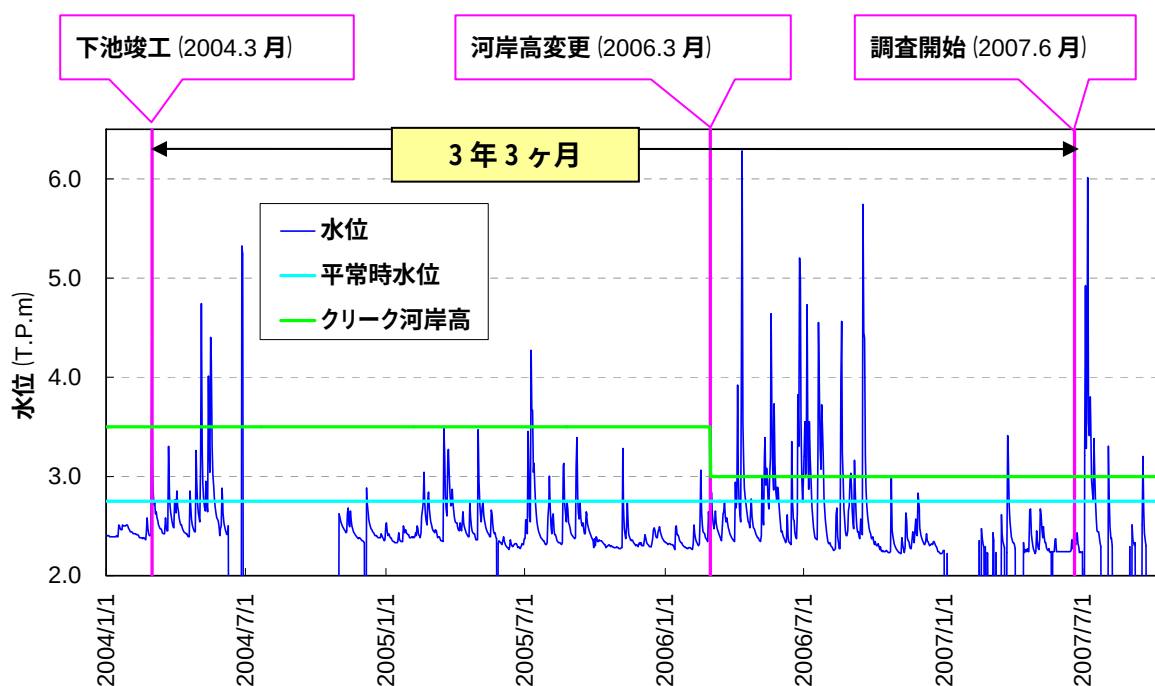


図 3-16 アザメの瀬における水位ハイドログラフ

(2) 松浦川流域におけるイシガイ目二枚貝の分布状況

図 3-17 に分布状況調査結果を示す。潜水目視・鋤簾による採捕調査を行った全 40 地点のうち、7 地点でイシガイ目二枚貝の分布を確認した（図 3-17 中の緑丸地点）。個体数については定量的に把握していないものの、イシガイおよびトンガリササノハガイは 7 地点全てで多数確認された。7 地点のうちヌマガイが確認されたのは、鶴田橋上流地点と大黒井堰下流のワンド地点の 2 地点であった。生きた状態で確認されたヌマガイは鶴田橋上流地点で 2 個体、大黒井堰下流のワンド地点で 4 個体のみであった。大黒井堰下流のワンド地点では、4 個体のほかに他数の死亡個体が確認された。

本調査では、ヌマガイが好んで生息するとされている、底質が泥や砂泥からなる止水域を選定して、縦断幹線流路延長 20km 計 40 地点において実施したにもかかわらず、松浦川ではヌマガイの生息が確認されたのはわずか 2 地点であった（図 3-17 中赤丸地点）。個体数も 4 個体と極めて少なかった。このことは、松浦川においては、ヌマガイの生息可能な環境は極めて少ないことを示唆している。周辺住民へのヒアリングから、以前は様々な場所で普通に見られ、容易に採捕することができていたという声が頻繁に聞かれたことから、ヌマガイの生息可能な環境は昔に比べて著しく減少している可能性がある。



図 3-17 松浦川におけるイシガイ目二枚貝分布状況調査結果

4. 結論

本報告では、アザメの瀬および松浦川においてイシガイ目二枚貝の分布状況を把握し、アザメの瀬に分布するヌマガイについて生育追跡調査を実施した。その結果得られた知見を以下に示す。

- ・ アザメの瀬には三種のイシガイ目二枚貝（イシガイ、トンガリササノハガイ、ヌマガイ）が、2007年7月時点で計1467個体生息しており、その98%がヌマガイであった。
- ・ アザメの瀬に生息するヌマガイは、殻長-水深間および殻長-泥厚間に正の相関を示した。
- ・ アザメの瀬に生息するヌマガイの成長速度は既往の研究と比較しても速いことから、ヌマガイにとってアザメの瀬は好適な環境であると考えられた。
- ・ アザメの瀬に生息するヌマガイの推定年齢を明らかにすることにより、ヌマガイが出水時の流水によってアザメの瀬に侵入していることを示した。
- ・ 松浦川本川にはヌマガイの生息が確認されたものの、分布する地点や個体数は極めて限定されており、好適な生息環境は少ないことが示唆された。

（参考文献）

- 千葉信夫,西村修,土田茂 (2001). 淡水二枚貝の濾水速度について, 土木学会第 56 回年次学術講演会講演集, 114-115,
- Kondo, T. (2008). Monograph of Unionoida in Japan (Mollusca Bivalvia), Special Publication of the Malacological Society of Japan, 3.
- 増田修・内山りゅう (2001). 日本産淡水貝類図鑑(2)汽水域を含む全国の淡水貝類,株式会社ピーシーズ,180-183,東京
- Munro, J.L. (1982). Estimation of the parameters of the von Bertalanffy growth equation from recapture data at variable time intervals, Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 40, 199-200
- 根岸淳二郎・萱場祐一・塚原幸治・三輪芳明 (2008). イシガイ目二枚貝の生態学的研究:現状と今後の課題, 日本生態学会誌, 58, 37-50
- 根岸淳二郎・萱場祐一・塚原幸治・三輪芳明 (2008). 指標・危急生物としてのイシガイ目二枚貝: 生息環境の劣化プロセスと再生へのアプローチ, 応用生態工学, 11(2),195-211

4.2.5 アザメの瀬自然再生事業における住民参加と地域知識の活用

東京大学農学生命科学研究科

担当 渡辺敦子

はじめに

日本では、伝統的な人の営みと自然の関わりを通じて形成された里山的な環境の中で高い生物多様性が維持されてきた。しかし、過去半世紀の急激な社会経済的状况の変化に伴って、持続可能な生活の知恵と技術を放棄した日本は、その社会経済活動の基盤そのものである健全な生態系をも失いつつある。そのような背景のもとに実施される自然再生事業には、生態系の機能回復と並び、人と自然の関係性、持続可能な技術や知恵を受け継ぐ文化の再生などを含む、総合的な目標を達成することが求められる。このため、多様な主体の参加や連携のシステムと科学的なプロセスの確保は自然再生事業の両輪をなす要素である。とりわけ、複数の行政区や地域共同体が関わる河川の自然再生事業においては、流域住民の参加と合意形成に基づく順応的管理が必要となる。

自然再生事業における順応的管理は、目標設定→計画→実施→モニタリング→評価→見直しの手順を踏むことを通じて達成される。最初の段階である目標設定のためには、過去にどのような生態系が維持され、そしてなにが失われたのかを明らかにする必要がある。しかし過去の自然環境の状況や変遷についての詳細な報告が残っている場合は少なく、また「地域の人と自然は今後どうかわっていくのか」という価値判断に大きくかかわるため、再生目標を一意的に設定することはできない。

そこで、地域住民が再生事業の目標設定にかかわり、合意形成を行うプロセスが必要となる。その際、住民への聞き取り調査を通じて事業への要望や意向を把握するとともに、過去の自然環境や人の営みとの関わりに関する情報を統合・整理し、既存の生態学的知見と照らしながら生物多様性の保全上意義のある再生イメージを描くことは有効な手法であると考えられる。

目的

本研究は、佐賀県松浦川で実施されているアザメの瀬地区の住民への聞き取り調査を通じ、地域の川や里山の自然環境とそれに関わってきた人々の暮らしの様子、またその変化、人々の事業への関心や期待を明らかにすることを目的とした。また、これらの情報から、事業の目標設定に資する知見を得るための手法を検討した。

調査対象地域の概要

松浦川中流域の蛇行部に位置するアザメの瀬地区は面積約 6.0ha、延長約 1,000 m、幅約 400 m の丘陵沿いの平地であり、古くから水田として利用されてきた。しかし同地区は洪水被害を受けることが多く（表 1）、河川改修の進んだ現在でも年に一度は冠水する水害常襲地区であった。この場所での治水対策について地域住民と河川管理者が協議を進めるうち、松浦川の氾濫を許容し後背湿地として自然再生を行う方向で合意された（島谷 2003）。このような経緯で始ま

表 1 松浦川と流域の変遷

1791	寛政3	相知炭鉱開鉱～石炭開発時代へ 舟運の発達
1948	昭和23	大規模洪水
1952	昭和27	水洗炭最盛期となる 学校プールの整備
1953	昭和28	農地等の整備が始まる 大規模洪水
1961	昭和36	国の直轄河川となり、改修工事が始まる
1962	昭和37	相知炭鉱閉鎖
1966	昭和41	上水道完成
1967	昭和42	大規模洪水
1969	昭和44	立川炭鉱閉鎖
1974	昭和49	河口堰完成

った自然再生事業は、事業の最も初期段階から地域住民の参加を重視しており、2001 年から現在までは月に一度の公開式検討会を実施している。アザメの瀬地区の位置する東松浦郡相知町の主要産業は稲作農業であるが、農業就業人口の大半は 60 歳以上の世代によって占められており、より若い世代の都市圏への流出によって過疎化が進んでいる。

手法

I. 調査対象者：事業地に隣接する 3 集落（杉野・佐里上・佐里下：合計 272 世帯）の住民の内、50 歳以上の男女（326 名）より子供時代を松浦川流域で過ごしたことがある男女を有意抽出し、48 名に対して調査を行った。この内、データの解析に耐える回答を得られたのは合計 37 名（50～60 代 22 名、70～80 代 15 名、回答率 77%）であった。対照グループとして、19～25 歳までの住民 7 名に対しても同じ内容の調査を行った。調査は、家庭や仕事を訪問し、個別あるいは少数グループごとに行った。調査時間は、有効回答については一人平均約 90 分であった。

II. 質問紙の内容：質問紙は、A. 回答者の氏名や職業、アザメの瀬近隣地域への在住期間などの個人的属性のほか、B. アザメの瀬自然再生事業に関する認識や参加意欲、期待する事業効果、C. 回答者が子どもの頃の松浦川の自然と生活の関わりやその変遷、D. 回答者が子どもの頃の水田・水路・溜池の自然と生活の関わりやその変遷、E. 人と野生動植物との関わりについての質問項目によって構成された。C および D 項目には、それぞれの環境でよく見かけた生きものに関する質問を含めた。

III. データ収集：前述の C、D 項目において生物名が地方名や総称で回答された場合は、可能な限り種名まで特定できるように、写真図鑑やイラストによる検索資料などを用いて調査中に回答者へ確認を行った。しかし、当然のことながら、一般の回答者の生きものに対する認識の度合いは個人によって異なり、またそれぞれの個人の認識の中でも生きものの識別方法は生物学的な分類法によるものではないことが多い。そのため、例えば「トンボ」という回答を得た場合に、補助資料を用いれば「ショウジョウトンボ」という種名まで特定できる場合（種レベル）、「アカトンボ」あるいは体の赤くなるトンボとして認識するが種までは特定できない場合（種群レベルの総称）、「トンボ」という総称によってのみ認識されている場合（目レベルの総称）などとして階層的な認識レベルを判別できるようにした。種、種群、目などの様々なレベルで識別される生物名の回答数を、以下では分類群数と呼ぶ。

結果

I. アザメの瀬自然再生事業への要望

事業によって再生される自然の姿としては、草刈りなどの丁寧な管理によって多様な生物が見られることが望ましいという回答が最も多かった（図 1）。期待する事業効果としては、「ため池や水田や湿地が一体となった懐かしい風景の再生」「松浦川やその周辺で見られた多様な生き物の再生」「子どもも大人も自然と親しめる場所がつくられること」などに対する要望が「下流域への洪水被害軽減」や「観光資源としての発展」などの効果に対する要望よりも強かった（図 2）。

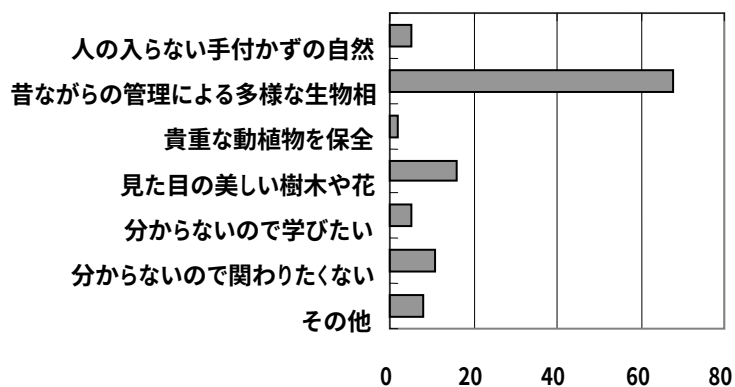


図1 再生される自然の望ましい姿 (複数回答 N=42)

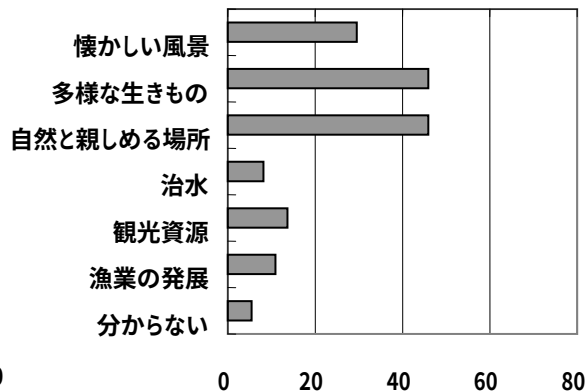


図2 期待する事業効果 (複数回答 N=59)

アザメの瀬に自然が再生されたらそこでやりたい事を質問したところ、10～20代では「見学・観察」「スケッチ・写真撮影」などの回答が多く見られたが、50～60代ではこれらに加え「魚とり」「子どもと遊ぶ」「自然学習」などの行為が回答された。70～80代では、「魚とり」「子供と遊ぶ」が最も多く、また地域での伝統的な暮らしを伝えたり、祭りやイベントを行う場として活用したいという回答が見られた(図3)。

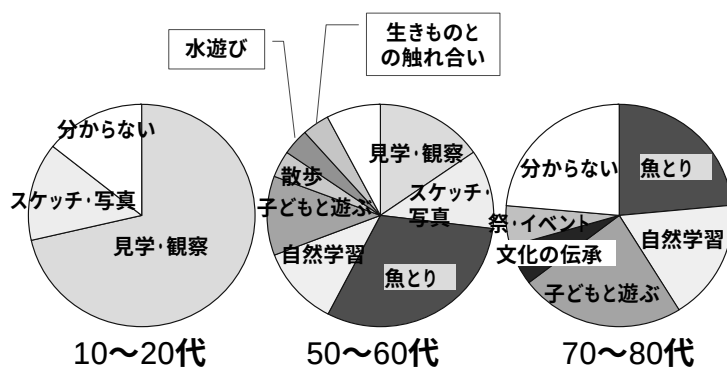


図3 アザメの瀬でやりたいこと (複数回答)

II. 昔の松浦川の生物相

回答者が子どものころに松浦川やその周辺でよく見かけた生物を「植物」「哺乳類」「昆虫類」「鳥類」「魚類」「貝類」「甲殻類」「両生類」「爬虫類」「その他」の分類別に質問したところ、回答された分類群数の累計は植物 35、昆虫 25、魚類 25 などであった。一人当たりの分類群数は 10 代～20 代では 50 代以上の世代よりも少なく、また種レベルでの回答よりも総称による回答が多かった。一例を挙げると、昆虫類の生物名として挙げられた数は全世代合計で 25 であったが、10 代～20 代では「トンボ」(目レベルの総称)と「ホタル」(属レベルでの総称)の 2 分類群のみであった。

III. 昔の水田・水路・溜池の生物相

水田・水路・溜池やその周辺でよく見かけた生物を川の生物相の場合と同様の方法で質問したところ、回答された分類群数の累計は植物 42、昆虫 27 などであった。このうち植物相では、10～20 代では草地や路傍に生育する種(レンゲ、タンポポ、シロツメクサなど)を挙げたのに対し、50 代以上の世代では湿地や溜池などに典型的に生育する植物(ガマ、ヒシ、エビモなど)や水田雑草(ヒエ、アオウキクサ、ヒルムシロなど)が多く回答された。

IV. 人と野生動植物との関わりとその変化

50 代以上の回答者の多くは、人と生きものとの関わりが昭和 30 年代後期ごろから急激に変化したことを強く意識しており、そのような変化の要因は「生きものの減少」「河川改修や耕地整理などによる環境改変」「機械化や農薬・化学肥料の使用などによる農業形態の変化」「子どもの遊びの変化」であると回答した（図 4）。それに対して、10～20 代の回答者はさほど大きな変化を感じてお

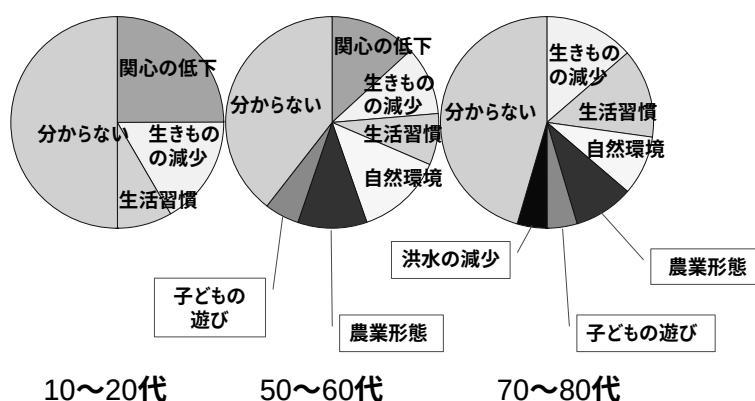


図 4 人と生きものの関わりの変化の要因

らず、変化があったとしてもその要因は成長に伴う生きものへの関心の低下であると考えている。その一方、今後の人と野生動植物の関わり方として、10～20 代の 7 割の回答者が「生きもののすめる自然環境を守りたい」と答えた。

考察

本研究では、きめ細かい聞き取り調査によって地域住民の要望や期待を把握し、また生物相に関する回答を生態学的に検証することによって、アザメの瀬地区周辺の里山で伝統的に維持されてきた生物多様性が地域住民によってどのように認識されてきたのかを明らかにすることができた。

50 代以上の住民は溜池・水路・水田・川の連続性の中で形成される様々なハビタットに生育・生息する生物の生態を反映した回答をしており、地域の生物相について豊富な知識を持っているといえる。これらは特に川や水田での遊びや家業の手伝いをする生活の中で得られたと思われる。しかし、この年代の住民は人と生きものとの関わりが急激に変化してきたことに危惧を抱いていることが分かった。また、多くの住民は、アザメの瀬自然再生事業の効果として、観光など産業の発展よりも地域により良い自然環境を再生し、文化や風習と共に次世代へ受け継ぐ事を望んでいた。これらの要望—「自然環境の再生」と「文化の再生」は、地域住民の意識の中では不可分である。例えば、アザメの瀬でやりたい事として 70～80 代の回答者が挙げた、「祭り・イベント」は「文化の伝承」と「魚とり」の双方に深く関わっている。この地域では、溜池による灌漑を行っているが、稲刈り後には溜池の水を抜いて底のウナギやドジョウなどをつかみ取りする「堤返し」を行う。これは溜池を管理する地域共同体の謂わば収穫祭の意味もあり、大人も子どもも入り乱れて魚つかみに興じるこの風習を経験した世代の住民からはその楽しさを今の人にも伝えたいという話が聞かれた。

一方、年代別に見ると、里山の暮らしを経験した世代が持っていた地域の生態学的知識が失われつつある事が明らかになった。若い世代の住民も、より一般的な意味で生物の生息環境を保全・復元することを望んではいるが、具体的にどのような生物がアザメの瀬やその周辺で生息していたのかという知識は不足している。

これらのことから、アザメの瀬自然再生事業には湿地的な環境の再生や生物多様性の回復といったハード面での環境修復と共に、人と自然、あるいは自然を介した人と人の関係性の修復を促すソフト面でのプログラムを組み込むことが必要であるといえる。様々な年代の人々が地域の自然・歴史・文化など

についての体験型学習を行う場として活用・維持してゆくためには、動的な学びのプロセスが継続されなければならない。今後は、自然再生事業の担い手となるべき地域住民の意識や要望に応えながら事業のソフト面での支援プログラムを提案することが課題となる。

4.2.6 アザメの瀬のトンボ相

東京大学農学生命科学研究科

須田真一

調査の目的

アザメの瀬自然再生事業地周辺（佐賀県唐津市（旧東松浦郡）相知町）におけるトンボ相を把握し、再生事業地への種の供給源としての評価を行うことを目的とする。併せてトンボ類を用いた再生事業地のモニタリングに向けた基礎資料を得ることも目的とする。

調査日

現地調査は以下の日程で行った。

1 回目調査：2003 年 7 月 23～25 日

2 回目調査：2004 年 9 月 13～14 日

なお、2004 年 5 月 29 日に訪れた際も、短時間（30 分程度）であるが調査を行った。

調査範囲

アザメの瀬自然再生事業地周辺

調査はおもに環境の違いから区分した以下の 5 区域に分けて行った。

- ・ 再生地（松浦川沿いの掘削工事等を行った区域）
- ・ 湿地（溜池直下に残された水田跡地、写真 1）
- ・ 下の溜池（湿地の直上にある溜池、写真 4）
- ・ 上の溜池（下の溜池の奥にある溜池、写真 6）
- ・ 林道（再生地から上の溜池に至る林道沿い）

調査方法

調査は捕虫網を用いた成虫の採集によって行い、目視のみで確実な同定の行えなかった場合は記録から除外した。黄昏活動性の種を確認するために夕刻の調査も行っている。なお、採集した種については記録の根拠として全種についてその一部を標本として保管した。

調査結果

今までの調査では、合計 9 科 36 種のトンボ類を確認することができた。最も多くの種が確認されたのは上の溜池で 8 科 22 種が確認された。また、下の溜池で確認された種はすべて上の溜池でも確認された（表）。林道ではハグロトンボやアカトンボ類の未熟個体や、上空で摂食活動を行うオニヤンマ、タカネトンボ、コシアキトンボなどが多く確認された。

調査地からは国と県の絶滅危惧種が各 1 種ずつ確認された。ベニイトトンボ（環境庁絶滅危惧Ⅱ類、写真 2）は湿地と上の溜池から確認された。個体数も多く、交尾・産卵も観察された。ネアカヨシヤンマ（佐賀県準絶滅危惧種）は湿地の上空を飛翔する個体が少数確認されたのみである。

生息環境・条件による確認種の区分とその特徴

確認された種をその生息環境・条件によって区分を試みた。各種の生息環境・条件は杉村他（1999）の記述を元に、現地での観察結果を考慮して行った。その結果、4つの種群に区分することができた（表）。

このうち種群 A は明るい池沼や湿地に生息する止水性種群であり、ここに含まれる種は湿地と上の溜池で確認種数が多かった。また、再生地で確認された止水性種もすべてここに含まれる種であった。

種群 B も明るい池沼や湿地に生息する止水性種群であるが、未熟期や休息時に林縁や林冠、樹林内部を利用するため、周辺に樹林を必要とする種群である。ここに含まれる種は上の溜池と林道で確認種数が多かった。

種群 C は樹林に囲まれたやや薄暗い池沼や湿地に生息する止水性種群であり、これに含まれる種は上の溜池と湿地で確認種数がやや多かった。

種群 D は河川や水路などに生息する流水性の種であり、オニヤンマは溜池間や湿地内の水路、その他の種は松浦川がおもな生息地と考えられる。ただし、コオニヤンマやコヤマトンボは大きな溜池や湖にもしばしば生息し、コヤマトンボは上の溜池で産卵を観察したことから、一部は溜池で発生している可能性もある。ハグロトンボも湿地の脇にある溜池からの水路で縄張りや産卵を観察したことから、一部はここで発生している可能性もある。

再生地への種の供給源

再生地は当面、日当りのよい明るい池沼・湿地環境になるものと推測される。この環境に好んで生息する種は、種群 A に含まれる種であると考えられる。これらの種は湿地と上の溜池に多く確認されていることから、この2箇所が再生地への種の供給源として重要な場所であると考えられる。

また、湿地と上の溜池は環境の変化に富み、植生も多様であるため、多様な種が確認されている。そのことから、これらの場所は再生地のみならず、地域のトンボ相の多様性維持にも大きく貢献する、保全上重要な場所であると考えられる。

今後の課題

今までの調査は夏から秋に偏っているため、春季発生型の種が殆ど確認されていない。そのため5月頃に調査を行う必要がある。夏から秋にかけての調査も各一回しか行っておらず、不十分である。今後調査回数を増やしてより充実したデータ収集が不可欠である。

再生地にはすでにトンボ類の進出が始まっていると推測される。今後どのようにトンボ相が形成されてくるかを、特に植生の発達などと併せてモニタリングすることにより、自然再生事業の効果をより明確に考察することが可能となると思われる。

参考文献

- 杉村光俊他（1999）原色日本トンボ幼虫・成虫大図鑑。北海道大学出版会
- 環境庁（2000）日本の絶滅のおそれのある野生生物―無脊椎動物編―
- 佐賀県（2000）レッドデータブックさが

表 アザメの瀬周辺で確認されたトンボ類とその生息環境・条件による区分

現地調査は2003.7.23～25、2004.5.29 (概査)、2004.9.13～14に行った

「調査区域」の○はその場所で確認されたことを示す

「生息環境」の●はその種の生息する環境・条件を示す

「生息環境」は杉村他 (1999) を参考に、現地での観察結果も考慮して区分した

				調査区域					生息環境				
種 群	科 名	和 名	学 名	ア ザ メ の 瀬 再 生 地	ア ザ メ の 瀬 湿 地	ア ザ メ の 瀬 下 の 溜 池	ア ザ メ の 瀬 上 の 溜 池	ア ザ メ の 瀬 林 道	明 る い 池 沼 や 湿 地	薄 暗 い 池 沼 や 湿 地	河 川 や 水 路	周 圍 に 樹 林 が 必 要	備考
種群A	イトトンボ科	キイトンボ	<i>Ceragrion melanurum</i>	○					●				環境庁絶滅危惧Ⅱ類
		ベニイトンボ	<i>Ceragrion nipponicum</i>		○		○		●				
		アジアイトンボ	<i>Ischnura asiatica</i>	○					●				
	アオモンイトンボ	<i>Ischnura senegalensis</i>	○	○		○		●					
	クロイトンボ	<i>Cercion calamorum calamorum</i>	○		○	○		●					
	セスジイトンボ	<i>Cercion hieroglyphicum</i>	○		○	○		●					
	サナエトンボ科	ウチワヤンマ	<i>Sinictinogomphus clavatus</i>				○		●				
		ギンヤンマ	<i>Anax parthenope julius</i>	○	○	○	○		●				
	ヤンマ科	ハラビロトンボ	<i>Lyriothemis pachygastra</i>		○				●				
		ヨツボシトンボ	<i>Libellula quadrimaculata asahinai</i>		○				●				
トンボ科	ショウジョウトンボ	<i>Crocothemis servilia mariannae</i>		○		○		●					
	シオカラトンボ	<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	○	○	○	○	○	●					
	アキアカネ	<i>Sympetrum frequens</i>		○				●					
	ウスバキトンボ	<i>Pantala flavescens</i>	○	○	○	○	○	●					
	種群B	イトトンボ科	ホソミイトンボ	<i>Aciagrion migratum</i>	○					●		●	
			アオイトトンボ科	アオイトトンボ				○	○		●		
		オオアオイトンボ	<i>Lestes temporalis</i>				○	○	○	●		●	
ヤンマ科		カトリヤンマ	<i>Gynacantha japonica</i>		○				●		●		
	エゾトンボ科	オオヤマトンボ	<i>Epophthalmia elegans amphigena</i>				○		●		●		
トンボ科		マユタテアカネ	<i>Sympetrum eroticum eroticum</i>		○	○	○	○	●		●		
	コノシメトンボ	<i>Sympetrum baccha matutinum</i>					○	●		●			
	ネキトンボ	<i>Sympetrum speciosum speciosum</i>					○	●		●			
	コシアキトンボ	<i>Pseudothemis zonata</i>				○	○	○	●		●		
種群C	モノサシトンボ科	チョウトンボ	<i>Rhyothemis fuliginosa</i>					○	○	●		●	佐賀県準絶滅危惧種
		モノサシトンボ	<i>Copera annulata</i>		○	○	○	○		●		●	
		ネアカヨシヤンマ	<i>Aeschnophlebia anisoptera</i>		○					●		●	
		マルタンヤンマ	<i>Anaciaeschna martini</i>		○					●		●	
	ヤンマ科	ヤブヤンマ	<i>Polycanthagyna melanictera</i>					○		●		●	
		クロスジギンヤンマ	<i>Anax nigrofasciatus nigrofasciatus</i>					○		●		●	
		エゾトンボ科	タカネトンボ	<i>Somatochlora uchidai</i>						○	●		
トンボ科	リスアカネ		<i>Sympetrum risi risi</i>					○	○	●		●	
	オオシオカラトンボ		<i>Orthetrum triangulare melania</i>		○		○			●		●	
種群D	カワトンボ科	ハグロトンボ	<i>Calopteryx atrata</i>	○	○			○			●	●	
	サナエトンボ科	コオニヤンマ	<i>Sieboldius albardae</i>		○						●	●	
	オニヤンマ科	オニヤンマ	<i>Anotogaster sieboldii</i>			○	○	○	○		●	●	
	エゾトンボ科	コヤマトンボ	<i>Macromia amphigena amphigena</i>					○			●	●	
36				9	19	11	22	13	24	8	4	22	



写真 1：アザメの瀬 湿地

低茎草本を主体とした湿地植生に覆われた水田跡地。狭い場所ながら多様なトンボ類がみられる。至近距離にあることから再生地への種の供給源として最も重要。しかし、高茎草本や外来種の侵入、乾燥化が進行しつつあり、このままではトンボ類の多様性は急速に失われると予測される。



写真 2：ベニイトトンボ♂

環境庁絶滅危惧Ⅱ類に指定されている希少種。もともと生息地は限られ、ほぼ平地に限って分布することから、人為的破壊により、分布域全域で急速に衰亡している。九州北部ではまだ比較的生息地が残されているようで、アザメの瀬では湿地と上の溜池でみられ、個体数も多い。



写真 3：キイトンボの連結態（前が♂）

ベニイトトンボの近似種であり、しばしば同所的に生息している。ベニイトトンボよりもより湿地的な環境を好む。アザメの瀬でも湿地のみでみられ、個体数は多い。本種も近年、分布域の多くで急速に衰亡している。



写真4：マユタテアカネ未熟♀（ノシメ型）

アザメの瀬で最も多くみられたアカトンボ類である。周辺に樹林のある池沼や湿地を好み、未熟個体は林道脇などの木陰に多くみられた。再生地内にはそのような環境がないためか、調査時には全くみられなかった。湿地の水溜りからは多数の羽化が観察された。



写真5：アザメの瀬 下の溜池

湿地の直上にある溜池。明るい水面を好むギンヤンマや、木陰のある水面を好むコシアキトンボが多くみられたものの、池内の植生が貧弱であり、岸から急に深くなる構造のため、トンボ類の多様性は低い。周辺の樹林内にはオオアオイトトンボやマユタテアカネなどの未熟個体が多くみられた。



写真5：アザメの瀬 上の溜池

下の溜池の奥にある溜池。池内植生が豊富であり、環境の変化に富むことから多様なトンボ類がみられた。湿地と共に再生地への種の供給源として重要な場所であるとともに、ここでしか確認されなかった種も多いことから、地域のトンボ相の多様性維持の上からも重要な場所と考えられる。

4.2.7 CVM によるアザメの瀬の経済価値評価に関する研究

日本大学・教授 桜井 慎一
(理工学部・海洋建築工学科)

1. 研究目的

今まで、人間社会の利便性を向上するための開発行為の犠牲となり、多くの自然や生態系が失われてきた原因の一つは、失われる自然の価値を金額として計算できなかったことにもある。CVM (Contingent Valuation Method: 仮想評価法) は、こうした生態系のような環境の価値を金額として計測できる唯一の手法であり、米国では、タンカー座礁による重油流出事故で破壊された沿岸環境や犠牲になった海洋生物等に対する賠償責任を問うための裁判で、損害額を計算する根拠として用いられた。本研究は、このCVMという評価手法を使って、「アザメの瀬自然再生事業」の経済的価値を計測することを目的とする。

2. 調査方法

通常、CVMは一般市民に対するアンケート調査で得たデータに基づいて分析を行う。バイアスと呼ばれる回答の歪みや偏りになるべく発生させないようにするため、図-1に示す説明用フリップを用い、調査員が回答者と直接、面談しながら、一人一人に20分以上の時間をかけて、慎重にアンケート調査を実施した。また、アンケート調査は、3年間をかけて、アザメの瀬を整備している地元の「旧相知町」(平成15年、175票)、松浦川下流の「唐津市」(平成16年度、175票)および松浦川とは流域の異なる「佐賀市」(平成17年度、182票)の佐賀県内3都市で実施し、合計532票の有効回答を得ることができた(表-1)。なお、アンケート回答者の属性は表-2のとおりである。

