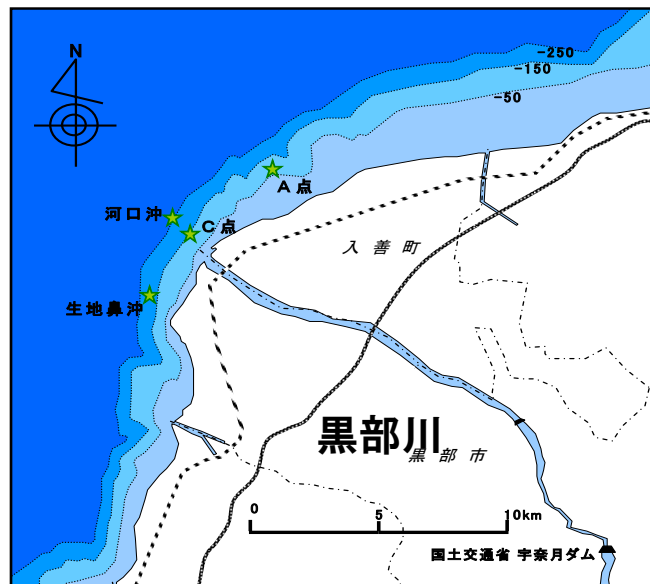
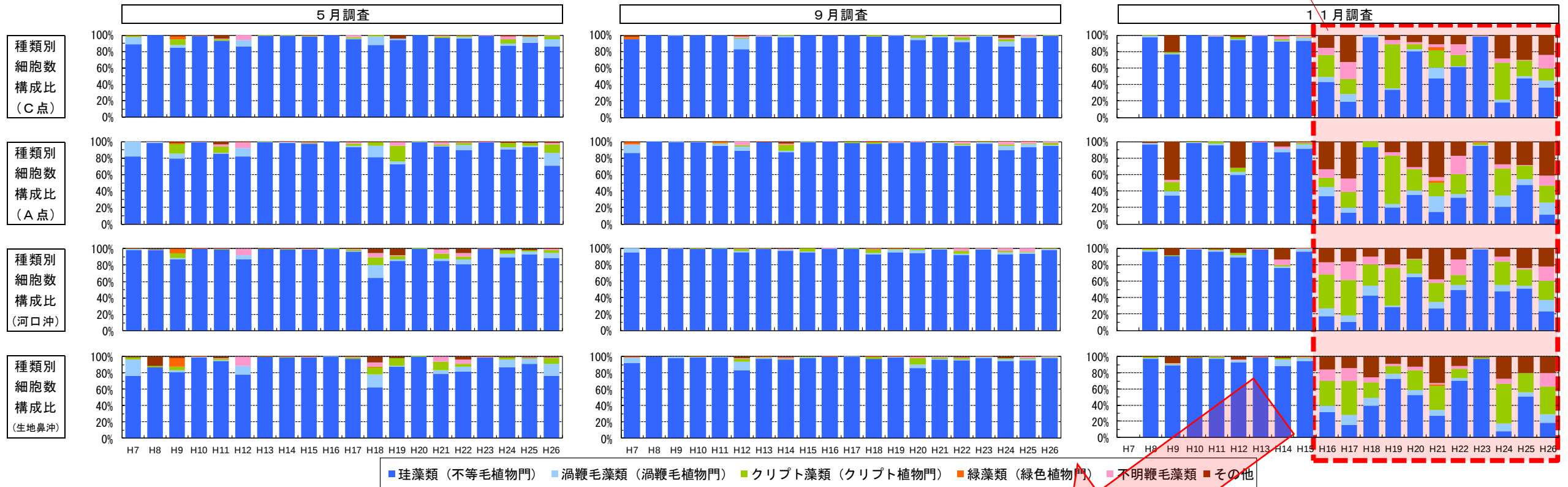


