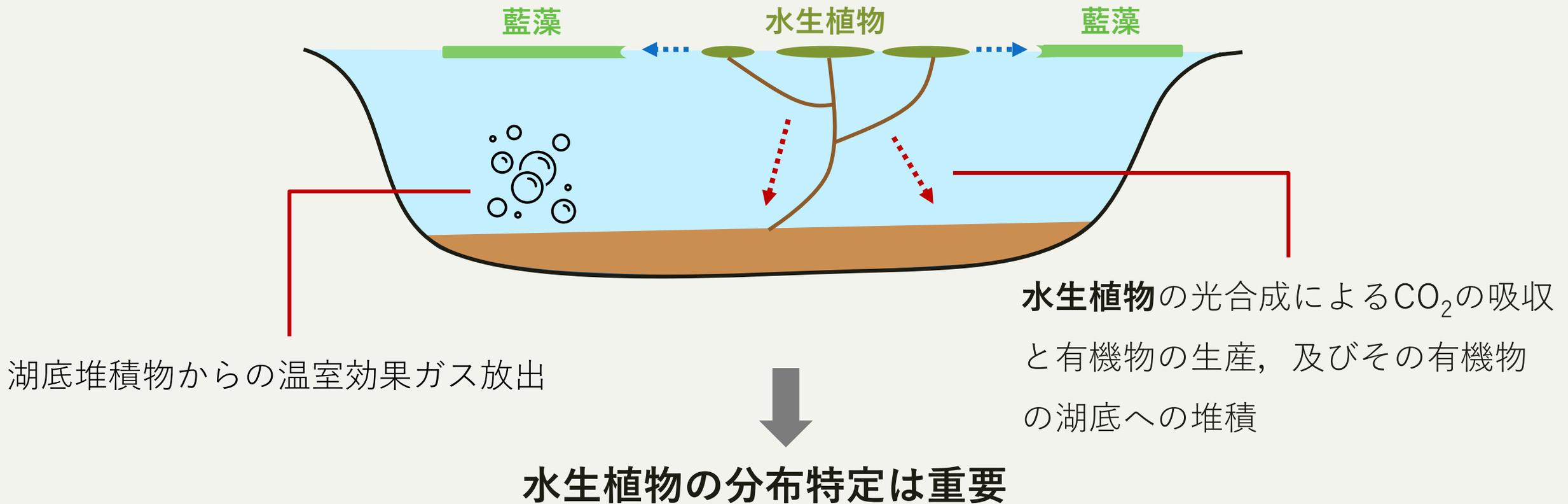


衛星データを用いた諏訪湖における  
浮葉植物と沈水植物の分布域の推定

(岩田研究室) 澤野耕平

- 水生植物は湖沼生態系での重要な要素の一つ  
水生植物による有害藍藻の増殖抑制 (Miyashita et al., 2018)
- 水生植物は湖沼の物質循環に関係



## 先行研究では植生タイプ別の分類に成功

- キスバラトン湿地（ハンガリー）トラジメノ湖，マンチュア湖，ヴァレーゼ湖（イタリア），太湖（中国）で**抽水植物**，**浮葉植物**，**浮葉植物と沈水植物の共存状態**の分類（Villa et al., 2015）
- 太湖（中国）で**抽水植物**，**浮葉植物**，**沈水植物**の分類（Luo et al., 2014）

