

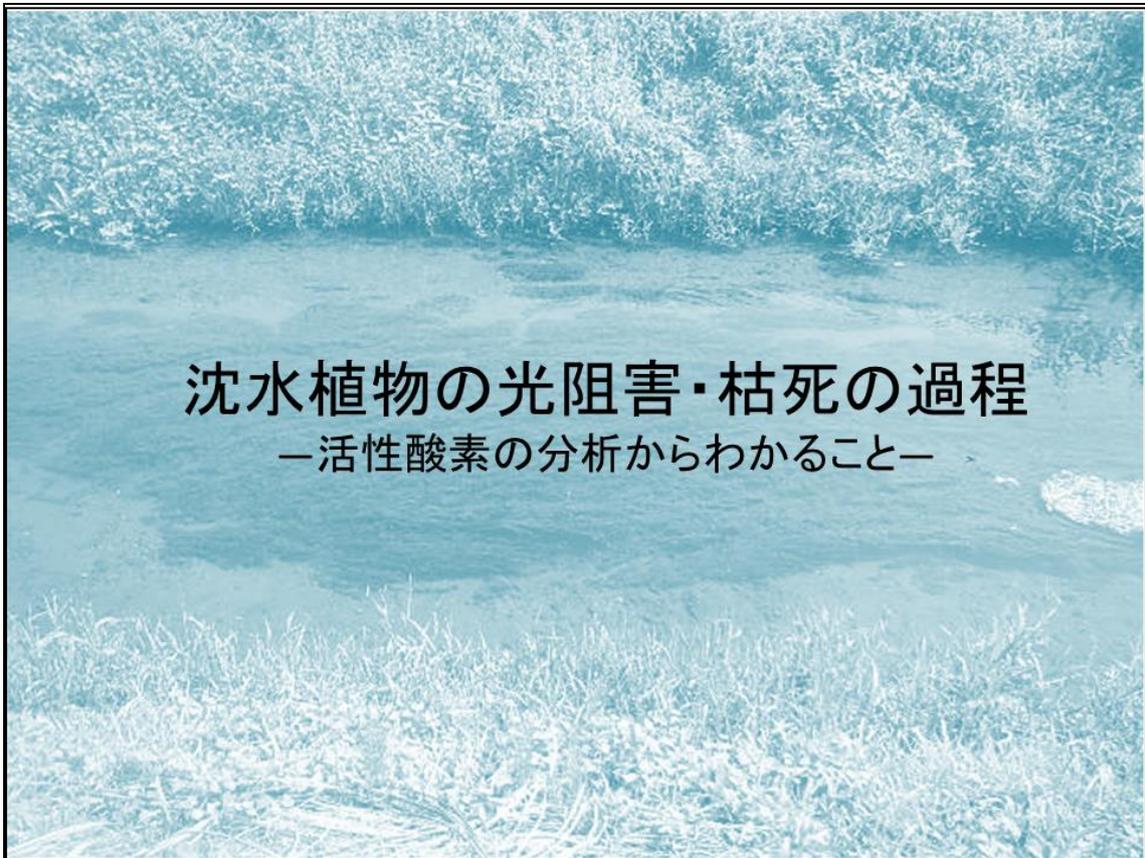
研究報告：「沈水植物の光阻害、枯死の過程—活性酸素の分析からわかること—」

浅枝 隆 埼玉大学大学院 教授(当時)

埼玉大学名誉教授(平成31年4月～)

