

諏訪湖結氷記録の解析と 近赤外ドローンによる沈水植物の把握

長野県環境保全研究所 自然環境部 浜田崇・尾関雅章



当研究所自然環境部の主要研究テーマ

気候変動



生物多様性

諏訪湖におけるモニタリング調査の実施

結氷の動向

- ・ **過去から現在までの経年変化の解析**
- ・ カメラを使った結氷モニタリング

水性植物の分布

- ・ 浮葉植物だけでなく沈水も増加
- ・ **ドローンを使った沈水植物の把握**

諏訪湖結氷記録の解析



しあわせ信州

研究の背景

- 気候変動により湖沼の結氷日は遅れ, 解氷日は早まる傾向
- 長野県の諏訪湖は冬季に結氷し, 「御神渡り」が発生
- 1990年代以降「御神渡り」が発生しない年が多い
- 「御神渡り」の発生のためにはそもそも諏訪湖が全面結氷する必要がある。まずは諏訪湖の結氷や解氷のメカニズムを明らかにすることが重要。



諏訪湖結氷記録の解析



しあわせ信州

研究の目的

- 諏訪湖の結氷に関する記録を収集・整理し, そのデータを活用することで
諏訪湖の結氷状況と気象, ひいては気候変動との関係を明らかにする

研究の方法

①「諏訪の気象」(諏訪測候所)
1945年~1994年

②釜口水門気象月報(長野県諏訪建設事務所)
1975年~現在継続中

※資料重複期間:1975年~1994年(ただし, 重複して記録のある年は10年分のみ)

「諏訪の気象」に記載の諏訪湖の結氷・解氷等の記録例

表4-2 諏訪湖の結氷・御神渡し・解氷観測表

年(寒候期)	初結氷(初氷)		全面結氷		全面結氷日		御神渡し			氷厚			解氷日	凍間日数	記事		
	12月	18日	1月	3日	1月	3日	起日	見立て	拝観式	最大	起日	2月				2日	
19~20	12 ¹²	18 ¹⁸	1 ¹	3 ³	1 ¹	3 ³	1 ¹	5 ⁵		31 ³¹	2 ²	2 ²	3 ³	23 ²³	95 ⁹⁵	寒冬 凶作	
20~21	不明		12	21	12	21	1	3		22	2	5	3	6	...		
21~22	不明		12	20	1	4	1	8		43	2	23	3	12	...	寒冬	
22~23	12	15	12	20	12	20	2	24		21	1	12	2	27	74		
23~24	1	10	1	18	明海									...			
24~25	不明		12	30	12	30	1	13		16	1	23	1	31	...	1月7日第1回解氷、1月12日第2回結氷日	
25~26	12	23	12	29	12	29	1	9		28	2	13	2	25	64		
26~27	12	17	1	13	1	13	1	19		24	2	29	3	27	101		
27~28	12	29	1	3	1	5	なし			20	2	12	3	2	63	凶作(4分作)	
28~29	1	1	1	25	1	25	1	27		18	2	10	2	27	57		
29~30	12	24	1	1	1	4	1	8		20	1	18	3	3	69		
30~31	12	19	1	11	1	13	なし			17	2	9	2	26	69	1月15日頃から氷厚15~16cmとなる(2月中旬頃までつづく)	
31~32	12	13	12	24	12	25	なし			10	1	3	2	23	72	1月31日第1回解氷、2月14日第2回結氷日	
32~33	不明		1	5	1	25	なし			7	1	26	1	30	...	全面結氷日(1月25日)、氷厚45cm	
33~34	1	6	1	15	1	15	1	20	1	25	1	25	2	10	35	1月20日9時57分御神渡し、大音響	
34~35	12	22	1	25	1	25	なし			12	2	1	2	10	50		
35~36	不明		1	2	1	13	1	13	1	20	1	29	2	27	...	1月12日6時36分湖水亀裂音。1月13日六斗川河口~湖岸沿い1km高さ50cm	
36~37	12	29	1	25	明海						12	2	5	...			
37~38	12	13	1	9	1	13	1	26	1	28	2	2	28	2	3	97	1月26日御神渡し高さ7~8cm周囲の氷厚15cm、38豪雪、寒冬
38~39	1	5	1	12	2	6	なし			3	2	6	2	23	49		
39~40	12	13	1	13	1	15	1	18	1	24	8	1	19	2	63	1月17日六斗川付近から下諏訪方面亀裂発生、一部押し上げ現象出現	
40~41	12	18	12	28	1	3	1	22	1	25	22	1	28	2	62	1月25日市内小学校スケート許可	
41~42	12	15	12	28	12	28	1	17	1	22	28	1	24	3	83	1月22日氷厚25~27cm(拝観式)	
42~43	12	12	12	25	12	25	1	30		16	2	28	3	8	87	2月26日、上川河口付近第2回目御神渡し出現(測候所前の氷厚13cm)	
43~44	1	3	1	9	1	9	なし			11	1	18	1	27	24		
44~45	12	17	12	21	12	21	1	6		23	1	28	2	21	66	1月16日氷厚12cm(御神渡し起日)寒冬(猛暑)	
45~46	12	10	12	28	1	6	なし			8	1	11	2	17	69	1月22日第1回解氷、2月2日第2回結氷日、1月18日氷割れ大騒ぎ(11時)	
46~47	12	24	1	7	明海									...	暖冬(短い夏)		
47~48	1	4	1	13	1	16	なし			4	1	20	1	24	20	暖冬(全国猛暑)	