## 諏訪湖

リモートセンシングによる**浮葉植物であるヒシ**分布エリアの特定（尾山ほか., 2017）

## 本研究の目的

諏訪湖において**浮葉植物**と**沈水植物**の二つの水生植物タイプを分類できるモデルを作成し，それぞれの分布特定を行うこと

## 研究サイト：諏訪湖

浅い**富栄養湖**（平均水深4m）

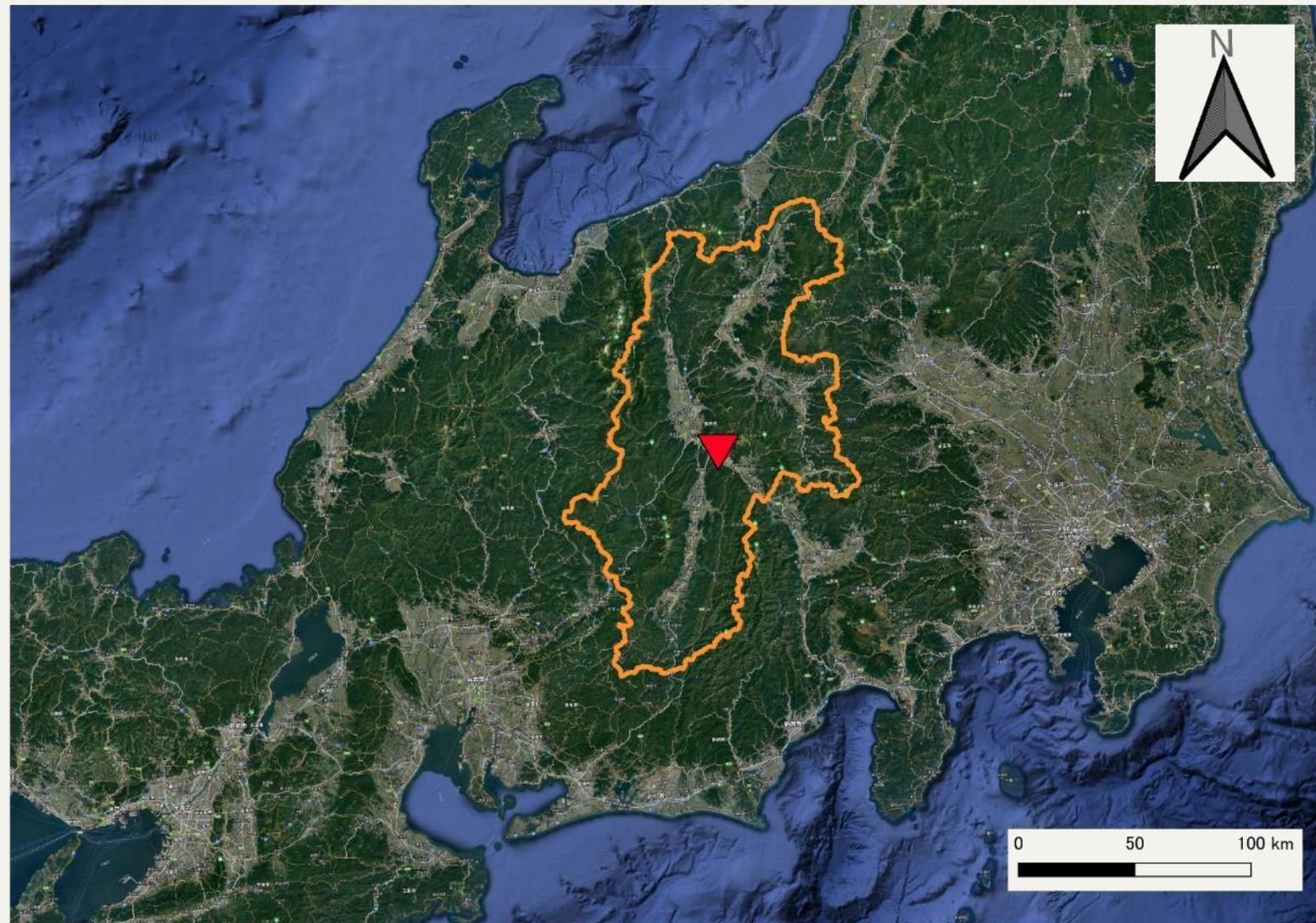
夏季に浮葉植物の**ヒシ**や

沈水植物の**クロモ**，**エビモ**，

**ササバモ**などが繁茂

本研究では諏訪湖に存在する

全ての沈水植物を対象とする



（Google Mapより作成，県境線，諏訪湖位置は国土数値情報より引用）

## 研究サイト：諏訪湖

浅い**富栄養湖**（平均水深4m）

夏季に浮葉植物の**ヒシ**や  
沈水植物の**クロモ**，**エビモ**，  
**ササバモ**などが繁茂

本研究では諏訪湖に存在する  
全ての沈水植物を対象とする

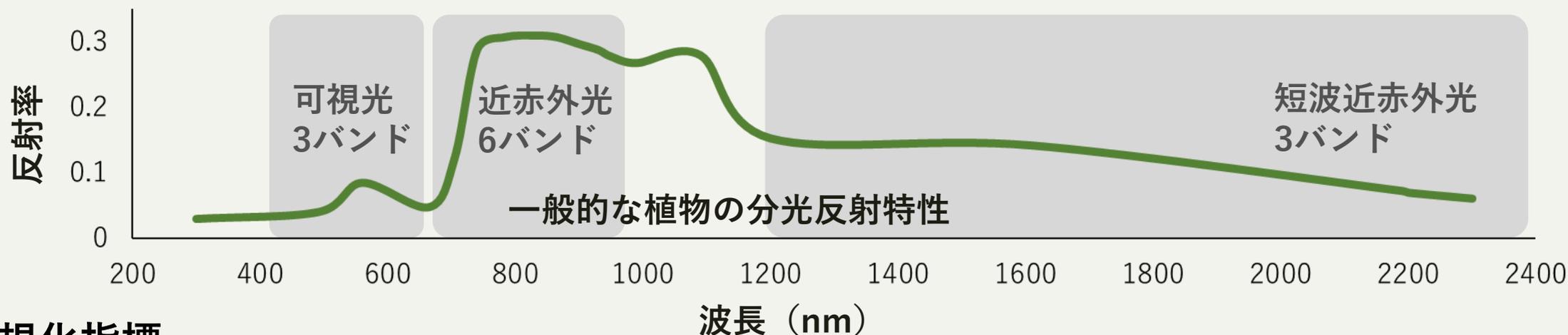


ヒシ（諏訪湖にて撮影）



クロモ（諏訪湖にて撮影）

衛星データ：Sentinel-2衛星（回帰頻度10日）のデータを使用



## 正規化指標

<b>MNDWI</b> (Xu et al., 2006)	<b>NDCI</b> (Mishra et al., 2012)	<b>WAVI</b> (Villa et al., 2014)	<b>NDVI</b> (Rouse et al., 1974)
<b>Ave RGB</b> (Hestir et al., 2006)	<b>NDMI</b> (Gao, 1996)	<b>NDAVI</b> (Villa et al., 2013)	<b>SF1 Ave</b> (千葉大学楊さん提供)