表-1 アンケート調査概要

	旧相知町	唐津市	佐賀市
調査日	2003年10/29~31, 11/2~4, 11/6, 2004年2/20~25, 3/10~14	2004年9/7~17	2005年11/18~23
調査対象地	旧相知町内の26地区	唐津市内の40町	佐賀市内の公園・広場
被験者	それぞれの地域に居住する学生以外の成人		
調査方法	直接面接による聞き取り形式のアンケート調査 (住宅への訪問および公園来訪者に対する個別面談または集合調査)		
有効回答	175票	175票	182票

問1  県内に松浦川という河川が流れていることを 知っていましたか？ 知りませんでしたか？ ①	 フナ  テナガエビ  コイ  モクズガニ ②
問2 このような生物がかつて松浦川で よく見られていたことを 知っていましたか？ 知りませんでしたか？ ③	 アザメの瀬地区 自然再生事業とは 唐津市相知地区 (旧相知町) 松浦川中流部 面積：約6ヘクタール (野球場 約6個分) ④
問3 現在、松浦川でアザメの瀬地区自然再生事業 が進められていることを 知っていましたか？ 知りませんでしたか？ ⑤	●問3で「知っていた」を選択した方のみ お答え下さい あなたがアザメの瀬地区自然再生事業を知った きっかけは何ですか？ (該当するものすべて) (ア) 行政(武雄河川事務所等)のホームページ (イ) テレビ・新聞 (ウ) 知人や親戚から聞いた (エ) 現地周辺の看板(県道沿いなどに設置) (オ) その他(具体的に、) ⑥
 「アザメの瀬地区自然再生事業」はアザメの瀬地区に、 ①かつて松浦川でよくみられたコイやフナと いった多くの生物が産卵したり、好んで 棲みかとする自然環境の造成 ②人々が自然を観察する施設の整備 ③自然と人々が触れ合うつながりやすい風景の再生 を目的に進められています。 ⑦	 そのため、アザメの瀬地区の水田跡地を掘り下げて 松浦川の水を流し込み、湿地や河畔林を 造成する工事が行われています。 この工事は平成15年からはじまっており、 来年、完了する予定です。 ⑧

問4 アザメの瀬地区でこのような事業を行い、 その目的を達成するためには 費用が必要となってきます。 この費用を税金として毎年、 一世帯当たり年間500円を 負担していただくとしたら、 あなたはこの事業に 賛成ですか？ 反対ですか？ ⑨	以下のことを念頭に置いてお答え下さい 1. 公共事業によって実施されます。 2. 提示された金額はアザメの瀬地区自然再生事業のみに使われます。 3. 現在、支払っている税金に加えて提示された金額が徴収されます。 4. 来年、予定通り工事が完了したとしても、提示された金額の徴収が終了するとは限りません。 5. あなたの家計から、提示された金額が支出されるため、普段の生活で使える金額が減ってしまいます。 ⑩
●賛成理由をお答え下さい（該当するもの1つ） (ア) 自分自身は自然と触れ合える場として利用（水遊び・魚とり・散歩など）できるから。 (イ) 自分自身はこれまでアザメの瀬地区（松浦川）を訪れた（利用した）ことはないが、いずれ訪れたいと考えているから。 (ウ) 将来の世代のために、アザメの瀬地区（松浦川）の生物が息息する環境や人々が自然と触れ合える場を回復しておきたいから。 (エ) 自分自身も将来の世代も、アザメの瀬地区（松浦川）を訪れることはないと思うが、生物が息息する環境は存在するだけで大きな意義があるから。 (オ) その他（具体的に、_____） ⑪	●反対理由をお答え下さい 提示された金額がご自身には負担が大きいと（もう少し低い金額であれば賛成する） 考えるからですか？ 他に理由がありますか？ ⑫
●反対理由をお答え下さい（該当するものすべて） (ア) 松浦川やアザメの瀬地区をほとんど訪れたことがなく、政策の効果を理解できないから。 (イ) 新たに税金を徴収することや、税金を使って行うという方法を納得できないから。 (ウ) 松浦川を対象とすることや松浦川の自然を再生するために、アザメの瀬地区を対象とすることなど、政策内容そのものを納得できないから。 (エ) 自然は人為的に再生できるものではない、といった考えを持っているため、このような自然再生事業そのものを納得できないから。 (オ) 環境問題やこのような自然再生事業に関心がないため、納得できないから。 (カ) その他（具体的に、_____） ⑬	●反対理由の（ウ）を選択した方のみお答え下さい（該当するものすべて） (ア) 松浦川を対象とすることに納得できないから。（他の河川を対象とするべき） (イ) 松浦川の自然を再生することには賛成できるけども、アザメの瀬地区を対象とすることに納得できないから。 (ウ) 松浦川のように自然が多く残っている場所で、自然再生事業を行う必要性を感じないから。 (エ) 自然を再生するため、大規模な工事を行う必要性を感じないから。（他の方法をとるべき） (オ) コイやフナといった普通種を対象とした自然再生事業を行う必要性を感じないから。（貴重種を対象とした自然再生事業を行うべき） (カ) その他（具体的に、_____） ⑭
問5 松浦川を自然と触れ合える場として利用（水遊び・魚とり・散歩など）したことがありますか？ ありませんか？ ⑮	問6 アザメの瀬地区自然再生事業が完了したら、あなたはアザメの瀬地区に行ってみたいと思いますか？ 思いませんか？ ⑯

問7 アザメの瀬地区自然再生事業の進め方やその内容について、何かご意見があればお聞かせ下さい ⑬	問8 <u>嘉瀬川や筑後川</u>を自然と触れ合える場として<u>利用</u>（水遊び・魚とり・散歩など）したことがありますか？ ありませんか？ ⑭
問9 ご職業は？（該当するものすべて） (ア) 会社員 (イ) 公務員 (ウ) 自営業 (エ) 農林漁業 (オ) 専業主婦 (カ) パート (キ) フリーター (ク) 学生 (ケ) 無職 (コ) その他（具体的に、 ） 年齢は？ (ア) 10歳代 (イ) 20歳代 (ウ) 30歳代 (エ) 40歳代 (オ) 50歳代 (カ) 60歳以上 お住まいの町名は？ 具体的に、 ⑮	問10 さしつかえなければ、<u>ご家庭の年収</u>をお聞かせください (ア) 300万円未満 (イ) 300～ 500万円未満 (ウ) 500～ 700万円未満 (エ) 700～ 900万円未満 (オ) 900～1200万円未満 (カ) 1200～1500万円未満 (キ) 1500万円以上 ⑯

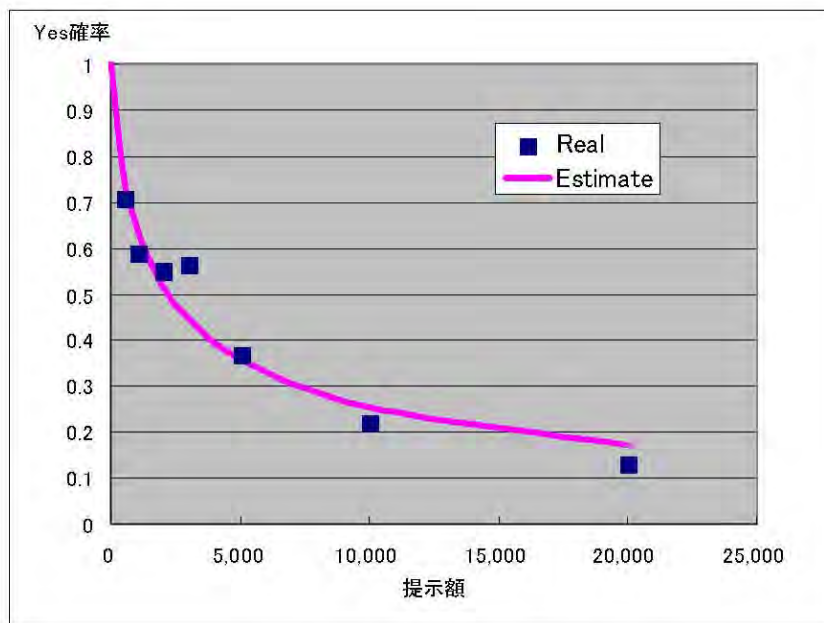
図－1 アンケート調査で回答者に提示したフリップ

表－3 提示金額別賛成率

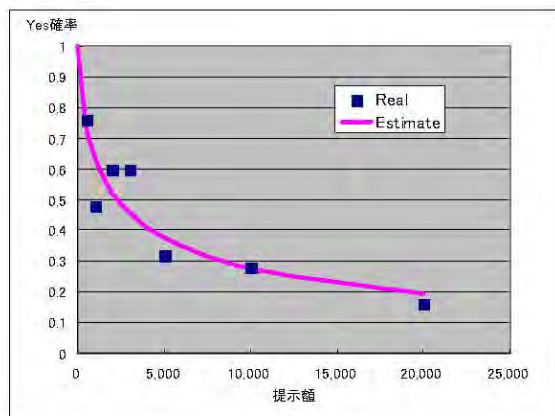
	旧相知町		唐津市		佐賀市		3都市全体	
	賛成率	賛成者数/ 有効回答数	賛成率	賛成者数/ 有効回答数	賛成率	賛成者数/ 有効回答数	賛成率	賛成者数/ 有効回答数
500円	76.0%	19人/ 25人	80.0%	20人/ 25人	57.7%	15人/ 26人	71.1%	54人/ 76人
1000円	48.0%	12人/ 25人	72.0%	18人/ 25人	57.7%	15人/ 26人	59.2%	45人/ 76人
2000円	60.0%	15人/ 25人	60.0%	15人/ 25人	46.2%	12人/ 26人	55.3%	42人/ 76人
3000円	60.0%	15人/ 25人	56.0%	14人/ 25人	53.8%	14人/ 26人	56.6%	43人/ 76人
5000円	32.0%	8人/ 25人	44.0%	11人/ 25人	34.6%	9人/ 26人	36.8%	28人/ 76人
10000円	28.0%	7人/ 25人	28.0%	7人/ 25人	11.5%	3人/ 26人	22.4%	17人/ 76人
20000円	16.0%	4人/ 25人	20.0%	5人/ 25人	3.8%	1人/ 26人	13.2%	10人/ 76人
賛成者数 合計	45.7%	80人/175人	51.4%	90人/175人	37.9%	69人/182人	44.9%	239人/532人

表－2 回答者の属性

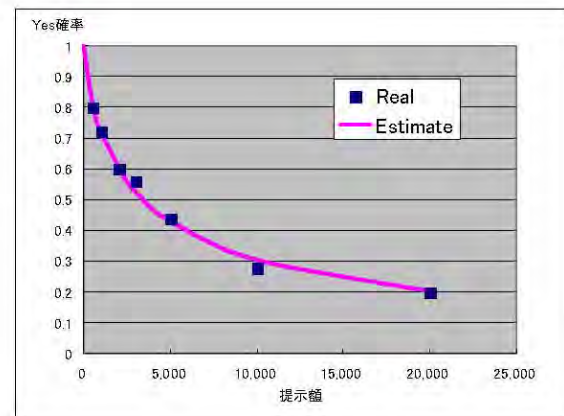
		旧相知町		唐津市		佐賀市		3都市全体	
		(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)
回答者数		175	100.0	175	100.0	182	100.0	532	100.0
性別	男	97	55.4	86	49.1	89	48.9	272	51.1
	女	78	44.6	89	50.9	93	51.1	260	48.9
年齢	10歳代	0	0.0	0	0.0	2	1.1	2	0.4
	20歳代	13	7.4	19	10.9	25	13.7	57	10.7
	30歳代	42	24.0	33	18.9	45	24.7	120	22.6
	40歳代	47	26.9	41	23.4	35	19.2	123	23.1
	50歳代	38	21.7	41	23.4	33	18.1	112	21.1
	60歳以上	35	20.0	41	23.4	42	23.1	118	22.2
職業	会社員	45	25.7	40	22.9	47	25.8	132	24.8
	公務員	18	10.3	12	6.9	15	8.2	45	8.5
	自営業	28	16.0	32	18.3	18	9.9	78	14.7
	農林水産業	23	13.1	12	6.9	2	1.1	37	7.0
	専業主婦	34	19.4	39	22.3	35	19.2	108	20.3
	パート・フリーター	6	3.4	18	10.3	14	7.7	38	7.1
	無職	16	9.1	0	0.0	38	20.9	54	10.2
	その他	5	2.9	10	5.7	13	7.1	28	5.3
世帯年収	300万円未満	35	20.0	28	16.0	31	17.0	94	17.7
	300～500万円未満	47	26.9	51	29.1	36	19.8	134	25.2
	500～700万円未満	24	13.7	24	13.7	31	17.0	79	14.8
	700～900万円未満	7	4.0	23	13.1	13	7.1	43	8.1
	900～1200万円未満	7	4.0	14	8.0	6	3.3	27	5.1
	1200～1500万円未満	4	2.3	1	0.6	0	0.0	5	0.9
	1500万円以上	1	0.6	2	1.1	0	0.0	3	0.6
	無回答	50	28.6	32	18.3	65	35.7	147	27.6



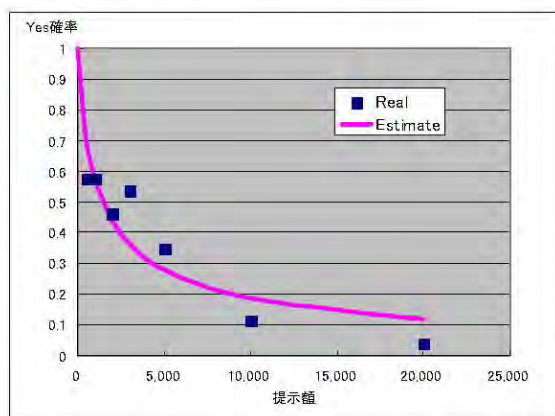
図－2 3 都市全体の賛成率曲線



図－3 旧相知町の賛成率曲線



図－4 唐津市の賛成率曲線



図－5 佐賀市の賛成率曲線

3. 調査結果および考察

アンケート調査で得た 500 円, 1000 円, 2000 円, 3000 円, 5000 円, 10000 円, 20000 円の 7 種類の提示金額別の賛成率（表-3）の数値をランダム効用モデル（対数線形 Logit）に適用した結果、図-2 から図-5 に示す賛成率曲線を得た。これらの中央値（回答者の 50% が賛成する金額）を「支払意志額」（アザメの瀬自然再生事業のために毎年、負担しても良いと考える 1 世帯あたり年額）として採用した結果、表-4 に示す金額が得られた。これらの金額は、それぞれの調査都市に居住する住民が抱いている、自然は大切なものであると思う気持ちの強さをお金に換算して得た「アザメの瀬が提供する自然環境の価値」であるとも言える。

都市別に金額を見ると、アザメの瀬の事業地である旧相知町（2324 円）に比べて、同じ松浦川の下流域に位置する唐津市の方が 3425 円と約 1.5 倍高額を示し、一方、松浦川の流域でない佐賀市は 1461 円と 6 割程度の低額となった。

表-5 は、支払意志額に影響する要因を明らかにするため、3 都市全体のデータを用いて行ったフルモデル分析の結果である。表中、「係数」の符号がプラス+の場合は支払意志で「Yes」と答える確率が高くなる。したがって、属性では「女性より男性」、「年齢は高いほど」、「松浦川と同じ流域圏」で「アザメに近い都市に住んでいる」、また、「松浦川の昔の自然を知り」、「松浦川で自然再生事業が行われていることを知っている」人ほど、この事業を評価していると言える。しかし、「松浦川で遊んだ経験の有無」は、経験のない人の方が、金額が高くなる傾向がある。

有意水準を示す p 値が 0.1 未満の項目は、支払意志額に影響を及ぼしていると判定できるが、最も影響が大きいのは「松浦川と同じ流域圏に居住」しているか否か（p 値 = 0.0507）であり、続いて、「松浦川自然再生事業の認知」および「アザメに近い都市に住んでいる」かである。

このことは、やはり川というものは、同じ流域に住む人々共通の財産として保全活用して、川からの恩恵は共に分かち合うべきものであることをあらわしていよう。また、事業を行っている行政としては、「アザメの瀬自然再生事業」の広報活動をより充実させ、広く県民に周知させることが必要となる。

ちなみに、3 都市全体で得た支払い意志額 2250 円を単価として、これに佐賀県全体の世帯総数約 27.8 万を乗じると、約 6 億円/年となる。この金額の大きさは、アザメの瀬自然再生事業によって、松浦川の自然を回復することに対する県民からの期待の大きさを示しているといえよう。

表－４ 都市別支払い意志額および解析精度

調査都市	支払い意志額	的中率	対数尤度
旧相知町	2324 円	64.0%	－109.0951
唐津市	3425 円	68.0%	－105.9133
佐賀市	1461 円	66.5%	－105.8562
3 都市全体	2250 円	65.2%	－324.9801

表－５ 3 都市のフルモデルによる分析結果

変数名	係数	標準誤差	漸近的 t 値	有意水準(P 値)
過去に松浦川にいた生物の認知	0.411187157	0.2543472	1.617	0.1060
松浦川自然再生事業の認知	0.426773157	0.2553043	1.672	0.0946
松浦川の自然で遊んだ経験	-0.235332377	0.2521869	-0.933	0.3507
性別	0.272192066	0.2006188	1.357	0.1749
年齢	0.010799653	0.0075333	1.434	0.1517
松浦川と同じ流域圏に居住	0.845814887	0.4328636	1.954	0.0507
アザメに近い都市に住んでいる	0.424334677	0.2562297	1.656	0.0977

表－６ 松浦川・アザメの瀬に対する認知や経験

		旧相知町		唐津市		佐賀市		3 都市全体	
		(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)	(人)	(%)
回答者数		175	100.0	175	100.0	182	100.0	532	100.0
松浦川での生物生息	知っていた	129	73.7	128	73.1	43	23.6	300	56.4
	知らなかった	46	26.3	47	26.9	139	76.4	232	43.6
アザメの瀬自然再生事業	知っていた	125	71.4	64	36.6	8	4.4	197	37.0
	知らなかった	50	28.6	111	63.4	174	95.6	335	63.0
松浦川で遊んだ経験	ある	131	74.9	112	64.0	22	12.1	265	49.8
	ない	44	25.1	63	36.0	160	87.9	267	50.2

表－7 河川の認知と経験（佐賀市）

		知っていた ／ある	知らなかった ／ない
問 1	県内に松浦川が流れていることを	130	52
問 2	松浦川に生物が生息していたことを	43	139
問 3	アザメの瀬自然再生事業を	8	174
問 5	松浦川で遊んだ経験の有無	22	160
問 6	アザメの瀬に行ってみたか	129	53
問 8	嘉瀬川・筑後川で遊んだ経験の有無	137	45

表－8 アザメを知った情報源（佐賀市）

行政のホームページ	1
テレビや新聞	5
知人や親戚	0
看板	0
その他	1
無回答	1

表－9 支払に応じた賛成理由（佐賀市）

利用してみたい	13
訪れてみたい	2
将来世代のために	27
存在する価値	28

表－10 支払に応じなかった反対理由（佐賀市）

負担額が高すぎるから	55
政策の効果を理解できない	10
税金を徴収したり，税金で行うことが納得できない。公共事業に反対。	20
松浦川やアザメの瀬地区を対象とすることに反対（自宅から離れた場所だから）	19
自然再生事業に納得できない	8
このような事業に関心がない	3
いつまで払い続けるかわからない	4
事業内容をよく理解してないから	4
その他（県民の参加が必要，別目的に税金を使うべき，県民全体で負担すべき）	6

4.2.8 アザメの瀬自然再生過程で復元する植物種の自然適性に関する生態遺伝学的評価研究（平成15年度～平成17年度実施）

アザメの瀬自然再生過程で復元する植物種の自然適性に関する生態遺伝学的評価研究（平成15年度～平成17年度実施）

大阪府立大学農学生命科学研究科（現東京農業大学） 山口裕文

研究目的とアザメの瀬の植物の地史的背景

目的

高等植物は自然生態系において生産者の役割を果たすため、自然再生や自然復元の計画や事業の過程においては生態系の基礎的な要素として植物の価値が評価され、その結果に基づいて事業全体は適切に進められる必要がある。施工による植栽や施工直後から自然に回復してくる植物は管理のあり方や攪乱の頻度と不安定さによってさまざまに振る舞い、中長期的に成立する植生の質はそれによって決まるため、植生を構成する植物種については多面的な視点からその適性を評価すべきである。復元植生における植物種の適性には、環境適性、遺伝的適性、地史的特性の3点がある（資料①）。環境適性は生活史特性や遷移特性にかかる種の生理・生態的適性であり、遺伝的適性は復元個体群の遺伝的多様性の質と量に関する適性であり、しばしば、種の自立的存続を決定づける。自然再生事業において注目すべき適性は地史的特性であり、自然再生をはかる地域の歴史を反映した種や個体群としての適性である。地史的適性の視点からは復元対象生物が地域固有の在来種や個体群であるか否かを重視するので、場合によっては近年の帰化植物など、それが環境適性や管理上の適性になっても外来種や侵入遺伝子型として自然再生の生態的プロセスのなかで適切な時期に排除されるべき対象となる。

本研究では、自然再生過程で復元してくる植物について近代遺伝学的解析を行い、地史的適性あるいは遺伝的適性という視点から対象種の存続や維持の価値を評価・考察する。その結果から、再生事業の計画と実施過程での諸問題に提言する。

アザメの瀬の地史的背景

背振山塊と西岳連山の断層の縁に位置する松浦川および伊万里（有田）川の流域は、最終氷期の後、一度海進の影響を受けた後の海退によってできあがった場所である（資料

②）。一例をあげれば、西岳連山の古山塊におけるウンゼンカンアオイと背振古山塊におけるタイリシアオイとの隔離分布や対馬における朝鮮半島に連続する2倍体オニユリと奄岐を含む西九州における3倍体オニユリとの隔離分布は地史を反映した地理的特徴である。アザメの瀬の周辺はタイリシアオイと3倍体オニユリの分布域になる。

西九州には、ドングリ類を利用した先史時代の遺跡がみられるほか、数多くの縄文遺跡が分布している。松浦川下流の唐津菜畑遺跡では、異なる層準からイネやムギ類、アズキなどの栽培植物とともに畑雑草や水田雑草も発掘されており、縄文晩期にはこの地域に水田と畑作の農耕が存在していたことを示している。魏志倭人伝や肥前風土記の記録、元寇の役、南蛮人の渡来など、朝鮮貿易を主とする大陸や西洋との交流の影響を受けやすかった西九州では、さまざまな文明を取り入れ、文化的な成熟を遂げながら、近世には開墾や干拓による開田によって農業に生計を依存する社会が形成された。アザメの瀬のある松浦川流域でも同様の歴史的成熟を遂げたと考えられる。このような農村社会を基盤として太平洋戦争以降には治山・治水の整備とともに近代的灌漑設備や近代農法の展開により、水田耕作は高度化し、掘削以前のアザメの瀬の水田では、近代的農業（乾田、正条植え、多農薬、多肥、耐肥性・半矮性品種、機械化栽培）が営まれていた。

再生目標とする自然を伝統的な人の暮らしと調和して共存していた生物の住み場と想定すると、アザメの瀬において自然再生の目標となる自然は、水稻の近代品種や近代的農業の成立する以前の農村社会と共存していた自然であろう。常時、河川による攪乱を受ける後背湿地的環境と田畑のつくる里的環境と暖帯性低地型照葉樹林環境の生態的要素が互に関連しあった包括的自然が再生の一つの目標といえよう。河川を含むこのような環境の中に生息域をもつ植物群のお

およそは、第3紀周北要素植物群も含まれるが、東アジア北東部起源あるいは低緯度温帯植物要素（照葉樹林要素）として古くに日本に渡来してきた攪乱依存性の草本あるいは短命型の樹木である。このような視点から本研究では攪乱に依存して出現するふつうにみられる植物や水生植物を対象として遺伝的適性と地史的適性の評価を目標として遺伝学的分析を行う。

遺伝的解析の技法は多種におよぶが、ここでは個体識別や種群の識別に有効で比較的再現性の高いAFLP法とマイクロサテライト分析および種の判別等に有効な葉緑体DNAの塩基配列情報を使った解析を採用する。いずれも解析する断片の数（遺伝子数）と領域に含まれる塩基置換の数によって精度が決まる（資料③）。

平成15年度実施

対象種の選定と具体的分析

事業着手前の予備評価を含め着手後に復元・出現してくる植物種を適宜選び、DNA解析とくにAFLP分析を行う。平成15年度はシードバンク調査や撒きだし試験に出現したアゼナ類（アゼナ *Lindernia procumbens* (Krock) Borbas, アメリカアゼナ *L. dubia* (L.) Pennell subsp. *major* (Pursh) Pennell, タケトアゼナ *L. dubia* (L.) Pennell subsp. *dubia*）およびタイヌビエ（*Echinochloa oryzicola* Vasing.）とアザメの瀬において里的環境の代表的指標種であるノアザミ（*Cirsium japonicum* DC.）を選び分析した。

アゼナ類での解析

植物学的特徴

アゼナ類はゴマノハグサ科の一年生草本で、主に水田や湿地に生育する。近縁のスズメノトウガラシとともに水田ではふつうにみられるが、水稻の生産に害を及ぼすほどではない。沈水状態でも良く育ち、近年のSU（スルフォニルウレア）系除草剤の使用の拡大にともなって進化した抵抗性系統があり、これらはSLC遺伝子のアミノ酸の置換によって抵抗性を獲得している。通常は開花受粉するが、閉鎖花をつける個体があり、送粉昆虫がいなくても、自殖種子を形成する。アゼナは古く縄文時代に日本に水田とともに渡来したと考えられているのに対して、アメリカアゼナは1938年に、タケトアゼナは1960年に最初の採集記録があり、この2種は、このころに渡来した帰化植物と考えられている。

材料および方法

アザメの瀬での撒きだし試験に大量に検出されたアゼナ類（資料④）について、相知町近隣から得た系統および関西・伊豆産の系統と併せて、AFLP分析を行った。幼苗よりのDNAの抽出

は困難であったので、AFLP分析に必要な量のDNAを確保できる個体を幼苗より育成し、この葉身よりCTAB法に従ってDNAを抽出した。これをふたつの制限酵素EcoRIおよびMseIで切断した。資料⑤右下に示すアダプターを断片の両端に結合させた後、アダプターに1塩基を付加したプライマーで予備選択PCR反応を行い、AFLP断片を増幅した。さらに、2塩基を付加した9組のプライマーを用いて選択PCRによってDNA断片を増幅し、核酸シーケンサーを用い断片長の違いを調査した。産地の違う10サンプルについて予備的に評価して多型の程度が高くかつ多数の断片を検出する3組のプライマーペアを選び、これによって44サンプルを評価した。

結果

3組のプライマーペアにより164本のAFLP断片が検出された。このうち157本の多型断片を使い、NJ系統樹を構築したところ、資料⑤に示すように明瞭に異なる3群のクラスターがみられた。形態的特徴と併せて判断すると、これらの群はそれぞれアゼナ（資料⑤）、アメリカアゼナ（資料⑦）、タケトアゼナ（資料⑦）に該当した。アザメの瀬産の系統は佐賀県下および西九州産の系統とよく似ていたものの、地域的差異は不明瞭であった。アメリカアゼナとタケトアゼナは同種と扱われたり、別種とされたりするが、AFLP分析の結果は、これらが遺伝的にかなりかけ離れていることを示唆している。アゼナ類は開花結実しないと種の特徴がよくわからないため種の同定に問題の多いグループである。アゼナのような一年生の水生雑草は自然再生過程では事業初期の植生を構成し、その生育によって法面崩壊や土壌流亡などを防止する役割を果たす。しかし、アメリカアゼナやタケ

トアゼナのようにアゼナに近縁の類似種は近年の帰化植物であり、自然再生での活用や導入は望ましくない。帰化種のアゼナ類は遺伝的にも在来種のアゼナとは異なるので、これらは識別して活用されるべきである。

タイヌビエとイヌビエでの解析

植物学的特徴

イヌビエ *Echinochloa crus-galli* L. をタイプとするヒエ属植物（イネ科）には、日本ではイヌビエの3変種（狭義イヌビエ var. *crus-galli*, ヒメイヌビエ var. *pratensis* Ohwi, ヒメタイヌビエ var. *formosensis*）、タイヌビエ *E. oryzicola*, ヒエ *E. esculenta*（栽培）およびコヒメビエ *E. colona* が知られている。イヌビエは、コスモポリタンで日本では先史時代より知られ、イヌビエから栽培化された栽培ヒエはイネ以前に利用された穀物である。タイヌビエはイヌビエより遅れて縄文水田より発掘されている。また、コヒメビエは、熱帯地方の原産で近年の温暖化により九州中部から北部の水田に侵略を始めており、松浦半島の天水田にもみられる。タイヌビエは、水稻に擬態（草姿や形状がほかの種に似る現象、作物擬態ともいう）を示し、防除のやっかいなタイヌビエ（資料⑧）は、近年の効果的除草剤の開発により、日本の水田ではみることが出来なくなった種である（小穂に多型があり、C型とF型がある）。近縁のイヌビエと混同されているが、遺伝的には全く異なる種で、乾田や水の少ない環境では生育困難である。アザメの瀬の撒きだし試験で検出されるヒエ属植物はほとんどがイヌビエ（ヒメタイヌビエを含む）であり、これは除草剤を使う現代の水田の強害草となっている。

材料と方法

アザメの瀬の開口部にある松浦川に近い湿った場所にみられた個体を用いた。レファレンスのために、浜玉町の山間部の棚田よりもタイヌビエと推定される個体を集めマイクロサテライトを分析し、他の地域のタイヌビエと比較した。マイクロサテライトは、2塩基あるいは3塩基の繰り返し配列の変異であり、進化速度が速くメンデル遺伝するため、家系（家族）分析に効果的な遺伝マーカーである。本研究では、タイヌビエのDNAを用いて河田（2003）および Yamaguchi et al. (2003) が開発した4種類のマイクロサテライトプライマーを用いた。タイヌビエは異質ゲノムを持つ4倍体であるためプライ

マーによっては複数の遺伝子座を増幅するので、本研究の4種類のプライマーは6個のマイクロサテライト遺伝子座を評価している。DNAの抽出は、上述のAFLP分析と同様の方法で行い、マイクロサテライトは核酸シーケンサーを用いて検出し、フラグメント解析ツールによって多型解析を行った（資料⑨）。

結果

これまでに得られている外国産のタイヌビエも含めてNJ系統樹を構築すると、アザメの瀬のタイヌビエは、中国など外国のタイヌビエとは明らかに異なり、九州や浜玉町のタイヌビエと遺伝的に類似していた（資料⑨）。しかし、アザメの瀬のタイヌビエの種子は背部の穎が凸型で光沢のあるC型であったのに対し、浜玉町のタイヌビエは種子の腹部の穎が平滑粗澱となるF型であり、形態的には近隣の個体群と異なっていた。複数のサンプルを分析しないと十分でないが、アザメの瀬のタイヌビエは埋土種子として再び出現出来るのを待っていたのかも知れない。なお、アザメの瀬に大量にみられた野生のヒエ属植物は、多くが広義のイヌビエであり、とくに撒きだしで出現している個体にはヒメタイヌビエが多かった。浅い水たまりに通常みられるケイヌビエとよばれるイヌビエの一型はあまりみられなかったことから、これらは湿地の創成には積極的に活用しにくいと考えられる。おそらく攪乱の頻度が減少する造成数年後には出現頻度は低くなると思われる。

ノアザミでの解析

植物学的特徴

ノアザミは多年生の草本で日本在来の固有種である（資料⑩）。日本列島に広く分布し、朝鮮半島や中国にも分布するとされるが、朝鮮や中国のものは別種と疑われる。アザメの瀬ではノアザミは、林と隣接するススキ群落やメダケ群落の縁にみられる。“アザメの瀬”とよばれるように、以前は、松浦川堤防やアザメの瀬の水田畔の法面など、草刈りが丁寧に行われる場所に大量に生育していたはずである。

材料および方法

アザメの瀬上部のため池に近い路傍より得たノアザミについて主に西九州産のノアザミとともにAFLP分析を行った。DNAは生葉よりCTAB法により抽出し、アゼナの項で述べたのと同じ手法でAFLP分析を行った。選択PCRに用いたプライマーの塩基配列は、別途検討した。

結果

AFLP プライマーとして資料⑪に示す3組を用い分析したところ、合計439本のAFLPバンドが得られた。このうち436本の多型バンドをもとにNJ系統樹を構築すると、アザメの瀬のノアザミは西九州のノアザミと高い類似を示した(資料⑪)。また、アザメの瀬由来のアザミにはふたつの家系が識別され、これはサンプリングした地点に応じた家系に対応すると考えられるが、正確な位置づけのためには、さらに細かい分析が必要である。和歌山や伊豆半島などのノアザミとはやや遠い関係が同われたが、地域間の材料の偏りによる系統樹の歪みも想定され、さらに分析が必要である。

ノアザミは里地の傾斜地における指標的植物であるので、現在のアザメの瀬での生育地から造成地へのノアザミの拡散が自然に進み、堤防や法面などの植生の主要素となれば、里地の復元はなかば達成されることになる。さらなる調査が望まれる。

15年度の総括と提言

2003年のアザメの瀬の植生は、遷移のごく初期の状況にあり、アゼナ類やタイヌビエなどの評価した一年生草は一般的には水田などの造成工事直後にあらわれる種であった。撒きだしの土壌が水田由来であったことから、それらの傾度の高いのは当然である。その多くには戦後に帰化した植物などが含まれており、短期的な生育は許容されるものの、復元過程の長期的視点からは排除されるべき種が含まれており、形態的には判別困難な種であっても遺伝的には全く異なっていた。このような種が遷移過程で長期的な影響を与えるかどうかについてはさらに注意深く見守る必要がある。里的環境に生育するノアザミについては、自然再生過程で問題視すべき遺伝的異質性は近隣の個体群との間には観察されず、アザメの瀬の周辺のノアザミが現在の集団を母体として自然に造成地に復元するには問題はないと考えられる。また、本研究では異なった家系の存在が示唆されたが、アザメの瀬全域にわたってノアザミがどのような類縁関係を持ちながら遺伝的変異を保有しているのかをさらに分析し、復元した場合の構造と比較する必要がある。

