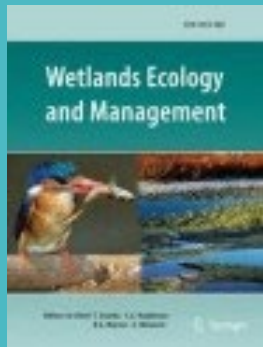
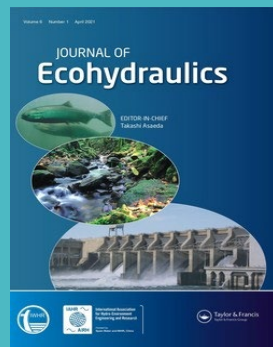


水工生理学のすすめ

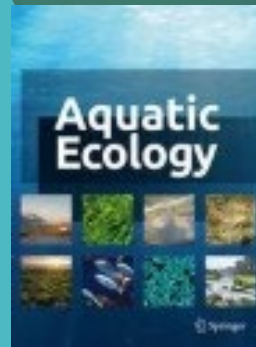
浅枝 隆



Springer Nature
Europe, USA
Editor-in-Chief



IAHR
Europe
Editor-in-Chief



Springer
Europe
Editor for plants



IAHR
Korea
Editor

SATREPS



防災領域
研究主幹

現状

アダプティブマネジメント（順応的管理）

- 個体数、個体群の変化に関する長期化間のモニタリングから状況把握。
- 一般に、種ごとの特性は異なるものの、絶滅危惧種については、通常、既往の研究結果はほとんど存在しない。外来種駆除については、人為的な駆除によっている。

社会基盤整備

植物群落が徐々に減少

保護対策を行った後、群落の変化をモニタリング

0(数年)

保護対策の是非を判断

保護対策の是非の判断に
数年を要する

→ 工事の遅れ

自然保護活動

- 生育する種の確認、リストアップ。
- 環境教育の一環として、植物の観察会、外来種駆除会の開催。
- 調査したモニタリング結果のデータは、科学的解明に利用するには、大量のデータが必要であり、通常、利用されることはほとんどない

➤ 積み重ね型の手法の構築が必要

医療の例を眺めてみよう

江戸時代の方法

薬を投与しながら経過を見る
ーアダプティブマネジメントー



長い経験が必要。
医師ごとの個人差が大きい。
科学的背景、積み上げに不足。

明治時代以降の動き

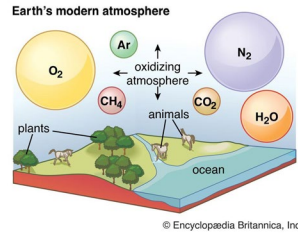
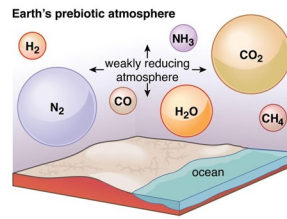
西洋医学
検診による状態把握
治療に反映



理論的背景が明確であり、一般性が高い。
科学的積み重ねが可能である。
医師ごとの個人差は少ない。
最新の情報が有効である。

公共事業ではコンサルタントの役割ではあるが

- 現状では江戸時代の手法に依存する
- 最新の情報から疎外されている

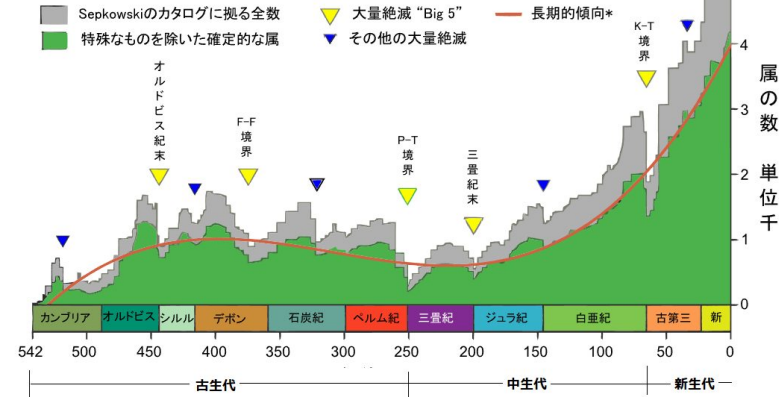


Geologic Time Scale

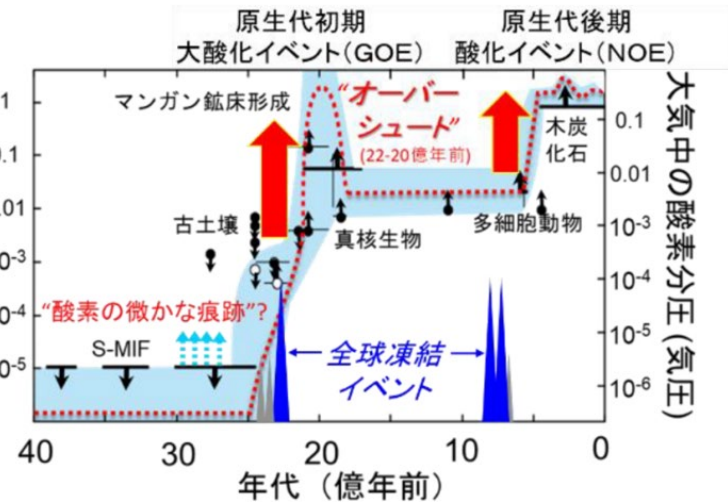
Eon	Era	Period	Epoch	Ma
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary (Q)	Holocene	0
			Pleistocene	0.0117
		Neogene	Pliocene	2.58
			Miocene	5.3
			23	
		Paleogene	Oligocene	23
			Eocene	34
			56	
			Paleocene	56
	Mesozoic	Cretaceous (K)		66
		Jurassic (J)		145
		Triassic (T)		201
	Paleozoic	Permian (P)		252
		Pennsylvanian (P)		299
		Mississippian (M)		323
		Devonian (D)		359
		Silurian (S)		419
		Ordovician (O)		444
		Cambrian (C)		485
	Proterozoic	Neoproterozoic (Z)		541
		Mesoproterozoic (Y)		1000
		Paleoproterozoic (X)		1600
		Archean (W)		2500
Precambrian (pC)	Hadean			4000
				4540

Ma = mega-annum (million years). Most ages are rounded to the nearest Ma. Common map age symbols shown in (). Modified from the ICS International Chronostratigraphic Chart, version 2020/03. Not drawn to scale.

顕生代の海洋生物の多様性 (属レベル)

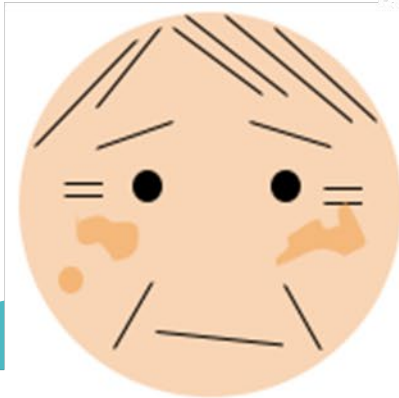


大気中の酸素レベル
(現在=1)



活性酸素

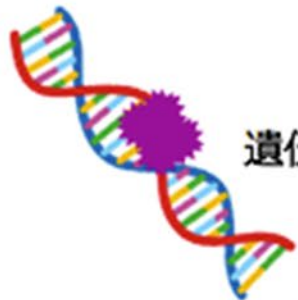
最初の酸素生産
リパーゼ



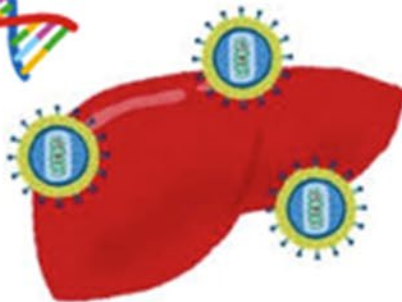
肌のシワ, しみ



肺機能低下



遺伝子損傷



がん



カチコチ血管
動脈硬化

三植物

90%の病気の原因

- ◆ 肝炎、すい炎、腎不全など
- ◆ ガン、白血病
- ◆ 心臓病
- ◆ 脳血管障害
- ◆ 高血圧
- ◆ 糖尿病
- ◆ 肌トラブル

- ◆ 病原菌の殺傷
- ◆ 不要な細胞の除去
- ◆ 体内の伝達機能

時間割

1時限 高等学校 生物II

2時限 水生植物管理への応用

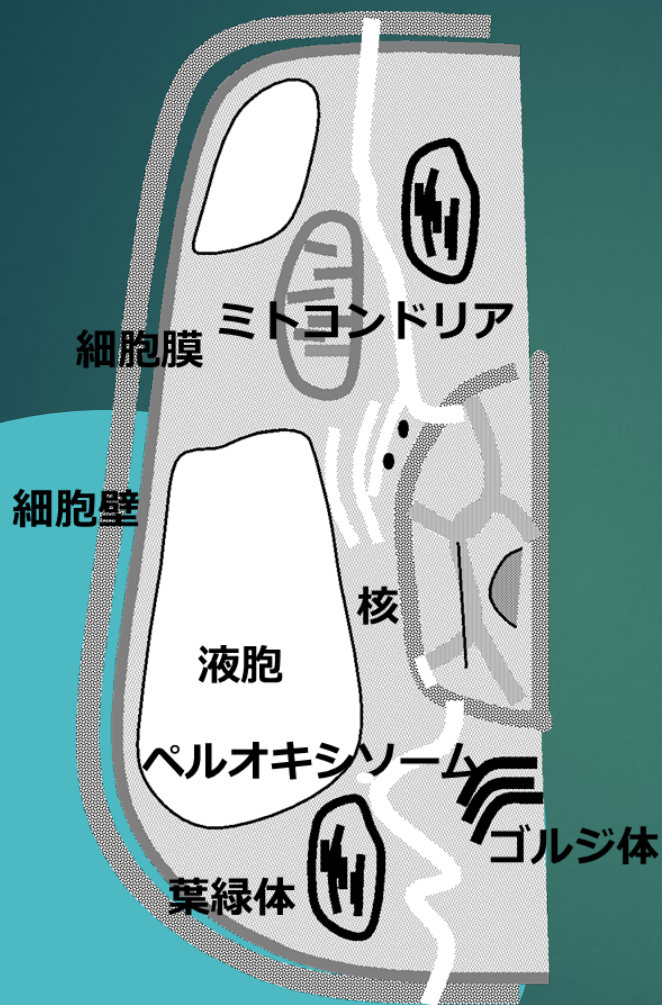
3時限 河岸植生への応用

4時限 藍藻対策

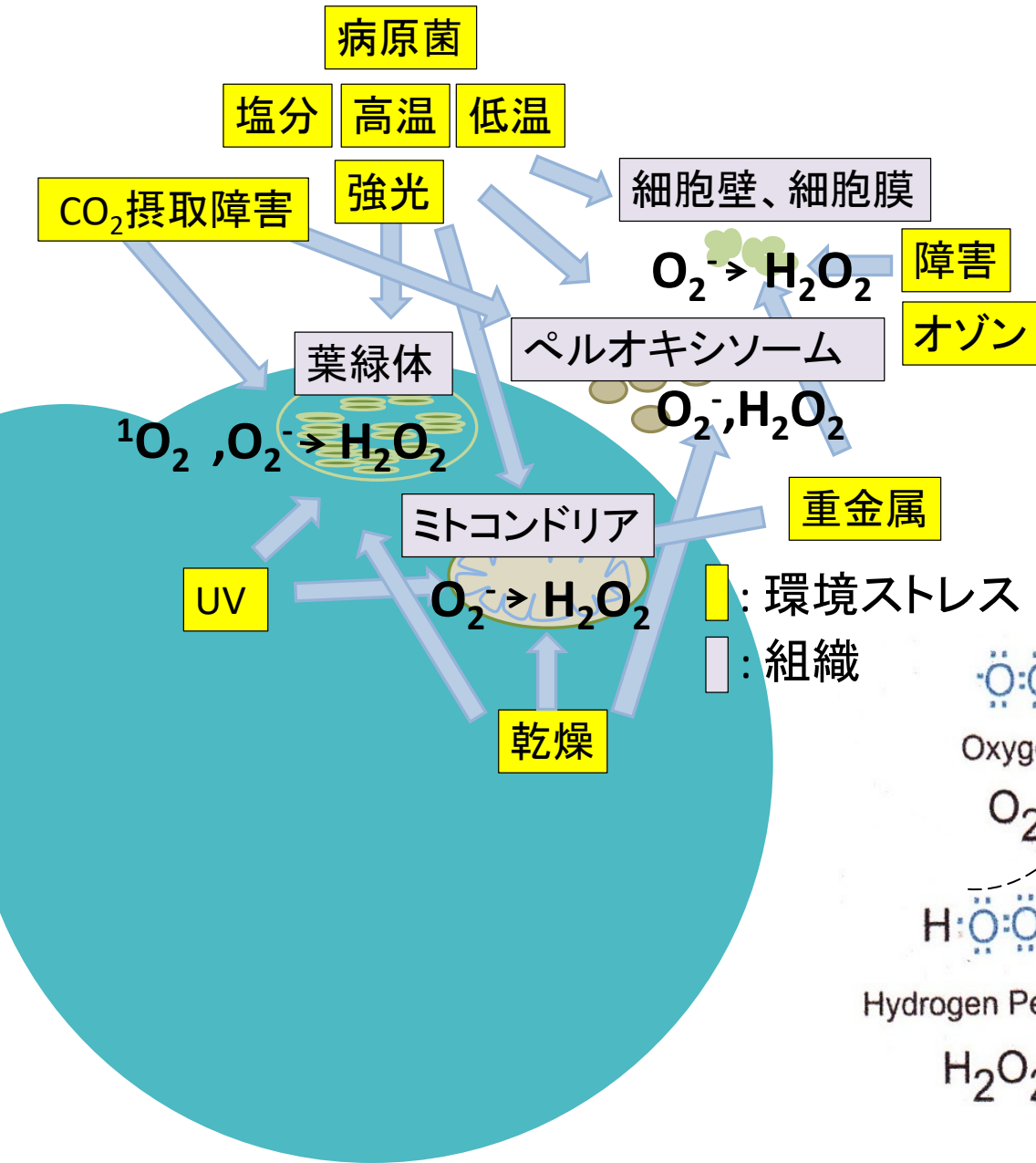
自由時間

The background is a dark teal gradient. It features several decorative elements: a large teal circle on the left, a medium teal circle on the right, a small teal circle at the bottom right, a small teal circle at the top right, and a red vertical rectangle at the top right.