**MNDWI**：水面を検出する指標

**NDCI**：クロロフィルを検出する指標

**NDVI**：植物を検出する指標

**WAVI**：水生植物を検出する指標

データセット作成の為に代表エリア毎の分光反射特性や反射率,

正規化指標の季節変化を算出



学習データ抽出



モデル学習



広域分布推定

## ヒシ・水域

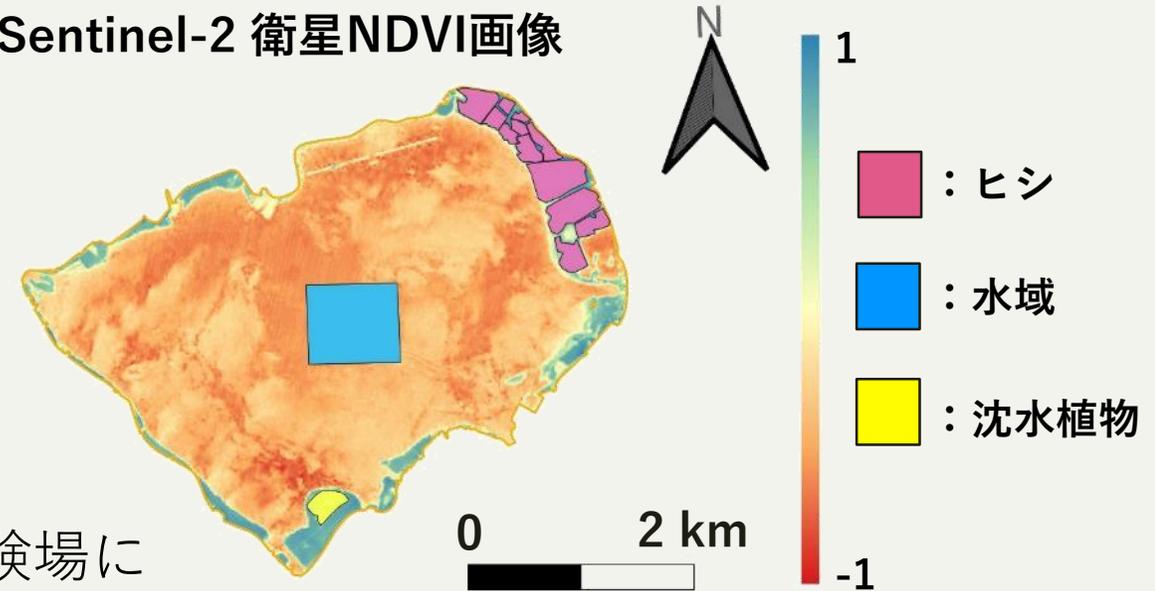
夏のSentinel-2衛星画像を用いてヒシ，水域を代表するエリアを決定した

## 沈水植物

ドローンによる現地観測，水産試験場による分布調査の結果から毎年繁茂しているエリアを代表エリアとした

決定した代表エリアをもとにデータを抽出した

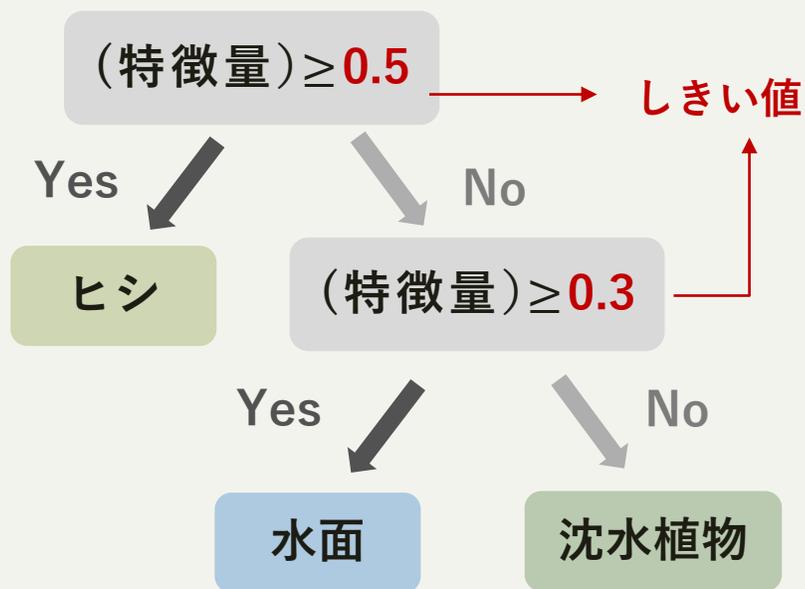
Sentinel-2 衛星NDVI画像