一般に、土地造成等による攪乱後の植生回復のプロセスは、一年草群落、多年草群落、灌木群落、林、森のように進行すると考えられ易い

が、水田や耕地の跡を造成するアザメの瀬では、再生初期には水田雑草や畑雑草の群落を形成し、中期には多年生の雑草や攪乱依存種の群落、湿地に生育するやや大型の抽水性植物の群落、周辺の山林から散布された種子あるいは鳥や風散布による種子由来の灌木の群落(一部は水流による)を形成すると推定される(資料⑫)。自然再生過程の後期に想定される昔の風景は、草刈りや採草といった継続的で周期的な人間活動による攪乱のもとで成立する植生を主要素とするものであり、植物群落は構成要素となる種の繁殖子の周辺環境からの供給量と発芽後の個体の存続を決定づける攪乱の質によって決まるので、個々の場所での植生の遷移は一般的な過程を辿らない。例えば、大阪堺市での水田の基盤整備事業で出現した水田畦畔や法面では、多様な多年草からなる伝統的畦畔の植物群落が壊され、造成直後は在来の一年草を主とする雑草群落を形成した後、数年を経て帰化植物を含む多年草の群落へ移行している。この状況は、造成後15年を経ても変化せず、在来の多年草を主とする元来の植生へは到達していない。造成後の植生はそのままでは目標とする植生には回復しない場合が多い。植生回復過程では生態的空白地にどのような種が侵入してくるかによって、成立する植物群落と生態系は大きく異なり、とくに帰化植物などの移入種が当該地に存在する攪乱に適応性をもつ植物群落をいったん構成すると、新たに創られた植物群落が長期的に維持されるようになる。これは、自然再生事業の初期段階での外来種や帰化植物の侵入には特段の留意が必要であることを示しており、同種であっても遺伝的に異質な個体群にも特に留意すべきは同様である。

アザメの瀬での復元計画では、工程計画や事業の進め方が住民との対話で検討されており、目標の設定などに大きな効果を果たしている。2003年3月現在、植生がほとんど回復していないと、事業の全体の中で植生や生態種の管理計画が策定されていないため、本研究の目的とする復元適性の評価は十分に出来ないが、15年度の研究では事業早期、すなわち自然再生初期の植生管理に関する問題点を指摘出来た。さらに遺伝的レファレンスを十分に行うためには、適切な対照個体群を設定しながら対象候補種に関する周辺個体群の遺伝的データを体系的に収集し、評価コストの軽減を視点において遺伝的評価手法を確立して、評価を加える必要がある。

平成16年度は、これから長期にわたって大きな造成工事などが行われない場を対象として復元種を選定し、評価を加えたい。また、本年分析

した種以外に湿地的環境あるいは河川敷を主な生育地とする植物種についても遺伝的評価を進めたい。

平成16年度実施

対象種と分析

15年度に引き続き、事業地に出現してくるアゼナ類(アゼナ、アメリカアゼナ、タケトアゼナ)とイヌビエ属のイヌビエとタイヌビエを分析するとともにノアザミの集団解析に着手した。16年度には掘り下げ地では、オオアレチノギタ群落、イヌビエ群落、あるいはセイタカアワダチソウ群落がみられ、草丈の高い一年草あるいは先駆的多年草が生育し、オオバクサやヤナギ類の幼木もみられるようになった反面、アゼナのような草丈の低い種はみられなくなった(資料⑬)。アザメ川流域や湿地の縁にはマコモやヤナギタデがみられた。そこで、アザメの瀬における里的環境の代表的指標種であるノアザミの局所個体群について AFLP 分析を行い、アザメ平原に広汎にひろがったヒエ属植物の中にイヌビエとタイヌビエの種間住み分けがみられたので、それらについてマイクロサテライトとシーケンスに基づく PCR 分析を行った。

ノアザミでの解析

材料および方法

アザメの瀬ではノアザミは、2004年末でも掘り下げ地には侵入しておらず、周囲の林に隣接するススキやメダケやヨモギおよびチガヤの群落にみられた(資料⑭)。これらの植生の特徴は明らかに草刈りによって維持される半自然草地であり、一年生草本の繁茂する掘り下げ地とは異なる植物群落を示す。ノアザミは、事業対象地では、松浦川堤防やアザメの瀬にあった水田畦畔の法面など草刈りが丁寧に行われる場所に大量に生育していたはずである。ノアザミは、自家不和合性で、他家受粉(他殖)で種子繁殖する多年生植物である。種子は冠毛をもち、風散布と考えられるが、人的影響の大きい場所に生育するので、集団内変異が大きく、近接した集団では遺伝的に混じり合うような構造を取ると推定される。どれくらい地域分化があるか不明である。ノアザミからは園芸的に刺の

少ないドイツアザミが育成されている。

アザメの瀬をとおり道路に沿って下部の入り口付近から最上部のため池の土手までの間の路傍に生育するノアザミ集団を対象として分析を試みた(資料⑮)。また、親子解析を進める目的で、種子成熟期に親株の葉をサンプリングするとともに種子を頭花ごと集め、大学に持ち帰り分析した。生葉より CTAB 法により全 DNA を抽出し、AFLP 分析を行った。AFLP 分析には多量の DNA を必要とするが、30 個体について DNA を確保できた。まず、DNA を制限酵素 *EcoRI* および *MseI* で切断し、アダプターを断片の両端に結合させた後、アダプターに 1 塩基を付加したプライマーで予備選択 PCR 反応を行い、AFLP 断片を増幅した。さらに、2 塩基を付加したプライマーを用いて選択 PCR によって DNA 断片を増幅し、核酸シーケンサーを用い断片長の違いを調査した。

結果

資料⑮に示すようにノアザミは、チガヤ、ススキ、ヨモギを主とする群落を構成していた。16年度にはシーケンサーを B 社から A 社に変更したこともあり、抽出した DNA のすべてを分析するには至らなかったが、2 対の AFLP プライマーで得られた 250 の多型バンドからの個体間の遺伝距離によって資料⑮のような NJ 系統樹を得た。全体の変異は小さく、互いによく似ていたが、場所による違いがみられた。集団 A、B、C の個体は互いに類似し、集団 K および J の個体は集団が近い場所にあるにもかかわらず、互いに遺伝的違いは大きかった。道路に沿った J は I とよく似ていた。集団の平均値の関係をみるとアザメの瀬のノアザミでは場所毎の違いが明らかであった(資料⑯)。

15年度の調査でもアザメの瀬のノアザミは西九州のノアザミと高い類似を示し、サンプリングした地点に対応したふたつの家系が識別されている。比較的近い地域、あるいは和歌山や伊豆半島地域などのノアザミとの関係には、明瞭な距離依存の違いはみられ

ておらず、ノアザミでは遠距離の遺伝的違いを検出するには AFLP 以外の方法を含めて検討する必要がある。

タイムピエとイヌピエでの解析

材料と方法

アザメの瀬の北東に位置する道路の側溝からアザメの瀬へ水を引き出したアザメ平原には、継続的に湿った場所が出来た。6月には、ヒエ属植物は掘り下げ地全体に発生が認められ、生育状況に顕著な出来事は観察されなかった。8月には草型の特徴が現れ、あいまいながらイヌピエとタイムピエを識別できるようになった(資料⑧)。この流れの上流部から下流部に沿ってヒエ属植物の葉をサンプリングし、種を識別する DNA 領域を PCR-RFLP (増幅した目的の領域を制限酵素で切断して得られる DNA 断片の長さを比較する方法) で確認して、マイクロサテライト変異を使って個体間の類似性を分析した(資料⑨)。なお、DNA の抽出、マイクロサテライトの検出、多型解析の方法は前述のとおりである。

結果

PCR-RFLP 分析によって水の流れの上流部の約半数がタイムピエ、下流部の個体はすべてイヌピエと判定され、マイクロサテライト遺伝子型は上流部の2個体と下流部の2個体は5個の遺伝子座ともそれぞれ全く同じであった(資料⑩)。このうち上流部のタイムピエは、アザメの瀬の開口部にある松浦川に近い湿った場所に前年みられた個体とよく似た遺伝子型を示した。マイクロサテライト遺伝子型をタイムピエでみると、アザメの瀬のタイムピエは浜玉町の山間部の棚田より得た個体や伊万里市の個体と遺伝的に近く、国外のタイムピエとは明らかに違っていた。

上流からの水路は、付け替えが行われ、秋には流れが変更し、水路は乾燥した。9月に観察した状況では、タイムピエはあまり種子を实らせておらず、下流部のイヌピエはある

程度の種子を实らせていた。外観には差のない植物に生態的環境に応じた違いがみられたことになる。

アザメの瀬に生育するタイムピエは、本来、この地域に生育していたものと推定され、これらは住民から嫌われる雑草であっても、自然適性の高い植物と考えられる。

16 年度の総括と提言

アザメの瀬での復元計画では、工程計画や事業の進め方が住民との対話で検討されており、対話は目標の設定などに大きな効果を果たしている。この2年間の植生の進行・回復は、裸地形成後に進む初期遷移を明瞭に示しており、徹きだしが初期遷移のきっかけも作っていることを示している。事業全体の中で最終植生や各種生物の生息種の管理計画が未定のため、本研究の目的とする復元適性の評価は十分に出来ないが、事業早期・自然再生初期の植生管理に関する問題点が DNA 分析によって明瞭になった。さらに遺伝的レファレンスを十分に行うためには、適切なレファレンス個体群を設定して対象候補種に関する周辺個体群の遺伝的データを体系的に収集し、評価コストの軽減も視点において遺伝的評価手法を確立する必要がある。AFLP 分析では効果的に遺伝子型の変化を知ることができることが解ったが、シーケンサーの機能によって調査データに歪みが生じるので、事業での評価の再現性はあまり高くない。また、マイクロサテライトでは遺伝子の周辺領域に挿入や欠失などのあることが解ってきており、フラグメント解析そのものに問題点を抱えている。再生事業では評価者の変更が想定されるので、再現性や汎用性についての検討、とくに SNP (一塩基多型) を用いたハプロタイプ分析への展開が必要であろう。平成 17 年度は、ノアザミにおける家系分析をすすめるとともに、湿地的環境あるいは河川敷における最終植生の構成種となるようなヤナギおよびマコモについても評価を進めたい。

平成 17 年度実施

調査対象種と分析

掘削当初は、一年生雑草群落であった掘り下げ地では、16 年にはオオアレチノギク群落、イヌピエ群落あるいはセイタカアワダチソ

ウ群落となり、草丈の高い一年草のなかにホウキギクなどの先駆的多年草が生育し、オオバクサやヤナギの幼木もみられるようになった反面、アゼナのような草丈の低い一年

生種はみられなくなった。アザメ川にはマコモの漂着、キシウスズメノヒエの定着、ヤナギタデの生育など水辺をつくる植物が湿地の縁にみられるようになった。また、流水の場所にタイヌビエ、乾燥地にイヌビエの棲み分けが見られた。17年には掘削地全体に草丈の高い一年草と短命型の多年草が大きな群落をつくったが、その中にはヨモギやヨメナなどの草刈り耐性のある在来種がみられるようになった。そのなかにアザメの瀬における里的環境の指標種であるノアザミの4個体の侵入が認められた。また、ヤナギ属植物には形態的な特徴の違う3種が一定の傾向で分布した。このような状況のなかで、17年には16年度の分析を継続する形で、アゼナ属、イヌビエ属、ノアザミを対象として、AFLP分析、マイクロサテライト分析、塩基配列分析を行い、それぞれの生態的变化に対応した遺伝解析を行った。また、ヤナギ属植物については定着過程を記録し、将来の遺伝評価に備えた。

ノアザミでの解析

材料および方法

アザメの瀬を囲む林に隣接するススキやメダケ、ヨモギ、チガヤの群落に生育するノアザミは、2004年末には掘り下げ地では生育は確認されなかったが、2005年春に4個体が侵入生育した(資料②, ③)。アザメの瀬の入り口から道路に沿って最上部のため池の土手までの間の路傍に生育するノアザミ集団と掘り下げ地に侵入した4個体を対象として分析を試みた(資料②)。DNA解析では、AFLP分析の結果を補完するためにマイクロサテライト分析を行った。マイクロサテライト分析ではJump et al. (2003)がアゼナ属の一種 *Cirsium acaule* から開発したプライマーを用いて分析した。

結果

資料②に示すようにノアザミは、チガヤ、ススキ、ヨモギとともに群落を構成していた。マイクロサテライト分析では9組のプライマー組を用いて予備的に分析したところ6組では断片が得られず、1組で単型断片が、2組で多型断片が検出された。AFLPと同様に分集団間および地域個体群間では大きな差はなかった。多型断片の出現のモードから4倍体性の遺伝様式が推定されたので、それに沿って二つの遺伝子座について遺伝子型を決定した。掘り下げ地の4個体の内3個体に

いてその遺伝子型を見ると(資料②, ③)、Coca01座では abbi, bbhh, bdfi, Coca07座では ppqr, oopq, ppqq の遺伝子型を示した。掘り下げ地に侵入したノアザミはアザメの瀬に優占する遺伝子を共有しており、稀少な対立遺伝子においても全体の集団にみられる対立遺伝子を共有しており、侵入個体が異種や遺伝的に大きく異なる集団に由来する個体とは考えられなかった。なお、外来種のセイヨウオニアザミではこのマイクロサテライト断片は検出できない。

AFLP分析で明らかであったようにアザメの瀬のノアザミは西九州のノアザミと高い類似を示し、サンプリングした地点では互いに類似する傾向とホモ接合個体が多い傾向にあった。マイクロサテライトでは検出できた遺伝子座がすくなくったため断言は出来ないが、アザメの瀬に侵入定着している個体はこの地域に在来と考えられ、再生事業のなかで排除すべき根拠は見つからなかった。さらに遺伝子座を殖やして検証する必要がある。

タイヌビエとイヌビエでの解析

材料と方法

前年度に分析した個体に外国産を含む他地域の個体を加え解析した。遺伝子型の判定の精度を高めるために新たなマイクロサテライトプライマーをタイヌビエから開発し、本研究では8組のプライマーを用いて分析した。

結果

前年タイヌビエと判定された流れの上流部の2個体(2と3)とイヌビエと判定された下流部の2個体(9と11)(資料②)は、8個の遺伝子座でも全く同じ対立遺伝子をもっていた(資料②)。このうち上流部のタイヌビエは、アザメの瀬の開口部に2年前に生育した個体に類似した遺伝子型であった。マイクロサテライト遺伝子型をタイヌビエとイヌビエのそれぞれでみると、アザメの瀬のタイヌビエとイヌビエは浜玉町の山間部の開田より得た個体や伊万里市の個体と遺伝的に近く、国外のタイヌビエやイヌビエとは明らかに違っていた(資料②)。

この分析の対象となった個溝からの水路は、その後の整備によって付け替えられ、秋には水の流れが変更し、水路は乾燥した。9月に観察した状況では、上流部のタイヌビエはあまり種子を实らせておらず、下流部のイ

ヌビエはある程度の種子を実らせていた。外観からは種を判断するのが困難な植物に観察された生態環境に対する反応の違いが遺伝的解析によって種差に基づくことが判明した。

アザメの瀬に生育するタイヌビエやイヌビエは、本来、この地域に生育していた種類と同じと推定され、住民から嫌われる雑草であっても、これらの自然適性は高いと考えられる。

アゼナ類での解析

材料と方法

前年度までの AFLP 分析で明瞭な種間差異がみられたアゼナ類について、その妥当性を検証するために、保存していた DNA をデンプレートにして葉緑体 DNA のシーケンス分析を行った。ユニバーサルプライマーを使って、*trnT-L* のスベーター領域および *trnL* のイントロンについてサイクルシーケンス法で分析した。

結果

trnT-L には大きな変異がみられ、420 塩基中にアゼナとタケトアゼナおよびアメリカアゼナの間に 7 塩基の置換と 10 塩基のインデルがみられ、タケトアゼナとアメリカアゼナの間に 1 塩基置換と 5 塩基のインデルがみられた（資料⑤）。東アジアに在来と考えられるアゼナは昭和以降の帰化種であるアメリカアゼナとタケトアゼナと明瞭に異なっていた。アメリカアゼナとタケトアゼナは相互に異なるものの、塩基配列の置換数は少なかった。アゼナには明らかに違う種名、タケトアゼナとアメリカアゼナは互いに亜種に位置付けられており、葉緑体 DNA の差異は、この分類学的扱いを支持した。AFLP における分析でも相互の類似関係は同様であり、幼植物で判別の困難な場合でも外来種を判別できることがわかった（資料⑥）。

ヤナギ類における定着過程

掘り下げ当初には、ヤナギの枝が漂着するなど松浦川からの水流に伴う侵入がわずかにみられたが、顕著ではなかった。しかし、2005 年には、アザメの瀬には、タチヤナギ（*Salix subfragilis*）、オオタチヤナギ（*Salix pierottii*）およびマルバヤナギ（*Salix chaenomeloides* 別名アカメヤナギ）の侵入・生育が認められた（資料⑦）。ほとんどは、水流の近くに顕著であったが、アザメ川の開口

部や池の縁にタチヤナギが多くみられ、タチヤナギの中にオオタチヤナギが混在していた。マルバヤナギは、掘り下げ地の全体に広く分布していた。タチヤナギとオオタチヤナギは稚樹が生育していたが、マルバヤナギでは明らかに実生と推定される稚樹が確認された（資料⑧）。このことは、タチヤナギとオオタチヤナギが松浦川から漂着した切断枝による定着とマルバヤナギの種子散布による定着を示唆している。事実、アザメの瀬西部に接する松浦川の斜面にはマルバヤナギがあり、雌花と成熟した種子が観察され（資料⑨、⑩）、タチヤナギの幼植物は松浦川のコンクリート護岸の隙間に定着している。ヤナギ類についてはプロジェクト期間の終わりに対象が明白になったが、この事業地においては河畔林を形成する重要種であり、繁殖様式も含めて遺伝的適性の評価が望まれる。

展望と提言

自然再生事業における DNA モニタリング自然再生過程では回復してくる種や生態系を既存のレファレンスと比較して、評価をすすめる。遺伝的評価を十分に行うためには、適切なレファレンス個体群を設定して分析候補種に関する周辺個体群の遺伝的データを体系的に収集し、評価コストの軽減も視点において遺伝的評価手法を確立しなければならない。ふつう、葉緑体 DNA 分析では種の歴史性を、AFLP 分析では遺伝的多様性の度合いと変化を、マイクロサテライト分析では繁殖様式の現実を知ることができるが、それぞれ分析機器やシーケンサーの機能によって評価データに歪みが生じたり、経費がかかり過ぎるなどの問題を含んでいる。マイクロサテライトでは反復遺伝子の周辺領域に挿入や欠失などのあることも解ってきている。長期的に進められる再生事業では評価者の変更が想定されるので、再現性や汎用性の高い方法、とくに SNP を用いたハプロタイプ分析などへの展開が必要であろう。

アザメの瀬での 3 年間では、キーストン種や保全対象種の絞り込みが困難であった。それは、レファレンスになる生態系がないことに起因している。事業の開始時に最終的に完成させる生態系における植生の種類と配置を漠然と予測するのではなく、それぞれの場所での植生の経時的成熟過程を予測しておき、いくつかの種を評価するのが良い。遺伝

解析では、対象種の倍数性や繁殖様式、DNA抽出の容易さなどがその効率に大きく影響する。戦略的な評価のためには、保全すべき種のみでなく、植生の指標種や管理制御すべき外来種を複数設定して分析する必要があるであろう。

自然再生過程における施工・植生管理の進め方に対する提言

アザメの瀬での復元計画では、工程計画や事業の進め方が住民との対話で検討されており、対話は目標の設定と変更などに大きな効果を果たしている。この3年間の遷移の進行・植生回復は、裸地形成後に進む初期遷移を明瞭に示しており、撤きだしが初期遷移のきっかけを作っていることも示している。しかし、事業全体の中で最終植生や各種生物の生息種の管理計画があいまいなため、復元植物の適性の評価は十分に出来なかった。毎年繰り返される整備は、植生の遷移と生態系の成熟を押し戻す結果をもたらした続けると言っても良い。とくに、恒期的な評価に基づく対

策や変更のあり方は、再考されるべきである。例えば、雑草の制御や管理では、2年あるいは5年でほかの種と入れ替わる種まで、管理対象とすべきではない。事業早期・自然再生初期の施工は、それを進めることによって生じる生態的損失をしっかりと評価し、何を犠牲にしているかを認識して進めるべきである。一例であるがキシュウスズメノヒエ対策を目的とした木柵の設定は短絡すぎる（資料⑨）。その工事が実生定着したヤナギや漂着して生育していたマコモを排除し、局部的であるにせよ水域と陸域の分断という犠牲を払うことになるのを指摘しておきたい。隔壁の間に隙間を設置するなどの配慮も必要である。成熟した生態系の成立に向けて自然の回復力をいかに使うかも大切な智慧のひとつである（資料⑨、⑩）。一本の木の棒を空き地に立てることが、大型の鳥の行動によって植物の侵入・定着を助長することを忘れてはならない。

終わりに

本稿は、研究の推移がわかるように3年間の実績報告と報告会の資料をもとに、その後の研究を加えてまとめたものである。（2011.2.28）

成果の公表

論文（添付資料）

山口裕文・向井恵美・中山祐一郎 2005. アザメの瀬自然再生事業初期に出現したアゼナ類の自然適性に関する遺伝学的一評価 大阪府立大学農学生命科学研究科学術報告

57 巻 25-31.

口頭発表

山口裕文・東香葉・山根京子・西野貴子・中山祐一郎 自然再生事業における攪乱依存性植物の遺伝的管理に関する研究：アザメの瀬事業地におけるノアザミのマイクロサテライト多型 第45回日本雑草学会講演会（2006.4.5 筑波大学）

2004年3月18日相知町交流文化センター
2005年3月10日元佐里小学校 ヒノチ学舎
2006年3月13日相知町交流文化センター
での報告を総括

アザメの瀬自然再生過程で復元する植物種の自然適性に関する生態遺伝学的評価研究

大阪府立大学
生命環境科学研究科
山口裕文



① **復元植生における種の適性評価**

順応的管理における評価

- ・ **環境適性** 生活史特性・遷移動態 (維持管理の上での適性)
- ・ **遺伝的適性** 遺伝的多様性の維持メカニズム (個体数、性比)
- ・ **歴史的(地史的)適性** 人為的影響を含めた自然史 (レフュージア、外来遺伝子型)

② **アザメの瀬の地史と歴史**

- ・ 第3紀水成岩／玄武岩(柱状節理)／断層
- ・ ローム層の台地の浸食／
- ・ 海進と海退／リアス式海岸
- ・ **最終氷期以降は**：森林の移動と水田農業の展開 (有田や対馬のドングリ利用、唐津菜畑遺跡)
魏志倭人伝・肥前風土記／朝鮮・中国との交流
- ・ 背振山塊から西岳連山の照葉樹林
- ・ アカガシ林 シイ・タブ林→里の植物

近世以降の人為的影響：農業と小規模家内工業 干拓と開田 湿地の原風景？

③ **遺伝的レファレンス技術**

- ・ 低コスト：2000+α円/サンプル
- ・ 簡便
- ・ 再現性の確保
マニュアル化/データベース化

↓
タンパク質
アインザイム/種子貯蔵タンパク
DNA

RAPD PCR-RFLP
AFLP 塩基配列多型
マイクロサテライト

本研究では下線の多型を評価



④ **平成15年度研究**



アザメの瀬における撒きだしにみられたアゼナ類 H.15.7.24

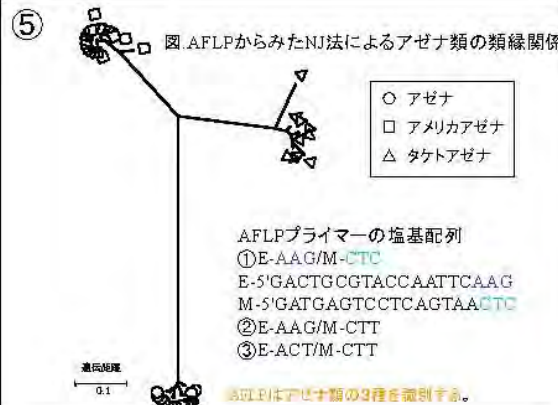
⑤ **図.AFLPからみたNJ法によるアゼナ類の類縁関係**

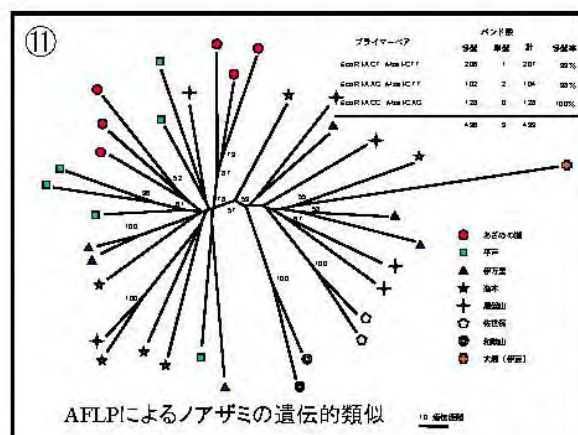
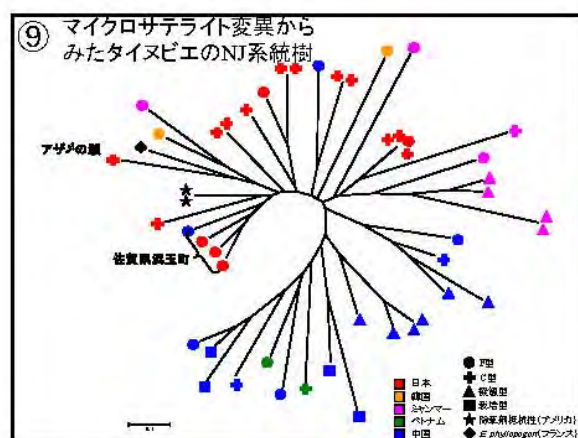
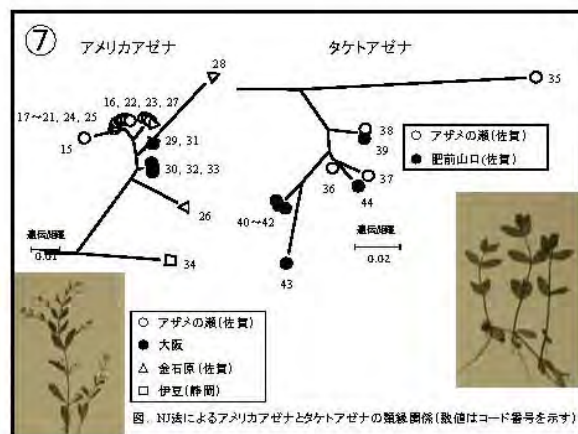
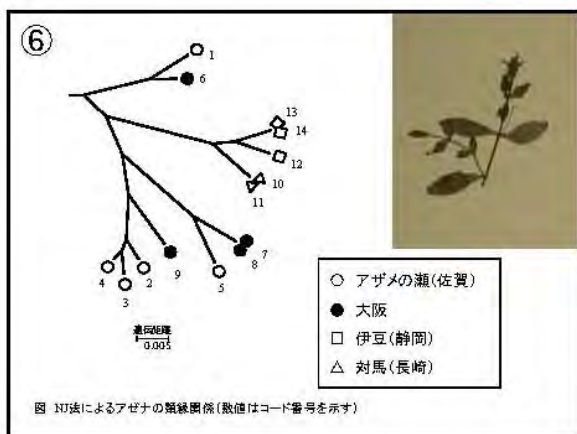
○ アゼナ
□ アメリカアゼナ
△ タケトアゼナ

AFLPプライマーの塩基配列
① E-AAG/M-CTC
E-5'GACTGCGTACCAATTCAAG
M-5'GATGAGTCCTCAGTAACTC
② E-AAG/M-CTT
③ E-ACT/M-CTT

遺伝距離
0.1

AFLPはアゼナ類の3種を識別する。





⑫

植生回復のプロセス(提言)

教科書的な遷移

- 一年生草群落
- 多年草群落
- 灌木
- 林
- 森

アザメの瀬では

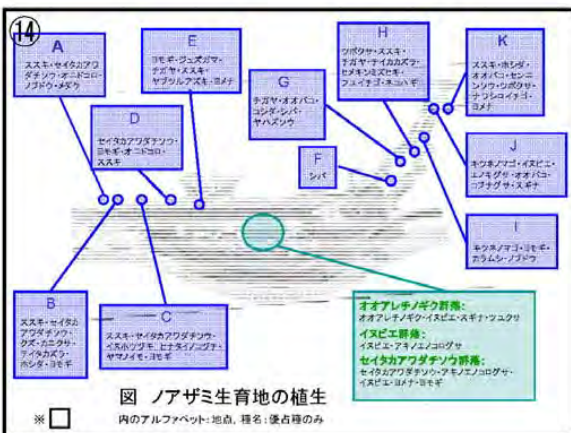
自然再生初期
水田雑草
畑雑草
自然再生中期
多年生雑草・植物
水生多年生植物
灌木
自然再生後期
昔の風景

⑬

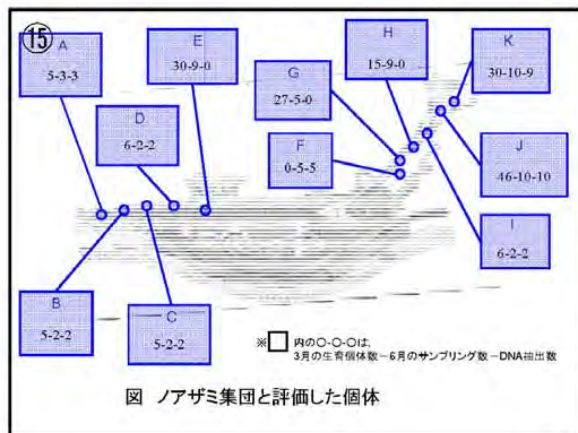
平成16年度研究 2003年は、一年生雑草ばかりだった！
2004年の植生変化の概要



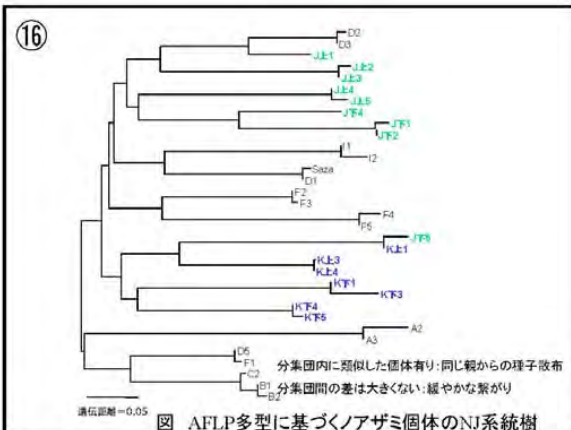
⑭



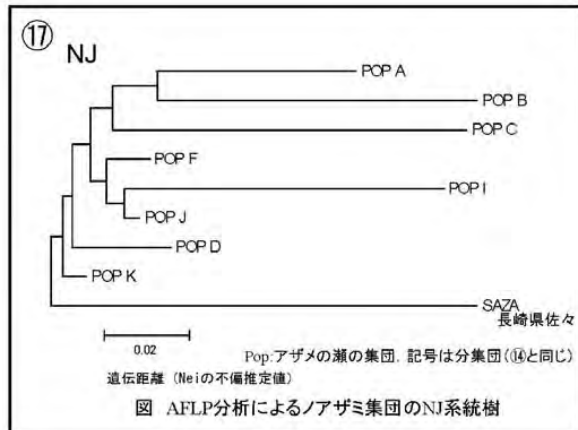
⑮

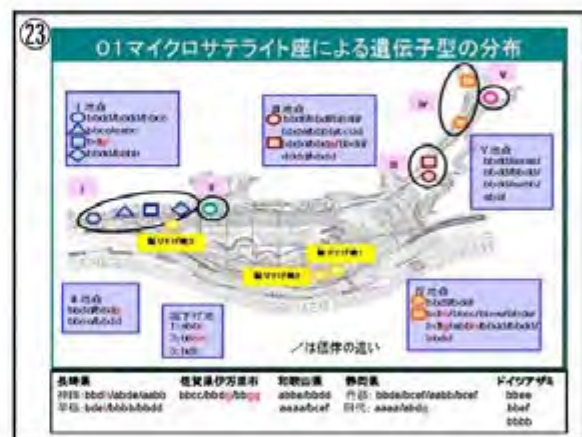
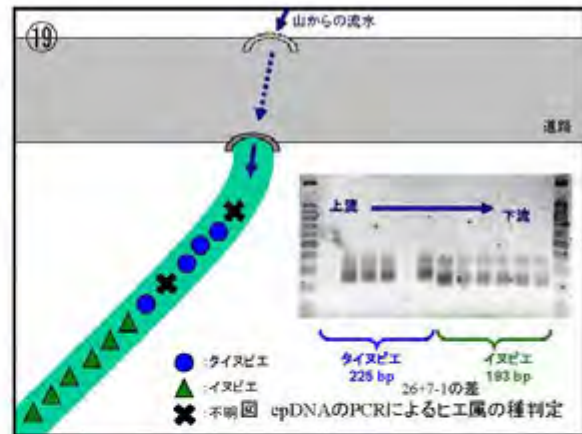