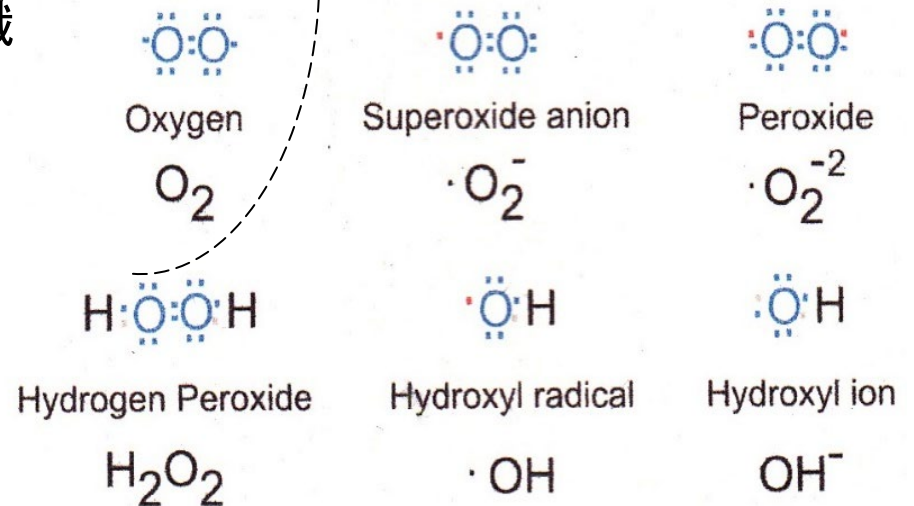
1時限 高等学校 生物 II



活性酸素の発生

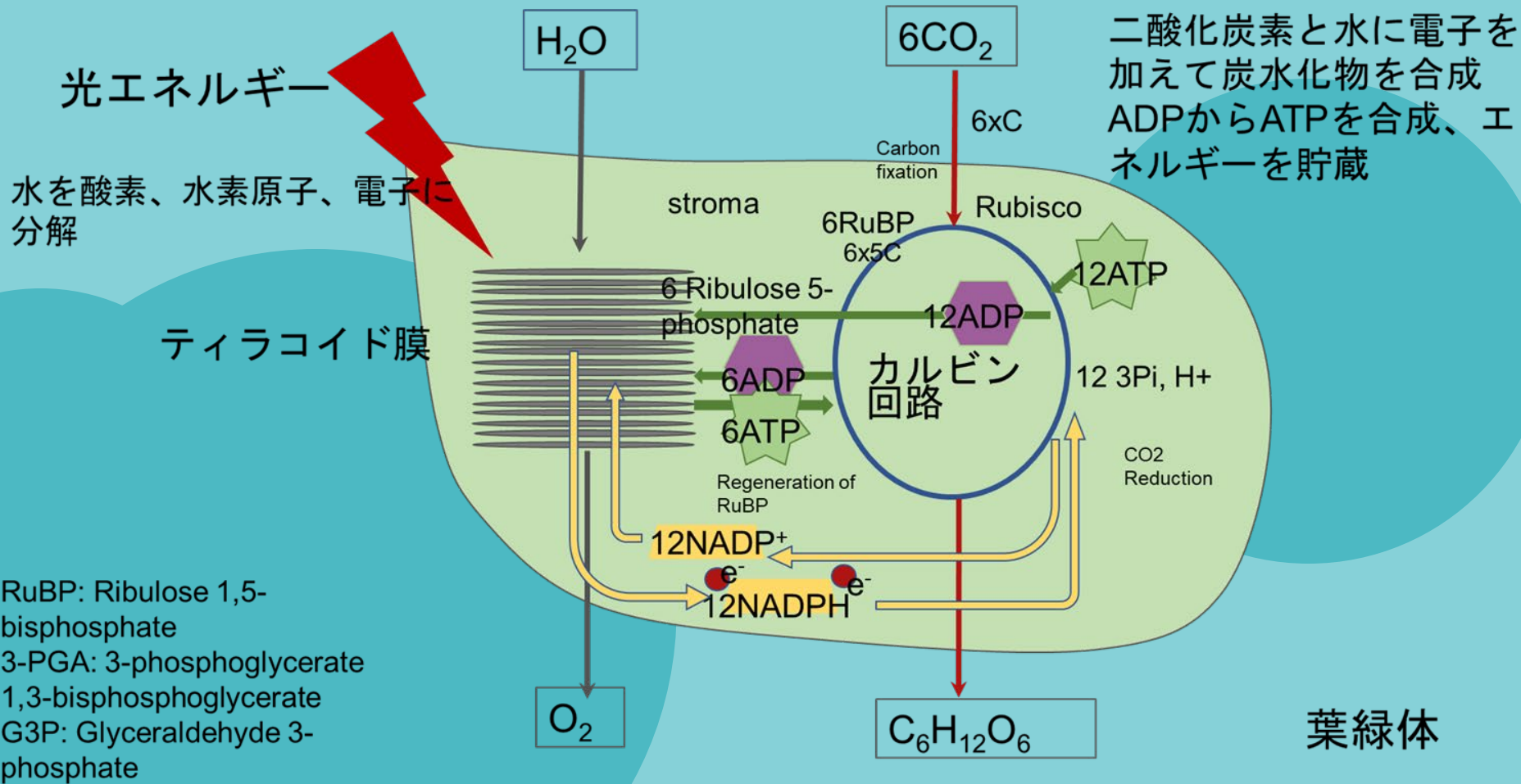


活性酸素

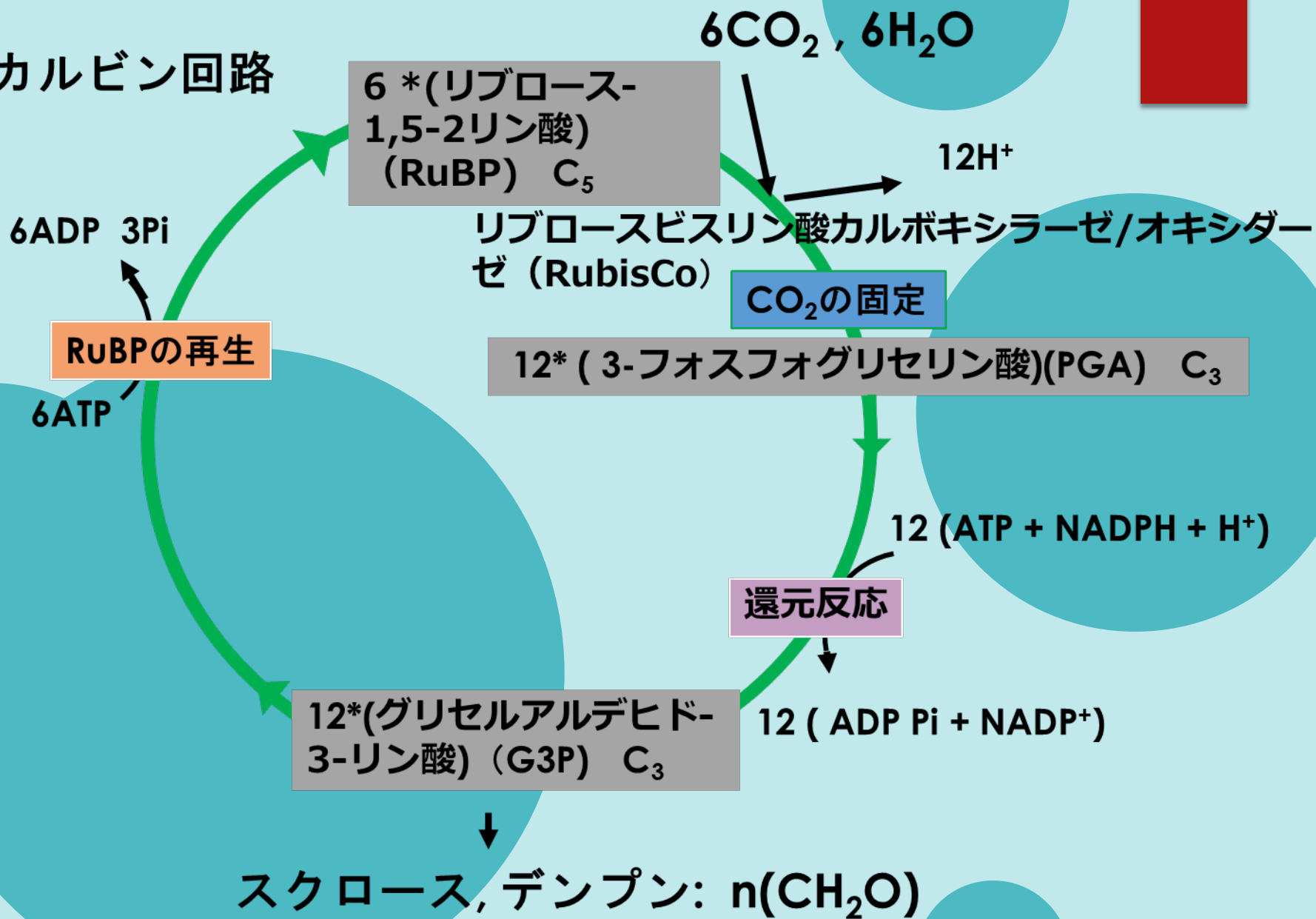


光合成

光合成の仕組み

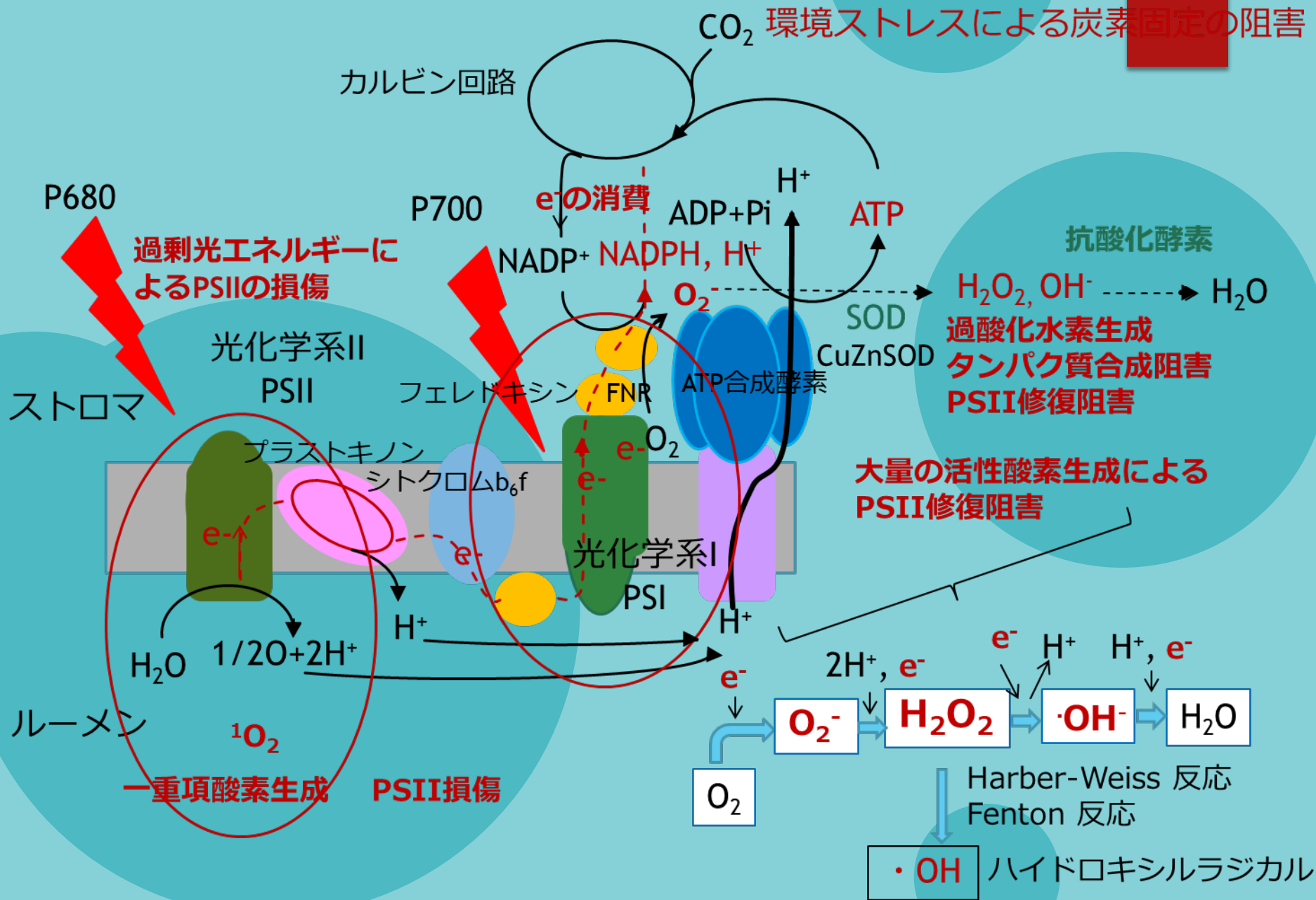


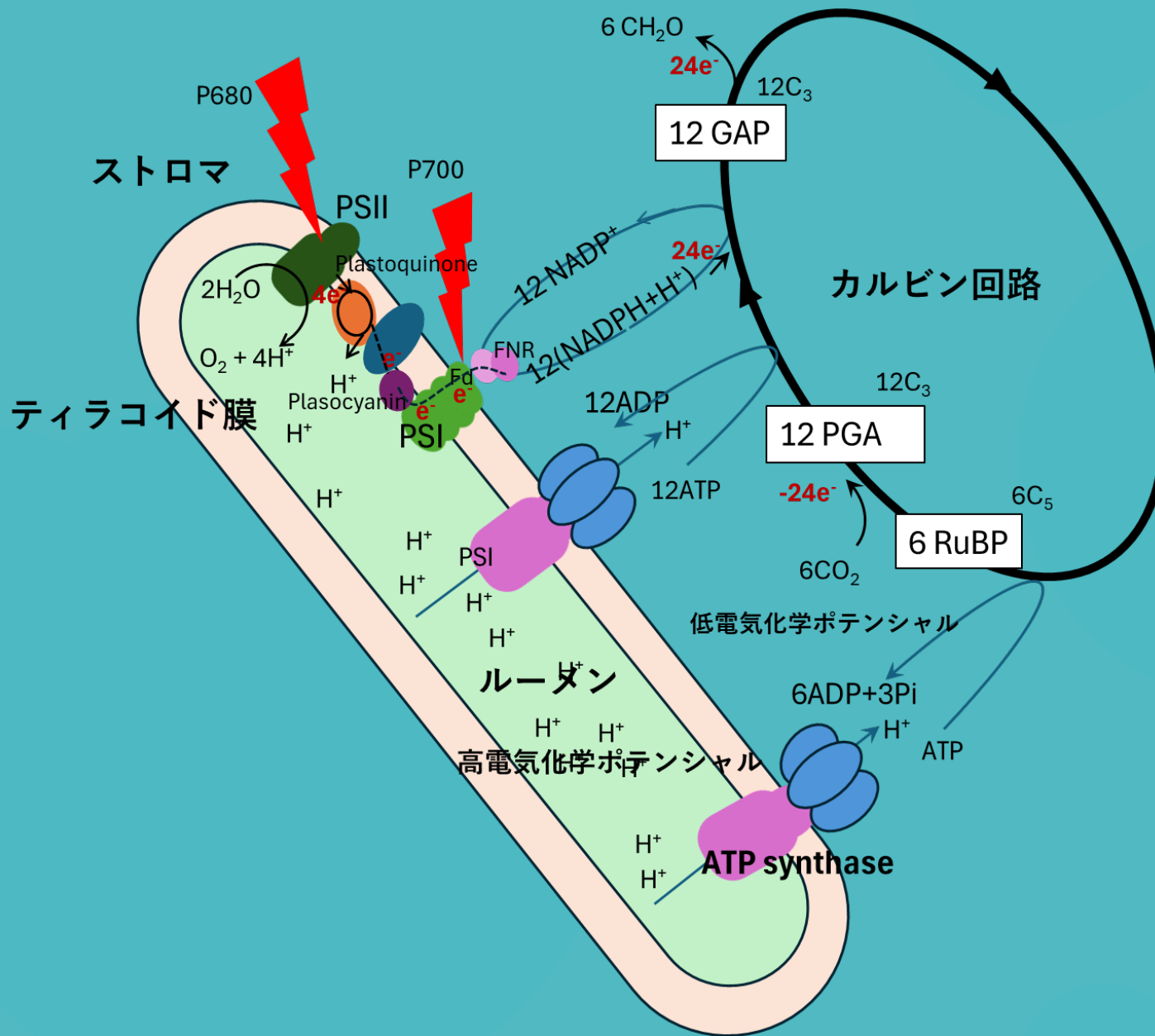
カルビン回路



葉緑体における活性酸素の発生

CO₂ 環境ストレスによる炭素固定の阻害





光呼吸

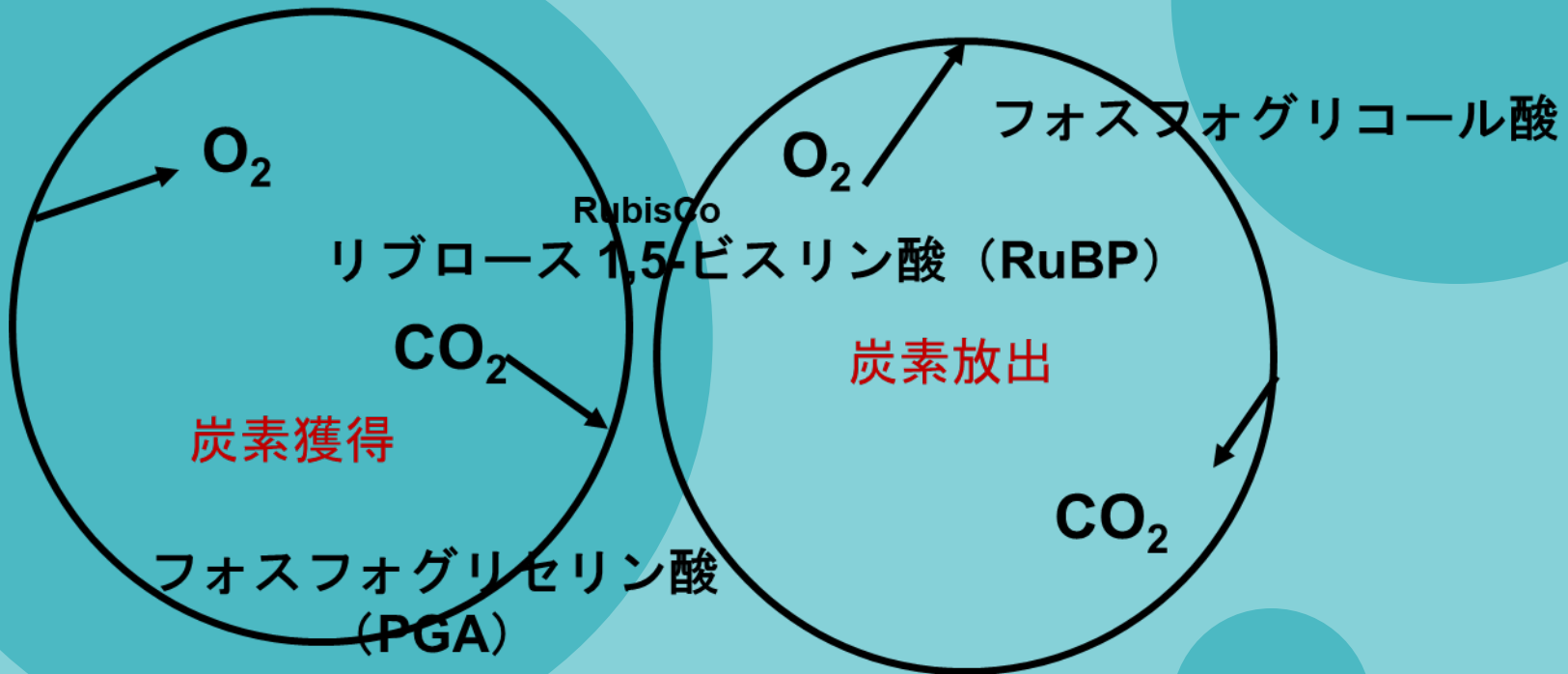
CO_2 の減少、 O_2/CO_2 の増加：活性酸素の増加

RuBPにカルボキシル基($-\text{COOH}$)を付加しPGAを生成



RuBPに酸素を付加する（フォスフォグリコール酸を生成）

リブローズビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシダーゼ (RubisCo)
Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase



葉緑体

カルビン回路

リブローズ-1, 5-ビスリン酸 (RuBP)

RuBisCO

O_2

フォスフォグリコール酸

フォスフォグリセリン酸 (PGA)

H_2O
 P_i

グリコール酸

グルタミン酸

グリセリン酸

ADP
ATP

ペルオキシソーム

グリコール酸

グリセリン酸

O_2
 H_2O_2

グルタミン酸

NAD^+
 $NADH$

グリオキシル酸

ヒドロキシピルビン酸

グリシン

グルタミン酸

セリン

ミトコンドリア

グリシン

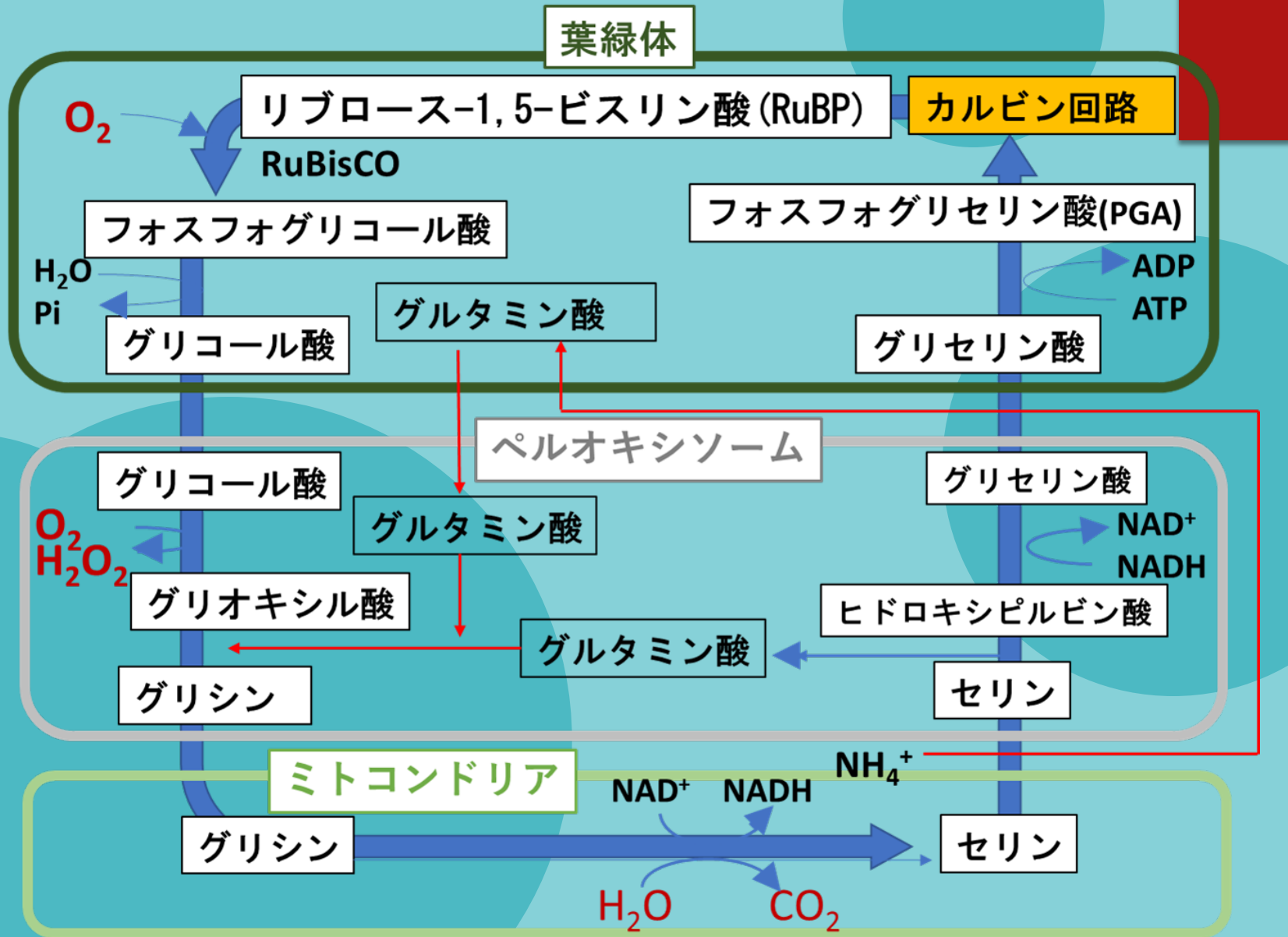
NAD^+ $NADH$

NH_4^+

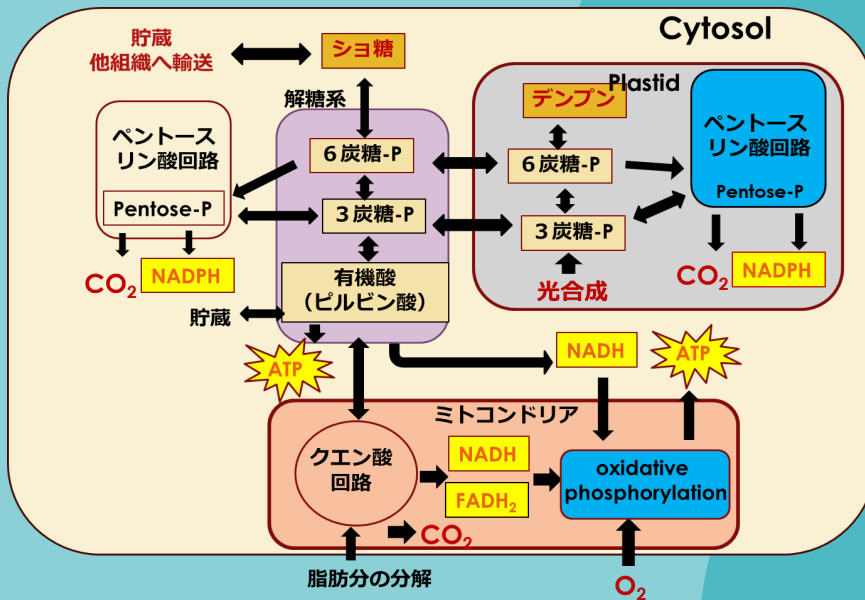
セリン

H_2O

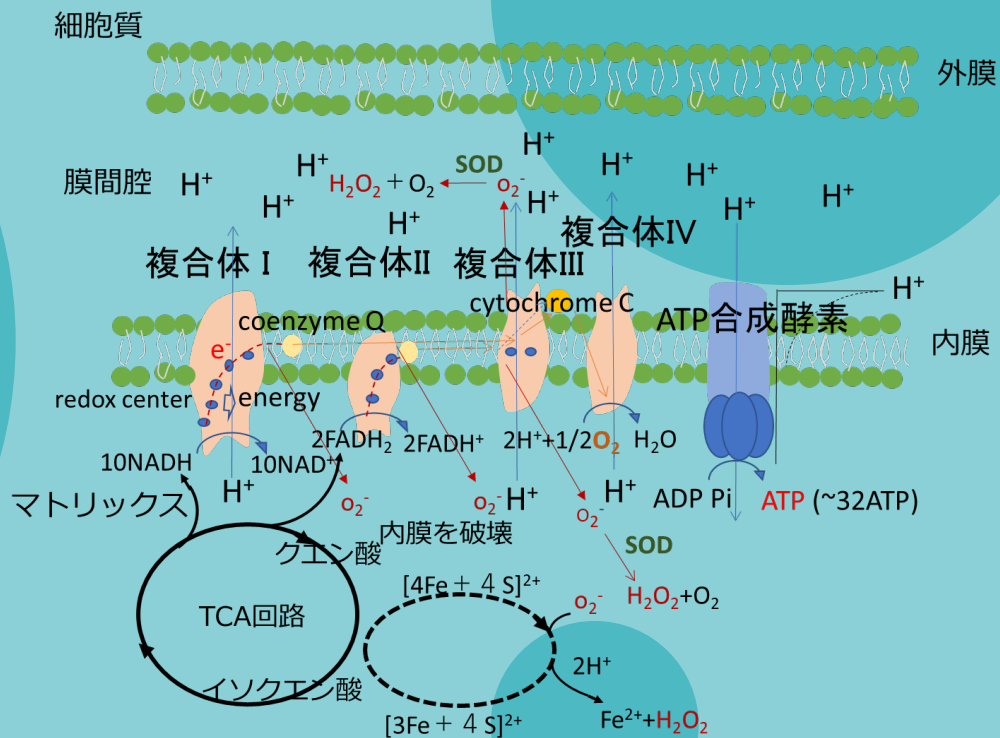
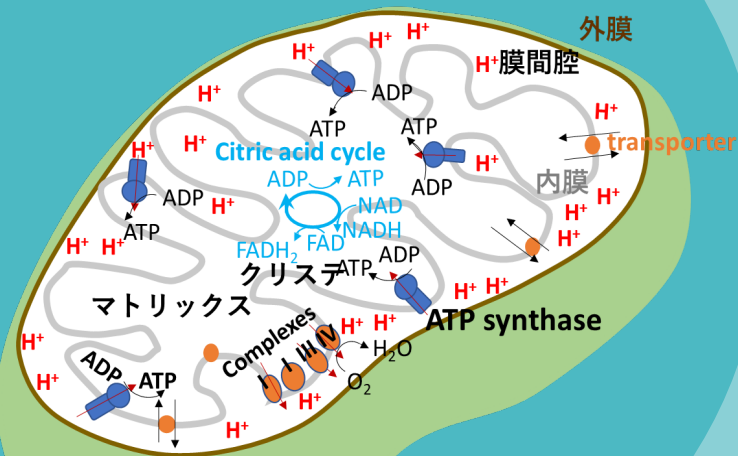
CO_2