しあわせ信州

結氷・解氷等に関する定義

- (1) 「諏訪の気象」
- 全面結氷: 10割程度の結氷(河口・釜穴等除く)初日
 - 全面結氷日: 全面結氷(河口や釜穴等を除く湖面の10割程度が結氷)が24時間以上続いた初日
 - 解氷日: 全面結氷日後, 結氷していた氷が全くなかった日

「釜口水門気象月報」に記載の諏訪湖の結氷・解氷等の記録例



しあわせ信州

釜口水門気象月報													
日	気温 ℃	湿度 %	気圧 hp	降水量 mm	風速 m/s	風向	降雪量 cm		天候		観測所 結氷	解氷	
							快晴	晴	曇	雨			雪
1												○	
2												○	
3												○	
4												○	
5												○	
6												○	
7												○	
8												○	
9												○	
10												○	
11												○	
12												○	
13												○	
14												○	
15												○	
16												○	
17												○	
18												○	
19												○	
20												○	
21												○	
22												○	
23												○	
24												○	
25												○	
26												○	
27												○	
28												○	
29												○	
30												○	
31												○	
合計				0									
最高	0.0	0.0	0.0	0	0.0							0.0	0
最低	0.0	0.0	0.0	0	0.0							0.0	0
平均	#####	#####	#####	#####	#####							#####	##

「解氷」の記録があるのは、
1975年～2004年

釜口水門気象月報													
日	気温 ℃	湿度 %	気圧 hp	風速 m/s	風向	降雪量 cm		天候		観測所 結氷	解氷	備考	
						快晴	晴	曇	雨				雪
1	-3.7	-	923	0.2	ENE								
2	-7.0	-	928	1.6	E								
3	-0.1	-	923	0.7	WSW								
4	2.7	-	917	2.2	WSW								
5	-4.6	-	925	1.3	ESE								
6	-3.9	-	926	0.1	ENE								
7	-1.7	-	925	5.6	W								
8	-4.9	-	927	1.6	SE								
9	-1.8	-	923	1.8	ESE								
10	0.4	-	923	0.8	ENE								
11	2.0	-	912	1.6	SSE								
12	-1.2	-	908	0.8	NE								
13	-3.1	-	909	2.4	N								
14	-3.2	-	913	1.3	NNE								
15	-5.1	-	923	1.1	E								
16	-5.8	-	923	1.5	ESE								
17	0.1	-	917	0.0	ESE								
18	-0.7	-	914	0.8	N								
19	-6.9	-	921	1.2	E								
20	-3.3	-	915	2.3	NW								
21	-5.6	-	922	0.7	NW								
22	-6.9	-	929	1.5	ESE								
23	-6.3	-	925	1.4	ESE								
24	0.0	-	919	6.1	WNW								
25	-2.8	-	922	1.3	SSE								
26	-0.8	-	919	0.4	E								
27	-0.3	-	920	4.5	W								
28	-2.9	-	918	1.2	E								
29	-4.6	-	916	0.1	EME								
30	-2.0	-	916	4.9	WNW								
31	-2.8	-	918	1.0	WSW								
合計													
最高	2.7	0	929	6.1									19
最低	-7.0	0	908	0.0									17
平均	-2.8	#####	920	1.7									3.1