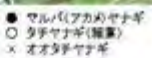
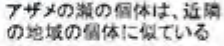
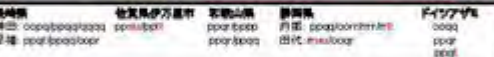
⑯



⑰







③⑩ 着実に進む遷移と生態系の成熟
整備工事は、生態系の成熟を後戻
カエルやヘビが飛び越
えられるか？



一株の漂着
から マコモ

③⑪ 提 言(15年に指摘したことに加えて)

- 回復初期の一般的注意 自然回復初期は5年くらいを目
処
- 外来(帰化)植物の排除 放任して無くなるのもある
- 自然工法用部品の吟味
- 長期的視点からのコメント
- 自然資源を活用(食べる、使う)する文化
- 適切な攪乱の付与とは(管理)
- 水田: 深水の湿田を見直す(品種、技術)
- 棚田には乾田の他に湿田も
- 棚田の畦は、土ケイハンに
- 水田周りの希少種の多くは、シミだし水に依存
- 法面と湿地へは適切な人間の影響を 草刈りとどぶざらい



湿地の維持には適切な
管理が必要

③⑫ 里の自然は人為攪乱の歴史
私達の自然とは

人類は石器時代から自然破壊を繰り返してきた。自然
の保護とは、生物間の敵対する関係を許容すること
である。→特定の種を守ったり排除することは自然の原
則に反する

自然を保護すれば良い→人の思い上がり

自然との友好的共存関係の維持が生態系の保全には
効果的

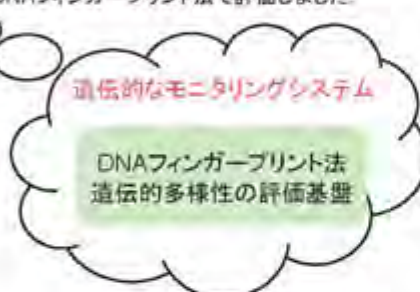
人の振る舞いを変えることが肝要 管理の前に

大阪府立大学生命環境科学研究科 山口裕文

生物は、同じ種や同じ個体群でも、個体ごとに遺伝子が少しずつ異なります。この違いの程度を遺伝的多様性と言います。生物は絶えず環境変動にさらされていますが、遺伝的に多様な生物は、それに対応できるため絶滅から免れやすいと考えられます。また、同じ種でも地域によって遺伝的に違うので他のところから人工的に移植すると、移植そのものが生物多様性を劣化させてしまいます。自然再生にあたっては遺伝的多様性の健全さを考慮する必要があります。

再生過程では、さまざまな植物が侵入し、程度の差こそあれ植生の形成に影響します。侵入する植物の生活史、生物間相互作用や遺伝的な集団構造を無視して施工や事業を進めると、再生事業そのものが植物の遺伝的多様性の劣化の原因となってしまうです。

本来の種の多様性と遺伝的多様性を再生させ、目的とする環境を創るために、アザメの類に生えている植物の遺伝的な特徴や地理的分布を調査し、回復してくる植物の遺伝的特徴を分析します。私たちはこれまでに初期段階で出現したアゼナやイヌビエ、ノアザミの遺伝的多様性をDNA指紋法（ゲノム法）で解析しました。



ジェブリス(1985)は、DNAの特定の部分をはさみの様な「制限酵素」で切断すると、その長さがひとりづつ異なることで個人を判別する方法を発表しました。当時はABO式血液型で個人を特定しようとしていたので画期的でした。これは、指紋に匹敵するほどの識別能力があるので「DNAフィンガープリンク(=指紋)法」とよばれています。人に限らず、あらゆる生物に適用できます。すべての高等生物(動物・植物)がもつDNAの違いを読み取ると、個体、地域個体群、種など様々なレベルで遺伝的多様性がわかります。この方法では、皮膚の一部や体毛、葉っぱ1枚といったサンプルでも分析できるので生物を殺すことなく分析できる利点があります。

[illegible]

アザメの葉の個体と同じ遺伝子は遠く外国になるに従って少なくなります。種の違いに対応して違う遺伝子も明瞭です。

4-120



ノアザミ (Cirsium japonicum DC.) どこから来たの？

ノアザミは西南日本の人里に広く分布するキク科の多年生草本で、アザメの瀬のいわれとなった植物です。攪乱依存種の一つで、草刈される場所に生育します。AFLP 分析とマイクロサテライト分析を用いて遺伝的多様性を調査しました。



写真1 種子を散布するノアザミ
草地の小さな隙間に種子を落とし、秋
発芽する。花をあげるまで2年かかる。



写真2 掘り下げ地に侵入したノアザミ

生態と分布

掘削3年目に掘り下げ地に侵入したノアザミを分析しました。ふつう、新しく作られた空白地では一年生草本群落から遷移によって多年生草本が増加します。2005年の5月には外来種のオオアレチノギク(*Conyza sumatrensis* (Retz.) Walker)やセイタカアワダチソウ(*Solidago altissima* L.)が優占する掘り下げ地の斜面にヨモギ(*Artemisia princeps* Pamp.)やヨメナ(*Kalimeris yomena* Kitam.)とともにノアザミ4個体が草丈1mほどで生育していました(写真右下)。

アザメの瀬地区ではノアザミは市道の林縁や堤防の斜面で継続して草刈りされる9地点に10~40個体くらいの分集団となって生育しています(図1)。I地点: ススキが優占する急な斜面、草刈の回数は少ないので個体数は比較的小さい。II地点: 年に2~3回草刈りされる溝沿い。III・IV地点: 市道に接する場所にヨモギやチガヤなどと一緒に生育する大きな集団(写真1)。V地点: タケのブッシュのそば。VI・VII群集: 松浦川の堤防沿い、ネズミムギとカモシグサと生育。IX地点: チガヤと生育。

2006年1月には掘削工事のためノアザミは掘り下げ地から姿を消しています。

マイクロサテライト分析



図1 掘り下げ地にみられた低頻度の対立遺伝子の分布
赤、青、緑: 対立遺伝子の種類
数字: その地点の中に存在している対立遺伝子の数

ノアザミの分集団間には緩やかな繋がりがあり、分集団内では、近親交配しているようです。掘り下げ地の個体は、IV地点の個体と類似していました。外来種やほかの種類ではなく、もともとアザメの瀬のノアザミが侵入したのです。

AFLP分析

アザメの瀬に生育する全個体を解析できました。

例)

	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
A2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

掘きだしで出てきたアゼナ類



図. アザメの瀬における掘きだし。月13, 7, 24

①アゼナ ②アメリカアゼナ ③タクトアゼナ

アザメの瀬では湿地の植物を再生するため掘きだしが進められています。水田の土を使うので種の鑑定の難しい雑草があります。最初の掘きだし(図左上)で見られたアゼナの仲間をAFLPで調べると、3つのグループに分けられました(図右上)。アゼナは唐津菜畑の縄文晩期の遺跡からも発見された在来種です。アメリカアゼナとタクトアゼナは第二次世界大戦中と戦後まもなく日本へ来た外来種です。形態の特徴が少ないので判別の難しいアゼナ類では、種の違いが明確にわかりました。種の違いは、葉緑体DNAの塩基配列でも検出できます。この一年生の外来種はもうありません。

AFLPはアゼナ類の3種を識別

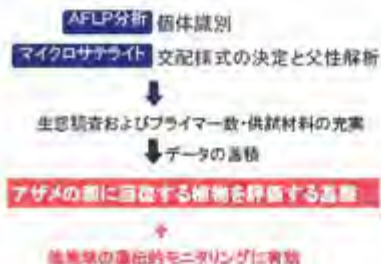


遺伝的モニタリングに向けて

AFLP分析: 個体識別が可能

マイクロサテライト分析: 交配様式を推定

塩基配列情報: 種のアイデンティティ判明



問題点と将来展望

掘り下げや工事などによる攪乱は一年生植物の好む生活空間を作り、自然に任せた時間の経過はその土地にあった多年生植物や動物たちの住み場を作ります。攪乱直後の群落や群集は大きく変動するのがふつうですが、時間を経て生物同士の関係が成熟してくるにつれて、安定した状態が生まれます。

工事が続いた3年間の自然再生では、モニタリングすべき種(守るべき種類や排除すべき種類)は、それほど明確にはありませんでした。一年生植物や雑草は長期的モニタリングには不向きです。工事が終わったこれからは、本当のモニタリングが必要です。

注意深くみると、アザメの瀬の目標とする河野林の主要素となるヤナギの芽生えや、堤防の斜面や農田の畦を守るチガヤやヨメナやヨモギが、掘り下げ地の広い範囲で一年草の陰に隠れて最初の陣地を確保して待っています。また、湿地のなかでは魚や水鳥が食べるえさを継続的に供給できる水生植物たちも順番を待っています。遺伝的評価は、このような生物がどのような親子関係をもちながら生きているのか、自然を作る生物がどこからやってきたのかを明らかにします。

生態的なバランスが調和するまで、遺伝学の視点からも長い目で湿地の行方を見守る必要があります。

4.2.9 アザメの瀬自然再生事業初期に出現したアゼナ類の自然適性に関する遺伝学的一評価

大阪府立大学大学院農学生命科学研究科

山口裕文・向井恵美・中山祐一郎

要 旨

河川後背地の自然再生事業における植生回復のまきだしに出現したアゼナ属植物について AFLP 分析によって遺伝的適性を評価した。3 組の AFLP プライマー組で検出された 164 本の DNA 断片の変異は、明瞭な種間差を示し、アゼナ、アメリカアゼナ、タケトアゼナを識別した。修復事業地の土壌より出現したアゼナ類の種内変異の程度は極めて低く、個体群や地理的産地の違いを検出できなかった。AFLP 分析によって産地間移動の許容性は判断できなかったが、幼若期には形態的に種の同定の困難なアゼナ類において在来種のアゼナと帰化種のアメリカアゼナおよびタケトアゼナを識別出来たことから、遺伝評価は自然修復過程で現れる植生の初期管理に必要な情報を提供する。

Abstract

Hirofumi YAMAGUCHI, Emi MUKAI, and Yuichiro NAKAYAMA (*Laboratory of Conservation Ecology, Graduate School of Agriculture and Biological Sciences, Osaka Prefecture University*): A Genetic Evaluation on *Lindernia* Species Emerged from Soil Seed-Bank in a Wetland Restoration in Azamenose Site, the Matsuura River, Saga Prefecture, Japan. *Sci. Rep. Grad. Sch. Agric. & Biol. Sci., Osaka Pref. Univ.* **57**: 25~32(2005).

AFLP genotypes of *Lindernia procumbens* (Krock) Borbás, *L. dubia* (L.) Pennell subsp. *major* (Pursh) Pennell, *L. dubia* (L.) Pennell subsp. *dubia* plants emerged from seed bank scattered soil for natural restoration were evaluated by three AFLP primer pairs. Three taxa showed distinct difference in AFLP genotypes determined by 164 fragments but diagnosis differences among local populations. AFLP evaluation is possible to discriminate the indigenous species *Lindernia procumbens* from the alien invasive species, *L. dubia* subsp. *major* and *L. dubia* subsp. *dubia*, at ecological management of the vegetation in the early process of nature restoration.

はじめに

産業の推進や開発において生物多様性への配慮が社会的要請となり、日本各地で自然再生事業やビオトープの設計が進められている。河川生態系の修復を目的とした自然再生事業の一つとして佐賀県松浦川におけるアザメの瀬自然再生事業がある（国土交通省，2003）。松浦川とその支流になる敷木川の流域には、西岳連山、黒髪山、背振山塊よりの浸食土を堆積した氾濫原を利用した水田群があり、これらは縄文時代から継続的に開田されてきたものである。佐賀県相知町下佐里にあるアザメの瀬地区は、松浦川と丘陵とに挟まれた場所、面積約 6 ha 延長約 1000 m 幅約 400 m の水田である。ここでは年に 1 回の割合で洪水があり、

松浦川流域は 10 年に一度は大きな被害を受けるため、流域全体でさまざまな治水対策が施され、松浦川沿いには強固な堤防が設けられている。アザメの瀬自然再生事業では地元との協議の結果、洪水時の氾濫を許容し、下流域の洪水流量の低減を図るため、これまで水田として利用されてきた土地を掘り下げ湿地としての機能の再生を計ることになった。2002 年に掘り下げが始まり、松浦川沿いの堤防の一部も開削され、洪水時の攪乱を利用しながら湿地を再生する事業が進められている。

アザメの瀬では本来の生態系を取り戻すために洪水などの自然現象にともなって供給される植物種子を活用するほか、事業地やその付近の土壌に眠っている種子をまきだして、土壌シードバンクを利用しながら植物群落の再生を計っている。洪

水などにもなって自然に供給される植物種子や土壌シードバンクの利用にあたり注意すべき点は、復元してくる植物が復元地への自然適性をもつかどうかである。例えば外来種が優占する場所においては土壌シードバンクにも、自然供給される種子のなかにも、外来種の種子が大量に蓄積している。そのような種子源を再生に用いれば、再生どころか侵略的外来植物のいっそうの蔓延をもたらす可能性がある(荒木ら、2003)。また、種レベルでは在来であっても種子源が本来の地域集団と遠い遺伝的組成をもつ場合、自然再生事業そのものが生物多様性の質の低下を招く原因となる。従って、再生事業では植物種のみならず、個体群の遺伝適性を評価しながら顧慮的管理に取り組むのが望ましい。しかし、再生事業の当初には、どのような種をどの程度の分析レベルで継続的に評価すべきかわからない現状にある。そのためにはいくつかの種をモデルとして適性の評価を試み、一般性を導く必要がある。本研究では土壌がまきだされた再生事業の初期に多く出現したアゼナ類を対象として AFLP 分析による遺伝的評価を試みた。

アゼナ類には日本に5種類が分布しているが、形態的に種の識別が難しく、在来種と帰化種の区別も困難である(山崎、2003)。日本には *Lindernia* 属として在来種のアゼナ (*Lindernia procumbens* (Krock) Borbás)、外来種のアメリカタアゼナ (*L. dubia* (L.) Pennell subsp. *major* (Pursh) Pennell)、タケトアゼナ (*L. dubia* (L.) Pennell subsp. *dubia*) およびヒメアメリカアゼナ (*L. anagallidea* (Michx.) Pennell) があり、呼称の似た種として外来種のウキアゼナ (*Bocopa rotundifolia* (Michx.) Wettst.) がある。アゼナは日本の水田や湿地にふつうにみられる種で、葉に鋸歯がなく、葉の基部は円脚で葉

柄状に細くならない。アメリカアゼナは1930年代に、タケトアゼナは1960年代に日本に伝来したと推定されている帰化植物であり(好野ら、2002)、水田や湿地などの縁に生育する。アメリカアゼナでは葉は長楕円形で鋸歯があり、葉の基部が次第に細く葉柄状となり、タケトアゼナでは葉は卵状楕円形で鋸歯があり、葉の基部が円脚で葉柄状に細くならない。花器の着生状態や形態的特徴には種差が明瞭であるが(好野ら、2001)、発芽から若い実生の間など、発生の初期には種の識別は極めて困難である。

植物種や集団の遺伝的評価手法には、アイソザイム、RAPD、マイクロサテライトマーカー、シーケンスやSNPに基づくハプロタイプ分析などがあるが、簡便性、経済性、再現性などに関してそれぞれ個性がありすべてを用いることは出来ない。本研究では、比較的簡便で再現性が高く、汎用性があると考えられる AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) 法を採用し、まきだしの際に出現したアゼナ類に焦点を絞り、種、集団内、地域集団間の遺伝的差異を評価し、その結果から再生事業における植物種の遺伝的管理について考察する。

材料および方法

材料

アゼナの再生事業地において複数の地点と深さから採取された土壌からのまきだしによって出現した植物から、アゼナ類と推定される個体を2003年7月に採集した。また7月から9月にかけて佐賀県伊万里市金石原および鹿児島県肥前山崎町、長崎県対馬市内山、大阪府堺市、静岡県東伊豆郡河津町大堰) から得られたアゼナ類を比較として用いた(表1および図1)。アゼナ類は幼苗では種の

表1. AFLP分析に用いた材料

種名	個体数	個体コード	採集地	生育地/備考
アゼナ	5	1~5	佐賀県 相知町佐里下アゼナの圃	まきだし土壌
	4	6~9	大阪府 堺市百舌島梅町	水田の畦畔
	2	10~11	長崎県 下尾郡岐原町大字内山	水田内
	3	12~14	静岡県 河津町大堰	水田/2個体は再同定
アメリカアゼナ	11	15~25	佐賀県 相知町佐里下アゼナの圃	まきだし土壌
	4	26~29	佐賀県 伊万里市金石原	金石原駅付近
	4	30~33	大阪府 堺市百舌島梅町	水田の畦畔
	1	34	静岡県 河津町大堰	水田
タケトアゼナ	3	35~37	佐賀県 相知町佐里下アゼナの圃	まきだし土壌/1個体は再同定
	1	38	佐賀県 相知町佐里下アゼナの圃	自然再生地
	6	39~44	佐賀県 杵島郡江北町	肥前山崎駅付近/水田

50個体準備、52個体からDNA抽出、44個体をAFLP分析

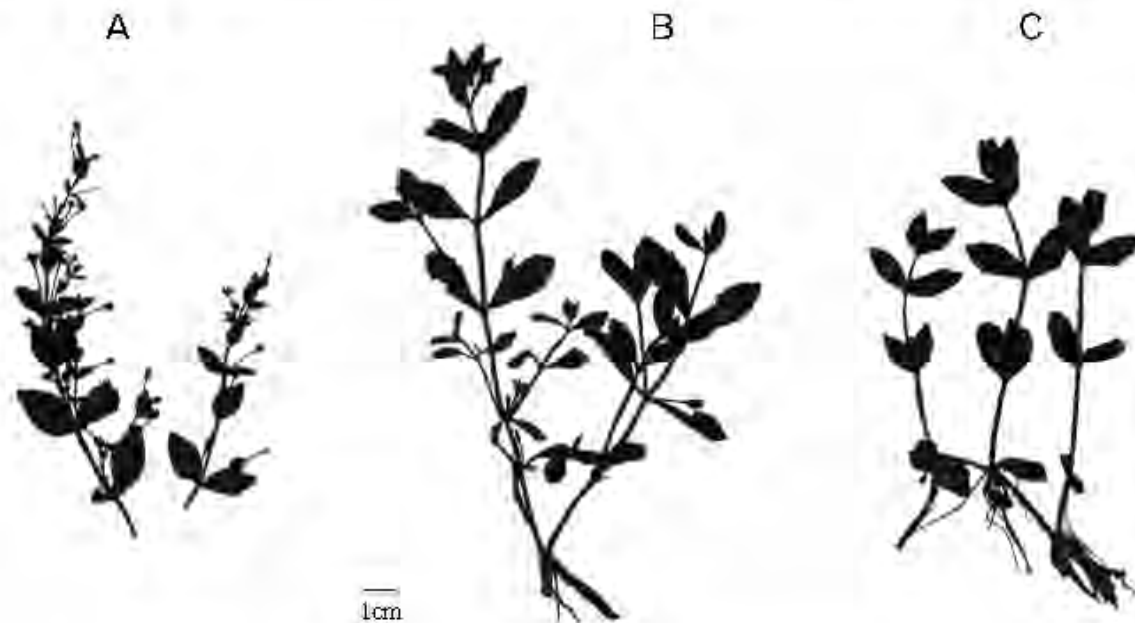


図1. アザメの瀬から得られたアゼナ類 A: アゼナ, B: アメリカアゼナ, C: タケトアゼナ

同定が難しいので、採集したサンプルを研究室に持ち帰り、1個体ずつ直径8 cmのビニールポットに移植して10葉以上の葉齢まで温室で栽培した。開花結実した個体で種や亜種を同定し、その個体はさく葉標本として保存した。準備した60個体のうち枯死などの個体を除いた52個体について、種を同定した後、生葉からDNAを抽出した(表1)。

DNAの抽出

Zhou et al. (1999) の方法に従ってゲノムDNAを抽出した。生葉300mgに洗浄溶液(0.1M Tris-HCl (pH 8.0), 2% 2-メルカプトエタノール, 1% ポリビニルピロリドン, 0.05M アスコルビン酸) 1500 μ lを加えて乳鉢ですりつぶした後、2mlチューブに移し、14000rpmで5分間遠心分離して上清を除去し、これに洗浄溶液1000 μ lを入れ攪拌し、さらに14000rpmで5分間遠心分離し、上清を除いた後、2 $\times$ CTAB (2% CTAB, 0.1M

表2. AFLP分析における試薬と組成

酵素・ライゲーション反応	A液	10 $\times$ T4Buffer DNA Ligase buffer with ATP	0.1 μ l
		0.5M NaCl	0.1 μ l
		0.5mg/ml BSA	0.1 μ l
		20U/ μ l <i>Mse</i> I	0.05 μ l
		15U/ μ l <i>Eco</i> R I	0.33 μ l
		350U/ μ l T4 DNA Ligase	0.025 μ l
		滅菌水	0.295 μ l
	B液	10 $\times$ T4Buffer DNA Ligase buffer with ATP	1.0 μ l
		0.5M NaCl	1.0 μ l
		0.5mg/ml BSA	1.0 μ l
		<i>Mse</i> I Adaptor pairs*	1.0 μ l
		<i>Eco</i> R I Adaptor pairs*	1.0 μ l
Preselective PCR	C液	Preselective Primer Pairs*	1 μ l
		AFLP Core Mix*	15 μ l
Selective PCR	D液	5 μ M <i>Mse</i> I Selective primer	0.5 μ l
		1 μ M <i>Eco</i> R I Selective primer**	0.5 μ l
		AFLP Core Mix*	7.5 μ l

*, AFLP Ligation and Preselective Amplification Module (Applied Biosystems)

**, Beckman Dye 蛍光標識 (Proligo Japan).

表3. Selective PCRに用いたプライマー

プライマーペア	コード	塩基配列
E-AAG/M-CTC	①	E-5'GACTGCGTACCAATTCAAG M-5'GATGAGTCCTCAGAACTC
E-AAG/M-CTT	②	E-5'GACTGCGTACCAATTCAAG M-5'GATGAGTCCTCAGTAACTT
E-ACT/M-CTT	③	E-5'GACTGCGTACCAATTCACT M-5'GATGAGTCCTCAGTAACTT

Tris-HCl pH 9.0, 1.4M NaCl, 0.01M EDTA) 溶液 750 μ lを加え、65℃で1時間静置した。これに、クロロホルム：イソアミルアルコール=24：1 溶液を750 μ l加えて5分間ローテートした後、14000rpmで5分間遠心分離した。上清750 μ lを取り、新たな2mlチューブに移してクロロホルム：イソアミルアルコール=24：1 溶液を750 μ l加えた後、14000rpmで5分間遠心分離した。上清620 μ lを取って1.5mlチューブに移した後、イソプロパノール620 μ lを加え、4℃で5分間12000rpmで遠心分離した。沈殿物（ペレット）に、80%エタノール500 μ lを加え、再び4℃で5分間12000rpmで遠心分離した。上清を捨て、乾燥させたペレットにTE緩衝液（10mM Tris-HCl (pH 7.5), 0.1 mM EDTA) 100 μ lを加えてDNAを溶解し、RNase A（10mg/ml）を1 μ l加えて37℃で30分間処理し、RNAを消化させた。次に20% PEG溶液（20%ポリエチレングリコール、2.5M NaCl）を60 μ l加えて30分間氷冷した後、4℃で10分間14000rpmで遠心分離した。ペレットが残るように注意して上清を捨て、80%エタノールを500 μ l加え、4℃で5分間14000rpmで遠心分離し、上清を捨てて乾燥させた。これを50 μ lのTE緩衝液で溶解させ4℃で保存した。DNA濃度を分光光度計で測定した後、TEで希釈して約100 ng/ μ lになるように調整した。

AFLP分析

同じ地点からの多数の同種個体を分析対象から外し、44個体についてAFLP分析した（表1）。AFLP™ Plant Mapping Protocol (Applied Biosystems) に従って、制限酵素・ライゲーション反応では、2種類の制限酵素（*Mse*I, *Eco*RI）を用いてDNAを切断し、切断された断片の端に2種類の二本鎖アダプターを結合（ライゲーション）させた。A溶液とB溶液（表2）を混合したのち、0.5 μ gのDNAを入れ混合した。その後20~25℃で約10時間反応させ、65℃で20分間インキュベートし酵素を失活させた。これにTE0.1緩衝液（10mM Tris-HCl, 0.1mM EDTA pH8.0）を189 μ l加えて希釈し、冷凍保存した。

Preselective PCRでは、制限酵素・ライゲーション反応で得た希釈液4 μ lとC試薬（表2）を混合し、72℃で2分間処理したのち、94℃で20秒、65℃で30秒、および72℃で2分の処理を20サイクル繰り返し、最後に60℃で30分間処理した。このPCR産物10 μ lにTE0.1緩衝液を190 μ l加えて希釈し、冷凍保存した。

Selective PCRでは、Selective PCRで使うプライマー組を決めるため、まず9組のプライマーペアを用い、アザメの類、大阪、対馬産のアゼナ3サンプル、アザメの類、金石原、大阪産のアメリカアゼナ3サンプル、アザメの類および肥前山口産のタケトアゼナ2サンプルについて予備実験を行った。検出されたバンド数と多型バンドの割合から最も効率良く解析できるような3組のプライマー組（表3）を決定した。PCR反応ではフォワード側のプライマーを蛍光標識し、フラグメント解析に備えた。Preselective PCR反応の希釈液1.5 μ lと表2の試薬を混合し、94℃で2分間処理したのち、94℃で20秒の処理と66℃から1サイクルごとに1℃ずつ下げた温度で30秒処理および72℃で12分の処理を10サイクル繰り返し、94℃で20秒、56℃で30秒、および72℃で2分の処理を20

表4. アザメの類におけるアゼナ類の出現場所と個体数

地点*	深度 (m)	アゼナ	アメリカアゼナ	タケトアゼナ
A	0.05	0	13	0
	0.5-1	0	1	0
	1-1.5	0	1	0
B	0-0.5	1	6	0
	0.5-1.0	2	0	0
C	0-0.5	6	0	3
D	0	0	0	1

*. まきだし土壌の採取地点

表5. 種・亜種に固有なAFLPバンド

種・亜種	アゼナ							アメリカアゼナ			タケトアゼナ		
プライマーペア*	①		②			③		①	②	③	①	②	③
バンドの記号	58	190	66	117	175	68	386	57	72	70	59	84	67
	64	201	68	127	183	75		118	111	146	104	98	121
	75	214	76	135	198	79		164		256	106	112	130
	91	255	81	147	205	135		193		283	129	119	295
	125	291	83	153	231	137		197		288	184	243	
	149		86	158	239	156		232			191		
	153		93	165	240	162					217		
	179		97	166	253	220					380		
	186		99	168	286	258							
	190		106	169	297	291							
	固有バンド数	15		30			11		6	2	5	8	5

*, 表3参照

サイクル繰り返したのち、60℃で30分間処理した。反応産物は次の分析まで冷凍保存した。

Selective PCR反応液とDNA Size Standard Kit-400 (Beckman Coulter) をSLS (脱イオン化ホルムアミド (Beckman Coulter) で希釈した。蛍光プライマーにより希釈の程度を変え、青色プライマーを用いた反応産物：黒色プライマーを用いた反応産物：SLS=1:2.8:1.5とした。この希釈液2 μ lとSLS 30 μ lをCEQ8000XLマルチキャピラリーDNA解析システム (Beckman Coulter) のサンプルプレートに入れたのち、ミネラルオイルを1滴ずつ加え、泳動条件をFrag-1に設定し、泳動した。得たデータをCEQ8000XLのフラグメント解析ソフトウェアを用い、蛍光色素のmobilityをAE-V2として解析した。波形図のピークからAFLPバンドの有無を1,0に変換し、サンプルごとにデータ行列を作った。次にSPSS 12.0JによってこのデータからLance and Williamsの2値非類似度係数を求めた (SPSS Inc., 2003)。この測度の行列を用いてMEGA 2.1 (Kumar et al., 2001) により近隣結合 (NJ) 系統樹を作成した。

結果および考察

実生から育てた60個体のアゼナ類を植物の形態的特徴によって同定したところ、18個体はアゼナ、32個体はアメリカアゼナ、10個体はタケトアゼナであった (図1)。このうち3個体では形態的特徴からの同定とAFLP像とに不整合が認められたため、標本を再調査して種を同定した (表1)。アザメの潮からは、アゼナ、アメリカアゼナおよびタケトアゼナが確認され、アゼナは地点BとCから、アメリカアゼナは地点AとBのおもに表層部から、タケトアゼナは地点CとDから出現し

た (表4)。レファレンスに使ったアゼナ類でも生育の初期や水田に生育する個体では、種の識別が困難で、育成個体で同定した。金石原のアゼナ類はアメリカアゼナであり、肥前山口のアゼナ類はタケトアゼナ、対馬のアゼナ類はアゼナ、大阪のアゼナ類はアゼナおよびアメリカアゼナ、伊豆のアゼナ類はアゼナおよびアメリカアゼナであった。

予備調査に用いた9組のAFLPプライマーのうち、アゼナでは7ペア、アメリカアゼナでは3ペアに多型が検出され、タケトアゼナでは多型はみられなかった。1組のプライマーペアは、最少で14本のバンド、最大で70本のバンドを検出した。アゼナとアメリカアゼナの両者において多型がみられたのは、E-AAG/M-CTC、E-ACC/M-CAGおよびE-ACT/M-CTTであった。E-ACC/M-CAGでは総バンド数が33本と少なかった。E-AAG/M-CTTは、アゼナで多型を検出し、バンド数が最も多かった。これらの多型バンド数と総バンド数を考慮して、9組のプライマーペアから3組を選んで以後の分析に用いた (表3)。

3組のAFLPプライマーで検出された総バンドは164本あり、そのうち7本は単型、157本は多型であった。アゼナには56本の固有なバンドがみられ、アメリカアゼナには13本、タケトアゼナには17本の固有バンドがみられた (表5)。アゼナでは96本のバンドのうち21本 (22.9%) が多型で、アメリカアゼナでは52本のバンドのうち14本 (26.9%) が、タケトアゼナでは61本のバンドのうち22本 (36.1%) が多型であった。

バンドの有無から計算した個体間の遺伝距離は、アゼナの種内では0から0.075、アメリカアゼナの種内では0から0.099、タケトアゼナの種内では0から0.165であり、平均的な変異性はタケ

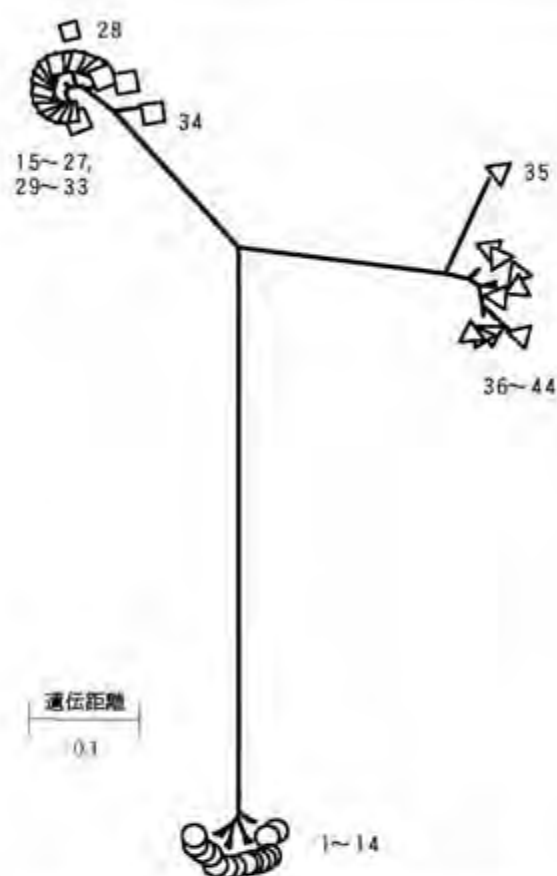


図2. AFLP変異に基づくアゼナ類のNJ系統樹

□: アゼナ, □: アメリカアゼナ, △: タケトアゼナ
番号は個体コード

トアゼナ、アメリカアゼナ、アゼナの順に大きかった（データ省略）。3種間の遺伝距離は0.416から0.864であった。遺伝距離はアゼナとアメリカアゼナ間では0.769から0.821、アゼナとタケトアゼナ間では0.802から0.864、アメリカアゼナとタケトアゼナ間では0.416から0.534であり、種内の遺伝距離よりはるかに大きかった。NJ系統樹では種または亜種に対応する3つのクラスターがみられ（図3）、これら3種が遺伝的に明らかに異なることを示している。アゼナ類では種内の変異は小さく、外来種のアメリカアゼナとタケトアゼナは在来種のアゼナより互いに遺伝的に近縁であると推定される。

ゴマノハグサ科の *Pedicularis palustris* L. subsp. *palustris* では4組のAFLPプライマーペアによって検出されたバンド262本のうち167本（64%）が多型であることから（Schnidt and Jensen, 2002）、本件研究のアゼナ、アメリカアゼナおよびタケトアゼナの種内遺伝的変異は小さいと思われる。小さい種内変異は、アゼナ類の条件的閉鎖花による自殖も関与しているかも知れない

（Ikeda and Miura, 1994）。種ごとの変異量の差異には、花序や花冠の形態的な違いが自家受粉や他家受粉の割合に関わっていることもあろう（好野ら, 2001）。

AFLPについての同一のAFLP表現型は、アゼナでは大阪産の2個体、対馬産の2個体、伊豆産の2個体にそれぞれみられ、アメリカアゼナではアザメの瀬産7個体、アザメの瀬産3個体と金石原産1個体、金石原産1個体と大阪産1個体、大阪3個体で、また、タケトアゼナではアザメの瀬産1個体と肥前山口産4個体でみられた。アゼナ類は一年生で種子繁殖するので、これらは同じ個体あるいは同じ親由来の子孫と推定される。同一の遺伝子型は、狭い範囲だけでなく広い範囲でも認められ、アゼナ類では地域集団間あるいは集団内変異は大きくないと推定される。種内で大きな変異を示す個体も認められたが、どれほどの変異を保有するかはさらに個体数を増やして調査する必要がある。

