

## 講演記録

### 「ビオトープ池を活用したお宝探しプロジェクト——5年間の記録」

講師 安島美穂氏 (東京大学保全生態学研究室)  
日時 2007年6月24日 (日)  
場所 藤岡町・遊水池会館



わたらせ未来基金

# 「ビオトープ池を活用したお宝探しプロジェクト——5年間の記録」

講師 安島美穂氏 (東京大学保全生態学研究室)  
日時 2007年6月24日(日)  
場所 藤岡町・遊水池会館

こんにちは、私をご紹介いただきました、もと東京大学保全生態学研究室の安島美穂です。

本日は、わたらせ未来基金、地域の小中高校12校、私たち研究者、それに行政の4者が2001年から2005年まで協力して進めてきた『お宝さがしプロジェクト』と称する「ビオトープ池を活用した、湿地再生のための予備的調査」の結果について、お話しします。

研究は、後藤章さん・荒木佐智子さんと共同で行いました。

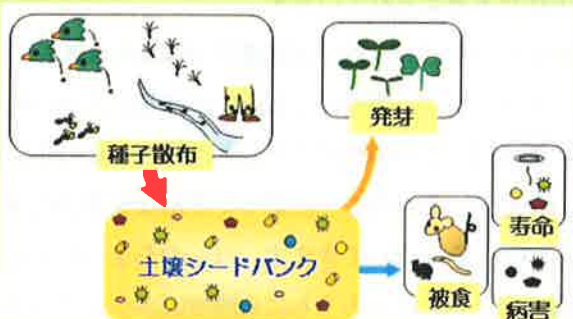
『お宝さがしプロジェクト』の“お宝”とは、土の中に生きた状態で発芽する力をもったままで眠っているタネのことです。私たちは、土をパッと見ても、どんなタネがどれだけ入っているか即座にはわかりません。土は目に見えないタネの入っている宝箱のようなものなのです。そこからどんな植物が出てくるか、宝探しをしようじゃないかと“お宝探しプロジェクト”と名づけました。

## 1 土の中に眠っているタネ 土壌シードバンク

土の中のタネを“シードバンク”、タネが銀行のようにストックされている場所という意味で、シードバンクと呼んでいます。植物にはシードバンクを形成する能力があるものと、全くないものがあります。シードバンク

### 土にねむるタネ — 土壌シードバンク

土壌シードバンクを形成する能力のある植物の中には、数10年から100年以上にわたって、土壌中に種子を残存させるものがある。



をつくる植物の中には、10年とか100年とか長い時間土の中で発芽するチャンスを待っている植物もあります。

どんな植物でも、実ったタネは、鳥が食べたり、風で飛ばされたり、水で流されたり、あるいは動物の毛皮についたりして運ばれ、やがて土の上に落ちます。そしてシードバンクになります。シードバンクとなったタネは、発芽して失われたり、食べられたり、あるいは自らの寿命が発芽のチャンスを得ないままに尽きてしまったり、いろいろな理由で土の中から失われていきます。入ってくるものがあって、失われていくものがある。このように、常にダイナミックに動いているのがシードバンクです。

さて、**シードバンクを調べる**には、なかなか難しい問題があります。土を見ても、あ、このタネもある、このタネもある、という具合に肉眼で見ることにはできません。

1つの方法では、直接取り出して調べます。紙の上に土を薄く広げて、そこからタネを取り出します。これは非常に根気の要る作業で、性格的に向き不向きがあります。そして、大量の土を調べることはなかなかできません。

もう1つの方法は、採ってきた土を芽の出やすい環境に広げて、出てきた芽を調べて中にあるタネを調べる方法です。この方法で最初にシードバンクの調査をしたのが、イギリスのダーウィンです。ダーウィンがこの実験をやったのは、1800年代後半のことですが、現在、8～9割のシードバンク研究者たちがこの方法を採用しています。

これからお話しする内容は、後者の方法で調べました。とても大規模に調べました。

研究されている例でダーウィンは、土をコーヒーカップに入れて窓辺に置いておくという、素敵な実験をしたのですが、今時は、プラスチック製の弁当箱に土を入れて何が出てくるかを調べる。もう少し大規模にする場合は、水の条件を一定に保てるようなところに土を広げて、

