

令和元年6月24日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H04045

研究課題名(和文) 物理的ストレス耐性の生理機構に基づいた沈水植物管理のための分布予測モデルの開発

研究課題名(英文) Development of distribution model of submerged macrophytes based on the physiological system against abiotic stressors

研究代表者

浅枝 隆 (ASAEDA, TAKASHI)

埼玉大学・理工学研究科・教授

研究者番号：40134332

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,900,000円

研究成果の概要(和文)：ストレス下では、植物体内に活性酸素が発生、その多くは過酸化水素である。これを利用し、植物体中の過酸化水素濃度から、その植物にかかる環境ストレスを評価する手法を開発した。様々なストレス要因に対し、それぞれのストレス強度と発生する過酸化水素濃度との関係を得た。次に、全体の過酸化水素濃度は、個々のストレス要因で発生する過酸化水素濃度の和で表されることを明らかにした。さらに、全体の過酸化水素濃度が限界値に達すると植物の枯死が始まることを示した。以上の結果を基に、河川での主なストレス要因である、水温、流速、日射による発生量を経験的に求め、オオカナダモの流下方向の分布を予測、観測値とよい一致を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年河床に大量の沈水植物が繁茂するようになり、細粒土砂を捕捉、堆積させることで、従来からの礫河床を細粒化して生態系を改変させると共に、礫河床特有の魚種に支えられてきた水産業に多大な影響を与えてきている。他方、こうした植物管理は、持続的管理手法に則て行われるため、対策の決定までに数年を要し、十分な効果を上げるに至っていない。本研究で開発された手法は、植物体内に環境ストレス下で発生する活性酸素の濃度から、その植物の置かれた環境の適否を評価するものであり、本目的に利用されるだけでなく、絶滅危惧種の保全に適した環境の把握、外来種の駆除が可能な環境の把握等、植物管理に広く利用が可能であるものである。

研究成果の概要(英文)：The intensity of environmental stresses determine the generation of Reactive Oxygen Species (ROS) inside the plant body, which is represented by hydrogen peroxide (H₂O₂). Thus H₂O₂ concentration has a potential to be an environmental stress indicator to exhibit the plant condition.

The growth and chlorophyll content of plant body are suppressed following the H₂O₂ concentration, which, then is related to the intensity of each abiotic stress component. The total H₂O₂ concentration was found as the sum of the concentrations generated by each stressor. When the total concentration increases to some threshold value, then the plant starts to show the deterioration. The H₂O₂ concentrations were obtained for major stressors in normal condition rivers, such as temperature, flow velocity, and the solar radiation. Then, the distribution of *Egeria densa*, an invasive species in many rivers, was obtained as a function of the channel slope and the depth, with a good agreement with the observed data.

