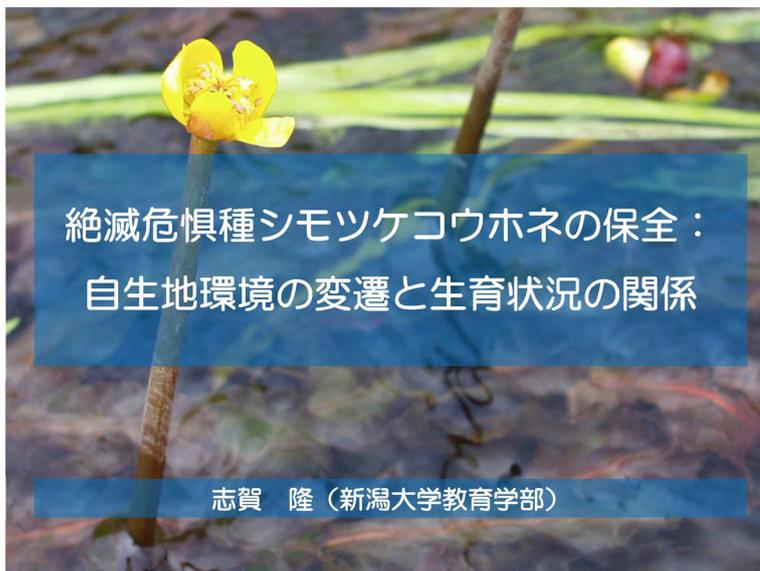


【志賀】 新潟大学教育学部の志賀です。よろしくお願いします。

前の二人の発表が、それまでの研究を全て網羅したようなすばらしい発表だったのに比べて、僕は湧水に関係するような研究を紹介すればいいのかなと思って、1つだけ内容、話を持ってきたという形です。

僕は、記載したシモツケコウホネ、栃木県に生えている植物についてやった保全の事例についてちょっと紹介します。自己紹介も最初入れていなかったのですが、お二人の発表を聞いていて、今、追加しました。



私、植物分類学と保全生物学が一応専門で、生まれは新潟県なんですが、大学院は神戸大学というところに行っていて、角野先生という水草の専門家のところで学位を取得しました。その後、大阪にある自然史博物館という博物館で6年か7年ですか、植物の学芸員をしていて、水草の分類とか以外にも、近畿の植物がどこに生えているんだとかいうのを調べたりしていました。メインの仕事としては、水生植物の分類とその進化について、先ほど発表された東城先生と同じような、手法は似ていて、分類なので、分子マーカーを使って調べたりとか、そういうことをしたり、あとは、水生植物は絶滅しそうなのがとても多いので、どうやったら残せるのかというのを実際現地へ入って研究するというようなことをやっています。あとは、今、新潟大学に勤めていますので、新潟、水草以外の植物もたくさんいますけれども、どういうふうに、どの植物がどこに分布しているのかというのを調べたりというのをしています。ベーシックな仕事としては。

【加藤】 大阪は谷田さんと入れ違いですね。

【志賀】 大阪は、そう、博物館にいたときは、谷田さんは友の会の会長さんというか、副会長さんみたいな感じで、とってもお世話になっていて。

【加藤】 館長になられてからは。

【志賀】 僕が出た後に来られて、館長になりました。でも、この前も、博物館によく行っているんで、つい2カ月前も谷田さんと飲んだばかりです。

きょう話をする水草なんですけれども、一応定義はあって、いわゆる水草というのは、一生のうちのある一時期に必ず水中環境を必要とする植物ということで、例えば、種から発芽するのに水の中に沈めないとだめだとか、花粉を雌しべに運ぶためには水の流れを使わないとできないであるとか、そういうような水を媒介としていないと生活環が回らないというのを水草といいます。それ以外の、一時的に水の中へ水没しても生きていくことができるというようなものというのは、湿地性の植物、湿性植物というので分けるというような定義があります。なので、水生植物というのは、ある生物の一系統というものを表わしているものではなくて、当たり前ですが、いろんなシダ植物にもいますし、被子植物にもいます。単子葉の仲間もいれば、真正双子葉のやつもいると、いろんな系統で発生してきているグループと言うことができます。