以上のように、アゼナ類では種内、集団内および地域集団間の多様性は小さく、地域個体群の違いを明らかにできなかったが、形態的に判別の困難な3種は遺伝的には大きく異なり、AFLP分析によって3種を識別できる。アゼナ類の日本への帰化年代は異なっており、アゼナは史前帰化（笠原, 1976）、アメリカアゼナは1930年代に、タケトアゼナは1960年代に帰化したと推定されている（好野ら, 2002）。松浦川下流に位置する唐津菜畑遺跡の縄文時代晩期の層からは、水田雑草がイネの穂とともに発掘されており、ミズアオイやシャジクモ、スズタなどが発掘されているが、アゼナ類は見つかっていない（笠原, 1982）。しかし、アゼナが古くから日本の水田に生育していたことは確実であり、帰化種とは区別する必要がある。AFLP分析からも明らかのように、自然修復過程ではアゼナ類は、歴史性の異なるものとして扱う必要がある。

遺伝的多様性の分析には近年様々な方法が使われるようになってきている。そのなかでAFLP分析はRAPD分析に比べ再現性が高く信頼性も高く、安定して多型を調べることができる。AFLP分析はRAPD分析よりもコストはかかるが、遺伝的多様性の分析に適している。アゼナ類のように変異の少ない種では、マイクロサテライトなどによって多型を検出する方法もあるが、マイクロサテライト分析にはプライマーの開発に多くの時間と労力と経費を要する。自然再生事業の現状を簡単にかつ迅速に把握できるという点で、AFLP法は優れた方法であるが、本研究では、分析の繰り返しのなかでフラグメント解析の数値にいくつかのふれ

がみられたため、分析終了後すべての波形図を比較し、そのパターンから増幅断片の相同性を判断するという操作を行っている。これは、分析の細かい手順や使用する機器あるいは分析の担い手の違いによってDNA断片長の数値が変動することを意味する。また、AFLP法では種ごとに検出バンド数が異なったように種や属による検出感度の違いも存在する。自然適性の診断のための統一的なスキルとして遺伝評価手法を確立し、汎用化を計るには、事例の蓄積と解析データのデータベース化や供覧のシステムの構築が望まれる。

本研究で得られたこれらの情報はアゼメ、アメリカアゼメ、タケトアゼメの生育を復元過程で管理する場合に有効に活用できると考えられる。

引用文献

- 荒木佐智子・安島美穂・鷺谷いづみ 2003. 土壌シードバンクを自然再生事業に活かす。鷺谷いづみ・草刈秀紀編「自然再生事業－生物多様性の回復をめざして」, 築地書館, 187-211.
- Ikeda, E. and Miura, R. 1994. A note on the proportion of cleistogamous flowers in *Lindernia dubia* (L.) Pennell (Scrophulariaceae) in a paddy field. *Weed Research, Japan* **39**, 177-179.
- 笠原安夫 1976. 日本における作物と雑草の系譜(2). 雑草研究**21**, 49-55.
- 笠原安夫 1982. 菜畑遺跡の埋蔵種実の分析・同定研究－古代農耕と植生の復元－. 唐津市教育委員会編 菜畑：佐賀県唐津市における初期稲作遺跡の調査. 354-379.
- 国土交通省武雄工事事務所 2003. <http://www.qsr.mlit.go.jp/takeo/>
- Kumar, S., Tamura, K., Jakobsen, I.B., and Nei, M. 2001. MEGA 2.1: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Software, Arizona State University, Tempe, Arizona, USA.
- Schmidt, K. and Jensen, K. 2000. Genetic structure and AFLP variation of remnant populations in the rare plant *Pedicularis palustris* (Scrophulariaceae) and its relation to population size and reproductive components. *American Journal of Botany***87**(5), 678-689.
- 生物多様性政策研究会 2002. 「生物多様性キーワード辞典」, 中央法規, 東京.
- SPSS Inc. 2003. SPSS 12.0J for Windows Base System. SPSS Inc., Chicago.
- 鷺谷いづみ 2003. なぜ自然再生事業なのか, 鷺谷いづみ・草刈秀紀編「自然再生事業－生物多様性の回復をめざして」, 築地書館, 2-42.
- 山崎 敬 2003. ゴマノハグサ科. 清水建美編 日本の帰化植物. 平凡社, 184-191.
- 好野奈美子・汪光熙・伊藤操子 2001. 日本産アゼトウガラシ属3草種の分類形質について－個体内開花パターンを中心に－. 雑草研究**46**(別), 142-143.
- 好野奈美子・汪光熙・伊藤操子 2002. アメリカアゼメおよびタケトアゼメにおける帰化年代および分布拡大速度の推定－標本および現地調査を元にして－. 雑草研究**47**(別), 74-75.
- Zhou, Z., Miwa, M., and Hogetsu, T. 1999. Analysis of genetic structure of a *Suillus grevillei* population in *Larix kaempferi* stand by polymorphism of inter-simple sequence repeat (ISSR). *New Phytol.* **144**, 55-63.

4.2.10 アザメの瀬における植生復元への土壌シードバンク利用可能性の評価

東京大学農学生命科学研究科

代表者 西廣淳

平成15年度報告

はじめに

失われた植生を植物の地域固有性の保全に配慮して再生する手法として、土壌シードバンクを含む土砂を目標とする植物の生育に適した環境にまきだし植生再生を図る手法が提案され、いくつかの植生再生事業で試みられている。しかし、土壌シードバンクは一般に空間的不均一性が高いため、効果の高い植生復元を目指すには事前調査により種組成を把握することが重要である。

本研究では、アザメの瀬自然再生事業における有効な植生の再生手法を明らかにするため、事業に伴う地盤の切り下げで発生する土壌中の土壌シードバンクの垂直的・水平的分布を分析し、その利用可能性を検討した。

方法

アザメの瀬自然再生事業地における土壌シードバンクの分布を明らかにするため、2002年8月22日に国土交通省武雄工事事務所によって「ジオスライサー」を用いて採集された土壌コアを用いて、土壌シードバンクの分析を行った。この採取土壌の一部は、深さ毎に土質と堆積年代の分析に供され、一部を本研究に供された。

土壌コアは事業地内の17箇所では採取され、本研究ではそれらのうちGS5, GS6, GS7, GS8, GS9, GS10, GS14の7箇所のサンプルを用いた（図1）。これらのうち、GS14は事業地東側の谷地から続く湿地であり、それ以外の場所は事業地にあたる水田跡地であった。サンプルは、採集後、表層から50cm毎に深さ別に分け、土嚢袋に保管した。GS5, GS6, GS7, GS9, GS10, GS14では表層からの深さで0-0.5m, 0.5-1.0m, 1.0-1.5m, 1.5-2.0m, 2.0-2.5m, 2.5-3.0m, 3.0-3.5m, 3.5-3.9mの8サンプルを得た。またGS8では地表面からの深さで0-0.5m, 0.5-1.0m, 1.0-1.5m, 1.5-2.0m, 2.0-2.5m, 2.5-3.0m, 3.0-3.5m, 3.5-4.0m, 4.5-5.0m, 5.0-5.5m, 5.5-5.9mの11サンプルを得た。

これらの土壌サンプルに含まれる土壌シードバンクを、実生発生法によって分析した。実生発生法とは対象とする土壌を植物の発芽に適した条件におき、発生する植物を調べることによって土壌シードバンクを分析する方法である。本研究では、それぞれのサンプルを表面積31.5cm×14cm×12cm（縦×横×深さ）の小型プランター2つに入れ、そのうち1つを水深5cmの条件（以下、冠水条件とする）に、もう1つを地下水位5cmの条件（以下、湿潤条件とする）においた。これらの水位は、水を張ったコンテナ（トロ箱）にサンプルを入れたプランターを入れコンテナの水位を常に管理することによってほぼ一定に維持した。

土壌のまきだしは2002年9月20日に、アザメの瀬周辺住民の有志の方々や武雄工事事務所の職員の方々の協力により行い、プランターを入れたコンテナは武雄工事事務所の屋上に設置した。風散布種子の混入を防ぐため、それぞれのコンテナの上面は白色寒冷紗で覆った。また実験中に混入した種子を評価するため、生存種子が含まれていない焼成培養土（バーミキュライト）を入れたプランターを、それぞれのコンテナの中に設置した。

発生する植物の調査は、2002年11月12日、2003年4月22日、2003年7月4日、2003年10月5日に行った。調査では、同定できない実生には針金で標識し同定できるまでそのまま育てた。同定できた植物は抜き取った。

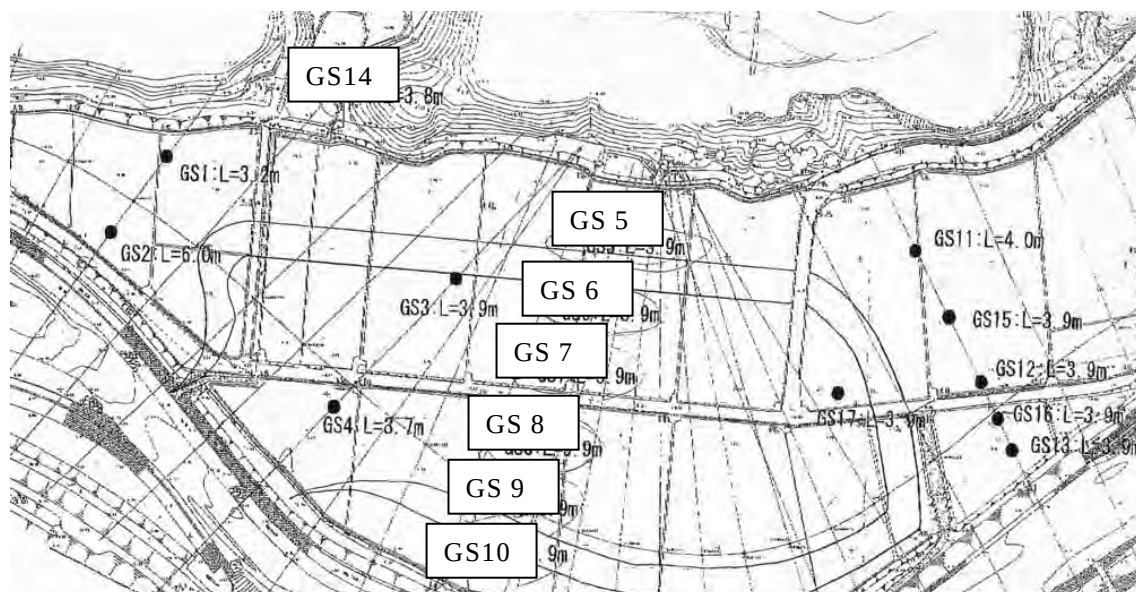


図1. 土壌コアの採取場所（武雄河川事務所提供資料より作成）。

結果

コンテナ内に設置した焼成培養土では、セイタカアワダチソウ、ヒメムカシヨモギ、チチコグサ、ウラボシチチコグサの発生が確認された。これらの種は、実験中に風散布により混入した可能性が高いため、サンプルごとの種組成の解析からは除外した。

合計で1,289の実生が記録され、そのうち112については同定できないままに死亡したため、属以下まで同定できた実生は1,177（91%）となり、37分類群が同定された。確認された分類群ごとの実生密度について表1にまとめた。

出現種の特徴

確認個体数が多かった種の上位3種は、アゼナ（543個体）、ミゾハコベ（108個体）、スズメノカタビラ（79個体）であり、これら3種で全出現実生の57%を占めた。他の出現種も含めて、水田や畔の植物が多かった（表1）。

保全上重要な主としては、日本のレッドデータブック（環境庁 2000）で絶滅危惧I類とされているシヤジクモがGS9の0～0.5mの深さから出現した。

同定された種のうち、外来種は6種確認された。すなわち、アメリカアゼナ（タケトアゼナ含む）、ウマゴヤシ、オオイヌノフグリ、オランダミミナグサ、シロツメクサ、ヒメオドリコソウである。

深さによる違い

同定された実生の93%にあたる1,94個体が0～0.5mの深さの場所に集中していた。また確認された分類群のうち、アゼトウガラシ、ガマ属sp、スズメノヤリ、イボクサを除く全ての分類群が、0～0.5mの深さの土壌から確認された（表1）。

地点による違い

7つの土壌採取地点のうち、土地利用条件の異なるGS14で採取した土壌からは、コゴメガヤツリが比較的高い密度で出現した一方、アゼナの密度が他の地点に比べて少ないという特徴がみられた（表1）。種ごとの確認個体数の類似性にもとづくクラスター分析の結果、GS14の種組成は他の地点とは大きく異なることが示された（図2）。

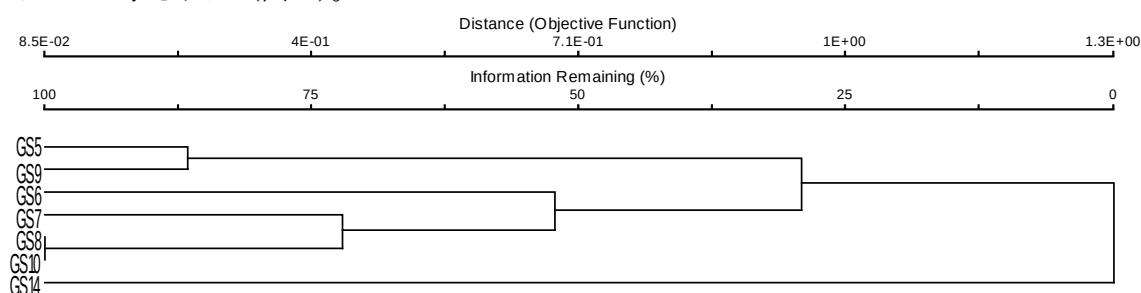


図2. 各地点のサンプルから出現した種毎の個体数に基づくクラスター分析の結果。Jaccard の距離指標を用い、群平均法により樹形図を描いた。

ヒメムカシヨモギ種子の蓄積

風散布による混入の可能性が高い種として以上の解析から除外した種のうち、ヒメムカシヨモギは、焼成培養土での発生密度（26.3個体/m²）に対し、0-0.5mの土壌サンプルからの発生密度（215.0個体/m²）と極めて高い密度で発生した。したがって、ヒメムカシヨモギは実験中に混入した部分もあるものの、土壌シードバンクとしても大量に蓄積している可能性が示された。

考察

本研究により、アザメの瀬自然再生事業地では表層から50cm程度の深さまでに埋土種子が集中的に分布していることが示された。このように、土壌シードバンクの密度が表層付近で最も高いことは多くの先行研究でも示されている。本研究では、0.5mより深い場所の土壌からはほとんど実生の発生が確認されなかった。しかし、本研究は実生発生法による土壌シードバンクの調査としては小規模なものであるため、事業地に広範囲にまきだすなど、大規模な実験を行うことにより、0.5mより深い場所の土壌シードバンクからも植物が発生する可能性を否定する結果ではない。

本研究で対象とした7箇所の土壌採取地点からは、どの場所でもアゼナ、イヌビエ類などの水田雑草的な植物が多く出現し、地点間の共通性は高かった。少なくとも、近年まで水田だった自然再生事業地実施箇所においては、場所による種組成の相違はわずかであると考えられる。一方、水田以外の湿地から採取した土壌（GS14）では若干種組成が異なっていたことから、アザメの瀬自然再生事業においても周辺の湿地などの土壌を活用することで、より多様な湿地性植物が再生できる可能性がある。

本研究から、アザメの瀬自然再生事業地において、土壌の侵食防止などの目的で早期に植生を発達させる必要がある場合には表層付近の土砂を広くまきだすことが有効であることが示唆された。ただし過去に事業地やその周辺・集水域で生育したが近年では稀な植物を再生させることを事業の目標に含めるならば、本研究よりも広い面積にわたって深い場所の土壌をまきだすことにより、そのような植物の埋土種子を探索することにも興味を持たれる。ただし、いずれの場合においても外来種の出現・優占には注意が必要である。有効な抑制・管理手法を明らかにするためには、土壌をまきだす環境、特に水分条件と攪乱の強さ・頻度と植生の関係に関する発展的な研究が必要であると考えられる。

表1. 小規模まきだし実験で確認された個体密度（個体数/m²）。それぞれの種についてサンプルの地点、深さ別に示した。空欄は0だったことを示す。

科名	和名	GS5									GS6									GS7								
		~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~3.9	~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~3.9	~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~3.9			
キク科	オニタビラコ	68								45								113										
	タカサブロウ																	68										
ゴマノハグサ科	トキンソウ	68								45								45										
	ハハコグサ																	68										
	アゼトウガラシ							23																				
	アゼナ	816								4014	612	23						2018	45							45		
	アメリカアゼナ	68								295	159	45						23										
シソ科	オオイヌノフグリ																											
	トキワハゼ	68								23		23						159	45									
ムラサキ科	ヒメオドリコソウ	23																										
カタバミ科	ハナイバナ																											
アカバナ科	カタバミ																	23										
ミソハギ科	チョウジタデ									45				23				91										
マメ科	キカシグサ																	249							23			
	ウマゴヤシ																	181										
	シロツメクサ	23																816	91									
	スズメノエンドウ																	23										
	ヤハズソウ																	23										
サクラソウ科	コナスビ																											
アブラナ科	イヌガラシ	113								45								317										
	タネツケバナ	23																363										
ミゾハコベ科	ミゾハコベ									159								998										
ナデシコ科	オランダミミナグサ																	136	23									
ナデシコ科	ノミノフスマ									295								544							23			
ミズアオイ科	コナギ	91																										
ガマ科	ガマ属sp																23											
	イヌビエ属	68								431							23											
イネ科	スズメノカタビラ									159		23						113										
	スズメノテッポウ	68								159								91							91			
カヤツリグサ科	カヤツリグサ																											
	コゴメガヤツリ	23																23										
イグサ科	タマガヤツリ									91	23							113										
	イ																											
	コウガイゼキショウ	23																										
ツユクサ科	スズメノヤリ												23		23													
	イボクサ																											
シャジクモ科	シャジクモ																											
実生数		68	0	0	0	0	0	0	1	0	256	35	5	2	0	1	0	2	291	10	0	0	0	0	0	8		
分類群数		14	0	0	0	0	0	0	1	0	13	3	4	2	0	1	0	2	23	5	0	0	0	0	0	4		

(表1. つづき)

		GS8												GS9												GS10											
		~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~4.0	~4.5	~5.0	~5.9	~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~3.9	~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5	~3.9									
キク科	オニタビラコ																																				
	タカサブロウ																																				
	トキンソウ	181																				45															
ゴマノハグサ科	ハハコグサ																																				
	アゼトウガラシ																																				
	アゼナ	1927	136		23								862	23								1474															
	アメリカアゼナ												91																								
	オオイヌノフグリ																																				
シソ科	トキワハゼ	113	23	23									45									136															
ムラサキ科	ヒメオドリコソウ																																				
カタバミ科	ハナイバナ												45																								
アカバナ科	カタバミ																					91															
ミソハギ科	チョウジタデ	45																				91															
マメ科	キカシグサ	136											23									91															
	ウマゴヤシ																																				
	シロツメクサ	23																				23															
	スズメノエンドウ																																				
サクラソウ科	ヤハズソウ																																				
アブラナ科	コナスビ	23																																			
	イヌガラシ																																				
	タネツケバナ												45									249															
ミゾハコベ科	ミゾハコベ	476											227									567															
ナデシコ科	オランダミミナグサ																																				
ナデシコ科	ノミノフスマ	23			23																	91															
ミズアオイ科	コナギ	408																																			
ガマ科	ガマ属sp																																				
イネ科	イヌビエ属																																				
	スズメノカタビラ	612	23	23		23							204									590	23														
	スズメノテッポウ	23																				68															
カヤツリグサ科	カヤツリグサ												23									23															
	コゴメガヤツリ	68																				23															
	タマガヤツリ		23										23																								
イグサ科	イ												23																								
	コウガイゼキショウ																																				
	スズメノヤリ																																				
ツユクサ科	イボクサ																																				
シャジクモ科	シャジクモ																																				
実生数		179	9	2	2	1	0	0	1	0	0	0	72	1	0	0	0	0	0	0	0	161	1	0	0	1	0	0	0								
分類群数		13	4	2	2	1	0	0	1	0	0	0	12	1	0	0	0	0	0	0	0	15	1	0	0	1	0	0	0								

(表1. つづき)

		GS14							
			~0.5	~1.0	~1.5	~2.0	~2.5	~3.0	~3.5 ~3.9
キク科	オニタビラコ								
	タカサブロウ	45							
	トキンソウ								
	ハハコグサ								
ゴマノハグサ科	アゼトウガラシ								
	アゼナ	295							
	アメリカアゼナ								
	オオイヌノフグリ	45							
シソ科	トキワハゼ	113							
	ヒメオドリコソウ								
	ムラサキ科								
	ハナイバナ								
カタバミ科	カタバミ								
アカバナ科	チョウジタデ								
ミソハギ科	キカシグサ	249							
マメ科	ウマゴヤシ								
	シロツメクサ								
	スズメノエンドウ								
	ヤハズソウ								
サクラソウ科	コナスビ								
アブラナ科	イヌガラシ	136							
	タネツケバナ	68				23			
ミゾハコベ科	ミゾハコベ	23							
ナデシコ科	オランダミミナグサ	23							
ナデシコ科	ノミノフスマ								
ミズアオイ科	コナギ								
ガマ科	ガマ属sp								
イネ科	イヌビエ属sp								
	スズメノカタビラ								
	スズメノテッポウ								
カヤツリグサ科	カヤツリグサ	23							
	コゴメガヤツリ	408							
	タマガヤツリ								
	イ	23							
イグサ科	コウガイゼキショウ	68							
	スズメノヤリ								
	ツユクサ科								
	イボクサ								
シャジクモ科	シャジクモ								
実生数		67	0	0	1	0	0	0	0
分類群数		13	0	0	1	0	0	0	0

学名	和名	学名
キク科	オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>
	タカサブロウ	<i>Eclipta prostrata</i>
	トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>
	ハハコグサ	<i>Gnaphalium affine</i>
ゴマノハグサ科	アゼトウガラシ	<i>Lindernia angustifolia</i>
	アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>
	アメリカアゼナ	<i>Lindernia dubia</i>
	オオイヌノフグリ	<i>Veronica persica</i>
	トキワハゼ	<i>Mazus japonicus</i>
	ヒメオドリコソウ	<i>Lamium purpureum</i>
ムラサキ科	ハナイバナ	<i>Bothriospermum tenellum</i>
カタバミ科	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>
アカバナ科	チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>
ミソハギ科	キカシグサ	<i>Rotala indica</i>
マメ科	ウマゴヤシ	<i>Medicago denticulata</i>
	シロツメクサ	<i>Trifolium repens</i>
	スズメノエンドウ	<i>Vicia hirsuta</i>
	ヤハズソウ	<i>Kummerovia striata</i>
サクラソウ科	コナスビ	<i>Lysimachia japonica</i>
アブラナ科	イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>
	タネツケバナ	<i>Cardamine flexuosa</i>
ミゾハコベ科	ミゾハコベ	<i>Elatine triandra</i>
ナデシコ科	オランダミミナグサ	<i>Cerastium glomeratum</i>
ナデシコ科	ノミノフスマ	<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>
ミズアオイ科	コナギ	<i>Monochoria vaginalis</i>
ガマ科	ガマ属sp	<i>Typha</i> sp.
イネ科	イヌビエ属sp	<i>Echinochloa</i> sp.
	スズメノカタビラ	<i>Poa annua</i>
	スズメノテッポウ	<i>Alopecurus aequalis</i>
カヤツリグサ科	カヤツリグサ	<i>Cyperus microiria</i>
	コゴメガヤツリ	<i>Cyperus iria</i>
	タマガヤツリ	<i>Cyperus difformis</i>
	イ	<i>Juncus effusus</i> var. <i>decipiens</i>
イグサ科	コウガイゼキショウ	<i>Juncus leschenaultii</i>
	スズメノヤリ	<i>Luzula capitata</i>
	ツユクサ科	<i>Murdannia keisak</i>
	イボクサ	
シャジクモ科	シャジクモ	<i>Chara braunii</i>

平成16年度報告

はじめに

失われた植生を植物の地域固有性の保全に配慮して再生する手法として、土壌シードバンクを含む土砂を目標とする植物の生育に適した環境にまきだし、植生再生を図る手法が提案されている。土壌シードバンクを活用する方法は、個体を移植する方法などに比べ、（１）多くの種・多くの個体を再生させることができる可能性がある、（２）地上植生から消失した種も再生できる可能性がある、（３）植生を再生させる場所の土壌中のシードバンクを用いることで、遺伝的な地域固有性を攪乱しない植物材料が得られる、などの利点がある。

しかし海外の研究では、土壌シードバンク中に再生の目標となる植物の種子が含まれていない、あるいは侵略的外来種の種子が多く含まれているために、再生に不適切であると判断された事例も存在する。また土壌シードバンクは一般に空間的不均一性が高いことが知られている。したがって、効果の高い植生復元を目指すには事前調査により種組成を把握することが重要である。

本研究では、アザメの瀬自然再生事業における植生再生における、土壌シードバンクの利用可能性を明らかにするために、次の研究を行った。

まず、アザメの瀬事業地内の植物種子の水平的・垂直的分布について概要を把握するため、（１）土壌中の種子の分布に関する予備的な調査を、小規模な、しかし多点を対象にした実生発生法実験によって行った。次に、土壌をまきだす環境と出現する植物の関係を明らかにするため、（２）表土まきだし箇所における植生調査を行った。また、（２）の検討を行った場所（事業地内クリーク沿い）は、水分条件などの点で湿地性の植物が再生される範囲が限られていたため、ある程度湿潤な環境が維持されていた事業地内の（３）水田跡地に成立した植生を調べることで、水田として利用されてきたアザメの瀬の表土から湿地植生を再生できる可能性について検討した。

なお、（１）土壌中の種子の分布に関する予備的な調査については、平成 15 年度に報告済みのため、ここでは、表土まきだし箇所における植生調査および水田跡地に成立した植生の研究結果について報告する。

（１）表土まきだし箇所における植生調査

目的

事業地に表土をまきだした場合に再生される植生を解析し、成立する植生に対する比高の影響をあきらかにする。また、表土のまきだしを行った年が異なる場所を比較することで、時間経過に伴う植生の変化に関する知見を得る。

方法

アザメの瀬自然再生事業地内の、クリークとその法面を対象に調査を行った。アザメの瀬のクリークでは、左岸側には2003年6月中旬に、右岸側には2004年2月下旬に、掘削前に取り置いた事業開始前の表土（水田として利用されていた土地の表土）がまきだされた（図3）。表土のまきだしでは、バックホーのバケットで押し固め、最終的に厚さ15cm程度とした。

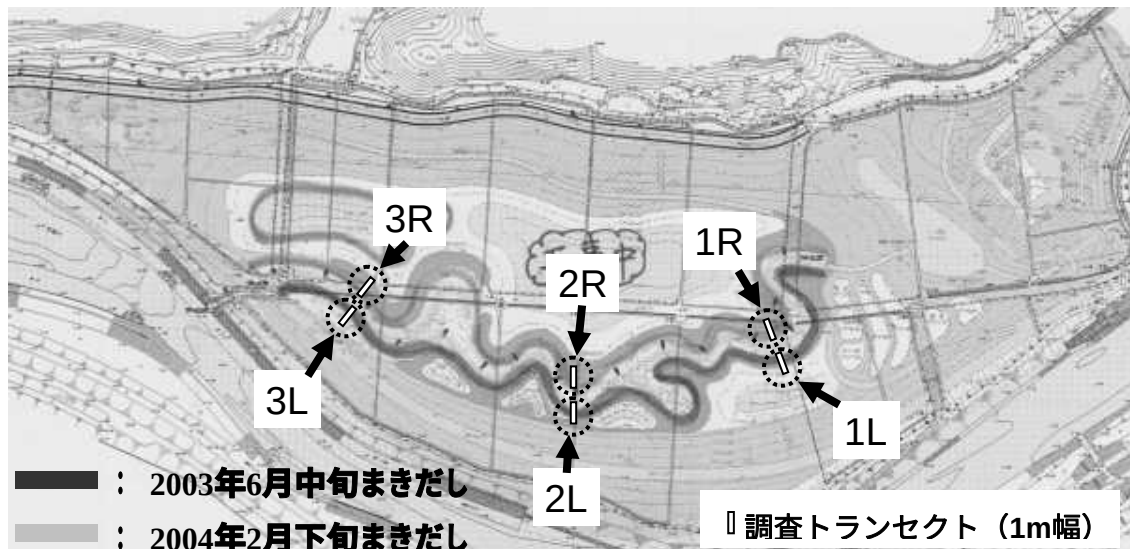


図3. 調査したクリーク。図の右側が上流、左側が下流。

植物相調査

クリーク沿いに右岸と左岸を踏査し、確認された植物種を記録した。調査は2003年7月24日および10月5日、2004年5月28日および9月14日に行った。

植生調査

クリークの上流部、中流部、下流部の3箇所を調査地点とし、それぞれの地点の右岸と左岸の法面の植生を調査した（図3）。それぞれの法面に、クリークの河床を最下端から法肩まで、クリークと垂直なラインをとり、ライン沿いに1m×1mのコドラートを隙間無く配置した。それぞれのコドラートにおける、植被率（%）、植生高、出現種、出現種毎の百分率被度を記録した。調査は2004年5月28日に行った。

結果

植物相

クリーク内および法面で確認された種を表2に示す。2年間の調査を通して、119種の植物が確認された。このうち、28種が外来種だった。また環境庁レッドデータブックにおいて絶滅危惧I類であるシャジクモ、順絶滅危惧種であるカワヂシャが確認された。また、ヤナギモ、エビモ、クロモなどの沈水植物、ホタルイ、ミズユキノシタなどの湿地性の植物が確認された（表2）。

事業地の土壌シードバンクの種組成に関する予備的な調査で確認された37分類群（表1）のうち、アゼトウガラシ、スズメノエンドウ、ヒメオドリコソウを除く34分類群が確認された。

法面に成立した植生

それぞれのコドラートにおける植生の組成を表3に示す。確認された種のうち、シャジクモ、ヤナギモは水中部を含む最も下のコドラートのみで確認された。ミゾハコベ、ミズユキノシタなどの湿地性の種の多くも、これらのコドラートに含まれる水面付近の比高の場所でのみ確認された。一方、これらの比高の低い位置にあるコドラートでは、コドラートあたりの種数に占める外来種の割合が低いことが示された（1 way ANOVA, $df=3$, $F=3.67$, $P<0.02$; 図4）。

2003年に表土のまきだしが行われたクリークの左岸と、2004年に表土のまきだしが行われたクリークの右岸で植生高および植被率を比較したところ、これらの平均値はともに左岸の方が高いことが示された（図5）。ただし統計的な有意差が認められたのは、植被率のみだった。コドラートあたりの種数は、右岸の方が左岸よりも有意に多かった（図5）。

表2. アザメの瀬のクリーク（水中および法面）および水田跡地で確認された植物.