何が出てくるかを調べます。大学の研究室では、このような方法で調べています。

いずれにしても、そんなに大規模にできるわけではありませんが、土の中にどんなタネが含まれているか、少しずつわかってきます。そうすると誰でも、このタネは何年前のタネなのか、**タネの年齢**を知りたくなります。かなり昔から、タネは土の中でどのくらい生きるのかに関する研究があります。一番有名なのは、アメリカのビール博士が1879年に瓶の中に砂とタネを入れて伏せておいて、1年後、5年後、10年後、20年後と、順々に中にくいつタネが生きているか、調べた研究があります。ビール博士が亡くなってからも、お弟子さんたちがこれを引き継いでいて、1980年代、実験を始めてから100年後にこれだけのタネが生きていたという論文が発表されています。

このような研究では、ある植物のタネがどれだけの寿命を持っていそうかはわかっても、今この土の中にあるタネの年齢、何年前のタネかはわかりません。

これを知るために、炭素の放射線同位体を使う方法が開発されました。核実験が一番盛んだった1963年頃から、近年の核実験の停止にいたるまでは、炭素の同位体比が急激に変化しました。その変化を利用してタネの中の $^{12}\text{C}$ と $^{14}\text{C}$ の割合がどのくらいであるかをもとに、何年前のものであるかを推定する方法です。これを使って、土の中から取り出したタネの年齢を直接的に調べることができるように、技術的にはなったわけですが(2000年論文)が、その後なかなかこういった研究の成果が出てきていません。なぜなら、お金がかかるからです。土の中には、1歩踏み出した足の下にも何百というタネが入っています。それらの年齢をくまなく調べようとすると想像を絶する莫大な金額を要します。科学的好奇心はあっても、簡単に手の出せる研究ではありません。

ですから、これからの話でも、随分昔のタネじゃないかと推測される事例も報告しますが、実際のところは、よくわからないというのが今の科学の現状です。

## II 自然再生と土壌シードバンク

2003年に、「自然再生推進法」が施行されました。これと前後して、日本各地で失われた自然環境を取り戻していこうとする事業が行なわれています。

ところで、自然再生を行なうには、まず植生——植物の再生が第一段階です。というのも、植物の回復は、これを利用する動物にとって生活の場の再生になるからです。ですから、植生の再生は、自然再生事業全体の基盤といえます。

そこで、**植生の再生方法**が議論になります。すぐ思いつくのは、移植したり、タネを蒔いて増やしたりすることです。でも、これらは手放しでやろうやろうとはいえません。移植では、移植の元——採ってくる元を破壊しかねません。また、同じ種名がついている植物、例えばヨシならヨシといった植物でも、地域ごとに固有性があるので、渡良瀬になくなったからといって、全く別の場所からもってきて、はたしてそれが渡良瀬の自然の再生になるか、という問題があります。さらに、何を植えたらいいか、何を蒔いたらいいか、これを決めるときに、人が1種1種選定していくのも、いくら科学が進んだといってもそうした面の知識が十分に蓄積されているとはいえません。

これに対して、**シードバンクの利用**は、次のような利点があります。まず、地上から失われてしまった植物も、タネとしてその土地にまだ残っている可能性があります。また、自然がもつ、その場で回復していこうとする潜在力を生かしていく方法です。それに、植物の地域の固有性の問題もクリアーできます。その土地に自然に散布されて土の中にたまったものを利用するので、固有性を人為的に乱すことはなくなります。

こうした意味で、シードバンクを用いる方法は、ある土地から失われたものを再生するのに生態学的には最もよい方法だと考えられています。

しかしシードバンクも、万能選手ではありません。まずシードバンクは、場所による違いが非常に大きいものです。例えば、この場所がもともとは畑だったのか、湿地だったのか、そんなことによってどんなタネがたまっているかが大きく違ってきます。ほんのちょっとした場所の違いで、長い年月のうちに来歴要因が少しずつ異なる