水草を研究している理由なんですけど、分類をやっているのでそうなんですけど、分類が曖昧なものはとても多いというのがあるので、それをやっているというのと、あとは、生態がとてもおもしろくて、今、異形葉性といって、柿田川ではよく見ることができると思うんですけど、水の中だとワカメみたいな葉っぱをしているんだけど、水の上に上がると固い葉っぱをつけるというような異形葉性って、異なるタイプの葉っぱをつくるというのをやっていたんですね。あと、クローン繁殖というのは、すごい活発に水生植物というのは行います。これは浮き草ですけど、浮き草だと1日に3倍ぐらいずつ増えていくとか、そういうのがあったりするので、数日で田んぼ1枚が浮き草だらけになったりするのはよくあると思うんですけども、非常に旺盛なクローン繁殖をするというのはあったりします。

あとは、これは保全的な話ですけど、やっぱり絶滅危惧種というのが非常に多くて、学術的な知見に基づく保全というのをどうしたらいいのかというのが社会的な要求としてはあるので、それに何とかしてこたえたいというのはあったりします。これはため池で、護岸されたら何もなくなりますとかいうのがあったりとか、これはわかりやすい例だったりとか、いい池だったりすると、これは北海道の写真ですけど、とてもきれいな水だったのが、

近くにキャンプ場ができれば、アオコがわいても木も絶え絶えとか、そういうのはよくある話です。

そういうのはあるんですが、不まじめな理由としては、やっぱり水草はとても美しくてきれいだなというのがあって、これは東南アジアで撮ったスイレンの写真とかですし、いろんなところへ行って水草の調査をしています。日本の山奥へ行ったりとか、ロシアのほうへ行ってみたりとか、中国へ行ったり、カンボジアへ行ったりとか、そういうのをしている、そういう話もできたらいいかなと思ったんですが、きょうはわき水の話をして。

それで、調査の仕方としては、東城先生と似たような感じで、現地へ行って生態調査と環境調査、あと標本採集してDNAを調べて、栽培とかしたりするというような、オーソドックスだと思うんですけども、そういうような方法です。

あとは、分類ですので、過去採られた標本を実際に精査して、これと昔の言っているものと同じなのか違うのかというのを検討して、やっぱり新種だとか、同種だとかいうのを議論したりとか、分布がどう変わってきたのかというのを標本ベースで調べたりとか、そういうのもしています。

きょうの話なんですけど、その中でも保全に関わるような話をします。

水生植物の減少の要因としては、先ほどの写真でもちょっと言いましたけれども、ため池とか河川の改修工事というのがやっぱり第一に非常に大きくて、根こそぎそれで取り除かれてしまうとかいうのが非常に大きかったりします。

あとは、水質の悪化というのもありまして、非常に水草というのは水質の変化に敏感です。その話は、きょう、後ろのほうでちょっと話をするんですけども、高度経済成長期からかなり減ってきているというデータも実際あるんですけども、水質の悪化というのは効いていると。例えば、これがそうですね。これは北海道の達古武沼という沼ですけども、そこは近くにキャンプ場ができたり、ホテルがあつたりするんですが、そこから汚水が流れたりして、大分富栄養化していると。

あとは、農業の方法の仕方が変わったというのもかなり大きくて、田んぼには、もともとはイネと生育のパターンがよく似た雑草というか、水草がすごい息づいていたんですけども、イネだけを育てるという方法に今変わっていますから、イネ以外の水草はみんな駆逐されるような、いろんな方法を頑張って、除草剤をまいたりとか、冬は水を抜くとやると、冬も湛水していないとだめなような水草というのは、それで消えたりとか、そういうようなのが起こりました。

あとは、外来種、これは柿田川でも問題になっていますが、最近海外から入ってきた外来の水草というのが非常に旺盛に繁茂していて、日本の水草を駆逐するということがよく起こります。これはきょうお話ししますが、何でもかという、多くの外来の水草というのは、1年中繁茂していることが多くて、コカナダモとかもそうなんです、冬、枯れないんですね。日本の水草とかというのは、大体奥ゆかしくて、冬になったら、もう今年はやめようとお休みして、春になったら頑張ろうかなとなるんですが、外来種は、もう春から冬までずっと頑張っておられて、日本の人たちが芽を出そうとするころには、もう外来種が上を覆い尽くして、もうだめだとなるのが多いという感じです。

水草の減少要因

- 改修工事
→根こそぎ取り除かれる
- 水質悪化
→水質の変化に敏感
- 農作業方法の変化
→乾田化で減少
- 外来種
→外来種に駆逐される
- 乱獲

水草の約26% (78種) が
絶滅危惧種 (A類~E類)