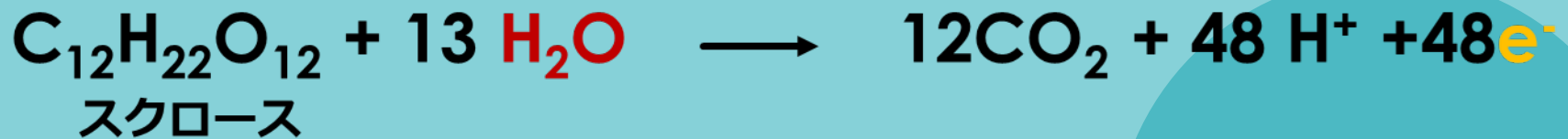


呼吸

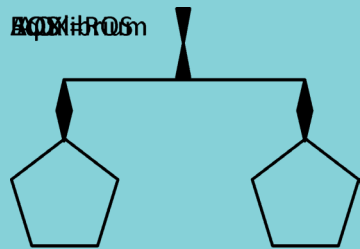


ミトコンドリア

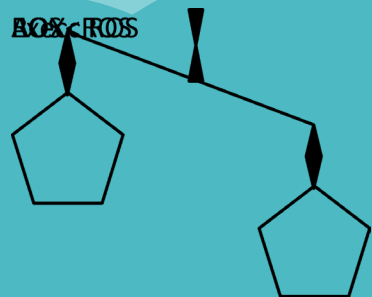




分解：大量の水分を消費、大量の電子を産出
酸素により電子を消費



通常の状態

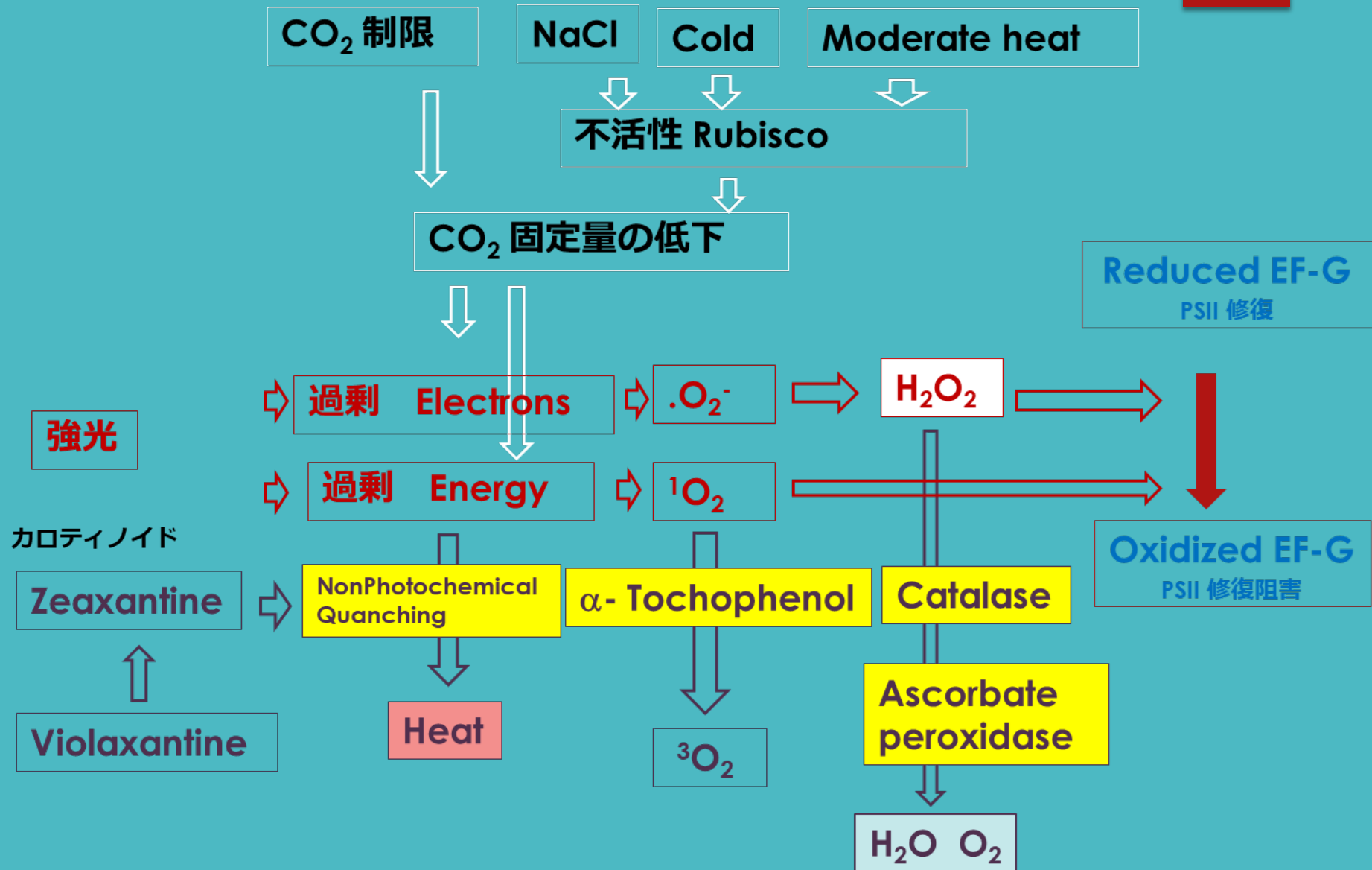


ストレス過多な
状態

主な抗酸化物質と除去する活性酸素種

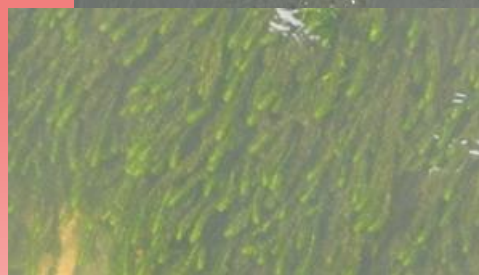
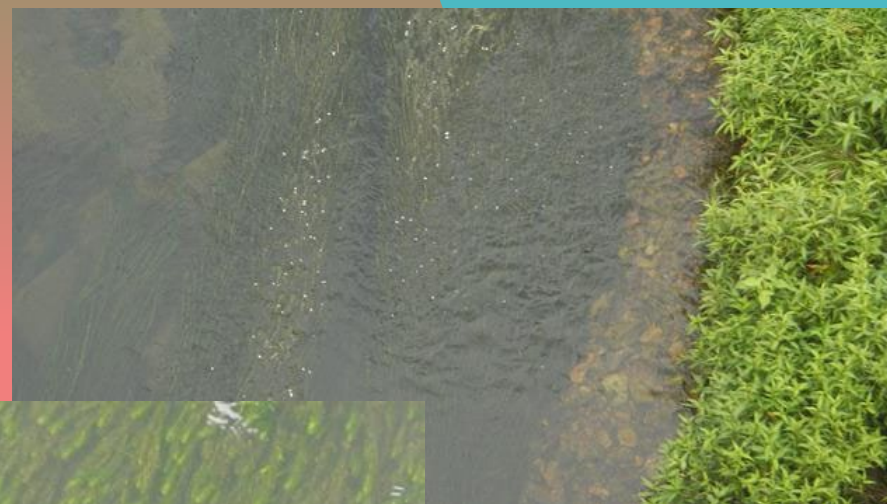
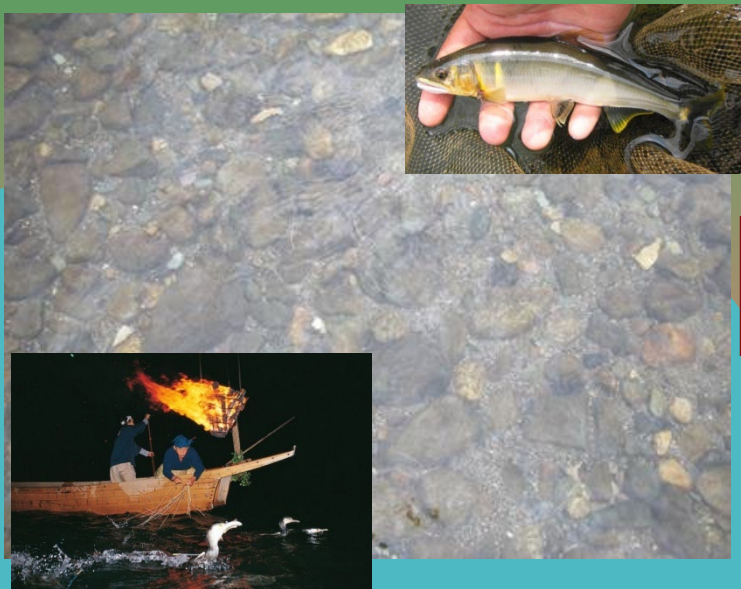
抗酸化物質	活性酸素種			
	O_2^-	H_2O_2	$\cdot OH$	1O_2
スーパーオキシドディスムターゼ SOD	✓			
グルタチオンペルオキシダーゼ		✓		
ペルオキシダーゼ POX APX		✓		
カタラーゼ CAT		✓		
アスコルビン酸 V.C.	✓	✓		✓
システイン			✓	
グルタチオン			✓	
α -トコフェノール V.E.			✓	✓
α -カロテン			✓	
β -カロテン			✓	✓
フラボノイド			✓	
リボフラビン				✓
ビリルビン	✓			
尿酸			✓	✓

活性酸素に対する防御作用



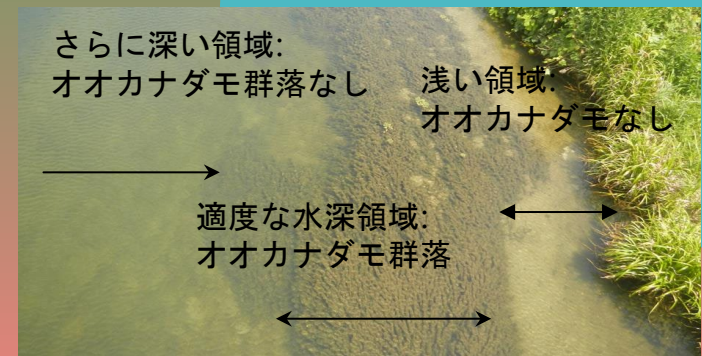
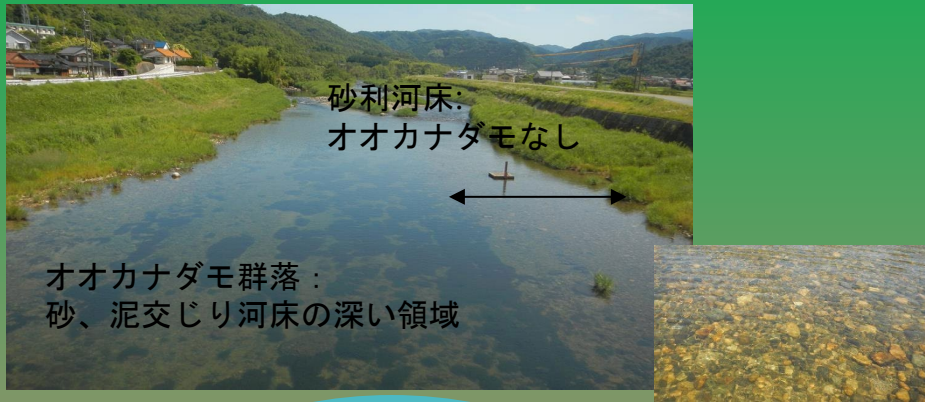
The image shows a wide river with a calm surface. In the foreground and middle ground, there are large, irregular patches of bright green algae or aquatic plants floating or growing in the water. The banks of the river are covered with green grass. The entire image is framed by a presentation slide design. The top has a green header bar with a large light blue circle on the right and a red vertical bar. The bottom has a pink footer bar with a large light blue circle on the left and a smaller light blue circle on the right. The title text is centered in the middle of the image in a yellow font.

2時限 水生植物管理への応用



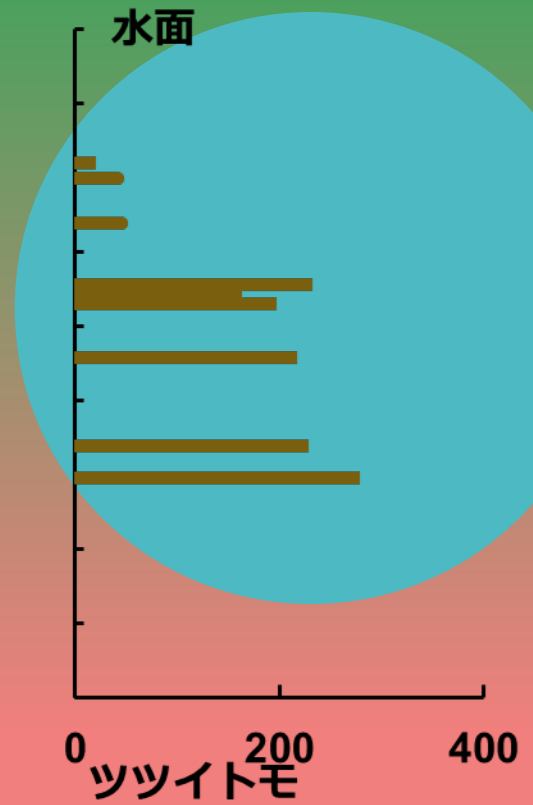
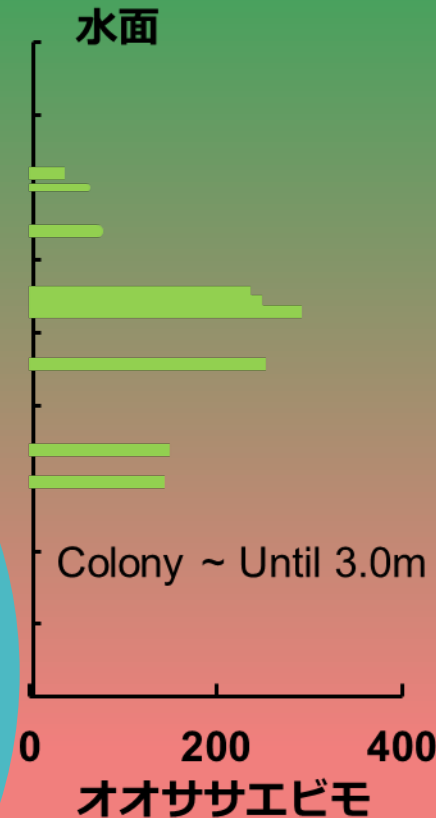
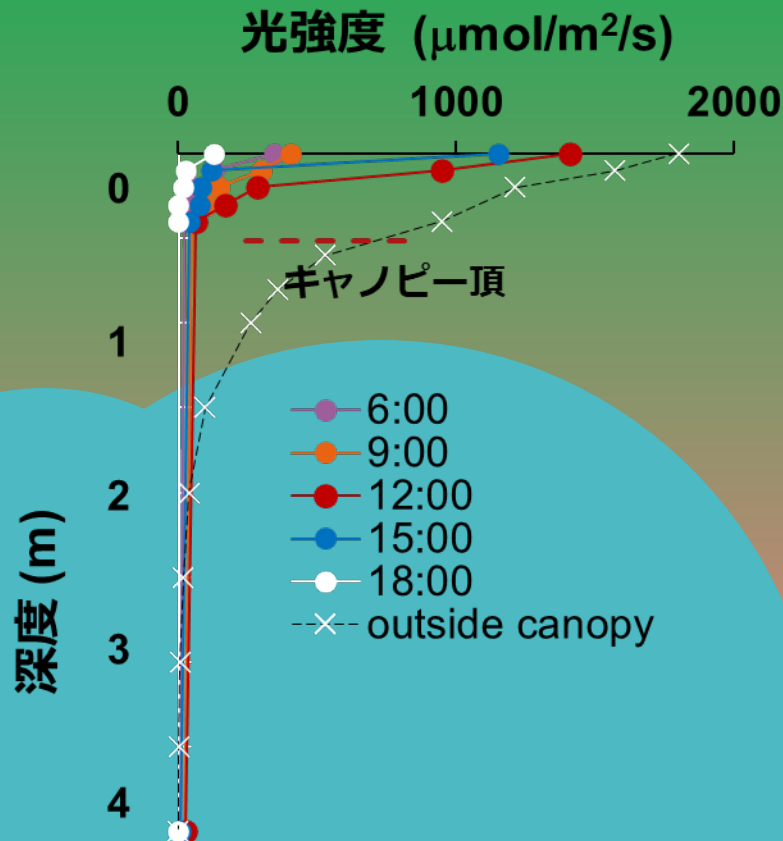
- 河床が沈水植物に覆われ、アユ漁業などに影響
- 礫は減少、水草は礫間から生える

河川内の沈水植物群落の分布



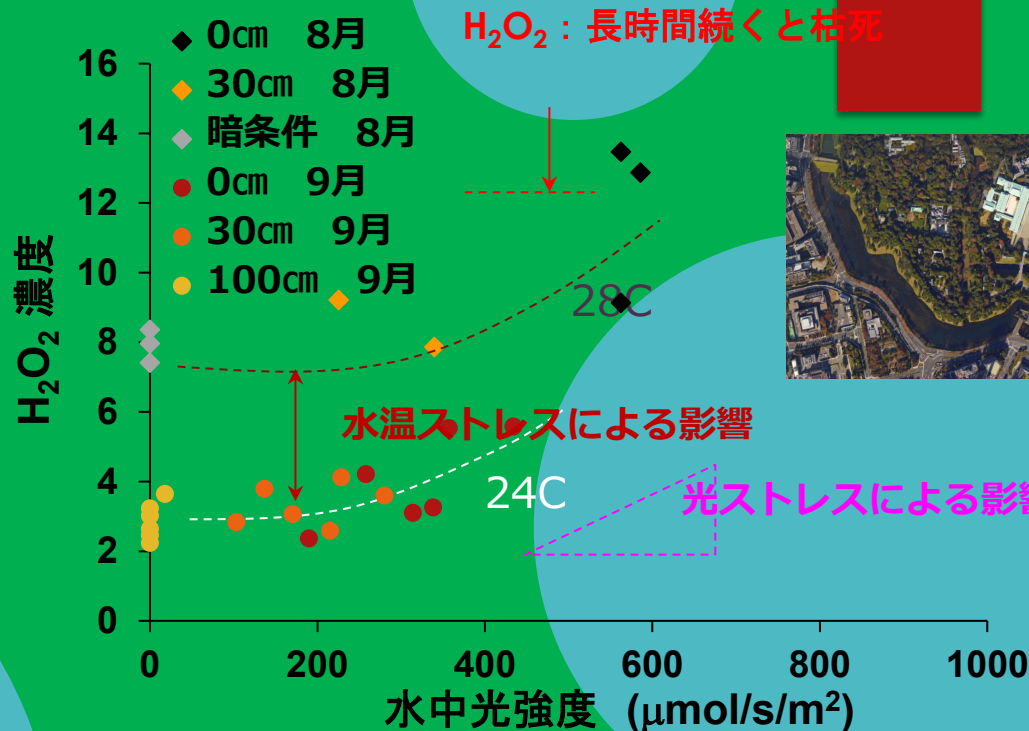
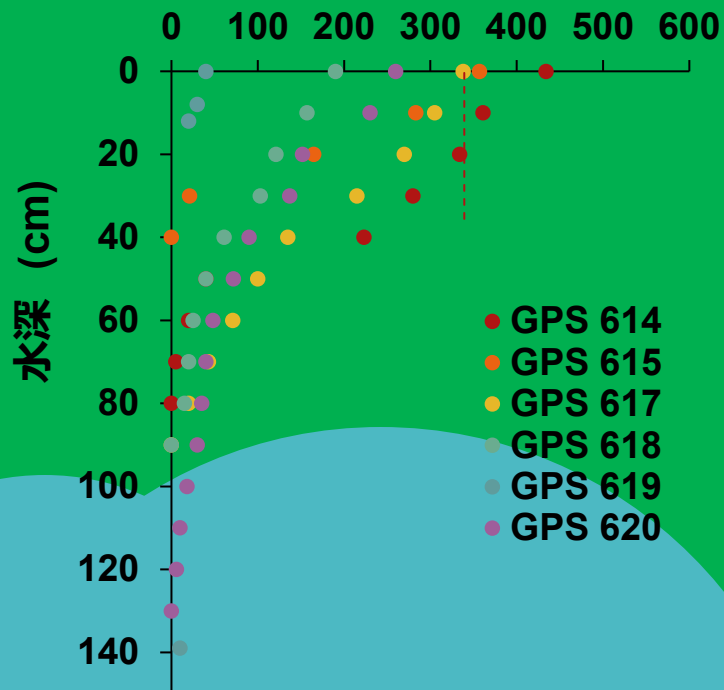
日射強度 vs. 沈水植物群落

穴道湖の水草分布

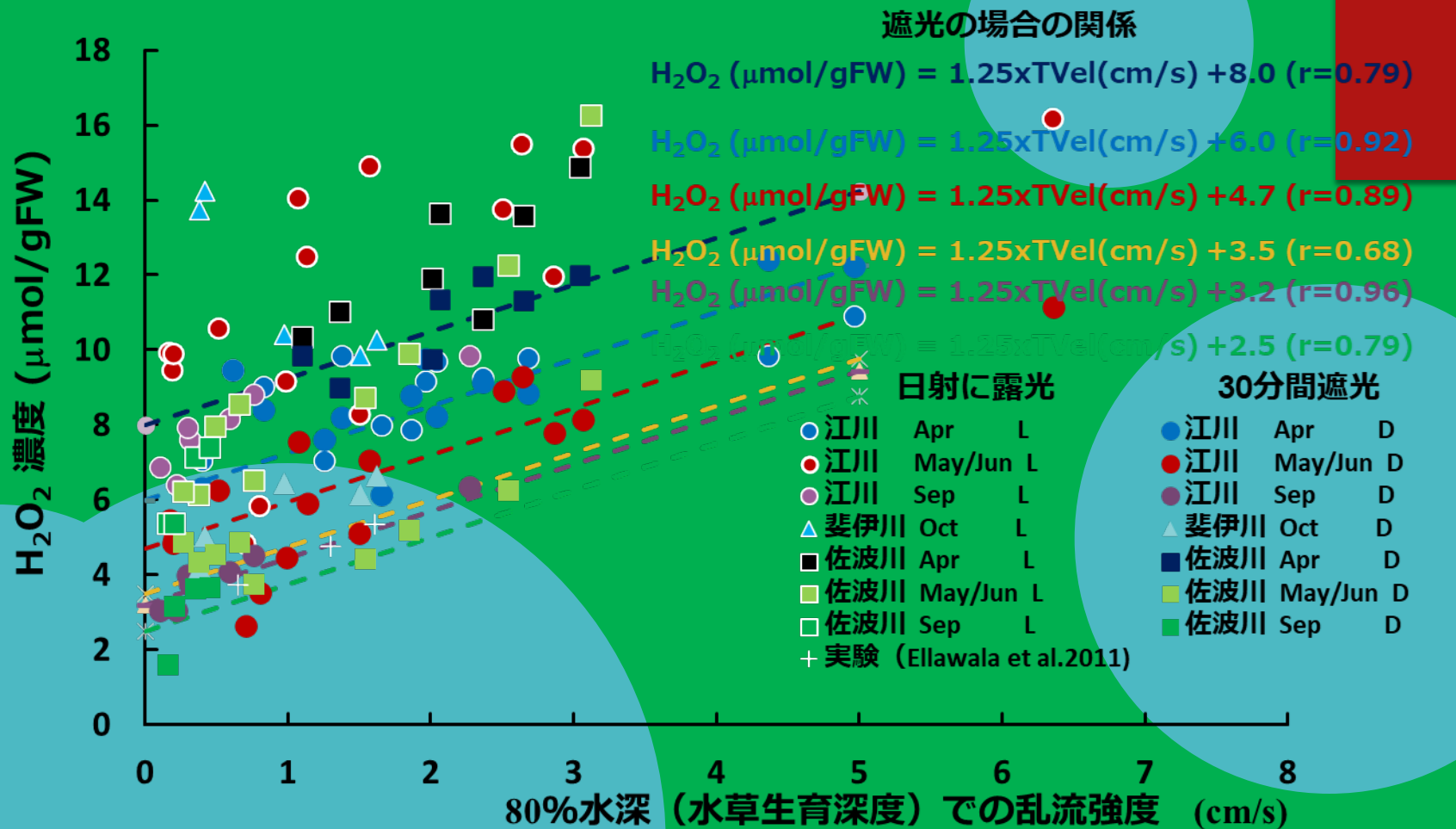


➤ 水草にとって強すぎる日射は成長を阻害する

水中光強度 ($\mu\text{mol/s/m}^2$)



- 水中光強度 $350\mu\text{mol/s/m}^2$ 程度で H_2O_2 濃度が上昇、ストレス強度が増加
- 水温が24Cより上昇すると共に H_2O_2 濃度が一律に上昇、ストレスが高まる
- 水深10-20cm程度までは光強度が強すぎるために早く枯死する

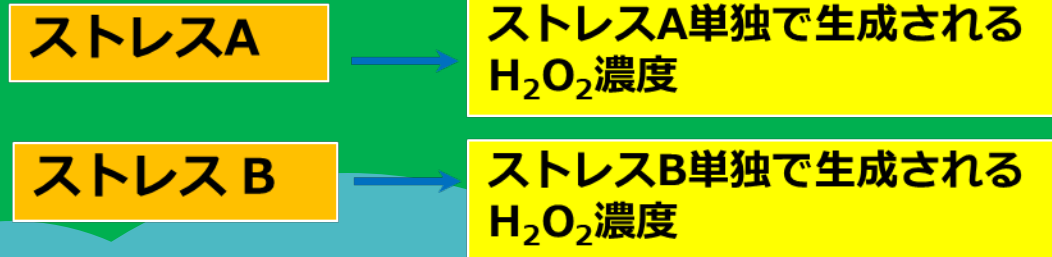


- 葉の H_2O_2 濃度は乱流強度の上昇と共に増加する。
- 時期（水温）に関わらず、上昇率は一定。
- 露光サンプルの H_2O_2 濃度の方が遮光サンプルのそれより高い。
 - 差が光強度による H_2O_2 生成分

複合ストレス付加の影響

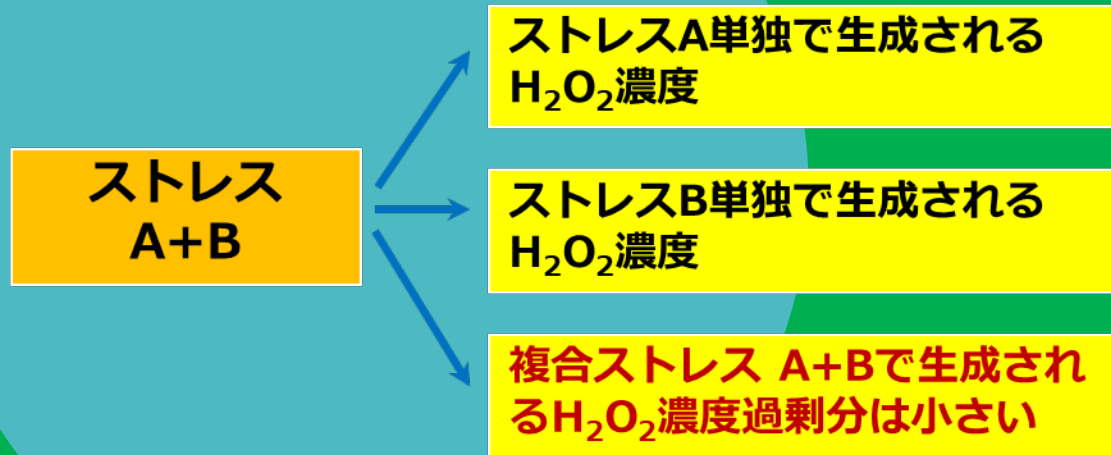
◆ 自然界では、通常、様々なストレスが複合的にかかっている

単一のストレス付加



一定条件の実験では評価可能

複合ストレス 付加

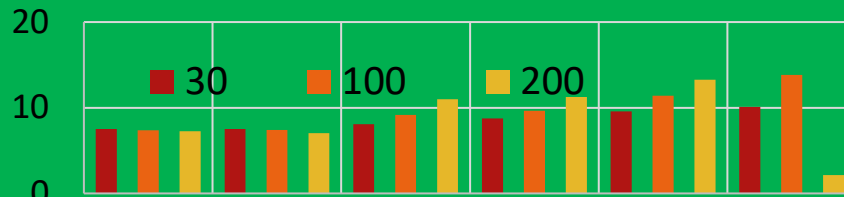


ストレスの時間スケール
日射 ~O(時間)
機械的 (流速など) ストレス
~O(短時間)
温度ストレス ~O (季節)
生物的ストレ ~O (季節,年)

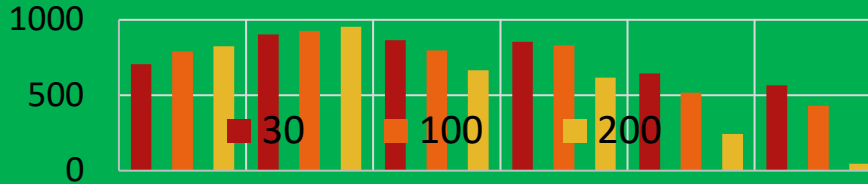
時間スケールの長いストレスを背景として、短いストレスの影響評価が可能

ストレスによって影響の度合いが異なる : H₂O₂ 濃度で一律に評価可能

H_2O_2 濃度
($\mu\text{mol/gFW}$)