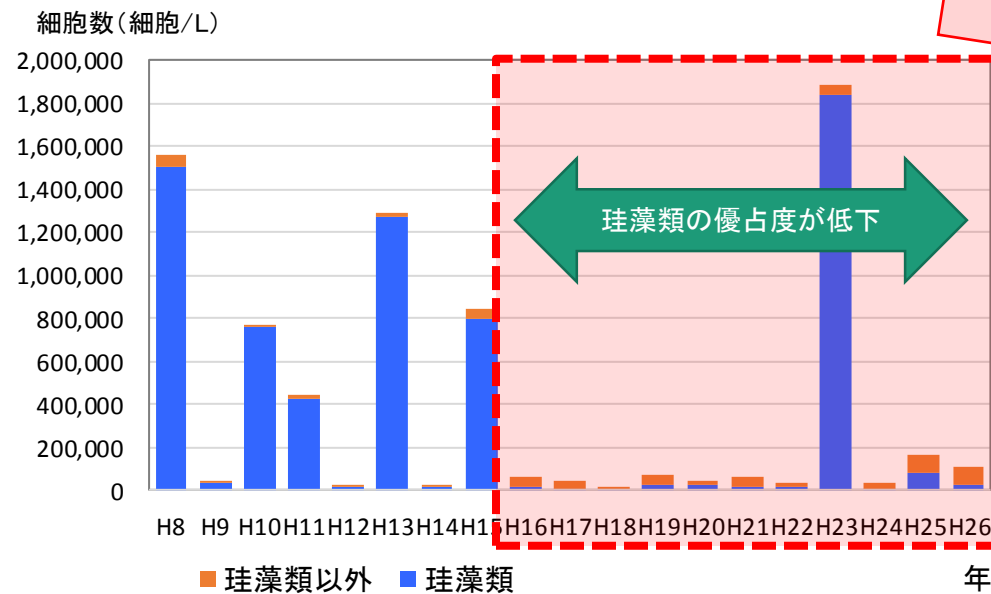
背景

第42回黒部川ダム排砂評価委員会（平成27年1月29日）において、平成16年度以降の11月調査における海域植物プランクトンの生物相の変化について原因等の調査が必要と評価された

第42回委員会において着目された調査結果



調査地点 (A点、C点、河口沖、生地鼻沖)



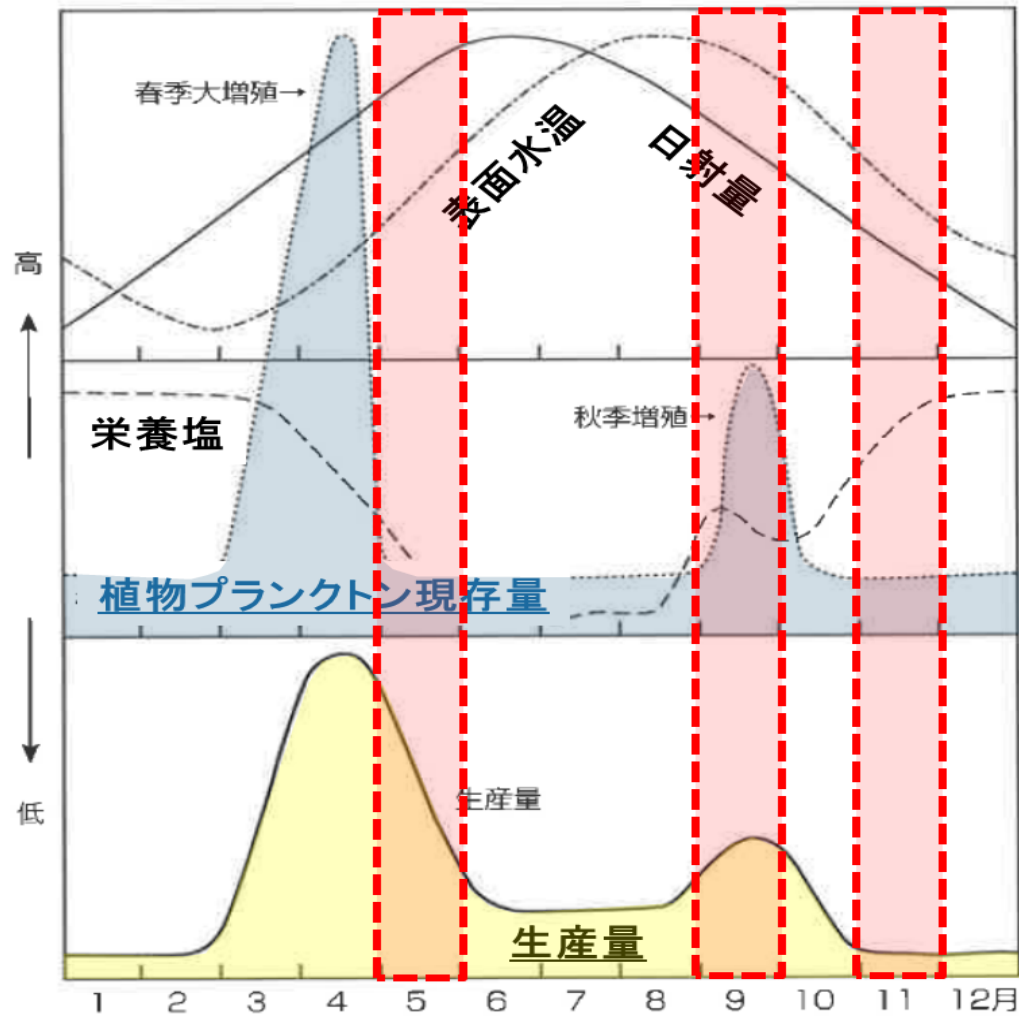
11月海域調査における植物プランクトン細胞密度の経年推移 (平成8年～29年、調査地点4点の平均値)