これはその一例なんですけど、周りを覆っているのがコカナダモという植物で、ここにはヒメコウホネという僕が研究していた植物で、日本に10産地ぐらしかなくて、これは一番でかい群落だったんですけど、もう2~3株しかないみたい。もう覆われていて、芽が出せないような状態になっています。大変な感じですね。こういうところが結構日本に増えています。

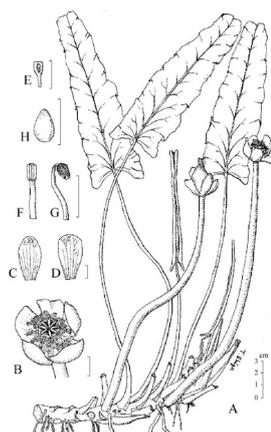
あとは乱獲というのもあって、水草の中には、やっぱり流通していたりするのもあったりするんですが、それを根こそぎ持っていく業者とかもいて、今回、そこは話さないんですけど、僕が名前を付けた植物だと、1株6,000円とか7,000円とかで取り引きされたりしていて、もうショベルカーで取っていくとか、そういうようなことをしたりするようなこともあって、消えたりというのもやっぱり起こります。

日本の水草のうちの約26%、30%程度が絶滅危惧種であるというふうになっています。これは危惧種という2類という厳しい範囲でとると、それぐらいなんですけど、準絶

滅危惧種とか、もう少し緩い範囲までとると、かなり、40%以上というか、それぐらいの割合というのがもう絶滅が危惧される、それに準ずるような状態になっていると言われています。

その中のうちの、きょうは1つの事例の保全の話をするんですけども、これはシモツケコウホネといって、栃木県に固有のコウホネ属というスイレン科の植物のお話です。こんな植物で、スイレンの仲間なので、普通は水の上に抜き出る固い葉っぱのことを抽水葉というんですけど、そういうのをつけるんですけど、この植物はそういうのをつけないのが特徴で、ワカメみたいな葉っぱしかつけないというような形ですね。で、花を水面から上げるというような特徴を持っています。

シモツケコウホネ *Nuphar submersa*



こんなので、栃木県のみ分布するというのが、いろいろ研究してみてわかって、栽培実験とかもしてみると、浮葉というのはほとんどつくらなくて、完全に水の中に沈んでいる状態で生きている植物だというのがわかってきて、新種として記載しました。

それで、こんなやつで、これはクローン繁殖をよくするんですけども、こっちが先端ですね。1年に1回ぐらいずつ分枝するという形で。だから、これは根茎といって、茎なんですけど、これは3年分ぐらいなんですけど、毎年1本ぐらいずつ枝分かれして、今現在ここに伸びているのかなというのがわかります。こんな感じ。



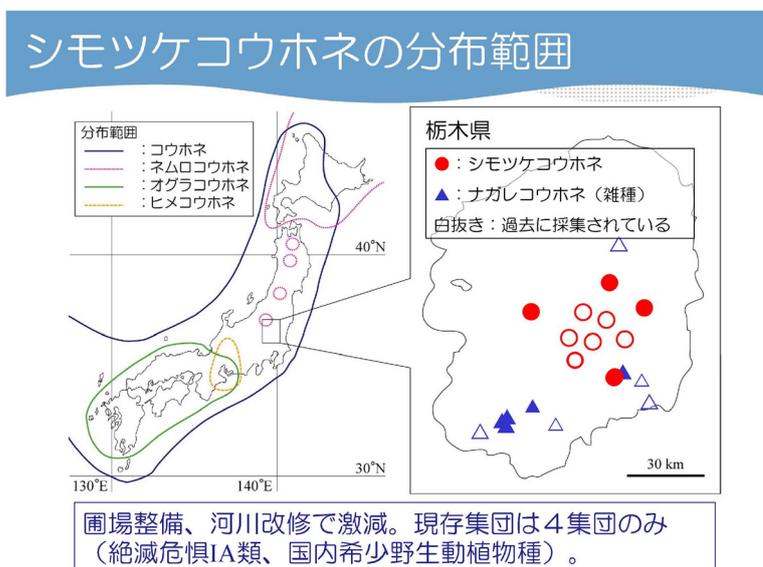
昔は、栃木県の中南部にかけて分布していたということがわかっていて、このプロットは、赤丸がシモツケコウホネで、三角形のやつは、シモツケコウホネとコウホネの雑種ができるんですけど、雑種が分布しているところ、色が抜かれているのが、もう絶滅してしまった集団です。本当はもっとここにプロットがたくさん落ちるんですけど、現状では、今、4つの集団しか残っていないという形になっています。今は絶滅危惧の I A 類に指定されて、国内希少野生動植物種に指定されているというふうな形になっています。