2005年以降は、「結氷」の記録のみ

結氷・解氷等に関する定義

(2) 釜口水門

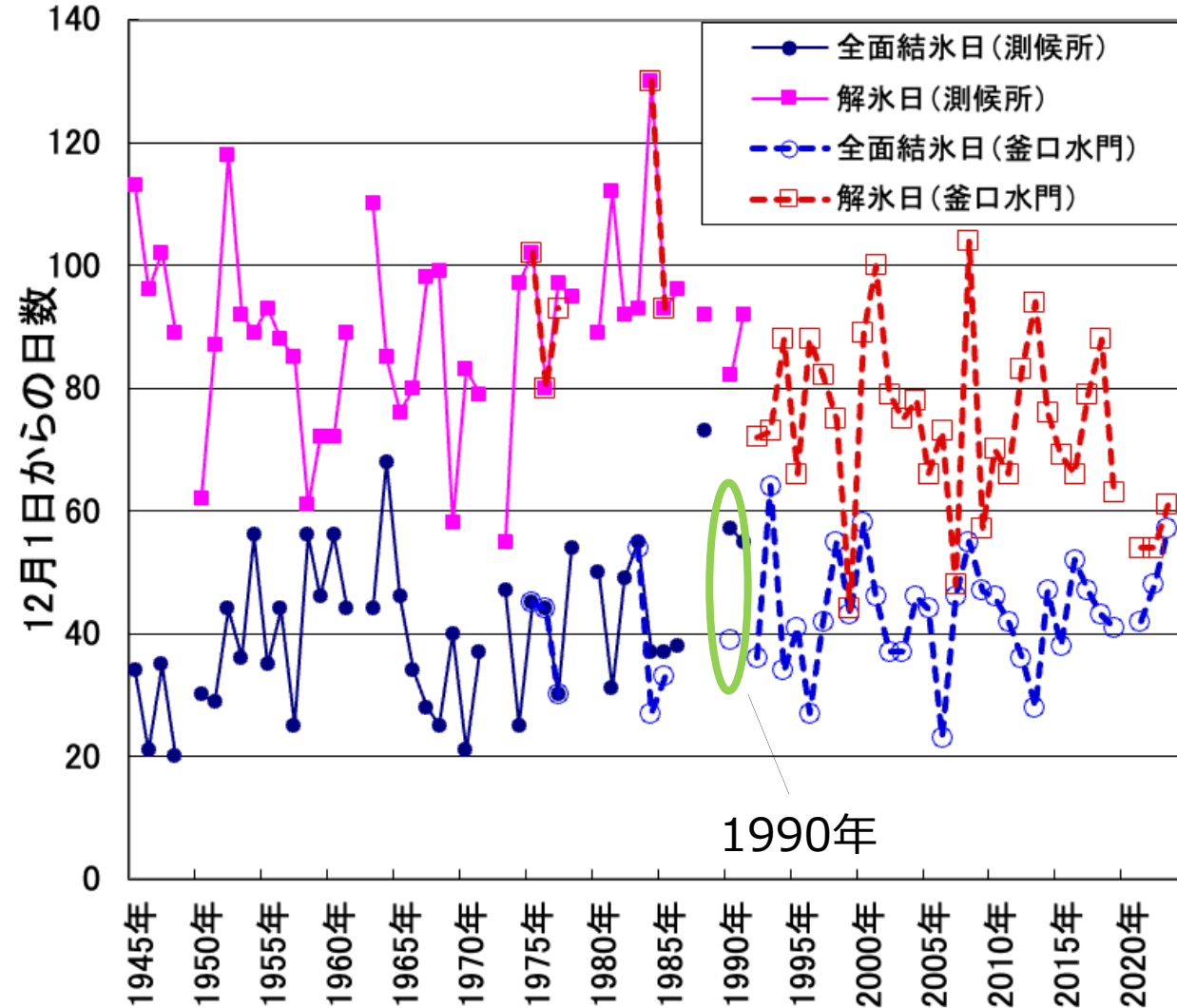
結氷: 釜口水門管理事務所の窓からみた諏訪湖が8割程度結氷した状態の日

解氷: おそらく諏訪湖の結氷が8割未満の日



- 全面結氷日: 「結氷」記録の初日。(資料によっては備考欄に全面結氷の記述がある)
- 解氷日: 最後の「解氷」の記録の翌日(2004年まで), もしくは最後の「結氷」の記録の翌日とした(2005年以降).

全面結氷日と解氷日の経年変化（両資料使用）



- 全面結氷日より解氷日のほうが変動が大きい
- 重複期間の両者のデータは、1985年まではよく一致（1990年は差が大きい）
- 1992年以降、解氷日は早まっている（全面結氷日は遅くなっているかもしれない）
- 両資料を連続した資料として利用するには課題がありそう