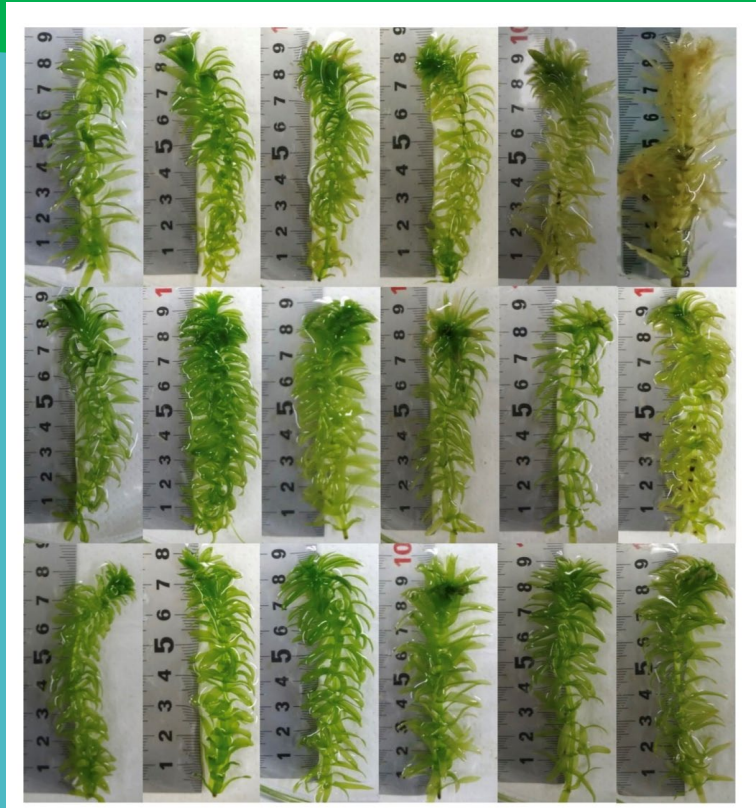


Chl-a 濃度
(mg/gFW)



光強度 (PAR) ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)

200
100
30



0 0.5 3 5 7 10
Fe イオン濃度 (mg/L)

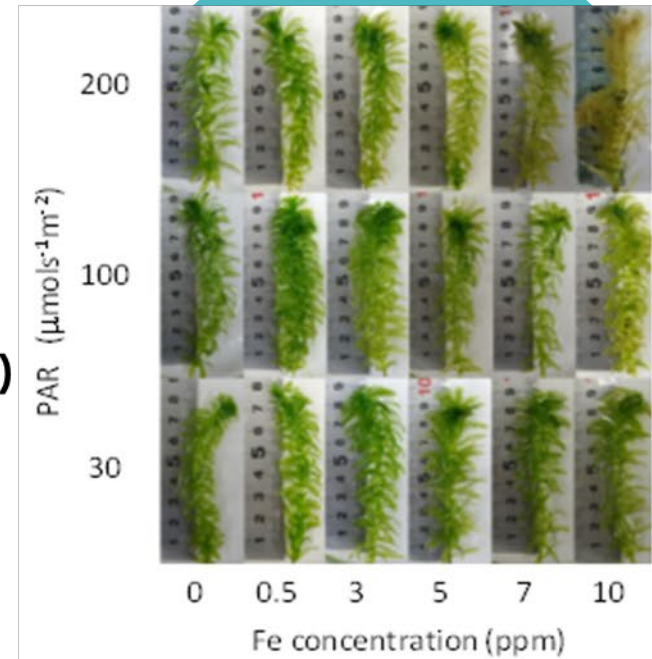
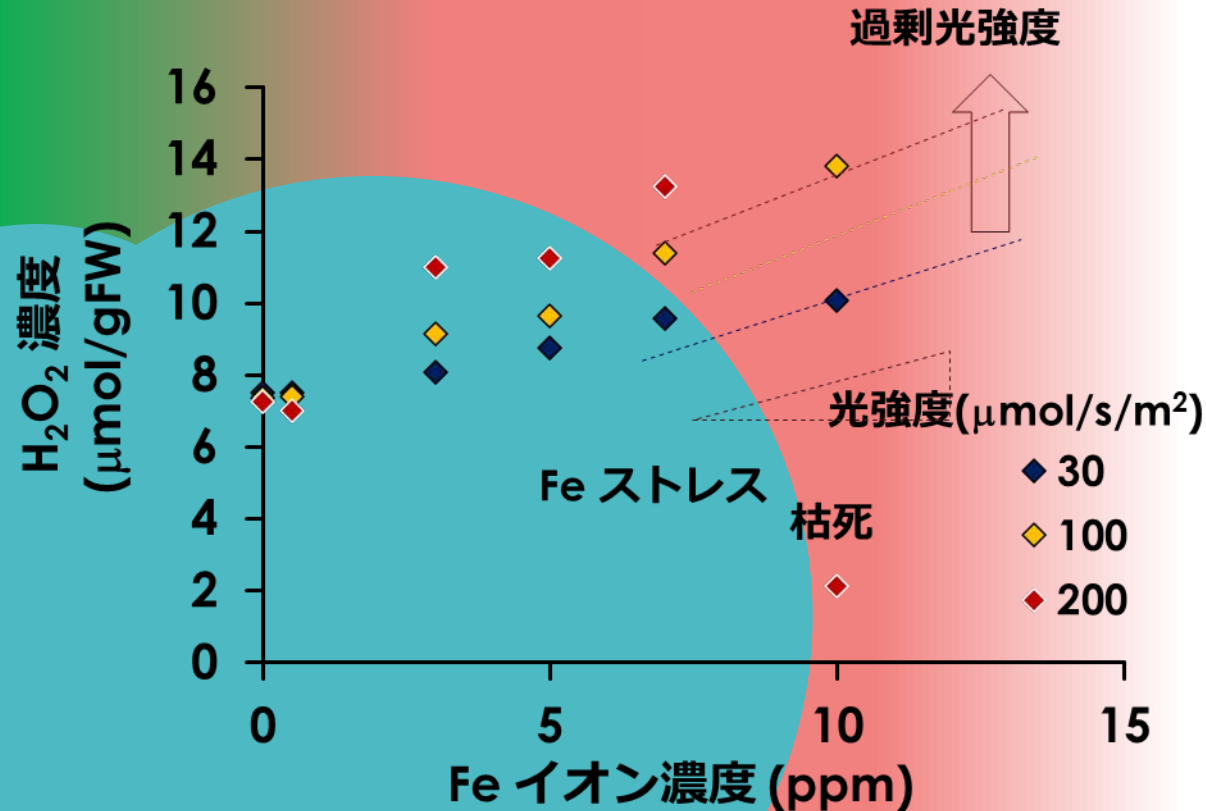
複合ストレス付加の例
光 vs. Fe イオン

ストレス強度

Fe イオン ストレスと光ストレス

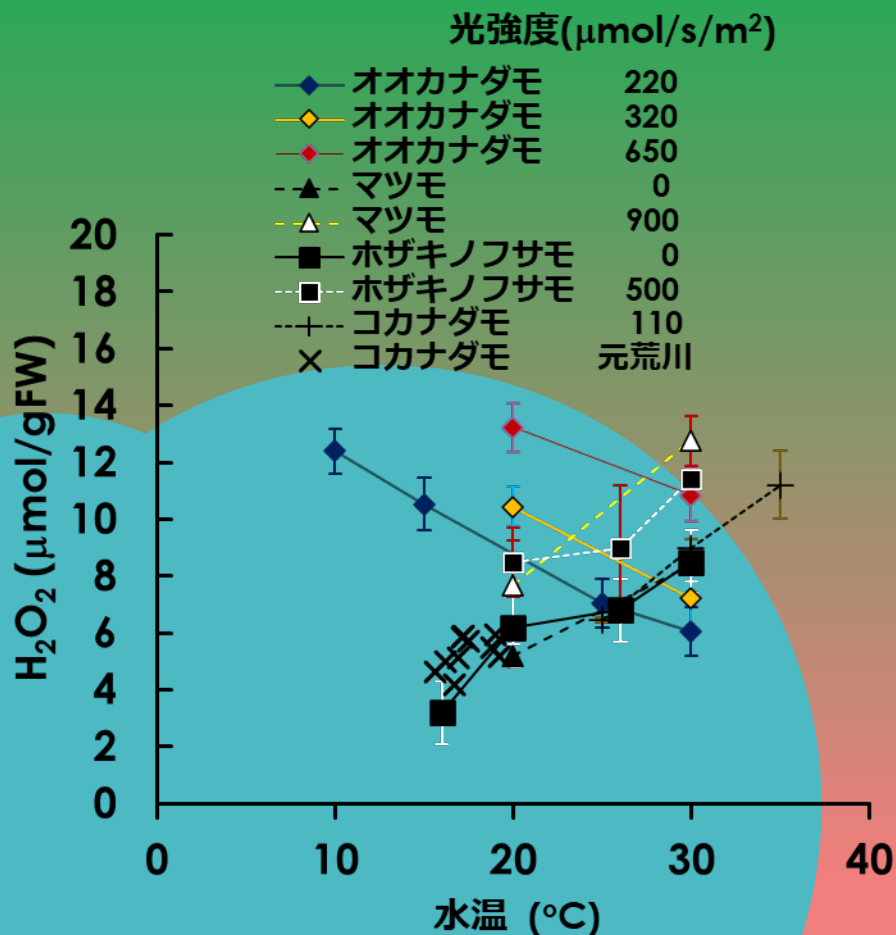
Fe : 植物にとってのミクロ栄養素

Fe : 高濃度では有毒



Fe イオンによるストレス: H₂O₂ concentration の増加量
($\sim 0.2 \text{ H}_2\text{O}_2 (\mu\text{mol/gFW}) / \text{Fe (ppm)}$)

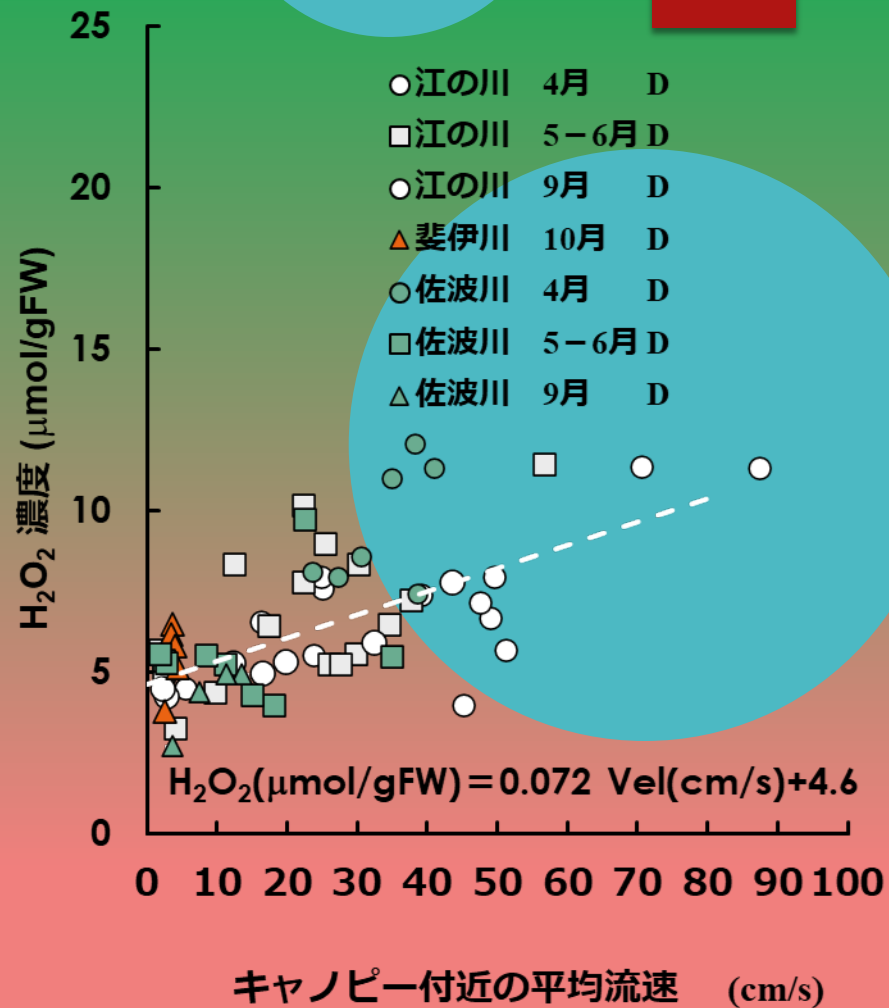
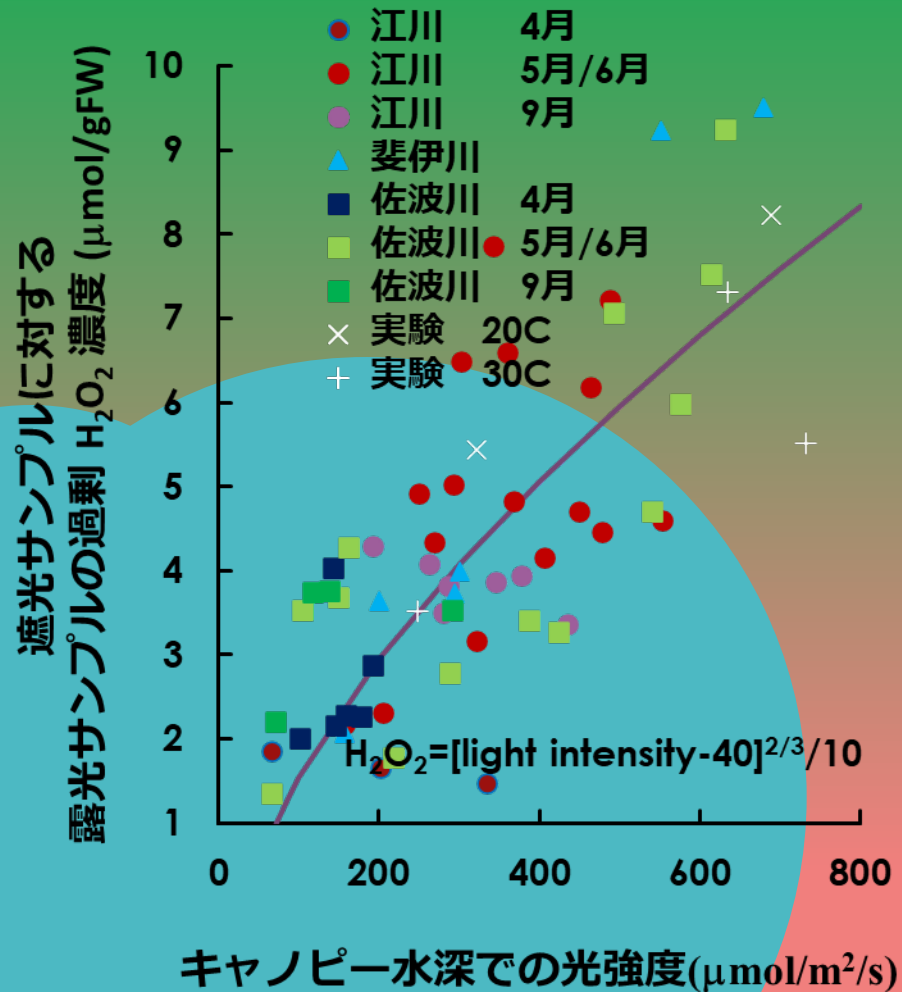
光強度及び水温ストレスの影響

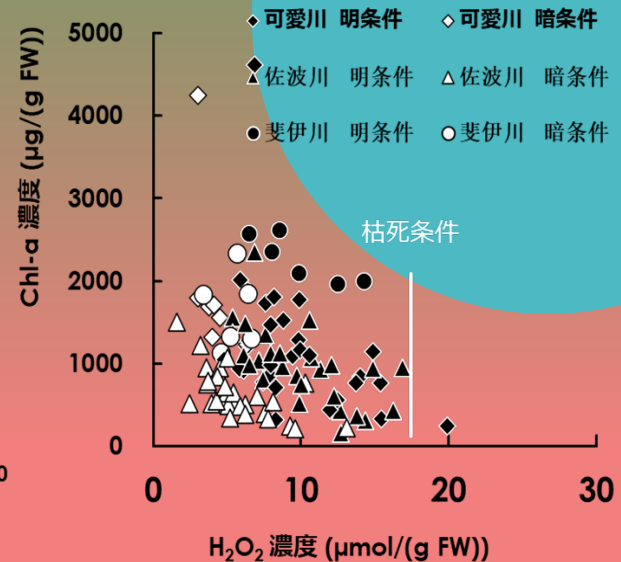
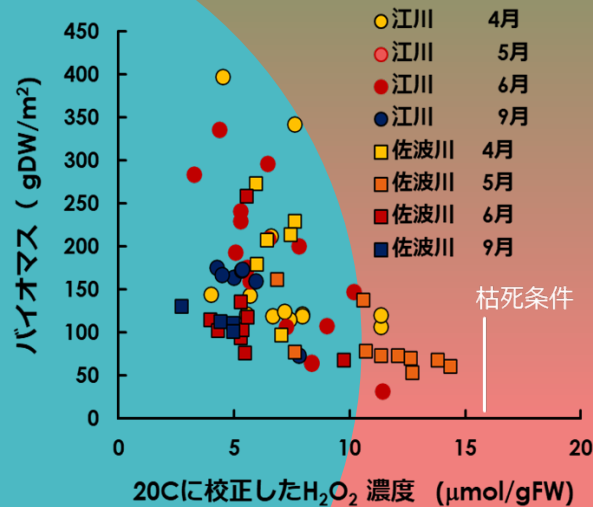
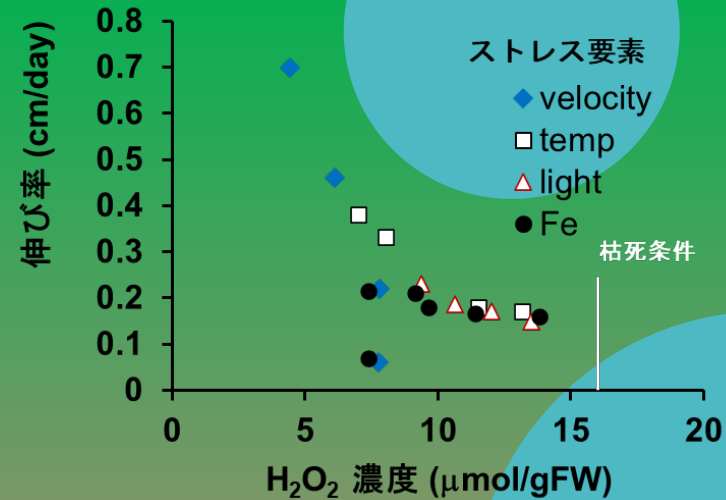
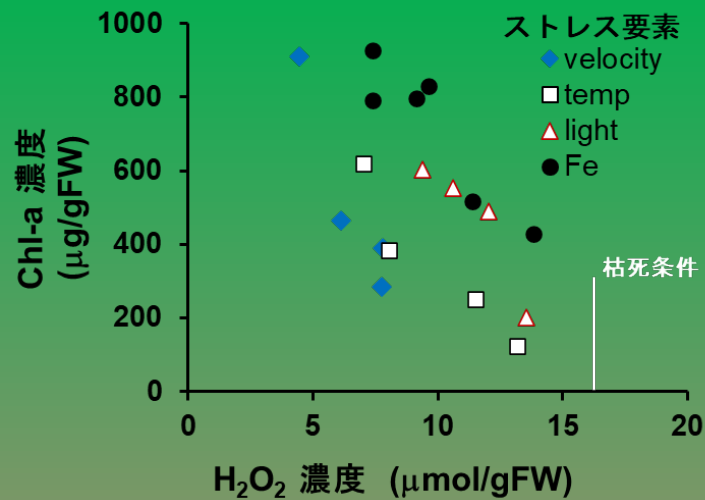


- H_2O_2 濃度
- ◆ オオカナダモ：水温上昇と共に減少
高い水温を好む
 - ◆ 他種：水温上昇と共に増加
低い水温を好む

オオカナダモ増殖：西日本
コカナダモ増殖：東日本

- ◆ 光強度に関わらず水温に対する H_2O_2 の変化傾向は一定
- H_2O_2 変化に対し、水温と光強度が独立に寄与
全体の H_2O_2 =
水温による H_2O_2 + 光強度による H_2O_2





◆ バイオマス、Chl-a 濃度は H_2O_2 濃度と負の関係がある。

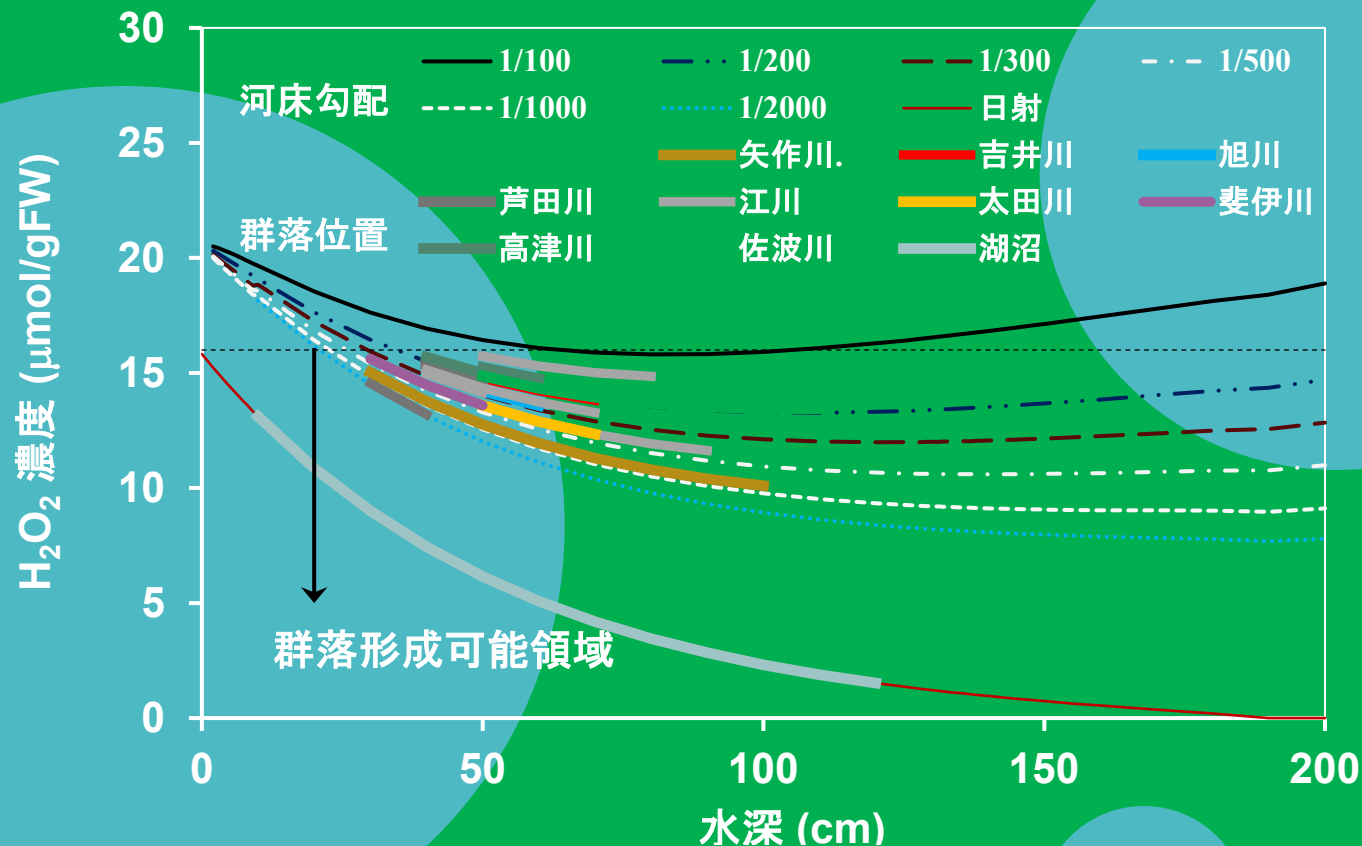
◆ 時期、河川に関わらず H_2O_2 濃度が $16\mu\text{mol/gFW}$ 程度になるとゼロ（枯死）になる。