どんなところに生えているかというところ、これは栃木県の日光市の水路なんですけれども、これは隣にもう田んぼがあるようなところで、これが一番でっかい群落です。だから、40メートルの長さぐらいで、幅1メートルぐらいのところに生えているのが、僕が調査を始めた時点では、これが一番でかい群落で、ここを保全整備するからこれは駆除していいかという質問が来たから研究を始めたというやつなんですけれども、調べてみると、新種じゃないかというふうになったというような形です。

いろいろ調べたんですけど、クローン繁殖をするということがあるので、まず最初に、クローンを遺伝的に特定しました。マイクロサテライトマーカーといって、非常に多型性が高いマーカーを使って、30センチとか50センチ間隔で細かく個体を採って行って、それを遺伝的に同じかどうかというのも判定してあげたわけですね。そうすると、実際どうだったかというところ、この種では、全部で53個体だということがわかりました。今、日本というか、世界に残っているのが53個体だと。面積的にというか、株的には数千株とかあるんですけど、遺伝的には、細かく、よく刑事ドラマとかでDNA鑑定とかいうのが出ますけど、それと全く同じことを植物でもやったということです。

それで見えていくと、これはある日光市の集団、保全整備するところでは、このあるプロ

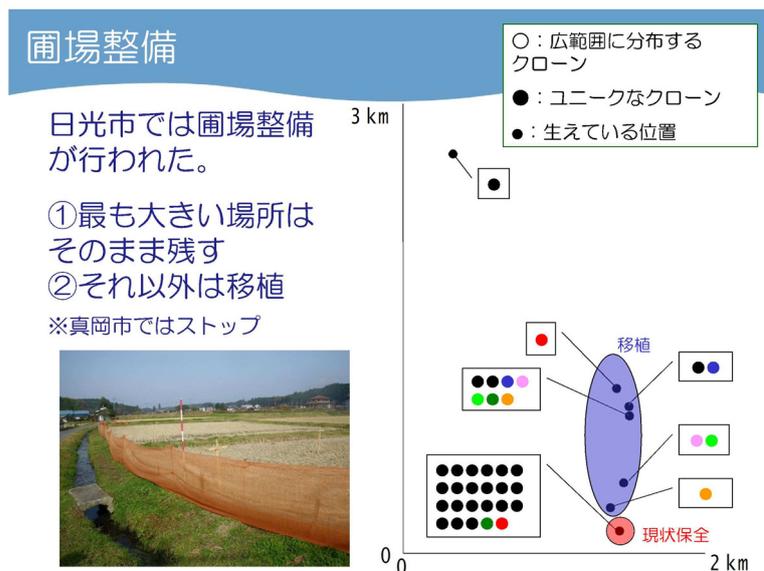
ットのところ、この一番でかかった集団では、やっぱり個体数が多いというのがわかってきていて、ここはちょっと保全上の問題があったから流路は全然示していないんですけど、ほかの群落みたいのがあるところは、数がそんなにクローンがないのかなというのが見えてきたりとか、それは別の研究でそういうのをやっているんですけど、見えてきた。



保全上はどうするかというと、やっぱり一番大きいところは残さなきゃいけないなというのを現状保全して、それ以外のところは移植せざるを得ないということで、これは栃木県の事業だったんですけど、移植するというようなことをやりました。



というので、どうしたかという、ここの田んぼ、農家さんたちは、やっぱり使いやすい田んぼにしたいということで、最初は、ここをつぶして道路をつくるぞと言っていたんですけど、ちょっと待ってくださいという話をして、この水路だけは残してもらいながらも、隣に道路は通すというような折衷案的な形で、ほかの個体数が少ないところは、ほかの環境に移して残そうというような取り組みをしました。



実際どうなったかということなんですけど、こんなふうになって、2006年時点では、こういうふうな水路で、非常にいい環境で、僕、今、植物だけの話をしていますが、魚類もいろんなのがいて、ホトケドジョウとか、貝もマツカサガイとかもいたりとか、いろいろとてもよい感じで、スナヤツメもいたりもしましたし、非常によい環境です。ホタルもめっちゃ飛んでいますけど。それが、ここへ道路をばーんと通すということになりました。

圃場整備による変化

2006年9月



2013年9月



最大の群落がある水路を維持したものの、水路脇には舗装道路が作られた。

これで、仕方がないけど残ったからよかったかなということだったんですけども、しかしと書いていますが、これは開花数を見てみると、やっぱりうまいこといなくて、現状は残せたんですけども、うまくいかないところが出てきました。