ってきて、その結果、シードバンクが大きく異なるものになります。ですから、目に見えない相手ですが、そこにどんなタネがどのくらいの量入っているかを予測するのは、非常に難しいのです。

場所によっては、外来種——外国からきて猛威を振るって、日本の在来の植生を壊してしまうような植物——のタネがたくさんたまっているところもありますが、自然を再生していくときにそのような土を使っても、それは再生にはなりません。

また、土の中にたまっているタネが、芽を出してきちんと生育し花を咲かせ実を結べるような条件を整えてやった後で使わなければ、芽を出しては枯らし、芽を出しては枯らししてしまいます。これでは、大切な資源を枯渇させてしまうことになります。

このように、留意しなければならない点がいろいろあって、事前の準備をしっかりしておく必要があります。どこの土を、どれだけの量、どんなところに使えば、効果的な自然の再生ができるか、きちんと事前調査しておくことが大切です。

そのためには、地上から植物体が失われて時間が経った種類の場合、いくらシードバンクが残っていてもその密度は低くなっていますから、そういう数の少ないものでも検出できる十分な規模の調査が必要です。

また、土の中に含まれているタネは、発芽するためにそれぞれ多様な条件が必要です。それらをなるべく網羅的に検出できる手法も必要です。

さらに、こうした自然再生では、研究者だけでなく、地域の住民の方、そこをいろいろの目的で利用する方々、渡良瀬だったらヨシ業の方や、河川の管理者などいろいろな人が関係してきます。こうしたいろいろな人がその土地の自然再生をどうするのか、同じ土俵で議論していくのですから、誰もが納得できるような、科学的に信頼できるデータを提供できる調査デザインにする必要があります。

### III 渡良瀬遊水池の土でビオトープ作り

これだけのことを、目に見えないものを相手にやっていくのは、なかなか研究者だけではできません。

そこにわたらせ未来基金から提案があって始まったのが、**渡良瀬遊水池の『お宝探しプロジェクト』**です。これは、渡良瀬遊水池の土の中にきっといろいろたくさんのタネが埋まっているだろう、これを自然再生に生かせないだろうか、という発想で始まった取り組みです。渡良瀬遊水池には、ふだん大きなヨシやオギがいっぱい繁って、その下は暗くなっています。こういうところでは、タネは、芽を出してもすぐに枯れてしまうだろうと環境を検知しますので、芽を出さずに土の中でずっと待っているものが多いのです。そうした渡良瀬の土を採ってきて、地域の学校に小さな池をつくります。校庭ですから日当たりがよく、水中から岸辺の乾いたところまでいろいろな水分条件の場所ができます。そういうさまざまな種子が発芽しやすい環境に土を撒き出して、渡良瀬遊水池に眠っているタネを検出しようというのです。学校ですから、かなり大きさもとれて規模は十分です。また、子どもたちと一緒に観察をするなど、教育的にも貢献できます。

以上のようなことから、始まった取り組みです。

**具体的な作業**にかかわるのは、わたらせ未来基金と国土交通省、地域の小中高等学校、それにわれわれ大学の研究室です。

まず、わたらせ未来基金が、“こうした活動があるが、参加しませんか”と、地域の学校に参加の呼びかけをして、活動全体のコーディネイトをしました。“うちでやりたいよー”と、学校が名乗りを上げますと、大学に連絡が来て、どんな大きさの、どんな池をつくろうか。どこから土を採ってこようか相談します。それが決まって国土交通省に連絡すると、国交省が遊水池の土を採ってきて各学校に運んでくれます。ここで、学校の子どもと一緒にビオトープ池を造成します。

池ができた後は、研究者がそこにどんな植物が出てきたか、データを収集します。あるいは、学校で環境学習に使いたいということであれば、わたらせ未来基金や大学のメンバーが指導者としてお手伝いをする、そういうようなことをやってきました。以上が「お宝探しプロジ