藻類の細胞密度を見ると

- 平成16年以降は、
- ①珪藻類の細胞密度が低下
 - ②珪藻類以外の細胞密度に顕著な変化は見られない

以上より、
珪藻類の細胞密度の変動が植物プランクトン構成比に影響していることが分かった

植物プランクトンの季節変化



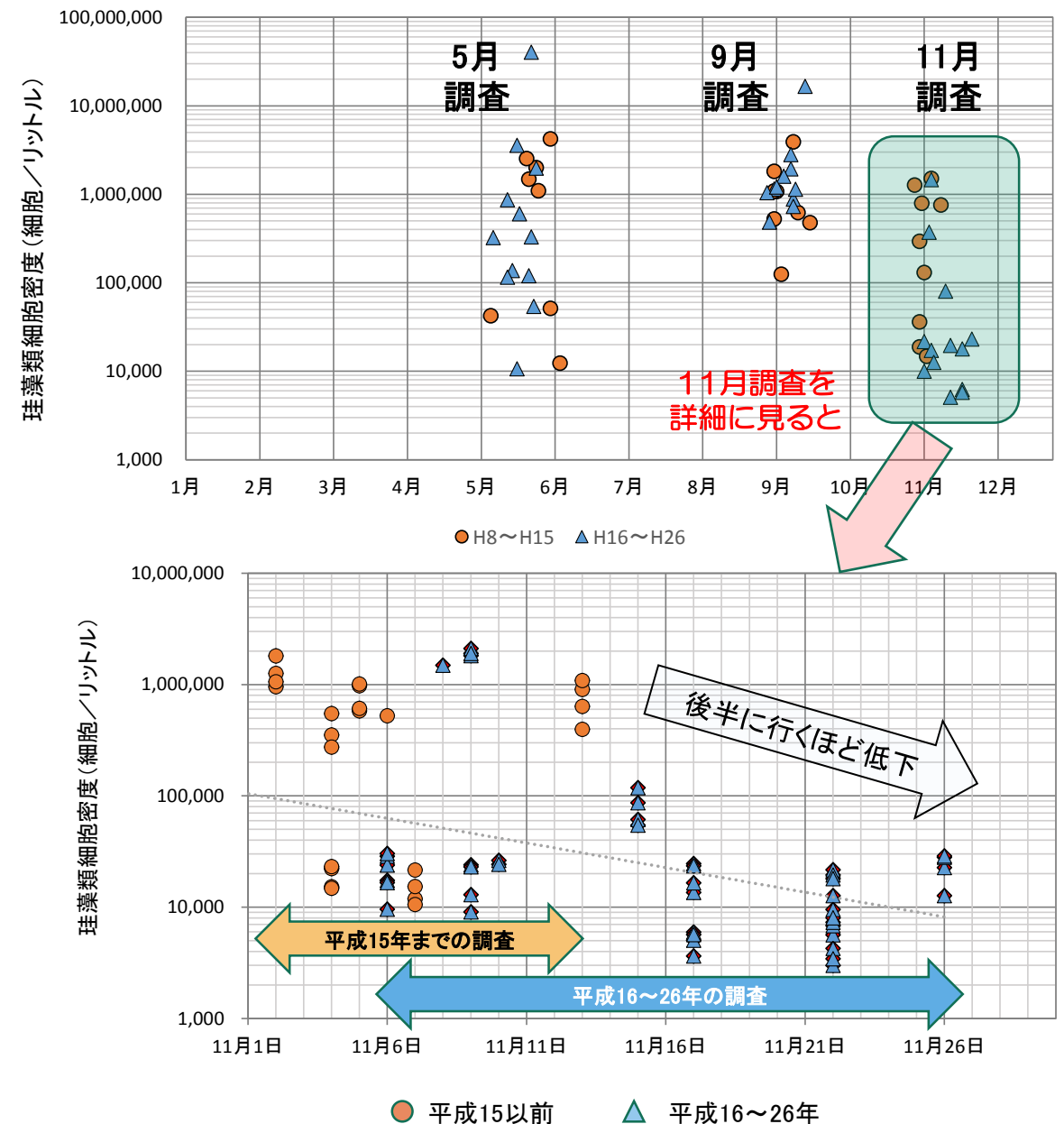
：連携排砂に伴う調査時期

中高緯度における環境要因の季節変化と植物プランクトンの現存量、生産量の季節変化(谷口(1973)を改変)
出所: 多田邦尚他 (2014)「海洋科学入門」

自然環境下では、日射量や水温、および表層水中の栄養塩濃度が季節的に変動し、それに応じて植物プランクトンの現存量や生産量も季節変動する

連携排砂に伴う調査は、5月、9月、11月に実施しており、11月調査は植物プランクトンが比較的少ない時期の調査であると言える

黒部川河口付近における珪藻類細胞密度の年間増減



珪藻類細胞密度の推移(平成8年~26年)