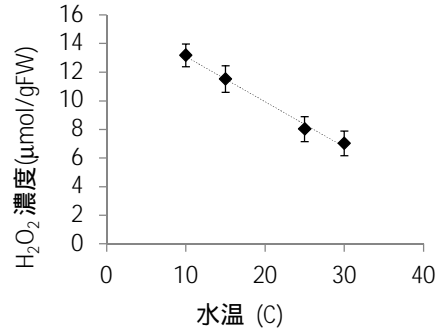
研究分野：応用生態工学

キーワード：沈水植物 環境ストレス 活性酸素 過酸化水素 流速 日射強度 植物管理 オオカナダモ

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

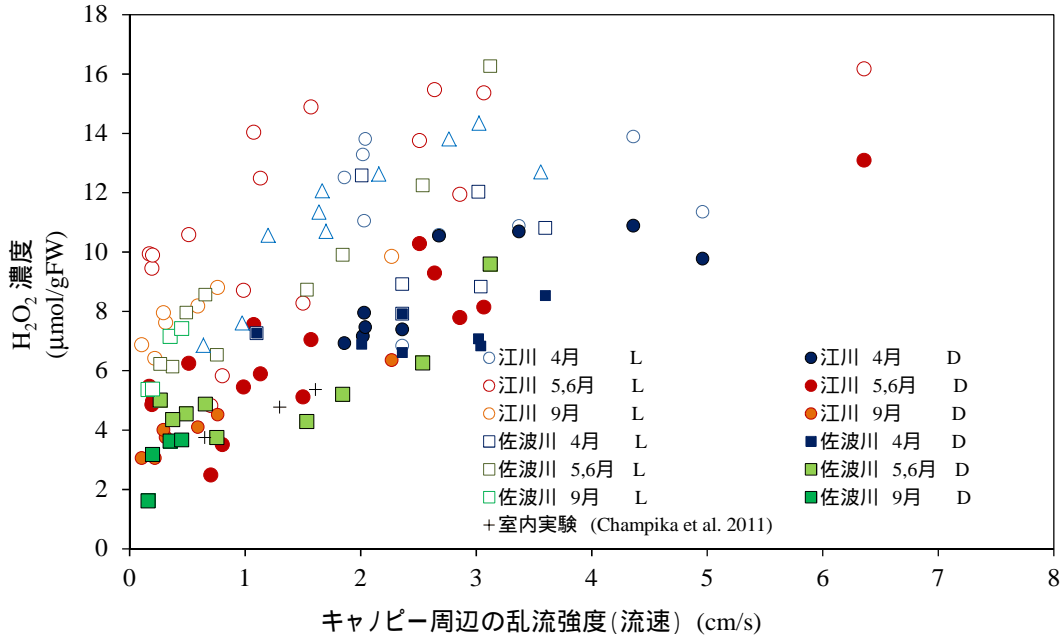
近年河川に大量の沈水植物が増殖するようになり、細粒土砂を捕捉、堆積することで礫河床が消失、礫河床に依存するわが国の河川中流域の生態系を変化させるだけでなく、アユ等の漁業にも多大な影響を及ぼしてきている。こうした沈水植物の管理は、従来、順応的管理の方法がとられ、対策を行った後にその後の変化をモニタリングしながら進めていく。そのために、効率的な対策法を決定するまでに極めて長期間を要し、必ずしも、急を要する河川管理に応じたものになっていなかった。



2. 研究の目的

本研究では、こうした背景の下、植物自体が置かれた環境から受ける環境スト

図1 水温と植物体内の過酸化水素濃度との関係



レスの強度を評価する方法を開発、植物の分布予測を行うと共に、様々な対策に対し、素早い評価を下せるシステムに変えていくことを目的としている。

図2 乱流強度と植物体内の過酸化水素濃度との関係

3. 研究の方法

植物は、置かれた環境から受けるストレスの強度に応じ、細胞内に活性酸素が生成される。この多くは、抗酸化酵素の働きで過酸化水素に変化、さらに、水と酸素に分解される。通常の状態では、この活性酸素の活性と抗酸化酵素の活性がつりあっているものの、ストレス強度が高い場合には、活性酸素濃度が上昇、タンパク質や脂肪、DNA等を破壊、著しい場合には枯死に至らしめる。こうした仕組みに着目し、本研究では、様々な環境ストレス下に置かれた植物体の過酸化水素濃度を測定することで、置かれた環境の適否を評価する手法を開発することにした。そのため、実験室内で、異なる平均流速や異なる強度の乱流場、また、異なる水温及び温度変化の場、異なる重金属濃度

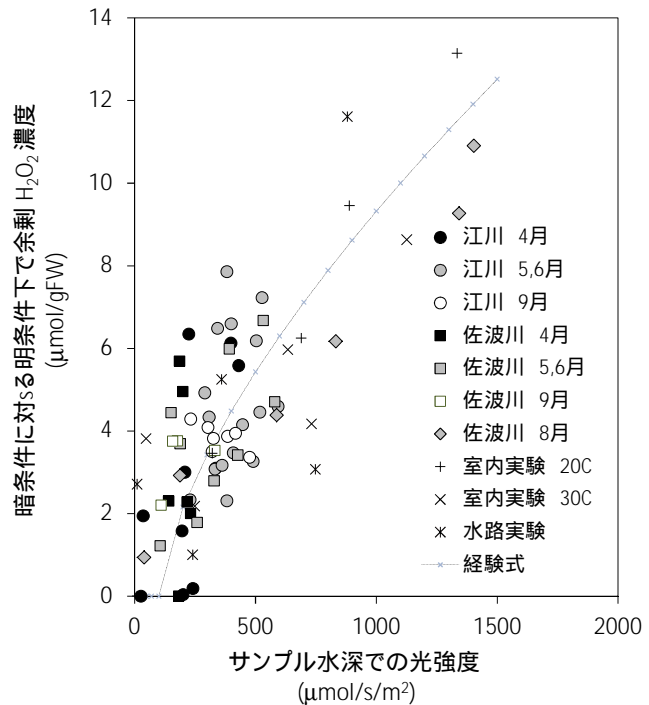


図3 光強度と日射によって増加する過酸化水素濃度との関係

の場合などを作成、様々な水生植物を培養した。その後、体内の過酸化水素濃度や抗酸化活性等を計測、ストレス因子との関係を求めた。さらに、実際の河川において、明及び暗条件でオオカナダモ等の沈水植物を採取、同時に流速、水温等の条件を測定することで実際の河川における関係を求め、実験室内での結果と比較検討を行った。