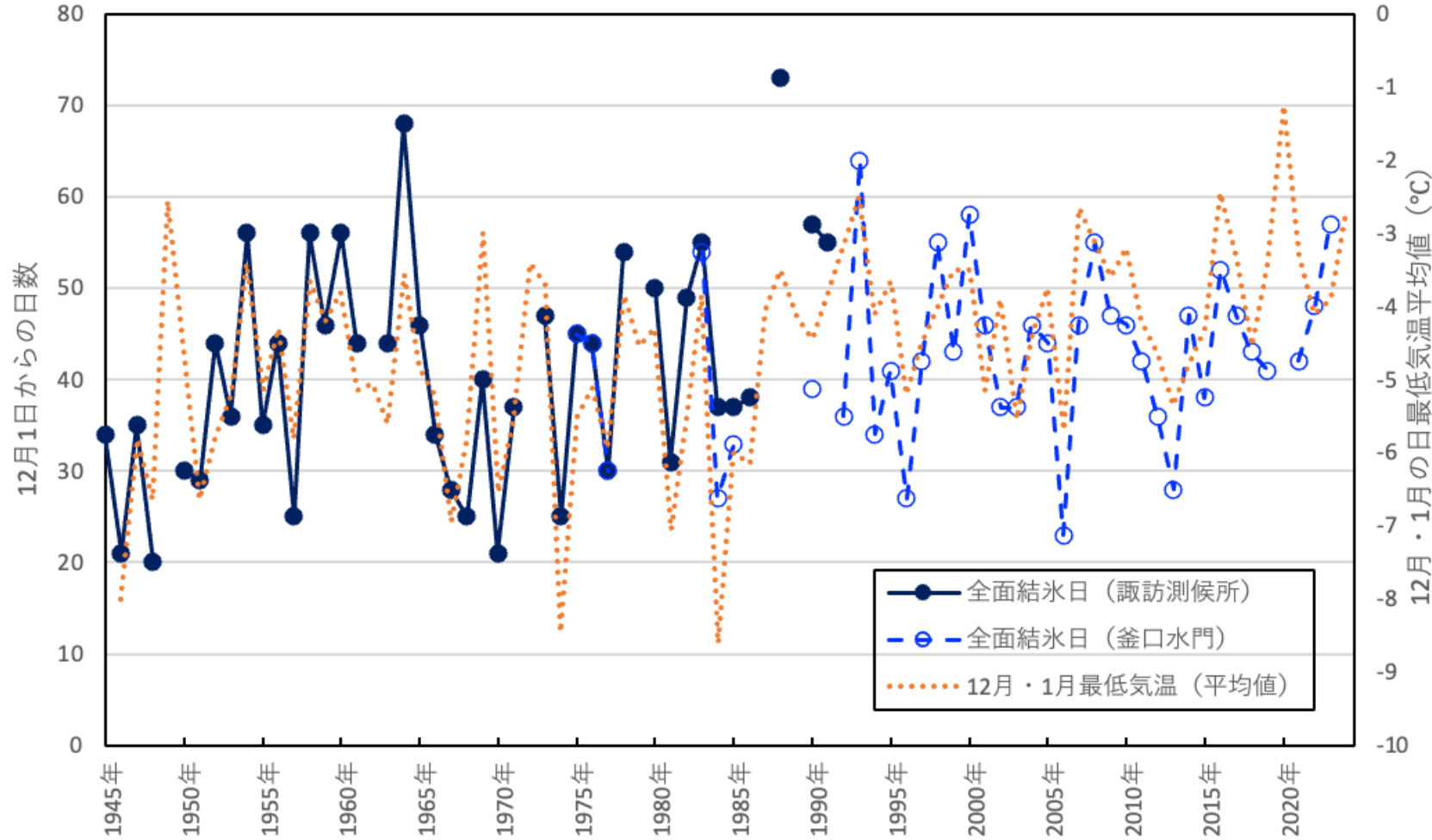


今後の課題

- 釜口水門での「結氷」日と「解氷」日の記録を精査し、特に「解氷」日の定義を再確認する
- 釜口水門にカメラを設置し、職員の記録と並行して湖面の結氷状況を撮影することで、「結氷」等の記録された日が実際の諏訪湖の結氷状況とどのような関係にあるかを調べる
- 気象データとの統計的関係に基づき推定する



