

# 湖沼の円滑な物質循環につながる 低次生物生産の管理手法に関する研究

⑮大気・水・土壌等の環境管理・改善のための対策技術の高度化及び評価・解明に関する研究

滋賀県琵琶湖環境科学研究センター 早川和秀, 佐藤祐一, 岡本高弘, 永田貴丸,  
山口保彦, 尾原禎幸

国立環境研究所 地域環境研究センター 霜鳥孝一, 風間健宏

京都大学 生態学研究センター 中野伸一

京都工芸繊維大学 環境科学センター 布施泰朗

滋賀県立大学 後藤直成



2019.1.18 環境研究総合推進費二次審査

1

## 次期行政ニーズについて

### ①物質循環を明らかにする調査研究手法の開発(現行プロジェクト): 研究方法論の確立

- 一次生産の測定法など過去から行われてきた手法には、煩雑なものも多く、モニタリングに用いられることはなかった。研究グループでは、モニタリングにも応用可能な新たな調査研究手法を導入して、物質循環を明らかにする調査研究手法を開発した。現行プロジェクトにて達成。

### ②望ましい物質循環像の提示(次段階): 施策の試行用の知見整理

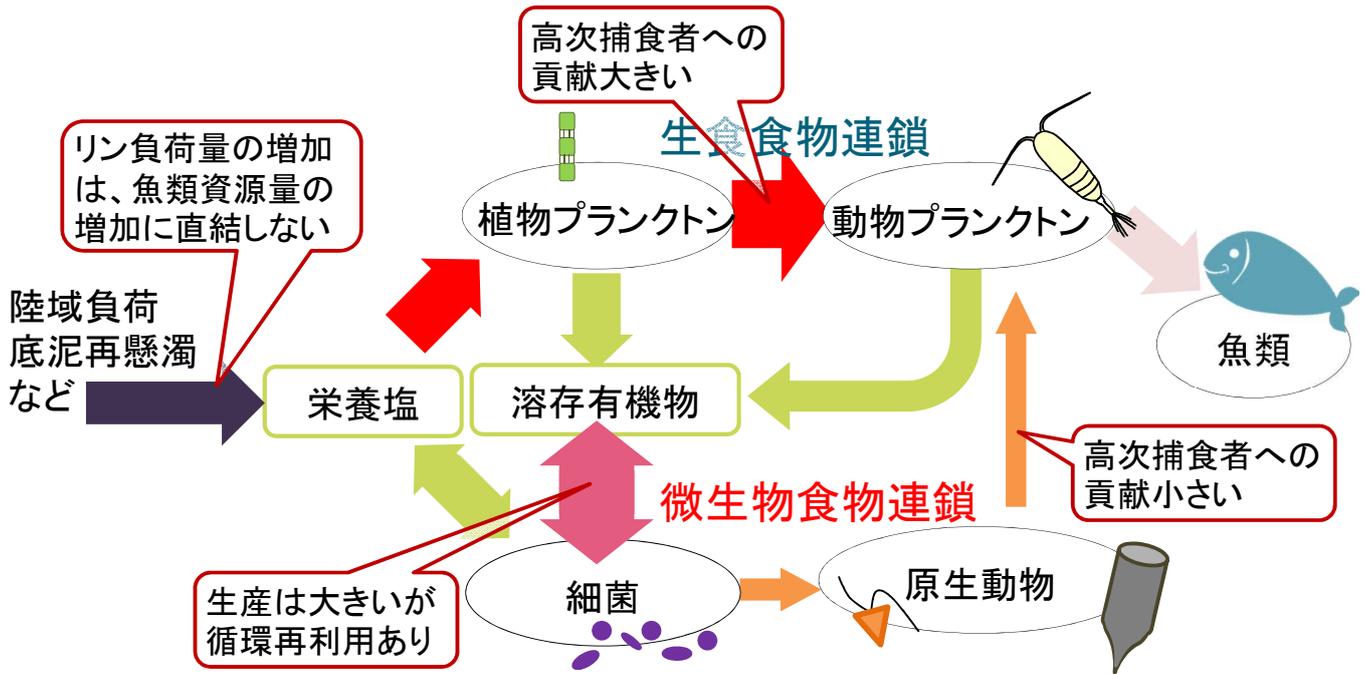
- 理想とする湖沼: 少ない栄養塩で効率よく物質が循環され、食物連鎖によくつながる姿とは、具体的にどのようなものか。効率的な(円滑な)物質循環が行われている湖沼または琵琶湖の事象例を示す。