【浅枝隆 会員】 埼玉大学の浅枝です。

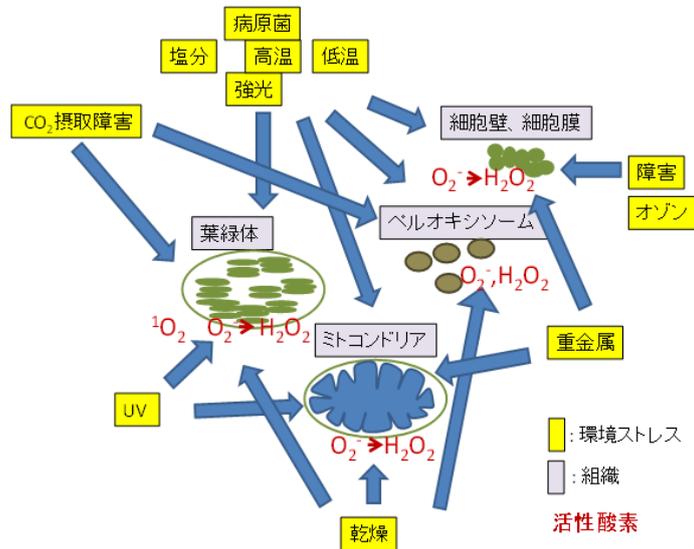
昨年、シンポジウムでご紹介させていただいた活性酸素、活性酸素を見ることで植物の状況がわかるというのをうまく利用できないかということでご紹介させていただきます。



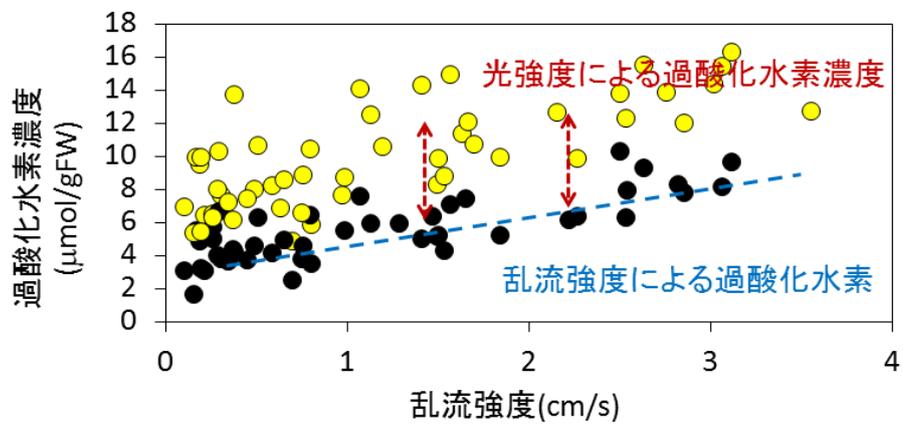
本来ですと、カワシオクサを調べに行く予定でしたが、8月に国際シンポジウムを開催した関係で忙しく、また、9月にはカワシオクサはほとんど生えていなかったので、断念しました。

環境ストレス>活性酸素の発生

環境ストレス指標としての過酸化水素濃度

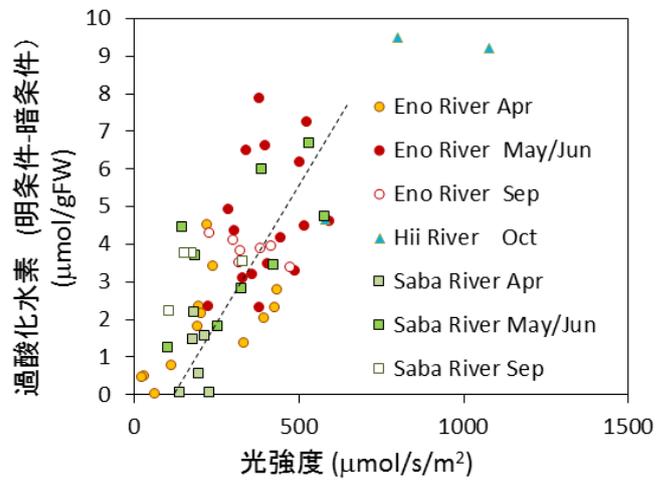


前回ご紹介しましたものです。生体に環境ストレスがかかりますと活性酸素が発生します。環境ストレスにはいろいろなストレスがありますが、これをみていただくとおわかりのように、細胞中の様々な組織に活性酸素が発生しますが、その多くはスーパーオキシドであり、スーパーオキシドデスムターゼという酵素によって無害化されていくわけですが、その過程で過酸化水素になります。直接、過酸化水素が発生する場所もあります。いずれにしても、この過酸化水素を測定することで、環境ストレスの強度が見積もれる可能性があります。