4. 研究成果

通常の河川においては、沈水植物は、流速による機械的なストレス、日射によるストレス、水温によるストレスに曝され、呼吸等の代謝による影響がこれに加わっていると考えられる。

まず、実験室内の実験によって、水温とその下での過酸化水素濃度の関係を求めた。

次に、実際の河川においてサンプルの採取を行った(図1)

図2はいくつかの河川で異なる季節に採取したオオカナダモ体内の過酸化水素濃度と乱流強度(流速)との関係を、上記、水温と過酸化水素濃度との関係式を用いて、過酸化水素濃度を20°Cの値に変換して示している。ここで中塗りのシンボルDは暗条件で採取したサンプルの結果を中空のシンボルLは日射があたっている中で採取したサンプルの結果である。暗条件のサンプルの結果は、乱流強度に対し、ほぼ線形に上昇することが示されている。なお、平均流速に対しても同様な関係が得られるものの、室内実験と顕微鏡観察の結果から、乱流強度の方が細胞内の組織にまで影響を与えることから、より直接的に関係していることが得られた。

明条件のサンプルと暗条件のサンプルの過酸化水素濃度の差が日射による影響である。この日射によって付加された過酸化水素濃度を、その時の日射強度に対して示したものが図3である。この結果より、日射によって増加する過酸化水素濃度は、日射強度の一義的な増加関数によって示されることがわかる。

これらの結果は、実際の環境下では、様々なストレスが付加されているものの、過酸化水素濃度で示される全体のストレス強度は、それぞれのストレスの寄与分の和で表されることがわかった。さらに、この傾向は、異なる河川や季節であり、あまり変化しない

という極めて便利な性質であることもわかった。

異なるストレス要因に対する過酸化水素濃度の比較から、合計の過酸化水素濃度がある限界値に達すると、植物の劣化が進み、枯死に至ることもわかった。

以上のような結果から、流速、日射による過酸化水素の発生量の経験式を求め、その合計が限界値以下になるという条件の下で、沈水植物の流下方向の分布予測を行った。オオカナダモに対する結果は、水路勾配と水深の関するとして図4のように求められる。図中の群落の観測値(太線)ともよい一致を得た。

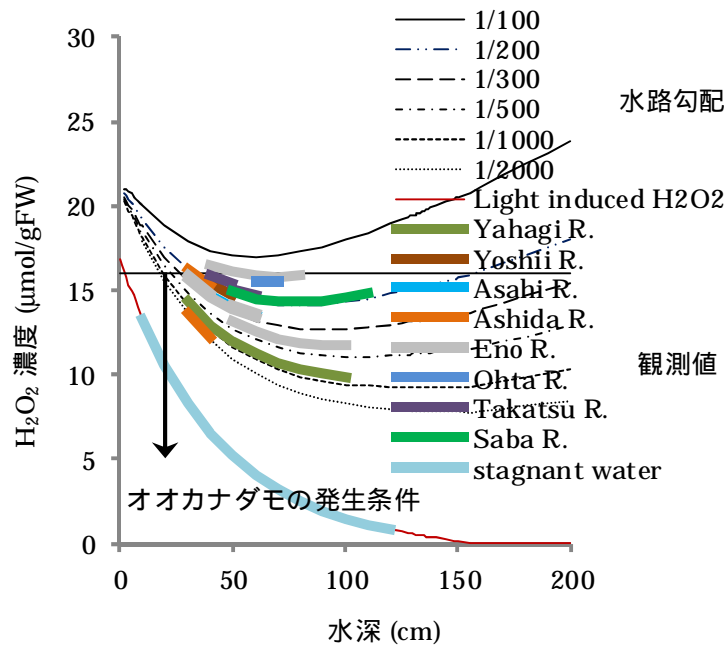


図4 過酸化水素濃度を用いて得られるオオカナダモの発生領域

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計14件)全て査読有

K.S.S. Atapathuthu, K.Miyagi, K.Atsuzawa, Y.Kaneko, M.Kawai-Yamada, T.Asaeda
Effects of water turbulence on variation in cell ultrastructure and metabolism of amino acids in the submerged macrophyte, *Elodea nuttallii* (Planch.) H.St.John, *Plant Biology*, Vol.17, pp249-260, 2015 DOI:10.1111/plb.12346

T.Asaeda, M. H.Rashid

Nutrient retention associated with phenological features in *Sparganium erectum* stands in a lowland stream, *River Research and Applications*, Vol.31, pp.207-215, 2015. DOI:10.1002/rra.2733