### ③物質循環の状態を粗々に把握する指標(次段階): 物質循環の状態把握に関する簡便手法の提示

- 円滑な物質循環を示す簡便な指標: 円滑な物質循環像の中で、その状態を示す定期観測などの項目を抽出して提示する。他湖沼で同じ手法で物質循環を測定した際に比較可能な目安情報の原型を取りまとめる。

2

# 研究でわかった琵琶湖の有機物生産構造



- ◆ 琵琶湖における高次捕食者への物質伝達には、微生物食物連鎖より生食食物連鎖が主体
- ◆ 捕食者に食べられやすい植プラや動プラを増やすことが重要。

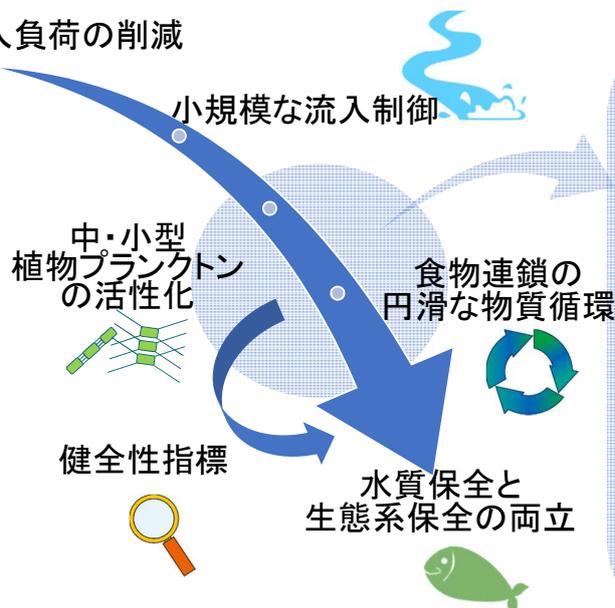
3

## 次年度 環境研究総合推進費 申請

### 湖沼の円滑な物質循環につながる低次生物生産の管理手法に関する研究 滋賀県琵琶湖環境科学研究センター

琵琶湖において栄養塩の流入と動・植物プランクトンのサイズおよび生産に関する調査研究を行い、生食連鎖の円滑な物質循環を明らかにし、流域対策につながる基盤を構築する。