オオカナダモ群落の形成領域

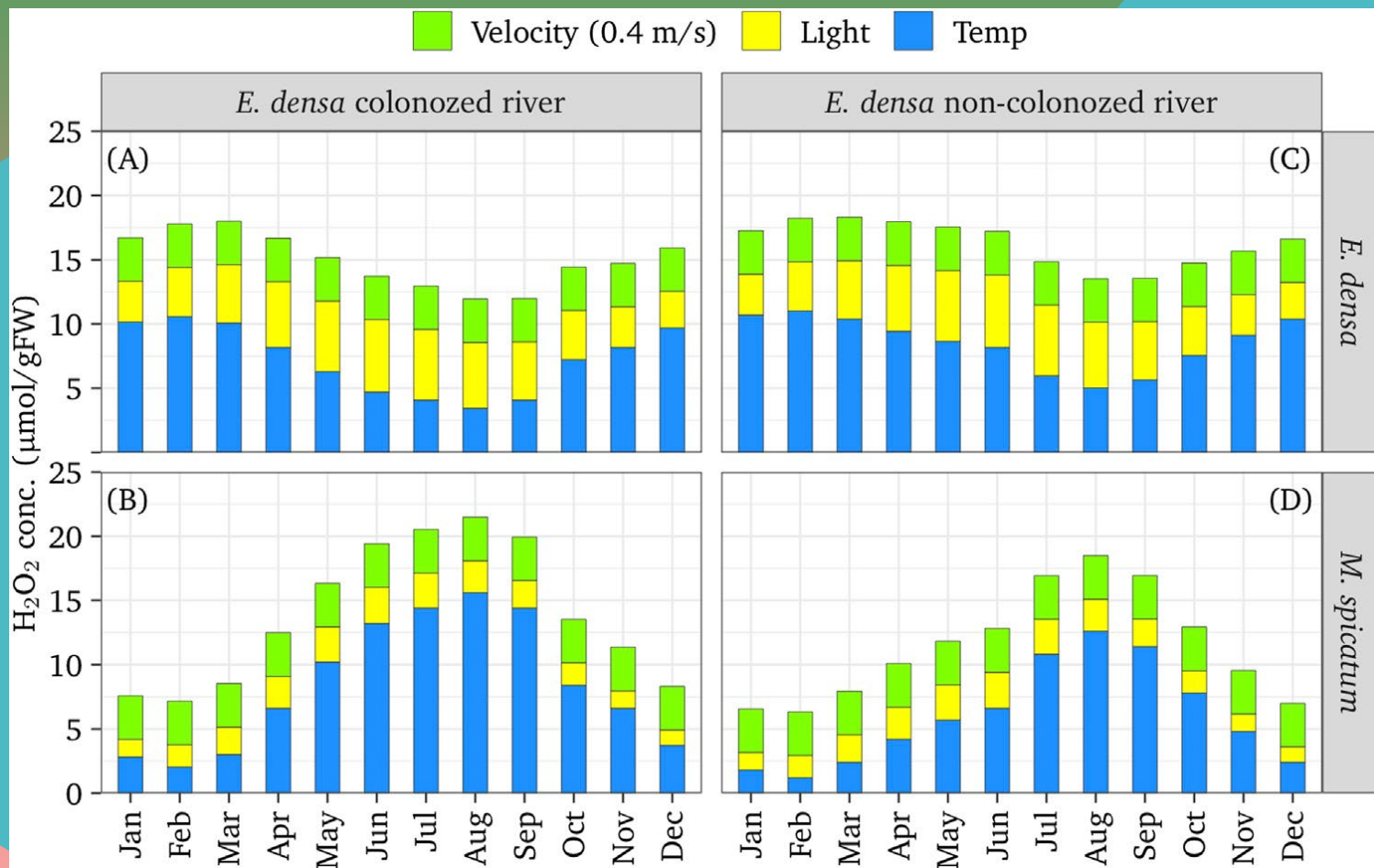
全体の H_2O_2 = 光阻害による H_2O_2 + 流速による H_2O_2 < $16\mu\text{mol/gFW}$

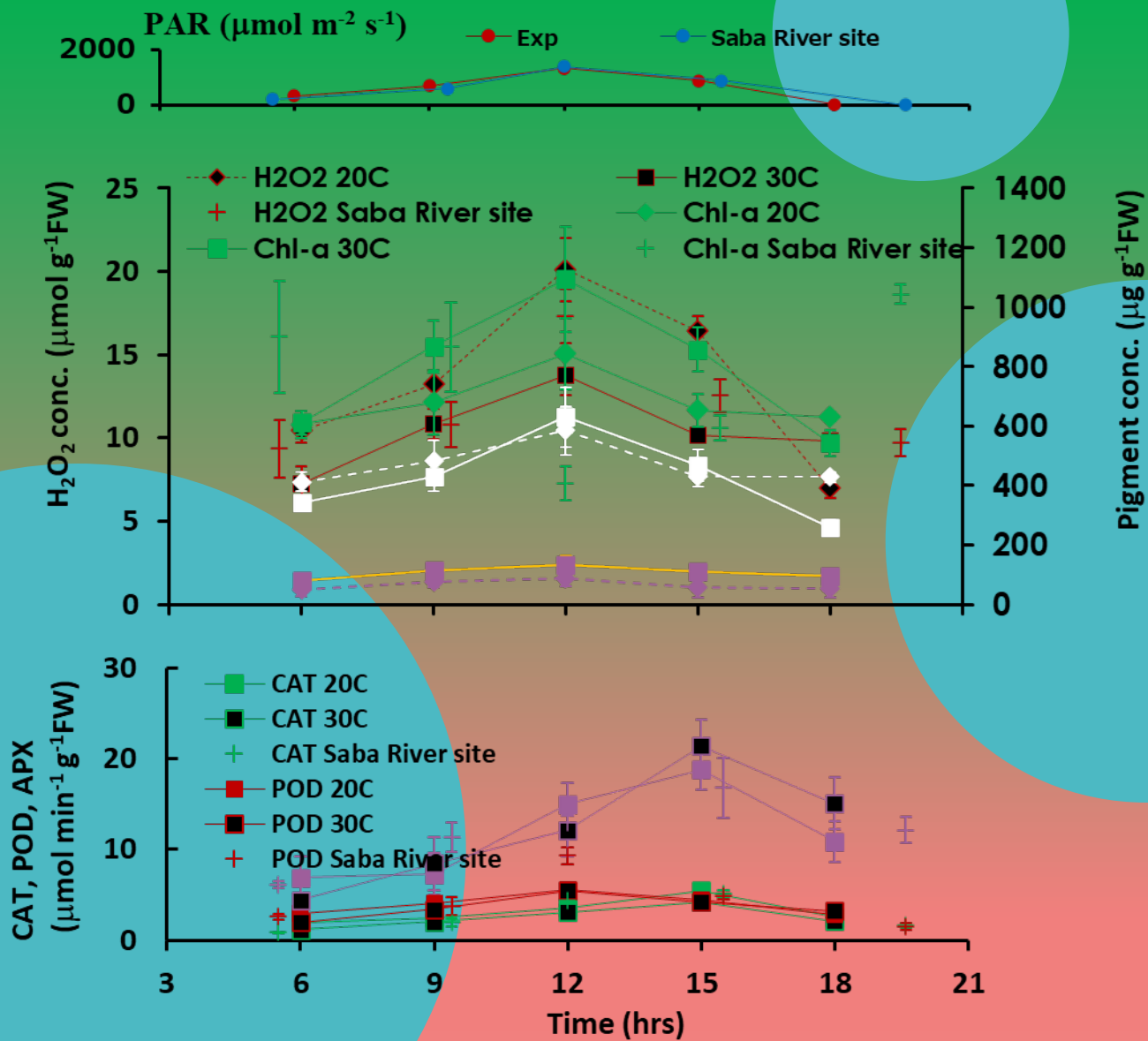
マンニングの公式 平均流速 $\text{Vel} = 1/n \text{ Depth}^{2/3} \text{ Slope}^{1/2}$

水中の光強度 $\text{Light Intensity} = I_0 \exp(-k \cdot \text{Depth})$



全体のH₂O₂濃度 = $\sum_i$ (ストレス*i*によって生ずるH₂O₂濃度)

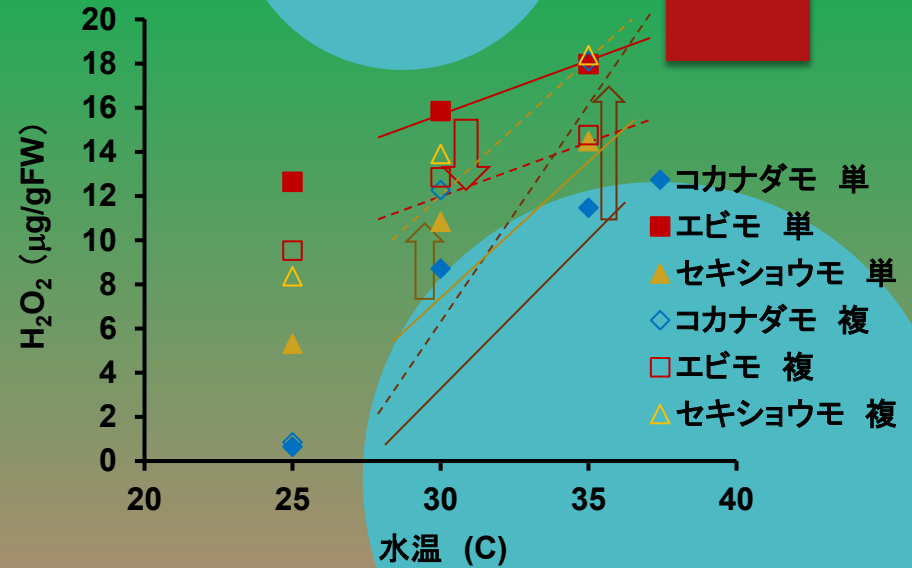
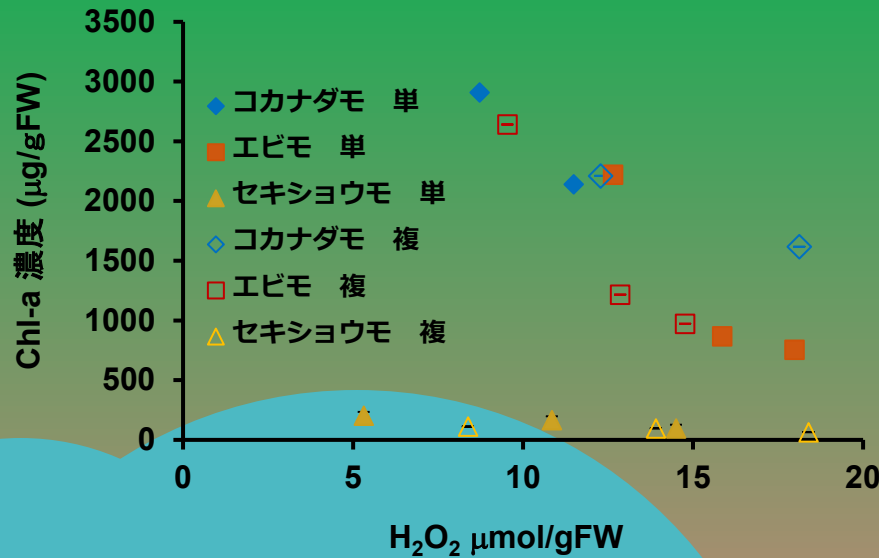




- 抗酸化活性は数時間遅れてピークになる
- 午後、 H_2O_2 濃度は低下しにくい

生物ストレスの評価

単一種、混合種培養 比較実験



クロロフィル濃度については「単一種」、「複合種」差なし

コカナダモ : H₂O₂ 濃度は複合培養の方が、水温に関わらず単一種培養より高い
 エビモ : H₂O₂ 濃度は単一種培養の方が、水温に関わらず複合種培養より高い
 セキショウモ : H₂O₂ 濃度は複合種培養の方が、水温に関わらず単一種培養より高い



コカナダモ

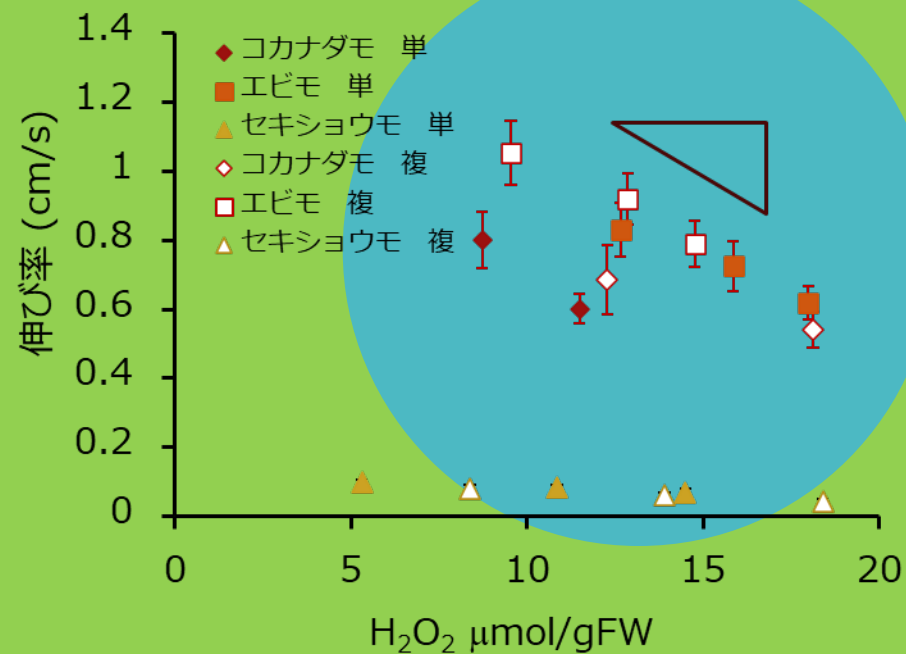
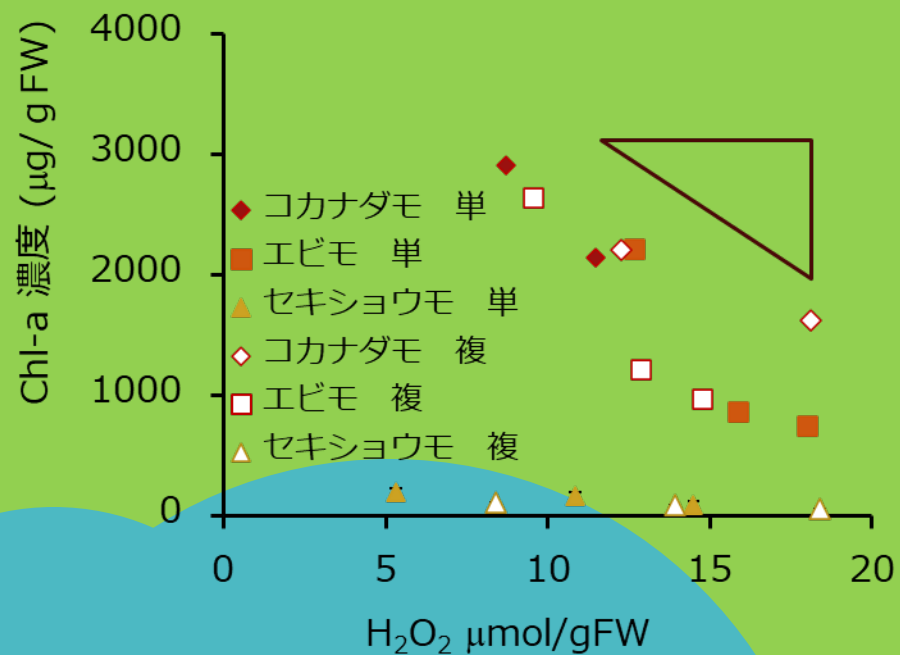


エビモ



セキショウモ

コカナダモ、セキショウモ: エビモのアレロパシーの影響を受けている



➤ Chl-a、生長量は、水温ストレス、アレロパシーによるストレスに関わらず、 H_2O_2 濃度に応じて定まる

A photograph of a riverbank with dense green vegetation and mountains in the background. The river is in the foreground, with brownish water. The bank is covered in thick green bushes and trees. In the background, there are rolling green hills or mountains under a clear sky. The text "3時限 河岸植生への応用" is overlaid in red.

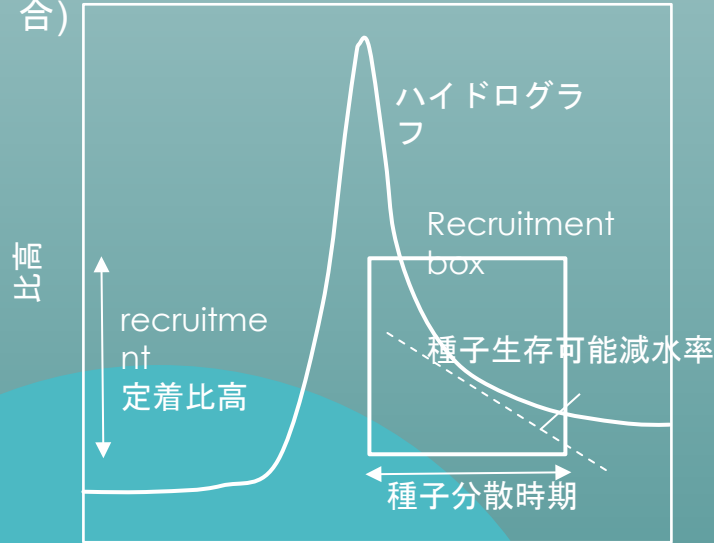
3時限 河岸植生への応用

定着のパターン: Recruitment

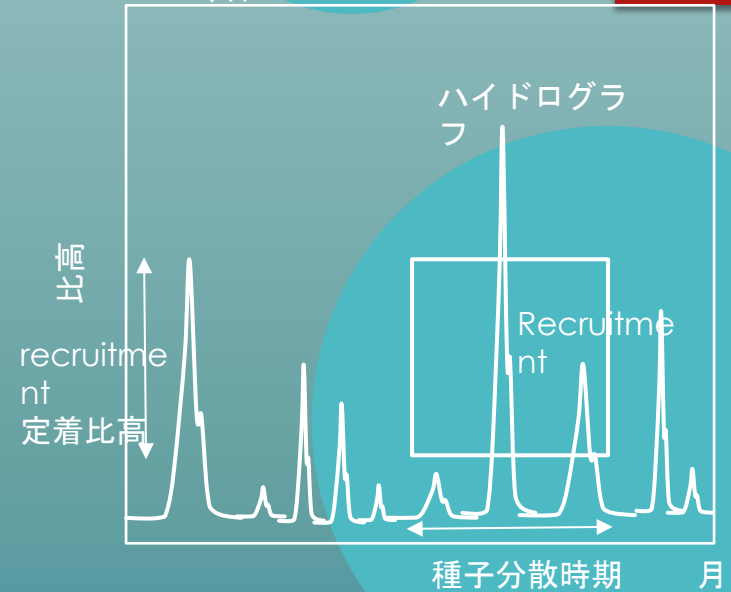
hydrochor
y

Box

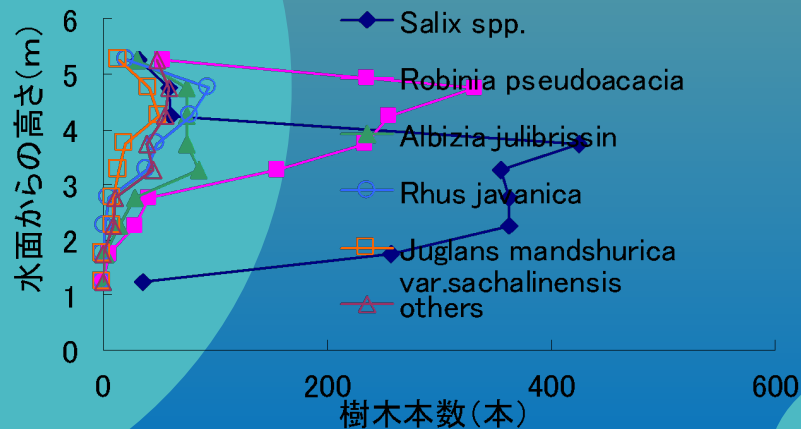
Recruitment Box (季節的水位変動がある場合)



Recruitment Box (わが国の場合)



Mahony & Rood
1996



標高依存性定着

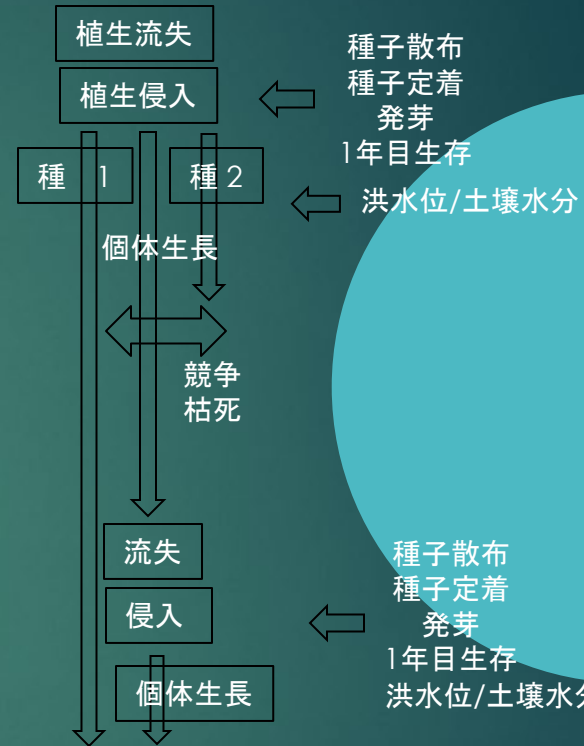
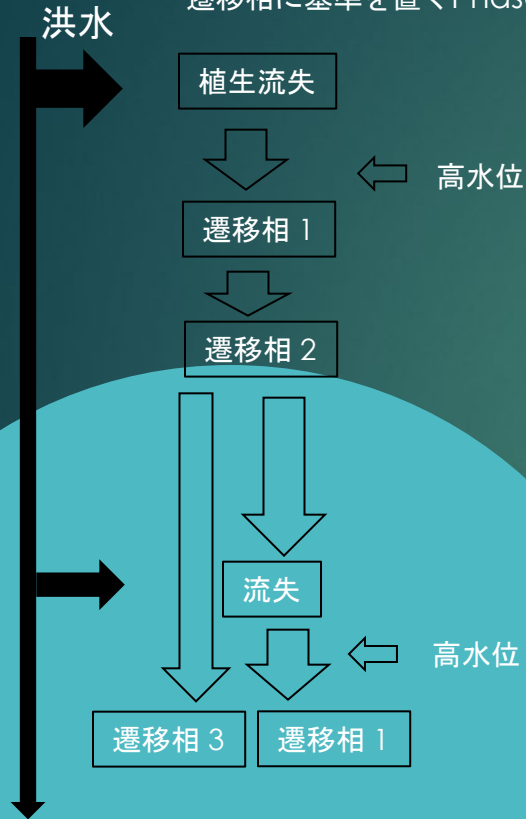
樹林化モデルの基本的考え

Recruitment Box

CASiMiR 方 RibAV
遷移相に基準を置く Phase based

DRIPVEM

個体に基準を置く Individual based



特徴

- 短期間(～10yrs)が対象
- 比較的緻密な地形、水文データが必要
- 通常堤外地が対象
- 樹木分布把握も可能

必要となるプロセ

可能性

- 個体別樹木の動態把握と総合化

洪水規模vs土砂堆積(経験関数) > 粗粒土砂の影響評価

- 長期間(～100yrs)を対象
- 自然の氾濫原を含む広い領域が対象
- 十分な地形データ、水文データは必要としない
- 植生タイプの把握が目的
- 多数の洪水から経験的にパターン把握

The background is a dark teal color. It features several large, light teal circles of varying sizes. In the top right corner, there is a small red rectangle. The title text is centered in the middle of the page.