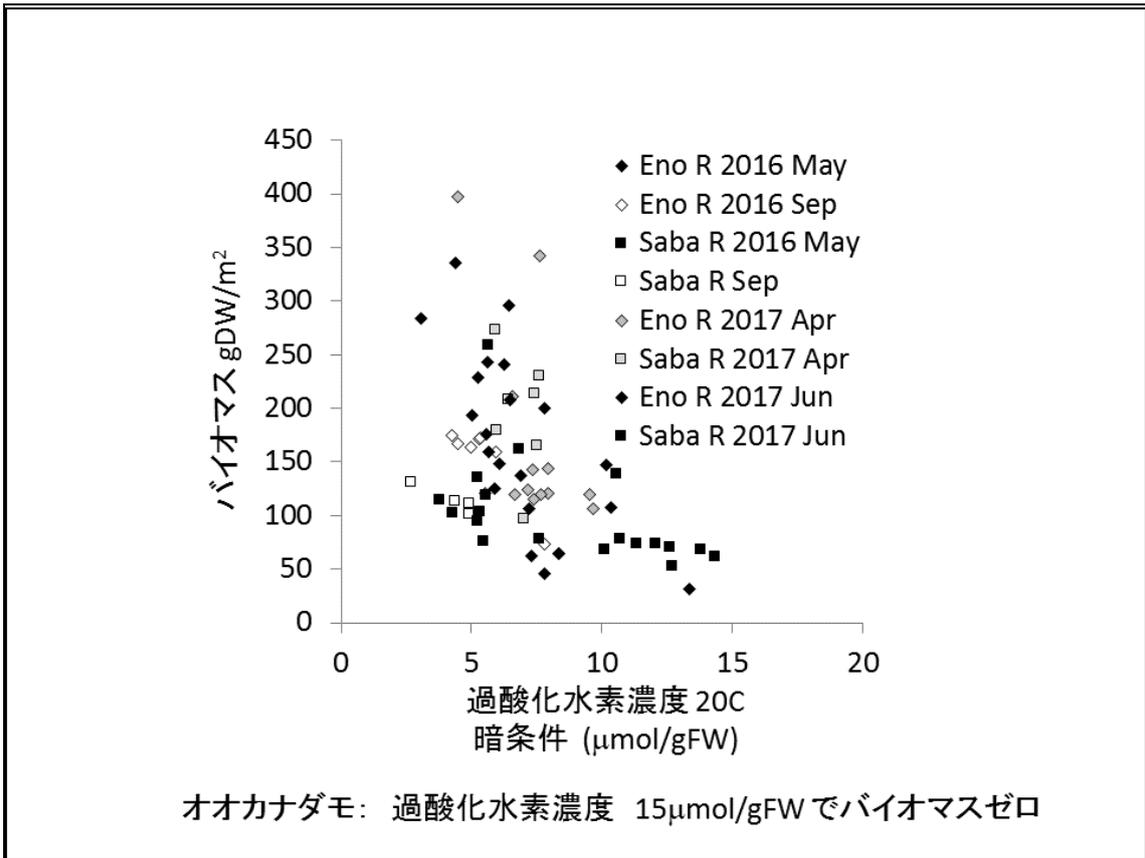
水草の場合
 全体の過酸化水素濃度は光強度、流れ、水温などのストレスによって生ずる過酸化水素濃度の和で表される

これも前回ご紹介したのですが、水中では流速がストレスになります。乱流が最も直接的ですが、平均流速でもストレスとして機能します。ここで陰にして採取したサンプルと日向で採取したサンプルとの間には過酸化水素濃度に差があります。これは日射、すなわち、光合成によって発生するストレスです。