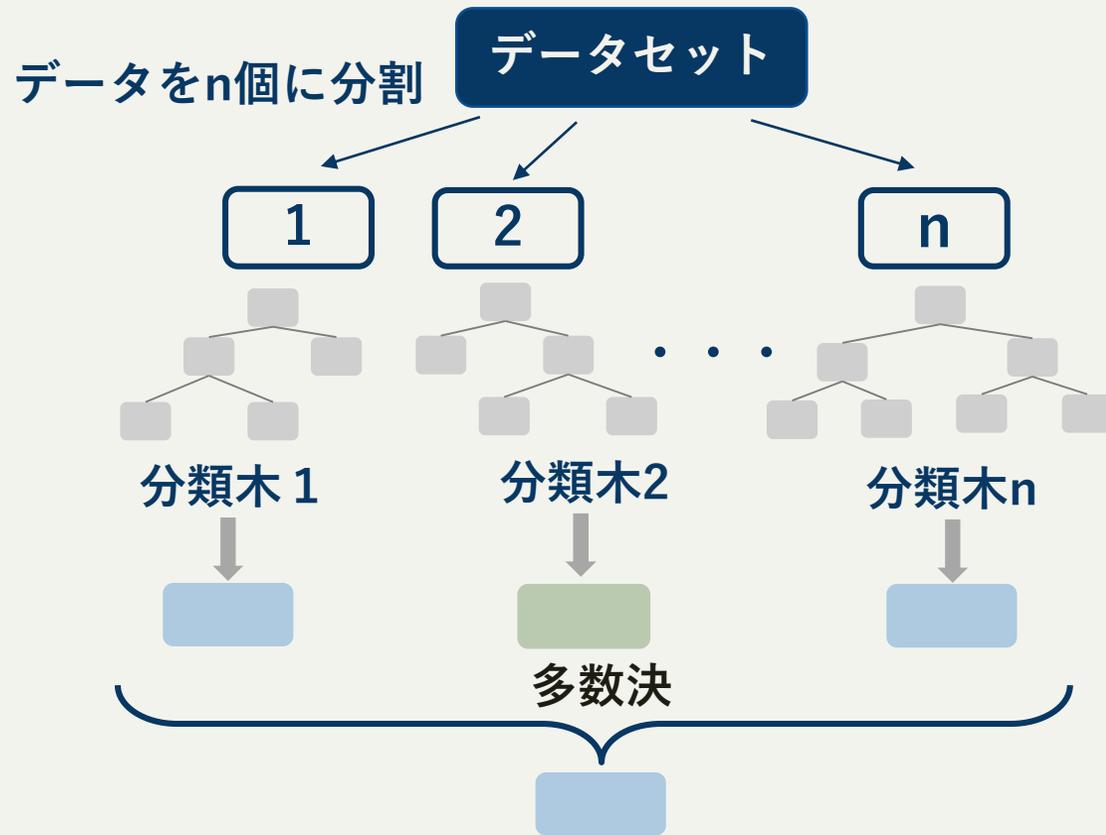
## 分類木

データをある**特徴量**のしきい値における二項分割に基づいて分類する機械学習モデル



- モデルの解釈が容易

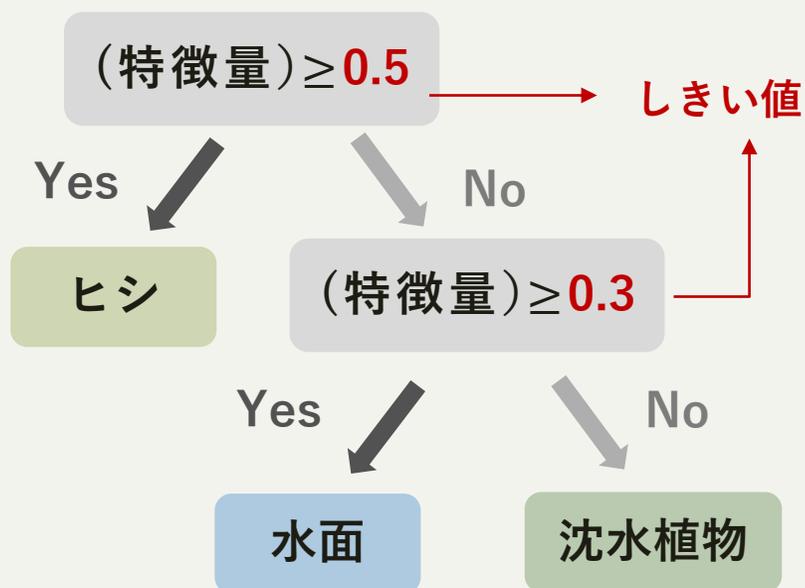
## ランダムフォレスト



- 各説明変数の重要度を探索可

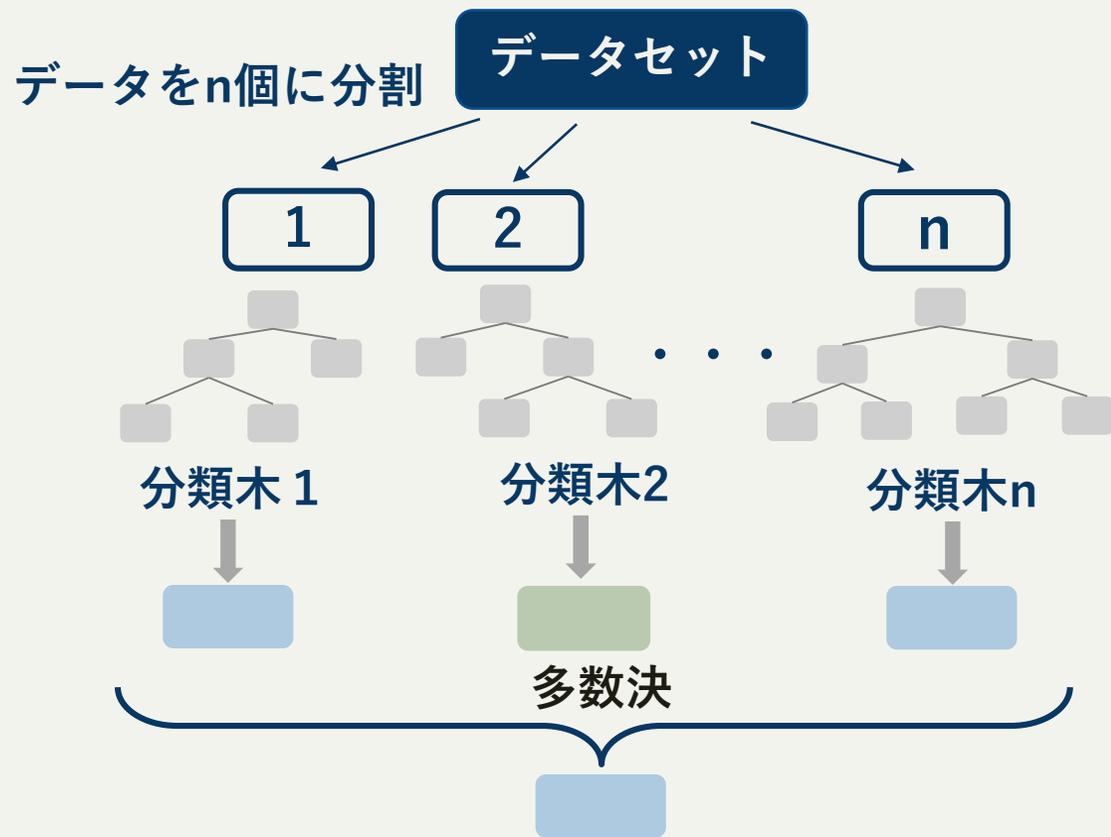
## 分類木

データをある**特徴量**のしきい値における二項分割に基づいて分類する機械学習モデル



- モデルの解釈が容易

## ランダムフォレスト



- 各説明変数の重要度を探索可



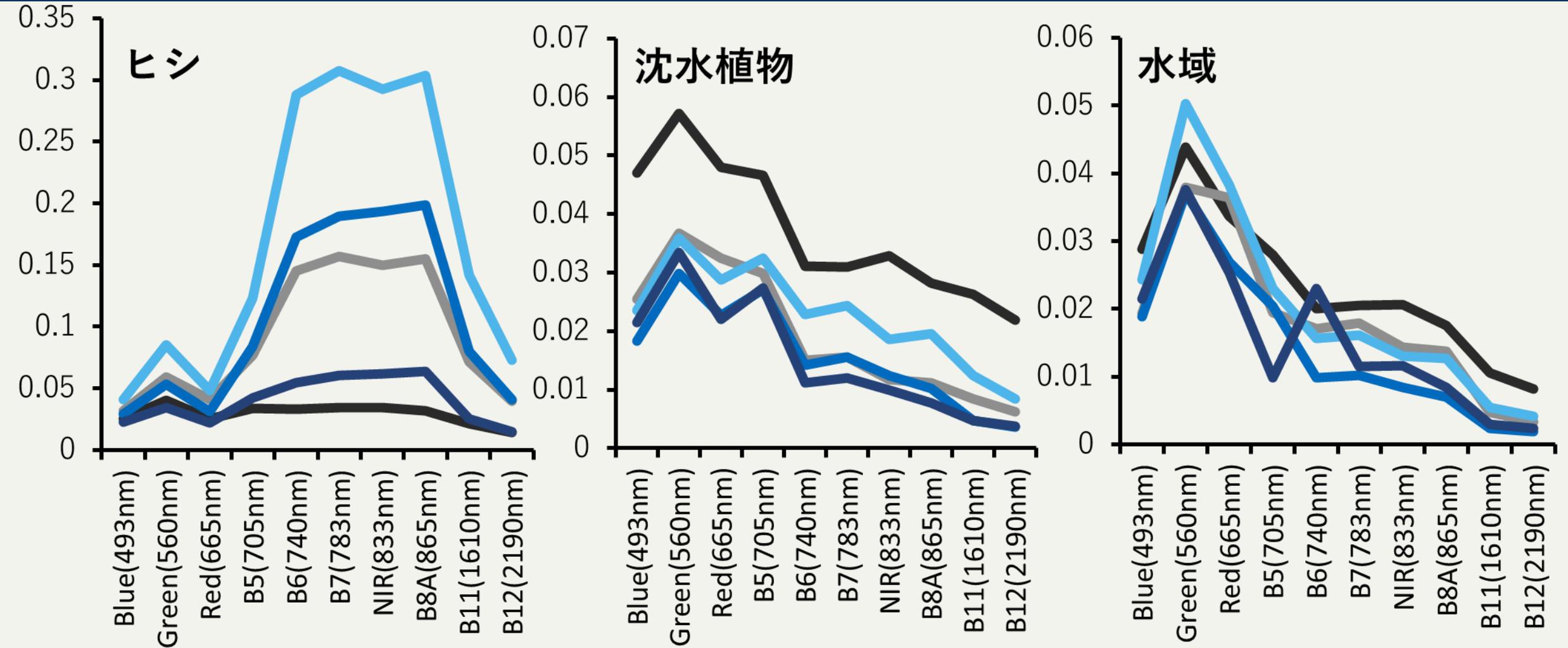
2021年：水産試験場による調査結果



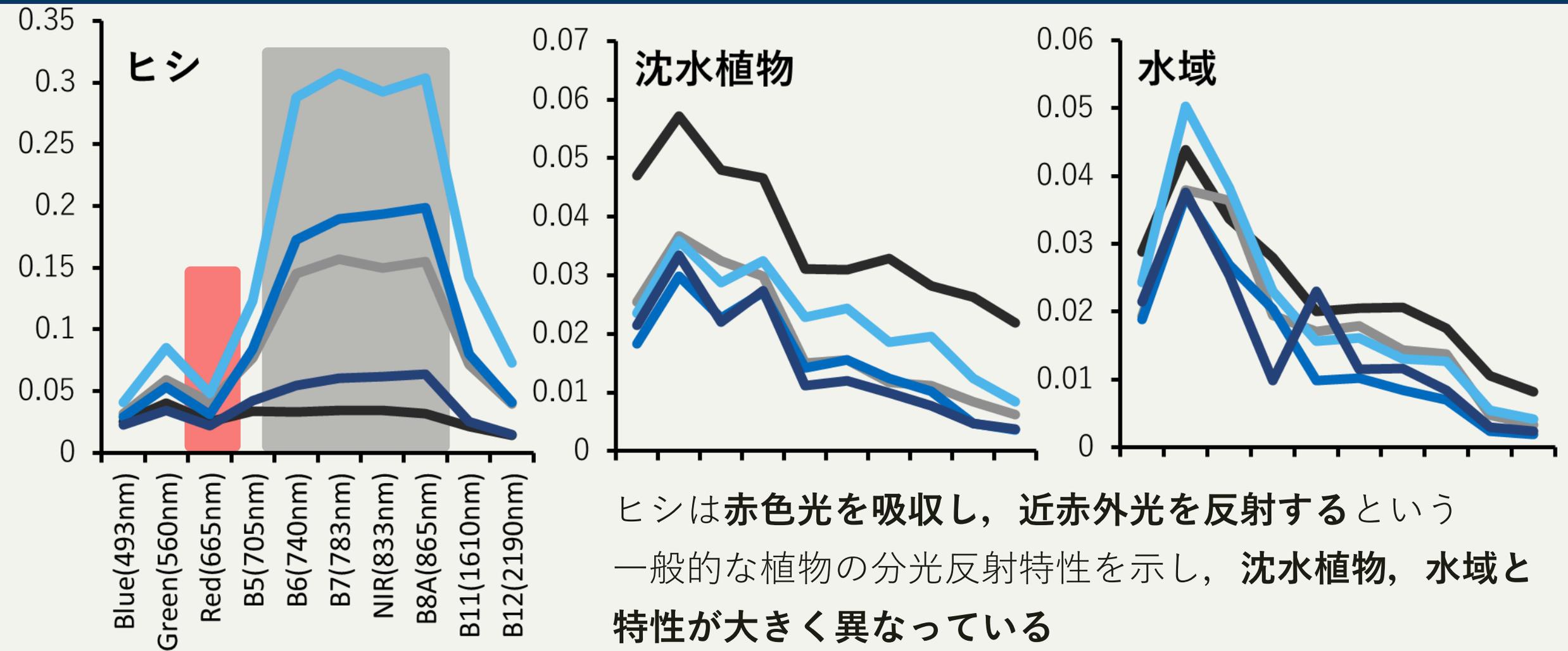