連携排砂に伴う調査結果から、

- ・11月の後半に近づくにつれ珪藻類細胞密度が低下
- ・平成16年以降の調査は11月中旬以降の調査

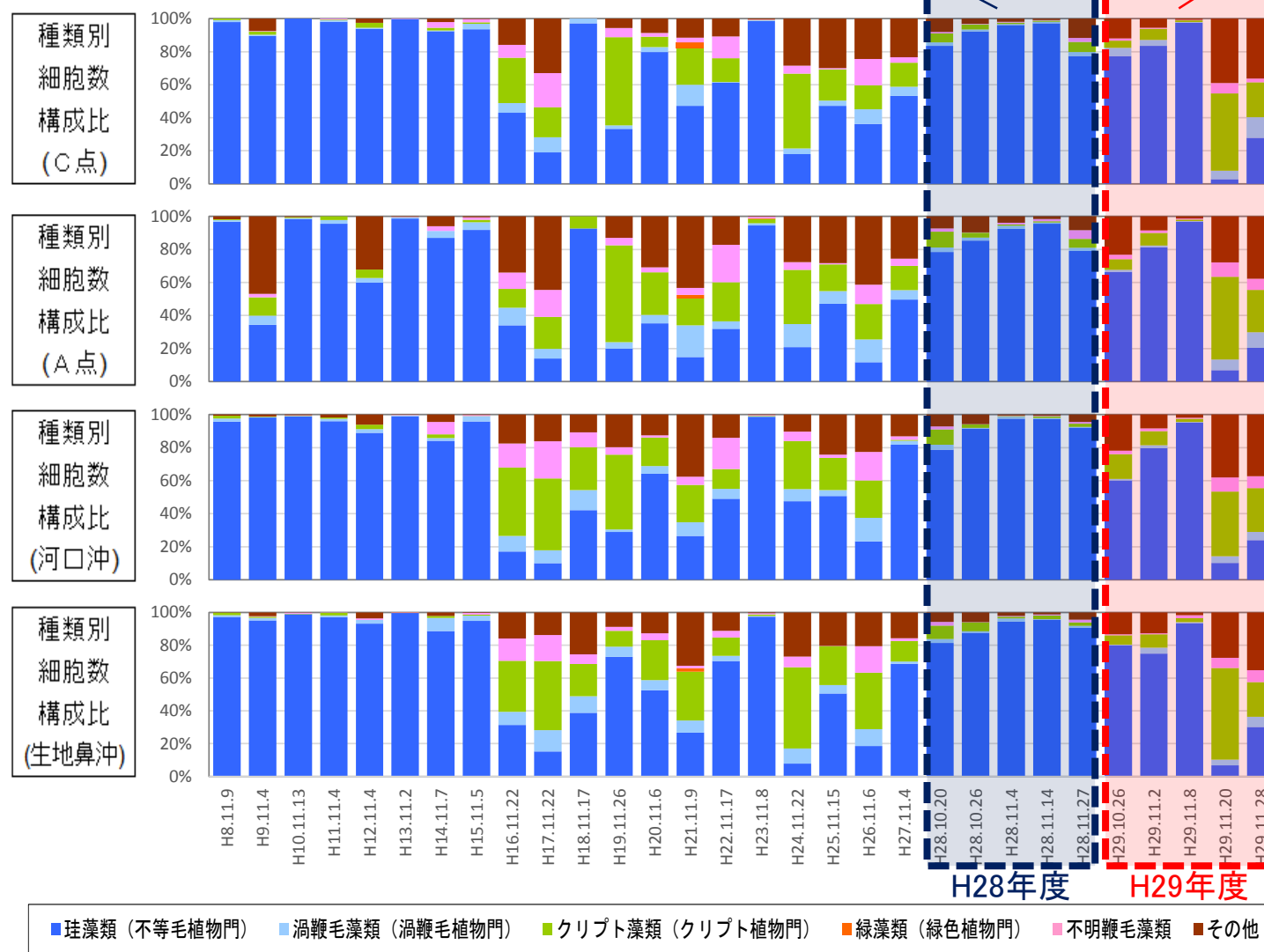
⇒調査時期の違い(水温、日射量、栄養塩等)が、近年の珪藻類細胞密度の低下に関係しているとの仮説を立てて、平成28、平成29年度、調査を計画し実施した