科名	種名	学名	外来種	クリーク	水田跡地
キク科	ヨモギ	Artemisia indica		○	○
	ノコンギク	Aster ageratoides subsp. ovatus		○	○
	ホウキギク	Aster subulatus	外来	○	
	ヒロハホウキギク	Aster subulatus var. sandwicensis			○
	ヨメナ	Aster yomena		○	○
	アメリカセンダングサ	Bidens frondosa		○	○
	コセンダングサ	Bidens pilosa			○
	トキンソウ	Centipeda minima		○	○
	ヒメムカシヨモギ	Conyza canadensis	外来	○	
	オオアレチノギク	Conyza sumatrensis			○
	アメリカタカサブロウ	Eclipta alba			○
	タカサブロウ	Eclipta prostrata		○	○
	ヒメジョオン	Erigeron annuus			○
	ハルジオン	Erigeron philadelphicus	外来	○	
	ハキダメギク	Galinsoga ciliata	外来	○	
	ハハコグサ	Gnaphalium affine		○	
	タチチチコグサ	Gnaphalium calviceps	外来	○	
	オオジシバリ	Ixeris debilis		○	
	セイタカアワダチソウ	Solidago altissima		○	○
	ノゲシ	Sonchus oleraceus		○	
	オオオナモミ	Xanthium canadense	外来	○	
	オニタビラコ	Youngia japonica		○	
アカネ科	ヘクソカズラ	Paederia scandens			○
キキョウ科	ミゾカクシ	Lobelia chinensis		○	○
キツネノマゴ科	オギノツメ	Hygrophila lancea			○
	キツネノマゴ	Justicia procumbens			○
ゴマノハグサ科	キクモ	Limnophila sessiliflora			○
	アゼトウガラシ	Lindernia angustifolia			○
	スズメノトウガラシ	Lindernia antipoda		○	○
	アメリカアゼナ	Lindernia dubia		○	○
	アゼナ	Lindernia procumbens		○	○
	トキワハゼ	Mazus japonicus		○	○
	サギゴケ	Mazus miquelii		○	
	タチイヌノフグリ	Veronica arvensis	外来	○	
	ムシクサ	Veronica peregrina		○	
	オオイヌノフグリ	Veronica persica	外来	○	
	カワヂシャ	Veronica undulata		○	○
オオバコ科	オオバコ	Plantago asiatica		○	
シソ科	トウバナ	Clinopodium gracile			○
	ヒメジソ	Mosla dianthera		○	
ムラサキ科	ハナイバナ	Bothriospermum tenellum		○	
ネナシカズラ科	アメリカネナシカズラ	Cuscuta pentagona			○
キョウチクトウ科	テイカカズラ	Trachelospermum asiaticum			○
セリ科	チドメグサ	Hydrocotyle sibthorpioides		○	○
	セリ	Oenanthe javanica		○	○
フウロソウ科	アメリカフウロ	Geranium carolinianum	外来	○	
カタバミ科	カタバミ	Oxalis corniculata		○	
ブドウ科	ノブドウ	Ampelopsis brevipedunculata			○
トウダイグサ科	エノキグサ	Acalypha australis		○	○
アカバナ科	アカバナ	Epilobium pyrricholophum			○
	チョウジタデ	Ludwigia epilobioides		○	○
	ミズユキノシタ	Ludwigia ovalis		○	○
	アレチマツヨイグサ	Oenothera biennis	外来	○	
ミソハギ科	ミソハギ	Lythrum anceps			○
	キカシグサ	Rotala indica		○	○
アリノトウグサ科	フサモ属sp.	Myriophyllum sp.		○	
マメ科	クサネム	Aeschynomene indica		○	
	ゲンゲ	Astragalus sinicus		○	
	ノアズキ	Dunbaria villosa			○
	ツルマメ	Glycine max subsp. soja			○
	ヤハズソウ	Kummerovia striata		○	○
	ウマゴヤシ	Medicago denticulata	外来	○	
	シロツメクサ	Trifolium repens		○	○
	ノダフジ	Wisteria floribunda			○
	ヘビイチゴ	Duchesnea chrysantha		○	○
	オヘビイチゴ	Potentilla kleiniana subsp. anemonefolia		○	○
ベンケイソウ科	ナワシロイチゴ	Rubus parvifolius			○
	コモチマンネングサ	Sedum bulbiferum		○	
サクラソウ科	コナスビ	Lysimachia japonica		○	○
アブラナ科	セイヨウアブラナ	Brassica napus	外来	○	
	ナズナ	Capsella bursa-pastoris		○	

(表2 つづき)

科名	種名	学名	外来種	クリーク	水田跡地
	タネツケバナ	Cardamine flexuosa		○	○
	ダイコン属	Raphanus sp.	逸出	○	
	イヌガラシ	Rorippa indica		○	○
	スカシタゴボウ	Rorippa islandica		○	○
ヤナギ科	ヤナギsp	Salix sp.		○	
スミレ科	タチツボスミレ	Viola grypoceras		○	
	ツボスミレ	Viola verecunda			○
オトギリソウ科	ヒメオトギリ	Hypericum japonicum			○
	コケオトギリ	Hypericum laxum			○
ミゾハコベ科	ミゾハコベ	Elatine triandra		○	○
タデ科	ホソバノウナギツカミ	Persicaria hastato-auriculata			○
	ヤナギタデ	Persicaria hydropiper		○	
	オオイヌタデ	Persicaria lapathifolia		○	○
	イヌタデ	Persicaria longiseta		○	○
	アキノウナギツカミ	Persicaria sieboldii			○
	ミゾソバ	Persicaria thunbergii		○	○
	ハナタデ	Persicaria yokusaniana			○
	スイバ	Rumex acetosa		○	○
	アレチギンギシ	Rumex conglomeratus	外来	○	
	ギンギシ	Rumex crispus subsp. japonicus		○	○
ナデシコ科	オランダミミナグサ	Cerastium glomeratum	外来	○	
	ウシハコベ	Myosoton aquaticum		○	
	ノミノフスマ	Stellaria alsine var. undulata		○	
	ハコベ	Stellaria media		○	
ザクロソウ科	ザクロソウ	Mollugo pentaphylla		○	
ヒユ科	ヒナタイノコヅチ	Achyranthes bidentata var. tomentosa			○
	ホソバツルノゲイトウ	Alternanthera nodiflora	外来	○	
	イヌビユ	Amaranthus lividus		○	○
	ホソアオゲイトウ	Amaranthus patulus	外来	○	
アカザ科	アリタソウ	Ambrina ambrosioides	外来	○	
イラクサ科	クサマオ	Boehmeria nipponivea			○
クワ科	クワクサ	Fatoua villosa		○	
アサ科	カナムグラ	Humulus japonicus		○	
キンポウゲ科	ケキツネノボタン	Ranunculus cantoniensis		○	○
	キツネノボタン	Ranunculus quelpaertensis var. glaber			○
ラン科	ネジバナ	Spiranthes sinensis			○
ヤマノイモ科	ヤマノイモ	Dioscorea japonica			○
ユリ科	ジャノヒゲ	Ophiopogon japonicus			○
ミズアオイ科	コナギ	Monochoria vaginalis		○	○
ガマ科	ヒメガマ	Typha angustifolia			○
	ガマ	Typha latifolia			○
イネ科	カモジグサ	Agropyron tsukushiense var. transiens		○	○
	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis		○	
	コブナグサ	Arthraxon hispidus		○	
	トダシバ	Arundinella hirta		○	○
	カズノコグサ	Beckmannia syzigachne		○	○
	ヒメコバンソウ	Briza minor	外来	○	
	イヌムギ	Bromus catharticus		○	
	ジュズダマ	Coix lacryma-jobi		○	○
	メヒシバ	Digitaria ciliaris		○	
	イヌビエ	Echinochloa crus-galli var. caudata		○	○
	タイヌビエ	Echinochloa oryzicola		○	○
	ウシノシツペイ	Hemarthria sibirica			○
	チゴザサ	Isachne globosa		○	
	アシカキ	Leersia japonica			○
	ネズミムギ	Lolium multiflorum	外来	○	
	オギ	Miscanthus sacchariflorus			○
	オオクサキビ	Panicum dichotomiflorum	外来	○	
	キシウスズメノヒエ	Paspalum distichum		○	○
	チクゴスズメノヒエ	Paspalum distichum var. indutum			○
	スズメノヒエ	Paspalum thunbergii		○	
	クサヨシ	Phalaris arundinacea		○	○
	ヨシ	Phragmites australis			○
	ミゾイチゴツナギ	Poa acroleuca		○	
	スズメノカタビラ	Poa annua		○	
	ハイヌメリ	Sacciolepis indica		○	
	キンエノコロ	Setaria glauca		○	
	エノコログサ	Setaria viridis		○	
カヤツリグサ科	ヒメクグ	Cyperus brevifolius var. leirolepis		○	○
	タマガヤツリ	Cyperus difformis		○	○
	アゼガヤツリ	Cyperus flavidus			○

(表2 つづき)

科名	種名	学名	外来種	クリーク	水田跡地
	コゴメガヤツリ	Cyperus iria		○	○
	カヤツリグサ	Cyperus microiria		○	
	ミズガヤツリ	Cyperus serotinus			○
	マツバイ	Eleocharis acicularis var. longiseta			○
	ハリイ	Eleocharis congesta		○	○
	ヒデリコ	Fimbristylis miliacea		○	○
	イヌホタルイ	Scirpus juncooides		○	○
	カンガレイ	Scirpus triangulatus			○
	スゲsp (アゼナルコ?)	Carex sp.			○
	スゲsp2 (カサスゲ?)	Carex sp.			○
イグサ科	イ	Juncus effusus var. decipiens		○	○
	コウガイゼキショウ	Juncus leschenaultii		○	○
	アオコウガイゼキショウ	Juncus papillosus			○
	スズメノヤリ	Luzula capitata		○	
ツユクサ科	ツユクサ	Commelina communis		○	○
	イボクサ	Murdannia keisak		○	○
ウキクサ科	アオウキクサ	Lemna aoukikusa			○
ヒルムシロ科	エビモ	Potamogeton crispus		○	
	フトヒルムシロ	Potamogeton fryeri			○
	ヤナギモ	Potamogeton oxyphyllus		○	
トチカガミ科	オオカナダモ	Egeria densa	外来	○	
	コカナダモ	Elodea nuttallii	外来	○	
	クロモ	Hydrilla verticillata		○	
トクサ科	スギナ	Equisetum arvense		○	○
フサシダ科	カニクサ	Lygodium japonicus			○
シャジクモ科	シャジクモ	Chara braunii		○	○

表3. クリーク法面に設置したコドラートの種組成 (数字は%被度)

Quadrat	1R	1R	1R	1R	1R	1R	1R	2R	2R	2R	2R	2R	2R	3R	3R	3R	3R
水辺からの距離	6	5	4	3	2	1	0	5	4	3	2	1	0	3	2	1	0
Height (cm)	90	92	45	70	50	20	10	75	49	26	25	20	18	66	43	36	25
Coverage (%)	60	50	50	40	20	10	3	30	35	25	20	5	4	30	25	25	10
No. of Species	18	15	15	15	13	12	5	12	16	13	10	8	8	15	14	14	8
イヌビエ	1	2	5	2		1				1	1	+		5	10	5	+
チドメグサ	1				1	+	+			+	+	+	+		2	1	+
ギンギシ		10	20		10	2		10				1			+	3	
ミゾカクシ			+	1	1	+						+		+	+	1	1
イヌガラシ		+	+		+	1		+	1		2	2	+			1	
ヨメナ	3	10	10	3	3	3		+	2	10	3			1	+		+
スカシタゴボウ	2														5		+
オオバコ	1	3	10	30	+	+			1	+	3			+			
ヨモギ	15	20	20	5	2	+		15	20	5	+			+	+	2	
セイトカアワダチソウ	20	2	5	+					10		1	+		5	3	+	
セリ			3	1			1		2					2	1	1	3
タネツケバナ			+	+		+				+	+				1	1	
ヒメムカシヨモギ																	
イヌタデ				+	+	2						1	+		+		
シロツメクサ		+		1	+			+		1				1	+		
ヘビイチゴ	3	1				2			1	1	5			1	3		
ミゾソバ		1					+										+
イボクサ									+								
アメリカセンダングサ																	
エノキグサ				+				+	+							+	
オオイヌタデ					1					+						+	3
キシウスズメノヒエ													+				
クサヨシ	20		10	1				1	1	1							
スズメノテッポウ	+	1	1	+				+	+								
ネズミムギ								5						15			
ハナイバナ		2	2						+	1				1			
ホウキギク																	
ジュズダマ		+								2							
スギナ	+				+				+						+		
タチイヌノフグリ	+	+														+	
ミゾハコベ							+						+				
アレチギシギシ																	
カズノコグサ									+								
ケキツネノボタン				1													
ナズナ		+						+						+			
ノミノフスマ			+		+				+								
アゼナ							+										
アメリカフウロ																	
ウマゴヤシ																	
オオカナダモ													3				
オオジシバリ														1		+	
オヘビイチゴ						1											
カワヂシャ																	
コモチマンネングサ																	
シヤジクモ														+			
ダイコン	3																
タカサブロウ													+				
チゴザサ																	
ハイスメリ										5	+						
ミゾイチゴツナギ	+								+								
イヌビユ					2												
イヌムギ																	
イネ科sp.																	
ウシハコベ																	
カモジグサ																	
カヤツリグサ科sp.								+									
クワクサ	+																
スイバ																	
セリ科sp.																	
タチチチコグサ																	
タチツボスミレ				+													
チョウジタデ													+				
ツユクサ			+														
ノゲシ																	
ハコベ	2																
ハルジオン	3																
ヒメコバンソウ																	
ヒメジソ	+																
ホソアオゲイトウ																+	
ミズユキノシタ																	
メマツヨイグサ								1									
ヤナギモ																	

(表2. つづき)

Quadrat	1L	1L	1L	1L	1L	1L	1L	1L	1L	2L	2L	2L	2L	2L	2L	2L	2L	2L	3L	3L	3L	3L
水辺からの距離	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	3	2	1	0		
Height (cm)	105	120	58	45	40	24	18	7	31	58	45	61	62	115	89	14	115	92	70	27		
Coverage (%)	25	60	80	95	100	55	5	2	3	5	50	70	75	90	45	3	70	65	30	5		
No. of Species	2	5	6	7	13	8	9	6	8	4	5	10	12	10	12	12	14	13	13	10		
イヌビエ		2	10	1	3	+			+	1	1			1				15		1		
チドメグサ					1	+	+	+							1	+		+	+	+		
ギンギシ	25	5				+	2		1						1	1	10	40	1	1		
ミゾカクシ			5	1	1			+				+	10		1	+			2	+		
イヌガラシ	+				1		+	+						2		+						
ヨメナ							+	+							+		+					
スカシタゴボウ		30	70	5					2	+	+			+	20	+		+	+	+		
オオバコ						+	+								+	+						
ヨモギ									+													
セイタカアワダチソウ					1				+											2		
セリ			1	50	80	40													+			
タネツケバナ					+	+						+			+				+			
ヒメムカシヨモギ		25	15		1				+	1	30	60	20	1			20	1				
イヌタデ					+							+		1			+					
シロツメクサ					1				+													
ヘビイチゴ																				+		
ミゾソバ					1		2						2	5			1		+			
イボクサ								+					20	25	5	+		5	+	+		
アメリカセンダングサ										25	+				+		25	10	+	+		
エノキグサ															+			+	+			
オオイヌタデ													+	+				2				
キシウスズメノヒエ						15	+							3	20	+		20				
クサヨシ																						
スズメノテッポウ																						
ネズミムギ		30															20		1			
ハナイバナ																						
ホウキグサ			1	20	3								1				1					
ジュズダマ																		2	3			
スギナ																						
タチイヌノフグリ					+																	
ミゾハコベ							+			3				40	15	+						
アレチギンギシ																						
カズノコグサ		1										+										
ケキツネノボタン					1								3									
ナズナ																						
ノミノフスマ																						
アゼナ																+						
アメリカフウロ												3	15									
ウマゴヤシ																	15	+				
オオカナダモ																+						
オオジシバリ																						
オヘビイチゴ																			2			
カワヂシャ													1					1				
コモチマンネングサ												+					+					
シャジクモ																				+		
ダイコン																	1					
タカサブロウ							+															
チゴザサ											+	+										
ハイスメリ																						
ミゾイチゴツナギ																						
イヌビユ																						
イヌムギ																		+				
イネ科sp.				5																		
ウシハコベ												+										
カモジグサ																	1					
カヤツリグサ科sp.																						
クワクサ																						
スイバ													2									
セリ科sp.																	1					
タチチチコグサ														2								
タチツボスミレ																						
チョウジタデ																						
ツユクサ																						
ノゲシ									+													
ハコベ																						
ハルジオン																						
ヒメコバンソウ																	10					
ヒメジソ																						
ホソアオゲイトウ																						
ミズユキノシタ																+						
メマツヨイグサ																						
ヤナギモ																	+					

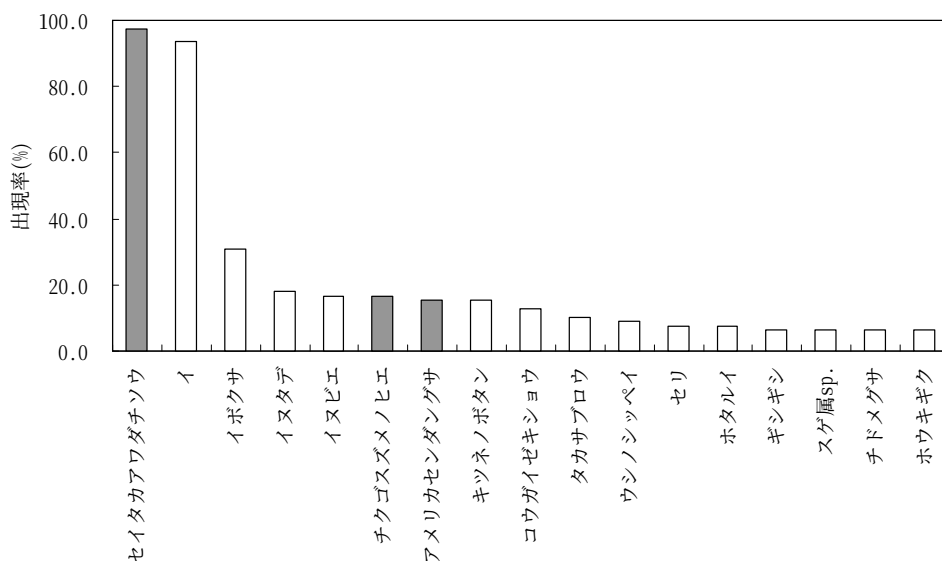


図7. 水田跡地内 78 コドラートにおける常在度. 出現コドラート数が5以上の種についてのみ示した。灰色のバーは外来種であることを示す。

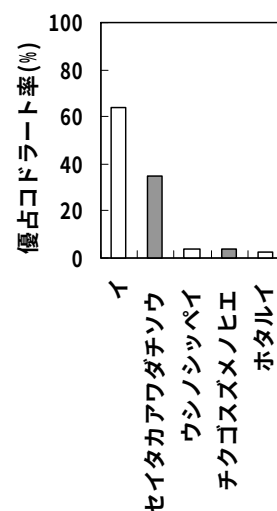


図8. それぞれの種が優占種となったコドラート数が全体のコドラート数に占める割合。

まとめと事業への提案

掘削事業地について

表土中の土壌シードバンクと出水などにより供給される植物により、アザメの瀬では湿地植生を回復させることができる可能性が示された。しかし、現状における掘削事業地（クリーク沿いなど）では、湿地性の植物が生育する場所は、水中と水辺のわずかな場所に限定されていた。比高が高く、乾燥している場所では再生の目標となるような種はほとんど出現せず、外来種も多かった。

掘削事業地では、さらに地盤高を下げるのが妥当であると考えられる。その際、湿地的環境の中でも比高に多様性をもたせ、多様な水分環境の場を設けることが必要である。掘削の深さは、地下水位の調査の結果を踏まえて仮説をたて、湧水地点等にも配慮しながら順応的に進めることが適切であろう。

水田跡地について

水田跡地では湿地性の植物が多数出現し、アザメの瀬の水田の土壌シードバンクのポテンシャルの高さが示された。この水田跡地は、事業地への湿地性の植物や昆虫の供給源として重要な役割を果たすことができると考えられる。また、湿地性の生物を観察する場として活用することも有効だろう。

しかし、現状では乾燥化と遷移の進行のため、多様性が失われセイタカアワダチソウが急速に増加している。水田跡地の独自性（溜池や河川には無い特徴）を生かすには、明るい湿地的な環境や浅い開放水面を維持することが有効であると考えられる。そのために、適度な攪乱を与えるとともに、多様な水分条件・水深の場所を含むように地形を改変することが有効であろう。

平成17年度報告

はじめに

失われた植生を植物の地域固有性の保全に配慮して再生する手法として、土壌シードバンクを含む土砂を目標とする植物の生育に適した環境にまきだし、植生再生を図る手法が提案されている。土壌シードバンクを活用する方法は、個体を移植する方法などに比べ、(1)多くの種・多くの個体を再生させることができる可能性がある、(2)地上植生から消失した種も再生できる可能性がある、(3)植生を再生させる場所の土壌中のシードバンクを用いることで、遺伝的な地域固有性を攪乱しない植物材料が得られる、などの利点がある。

しかし海外の研究では、土壌シードバンク中に再生の目標となる植物の種子が含まれていない、あるいは侵略的外来種の種子が多く含まれているために、再生に不適切であると判断された事例も存在する。また土壌シードバンクは一般に空間的不均一性が高いことが知られている。したがって、効果の高い植生復元を目指すには事前調査により種組成を把握することが重要である。

本研究では、アザメの瀬自然再生事業における植生再生における、土壌シードバンクの利用可能性を明らかにするために、次の研究を行った。

アザメの瀬事業地内の植物種子の水平的・垂直的分布について概要を把握するため、事業地内から採取した土壌を対象とした実生発生法実験によって行った(「採取土壌調査」)。さらに、アザメの瀬の表土を活用したときに出現する種を把握するため、表土まきだし箇所(事業地内のクリークの法面)を活用し、表土をまいた当年に出現した種を調べた(「まきだし調査」)。これらの結果から、アザメの瀬の土壌から出現する可能性がある種を明らかにした。

このようにして明らかにされた「アザメの瀬の土壌から出現する可能性がある種」から侵略的外来種として植生回復上問題となりそうな種を抽出し、それらの出現環境を、表土をまきだしたクリークのり面の植生の解析により検討した。

方法

(1) アザメの瀬の土壌から出現する可能性がある種

採取土壌調査

アザメの瀬自然再生事業地における土壌シードバンクの分布を明らかにするため、2002年8月22日に国土交通省武雄工事事務所によって「ジオスライサー」を用いて採集された土壌コアを用いて、土壌シードバンクの分析を行った。この採取土壌の一部は、深さ毎に土質と堆積年代の分析に供され、一部を本研究に供された。

土壌コアは事業地内の17箇所で採取され、本研究ではそれらのうちGS5, GS6, GS7, GS8, GS9, GS10, GS14の7箇所のサンプルを用いた(詳細は平成15年度に報告)。これらのうち、GS14は事業地東側の谷地から続く湿地であり、それ以外の場所は事業地にあたる水田跡地であった。サンプルは、採集後、表層から50cm毎に深さ別に分け、土嚢袋に保管した。GS5, GS6, GS7, GS9, GS10, GS14では表層からの深さで0-0.5m, 0.5-1.0m, 1.0-1.5m, 1.5-2.0m, 2.0-2.5m, 2.5-3.0m, 3.0-3.5m, 3.5-3.9mの8サンプルを得た。またGS8では地表面からの深さで0-0.5m, 0.5-1.0m, 1.0-1.5m, 1.5-2.0m, 2.0-2.5m, 2.5-3.0m, 3.0-3.5m, 3.5-4.0m, 4.5-5.0m, 5.0-5.5m, 5.5-5.9mの11サンプルを得た。

これらの土壌サンプルに含まれる土壌シードバンクを、実生発生法によって分析した。実生発生法とは対象とする土壌を植物の発芽に適した条件におき、発生する植物を調べることによって土壌シードバンクを分析する方法である。本研究では、それぞれのサンプルを表面積31.5cm×14cm×12cm(縦×横×深さ)の小型プランター2つに入れ、そのうち1つを水深5cmの条件(以下、冠水条件とする)に、もう1つを地下水位5cmの条件(以下、湿潤条件とする)においた。これらの水位は、水を張ったコンテナ(トロ箱)にサンプルを入れたプランターを入れコンテナの水位を常に管理することによってほぼ一定

に維持した。

土壌のまきだしは2002年9月20日に、アザメの瀬周辺住民の有志の方々や武雄工事事務所の職員の方々の協力により行い、プランターを入れたコンテナは武雄工事事務所の屋上に設置した。風散布種子の混入を防ぐため、それぞれのコンテナの上面は白色寒冷紗で覆った。また実験中に混入した種子を評価するため、生存種子が含まれていない焼成培養土（バーミキュライト）を入れたプランターを、それぞれのコンテナの中に設置した（対照処理）。

発生する植物の調査は、2002年11月12日、2003年4月22日、2003年7月4日、2003年10月5日に行った。調査では、同定できない実生には針金で標識し同定できるまでそのまま育てた。同定できた植物は抜き取った。

今回の解析では、全ての土壌サンプルについてのデータをプールして解析した。なお、対照処理でも確認された種は除外したが、ヒメムカシヨモギについては対照処理に較べて遥かに高い密度で確認されたため、土壌サンプルからの出現種に含めた。

まきだし調査

アザメの瀬自然再生事業地内の、クリークとその法面を対象に調査を行った。アザメの瀬のクリークでは、左岸側には2003年6月中旬に、右岸側には2004年2月下旬に、掘削前に取り置いた事業開始前の表土（水田として利用されていた土地の表土）がまきだされた。表土のまきだしでは、バックホーのバケットで押し固め、最終的に厚さ15cm程度とした。

クリーク沿いに右岸と左岸を踏査し、確認された植物種を記録した。調査は2003年7月24日および10月5日、2004年5月28日および9月14日に行った。

今回の解析では、まきだし後に分散された種子からの発芽が少ないと考えられる条件を対象とするため、2004年2月下旬に土壌のまきだしを行った場所（右岸側）において2004年5月下旬に確認された種のみを対象とした。

（2）侵略的外来種の出現環境

確認された種のうち、河川周辺において生物多様性保全上の問題を引き起こす可能性がある侵略的外来種を抽出した。侵略的外来種は、Miyawaki and Washitani (2004, Global Environmental Research 8: 89-101)において“*Invasive alien species*”と判定されている種とした。Miyawaki and Washitani 2004では、建設省・国土交通省による「河川水辺の国勢調査」の植生図において、群落の優占種（*dominant or co-dominant species*）となっている種を*invasive alien species*と判定している。

土壌の撒きだしを行った場所の植生を明らかにするため、クリークの上流部、中流部、下流部の3箇所を調査箇所とし、それぞれの地点の右岸と左岸の法面の植生を調査した。それぞれの箇所の法面に、クリークの河床を最下端から法肩まで、クリークと垂直なラインを5m間隔で3本とり、ライン沿いに1m×1mのコドラートを隙間無く配置した。それぞれのコドラートにおける出現種毎の百分率被度（5%単位）を記録した。調査は2005年6月7日と2005年9月12日に行った。

この植生調査の結果を用いて、それぞれの侵略的外来種について、コドラートの比高（クリーク底面からの高さ）ごとの平均被度を求めた。それぞれの種について、6月の調査と9月の調査を較べて高い被度の値が記録された調査結果を用いた。

結果

（1）アザメの瀬の土壌から出現する可能性がある種

採取土壌調査（H15年度報告）およびまきだし調査（H16年度報告）では合計83種が確認された。このうち外来種は19種、侵略的外来種は10種確認された。

（2）侵略的外来種の出現環境

(1) の調査で確認された侵略的外来種のうち、植生調査で高い頻度で確認されたキシウスズメノヒエ、ハウキギク、セイタカアワダチソウ、シロツメクサについて、比高ごとの被度を検討した結果を図2に示す。

セイタカアワダチソウは頻繁に冠水する場所であるクリークの川底から0-1mの場所ではほとんど確認されなかったが、1m以上の比高の場所では同等の被度で確認された。シロツメクサも類似した出現パターンを示したが、1-2mの比高の場所でも被度は著しく低かった。一方、これらの種とは逆に、キシウスズメノヒエでは川底から0-2mの比高の場所での被度が高かった。またハウキギクは1-2mの比高の場所

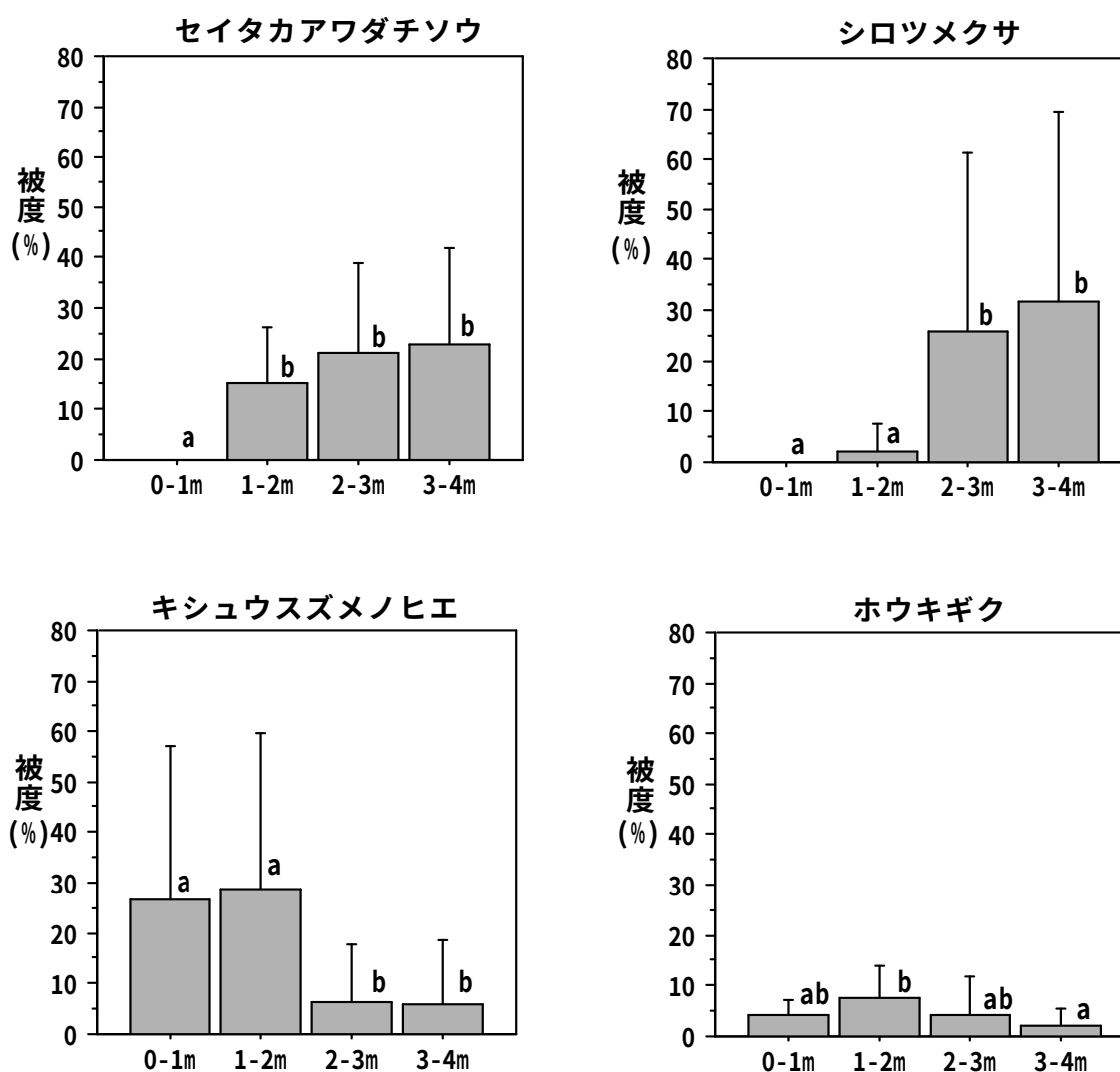


図2. 侵略的外来種の被度を比高ごとに示した。比高はクリークの川底からの高さとして示した。バーの高さは平均値 (n=18)、エラーバーは標準偏差を示す。バーの上のアルファベットが異なる組み合わせは多重比較 (Fisher ' s PLSD) において有意差が認められたことを示す。

表1. アザメの瀬の土壌から出現した種. 採取土壌調査およびまきだし調査で確認された種. 「外来種」の列で、Aは外来種、IAは侵略的外来種（定義は方法参照）を示す。

科名	和名	学名	外来種	採取土 壌調査	まきだ し調査
キク科	ヨモギ	<i>Artemisia indica</i>			○
	ノコンギク	<i>Aster ageratoides</i> subsp. ovatus			○
	アメリカセンダングサ	<i>Bidens frondosa</i>	IA		○
	トキンソウ	<i>Centipeda minima</i>		○	
	ヒメムカシヨモギ	<i>Conyza canadensis</i>	IA	○	○
	タカサブロウ	<i>Eclipta prostrata</i>		○	○
	ハルジオン	<i>Erigeron philadelphicus</i>	A		○
	ハハコグサ	<i>Gnaphalium affine</i>		○	○
	オオジシバリ	<i>Ixeris debilis</i>			○
	セイタカアワダチソウ	<i>Solidago altissima</i>	IA	○	○
キキョウ科	オニタビラコ	<i>Youngia japonica</i>		○	
	ミゾカクシ	<i>Lobelia chinensis</i>			○
ゴマノハグサ科	アゼトウガラシ	<i>Lindernia angustifolia</i>		○	
	アメリカアゼナ	<i>Lindernia dubia</i>	IA	○	
	アゼナ	<i>Lindernia procumbens</i>		○	○
	トキワハゼ	<i>Mazus japonicus</i>		○	
	サギゴケ	<i>Mazus miquelii</i>			○
	タチイヌノフグリ	<i>Veronica arvensis</i>	A		○
	ムシクサ	<i>Veronica peregrina</i>			○
	オオイヌノフグリ	<i>Veronica persica</i>	A	○	○
	オオバコ	<i>Plantago asiatica</i>			○
	シソ科	<i>Lamium purpureum</i>	A	○	
ムラサキ科	ヒメジソ	<i>Mosla dianthera</i>			○
	ハナイバナ	<i>Bothriospermum tenellum</i>		○	○
セリ科	チドメグサ	<i>Hydrocotyle</i> <i>sibthorpioides</i>			○
	セリ	<i>Oenanthe javanica</i>			○
カタバミ科	カタバミ	<i>Oxalis corniculata</i>		○	○
	トウダイグサ科	<i>Acalypha australis</i>			○
アカバナ科	チョウジタデ	<i>Ludwigia epilobioides</i>		○	○
	メマツヨイグサ	<i>Oenothera biennis</i>	IA		○
ミソハギ科	キカシグサ	<i>Rotala indica</i>		○	
	マメ科	<i>Astragalus sinicus</i>			○
バラ科	ゲンゲ	<i>Kummerovia striata</i>		○	○
	ヤハズソウ	<i>Medicago denticulata</i>	A	○	○
	ウマゴヤシ	<i>Trifolium repens</i>	IA	○	○
	シロツメクサ	<i>Vicia hirsuta</i>		○	○
	スズメノエンドウ	<i>Duchesnea chrysantha</i>			○
	ヘビイチゴ	<i>Potentilla kleiniana</i>			○
	オヘビイチゴ	subsp. <i>anemonefolia</i>			
	サクラソウ科	<i>Lysimachia japonica</i>		○	
	アブラナ科	<i>Brassica napus</i>	A		○
	ナズナ	<i>Capsella bursa-pastoris</i>			○
スミレ科	タネツケバナ	<i>Cardamine flexuosa</i>		○	○
	ダイコン	<i>Raphanus sativus</i> var. <i>longipinnatus</i>			○
	イヌガラシ	<i>Rorippa indica</i>		○	○
	スカシタゴボウ	<i>Rorippa islandica</i>			○
	タチツボスミレ	<i>Viola grypoceras</i>			○
	ミゾハコベ	<i>Elatine triandra</i>		○	○
	ミゾハコベ科	<i>Persicaria lapathifolia</i>			○
	タデ科	<i>Persicaria longiseta</i>		○	○
	オオイヌタデ	<i>Persicaria thunbergii</i>			○
	イヌタデ	<i>Rumex conglomeratus</i>	A		○
ナデシコ科	ミゾソバ	<i>Rumex crispus</i> subsp. <i>japonicus</i>			○
	アレチギシギシ	<i>Cerastium glomeratum</i>	A	○	○
	ギシギシ	<i>Stellaria alsine</i> var. <i>undulata</i>		○	○
	オランダミミナグサ	<i>Stellaria media</i>			○
	ノミノフスマ				
	ハコベ				