2022年：ドローンによる調査結果



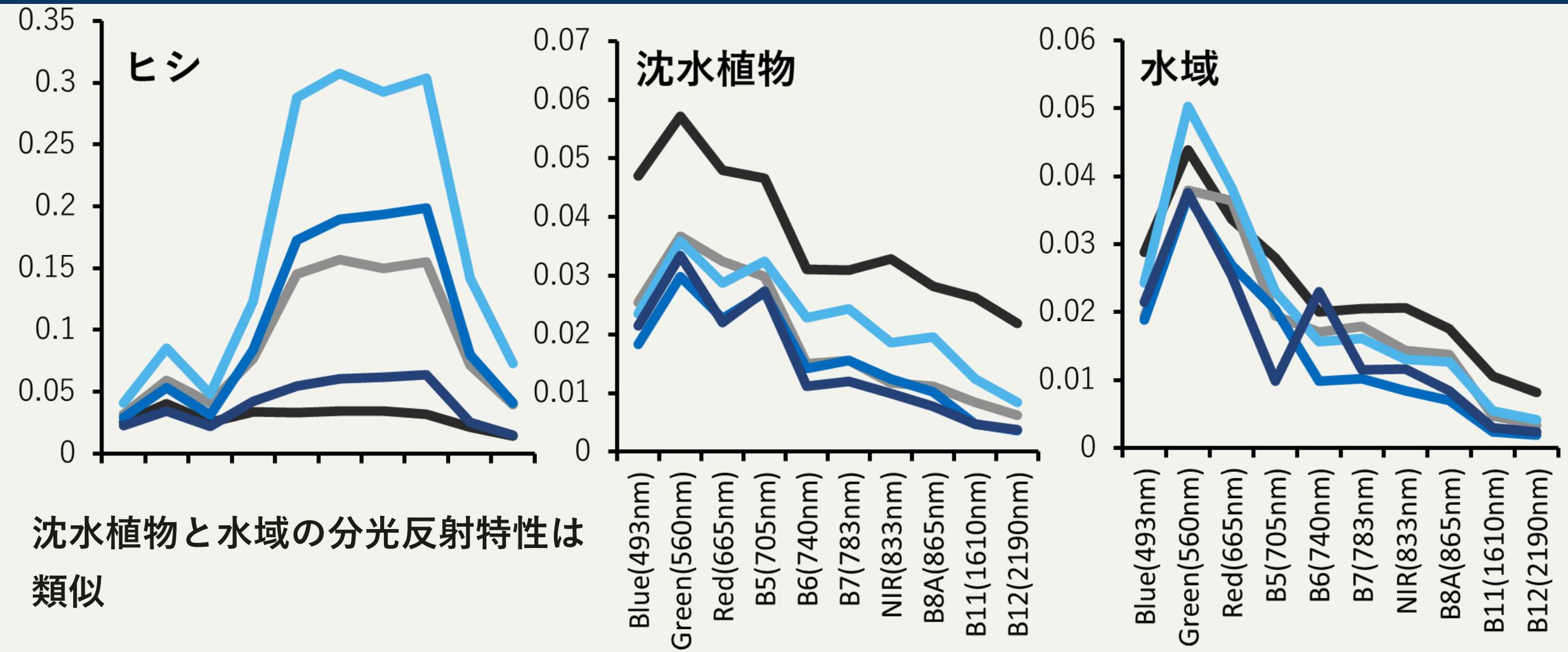
# 結果 | 各表面タイプの分光反射特性



# 結果 | 各表面タイプの分光反射特性



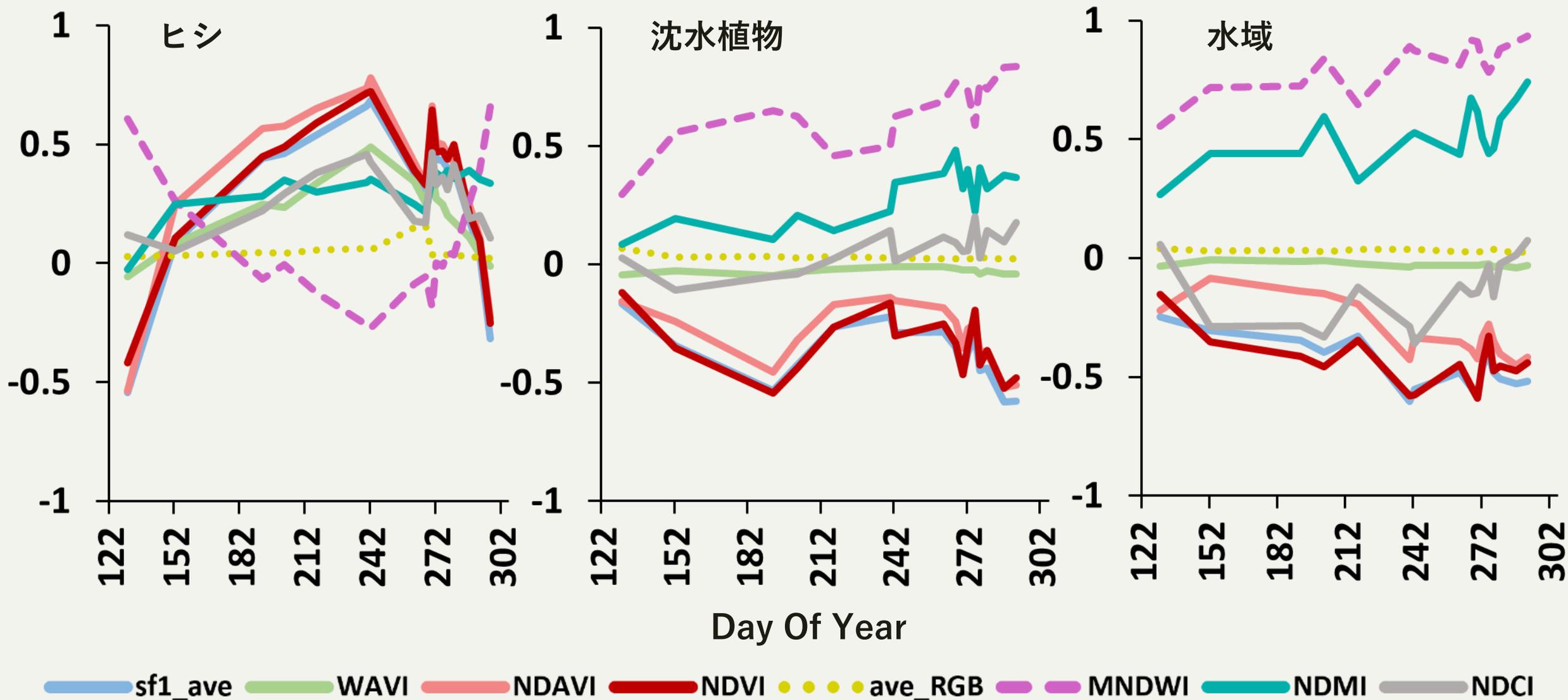
# 結果 | 各表面タイプの分光反射特性



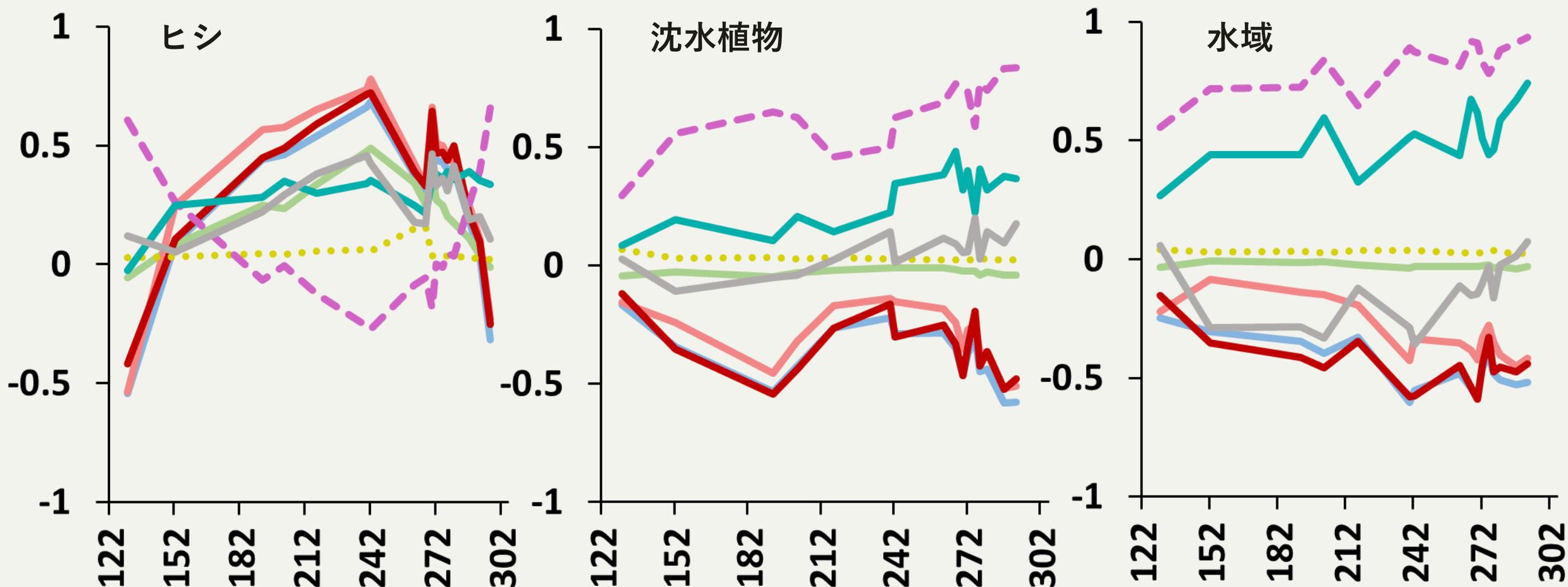
沈水植物と水域の分光反射特性は類似



# 正規化指標の季節変化（2021年）

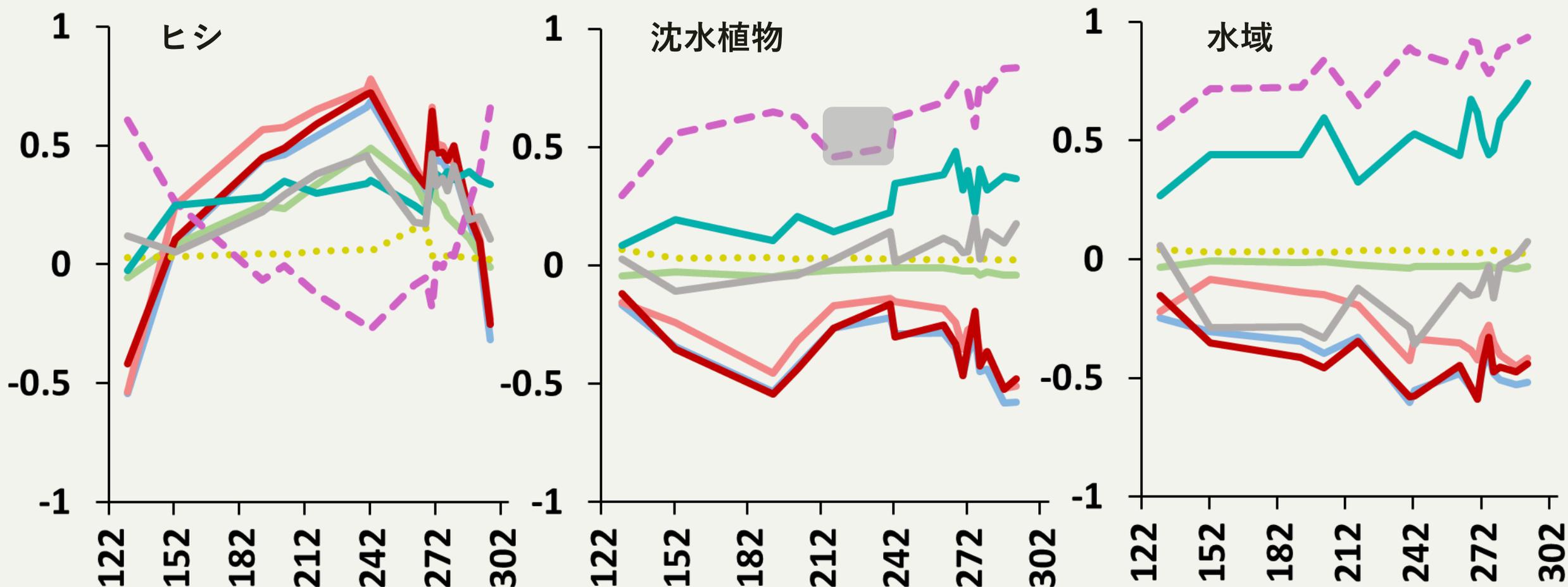


# 正規化指標の季節変化 (2021年)



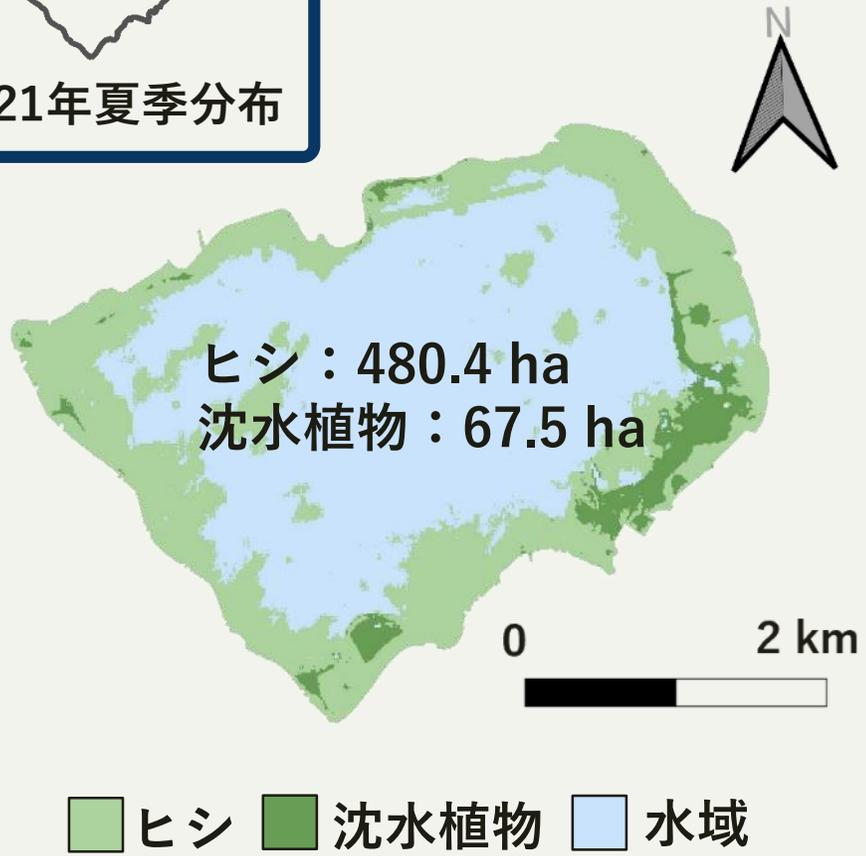
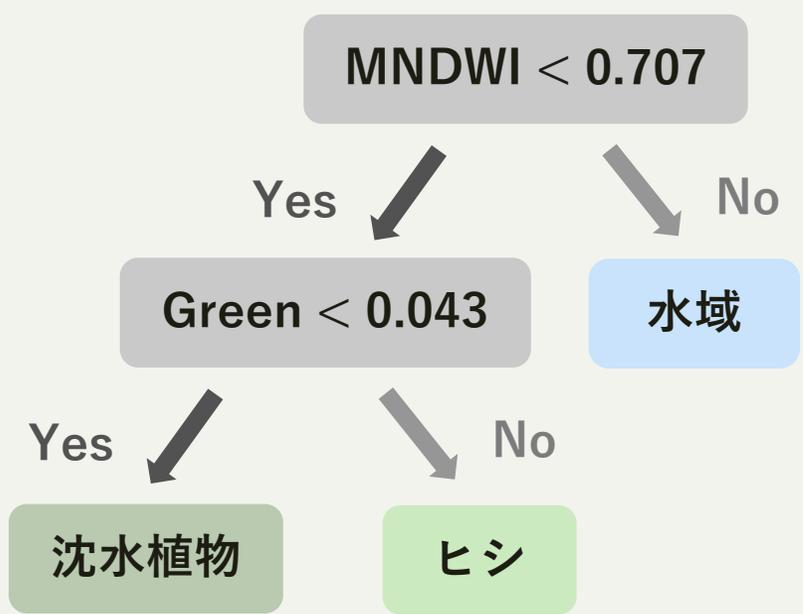