ェクト」の概要です。



渡良瀬遊水池の第二調節池内のヨシ群落（ヨシが生い茂っている場所）の地表面から50cmまでの土(佐野高校は200cmまでの土)を採取して調べました。

日本の植物では春に芽生えるものが多いので、芽生える季節に先がけて、毎年冬に池の造成をしてきました。



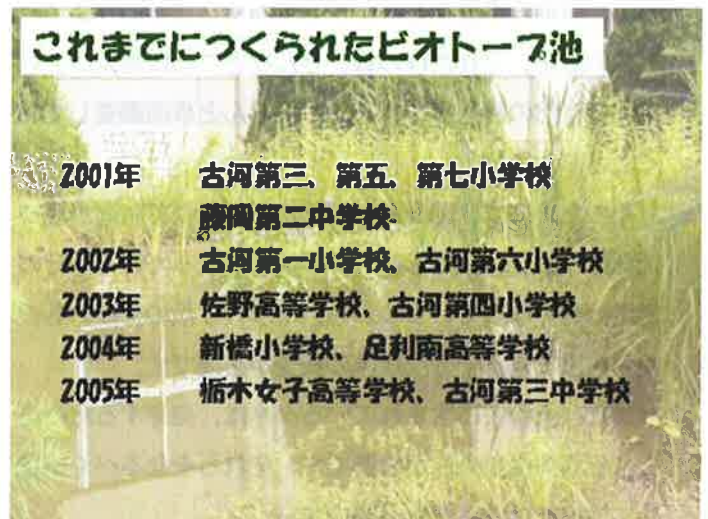
学校では、緩やかな斜面の池の原型を造り、その上にビニールシートを敷き、さらにその上に渡良瀬遊水池から採ってきた土を薄く広げます。この写真は、ビニール

を敷いて、子どもたちが、石や大きな根っこなどを取り除いているところです。それができたら、池の原型の上に15cmの厚さで広げ、水道水を張って水深20cmの池を造ります。1つの池を造るのに丸1日かけています。

春になるとだんだん植物が出てきます。その調査は東大のメンバーが、出てきた芽生えに1つ1つラベルをつけて、何番の植物はどんな植物で、どんな時にいつ出てきたか、を調べていきます。

これまで2001年から2005年までに、最初の年が4校、そのあとに年には2校ずつ、全部で12校が参加してくれました。

最初できたばかりは、水溜りという感じですが、6月ごろになると緑が目立ってきます。8月にもなると、緑がわーっと繁ってきます。



#### 調査結果と考察

(1) 実施した12校で種子が発芽したことによって出てきた植物が147種類確認されました。学校ごとにみると、29種類から86種類までばらつきがあります。その中には、池ができた後から、よそから風などで飛んできて芽生えたものもありますが、土の中に眠っていた種が発芽したのだらうと考えられるのが135種類、大変な数です。

問題はその135種類の中身です。そのうち129種類が在来の、日本本来の、湿地や空き地や畑などに出てくる植物でした。なじみのある植物、スマレやタネツケバナなどです。

心配されたのは外来種ですが、これは非常に少なかったのです。出てきたのはアメリカアゼナ、セイタカアワダチソウなどですが、量的にはごく少ないものでした。

## ビオトープ池に出現が確認された種

### 池の造成から1年目について

- 種子が発芽したことによって出現した植物の種類：  
実施12校で**147種**（各校29種～86種）
- シードバンク由来と考えられる植物の種類：  
147種中**135種**（各校22種～60種）
- 在来種：135種中**129種**  
湿地や畑地などの植物が中心。  
アゼナルコ、タネツケバナ、トキワハゼ、ハナイバナ、  
マツカサススキ、ミコシガヤ、アゼナ、タコノアシ、  
ツボスミレ、ヒメヨモギなど
- 外来種：135種中**6種**  
アメリカアゼナ、セイタカアワダチソウ、コバネキジムシロ、  
キクイモ、コニシキソウ、シロツメクサ

(2) 特徴として、日本全国レベルで絶滅が心配されている植物、レッドデータブックにリストアップされている植物が13種類出てきました。ミズアオイやシャジクモなどです。