河岸植生の比高別分布

Scientific Reports 12,1-15 (2022)

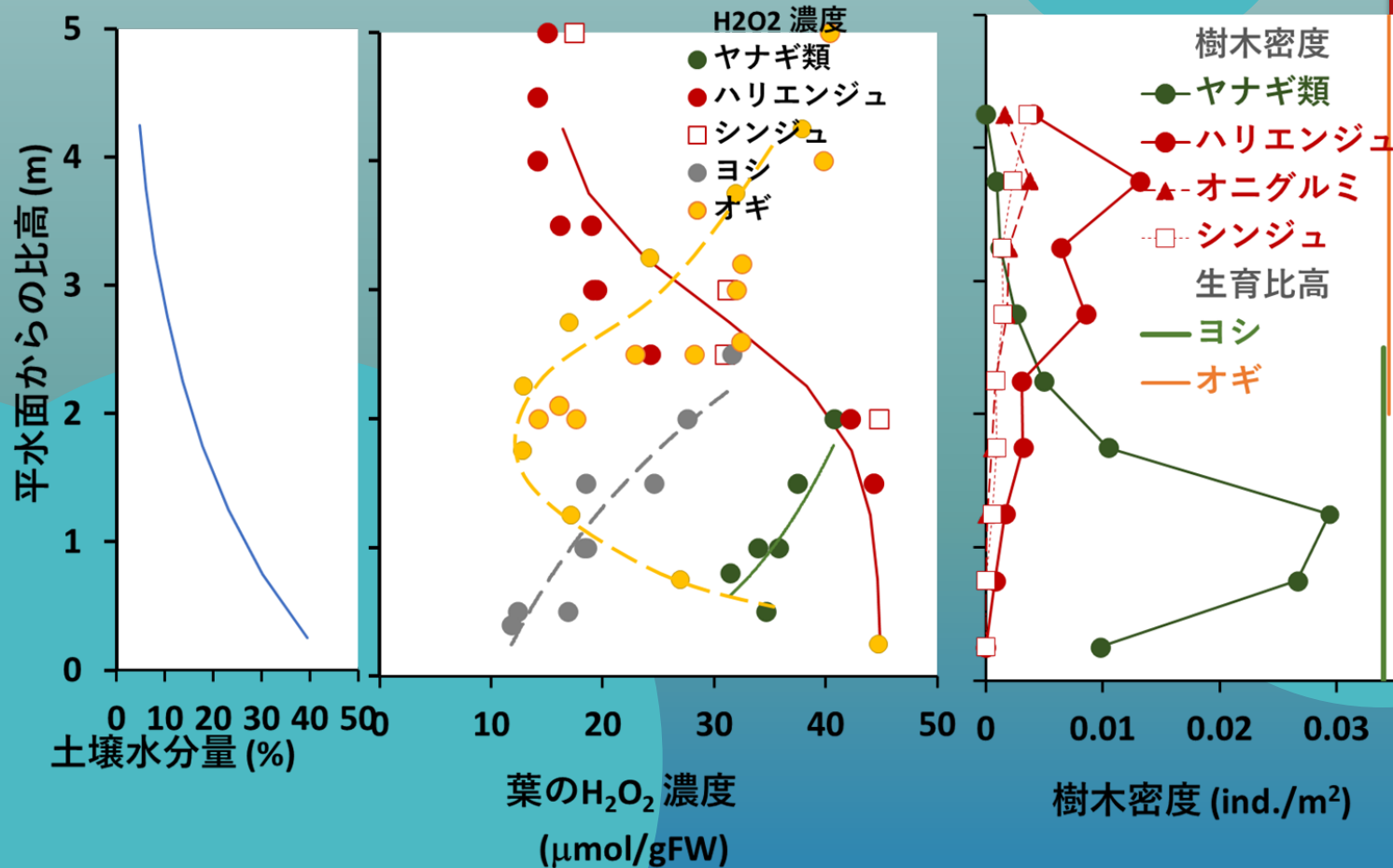
- ◆ 河岸植生は通常種によって群落を形成する比高が異なる。
- ◆ 種によって形態が異なるために、洪水流に対する抵抗も異なる。



- ◆ 洪水流に対する影響の評価には、種ごとの群落形成高さの評価が重要である。

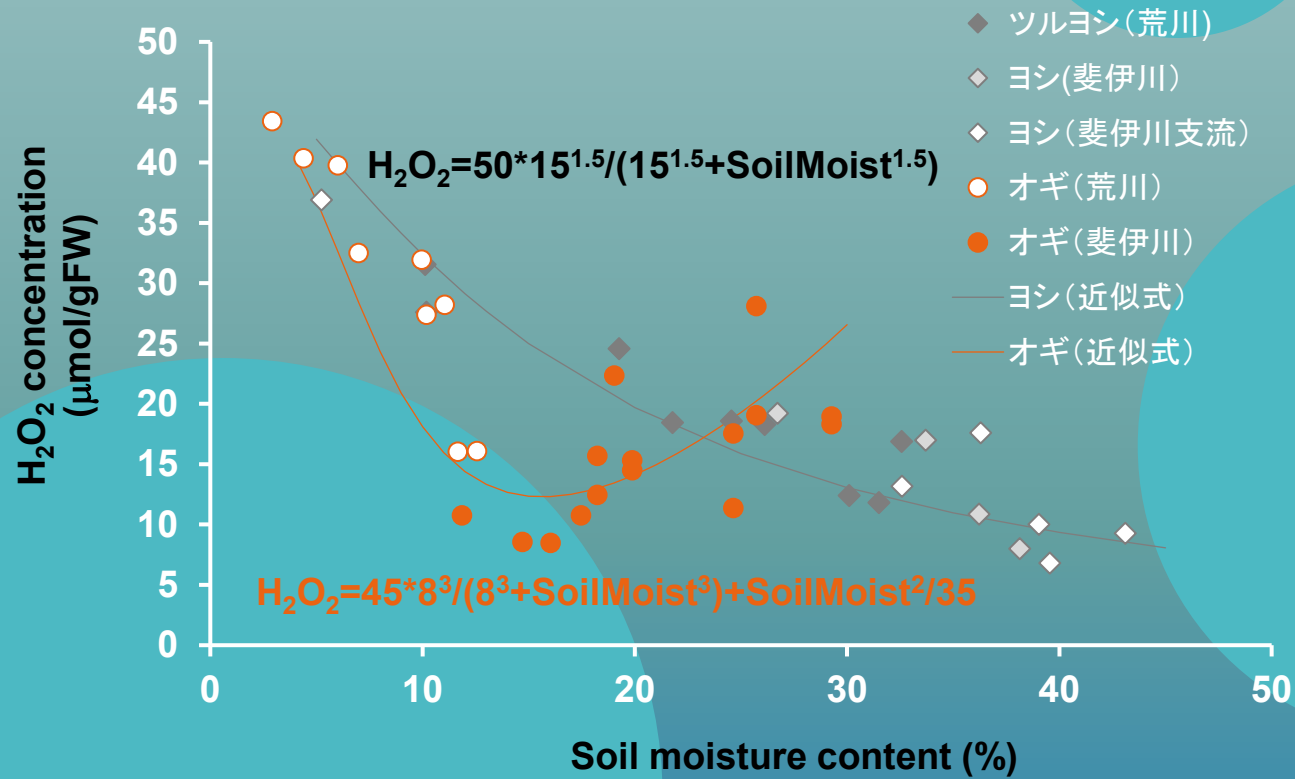


土壌特性に対する過酸化水素濃度

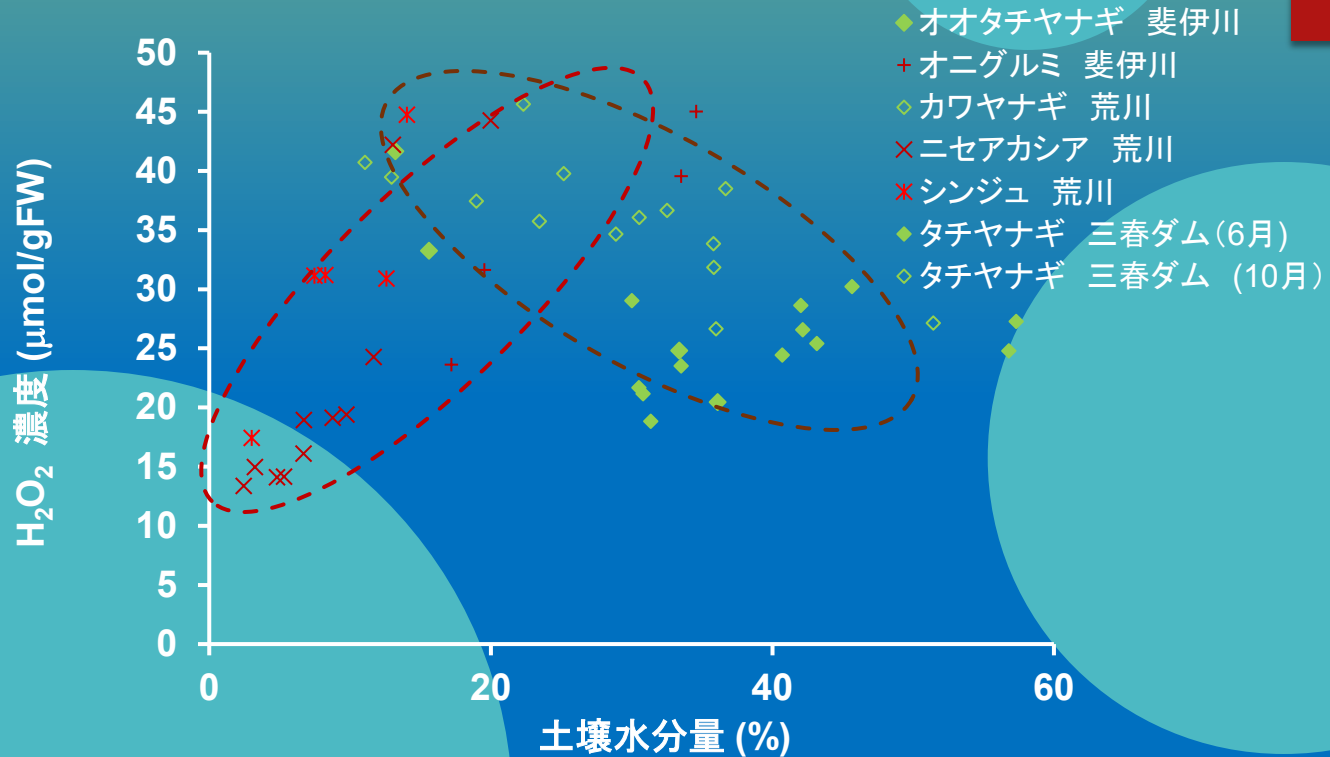


土壌水分量に対する特性

- ◆ 水際に生育する種同士はほぼ同様な傾向
- ◆ 比高の高い場所に生育する種同士はほぼ同様な傾向を示す
- 土壌窒素濃度に対しては相関無し

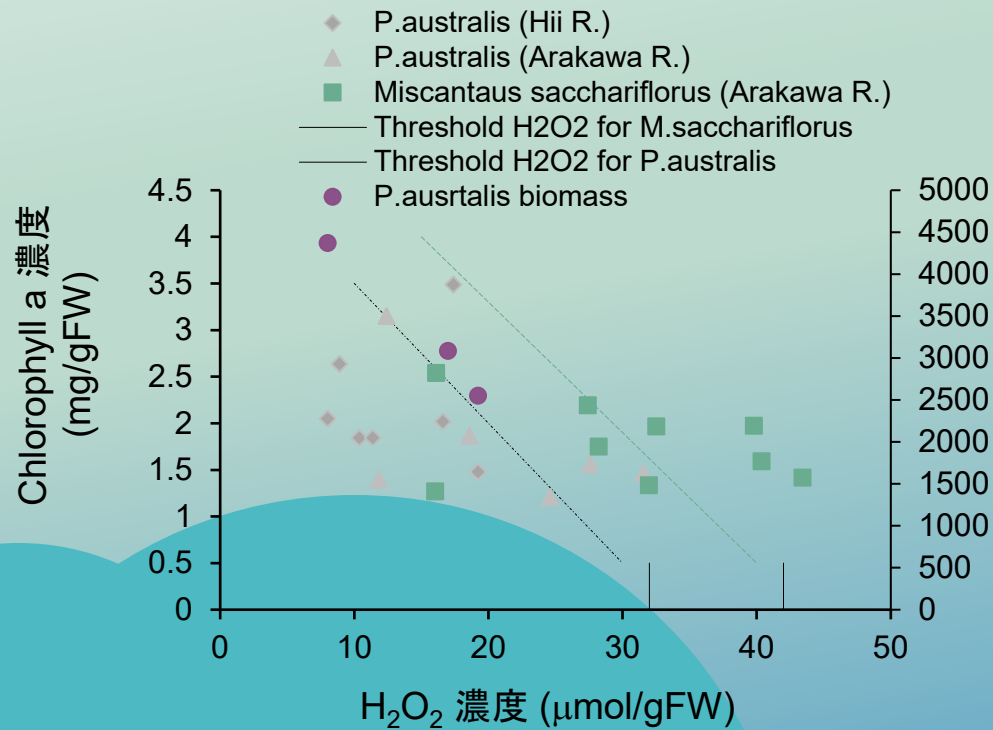


樹木の特性

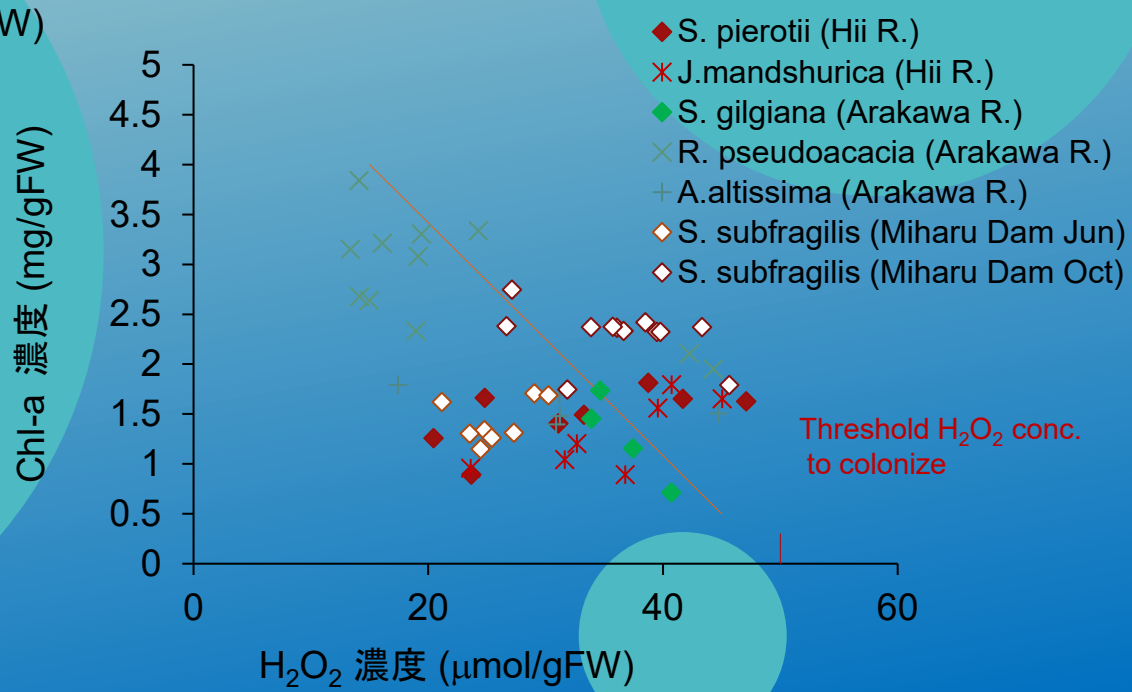


葉内過酸化水素濃度

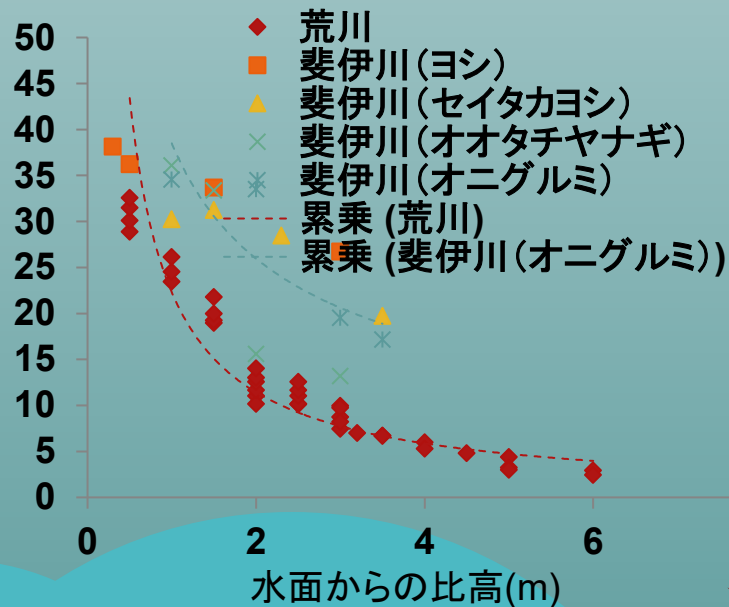
- ヤナギ類 土壌水分量と共に低下 土壌水分はストレス低下に作用する
土壌水分が気孔開放に作用
- 他の樹種 土壌水分濃度と共に上昇 土壌水分はストレス上昇に作用する
土壌水分が気孔の開閉に影響しない？
- 樹種、場所、時期に関わらず類似した値をとる 安定した指標の可能性



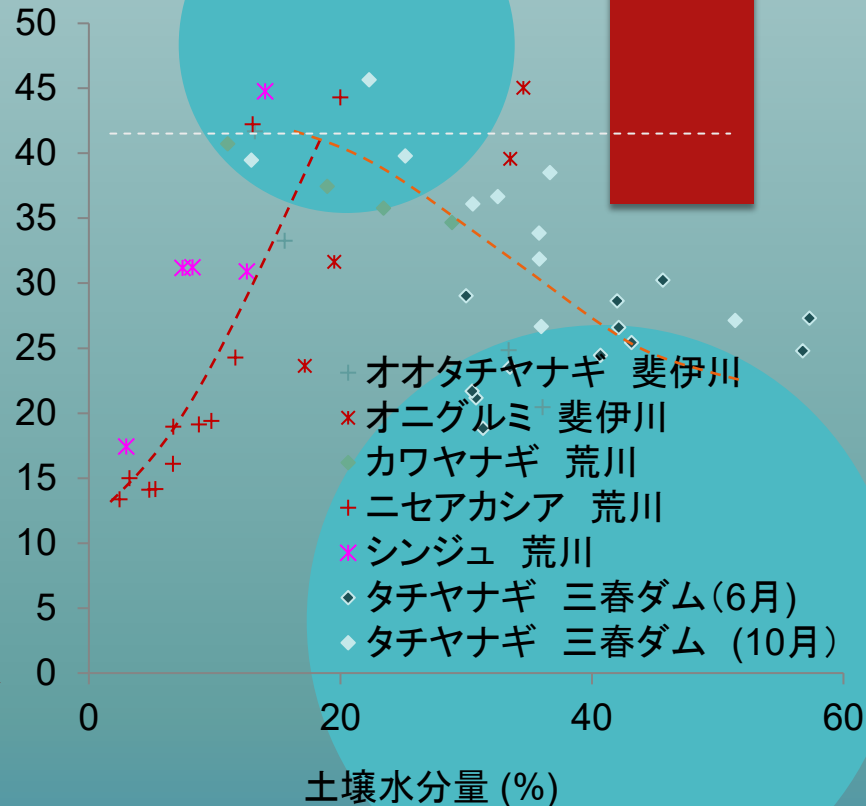
Phragmites australis biomass
(gDW/m²)



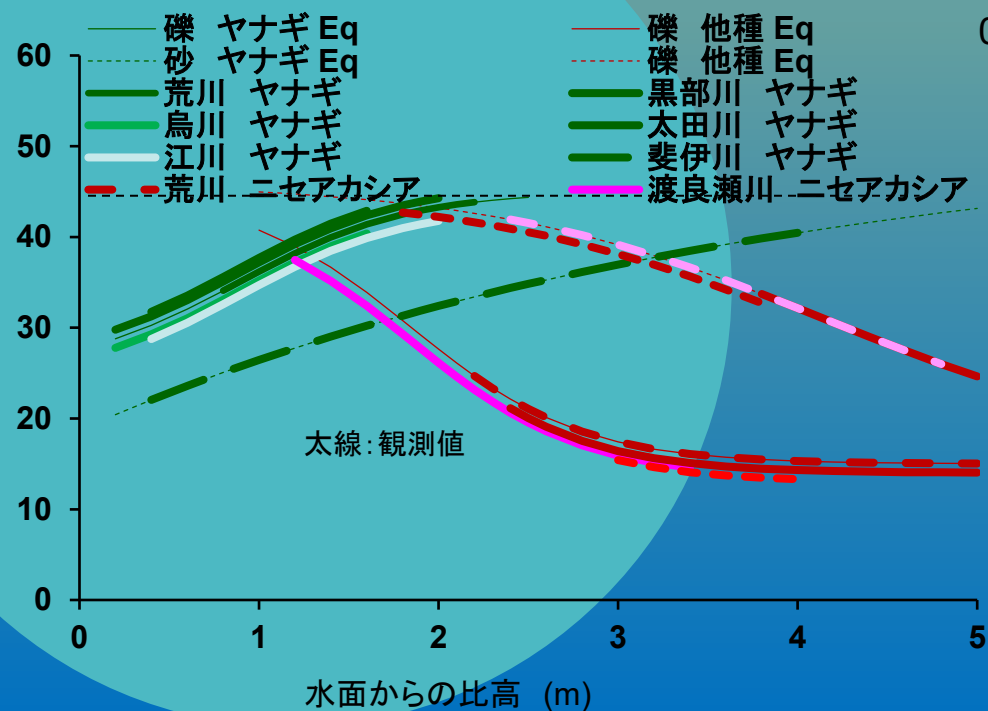
土壌水分量 (%)



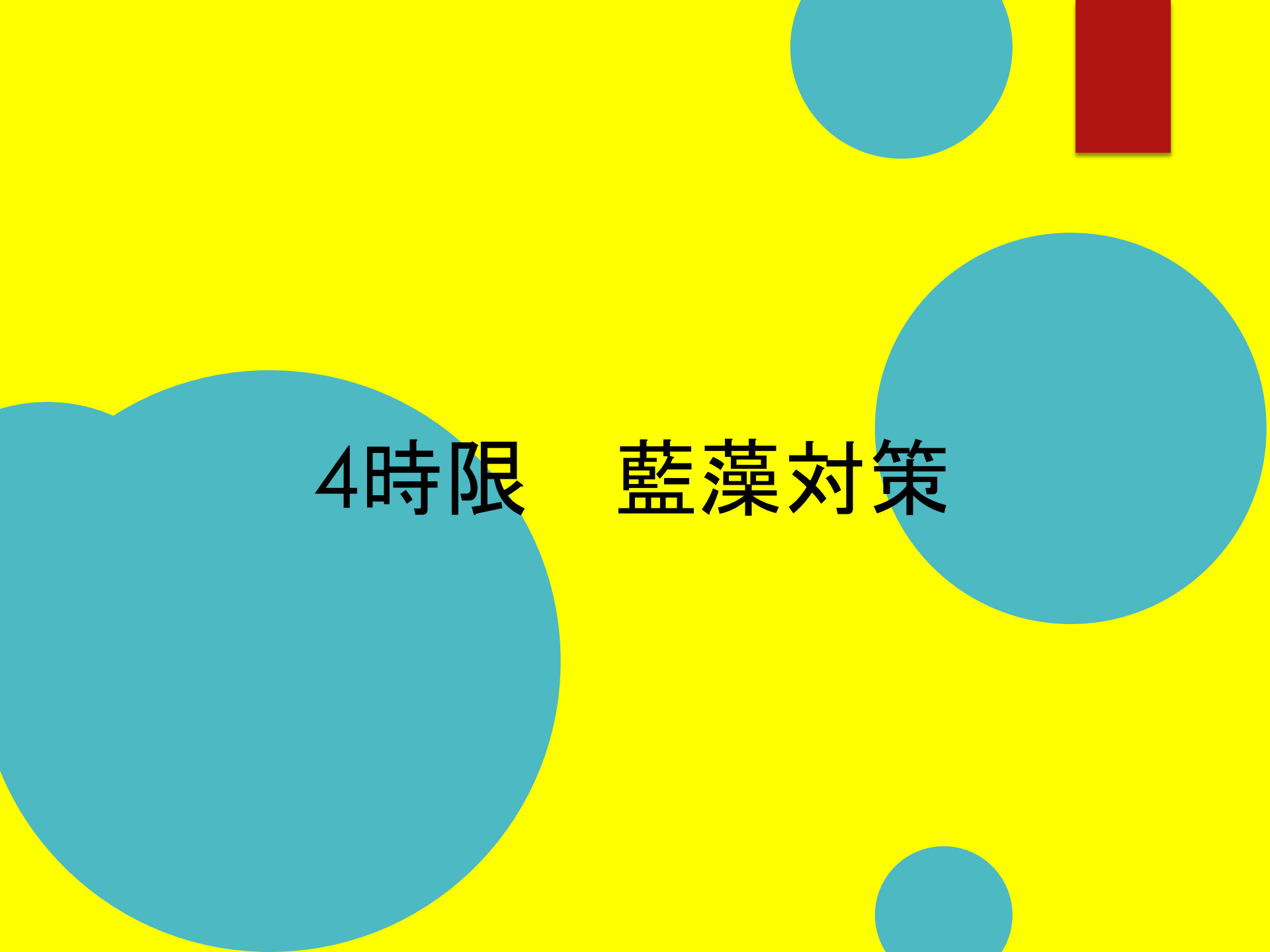
H₂O₂ 濃度 (μmol/gFW)



H₂O₂ 濃度の予測 (μmol/gFW)



水面からの比高～土壌水分量
 +
 土壌水分量～H₂O₂濃度
 +
 生息可能H₂O₂濃度

The background is a solid yellow color. There are several blue circles of different sizes scattered across the page. A red rectangle is located in the top right corner.