sf1\_ave WAVI NDAVI NDVI ave\_RGB MNDWI NDMI NDCI

# 正規化指標の季節変化（2021年）

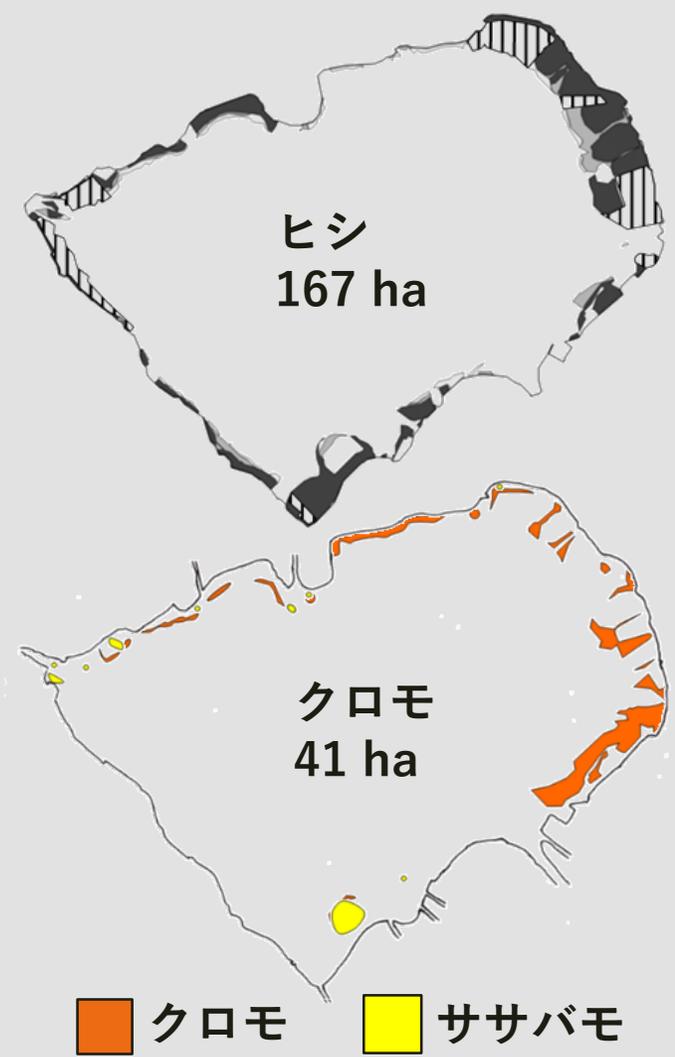


sf1\_ave WAVI NDAVI NDVI ave\_RGB MNDWI NDMI NDCI

# 結果 | 分類木の構造と分布特定



検証データ (8/3-8/5)



湖沿岸にヒシが分布している様子は再現できているものの、  
全体的に過大評価が顕著

# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定



2021夏季平均

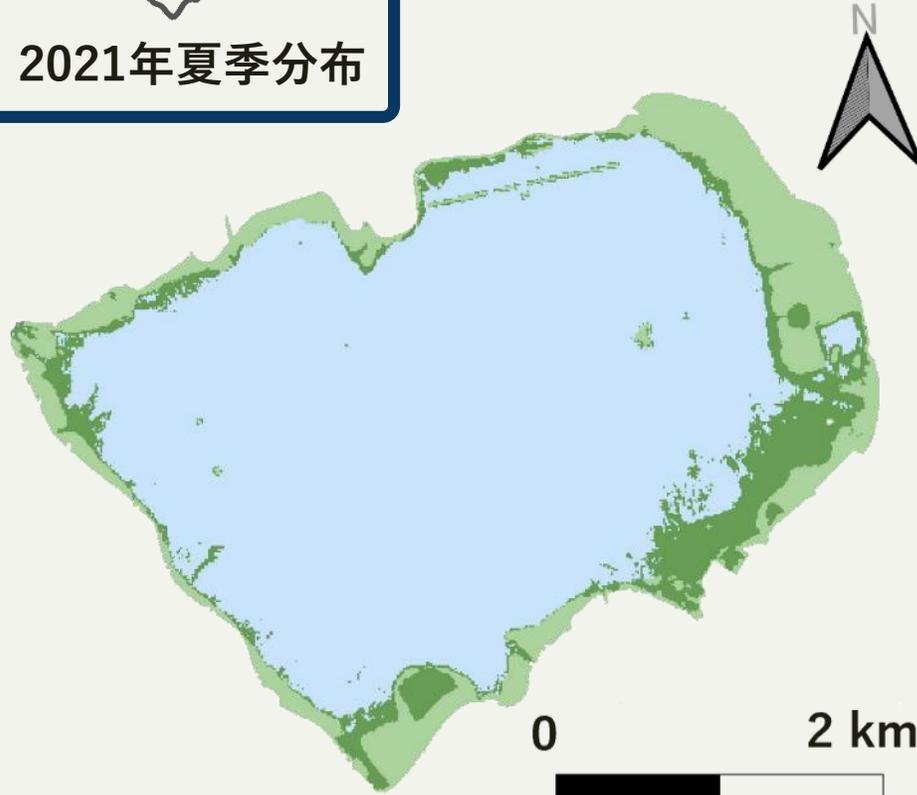
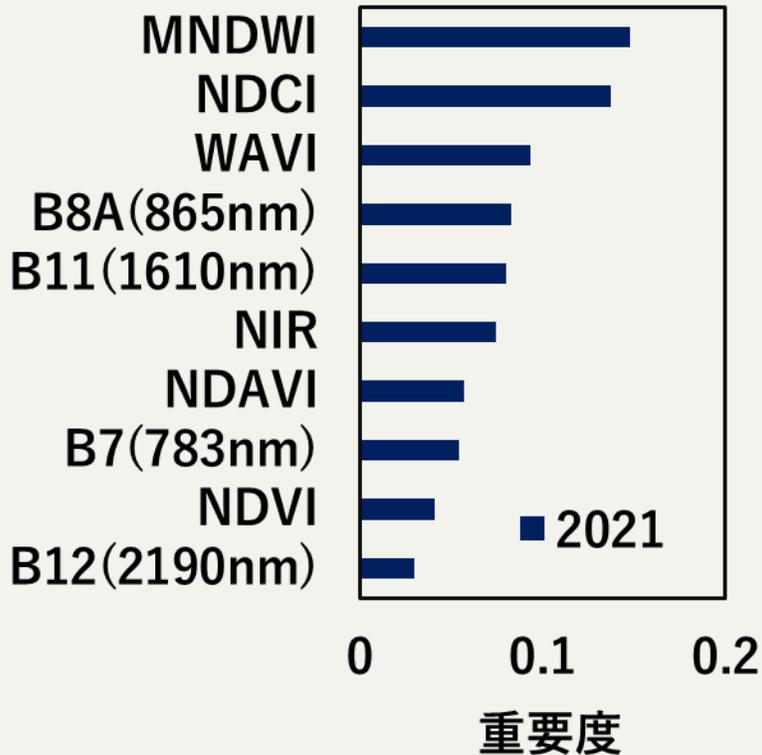