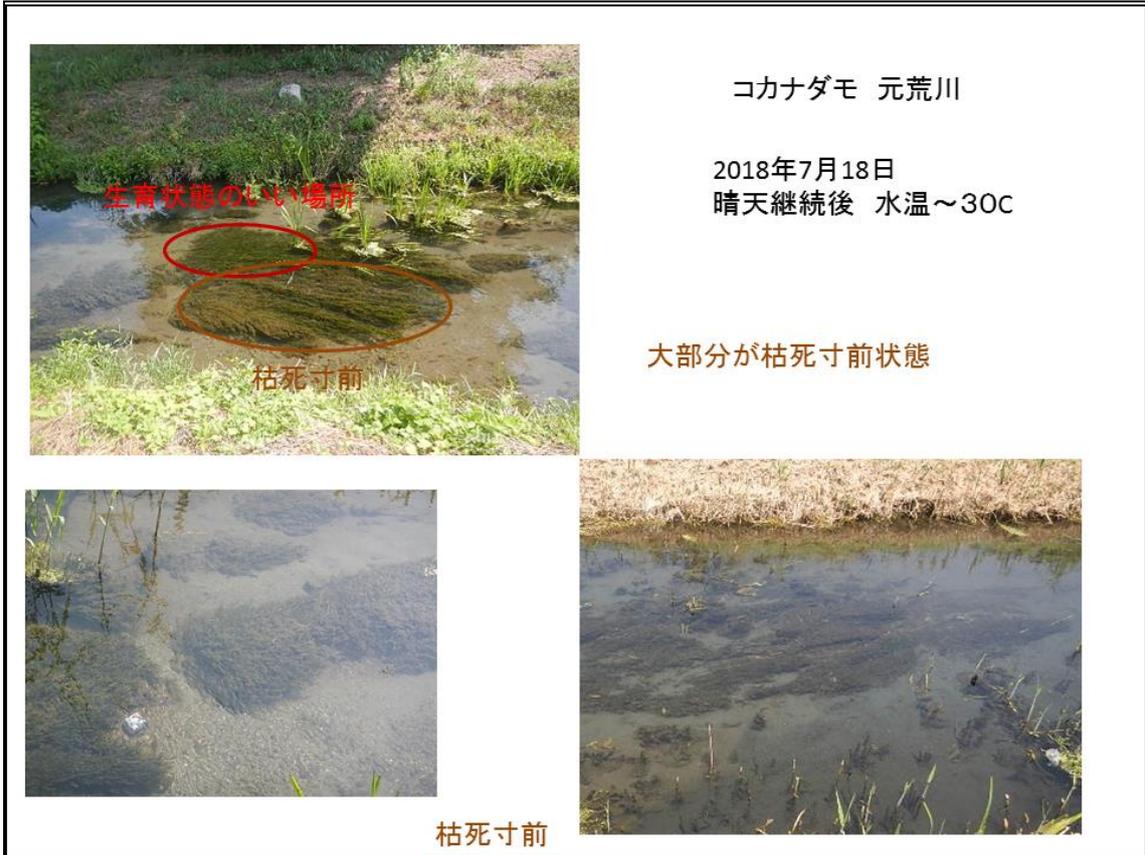


光によって発生する過酸化水素濃度は光強度に比例

この差を光強度に対して示すと、川や季節に関係なく、非常にいい正の相関が得られます。すなわち、光強度が増せばストレス、過酸化水素濃度が増すということです。これは光強度がわかれば、それによるストレス強度がわかるということです。

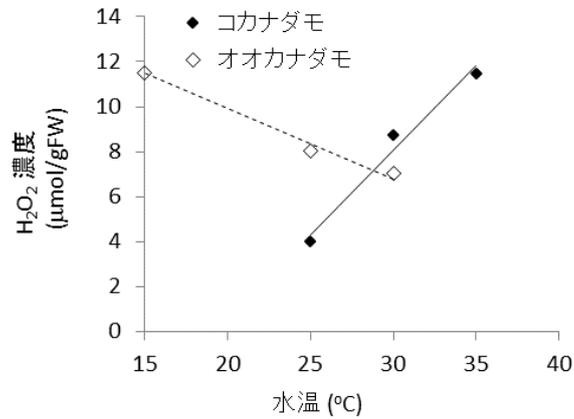


次に、実際に採取されたそれぞれの場所でのバイオマスを過酸化水素濃度に対して示して見ると、概ね、16μmol/gFWぐらいの濃度でゼロになります。実はこれは他の種類のストレスに対しても概ねこれ以上の値が続くと枯死します。このことから、この値が生存し得る限界値として利用できそうです。



さて、今年は、カワシオクサだけでなく、他の水草も元気がありませんでした。これは埼玉の元荒川のコカナダモです。通常は、7月には非常に元気ですが、今年は、枯れかけていました。西日本の河に生えていたオオカナダモも同様でした。今年の夏は、埼玉も晴天が続きました。これによりストレスが上昇したことが予想されます。