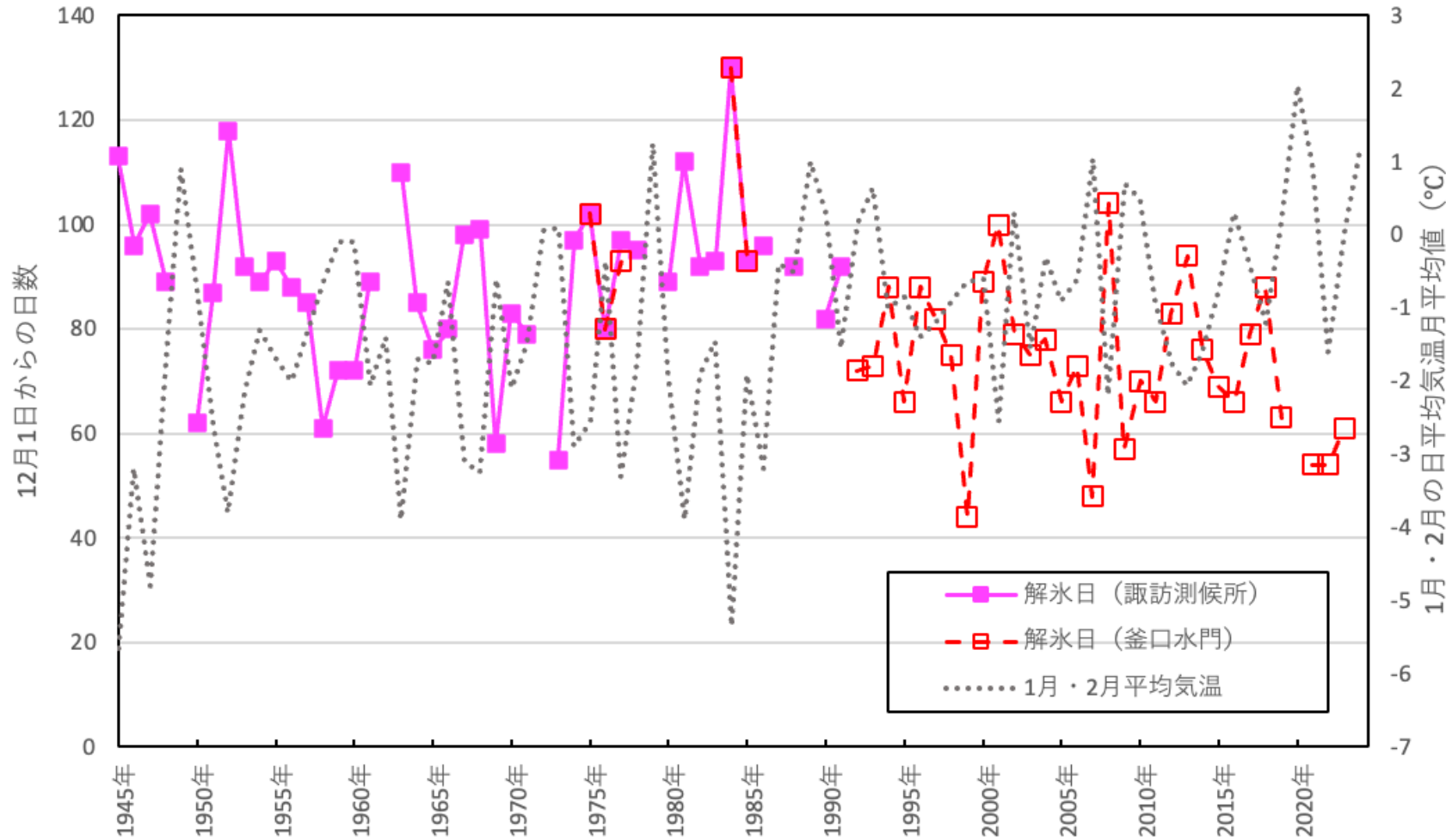
全面結氷日と12月・1月日最低気温の関係



● 全面結氷の変動と最低気温(12月・1月平均)には**正の相関**がありそうなので、補正に活用できる？



解氷日と1月・2月日平均気温の関係



- 解氷の変動と平均気温(1月・2月平均)には**負の相関**があり、そうなので、補正に活用できる？

カメラを用いた諏訪湖の結氷モニタリング



せ信州





近赤外ドローンによる沈水植物の把握

研究の背景

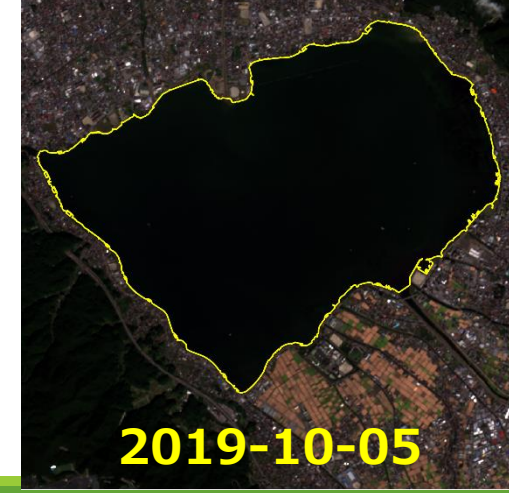
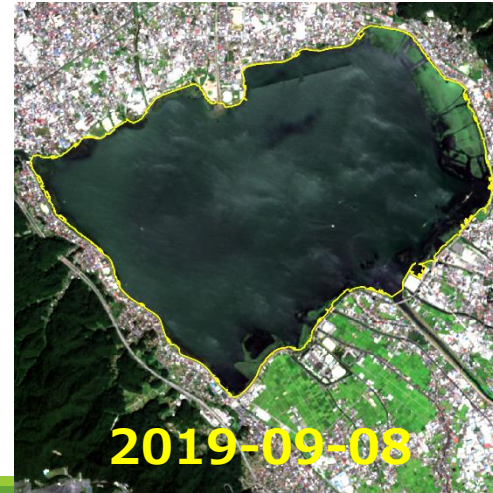
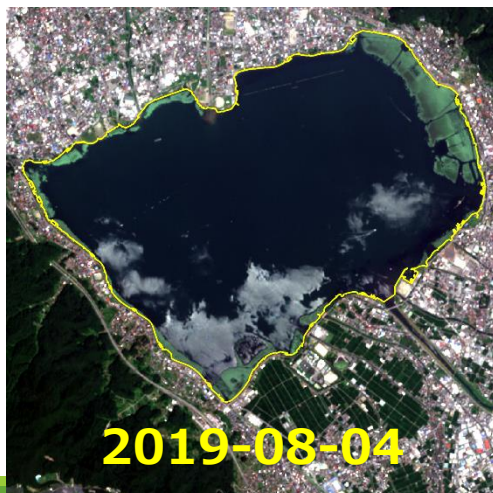
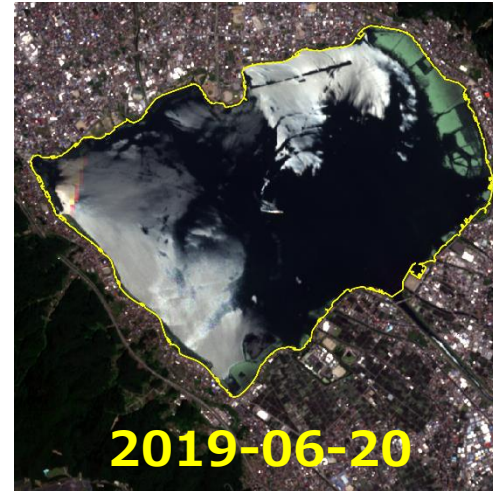
- 湖畔の植生帯モニタリング
 - 湖畔のヨシ原など**抽水植物帯**とその植生帯を利用する生物のモニタリングに向けて植生環境を把握
 - 沿岸域の抽水植物等からなるエコトーン再生に向けて
 - 衛星画像による浮葉植物分布域の把握
 - ヒシなどの**浮葉植物帯**の経年変化・季節変化を入手容易な**衛星画像から空間的に把握**
 - 水草管理に向けた基礎情報整備
- 沈水植物分布域の把握
 - 浮葉植物以外に沈水植物のクロモ・マツモが繁茂
 - **群落サイズが小さく、衛星画像では捉えられないため、ドローンを活用した観測**