K.S.S. Atapathuthu, T.Asaeda

Growth and stress responses of *Elodea nuttallii* (Planch) St.John to water movement, *Hydrobiologia*, Vol.747, pp.217-233, 2015. DOI:101007/s10750-014-2141-9

T.Asaeda, M. H.Rashid

Effects of turbulence motion on the growth and physiology, *Limnologica*, Vol.62, pp.181-187, 2016. DOI:ORG./10.1015/j.limno.2016.02.006

H.C.C. de Siva, T.Asaeda

Effects of heat stress on growth, photosynthetic pigments, oxidative damage, *Journal of Plant Interactions*, Vol.12, pp.228-236, 2017. DOI 10.1080/17429145.2017.1322153

K.S.S.Atapathuthu, M. H. Rashid, T.Asaeda

Growth and oxidative stress of bitterwort (*Nitella pseudoflabellata*) in response to cesium exposure, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, Vol.96, pp.347-353, 2017. DOI 10.1007/s00128-016-1736-4

T.Asaeda, M. H.Rashid, K.Ohta

Nitrogen fixation by *Pueraria lobata* as a nitrogen source in the midstream sediment bar of a river, *Ecohydrology*, Vol.9, pp.995-1005, 2017. DOI 10.1002/eco.1693

H.C.C. de Silva, T.Asaeda

Stress response and tolerance of the submerged macrophyte *Elodea nuttallii* (Planch) St.John to heat stress: a comparative study of shock heat stress and gradual heat stress, *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspect of Plant Biology*, Vol.152, pp.784-794, 2018. DOI: org/10.1080/11263504.2017.13386268

M.Parveen, T.Asaeda, M. H.Rashid

Biochemical adaptations of four submerged macrophytes under combined exposure to hypoxia and hydrogen sulfide, *Plos One*, Vol.12, e0182691, 2017. DOI: org/10.1371/journal.pone.0182691.

M.Parveen, T.Asaeda, M. H. Rashid

Hydrogen sulfide induced growth, photosynthesis and biochemical responses in three submerged macrophytes, *Flora*, Vol.230, pp.1-11, 2017. DOI: org/10.1016/j.flora.2017.03.005

M.Parveen,T.Asaeda, M. H. Rashid

Effect of hydrogen sulfide exposure on the growth, oxidative stress and carbohydrate metabolism of *Elodea nuttallii* and *Egeria densa*, *Fundamental and Applied Limnology*, Vol.191, pp.53-62, 2017. DOI: 10.1127/fal/2017/1046

T.Asaeda, K.Sanjaya, Y.Kaneko

Effect of mechanical stressors caused by mean flow and turbulence on aquatic plants with different morphology, *Ecohydrology*, Vol.10, 絵 1873、2017. DOI: org/10.1002/eco.1873

T.Asaeda, M.D.H.J. Senavirathna, L. Vasmi Krishna

Impact of regulated water levels on willows (*Salix subfragilis*) at a flood-control dam, and the use of hydrogen peroxide as an indicator of environmental stress, *Ecological Engineering*, Vol.127, pp.96-102, 2019. DOI: org/10.1016/j.ecoeng.2018.10.028

T.Asaeda, M.D.H.J. Senavirathna, L.P. Xia, A.Barnuevo

Application of hydrogen peroxide as an environmental stress indicator for the vegetation management, *Engineering*, Vol.4, pp.610-6161, 2018. DOI: org/10.1016/j.eng.2018.09.001

[学会発表](計 3件)

T.Asaeda, K.Sanjaya

Effects of mean flow and turbulence for the habitat selection of submerged macrophytes, 14th International Symposium on Aquatic Plants, Edinburgh, UK 2015.

T.Asaeda

Effect of structure and magnitude in mechanical stressors induced by mean flow and turbulence on plants with different morphology, 33rd International Society of Limnology, Trino, Italy, 2016.

T.Asaeda

Effect of mean flow and turbulence stresses on the habitat selection of submerged plants with different morphologies, 3rd International Conference Water resources and Wetlands, Tulcea, Romania, 2016.

[図書](計 1件)

K.S.S. Atapathuthu, T.Asaeda

Responses of freshwater macrophytes to fluctuations in abiotic stress vectors. *Aquatic Plants*, NOVA Publishers 141p, pp.91-116, 2015.

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：ラシッド エムディ ハルノ オル

ローマ字氏名：Md Harun Or Rashid

所属研究機関名：埼玉大学

部局名：理工学研究科

職名：助教

研究者番号（8桁）：80633262

(2)研究協力者

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。