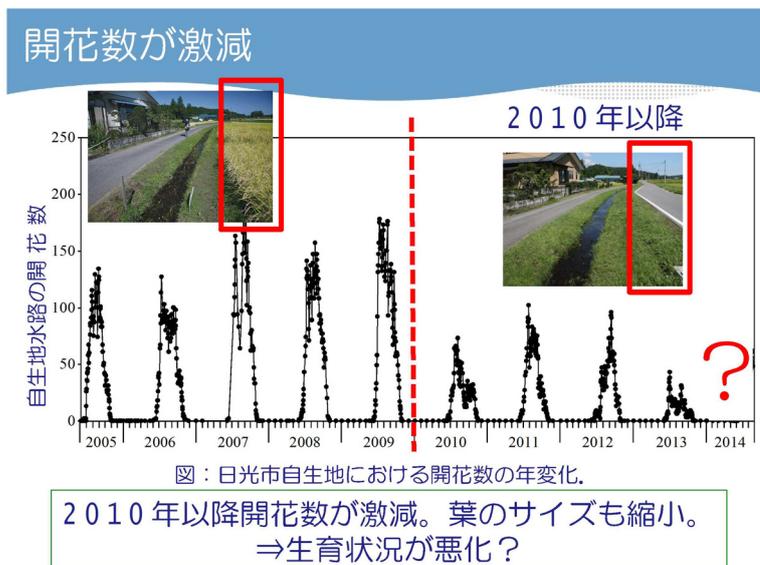
しかし・・・

これは横軸に年をとって、現地のお母さんが、よく保全を頑張っている方が、2日に一遍ぐらい花の開花量を調べているんですね。毎日歩いて。すごく膨大なデータセットで、毎日歩いて、蕾が何個、花が何個とずっととって、これは縦軸に開花数をとっているんです。そうすると、2009年、ここには圃場整備という事業をやっていて、結構きれいにわかって、面積は全く変わらないんですけど、花の数がぐっと落ちるというような状況が起きていて、一時期ちょっと頑張っていたんですけど、2013年ぐらいになると、がんともっと落ちて、大変なことになった、どうしようと言って栃木県が来て、どう

したらいいんでしょうかというので、じゃ、何とかしましょうというのが、この後の仕事です。

何が変わったかという、やっぱり田んぼがなくなって道路になったということが非常に大きくて、昔は、この田んぼの横から水がじゃばじゃばわき出っていて、それこそ今回の柿田川のやつと少し似てくるところとしては、いわゆるわかりやすいわき水という形ではないんですけども、田んぼからのしみ出し水というのが非常に多いところで、横からじゃんじゃん出ている。その上にも水がわいているところも実際あって、それが入っていたんですけど、こういうのは道路をつくる上で、わいている水のところはコンクリートで塞いで、農家さんたちは田んぼがぐじゅぐじゅになるから嫌だということなので、田んぼをぐじゅぐじゅにしないために、わき水が出るところを止めたりとか、道路を通してみたりとか、いろいろしたというのがかなり起こってきたのが影響しています。

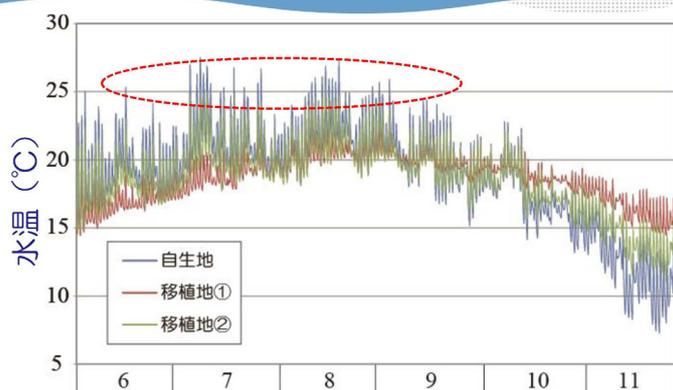
実際に、ほかに調べても、葉っぱのサイズが小さくなったりとか、開花数が激減するというのが現状としては見えていました。



実際に、水温をまず簡単にはかってみると、これは2013年のデータなんですが、1時間おきにデータをとってみると、移植地とか移植地2と書いてありますが、これはもともとの水路と同じような環境のところとだけ思っていたらいいんですが、この赤いところと緑のところを見てもらうと、比較的安定的というか、赤いところは完全に湧水というか、しみ出し水で涵養されている水路なんですけど、高くても夏でも22度とかぐらいで収まっています、冬も10度上ぐらいで収まっているというような感じなんです。もともとはそ