リモートセンシングによるヒシ消長の観測



しあわせ信州

Sentinel-2衛星 (地上分解能 : 10m ・ 撮影間隔 : 5日)



ヒシとともに繁茂する沈水植物（クロモ等）

沈水植物

- 現在の諏訪湖で確認される沈水植物ではクロモ（在来種）が優占
- 沈水植物は、水中の生物の生息場所となる一方で、過剰な繁茂は船の航行のさまたげ／切れ藻の腐敗や悪臭の原因にも

近赤外光撮影ドローン



わせ信州

解像度

- 衛星画像 (Sentinel-2) : 10m
- ドローン : 数cm (撮影高度次第)



沈水植物群落

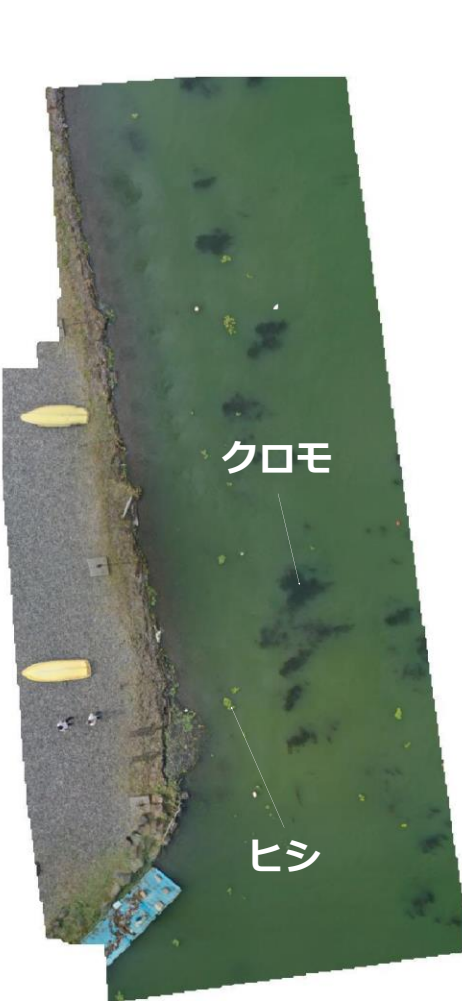
- ヒシ (浮葉植物) 群落の周囲に生育
- ヒシ群落サイズ > 沈水植物群落サイズ