#### 流入負荷の削減



#### サブテーマ4

生物生産に影響する粒状物質の分布と栄養塩動態把握

#### サブテーマ5

時空間モニタリングによる流入の影響評価

#### サブテーマ2

サイズに着目した植物プランクトン生産解析

#### サブテーマ3

マイクロ動物プランクトンの群集動態解析

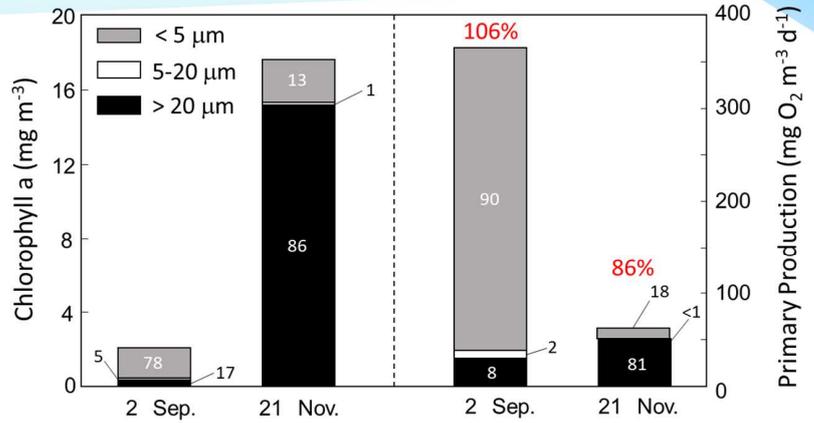
#### サブテーマ1

大型動物プランクトンの動態と物質循環の円滑さ評価

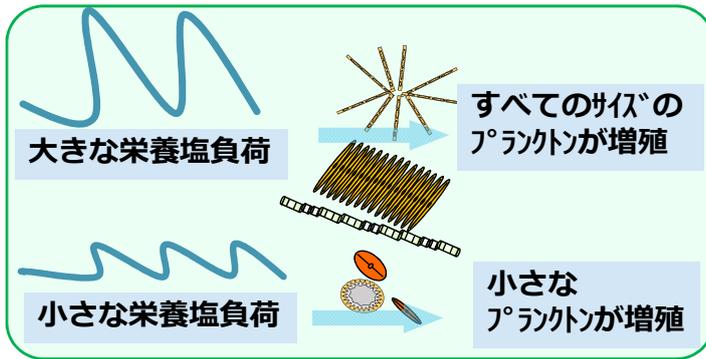
4

## これまでの調査より

栄養塩の状態によって  
増殖する植物プランクトンが  
異なる → 流入の影響？



2016年9月と11月の琵琶湖北湖における  
サイズ別クロロフィルa濃度と一次生産速度



栄養塩パルスと植物プランクトンの反応  
Sommer 1985, Suttle et al. 1987  
体サイズと一次生産、栄養塩取り込み速度  
Maranon et al. 2012

5

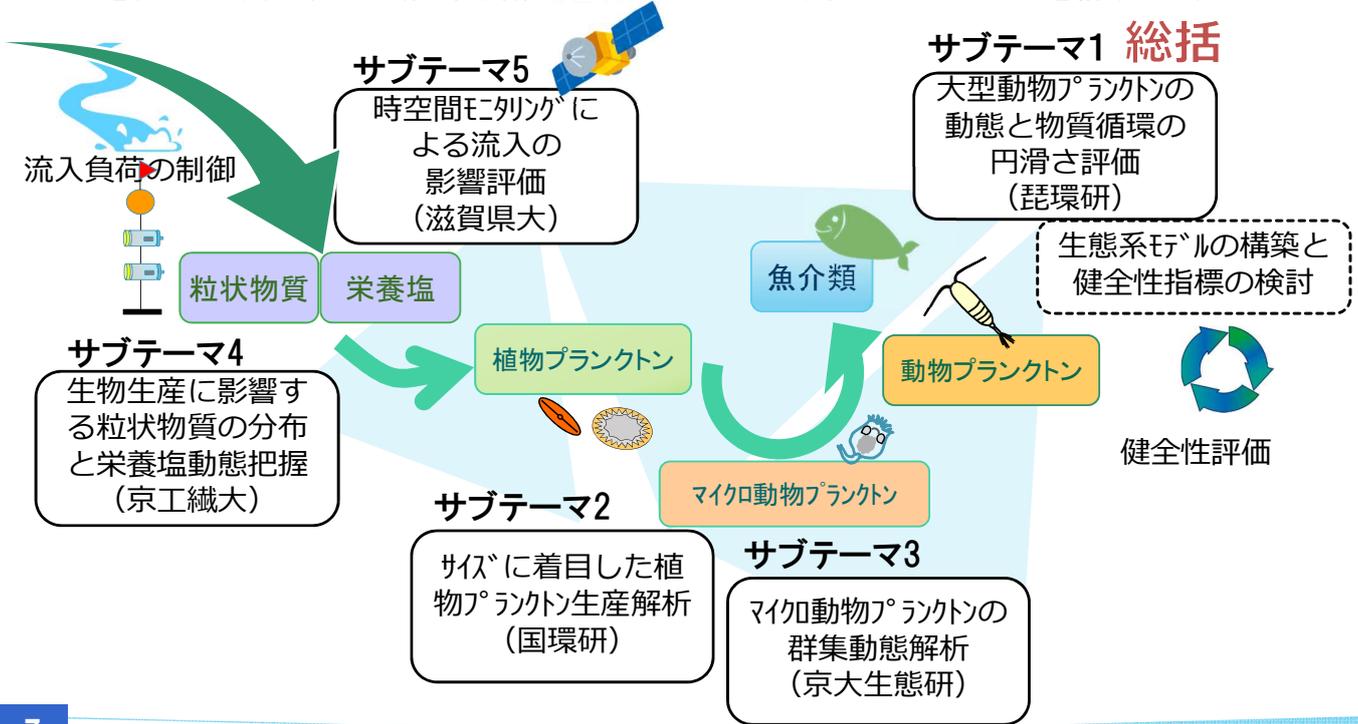
仮説: 流域から低濃度の栄養塩類  
が流入することによって、中・小  
型の植物プランクトンの増殖が促  
進され、動物プランクトンの生産  
増につながる