4時限

藍藻対策

皇居 千鳥ヶ淵



アナベナ *Anabaena flos-aquae*

～20000細胞/ml TN～1mg/l, TP～0.1mg/l

環状ペプチド

ミクロシスティン、ノジュラリン（汽水域）など：

肝臓毒、肝臓の発がん性

胃痙攣、嘔吐、下痢発熱、頭痛など

半数致死量 0.05mg/kg (サリン0.35mg/kgよりも危険)

アルカロイド

アナトキシン、サキシトキシン（アフアントキシン） など：

神経毒、痙攣、呼吸器障害

半数致死量 0.2 mg/kg (サリンと同程度)

シリンドロスパームオプシン

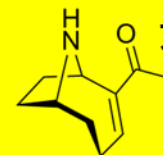
腎臓毒（腎臓の拡大、尿たんぱくの減少）、肝臓障害

半数致死量 2.1mg/kg(1日暴露)

リングビアトキシン α

皮膚かぶれ、下痢

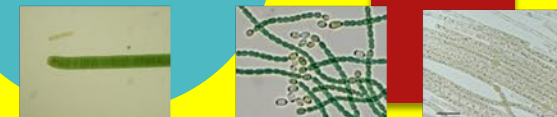
半数致死量 0.25mg/kg



アナトキシン α

シアノトキシン

藍藻毒



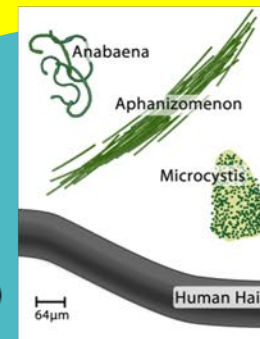
オシラトリア アナベナ アフアニゾメノン



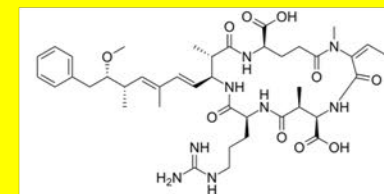
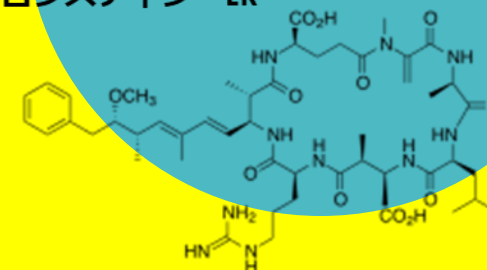
ミクロキスティス



ノジュラリア（海岸）



ミクロシスティン-LR



ノジュラリン R

➤ わが国ではカビ臭対策として考えられている場合が多い

各国の水域の水遊びのためのガイドライン

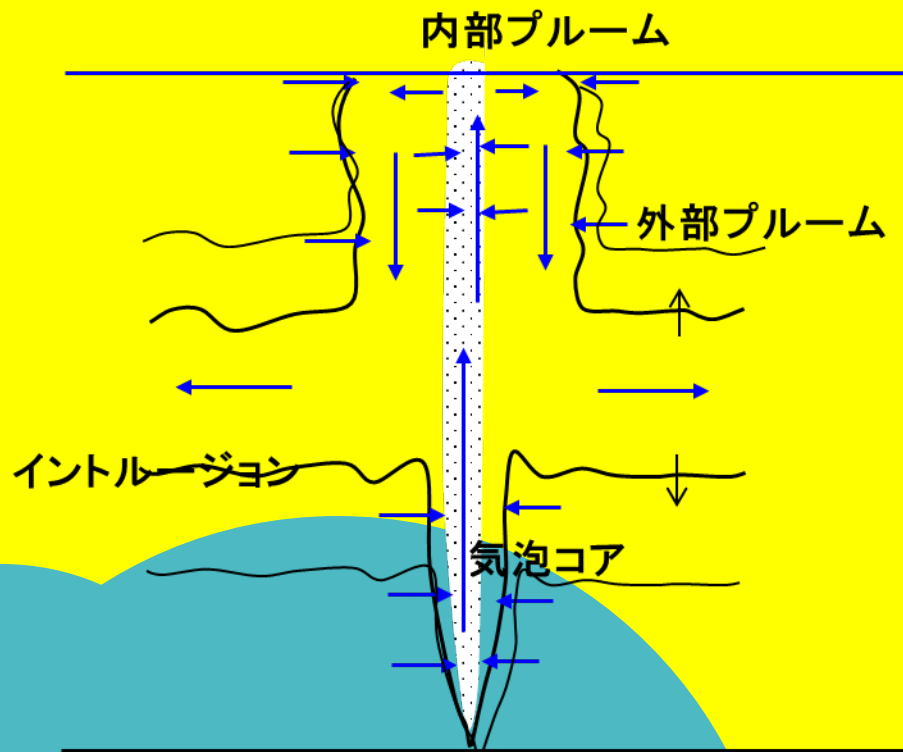
	水遊び水域ガイドライン (対策レベル)			
	急性健康被害のリスク	シアノバクテリア (細胞/ml)	クロロフィル a (μg/l)	ミクロシスティンレベル (μg/l)
WHO(2003)	低い	<20,000	<10	<10
	中程度	20,000-100,1000	10-50	10-20
	高い	100,000-10,000,000	50-5,000	20-2,000
	非常に高い	>10,000,000	>5,000	>2,000
オーストラリア	10mg/L 全ミクロトキシン、全シアノバクテリア体積> 4mm ³ /L、ミクロキスティス エルギノーサ> 50,000細胞/ml			
カナダ	20mg/l 全ミクロシスティン、全シアノバクテリア> 100,000細胞/L			
ミューゼーランド	12mg/l 全ミクロシスティン、全シアノバクテリア体積> 1.8mm ³ /L			



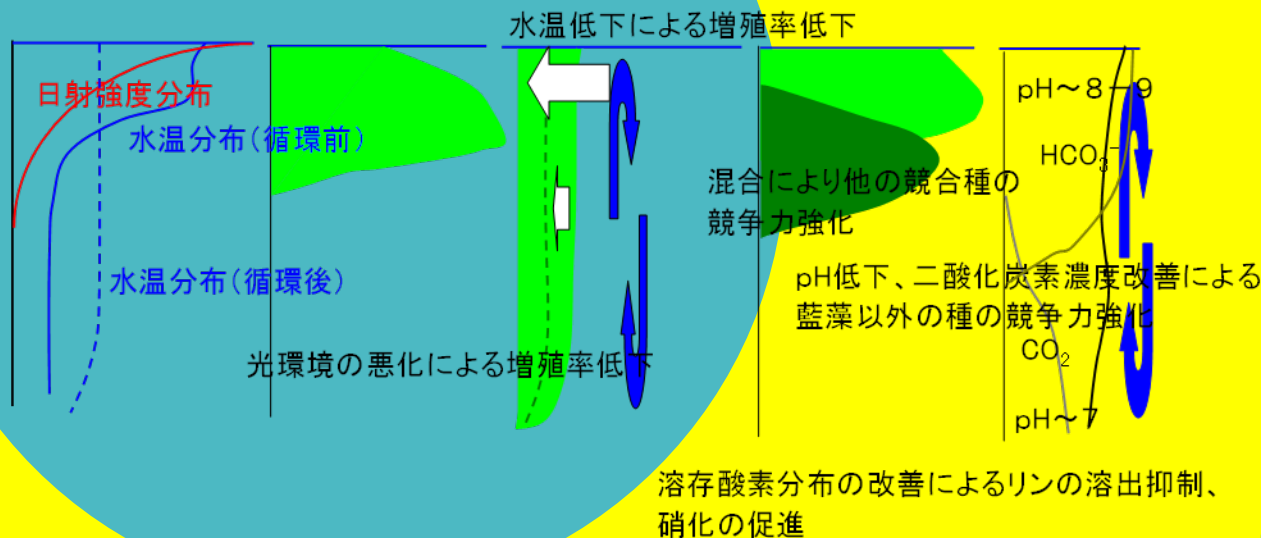
魚の体内中のミクロシスティン量の例

種	ミクロシスティン濃度	
コイ	筋肉0.002-0.337 μ g/gWW、肝臓0.092-31.1 μ g/gWW、 内蔵0-71.6 μ g/gWW	Li et al.004
オオクチバス	筋肉0.32 μ g/g、肝臓0.21 μ g/g	NDEO 2011
ナマズ	筋肉0.21 μ g/gWW、肝臓0.1273-0.250mg/gWW	Zimba et al 2001

➤ 釣りは危険



- 藍藻を培養する際に用いられる光強度は30ルクス程度であり、概略、 $30\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ である。通常の日射強度の照射下では、短時間で枯死する
- 海外で曝気循環が利用される目的は、全層循環である
- 気泡によって生成される乱流は、藍藻の枯死を阻害する
- 曝気循環設備は極めて効果であり、維持費も高い

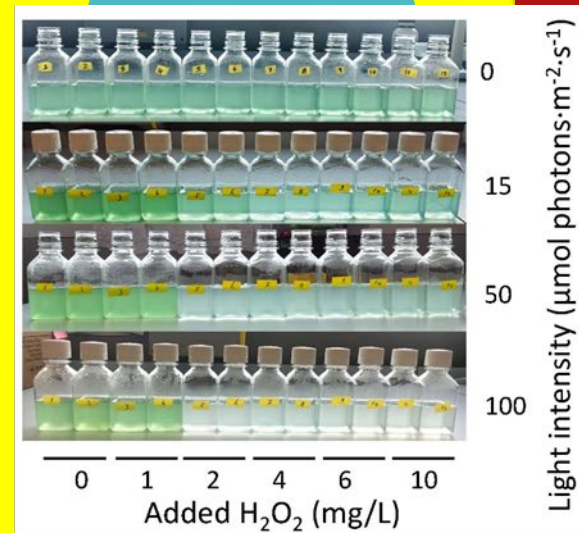


過酸化水素の利用

- 水中においては、UVにおいて有機物が分解、過酸化水素は自然に発生する
- 過酸化水素は藍藻体内にも生成されることから、過酸化水素投入量を減少させることができる
- 水中の過酸化水素は、数時間中に、分解、気化することで水中から除かれる
- 過酸化水素は、藍藻に対しては有効に作用、枯死させるのに対し、他のウランクトン、魚、小動物に対しては、ほとんど影響がない
- 過酸化水素は、これまでも野菜の洗浄などに用いられてきている
- 藍藻の枯死に必要な過酸化水素濃度は4mg/L程度に限られ、費用も限られる



Western Australia
(Barrington et al.
2008)



(Piel et al. 2020)

How to Kill Blue Green Algae (Cyanobacteria) in Freshwater Aquarium



**Lake Anita Louise Peroxide
Treatment Summary
December 2016**

Prepared for:
Lake Linganore Association
6718 Coldstream Drive,
New Market, MD 21774



Prepared by:
J. Mattheiss, K.G. Sellner, and D. Ferrier
Center for Coastal and Watershed Studies
Hood College
401 Rosemont Ave.
Frederick, MD 21701

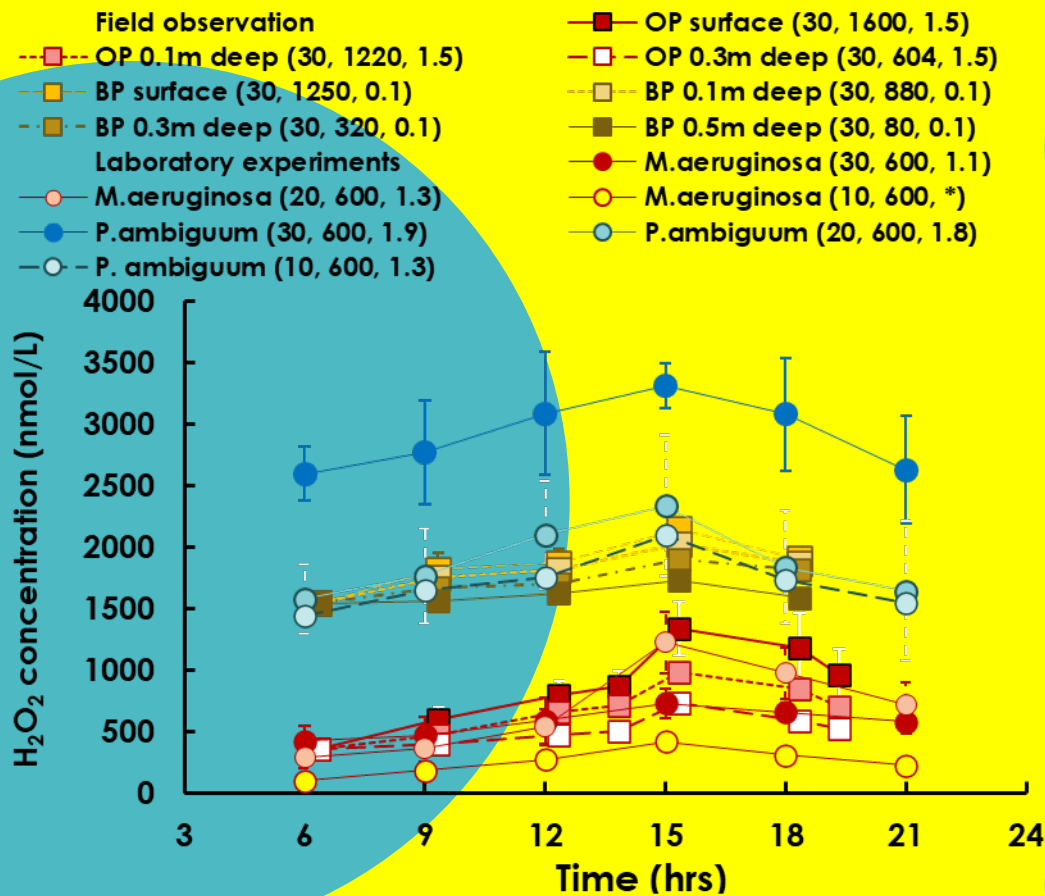
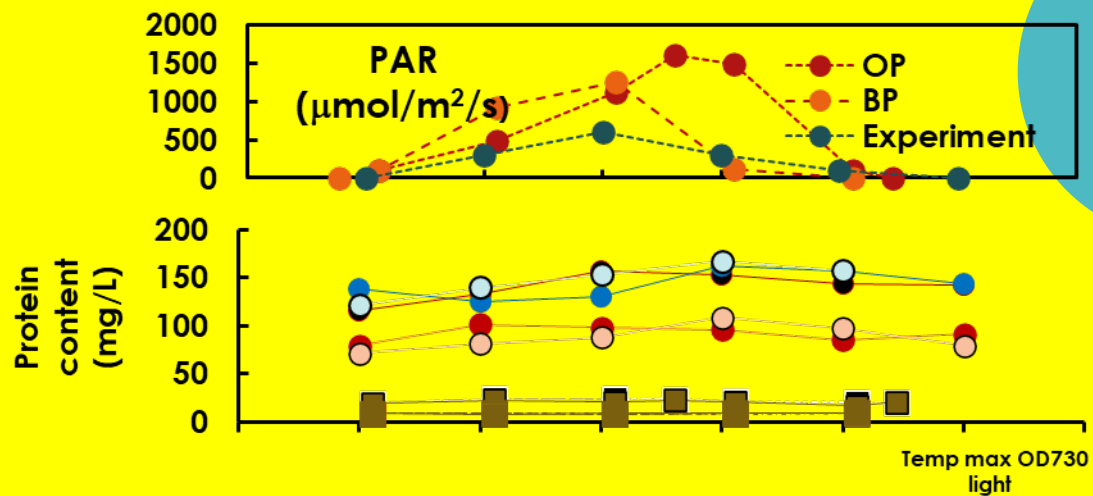
January, 2017



The background is a solid yellow color. There are several blue circles of different sizes scattered across the page. In the top right corner, there is a small red rectangle.

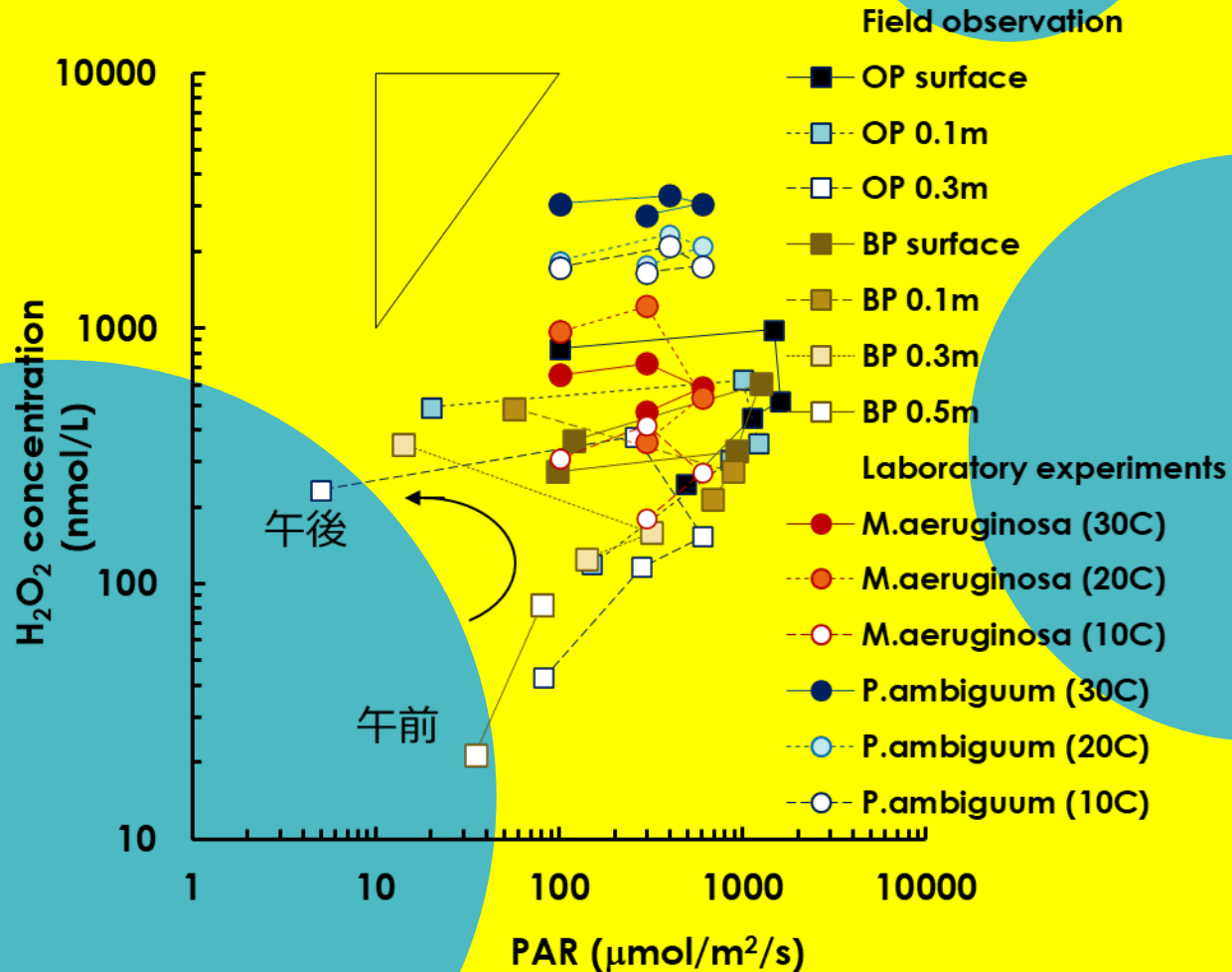
藍藻細胞中の過酸化水素量の評価

Scientific Reports
Vol.14,1-16 (2024)

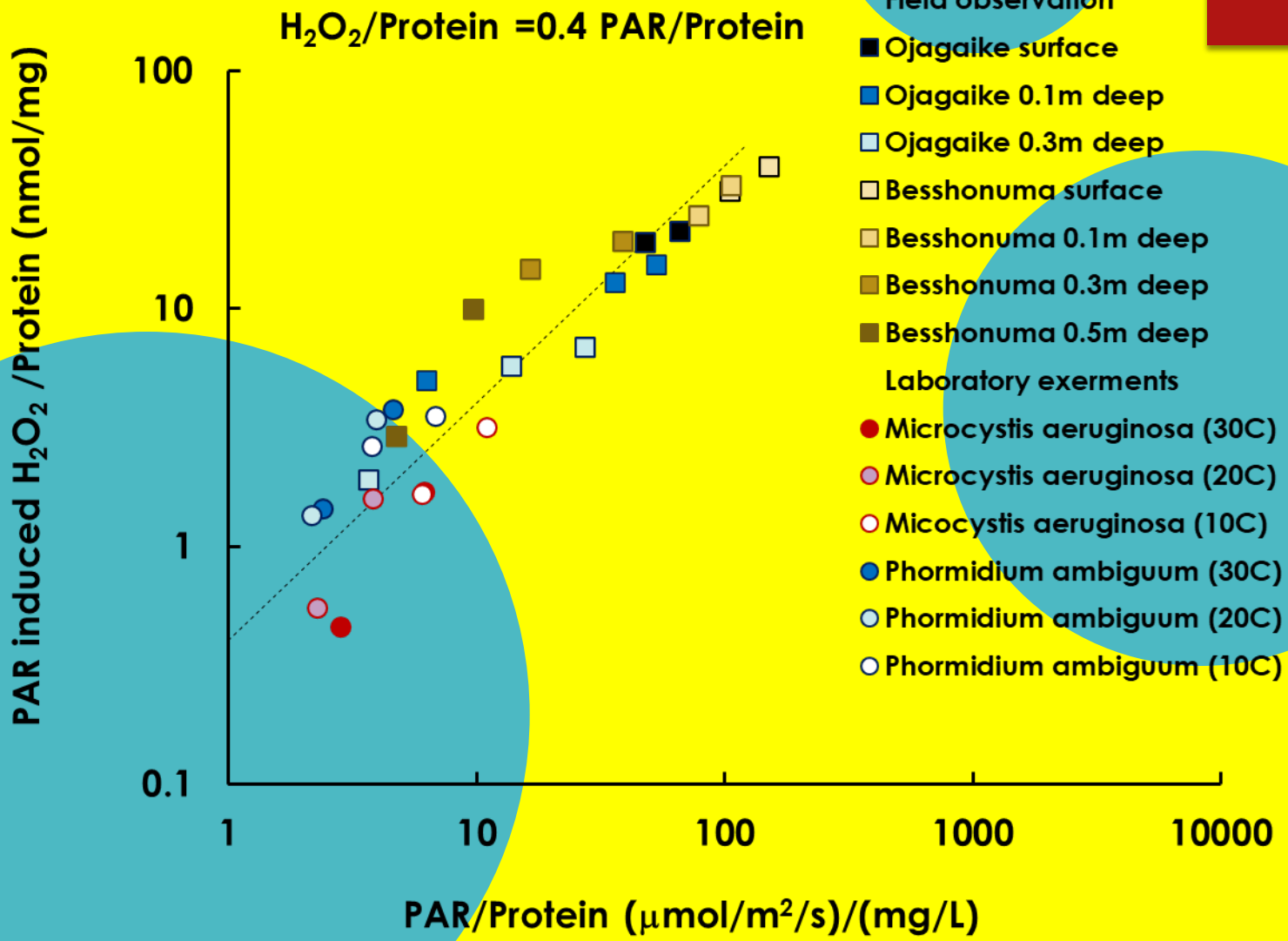


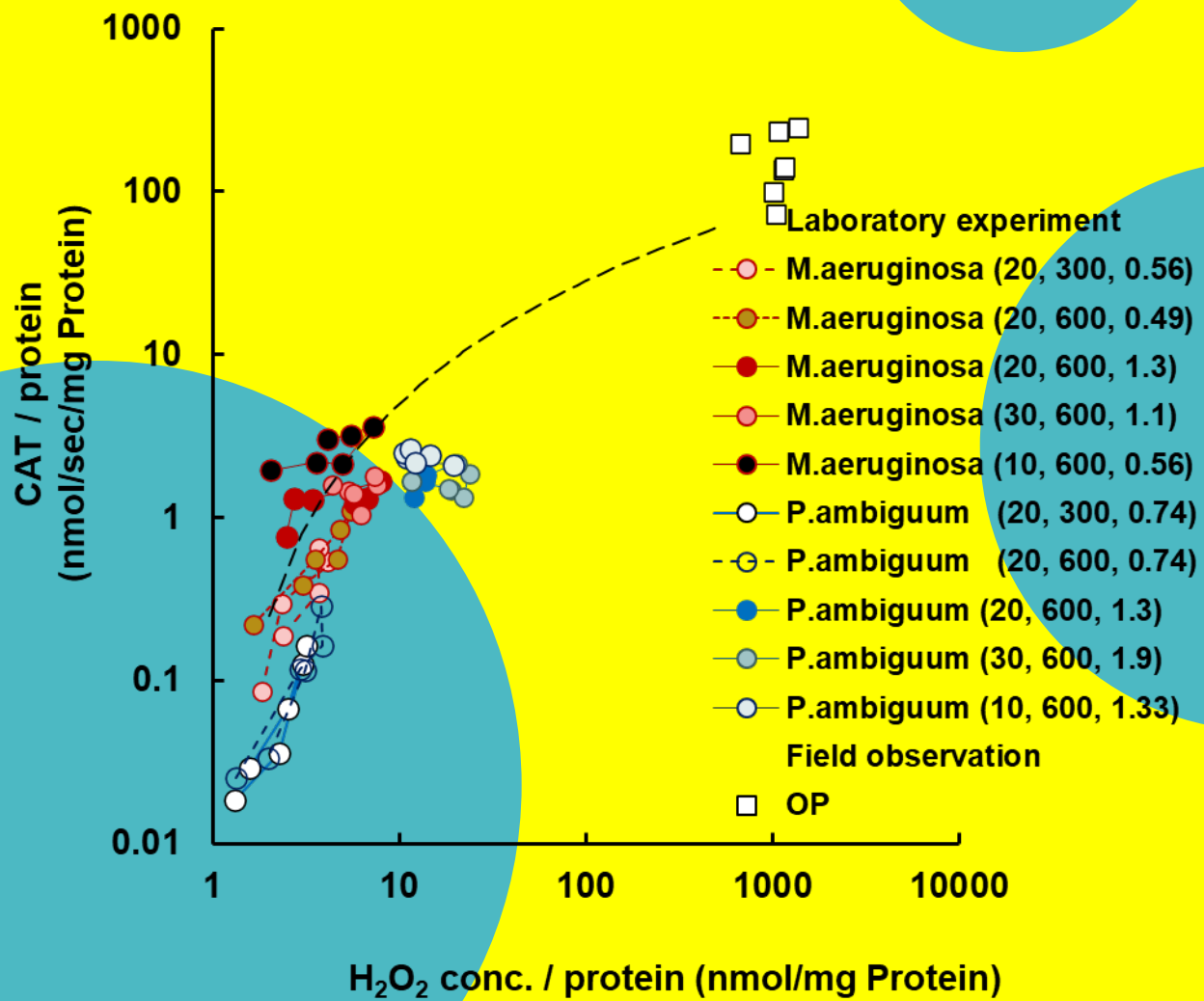
Microcystis aeruginosa
Phormidium ambiguum