(表1 つづき)

ヒユ科	イヌビユ	Amaranthus lividus	A	○
	ホソアオゲイトウ	Amaranthus patulus	IA	○
クワ科	クワクサ	Fatoua villosa		○
キンポウゲ科	ケキツネノボタン	Ranunculus cantoniensis		○
ミズアオイ科	コナギ	Monochoria vaginalis	○	○
ガマ科	ヒメガマ	Typha angustifolia	○	
イネ科	スズメノテッポウ	Alopecurus aequalis	○	○
	カズノコグサ	Beckmannia syzigachne		○
	ジュズダマ	Coix lacryma-jobi		○
	イヌビエ	Echinochloa crus-galli	○	○
		var. caudata		
	タイヌビエ	Echinochloa oryzicola	○	○
	ヌメリグサ	Hymenachne indica		○
	ネズミムギ	Lolium multiflorum	IA	○
	キシウスズメノヒエ	Paspalum distichum	IA	○
	クサヨシ	Phalaris arundinacea		○
	ミゾイチゴツナギ	Poa acroleuca		○
カヤツリグサ科	スズメノカタビラ	Poa annua	○	
	タマガヤツリ	Cyperus difformis	○	
	コゴメガヤツリ	Cyperus iria	○	
	カヤツリグサ	Cyperus microiria	○	
イグサ科	イ	Juncus effusus var. decipiens	○	○
	コウガイゼキショウ	Juncus leschenaultii	○	○
	スズメノヤリ	Luzula capitata	○	
ツユクサ科	ツユクサ	Commelina communis		○
	イボクサ	Murdannia keisak	○	○
トチカガミ科	オオカナダモ	Egeria densa	IA	○
トクサ科	スギナ	Equisetum arvense		○
シャジクモ科	シャジクモ	Chara braunii	○	○

4.2.11 アザメの瀬自然再生事業地における自然解説モデルの提案

東京学芸大学環境教育実践施設

吉富友恭

1. はじめに

自然環境の保全・復元、生態系管理に関する取り組みは、今や世界的な潮流となっている。わが国では、平成 15 年に自然再生推進法が施行され、各地で河川、干潟、里山等の自然環境を保全、再生、創出、又は維持管理する事業が推進されている。この事業に関する施策を総合的に推進するために定められた基本方針¹⁾では「地域に固有の生物多様性の確保」「地域の多様な主体の参加・連携」「科学的知見に基づく順応的な実施」など自然再生を進める上での基本となる視点が示されている。地域住民や NPO、専門家を始めとする地域の多様な主体が参画する当該事業において、対象地の自然に関する知識や情報を、専門的に適切に、わかりやすく伝えていくことは、行政のアカウンタビリティーのみならず、事業に関わる様々な主体における情報の共有化、合意形成のプロセスにおいて重要である。基本方針の中では当該事業における環境学習の必要性が強調されており、既に自然再生事業地及び周辺地域では、現場の自然に対する認識を深めるための具体的な情報提供手段が模索されている。一方、学校教育の現場においては環境学習のためのプログラムの提供や実践の場づくりに対する要望が急増している。このような観点からも、対象地域における自然環境や生物多様性に対する理解を促すための効果的な解説方法の提案は急務であるが、当該分野の研究は生態学、土木工学、教育学、芸術学等、多くの分野に関わる学際的領域にあり、既存の学問領域に位置づけられていないため、その考え方や方法に関する成果はほとんどなく、新しい理論の構築と実践の蓄積が必要とされている。

河川の自然に見られる事物や事象は絶えず変化しつつある動的なシステムにある。河川の生物はその特性に適応して生息しており、河川にはこのような変動を反映した生態系の姿が見られる。三島(1995)は、河川は極めて特異な生態系であり、変動することこそが河川の安定で

あると、その特徴について言及している²⁾。したがって、河川の事物・事象には認識しづらいものが多い。例えば、出水による流量変動は、その規則性が低く、予測性も乏しいため、増水時の川の事象を知る機会は少なく、危険を伴う理由からも現場で観察できないことが多い。一方、平常時においても眺めるだけではわかりにくいもの、すなわち、視覚的に捉えることが難しいものも多い。特に水面下の流れや川底の状況、そこに棲む生物の様子は捉えにくく、たとえば水の中に入ったとしても水深や流速の関係で観察できる場所も限られる。透明度が高い場所でも、水面の反射により見えない部分もある。また、観察対象として人々の関心の高い生物についても、水中で俊敏に動き回りタイミングを合わせにくいものが多く、じっくりと観察することが困難である。したがって、河川の自然について人々に理解を促すためには、捉えにくい事物や事象をわかりやすく表現し、専門的に適切に秩序立てて提供することが鍵となる³⁾。河川の固有性を考慮し、対象とする河川が有する特性に即した独自の自然解説の方法論が必要となる。

本稿では国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所が佐賀県松浦川流域で実施するアザメの瀬自然再生事業地（以下、アザメの瀬）を対象とし、再生された氾濫原的湿地環境の解説方法として、モジュール型自然解説モデルを提案する。

2. アザメの瀬の概要と学習センターの役割

アザメの瀬は面積約 6ha、延長約 1000m、幅約 400m、以前は水田として利用されていた土地を掘り下げて湿地の機能再生を図る計画のもとに造成された場所である（写真-1）。地層調査により、水田として利用される以前は、松浦川の後背湿地であったと推定されている⁴⁾。ここでは種子の漂着、魚類の産卵や出水時の避難の場等、多くの生態的な役割をもつ氾濫原的湿地を再生すること、また、そのような環境と人

との関わりを再生することを目的として事業が進められている。渡辺・鷺谷（2006）は、アザメの瀬において人文社会科学的な観点から地域住民に対する調査を行い、その中で、事業によって再生される望ましい姿として、調査したいずれの年齢層においても「多様な生物が生息・生育する自然」を望む回答が最も多いことを明らかにしている。また、学びの重要性について論及し、自然再生事業が多様な主体の協働によって推進されるためには、事業へ参加する人々による学びのプロセスを保障することが必要であることを強調している⁵⁾。

はじめに、学習センターの位置づけの明確化を目的として、学習センター建設中の平成 17 年 7 月 26 日に開催された「第 42 回アザメの瀬検討会」^{注1)}において、参加者（地域住民、河川管理者、研究者）を対象に、施設に対する要望に関する調査を実施した。学習センターに「どんなものがあれば良いか」、そこで「どんなことができれば良いか」についてカードを用いて意見を集め、KJ 法⁶⁾により整理した。「どんなものがあれば良いか」については、「水槽」「観察道具」「紙芝居」「映像」「環境情報図」「展示ボード」等、また、「どんなことができれば良いか」については、「自然観察会」「職員研修」「川遊び体験」「季節による環境の違いを展示」「研究成果の公表」「押し花」等、多くの要望があげられた。これらの関係者の意見を集約・整理すると大きく 4 つに分けることができ、学習センターには「環境学習・職員研修」「展示・情報提供」「市民活動」「調査・研究」の場としての役割が求められていることが示された（図-1）。平成 17 年 8 月 29 日、学習センターは正式名称「松浦川アザメの瀬自然環境学習センター」として開設された（写真-2）。その後、大学委託研究^{注2)}により提案されたアザメの瀬のイメージをもとにデザインされたシンボルマークが検討会において採択され、現場の成果物や展示・教材に活用されることとなった（写真-3）。このマークは、学習センターを拠点とする周辺の地形をベースに、アザメの「A」と松浦川の「M」で構成されている。∞（無限大）の記号を連想させる一続きのオーガニックな造形は、水の流れや生態系の循環を表現しながら、氾濫原的湿地の再生と、そのような環境と人との関わりの再

生を目指す本事業の理念も象徴している。



写真-1 アザメの瀬



図-1 学習センターの役割



写真-2 松浦川アザメの瀬自然環境学習センター



写真-3 誘導サインとシンボルマーク

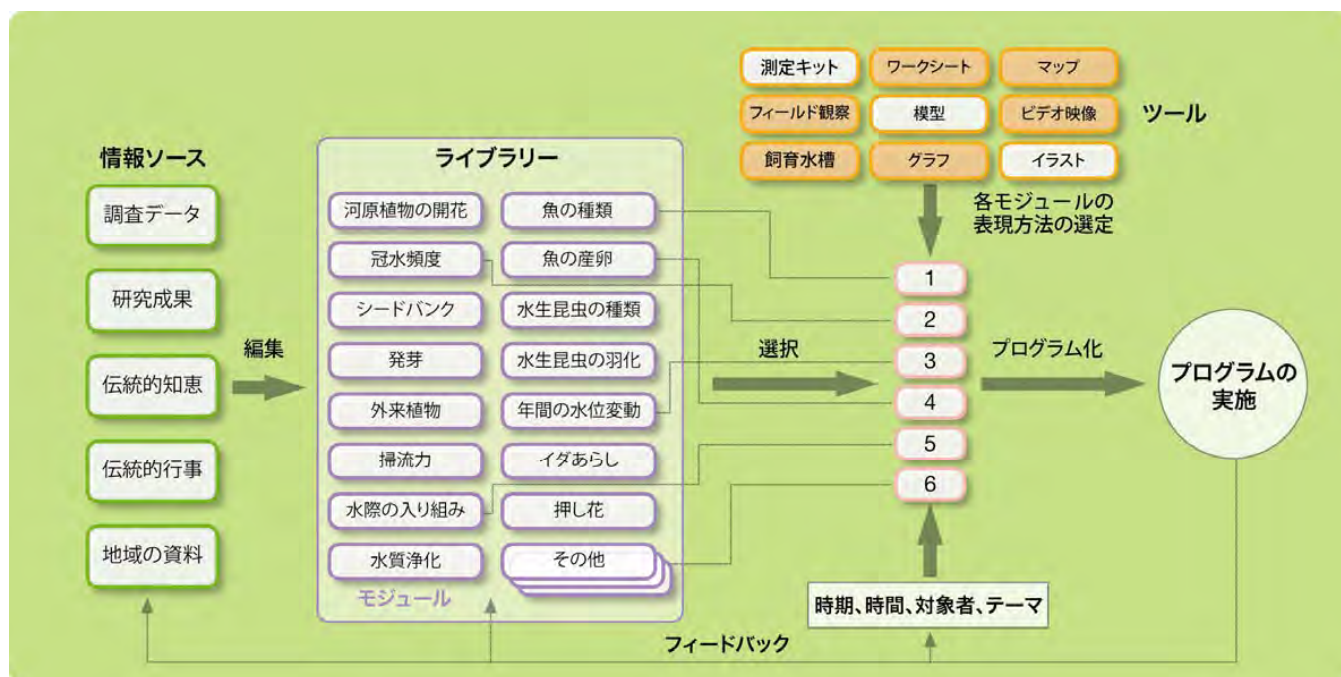


図-2 モジュール型プログラムづくりの流れ

3. モジュール型自然解説モデル

出水により冠水し様相が一変するアザメの瀬をフィールドとして、様々なテーマ、時期、時間、対象者への対応を可能とする自然解説を、既存の方法を導入するだけで実施することは難しい。前述の役割を担う学習センターを活かしながら、アザメの瀬において展開可能な自然解説の方法について検討会での議論を通じて検討した。

はじめに、アザメの瀬の自然や社会背景を加味して提案された自然解説のプログラム化の流れを説明したい（図-2）。河川の自然再生において、科学者による科学的知見と地域住民による地域の情報の双方が、取り組みの推進にあたり重要な情報ソースとなることが指摘されている⁷⁾。したがって、調査・研究活動や地域の活動により学習センターに集積される情報ソースを活用し、一つ一つのまとまった項目ごとに整理してモジュール化^{注3)}することとした。次にモジュールを複数組み合わせることによってプログラム化を行う。実施に際しては、テーマ、時期、滞在時間、対象者の年齢や知識レベル、興味・関心を考慮してモジュールの編成を決定し、さらに、それぞれの内容を適切かつ効果的に表現するメディアを選びツールとする。その基本ツールとしてワークシートを作成した。一方、フィールドで行う内容については可動式サ

インを導入し、それを手がかりに活動を展開していくこととした。フィールドでの展開イメージを（図-3）に示す。モジュールの考え方利点には、組み合わせや順序を変えることで、様々なフィールドの状況やテーマに対応したプログラムを作成できることや、調査・研究により得られた知見の更新、地元の情報、プログラムの改善点を随時反映させることができること等がある。以上の考え方に基づいて、サインとワークシートを導入することにより、状況に合わせた臨機応変な対応ができ、現場への順応性の高い環境学習や実地研修プログラムづくりが可能になるものと考えた。以下、サインとワークシートの特長を示す。



図-3 フィールドにおける展開イメージ

3.1 サイン

サインはポール式で地面に差し込んで使用できる可動式の現場への設置物である。先端にはテーマを示すピクトグラムが取り付けられ、また、枝状に二次情報を示すピクトグラムが追加できる構造になっている。ピクトグラムはバルーンのように空気を入れて膨らませる形状であり、しずくのような形「魚類」（孵化したばかりの仔魚のイメージ）は、魚類の観察や採捕、記録活動を示している。葉のような形「植物」（水面にひろがる葉のイメージ）は、植物の観察や採集、記録活動を示している。その他にも、三日月を横にした形「昆虫」（昆虫の頭部や体のイメージ）、円形や三角形「物理環境」（標識板のイメージ）、合わせて4タイプがデザインされている。また、枝部分には、とりあげる事物・事象がその場で確認された頻度（冠水、魚類の産卵等）や体験活動の種類（見る、聴く、触る、嗅ぐ、味わう等）、あるいは、小さなボードを取



写真-4 現場での試作サインの検証



写真-5 サイン

り付け簡単な解説を提示する等、二次情報を示すことができる設えとなっている。サイズや形状については、試作品を用いた検証の機会を設け、視認性や操作性の確認を行った。その結果、ピクトグラムに使用した色の見やすさと見にくさ、大きさに関する改善点が抽出されるとともに、具体的なプロダクトとしての提案も得ることができた。

従来、河川の現場や関連施設に設置されることが多かった一般的なサインに比べると、このサインには以下のような特長がある。

- ①解説文を載せたボードと標識の機能が一緒になったサインではない。主としてサインが標識、ワークシートが解説の役割を担い、状況に合わせてそれらを併用する。
- ②固定型ではないため、プログラム実施時に観察場所の状況に合わせて設置できる。
- ③従来のものでは大掛かりなボードや支柱、固定のための基礎が必要であったが、それらが不要。施工の必要がなく、サインの素材も安価であるためコストも削減できる。
- ④必要な時に限り現地に設置し、普段は学習センターで保管する。容易に取り外せるため、冠水の影響による劣化や紛失の問題もない。

3.2 ワークシート

ワークシートはモジュールの基本的なツールで、プログラム参加者が持ち運びながら利用する紙媒体である。シートには「魚の産卵」「水際植物」「年間の水位変動」など、一つ一つのまとまった話題がイラストや写真を多用してまとめられている。また、現場での体験活動を促し、観察結果等を記録できるよう記入欄に工夫が施されている。これらのワークシートの組み合わせや順序を工夫することで、多様なパターンのプログラムをセットすることができる。調査・研究により得られた知見の更新、地元の情報を適宜反映させることが必要となる自然再生事業の特徴からも、ワークシートはサインよりも情報の更新や修正が容易であり、このような現場に馴染むものと考えられる。はじめに、魚類をテーマにしたプログラムを想定したモジュールとしてワークシート 20 種類を用意した。制作途中には試作品を使った評価の機会を設け、地域住民からは地域固有の生物や伝統行事等の情



写真-6 地域住民による試作ワークシートの検証



写真-7 小学生による試作ワークシートの検証



写真-8 ワークシート

報が追加され、小学生からは使いやすさや内容の表現に関するコメントが得られ、それらを改善点として反映することができた。

3.3 サインとワークシートの併用

フィールドでの調査や学習活動においては、現地で観察ポイントを示す目印が鍵となる。ワークシートだけではその日その日の屋外の自然環境の情報を即座に反映することが困難であるが、サインを併用することで、現地の細かな場所の指定（クリーク水際から1mの場所にヤナギが漂着、クリークと本川の合流点から3m地点でナマズが産卵等）や過去の情報の提示（昨日ここで産卵があった、発芽が見られた、冠水した等）ができ、リアルタイム、あるいはここ数日間に見られた過去の状況を確認しながら観

察活動を行うことが可能となる。サインの種類や位置情報はワークシートにも反映されるよう、プログラムの準備の時点でフィールドに配置したピクトグラムの絵柄をシートの地図上にゴム印やシールで示しておくことで、現場のサインとの連動を図ることができる。

4. おわりに

自然再生事業において、人々が一定の目標に向かって取り組みに参加していく上で、知識や技術の習得や現場体験の蓄積は重要である。したがって、自然の中に存在する情報をどのように捉え、わかりやすく人々へ橋渡ししていくべきかについて検討することは喫緊な課題といえる。

自然解説については、米国では国立公園のインタプリテーションの歴史があり⁸⁾、自然再生事業地においても既にその取り組みは見られる。例えば、ノースクリーク川に復元された氾濫原においては、トレイルとボードウォークによる観察路が設けられ、その随所に事業の概要や進捗に関する解説サインが設置されており、地域の学校の実験や実習の場として活用されるような環境の整備が進んでいる⁹⁾。

本稿でとりあげた手法はアザメの瀬という変動的な環境条件に順応する一つのモデルとして提案したものであるが、質の高いプログラムの実施には、現場の状況を見極めるプログラム実践者の観察力や経験に依る部分も大きい。実践者となる人材の育成もこれからの課題である。また、複雑で捉えにくい題材を表現するツールとしては、ワークシートだけでなく、観察キット、映像等も取り入れていくことも重要であり、それらを駆使しながら適切な複数の方法を組み合わせ、プログラムを補完していくことが不可欠である。今後、本稿で提案したモデルを基にした実践を重ねていくことで、その利点や改善点を明らかにして行きたいと考えている。

参考文献

- 1) 環境省：自然再生推進法自然再生基本方針、2006
- 2) 三島次郎：生態学からの「多自然型川づくり」、桜美林論集、22、pp. 69-83、1995
- 3) 吉富友恭：河川生態系に関する展示の考え方と今後の課題、日本展示学会誌「展示学」、31、pp. 2-7、2001
- 4) 島谷幸宏、今村正史、大塚健司、中山雅史、泊耕一：松浦川におけるアザメの瀬自然再生計画、河川技術論文集、Vol.9、pp.451-456、2003

- 5) 渡辺敦子、鷺谷いづみ：アザメの瀬自然再生事業地周辺地域の水辺環境における生物多様性認識と事業への参加意欲に見られる世代間差、応用生態工学、Vol.9、No.1、pp.31-45、2006
- 6) 川喜田二郎：発想法-創造性開発のために、中央公論社、1967
- 7) Bruce L. Rhoads, David Wilson, Michael Urban, and Edwin Herricks: Interaction Between Scientists and Nonscientists in Community-Based Watershed Management: Emergence of the Concept of Stream Naturalization. Environmental Management Vol.24, No.3, pp. 297-308, 1999
- 8) Grant W. Sharpe, Charles H. Odegaard, and Wenonah F. Sharpe: Park Management. John Wiley & Sons, Inc. 1983
- 9) 一井直子：ノースクリーク川と氾濫原の復元：ミティゲーションを超えた湿地生態系の復元事業について、応用生態工学、Vol.8、No.2、pp.157-164、2006

注1) 検討会は平成13年11月より概ね月一回の頻度で実施されている。

注2) 平成18年度国土交通省九州地方整備局武雄河川事務所委託研究「アザメの瀬の展示解説に関する方法論的研究」(東京学芸大学)。研究代表者は筆者であり、成果物のデザインは、東京学芸大学美術・書道講座、正木賢一准教授と同講座、嶽里永子氏による。

注3) モジュールとは、プログラムを構成する一つ一つの機能的にまとまった部分のことをいう。

吉富友恭*



東京学芸大学環境教育実践施設
准教授，水産博
Dr. Tomoyasu YOSHITOMI

4.2.12 イネ科草本群落の成立と哺乳類の動向 ～特にカヤネズミの移入・定着～

九州大学大学院農学研究院 家畜飼料生産利用学分野

石若礼子・増田泰久・佐藤洋行・木下由子

1. 背景

地球上の多くの生態系において、哺乳類は他の分類群と同様に重要な役割を果たしています。湿地を含む生態系においても同様で、哺乳動物の多くが可能であれば餌場・生息場所・ぬた場として湿地を利用します。アザメの瀬を利用する可能性の高い野生哺乳類の一つに、カヤネズミが挙げられます。カヤネズミはイネ科草本群落に生息する小型の齧歯類で、その特徴的な運動能力はイネ科草本群落の立体的な環境への適応を示しています。また、本種の生息できる環境には、多くの場合ハタネズミ、アカネズミ、ジネズミ、コウベモグラ、翼手類など他の小型哺乳類、およびニホンイタチ・テンといった食肉類も生息できます。

2. 自動撮影

アザメの瀬周辺の林には、アナグマやタヌキ、ノウサギを始めとするたくさんの野生哺乳類が生息していました。これらの哺乳類たちの少なくとも一部は、瀬の植生が回復するにしたがって、少しずつ瀬を利用するようになります。事業地とゴルフ場とのあいだにある林に設置したカメラ C の一日あたりの撮影頻度は、林に沿ってわずかに残っていた水田跡が新たな道路となったのち明らかに低下し、結局その後回復しませんでした。林地西側にわずかに残っていた水田跡が緩衝帯として機能していましたが、アザメの瀬東側の新しい道路の完成に伴って 2004 年 4 月それらが完全に消失した結果、アナグマを含め野生動物の多くが林地内の縁部をあまり利用しなくなったと考えられます。また、同じ林内で 2004 年 7 月までタヌキを始めイノシシ、アナグマが数多く撮影されていたカメラ B では、それまでもっとも多かったタヌキが同年 8 月以降に姿を消し、すべての哺乳類種を合わせた一日あたりの撮影頻度は 2004 年 7 月以前に比べ 1/2 近くに低下しました。タヌキの出産期は 5-6 月で、子を持つ雄の採餌行動がこの時期活発になり、また 10-11 月にその年生まれた子が親から独立、分散することから、2003 年秋および 2004 年 4-5 月におけるタヌキの撮影頻度の上昇はそれぞれ雌の出産および子の分散によるものと考えられます。2004 年 8 月以降、タヌキの撮影頻度はそれらの時期を含めて著しく低下し、7 月以前のものに比べ 1/7 になりました。さらに、2003 年の調査開始以来連続して動物の利用密度を記録してきましたが、2005 年 4 月に初めてヒゼンダニによる疥癬症に感染したタヌキが確認されました。疥癬症のタヌキが撮影されたのはこの年の 4 月から 7 月までで、他の地点で撮影されたタヌキも含めると、この 4 ヶ月間に確認されたのべ 18 個体のうち、11 個体に明らかな疥癬の症状が見られました。この疥癬症は、ヒゼンダニが皮膚の角質層にトンネルを掘り広げ、そこで繁殖を繰り返すもので、猛烈なかゆみを引き起こし、脱毛してやがて皮膚が硬化し、運動機能が衰え、多くは死に至ると言われています。1980 年代初期より感染個体が各地で目立つようになり、地域によっては個体数が激減したところもあります。感染は現在も拡大し続けており、開発や人との過度な接触が原因とされていますが、感染拡大の詳細な原因はわかっていません。アザメの瀬周辺では 2005 年 3 月までにのべ 74 個体が撮影され、うち 35 個体はカメラ B で確認されましたが、いずれも感染の兆候はまったく認められませんでした。この地点では、2004 年 5 月までタヌキが頻繁に行き交っていましたが、

2005 年 4 月に感染個体が認められたのち 5 月の個体を最後に 8 ヶ月間タヌキはまったく確認できていません。ここを利用していた個体の多くは死亡したと考えられます。

事業地とゴルフ場とあいだの林で動物の撮影頻度が下がったのに対し、日ノ高地山に 2004 年 10 月より設置したカメラでは多くの野生哺乳類が撮影されました。ここでは、2004 年 12 月までイノシシが多く撮影されましたが、翌年 3 月以降ノウサギが高い頻度で撮影されました。2005 年 3 月・4 月および 7 月にタヌキが高い頻度で撮影されましたが、ここでも多くのタヌキが疥癬に感染しており、この時期撮影された 10 個体のうち 8 個体に感染が認められました。ゴルフ場とのあいだの林と同様に、感染個体の出現後、感染・非感染を問わずタヌキの撮影頻度は大きく低下しましたが、2005 年 10 月および 2006 年 1 月に再びタヌキが確認できました。

3 年間にわたる調査で、頻度は低いもののキツネがアザメの瀬周辺を利用していることがわかりました。キツネは、ゴルフ場と瀬のあいだにある林の中に設置したカメラのほかに、日ノ高地山でも撮影され、ゴルフ場と瀬のあいだにある林ではタヌキと同様に疥癬に感染した個体が確認されています。また、アナグマのためにカルバート(動物用のトンネル)が設置されましたが、アナグマや他の哺乳類によるカルバートの利用は、結局一度も確認されませんでした。しかし、今後水田跡とその周辺が管理され、カルバートの前後が通りやすくなっていれば、近い将来アナグマが通り道として利用するかもしれません。

3. まとめ

アザメの瀬湿地再生事業の評価研究として、2003 年 5 月より事業地周辺を中心に約 3 年間にわたり野生哺乳類の調査を進めてきました。農業を通じた人と野生動物との関わりに興味があり、この事業は住民参加によって特徴づけられていたため、さまざまな期待を胸に調査を始めたことをよく覚えています。この事業にこのようなかたちで参加でき、保全や自然再生の名の下に野生動物が生息場所を失いうる再生事業の実態を知る非常に貴重な機会を得ることができました。野生哺乳類を通してこの事業を正確に評価するには、さらに調査を継続する必要がありますが、現段階では、この事業が野生哺乳類に対していい効果をもたらしたとはとても言えない状況です。今後は、哺乳類の種間の均衡が崩れ特定の種が増えて、人と野生哺乳類との関係が悪化することのないよう祈るばかりです。

4.2.13 アザメの瀬に関する調査報告 ～主に土壌と植生について～

2004年3月18日

九州大学農学研究院

望月俊宏・中野 豊・大場 憲子

1. 目的

植物は土壌の水分・養分・攪乱、日照条件、刈り取り・採食、踏圧等の様々な影響を受けて、その植生構造は変化する。例えばオオバコ科のオオバコは踏圧に対して非常に強い抵抗性を示すため、圧力が頻繁にかかる地点においてはオオバコが優占すること、タデ科のギンギンは水分が高く肥沃土の高い土壌を好むことなどは良く知られている。すなわち植物の育つ環境とその植生の間には密接な関連がある。

アザメの瀬では下記の要因が植物に大きな影響を与える要因であると考えられる。

- 土壌水分
- 昔の圃場の土壌養分
- 昔の圃場の埋蔵種子
- 土木工事で使用された石灰による土壌のアルカリ化

上記の条件が植物の植生構造に影響を与えると仮定し、土壌条件と植生構造の関連を主として調査を行った。ただし今回の調査時点では、ほとんど松浦川の水が導水されていないため、土壌水分の影響は少ないと判断した。

2. 調査内容

平成15年5月18日に図1に示す1～3、平成15年8月20日に1～7の地点の約5m×5mの枠内の植生を調査した。また、平成15年8月20日にアザメの瀬内の5～7の地点において、深さ5cmおよび30cmの土壌

を採取し、pH、全窒素(N)、カリウム(K)、マグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、全リン酸、可給態リン酸含量を測定した。同時に5～7の地点で優占していたイネ科のイヌビエを採取し、その全窒素、カリウム、マグネシウム、カルシウムを測定した。

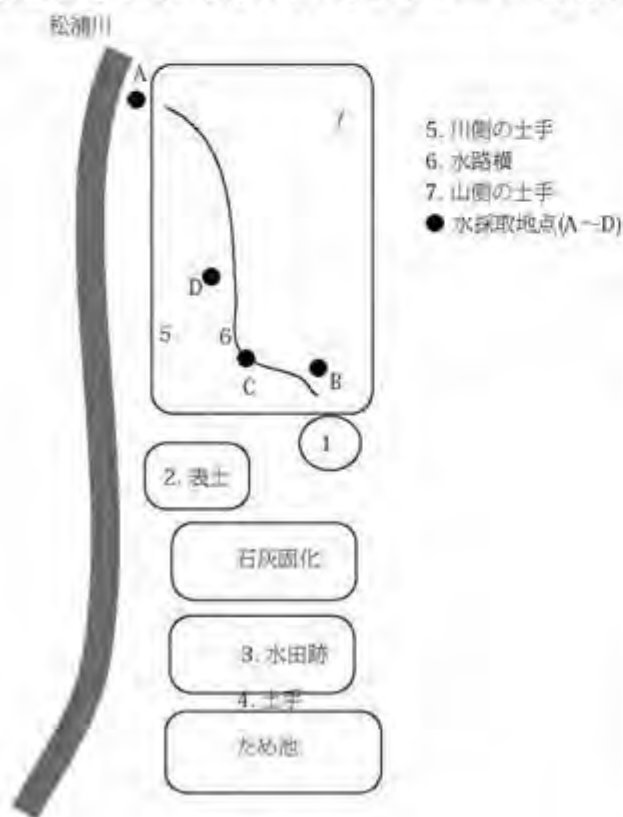


表1 出現した植物の科名と種数

イネ科	19	シソ科	1
キク科	17	イグサ科	1
タデ科	7	ブユ科	1
マメ科	5	ウラボシ科	1
アブラナ科	4	トウモロコシ科	1
バラ科	4	オオバコ科	1
アカバナ科	3	カヤツリグサ科	1
ナデシコ科	2	カタバミ科	1
キツネノマゴ科	2	キキョウ科	1
キンポウゲ科	2	クワ科	1
ヤマノイモ科	2	コバノイシガサ科	1
ゴマノハグサ科	2	アザミ科	1
シソ科	2	ペンタゴネン科	1
セリ科	1	スベリヒユ科	1
ムラサキ科	1	ミミハギ科	1
アカネ科	1	合計	89

図1 調査地点

3. 調査結果と考察

1) 植生

調査地点に出現した植物の科名と種数を表1に、草種の一覧を表2に示した。イネ科が19種と最も多く、17

表2 出現した草種一覧

種名	科名	生育場所	2003.5.28	2003.8.20	種名	科名	生育場所	2003.5.28	2003.8.20
1 アザミ	イネ科	休耕田*			46 シロタローバ	アザミ科	畑地		
2 アザミ	アザミ科	畑地			47 スズキ	イネ科	その他		
3 アザミ	アザミ科	水田			48 スズキ	イネ科	畑地		
4 アザミ	アザミ科	その他*			49 スズキ	イネ科	畑地		
5 アザミ	イネ科	畑地			50 スズキ	イネ科	その他		
6 イ	イネ科	水田・休耕田・水田			51 スズキ	イネ科	畑地		
7 イ	イネ科	畑地			52 スズキ	イネ科	その他		
8 イ	アザミ科	畑地			53 スズキ	イネ科	水田		
9 イ	アザミ科	畑地			54 スズキ	イネ科	水田		
10 イ	アザミ科	畑地			55 スズキ	イネ科	水田		
11 イ	イネ科	水田			56 スズキ	イネ科	畑地		
12 イ	イネ科	畑地			57 スズキ	イネ科	畑地		
13 イ	イネ科	畑地			58 スズキ	イネ科	畑地		
14 イ	イネ科	畑地			59 スズキ	イネ科	畑地		
15 イ	イネ科	畑地			60 スズキ	イネ科	畑地		
16 イ	イネ科	畑地			61 スズキ	イネ科	畑地		
17 イ	イネ科	畑地			62 スズキ	イネ科	畑地		
18 イ	イネ科	畑地			63 スズキ	イネ科	畑地		
19 イ	イネ科	畑地			64 スズキ	イネ科	畑地		
20 イ	イネ科	畑地			65 スズキ	イネ科	畑地		
21 イ	イネ科	畑地			66 スズキ	イネ科	畑地		
22 イ	イネ科	畑地			67 スズキ	イネ科	畑地		
23 イ	イネ科	畑地			68 スズキ	イネ科	畑地		
24 イ	イネ科	畑地			69 スズキ	イネ科	畑地		
25 イ	イネ科	畑地			70 スズキ	イネ科	畑地		
26 イ	イネ科	畑地			71 スズキ	イネ科	畑地		
27 イ	イネ科	畑地			72 スズキ	イネ科	畑地		
28 イ	イネ科	畑地			73 スズキ	イネ科	畑地		
29 イ	イネ科	畑地			74 スズキ	イネ科	畑地		
30 イ	イネ科	畑地			75 スズキ	イネ科	畑地		
31 イ	イネ科	畑地			76 スズキ	イネ科	畑地		
32 イ	イネ科	畑地			77 スズキ	イネ科	畑地		
33 イ	イネ科	畑地			78 スズキ	イネ科	畑地		
34 イ	イネ科	畑地			79 スズキ	イネ科	畑地		
35 イ	イネ科	畑地			80 スズキ	イネ科	畑地		
36 イ	イネ科	畑地			81 スズキ	イネ科	畑地		
37 イ	イネ科	畑地			82 スズキ	イネ科	畑地		
38 イ	イネ科	畑地			83 スズキ	イネ科	畑地		
39 イ	イネ科	畑地			84 スズキ	イネ科	畑地		
40 イ	イネ科	畑地			85 スズキ	イネ科	畑地		
41 イ	イネ科	畑地			86 スズキ	イネ科	畑地		
42 イ	イネ科	畑地			87 スズキ	イネ科	畑地		
43 イ	イネ科	畑地			88 スズキ	イネ科	畑地		
44 イ	イネ科	畑地			89 スズキ	イネ科	畑地		
45 イ	イネ科	畑地							