6

# 湖沼の円滑な物質循環につながる低次生物生産の管理手法に関する研究

琵琶湖において栄養塩の流入と動・植物プランクトンのサイズおよび生産に関する調査研究を行い、生食連鎖の円滑な物質循環を明らかにし、流域対策につながる基盤を構築する。



7

## サブテーマ1

### 大型動物プランクトンの動態と物質循環の円滑さ評価

(琵琶湖環境科学研究センター)

大型動物プランクトンの動態:

植物プランクトン等の餌生物と、大型動物プランクトン(ミジンコ類など)の生産性との関係を把握する

#### ① 現存量の把握

- 沿岸・沖帯での野外調査



大型(メソ)動物プランクトン

#### ③ 生産量の推定

- ①のサンプルを用い、抱卵数等から既存式で生産量を推定
- ②の実験でのメソ動プラの増加量等から、生産量を推定

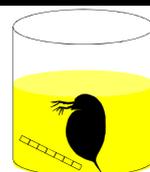
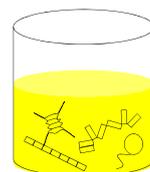
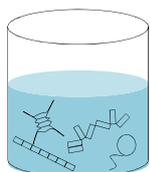
#### ② 時期ごとの餌生物に対する摂食・同化速度の評価

- メソ動プラ投入後の餌生物の減少量から、摂食速度を評価
- 餌生物とメソ動プラの炭素同位体比の変化から、同化速度を評価

現場の餌生物

$^{13}\text{C}$ でラベル

メソ動プラによる摂食  
(現場から採取)

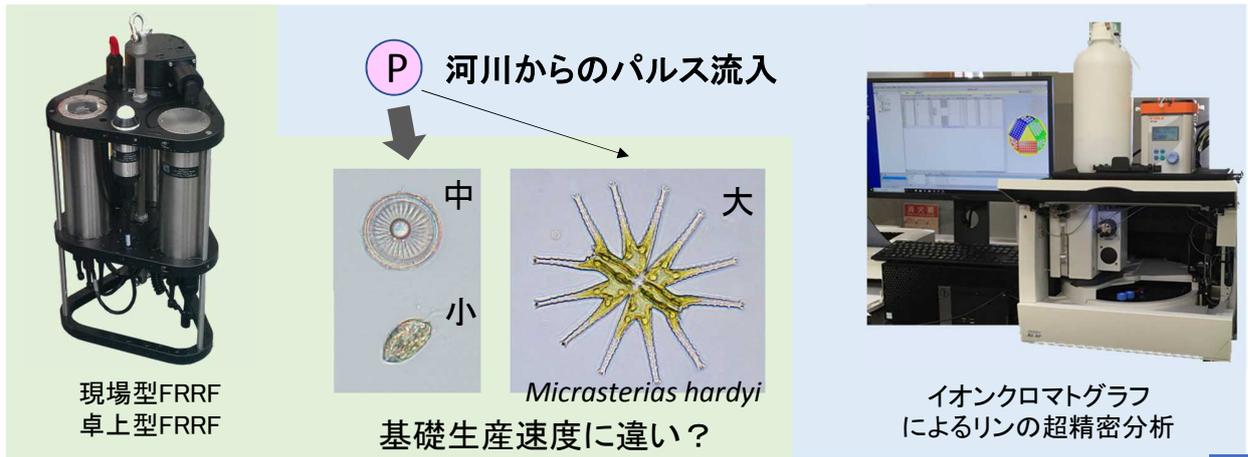


同位体比や炭素量等を分析  
(餌生物はサイズ別で分析)