光強度に対する H_2O_2 生成量



- 1日の内では、 H_2O_2 存在量は、同じ日射強度に対し、午前中に低く午後に高くなる。
- 藍藻の光合成は午前中に活発になる。

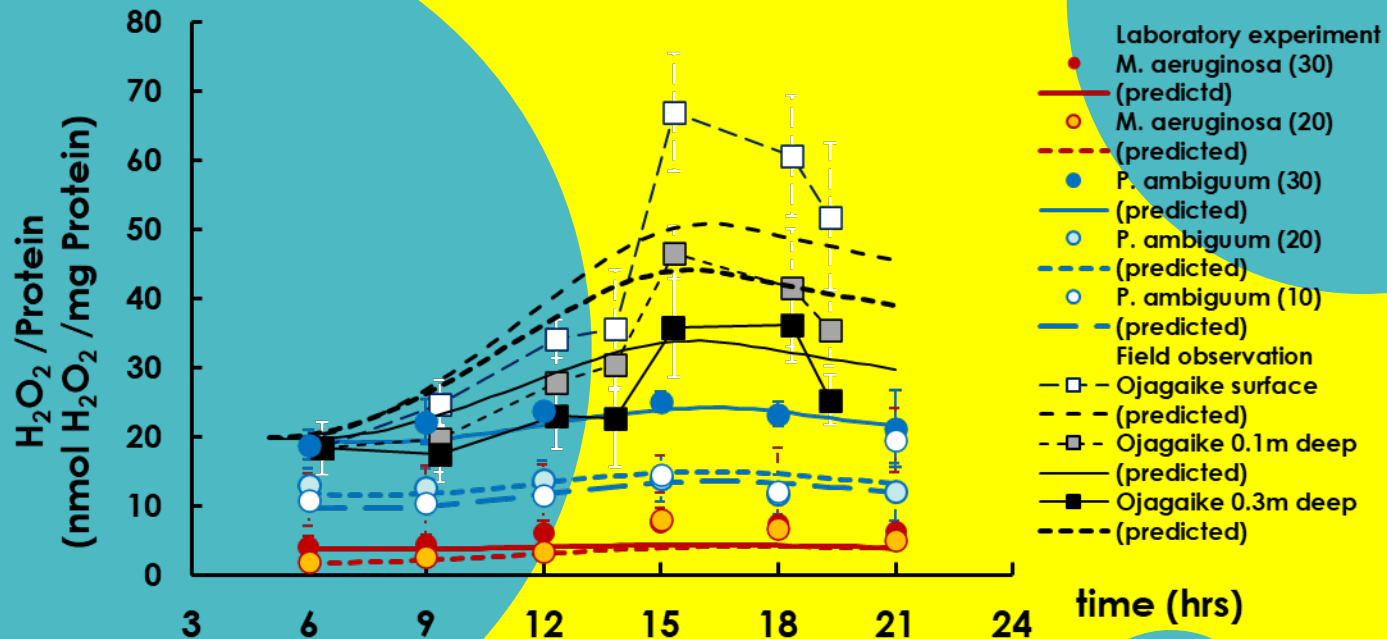




Protein : 概ね一定
 H_2O_2 = 産出量 - 分解量

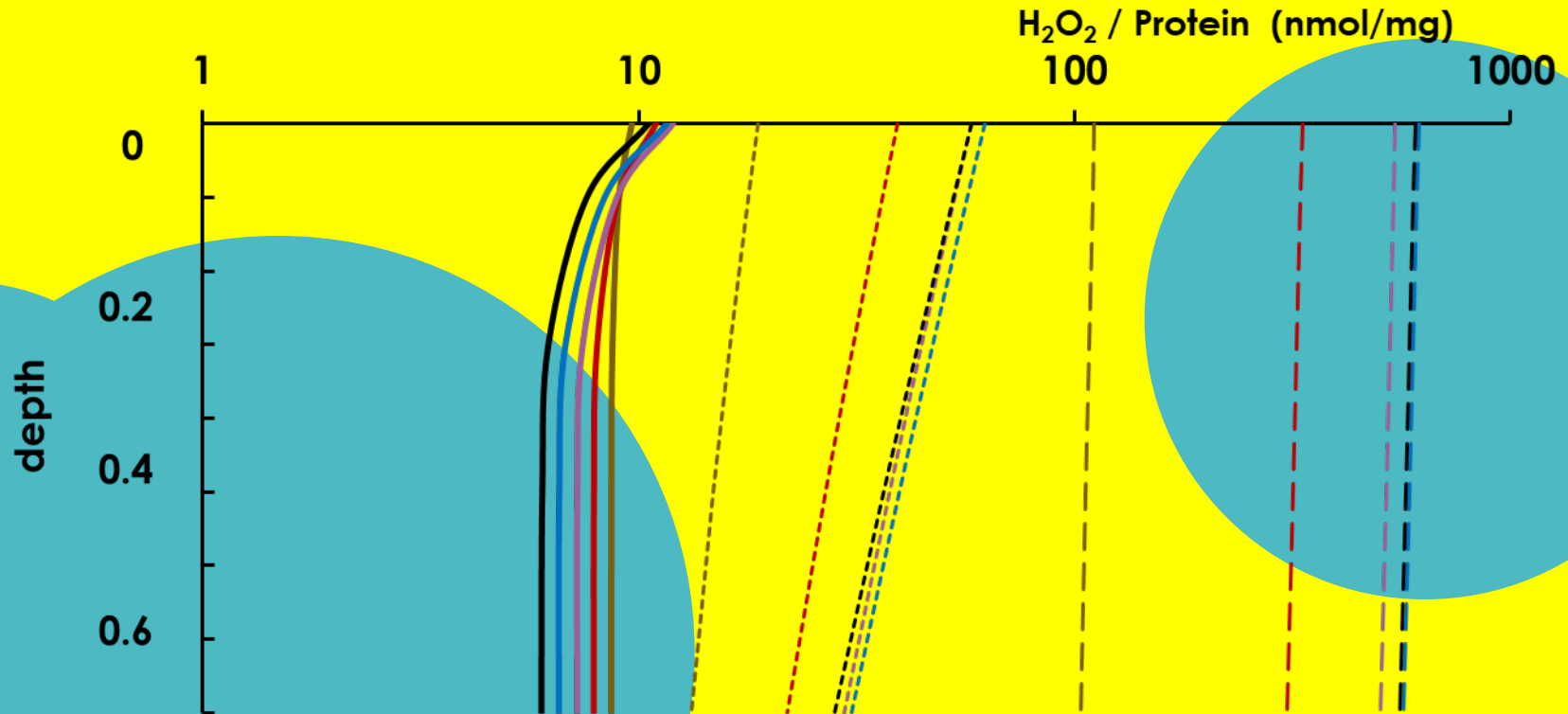
$$\frac{d}{dt} (H_2O_2(t)/Protein) = a \text{ PAR}(t) \cdot \text{Protein} - b (H_2O_2(t)/Protein)^c$$

Empirically a: 0.4 b: 3. c: 1/2 for *M.aeruginosa*, 2/3 for *P.ambiguus*



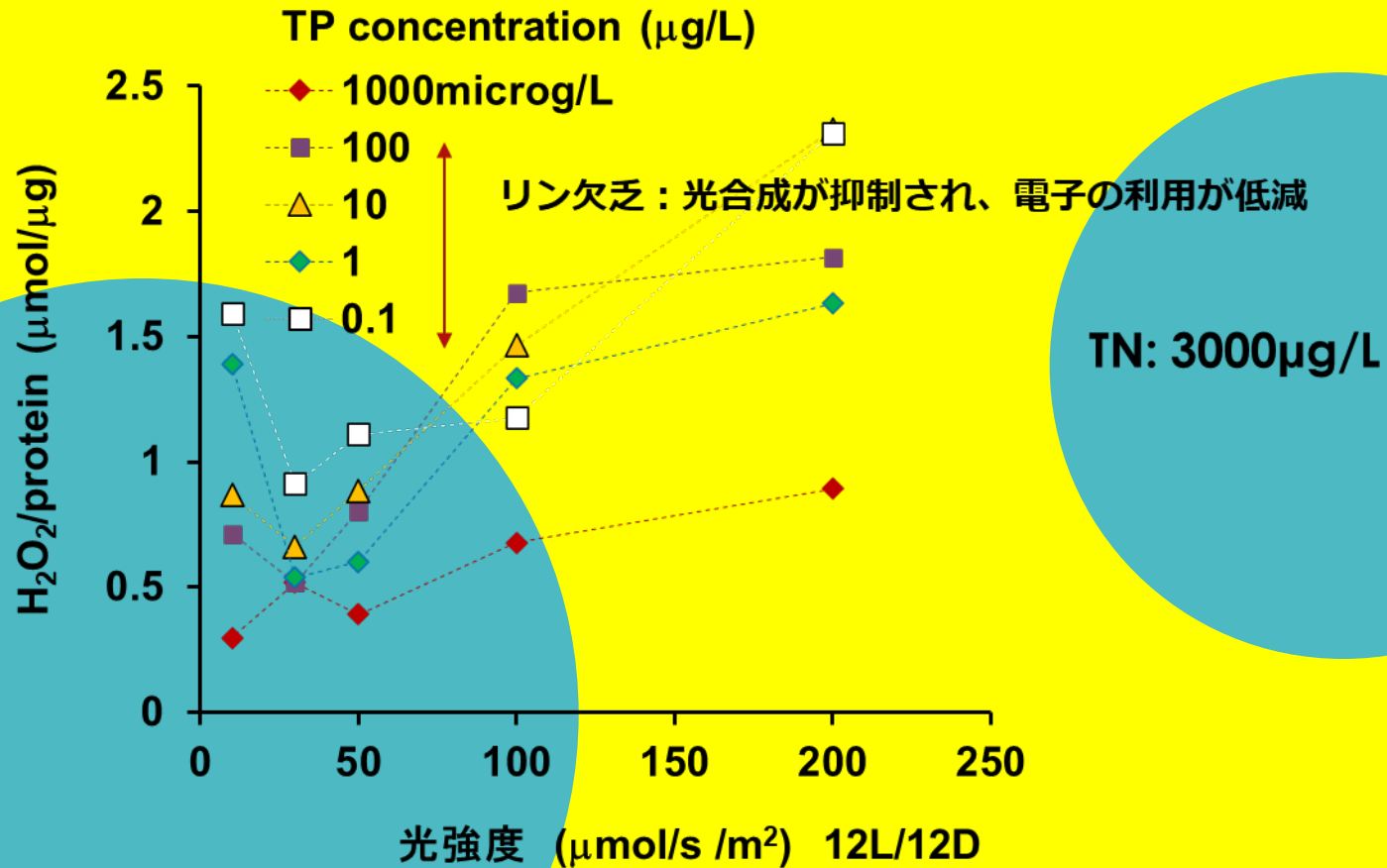
細胞密度 (タンパク質濃度)

— 1mg/L 9:00 — 1mg/L 12:00 — 1mg/L 15:00 — 1mg/L 18:00 — 1mg/L 21:00
 - - - 10mg/L 9:00 - - - 10mg/L 12:00 - - - 10mg/L 15:00 - - - 10mg/L 18:00 - - - 10mg/L 21:00
 — 100mg/L 9:00 — 100mg/L 12:00 — 100mg/L 15:00 — 100mg/L 18:00 — 100mg/L 21:00



- 細胞あたりの過酸化水素量は、細胞密度が低いと一日の間に大きく変化、日射の高い時間帯に藍藻は枯死する。しかし、細胞濃度が高くなると、過酸化水素量は一定値になり、藍藻は増殖し続ける。
- 細胞を枯死させる対策が必要になる。＜ 過酸化水素の投入

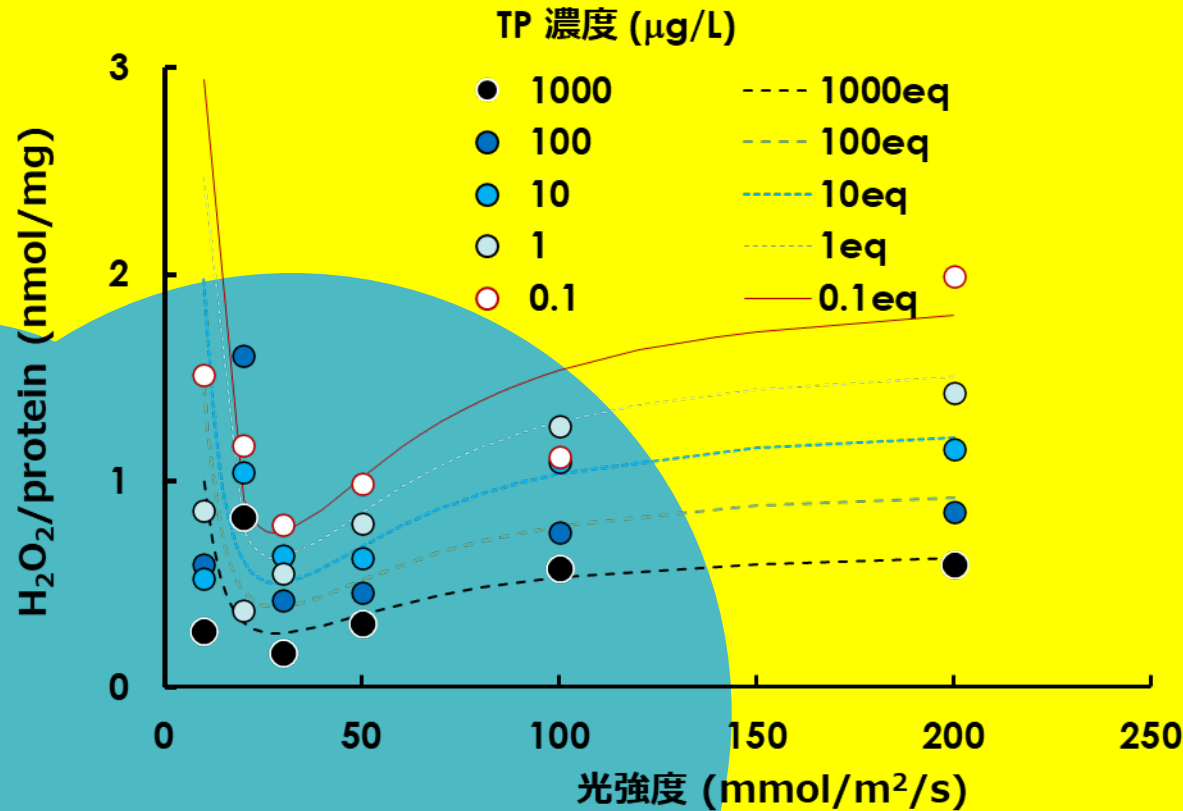
栄養塩律則の場合の例



- リンが律則しない場合、 H_2O_2 は低くなる
- リンが律則すると律則の程度に関わらず H_2O_2 は上昇する

栄養塩律則の場合の例

藍藻 *Phormidium ambiguum* の過酸化水素濃度



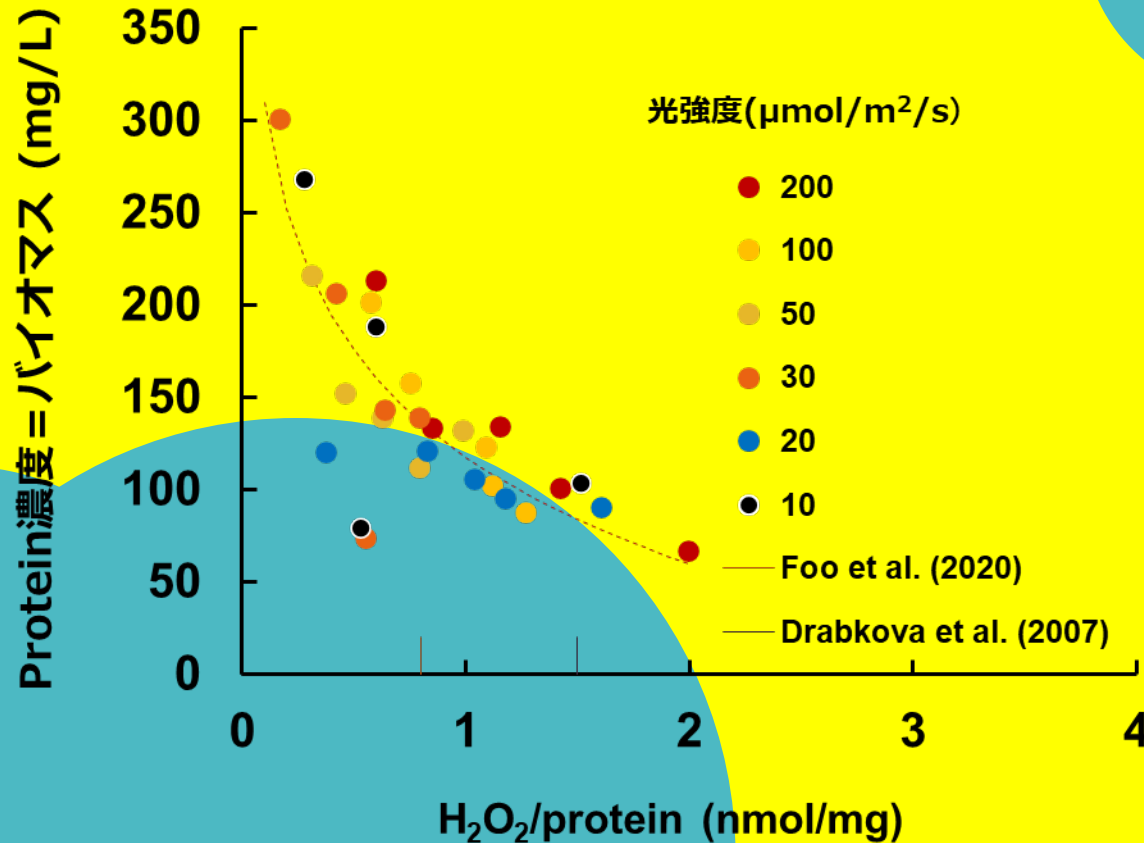
TN/TP > 10
P 律速

TN/TP = 3
N 律速

TN: 3000 μg/L
光照射 12L/12D

- 酸化ストレスは30 μmol/s/m²程度の光強度で最低 (夏季日中の光強度 ~ 2000 μmol/s/m²)
強い光強度では光阻害が発生、シアノバクテリアの枯死
- リン濃度が高いほど酸化ストレスは低下、生息環境は向上
- 日射強度の増加による制御 (光阻害を利用した対策) の可能性
- 過酸化水素濃度は光ストレスとP律速ストレスによる生産量の独立な和として与えられる

枯死実験で得られるの H_2O_2 濃度

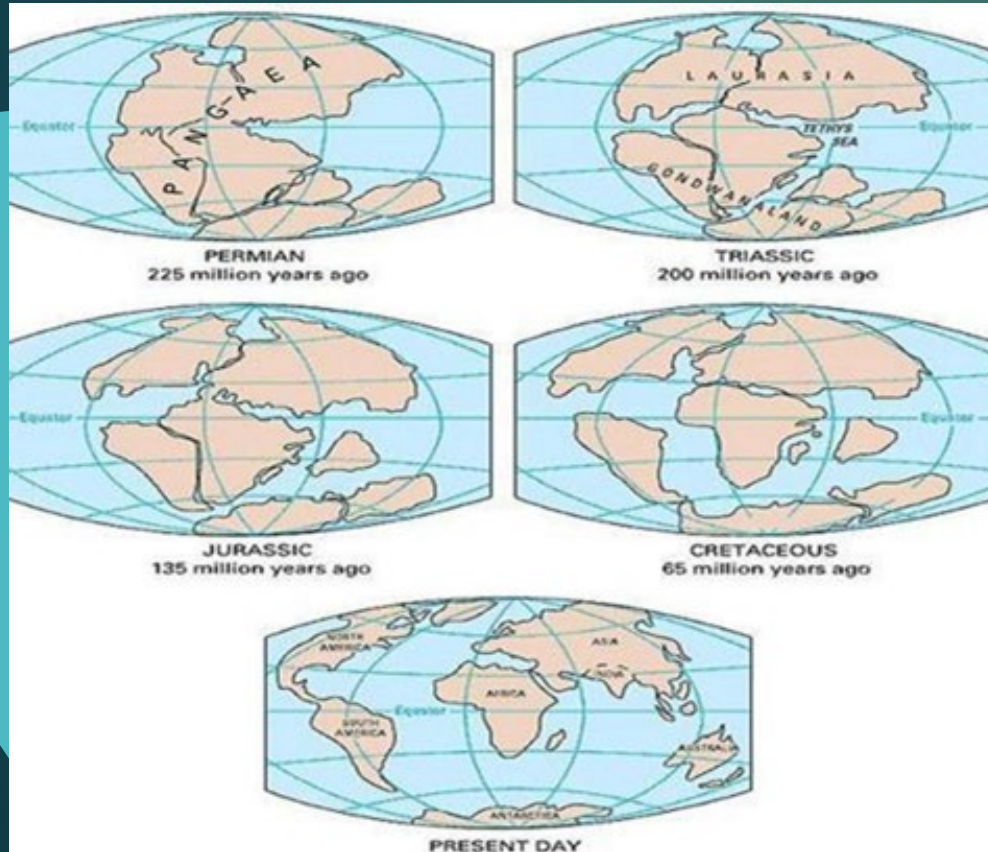
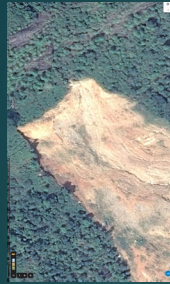


- 光強度、P濃度に関わらず、バイオマス量はバイオマスあたりの過酸化水素量で一義的に定まる
- バイオマスあたりの過酸化水素量と負の相関が存在する
- 含有量が $\sim 1 \text{ nmol}/\text{mg}$ を超えると藍藻は枯死する

まとめ

- ◆ 生物環境の調査において、これまで主に確認される種をリストアップする手法が用いられてきているが、限られた数の調査からは得られる情報は限られる。
- ◆ 生理学的な手法においては、それぞれの結果から因果関係が得られることから、単独の調査からでも、様々な情報が得られ、対策もたてやすい。
- ◆ 生理学では、様々な化学式の上に理論体系が造られており、敬遠されがちではあるが、高校の生物IIの知識からでも十分な結果が得られる。
- ◆ 河川や湖沼の生物環境の調査においても、生理学的視点での調査が望まれる段階にきている。

SATREPS で得られた興味深いテーマ



Geologic Time Scale				
Eon	Era	Period	Epoch	Ma
Phanerozoic	Cenozoic	Quaternary (Q)	Holocene	0
			Pleistocene	0.0117
		Neogene	Pliocene	2.58
			Miocene	5.3
			Oligocene	23
		Paleogene	Eocene	34
			Paleocene	56
				66
	Mesozoic	Cretaceous (K)		145
		Jurassic (J)		201
		Triassic (T)		252
	Paleozoic	Permian (P)		299
		Pennsylvanian (P)		323
		Mississippian (M)		359
		Devonian (D)		419
		Silurian (S)		444
		Ordovician (O)		485
		Cambrian (C)		541
	Proterozoic	Neoproterozoic (Z)		1000
		Mesoproterozoic (Y)		1600
		Paleoproterozoic (X)		2500
Precambrian (pC)	Archean (W)			4000
				4540

Ma = mega-annum (million years). Most ages are rounded to the nearest Ma. Common map age symbols shown in (). Modified from the ICS International Chronostratigraphic Chart, version 2020/03. Not drawn to scale.



赤ワイン

Thank you



ビタミンC



ビタミンE