ランダムフォレスト



2021年夏季分布

## 特徴量の重要度



ヒシ 沈水植物 水域

## 検証データ (8/3-8/5)



# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定 19



2021夏季平均

ランダムフォレスト

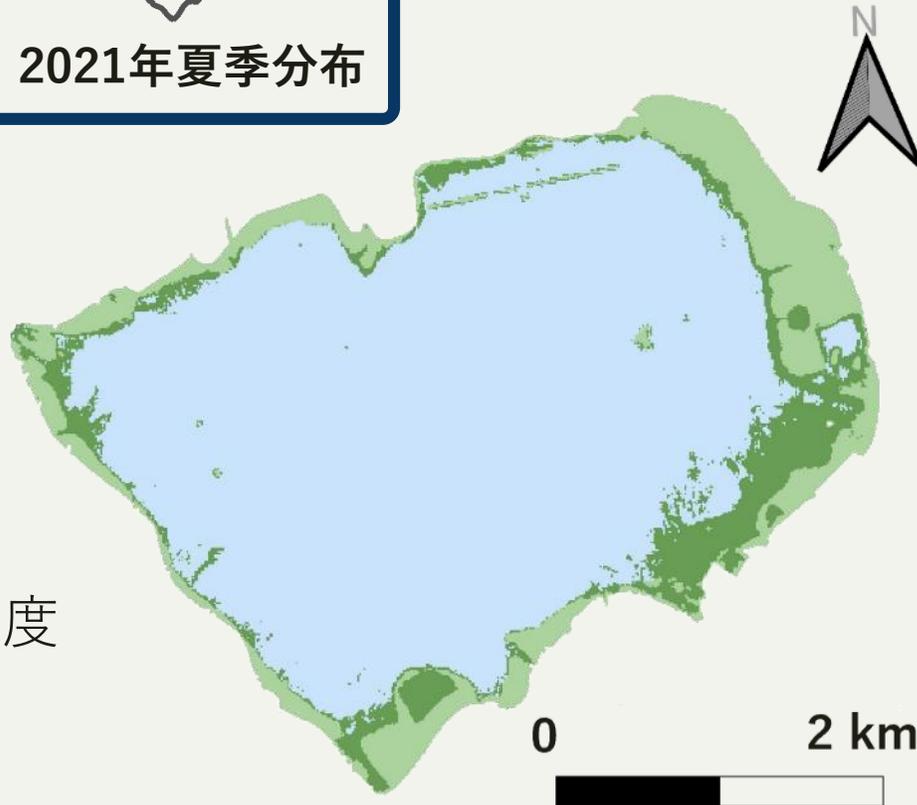
2021年夏季分布

## 特徴量の重要度



特徴量の重要度を探索した結果、**MNDWI**、**WAVI**、**NDCI**の重要度が高い

最も重要度の高い**MNDWI**は先ほどの分類木でも用いられている



■ ヒシ ■ 沈水植物 ■ 水域

## 検証データ (8/3-8/5)



# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定 20



2021夏季平均

ランダムフォレスト

2021年夏季分布

- ヒシの分布はおおよそ再現できており、**繁茂面積もある程度の再現がされている**
- 沈水植物は代表エリアや湖北岸などの**一部の空間的特徴は再現**できているものの、**全体的に過大評価**



■ ヒシ ■ 沈水植物 ■ 水域

検証データ(8/3-8/5)



# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定 21



2021夏季平均

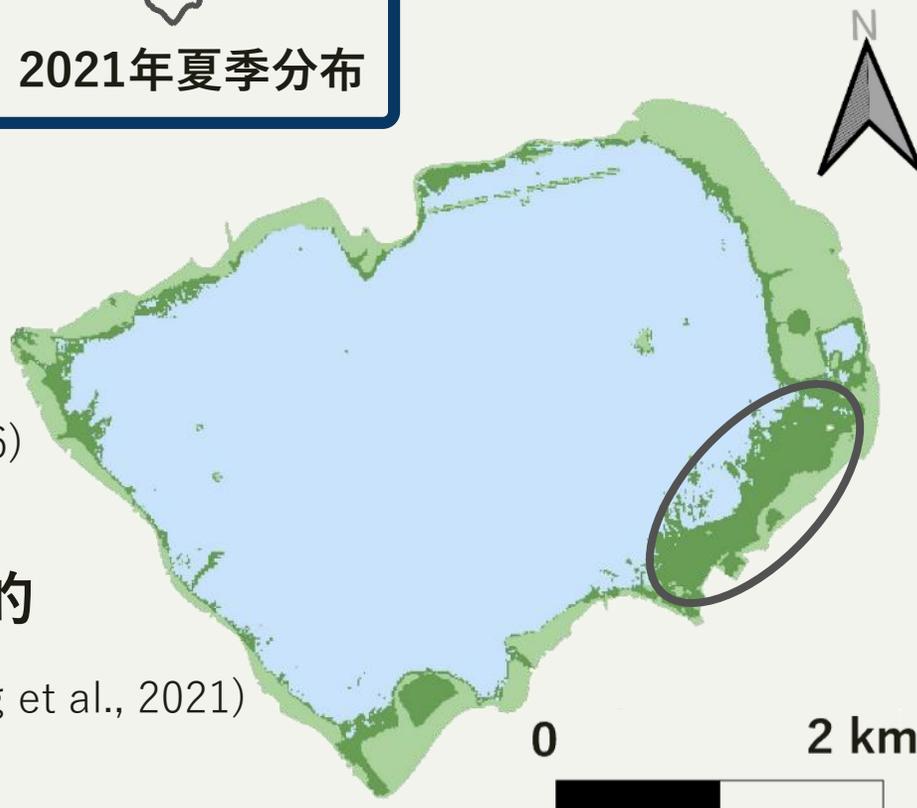
ランダムフォレスト

2021年夏季分布

沈水植物とアオコの  
分光反射特性が類似している  
ことによる誤分類 (Hestir et al., 2006)

富栄養湖においてアオコの空間的  
分布は風に依存する可能性 (Zhang et al., 2021)

諏訪湖に吹く西寄りの風によりアオコが湖南東岸に  
集まり、沈水植物との誤分類が生じた可能性



検証データ (8/3-8/5)



# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定 22

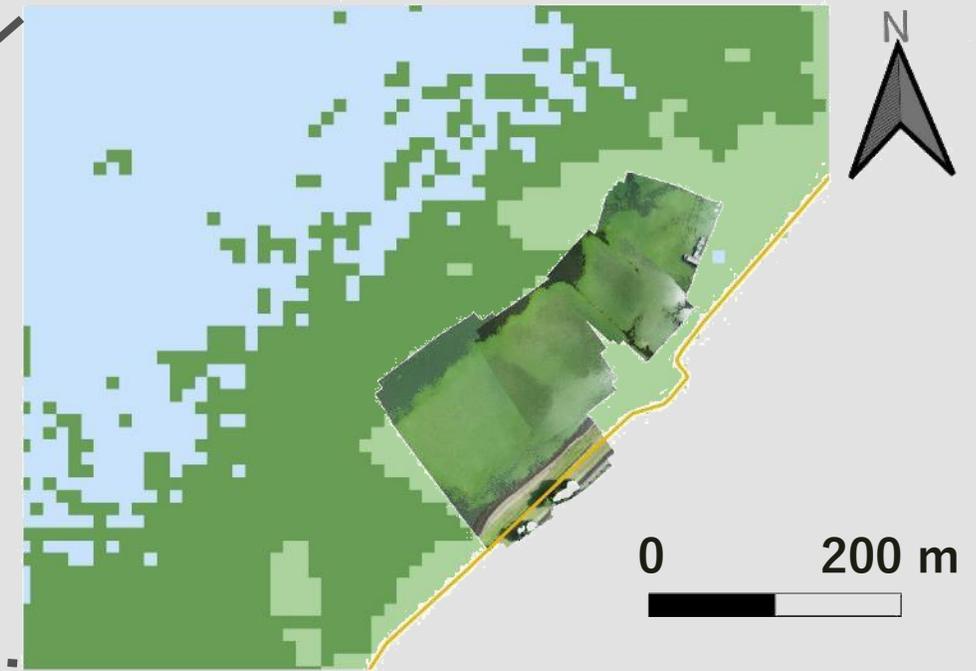
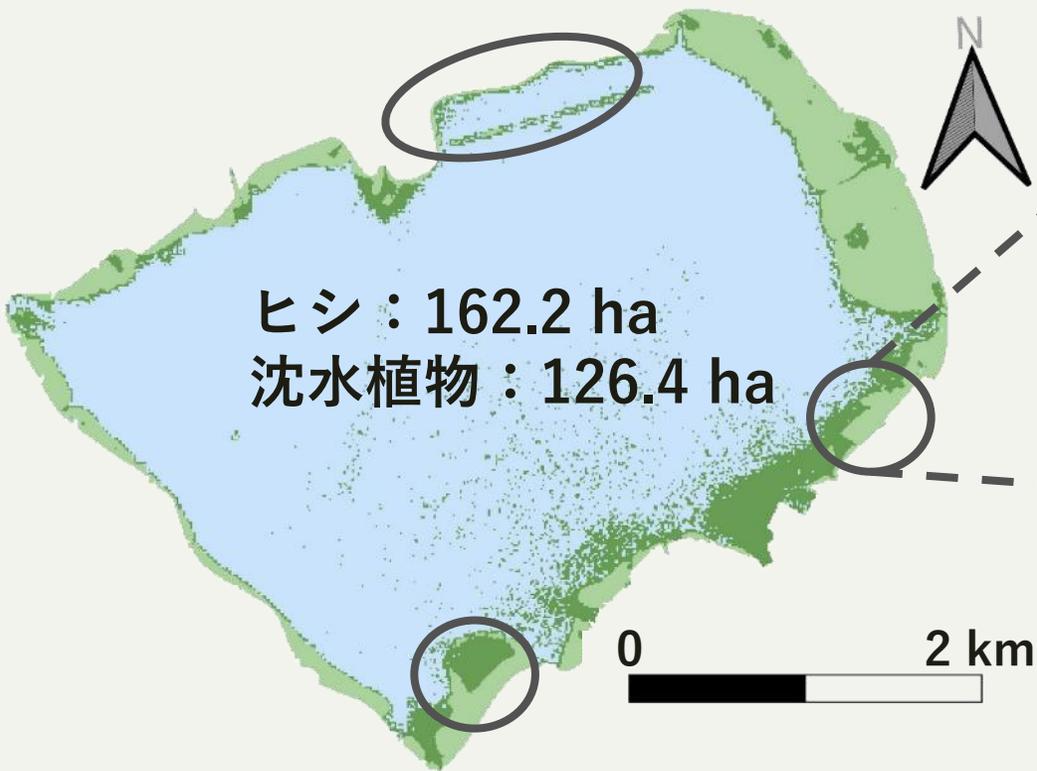


2022夏季平均

ランダムフォレスト

2022年 7/1分布

検証データ：ドローン調査結果(7/7実施)



■ ヒシ ■ 沈水植物 ■ 水域

- ヒシの分布は外縁がドローン結果と一致しており、**高い精度で再現**
- 沈水植物はドローン調査を行った湖南西の代表エリアや湖北岸などの**一部の空間的特徴は再現**

# 結果 | ランダムフォレストによる分布特定

23

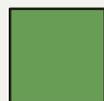


2022夏季平均

ランダムフォレスト

2022年 季節変化

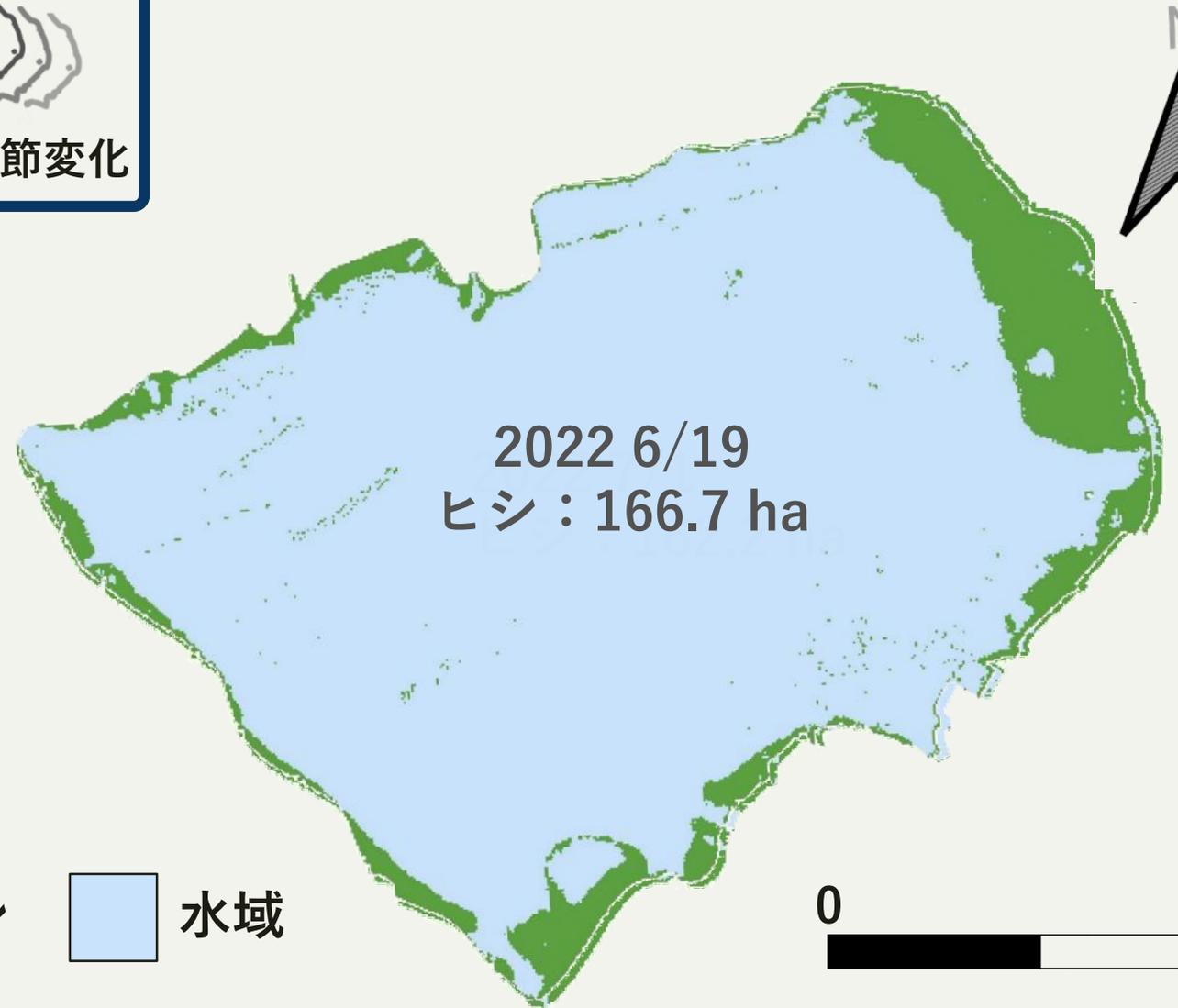
水産試験場によるヒシの刈り取りや  
その後の再成長が再現されている可能性



ヒシ



水域



0

2 km

## まとめ

- 分類の精度は全体的にランダムフォレストの方が高く、ヒシはある程度分布が再現された、沈水植物は過大評価
- クオリティの良い夏季のデータセットによりその年の夏季の分布をある程度再現  
ヒシの分布に限れば季節変化を再現できる可能性も示された
- 沈水植物は一部で再現の可能性が示されたが、沈水植物と水域の誤分類が目立った

## 結論

- 各年の夏季に代表エリアを定義することでその年の夏季の平均的な分布や季節変化の再現可能性が示された
- 沈水植物の分類には水域との分類精度を向上させる方法の開発が必要