8

## サブテーマ2: サイズに着目した植物プランクトン生産解析 (国立環境研究所)

- ①植物プランクトンサイズごとの光合成活性・基礎生産速度の変化を、現場型高速フラッシュ蛍光光度計(現場型FRRF)の導入により現場でリアルタイムに捉える。
- ②気象(台風)や人的活動(代掻き)によるリン酸態リンのパルス流入を、新規イオンクロマトグラフ法による超精密分析により、nmol/Lオーダーで詳細に捉える。
- ③様々な物理・化学的環境下における植物プランクトンサイズごとの光合成活性の応答を検証する。卓上型FRRFを導入し、①②をふまえて植物プランクトンの室内・野外培養実験を実施する。

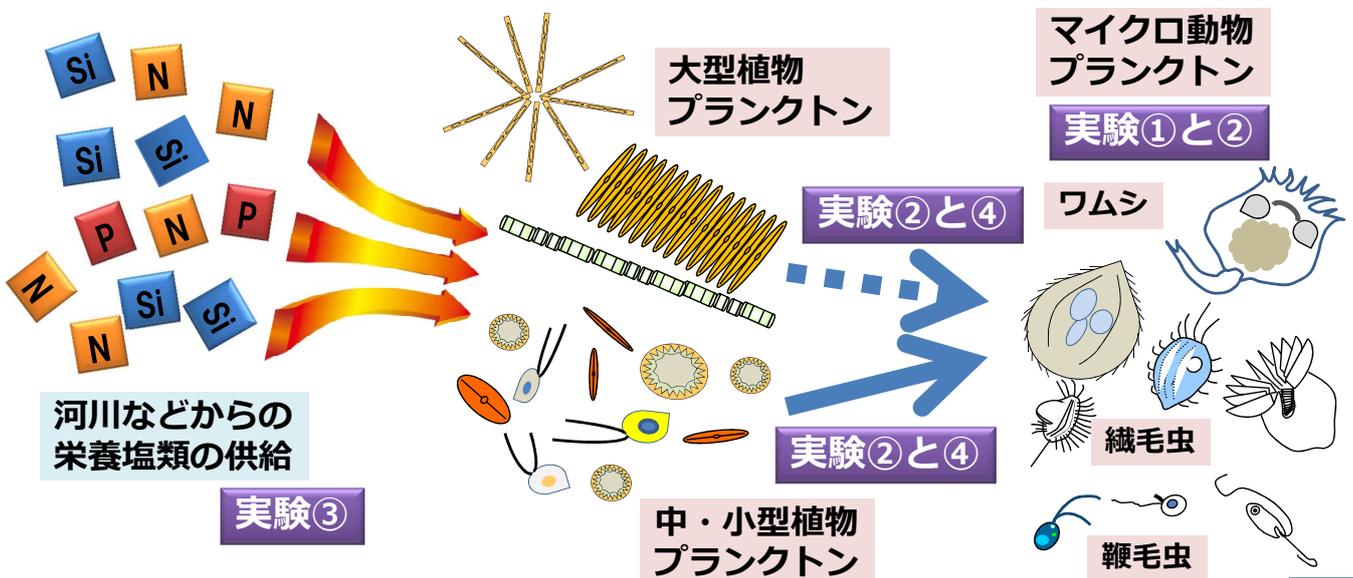


9

## サブテーマ3

### マイクロ動物プランクトンの群集動態解析: 京都大学生態学研究センター

- 実験①: 次世代シーケンスによる多様性解析
- 実験②: サイズ・形態ごとの摂食速度と生産速度 (現場実験)
- 実験③: 中・小型植物プランクトンの栄養塩類添加に対する増殖応答 (室内実験)
- 実験④: 実験③で増殖する植物プランクトンに対する摂食の検討 (室内実験)



10

■ 目的 河川水等の流入時における栄養塩の挙動を詳細にとらえるため、河川等の流入する沿岸で湖水、懸濁粒子、湖底泥を調査して、流入や沈殿、再懸濁過程を考察するために迅速分析法を確立し動態を解析する。