うというような環境だったと思われるんですが、現状、その時点ではどうなったかという、夏は25度とかを超えるような非常に暑いような状態で、冬は0度に近いぐらいになるというような、ほぼ河川水が入ってきているので、昔は河川水とわき水がミックスされているような環境だったんですが、わき水がほとんど入っていないという状態になったので、ほぼ河川水と同じような動態を示すように今はなりました。

日光市の水温変化

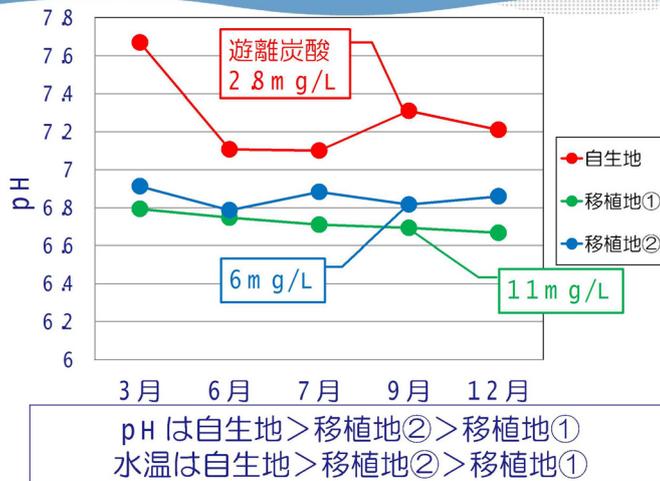


図：日光市自生地・移植地の水温変化（2013年）、1時間おきに記録。

移植地①は変動小。自生地は変動大＋高水温。

水質のほかにいろいろ要因としては挙げられて、pHとか、(光合成の材料になる)遊離炭酸濃度というのが水草の生育には結構大きくて、pHと遊離炭酸濃度を調べてみると、もともとの水路と同じような環境だったであろうというところは、大体pHが7以下、7前後で、遊離炭酸の濃度をはかってみると、11mg/Lとか、6mgとかなんですけど、実際、今その条件が悪くなっているというところだと、2.8とか、1とか、ほとんど河川水と同じような遊離炭酸の濃度になっているというような状況です。

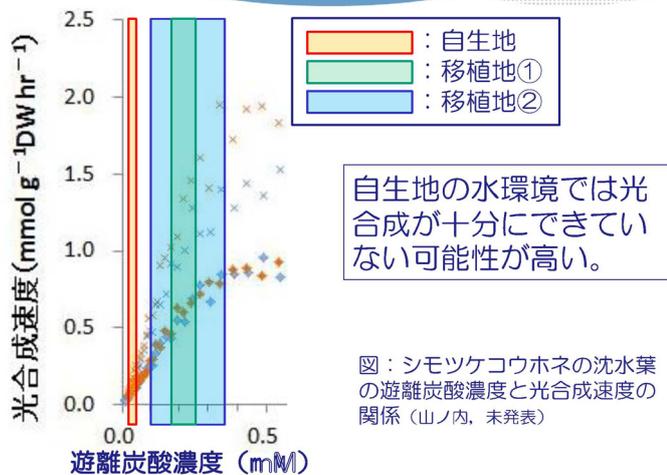
生育地のpHの季節変化



だから、まとめると、pHは自生地が高く、水温も自生地が高い。わき水で涵養されているようなところは、pHも低いし、水温も低いし、安定しているというような状況です。これは生育にどう関わってくるのかというのは、生物学的にいろいろ調べなきゃいけないので、いろいろ調べてみると、これはシモツケコウホネの葉っぱの光合成速度をはかった図なんですけど、横軸に遊離炭酸濃度をとって、縦軸に光合成速度をとった図になります。水草の中には、水の中に溶けている遊離炭酸しか光合成に使えないという種類が結構います。pHが7とか8とかになってくると、比率としては遊離炭酸の濃度が非常に少なくなるんですね。ヒドロ炭酸の量が多くなってくるので、ヒドロ炭酸が使えない水草というのは、そこで消えちゃうんですが、この植物はそういうような状態で、実際に見ると、もともとの水路とかでは、大体濃度を見せると、これぐらいの部分です。だから、光合成はある程度できているということなんですけれども。