平成29年度 調査概要(11月調査)

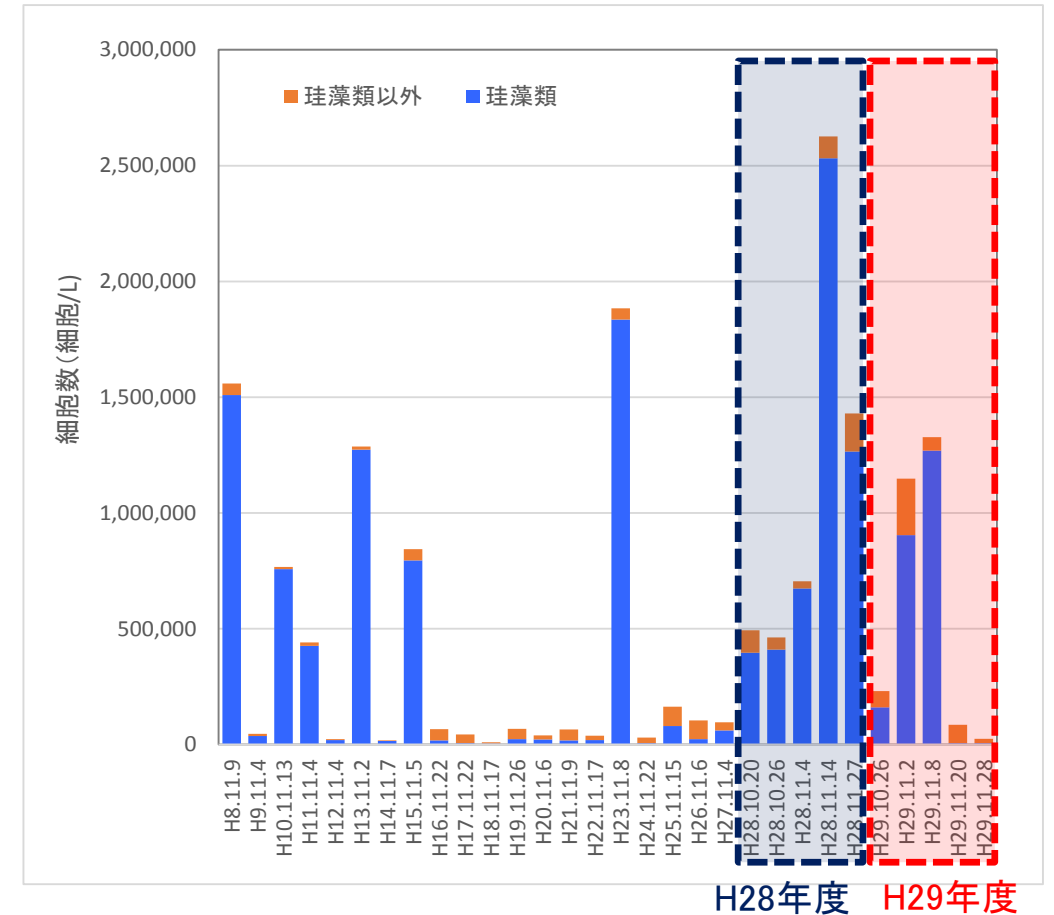
- 平成28年度と同様に“調査時期の違いによる植物プランクトンの変動”を確認するため、11月調査を時期をずらし5回実施した。同時にCTDによる鉛直構造調査、塩分、水温、栄養塩調査も実施した。