■ 試料採取 多地点、水深別水試料の定期的な採取及びイベント毎に採取  
サイズ別粒状物質・溶存態リン・底質試料・生分解試料・沈降粒子試料

■ 分析方法

捕集ろ紙試料  
底質乾燥試料  
沈降粒子試料

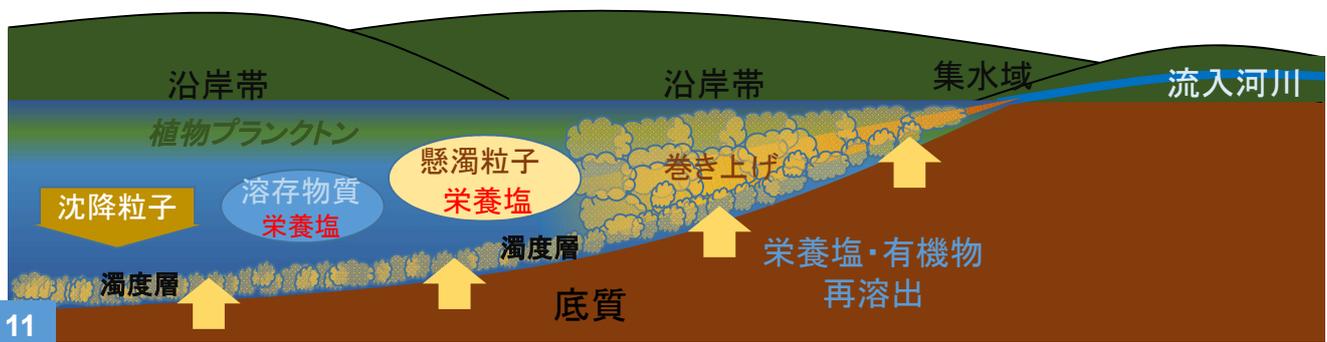
前処理を必要としない**迅速分析法**

TD/Py-GC/MS  
WD-XRF etc.

■ 得られる成果

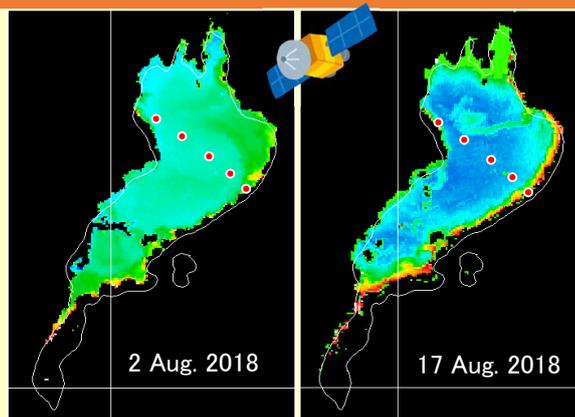
栄養塩、金属元素、  
有機成分の動態  
の時空間的情報

動・植物プランクトンや細菌の  
現存量や生産等の増殖応答  
と栄養塩動態との関係を解析  
粒子態リンの流入イベント毎  
の動態メカニズムを解析



サブテーマ5

時空間モニタリングによる流入の影響評価 (滋賀県立大)