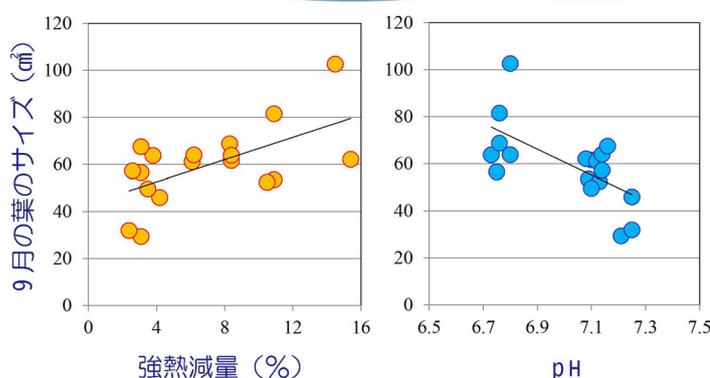
ほかのもう1個のところは、こんな感じですね。じゃ、実際に減ってきた状態ではどうだったかという、その濃度で見ると、これぐらいの範囲に出てきていて、要は、光合成はほとんどできていないというような状況というのが見えてきました。だから、ほとんど息も絶え絶えなんだなというような形です。自生地の水環境では光合成が十分できていない可能性が高いというのがわかってきました。

生育地の光合成環境



じゃ、実際、ほかにもいろんなパラメータをとって、サイズとか繁殖とかをいろいろ調べてみると、やっぱり pH とかは非常によく効いていて、この強熱減量というのは土壌の関係です。泥深いか泥深くないかという、堆積物の有機物含有量を見ているんですが、やっぱりレンコンみたいに、ハスみたいに茎を伸ばしていくので、泥深いほうが比較的良好成長はしやすいという形で、葉っぱのサイズが大きいんですけど。あともう1個は、さっき言っていた pH で、pH が高くなると遊離炭酸濃度が低くなる。低くなると光合成に使える量が少なくなるので、葉っぱに回せる資源というのが非常に少なくなりますから、葉っぱのサイズが小さくなるというのがきれいに出てくるというような形です。

生育環境と形質値の関係



水環境 (pH、水温等) と底質が栄養成長に関係

で、どうしたかということ、結局、まとめると、株の成長が悪くて、水温が高くて、pH が

高く、あとは遊離炭酸濃度が低いぞというのが見えてきたので、これを何とかして改善してあげようということをしました。

日光市の現状のまとめ

- 自生地は移植地に比べて株の成長が悪い
- 自生地は高い水温とpH、低い遊離炭酸濃度
- 生育の良い移植地は砂泥が堆積しやすい環境



結論：シモツケコウホネの生育が良好な環境

- ①pHが低く、遊離炭酸濃度が高い水環境
- ②高すぎない水温
- ③適度な堆積環境
- ④肥料が過度に用いられない環境

どうしたかという、湧水を自生地に供給したらいいんじゃないかという当たり前の結論になって、お願いしました。お願いして、井戸水を横につけてもらって、供給するようしてもらいました。ただ、量が少なくて、1分当たり53リットルなので、さっきの看板に書いてあった柿田川のやつを見ると信じられない量なんですけど。非常にわずかなんですが、全体に対して3～5%程度の量なんですけど、井戸水を供給するようにして、あとは、やっぱり水路をちょっと付け替えたりしているので、何とかして適度な流量になるようにということで、いろいろ工夫して水管理してもらうように、造成地のときはバイパスをつくってもらったりとか、いろいろ工夫してやりました。