もう1つ注目すべきなのは沈水植物、水の中に体を完全に沈めて生活している水草です。渡良瀬遊水池は、現在乾燥化が進んでいて、かつてあった赤麻沼のような池沼が消滅し、比較的乾いた湿地が多くなっていることが1つの問題として指摘されています。それに伴って沈水植物も随分減ってしまいました。ですから水草類の再生も1つの目標に上がると思いますが、その沈水植物も種類が分かったものだけでも8種類ありました。ダンプやパワーショベルが乗っても大丈夫なような乾いた場所でも、こういった水草が8種類も残っていることがわかりました。

全体としてみると、在来の湿生植物を主体とする非常に豊かなシードバンクが形成されているといえます。

絶滅危惧植物の写真を並べてみました。どんなものがあるかといいますと、多くは今も、渡良瀬遊水池には生育しているものです。これらの植物がシードバンクをつくっているということがわかっただけでも、日本の自然を守っていく上で、貴重な知識になります。

(3) この135種類の植物がどのくらいの頻度で出てきたか、12校中何校で出てきたかを表したのがこのグラフです。例えば、アゼナルコというスゲの仲間の植物は、12校、どの学校にも必ず出てきました。このようにグラフの左のほうにある植物は、どこの土を掘っても、この植物自体が地上に生えていようがいまいが、まず確実に出てくる、ということがいえます。代表的なものでは、アゼナルコ、タコノアシとシャジクモは絶滅危機植物ですが、渡良瀬の土に関しては、どこを掘っても高い確率で出てくるようです。これらの植物は確実にシードバンクをつくっているといえそうです。他にも、ミコシガヤやマツカサススキも非常によくできてきます。

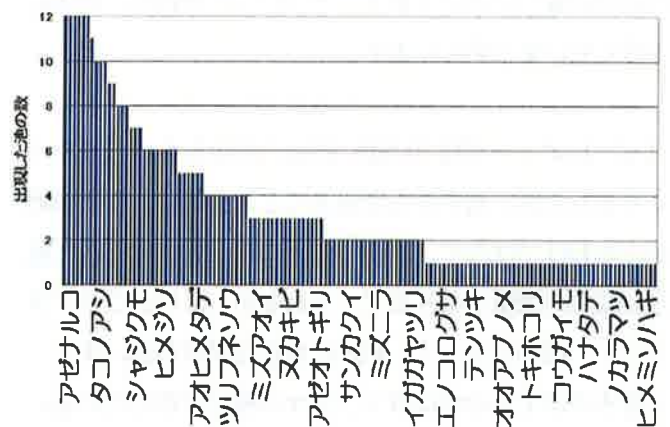


図1. 種による各池の出現頻度の違い

(横軸の種名は、その頻度における代表的な種を記した。)

こうしたシードバンクの常連さんがいる一方で、このグラフの形を見ると、非常に長く尾を引く形になっています。これは、12校で池を造っても、そのうちの1校か2校でしか出てこない種類が全体の約半分を占めることを意味します。その中には、ミズニラ、オオアブノメ、トキホコリといった絶滅危惧種やコウガイモのような沈

## 特徴的な出現種

### ●絶滅危惧植物：13種

シャジクモ、ナガホノフラスコモ、ミズニラ、ミズアオイ、タコノアシ、コツブヌマハリイ、ハナムグラ、ヌマアゼスゲ、ノカラムツ、オオアブノメ、トキホコリ、アゼオトギリ、ミソコウジュ