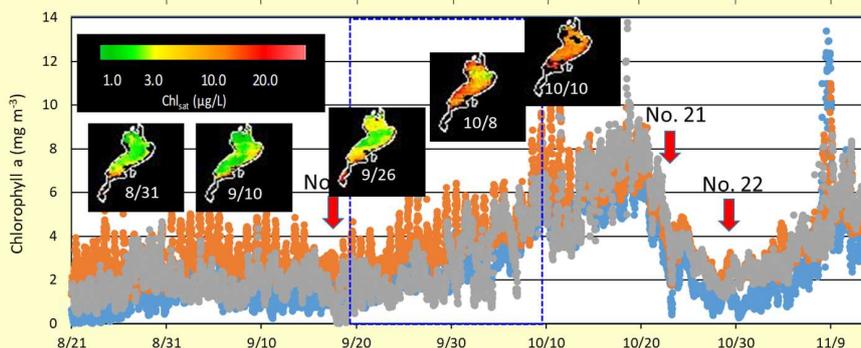


GCOM-C/SGLI (分解能 250 m, 頻度: 2日に1回) で捉えた高解像クロロフィルa濃度分布

◆ 集水域から湖内への流入イベントをクロロフィルa・懸濁物質の濃度分布を指標として把握するため、新型気候変動**観測衛星**GCOM-Cのデータ利用を確立する。

◆ **現場観測**にて、植物プランクトンのサイズ別クロロフィルa量および光合成活性( $F_v/F_m$ )を測定し、流入イベントに対する反応を調査する。

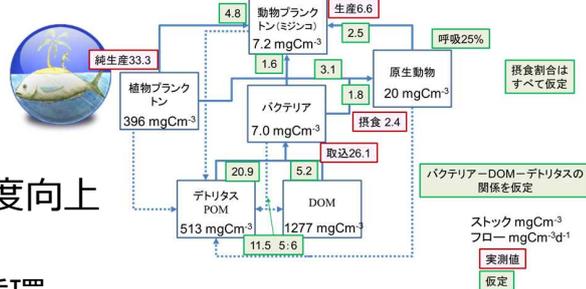
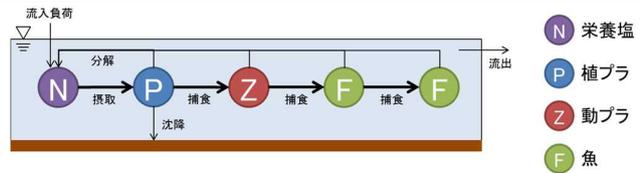
◆ **過去の**水質モニタリング**データ**から、植物プランクトンの増殖と降水量・気温(日射量)・湖水水理との関係を**見直し**、情報を整理する。



琵琶湖北湖の夏期から秋期におけるクロロフィルa濃度と衛星データの比較

検討モデル

- ▶ 食物連鎖モデル
- ▶ Ecopathモデル
- ▶ **流域水物質循環モデル**  
(湖沼計画 使用中)

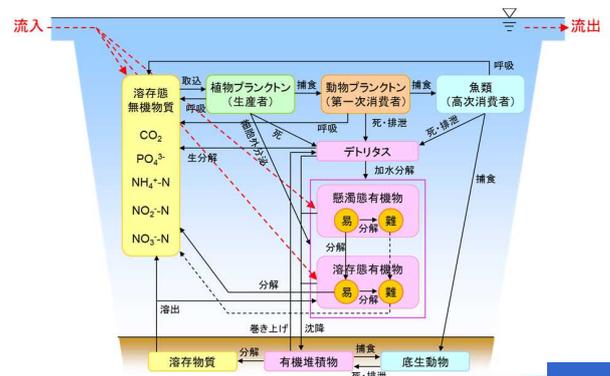


□ モデルを用いた物質循環の再現精度向上と円滑さ評価

- ▶ 湖沼計画に用いる流域水物質循環モデルの改良
- ▶ 物質循環の円滑さ（転換効率等）の評価

□ 物質循環の円滑さに影響を与える因子や条件の検討

- ▶ 流入負荷の時空間・量の分布
- ▶ 植物プランクトンのサイズや種類



湖沼の円滑な物質循環につながる低次生物生産の管理手法に関する研究

計画

- 植物プランクトンの**サイズ分画**による一次生産測定
- マイクロ動物プランクトンのメタゲノミクス解析
- 粒径別化学成分分析法や、新衛星データ利用
- **流入イベント**に合わせた生産・生物群集と**フィールド調査**
- 動物プランクトン等の捕食実験
- 衛星データや過去水質データの解析
- モデル解析
- 調査結果を裏付けるラボでの実証試験
- フィールドの追調査
- モデルの改良
- **健全性指標**や施策案の提示

2019

2020

2021

## アウトプット&アウトカム

- 湖内の食物連鎖を支える下位生物の物質循環像の理解
- 流入イベントに対する生物応答とそれらの知見を基盤とした流域の対策手法案
- 湖沼の一次生産を中心とした物質循環の円滑さ（健全性）の評価体系および指標
- 湖沼の化学・生物分野における計測技術の発展

### 可能性のある施策

- 休耕田の湛水活用
- ゆりかご水田から栄養塩・プランクトン放流
- ダムやため池・下水処理場の運用の工夫
- 雨水タンクや雨水貯留施設の利用
- 事業場や学校・公共施設・屋上のビオトープなどの面源対策

### 湖沼水質管理政策への組込

- 生態系保全再生事業における評価指標
- 湖沼水質保全計画における計画の方向づけ  
(第8期 琵琶湖水質保全計画  
2021年度策定予定)

### **水質保全と生態系保全の両立管理の提案**

水質保全と水産資源生産の  
バランスのとれた湖沼管理