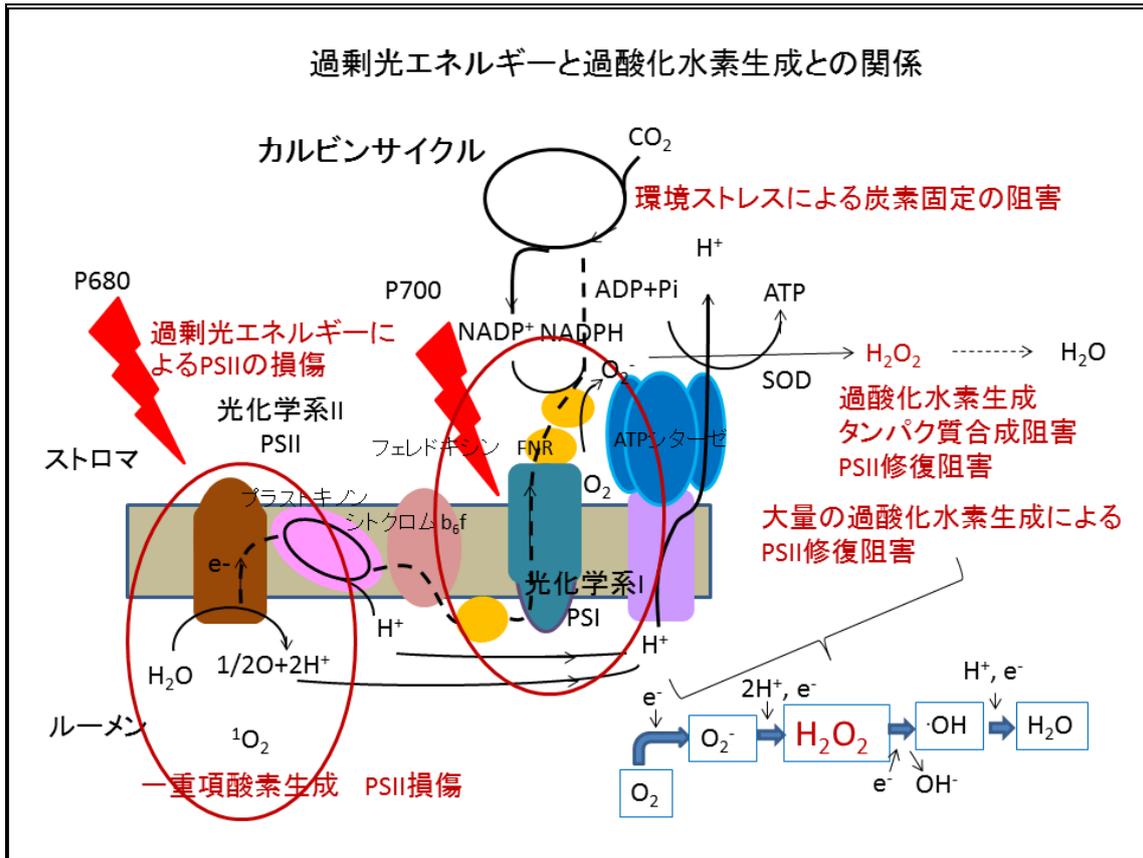
コカナダモ、オオカナダモの水温特性 (室内実験)