### ●沈水植物：8種

シャジクモ、ナガホノフラスコモ、ミルフラスコモ、セイロンフラスコモ、ホソバフラスコモ、モリオカフラスコモ、ミズニラ、コウガイモ



在来の湿性植物を主体とする豊かなシードバンク

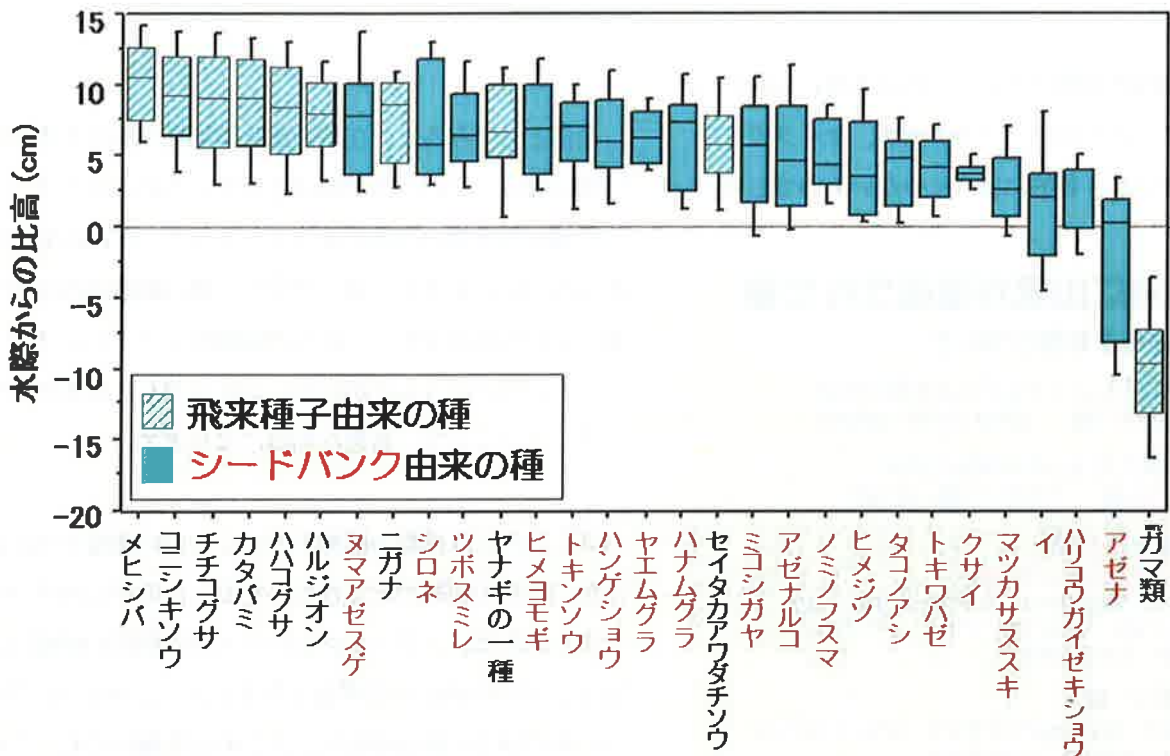


図2. 水際からの比高の違い（水分環境の違い）による植物の出現の有無の違い（藤岡第2中学校の例）

水植物も含まれています。約半数のものはポツン、ポツンと偶発的に出てきます。ですから、たくさん調べれば調べるほど、種類は増えて、稀に出てくるものも拾い上げることができるわけです。しかし、これらの種類は、どこの土にその植物のタネが含まれるのかを予測するのは非常に難しいといえます。そういった植物が、全体の半分くらいを占めています。

(4) ビオトープ池では緩い斜面の岸边をもった池をつくりましたが、水中から岸边までどこも同じように植物が出るわけではなく、植物それぞれに、ちょうど適した水分環境の場所があります。それを示したのがこのグラフです。植物によって、微妙に好きな場所が違います。一番水中が好きなのはガマ、ガマの穂はご存じだと思いますが、ガマ類はみんな水中に出てきます。それから、ちょうど水際に当たるところが得意なのはアゼナ、イ(イグサ)など。もうちょっと乾いたところがいいという仲間もいます。それからいわゆる「雑草」といわれるようなもの、コシキソウとかカタバミとかハハコグサ、ハルジオンのようなものは、かなり乾いたところが好きです。植物ごとに、どんなところに芽が出てくるかを調べれば、目標とする植物を再生させるには、どのような場所を用意しなければならないかを知る手がかりになります。

種類別に見ますと、ハナイバナ(ワスレナグサの仲間)は陸上が好きで、水中もちょっとは出ますがあまり得意ではないようです。トキワハゼは陸上、水際まではゆきますがちょっと水を被ると全然だめです。このように、種類ごとにどんなところがよいか、かなり詳細にわかってきます。このようなことは、ビオトープ池調査の1つの大きな成果です。目標とする植物を再生させるためには、どんな環境を用意しなければならないか、がわかるからです。