沈水植物群落の
観測に適当

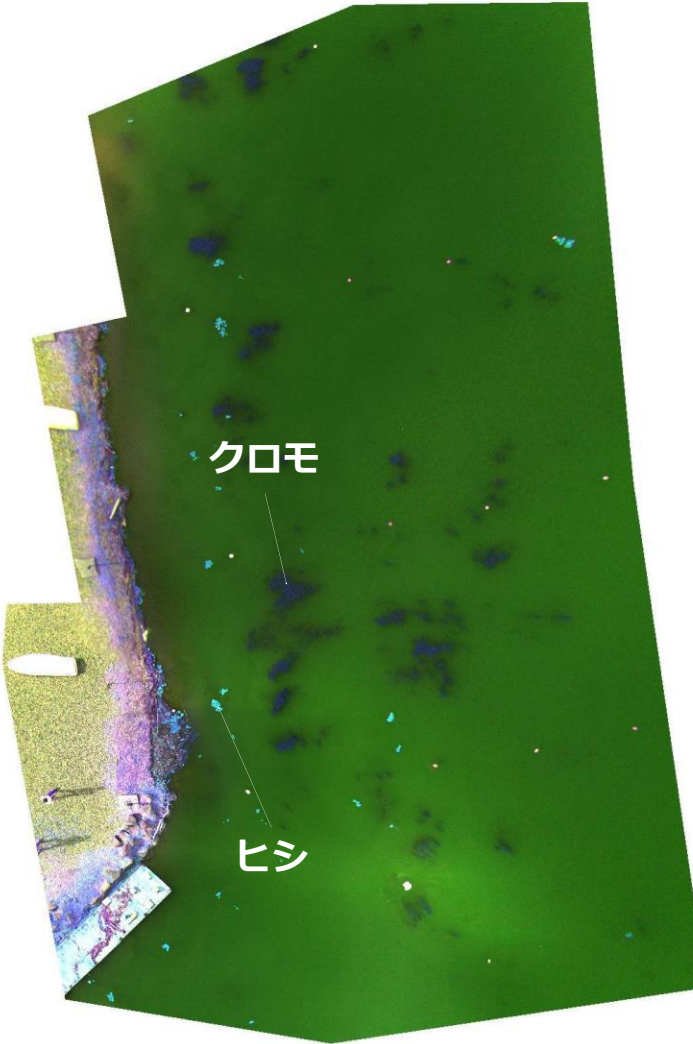


沈水植物（クロモ等）の近赤外ドローン撮影画像

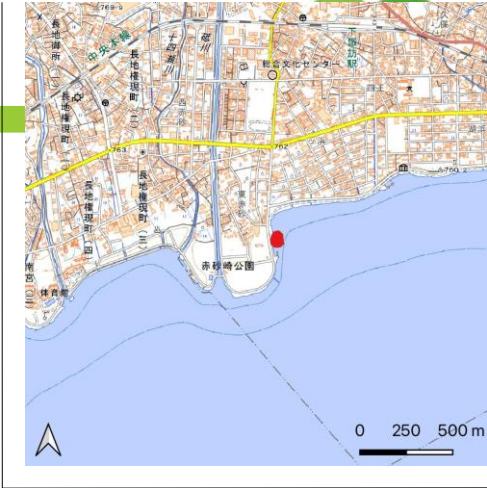
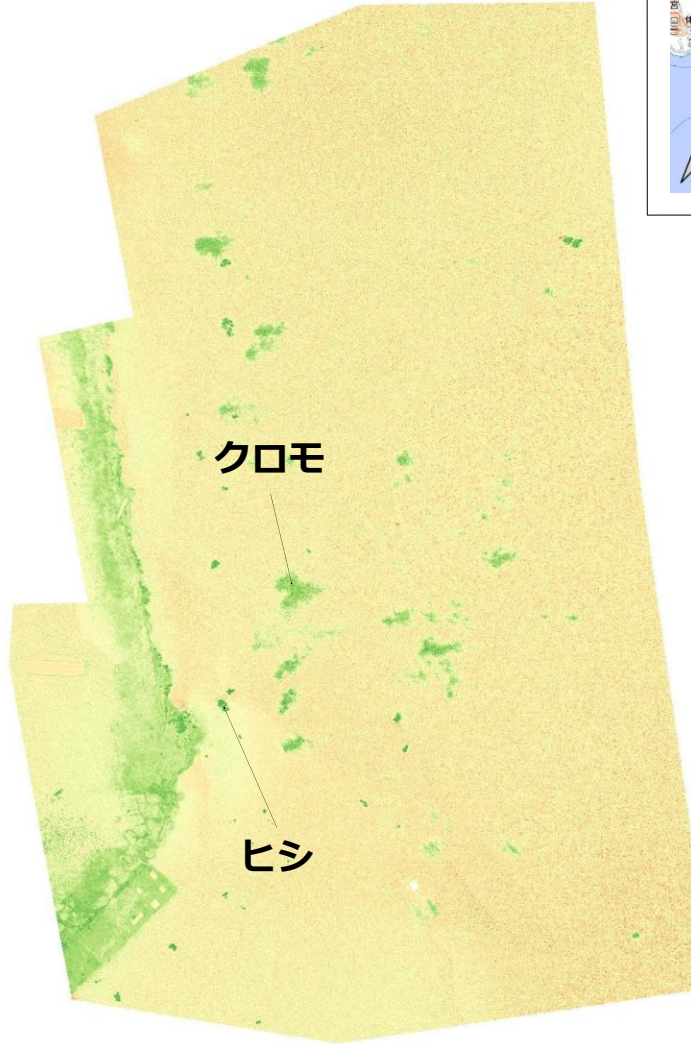
a) ナチュラルカラー画像



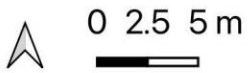
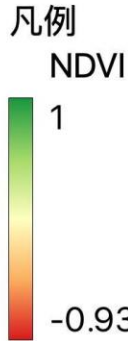
b) フォールスカラー画像
(R/G/B = R/G/Nir)