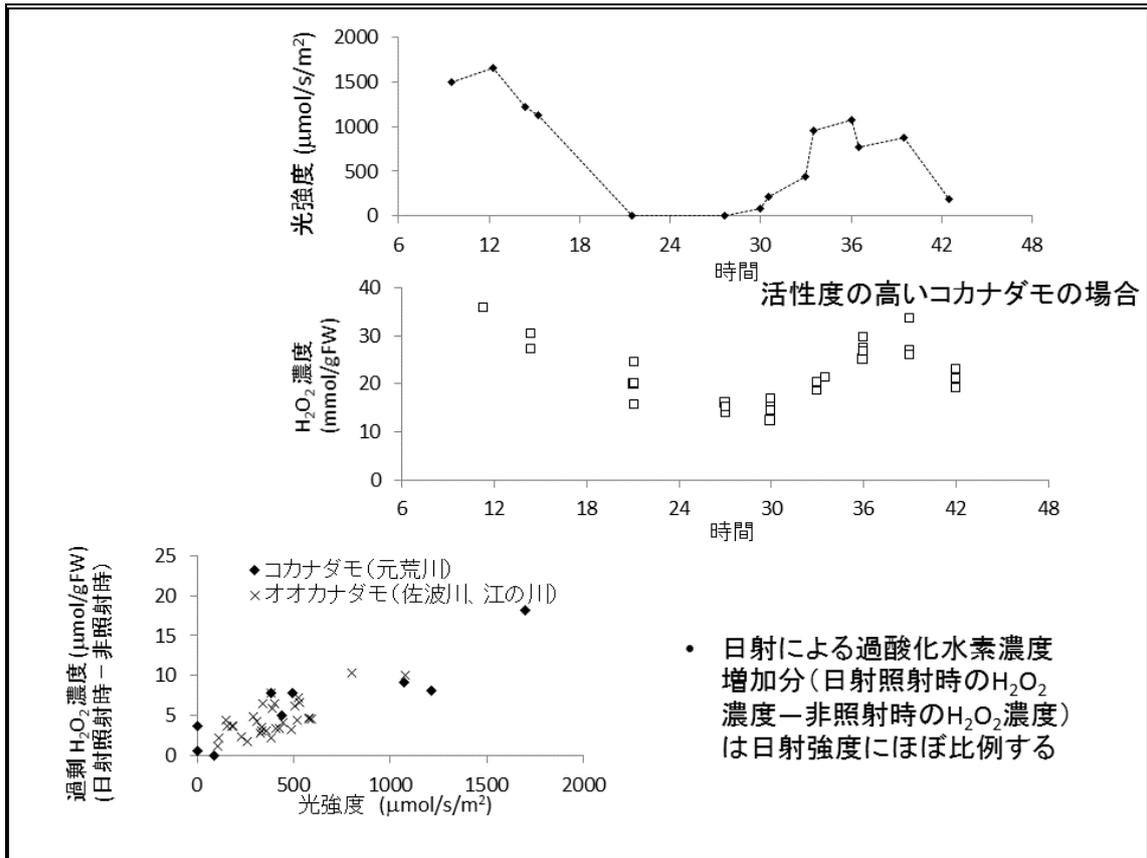
コカナダモ、オオカナダモの存在する河川域の4月—10月の平均水温
(水辺の国勢調査より)

	コカナダモ	オオカナダモ
生育確認	18.2 ± 4.1C	20.5 ± 3.3C
生育不確認	18.5 ± 4.0C	16.9 ± 3.5C

ちなみに、なぜ埼玉ではコカナダモ、西日本ではオオカナダモかといいますと、これは水温に対するストレス強度を見るとわかります。過酸化水素濃度はコカナダモでは水温と共に上昇、オオカナダモへ減少します。要は、オオカナダモは高い水温に強く、コカナダモは低水温に強いということです。ちなみに、両種の生えている河川の4月から10月の期間の平均水温は、コカナダモで18度が限界、オオカナダモで20度が限界になっています。



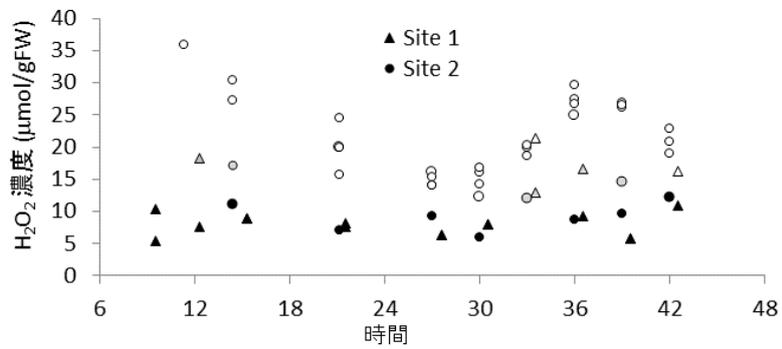
なぜ、こうした光阻害が生じるのかについて復習しておきます。これはチラコイド膜です。PSIIで日射エネルギーで水が酸素とプロトンに分離しますが、その際に電子を発生、この電子がPSIに伝達されてカルビンサイクル中で二酸化炭素を有機物に合成する際に用いられます。光が強すぎたり、二酸化炭素が足りないと余った電子が酸素分子を活性酸素に変化させるわけです。それが無害化される過程で過酸化水素が生成されるわけです。ですから光が強いほど大量の過酸化水素が生成されることになります。