最初はどこに芽を出したかですが、2年目、3年目になると、前年に出た植物が勢力を拡大していき、得意な場所がかなり際立ってきます。ここにイラストを描きましたが、水の中にはガマが生えて、ミズアオイが生えて、それから沈水植物がいます。ちょっとあがってくると、いろいろと種類が帯状に変わってることがはっきりとわかります。

このような年を経た植生の発達の様子は、実際に渡良瀬遊水池などでシードバンクを用いて植生再生をしたときに、何が出るかだけでなく、その後どのような植生が発達するかを予測するための小さな実験の場所としてとらえることもできます。

もう1つ、ビオトープ池の重要な機能があります。出

現した植物のほとんどが、絶滅危惧植物も含めて、その池で維持されていて、そこで開花・結実しました。土の中に低い密度であったタネがたまたま拾い上げられて出てきたものもビオトープ池の中で花を咲かせて、実が結ばれると、たった1個しかなかったタネも、何十個、何百個と増やしていくことができます。つまり、渡良瀬の固有性をもった植物を増やし、それをストック・保管しておけるのもビオトープ池の重要な機能の1つということができます。

(5) **佐野高校での実践例** 佐野高校では、非常に条件がよくて、3.5×10m という大きな池ができました。折角大きな池ができたのだから、地下50cm までの土だけではなく、もっと深いところの土まで調べることになりました。50cm 刻みに4層の土、つまり0~50cm・50~100cm・100~150cm・150~200cmの土を、池を4つのエリアに分けて、撒き出すという方法を試みました。

(映像を見ながら)これがちょうど今ごろ、6月ごろの写真ですが、この手前側が地表面から50cm までの土を撒いたところでした。そこから奥の方に、1m、1.5m、2m となります。一見して、植物の量が違っているのが写真から見て取れると思います。

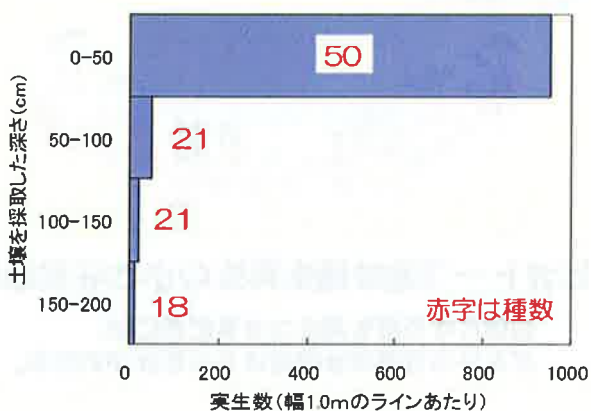


図3. 土壌を採取した深さごとの発生実生数と出現種数 (佐野高校における実験例)

この棒グラフが、実際に出てきた芽生えの数です。ここに赤い字で書いてあるのが、何種類の植物が出てきたかですが、圧倒的に、地表から50cm までの土に多くのタネが含まれていることがわかります。深いところにゆ

くと、急激に数が少なくなります。ですから、深いところの土を使って植生再生をしようという場合は、すぐに緑に覆われるということにはなりません。芽が出て、ポツン、ポツンとしか出てこないでしょう。まずは植生を早期に回復させようという場合には、地表面の土を使った方がいいということがいえそうです。

その一方で、深いところから出てくるものには、変りものもあります。ここで代表選手にあげたのがコウガイモ、シヤジクモといった沈水植物ですが、この土では、100~150cmの深さからだけ出てきました。深いところの土には、数は少ないけれども、面白いものが含まれている可能性があります。この土を採ったところは、むかし石川沼という沼があったところでした。この調査では、出てきたといっても1個体とか、数個体とかですので、科学的に明確な結論づけをするわけにはいきませんが、もしかしたら過去に沼があった頃の湖底が今の地下1m 付近にあって、そのころにできたタネが芽生えてきたのかなあと、想像を膨らませることはできます。これはもうロマンの世界ですが。この想像をより確実にしていくために、データを蓄積していきたいという思いをかき立てられるような情報が得られたわけです。