c) NDVI画像



撮影日
2023/9/8



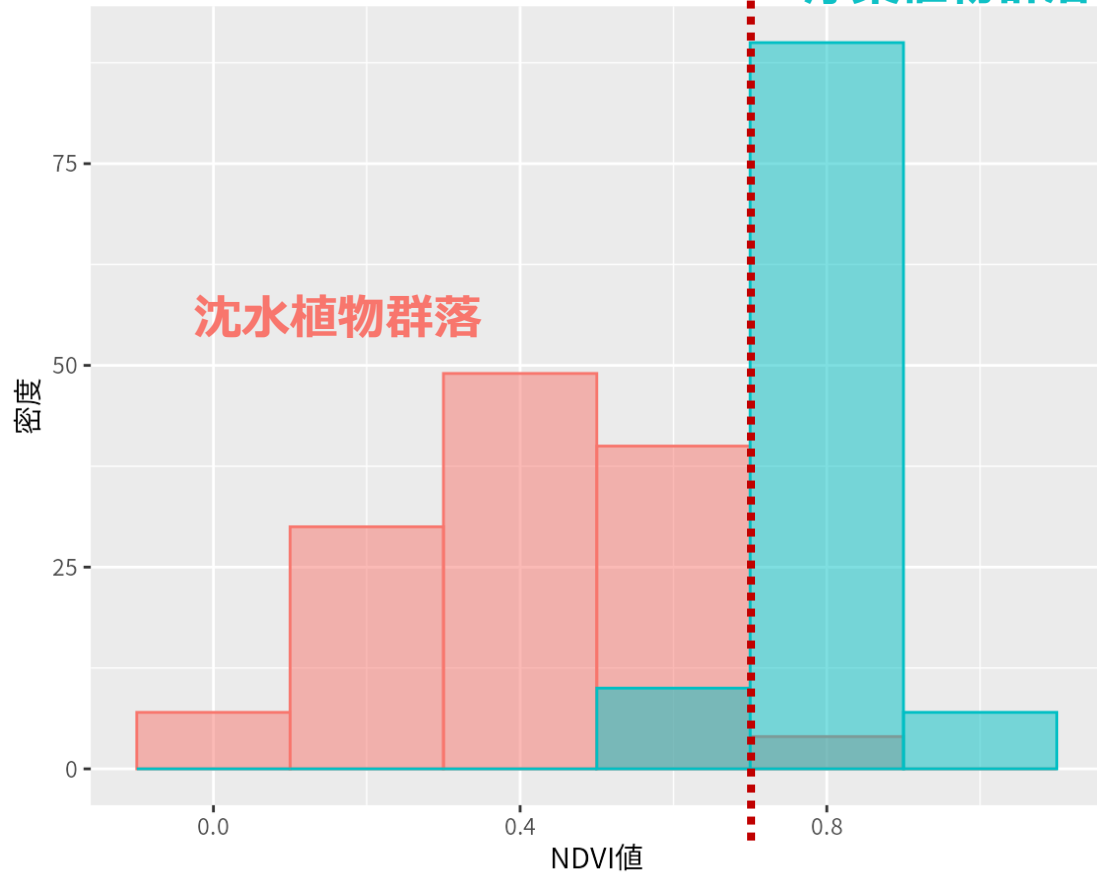
沈水植物群落の反射特性



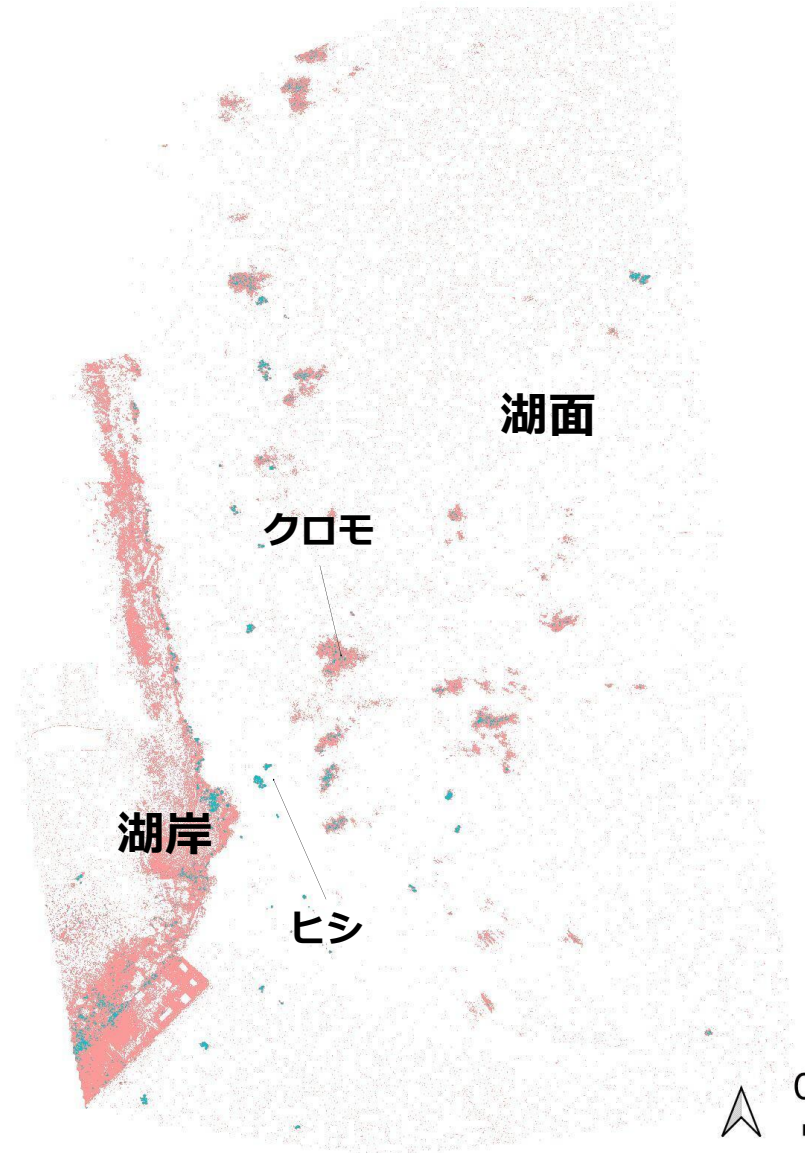
信州

NDVI値による浮葉/沈水植物群落の区別

浮葉/沈水植物のNDVI値のヒストグラム



植生
■ 沈水植物
■ 浮葉植物



- **観測エリアを現在の試行エリアから拡大**
- **植生指標（NDVI）による沈水植物群落の抽出結果の評価**
- **沈水植物の種（クロモ・マツモ等） 識別の可能性の検討**