元荒川で起こっていた現象を示したものがこの図です。

水中の光強度とコカナダモ中の過酸化水素濃度の変化を示したものです。夜間は日射なく過酸化水素は生成されません。そのため低い値になります。元気なコカナダモの場合には、日中は日射にほぼ比例して過酸化水素濃度が増していきます。

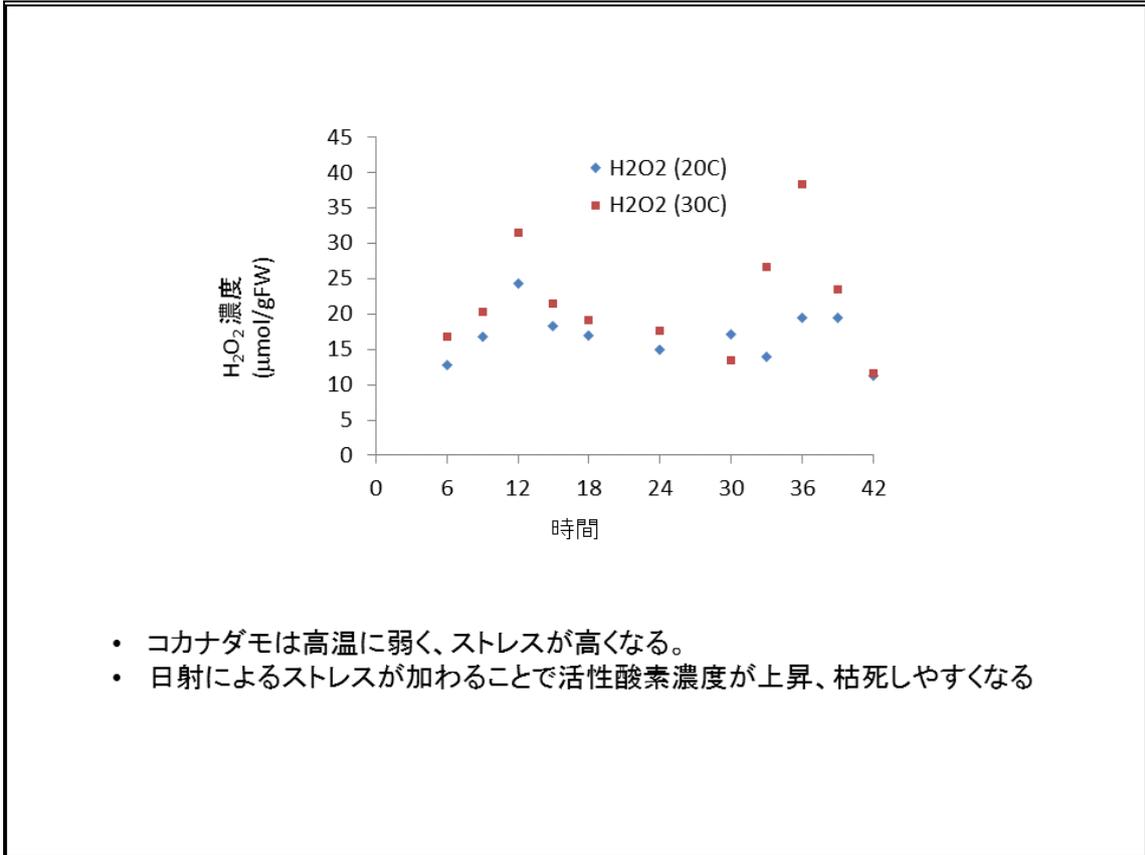
先ほどと同じように、日射強度に対して、日射を照射していたサンプルと暗くして採取したサンプルの過酸化水素濃度の差を示したものです。驚くことに、オオカナダモとコカナダモとの間でほぼ同じ関係が得られました。細胞内の減少なので類似性があるのかもしれません。