種のキク科が2番目に多い種数を示した。タデ科、マメ科、アブラナ科、バラ科等の植物が続いた。

また、ミニ雑草図鑑（廣田伸七，全国農村教育協会）および野草図鑑（長田武正，保育社）の分類に従い，その植物が好む環境を「水田」，「水路・休耕田・水湿地」，「畑地」，「その他」等に分類し表2に示した。図2に8月20日の調査結果を，表2の分類に従って調査地点別に図示した。その結果，4. 土手には水田および休耕田・水路を好む草種は全く認められなかった。アザメの瀬内の5～7の調査地点においては水田および休耕田・水路を好む草種が1/3～1/2を占め，特に水田もしくは畑地雑草としてよく知られるイヌビエの生育が顕著であった。これはアザメの瀬に戻された表土中の種子，すなわち以前の圃場中に存在した種子の存在と後述する土壌養分および

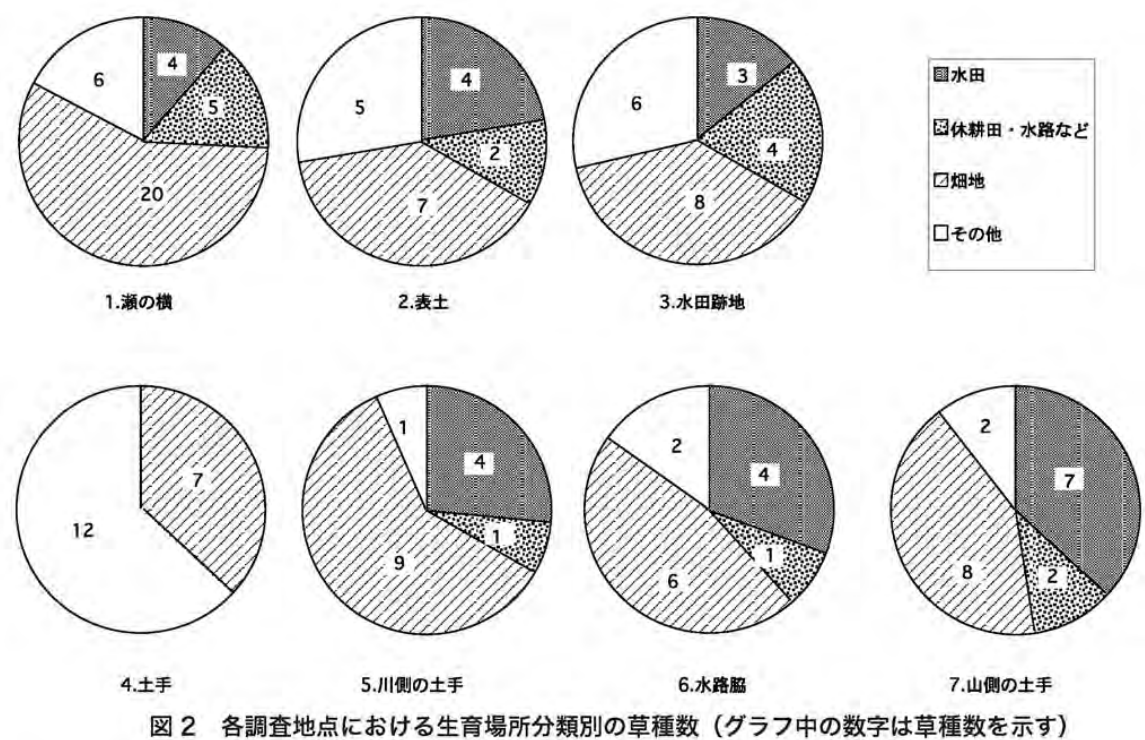


図2 各調査地点における生育場所分類別の草種数（グラフ中の数字は草種数を示す）

土壌 pH の影響が大きいと思われる。

2) 成分分析

図3の写真に示すようにアザメの瀬の表土は工事のため散布された石灰の影響が残っていた。調査地点5～7の土壌の成分分析を行った結果を図4に示した。また土壌の豊否の判定基準の例を表3に示した。

土壌分析の結果は地点7において土壌中の窒素，マグネシウム含量が多く，全リン酸含量が少なかった。地点5

においてはpHが高く，カルシウム含量が高かった。我が国は雨量が多いため陽イオンが溶脱し易く，多くの土壌のpHは酸性側に傾く。地点5の土壌がアルカリを示したのは石灰の影響であると思われる。



図3 アザメの瀬の表土

表3 養分の豊否の判定（「牧草の栄養と施肥」を改変）

区分	全窒素含量(%)	有効態リン酸含量*	置換性カリウム含量*
多	0.4%以上	0.1g以上	0.15g以上
中	0.4～0.1%	0.1～0.02g	0.15～0.08g
少	0.1%以下	0.02g以下	0.08g以下

*乾土1kg当りg

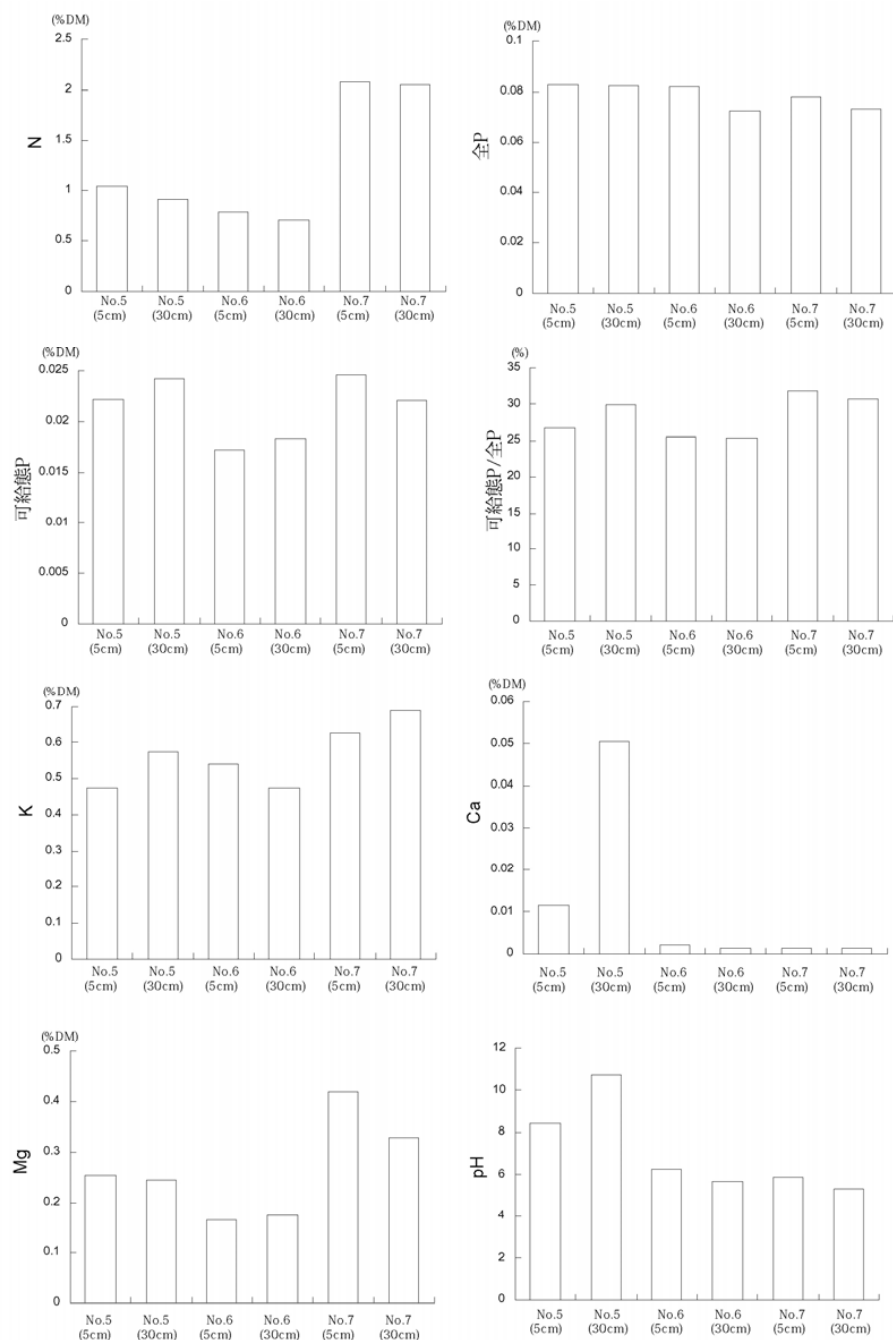


図4 土壌の分析結果

調査地点を全体的に見ても、土壌養分が多く残存しており富栄養化していると思われる。

図5の植物体（イヌビエ）の分析結果では土壌のカルシウム含量の高い地点5において、植物体のカルシウム含量が著しく高い値を示した。

図の6に図1で示した4地点の水の分析結果を示したが、水の成分は変動が大きいため参考にとどめておく。

調査時点でのアザメの瀬は、土壌に以前の圃場の土壌養分が残存、富栄養化し、そこに畑地および水田の雑草であるイヌビエが優占していた。また土壌のアルカリ可も植生に大きな影響を与えたと推測された。

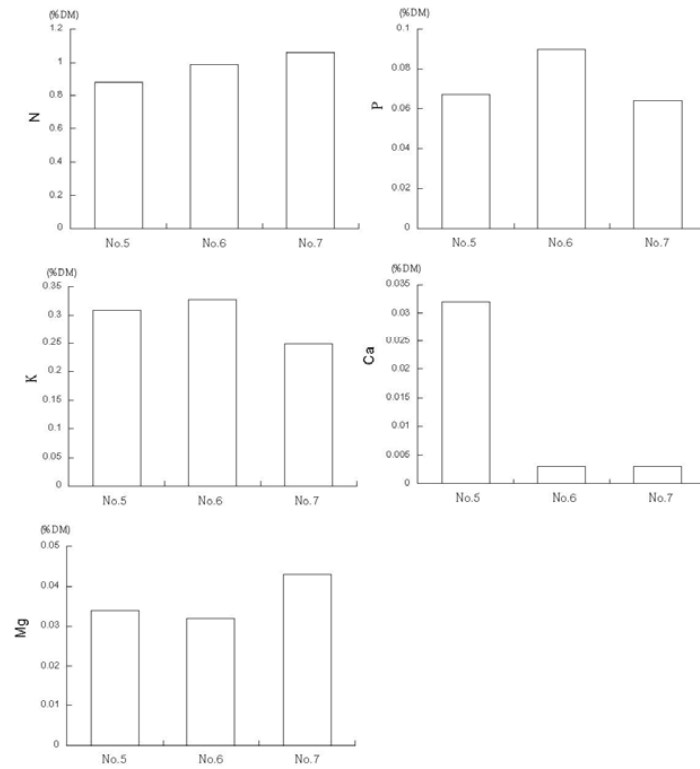


図5 植物体（イヌビエ）の分析結果

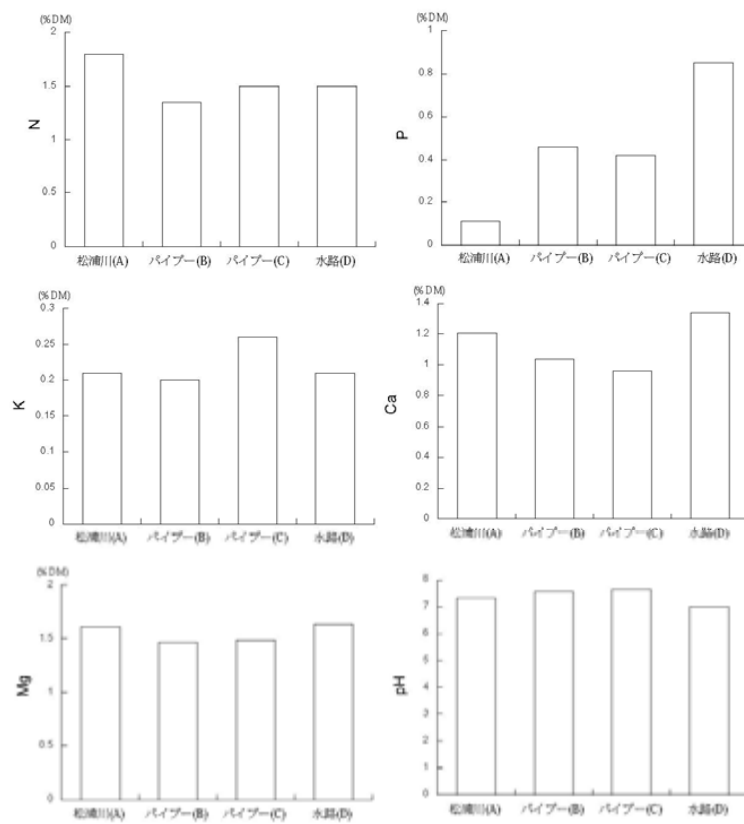


図6 水の分析結果

4.2.14 アザメの瀬に関する調査報告

- アザメの瀬再生過程における土壌養分とバイオマスの評価 -

2005 年 3 月 10 日

九州大学農学研究院

望月俊宏・中野 豊・大場憲子

1. 目的

アザメの瀬における土壌ならびに水の養分は、植生の再生過程に大きな影響を及ぼす。本調査では、造成過程、造成後の土壌・水の養分と植生の再生過程をモニターすることにより以後の再生状況を予測する。

2. 調査内容

平成 16 年 7 月 21 日から 7 月 26 日にかけて植生を調べると共に、土壌および水をサンプリングし、土壌成分と水質の分析を行った。



調査時のアザメの瀬

3. 調査地点



1・4 は、5mx5mの枠を2箇所決め、植物種を調査した。また、枠内の3箇所から5cmおよび30cmの深さの土壌を採種した。1・4では、3回水を採種してpHと電気伝導度を測定した。

4.結果

(1) 植生

各調査地点で観察された植物種は以下の通りである。なお、観察された個体数の多い順に記述し、赤字はそのうち特に多かった種を示している。

調査地点 1

オオアレチノギク優占

1-1

オオアレチノギク、ヒメムカシヨモギ、ギシギシ (結実・枯死)、エノコログサ、イヌタデ、イ、アメリカセンダングサ、イヌガラシ、シロクローバ、イヌビエ、セイタカアワダチソウ、スギナ、ヨモギ、

1-2

オオアレチノギク、ヒメムカシヨモギ、イヌビエ、イヌタデ、ギシギシ (結実・枯死)、カヤツリグサ spp., イタリアンライグラス (枯死)、カズノコグサ (枯死)、イヌガラシ、カモジグサ、エノコログサ、アメリカセンダングサ、キシウスズメノヒエ、ベージュグラス、シロクローバ、メヒシバ、ウラギク。



1-1



1-2

調査地点 2

オオアレチノギク優占

2-1

キシウスズメノヒエ、イヌビエ、イヌタデ、ヨメナ、ギシギシ (結実・枯死)、セリタニソバ、セイタカアワダチソウ、イヌガラシ、チドメグサ、シロクローバ。

2-2

キシウスズメノヒエ、イヌビエ、ギシギシ、オオアレチノギク、タニソバ、セリ、ベージュグラス、イヌタデ、ヨメナ、チドメグサ、オオバコ、ウラギク、イヌガラシ。



2-1



2-2

調査地点 3

イヌビエ優占

3-1

イヌビエ、イヌタデ、エノコログサ、スギナ、ヨモギ、ギシギシ、イヌガラシ、キシュウスズメノヒエ、ホナガイヌビユ、クサネム、アメリカセンダングサ、ウラジロチチコグサ、オオバコ、メヒシバ、ギョウギシバ、オオオナモミ、アキノノゲシ、コメツブツメクサ、シロクローバ、ザクロソウ。

3-2

イヌビエ、キシュウスズメノヒエ、アメリカセンダングサ、ヤハズソウ、イヌタデ、ヨモギ、イヌガラシ、スミレ、スベリヒユ、ケアリタソウ、ザクロソウ、シロクローバ、オオバコ、チドメグサ、ギシギシ、メヒシバ。



3-1



3-2



本地点には造成に伴って施用した石灰が多量に残存していた（上図）。この石灰層に突き当たった植物根は真横に折れ曲がって伸長している（次図）。



ザクロソウ



ケアリタソウ

調査地点 4
イヌビエ優占

4・1

イヌビエ, アメリカセンダングサ, イヌタデ, ケアリタソウ, エノコログサ, タカサブロウ.

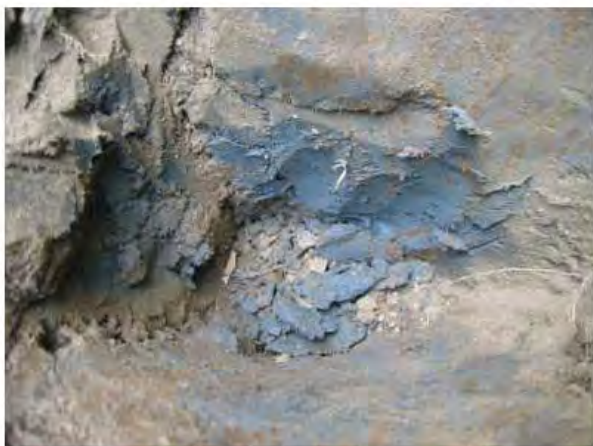
4・2

イヌビエ, イヌタデ, オオクサキビ.



4・1

本地点からは水田土が出土し(4・a,b), 土壌養分量の差が植生に影響していた(4・c,d).



4-a



4-b

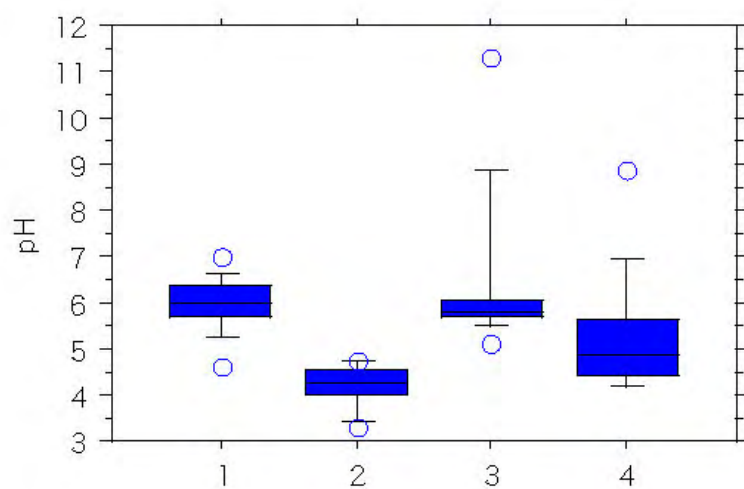


4-c



4-d

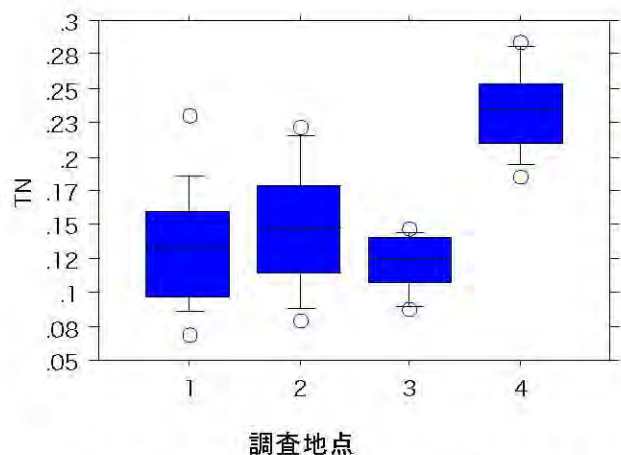
(2) 土壤養分
(2-1) 土壤pH



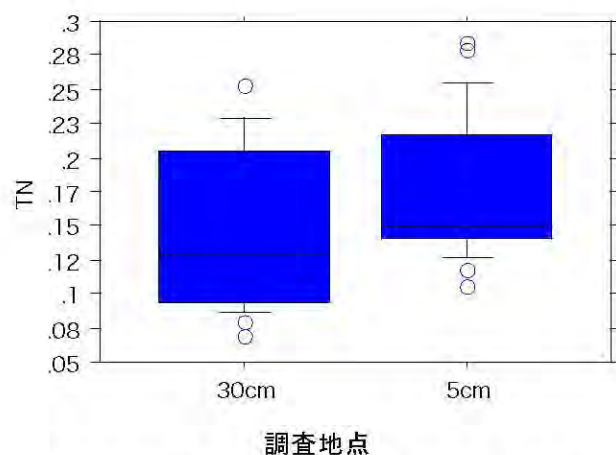
調査地点
第1図 土壤のpH

第1図に示したように、各調査地点における土壌pHの平均値は4.5から6の範囲にあったが、調査地2で特に低い値を示した。また、調査地3および4には著しく高い部分があり、造成時に施用した石灰の影響と考えられた。

(2-2) 総窒素



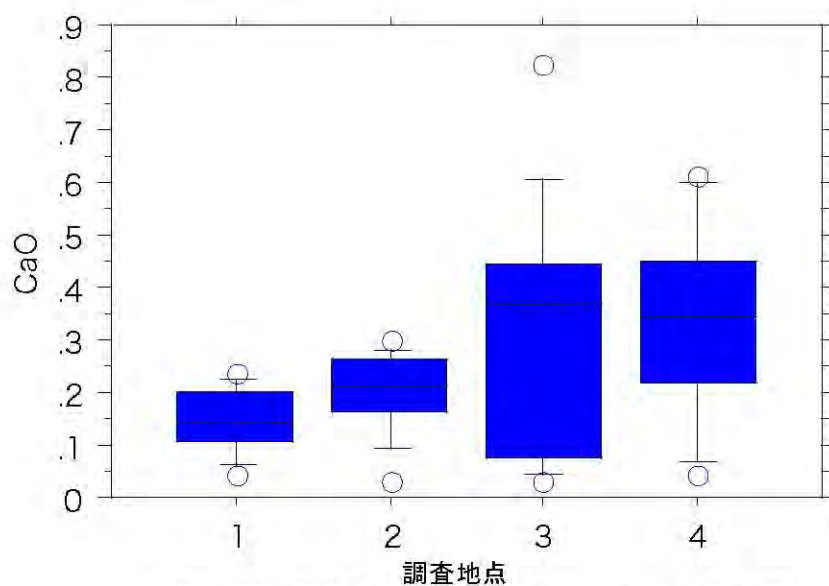
第2図 調査地点別の土壌中総窒素含有量



第3図 深さ別の土壌中総窒素含有量

総窒素含量は調査地点4で有意に高く、水田土残存の影響と考えられた。

(2-3) カルシウム



第4図 調査地点別の土壌中カルシウム含有量

土壌中のカルシウムは調査地 1 および 2 に比べ、3 および 4 で高く、特に調査地 3 で著しく高い地点が認められた。pH の場合と同様、石灰の影響が考えられる。

(3) 水質

第 1 表 採取水の電気伝導度、pH および総窒素含有量

調査地点	導電率 (μ s/cm)	p H	総窒素(ppm)
1	169	7.30	2.2
2	193	7.32	2.7
3	250	10.49	2.6
4	220	7.52	2.9

水質は土壌成分について見た場合と同様に、石灰が残存している地点で p H が著しく高い。また、総窒素量には調査地で差が見られなかったが、何れにおいても高い値を示している。電気伝導度も比較的高く、栄養分の高い水質と言える。

考察

土壌成分、水質は植生に直接的に影響する。石灰の除去が早急に必要であるが、河川、ため池何れからの流入水も栄養分が高く、水田型あるいは都市近郊河川流域型の植生が定着する可能性が高いと考えられる。

4.2.15 松浦川における水質調査

- 主に植生に影響を与える成分について -

九州大学大学院農学研究院 望月俊宏・中野 豊

1. 目的

2005年度はアザメの瀬の掘削工事のため土壌の調査が不可能であった。そのため、アザメの瀬内のクリークおよびその周辺の植生に影響を及ぼすと思われる松浦川の水質の調査を行い、将来の植生管理の基礎データを得ることとした。

2. 調査項目および調査地点

河川の化学成分の供給源は1) 降水、2) 大気中からの降下物、3) 岩石、土壌などの地質的要因、4) 鉱泉、温泉、5) 人間活動による排出物があげられる。これらから供給される成分を基にして、様々な過程を経て、その地点での河川水質が形成されている。河川の水質成分は一般的には水源から流下とともに濃度を増加させていく。

今回の調査においては、pH、ECの他、植物の生育に大きな影響を与えると思われるマグネシウム、カルシウム、カリウムの各陽イオンおよび栄養塩類

の硝酸、リン酸各イオンについて測定を行った。

2006/02/17 調査

pH
EC (電気伝導度)
 Mg^{2+} (マグネシウムイオン)
 Ca^{2+} (カルシウムイオン)
 K^{+} (カリウムイオン)

NO_3^{-} (硝酸イオン)
 $(PO_4)_3^{-}$ (リン酸イオン)

pHの測定は携帯型のpHメーター、ECは掘場製導電率計(型式B-173)を用いて測定した。各種イオンの測定についてはMerck社製リフレクトクアントプラスを用いた。

調査地点一覧を図1に、各調査地点の写真を図2に示した。

唐津湾に近い河口近くからアザメの瀬に向かって溯行し、アザメの瀬を過ぎて、JR肥前長野駅前の手



図1 水質調査地点一覧



図2 各水質調査地点

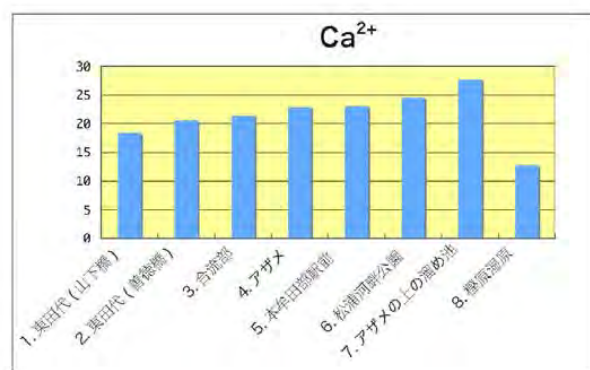
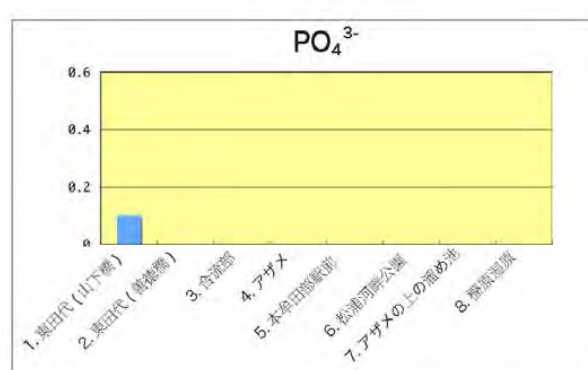
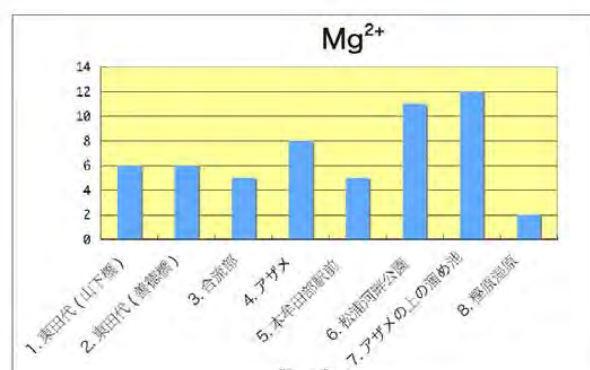
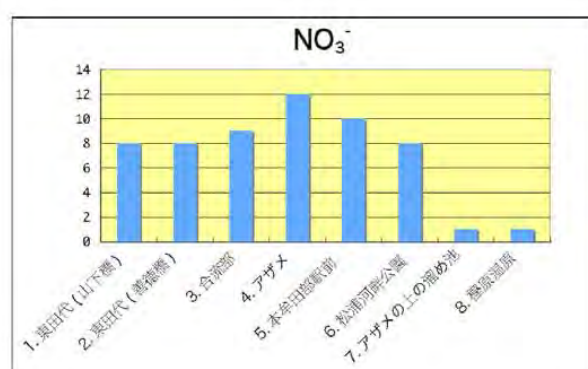
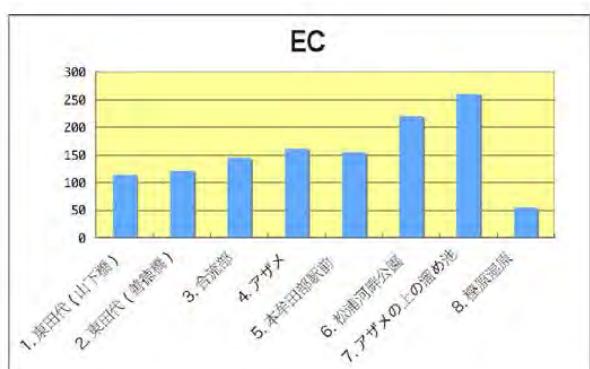
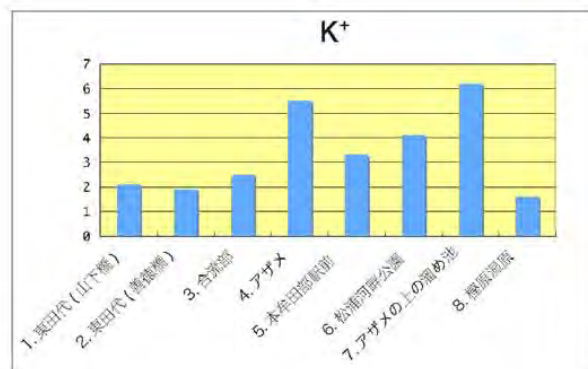
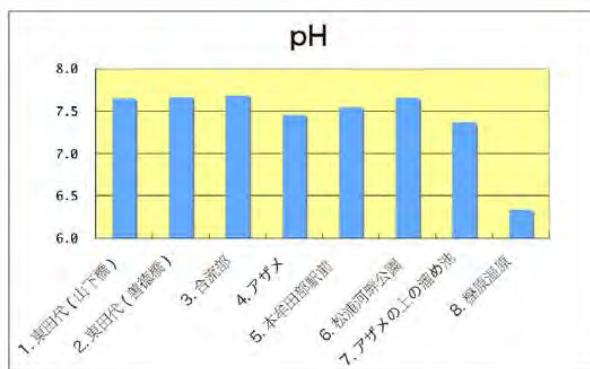


図 3 各水質調査結果

前から大川町東田代の支流を上がった。この辺りは人家が少なく、河川水質に与える人活動の影響が少ないと判断したためである。松浦川における調査地点 6 箇所とアザメの瀬の上の溜め池 1 箇所ならびに参考として桧原湿原の水質について調査した。

松浦川

1. 東田代、山下橋そば
2. 東田代、善徳橋そば
3. 支流と松浦川の合流部
4. アザメの瀬
5. 本牟田部駅前
6. 河口近くの松浦河畔公園そば

松浦川流域

7. アザメの瀬近くのため池

参考

8. 桧原湿原

3. 調査結果

水質の調査結果を図 3 に示した。

[pH] 桧原湿原のみが弱酸性を示し、他の河川水およびため池の水は pH 7.5 の前後の値を示した。

[EC] 溶液に含まれるイオンの総量である。下流に下るに従って EC の濃度が高くなった。桧原湿原の EC は最も低かったが、アザメの瀬の上にあるため池では最も高い値を示した。これは後に示す陽イオンの影響であると思われる。

[Mg^{2+}] マグネシウムイオンは桧原湿原において最も低い値を示し、河口近くおよびため池で高い値を示した。

[Ca^{2+}] 松浦川では下流になるに従って高い値を示した。桧原湿原は最も低い値を示し、ため池は最も高い値を示した。

[K^{+}] アザメの瀬近くおよびため池が最も高い値を示した。桧原湿原は最も低い値を示した。

[NO_3^-] 硝酸態窒素は農地への窒素施肥の影響が大きいと言われる。松浦川ではアザメの瀬辺りで最も高い値を示した。ため池と桧原湿原では低い値となった。

[PO_4^{3-}] 今回の調査地点では最も上流の山下橋付近のみで微量のリン酸イオンが検出された。他の地点では、今回用いた測定法の検出限界 0.1mg/L 以下であった。

今回は 2 月に調査を行ったため、調査地点の水質と周辺の植生を調べることができなかった。しかし図 4 に示す 2005 年の長野川の調査では、EC が $170 \mu\text{S}/\text{cm}$ 程度であり、植生にはイヌビエ、イヌタデ、タニソバ等が多数認められている。EC は水に含まれるイオンの総量を示すため、植生に大きな影響を与えると考えられており、高い EC の値を示す河川では上記のような草種が繁茂する可能性があると思われる。

なお、河川の水質は日内および季節によって変動が激しく、今回の測定だけでは不十分であるため、今後も継続的に測定が必要である。

参考資料

1. 河川の生態学 沖野外輝夫 2002 共立出版
2. だれでもできるやさしい水の調べ方 河辺昌子 1993 合同出版
3. 第 3 版水質調査法 半谷高久・小倉紀雄 1995 丸善
4. 湿原とはどんなものか 岡山理科大学波田研究室
<http://had0.big.ous.ac.jp/~hada/moor/ecology/ecology.htm>



図 4 長野川（加布里，2005）