何をどうやって再生していくか考えてみます。地表面の土を使えば、この夏にはぱっと緑に覆われるという結果が得られます。けれども、深いところで昔、生産されて今はもうすっかりなくなってしまったもの、そういう植物を再生させる可能性にかけてみたいという思いもあります。ですから、両方を試してみるには、例えばシマシマに土を撒き出してみたらとか、いろんなデザインが考えられます。佐野高校の例は、実際に事業をすすめるにあたり、そういったアイデアを出すための1つの情報になるかと思います。

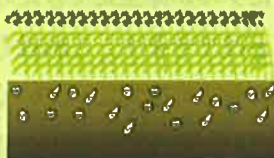


#### Ⅳ ビオトープ池を活用したお宝探し まとめ

渡良瀬遊水池の土壌中には、在来湿生植物を中心とする豊かなシードバンクが残されていました。その中には絶滅危惧植物や、渡良瀬遊水池では限られたところにしか生育していない沈水植物の種子も検出できました。ということは、渡良瀬遊水池の土の中には、“お宝”と呼ぶべき植物の種子がまだまだたくさん残っていることを意味します。ここの湿地を、より豊かな植生に再生するために、シードバンクはおおいに活用できることがわかりました。

##### まとめ 1

- 渡良瀬遊水池の土壌中には、在来の湿生植物を中心とする豊かなシードバンクがあった。
- 絶滅危惧種や、渡良瀬遊水池では限られたところにしか生育していない沈水植物の種子も検出できた。



渡良瀬遊水池の土壌には、**まだまだお宝がいっぱい!**

**より豊かな湿地植生を再生するために大いに活用できる**

- しかし、ビオトープ池にでてきた種の多くは、個体数が少なく、出現の予測が難しかった。

ただその一方で、ビオトープ池に出てきた種の多くは、個体数がとても少なく、どこの土を採れば何が出てくるのかという予測が非常に難しいこともわかりました。

ですが、各学校では1年目、2年目に花が咲いて実を結んだことも明らかになりました。遊水池のたった1つの種子しか残っていなくても、ビオトープ池で増やすことができたわけです。このことは、**ビオトープ池がタネの保管庫**になって、実際に遊水池でこの植物を増やそうというようなことになった時に、ビオトープの土を撒き出すことで、またそこから植物を再生させられる可能性を持つことを意味します。

##### まとめ 2

- 1年目、2年目ともに、ほとんどの種類が開花・結実。



渡良瀬遊水池には、たった1つしか種子が残っていなくても、



ビオトープ池で開花・結実すれば、何十倍、何百倍に増やすことができる!



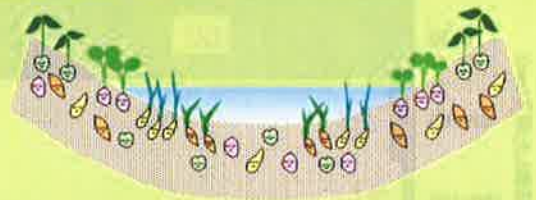
学校ビオトープ池

**ビオトープ池は、タネの「保管庫」**

また、これまで調査したビオトープ池では、年を経るごとに湿地らしい植生が発達しました。このことは、**ビオトープ池は「自然の湿地植生を再生するための小さな実験の場所」**、そういった機能も持つともいえます。さらに、**目標とする植物を再生させるためには、どんな水分環境を用意すればよいか、実験で確かめることができる**という機能も持ちます。

##### まとめ 3

- 水分環境に応じて多様な種が出現し、水辺の移行帯らしい植生が発達した。



**ビオトープ池は植生再生の小さな実験場**

**目標とする種を再生させるためには、どんな水分環境を用意するべきかがわかる。**

#### Ⅴ その他の成果

私たちの研究からは、こうした成果が得られましたが、成果はその他にもあります。

**ビオトープ池は生物多様性を維持する**

1つは、いままでは植物の話をしてきましたが、ビオトープ池にやってきたのは植物だけではなく、