Site 1: 開放水面、 Site 2: 河岸はヨシ群落
 白: 活性度の高いコカナダモ
 灰色: 中間
 黒: 活性度の低い(枯死寸前)のコカナダモ

- Site 1: 開放水面のため日射が強く、光阻害を生じた
- 枯死条件: H₂O₂濃度 ~ 30 μmol/gFW

さて、今年のサンプルはというと、こうした変化が起こりません。今年のサンプルは弱って過酸化水素すらできなかったということです。



今、山口県の佐波川のオオカナダモのデータを整理しています。西日本では今年は水害の影響を受けていますが、佐波川ではほとんど影響はありませんでした。ただ、オオカナダモは少なくなっていました。西日本も水害の後晴天が続き、そのため光阻害の影響を強く受けたものと思っています。

コカナダモの場合は低温を好むということで、コカナダモの場合、今年は、一層、生育し難い年だったことが考えられます。

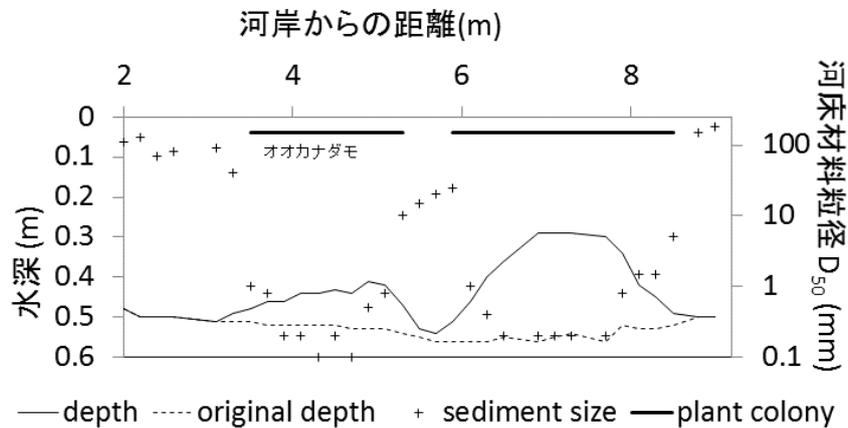
ちなみにこれは水温を変えて温室で変化を見たものです。過酸化水素濃度は高温の場合の日中で高くなっています。

まとめ

- 日中の活性酸素濃度の変化
日射の上昇と共に、活性酸素濃度は上昇、日射の低下とともに、活性酸素濃度も低下する。
- 夏季晴天時の沈水植物の枯死
日中に活性酸素濃度が上昇、限界値に達することで、活性が低下、著しい場合には枯死に至る
- コカナダモは高温に弱く、水温によるストレス分の活性酸素が加わることで、夏季には枯死しやすい

ということで、日中の活性酸素濃度の変化というのは、日射の低下とともに活性酸素濃度も低下します。夏季の晴天時が非常に沈水植物の枯死に実は影響していそうということですね。特に今回はコカナダモを紹介しましたが、高温に弱く水温によるストレス分の活性酸素が加わることで、夏季にはどうも枯死しやすいのではないかと考えております。以上です。

矢作川の例



【加藤憲二 研究会代表(静岡大学名誉教授)】 どうもありがとうございました。

来年のいろいろな国内学会が楽しみです。ほんとうに汎日本的というか、広く起こったのかどうか。

【浅枝】 来年、ですからね、もう一回今年みたいに晴れた日が続いてくれると、ひょっとしたら減るかもしれません、また。

【加藤】 ご質問、何か。先ほどのカルビンサイクルにブレーキがかかるのと、活性酸素がふえるのは、どっちがワン・ツーですかね。逆かなと一瞬思ったのだけれども、そうでもないですか。

【浅枝】 一緒です。

【加藤】 同じですか。

【浅枝】 一緒というか、実際に起こっているのは何かというと、ここで一重項酸素ができるのです。これがだからここを破壊するのです。ここで活性酸素ができるのですけれども、これが何をやるかという、これを修復するタンパク質が合成されるのを阻害するので。ですから、そういう意味では、こことここは一緒に動いているということです。

【加藤】 わかりました。ありがとうございました。

— 了 —