保全策の提案（2013年度末）

生育が良好な環境にするために・・・

- ①pHが低く、遊離炭酸濃度が高い水環境
- ②高すぎない水温
⇒湧水を自生地に供給する

- ③適度な堆積環境
⇒適度な流速になる
様な水管理

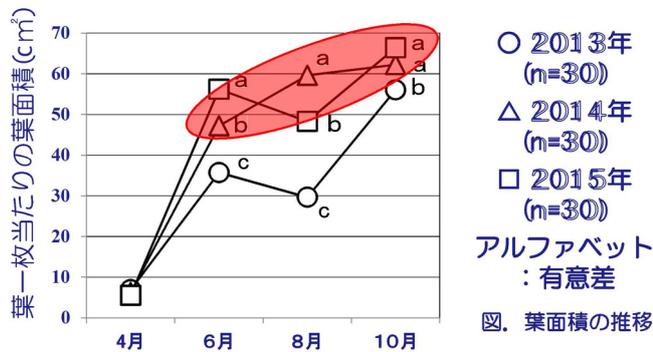
- ④肥料が過度に用いられない環境（排水路）
⇒農地所有者への
注意喚起



そして・・・

そして、どうなったかという、こんな感じです。これは横軸は月をとって、縦軸に葉っぱ1枚当たりの葉面積をとっている。2カ月に1回調査へ行っているんですけど、シンボルは年を表わしています。2013年は成長が悪くて、非常に調子がよくないんじゃないかと言っていた時期なんですけど、それ以降、2014年の4月ぐらいにわき水を入れるようにしたんですけど、どうなったかという、結構顕著に出ていて、葉っぱのサイズもかなり大きくなりましたということで、結構よかったのではないかな。栄養繁殖に対しては改善効果が見られたんじゃないかなというのがわかりました。

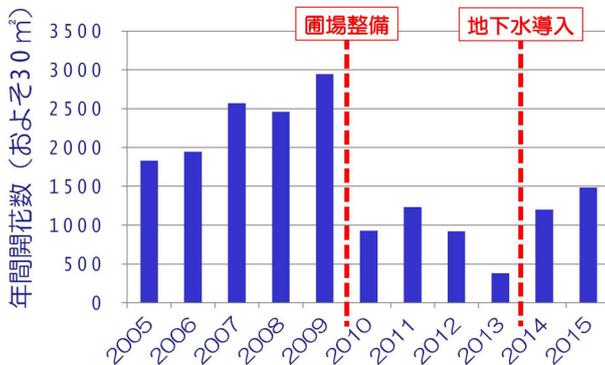
自生地における葉面積の変化



日光市自生地のみ葉面積が増加
 → 栄養繁殖に対して改善効果？

もう一つ問題になっていたのが、花の数。これは、先ほどのやつは1日当たりのやつなんですけど、これは年換算にした開花数にしているんですけども、それがどうなったかというところ、ほ場整備するとかくっと下がって、花も咲かない。開花は栄養繁殖の程度と相関があるというのは、ほかの研究でわかっていますので、栄養繁殖できていない、葉っぱがやっぱりサイズが小さくなるのが出ていたんですけども、2014年以降はどうなったかというところ、ちょっと回復したのかな。まだ全盛期には戻っていないんですけど、少しは改善してきているのかなというところが見えてきたという段階です。今年が3年目なので、それを今調査しているところなんですけど、こんなになっています。有性繁殖に対しても改善効果があったのかなと思います。

自生地における開花数の変化



日光市自生地のみ開花数が増加
 → 有性繁殖に対しても改善効果？

環境に関しては結局どうだったのかというと、井戸水自体はpHが6前半で、川の水が7.5とかあるのが、井戸水が入ることによって、ちょびっとモデレートというか、少し穏やかな感じになっていたりとか、遊離炭酸の濃度で言うと、川水なので、ほとんど1とか2ぐらいなんですけど、10とか16ぐらいのがちょっと入るので、ほんのちょびっただけですけど上がると。あと、1日当たりの水温変動も見ているんですけど、わき水が入ることによって、日の最高水温が下がりますし、日の最低水温がちょっと上がりますので、そういうのを見ると、やっぱり2013年に比べると、2014年、2015年というのは、ちょっと水温変動も落ち着いてきたというのが見えてきています。

保全対策の効果：環境

- pH : 6.26 (井戸水)、7.48 (流入口上流)
⇒7.1~7.2 (自生地)
- 遊離炭酸 : 10~16mg/L (井戸水)
1.3~2.8mg/L (流入口上流)
⇒2.5~3.6mg/L (自生地)
- 日水温変動 (日最高水温-日最低水温) :
2013年 > 2014年 = 2015年
※水温 : 2013年 = 2015年 > 2014年

水環境はわずかに改善
葉のサイズ、開花量も改善
※水以外の環境が影響している可能性もあり。

水環境はわずかに改善して、葉っぱのサイズとか開花量も改善してきていて、水以外の環境——ただ、今回、植物の葉っぱを食べるカワニナの量がどう変わったのかとか、そういうようなほかのファクターは全く検討していないので、それも効いているのかもしれませんが、井戸水をちょびっと入れてあげるだけでも、ある程度光合成が改善して、有性繁殖とかにも影響が出るのではないかなというのが、現地の調べでわかってきたというような内容です。

一応今回の研究は、日光市からの受託研究で実施しました。

以上です。

謝辞

本研究は日光市からの受託研究

「シモツケコウホネの保全に関する調査研究」
(平成25~27年度)

として実施しました。