平成28年度は全ての調査で珪藻類が優占

平成29年度は調査後半で珪藻類以外が優占



11月海域調査における植物プランクトン細胞数構成比の推移
(平成8年～29年, 28,29年は5回分掲載)



11月海域調査における植物プランクトン細胞密度の推移
(平成8年～29年, 28,29年は5回分掲載、調査地点4点の平均値)

- 植物プランクトン調査結果
平成29年の調査では、調査計画時の仮説である“調査時期の違いによる、珪藻類細胞密度”の変動(低下)が確認できた
- 昨年度に引き続き、植物プランクトンの生育に寄与すると考えられる、水温、日射量、栄養塩との関係を、詳細に検討した

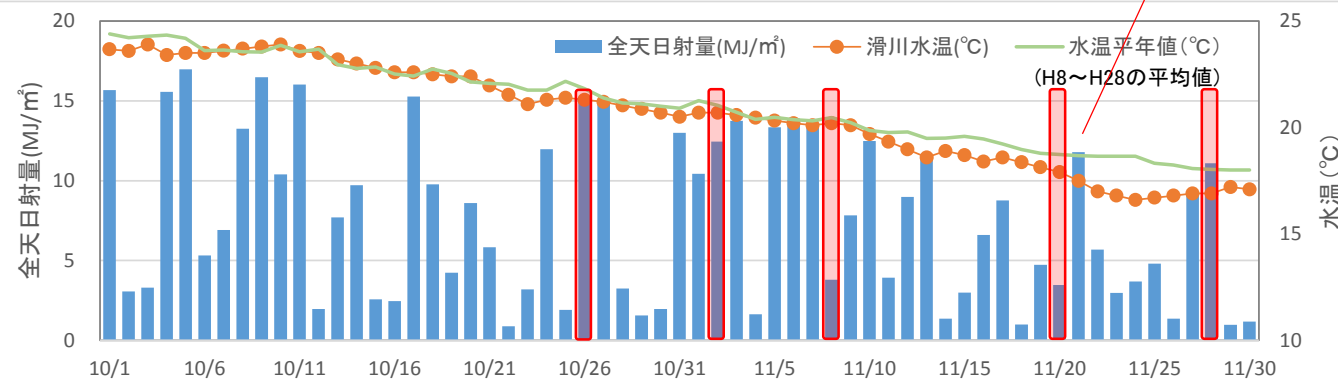
平成29年10月、11月の状況

平成29年11月水質調査結果

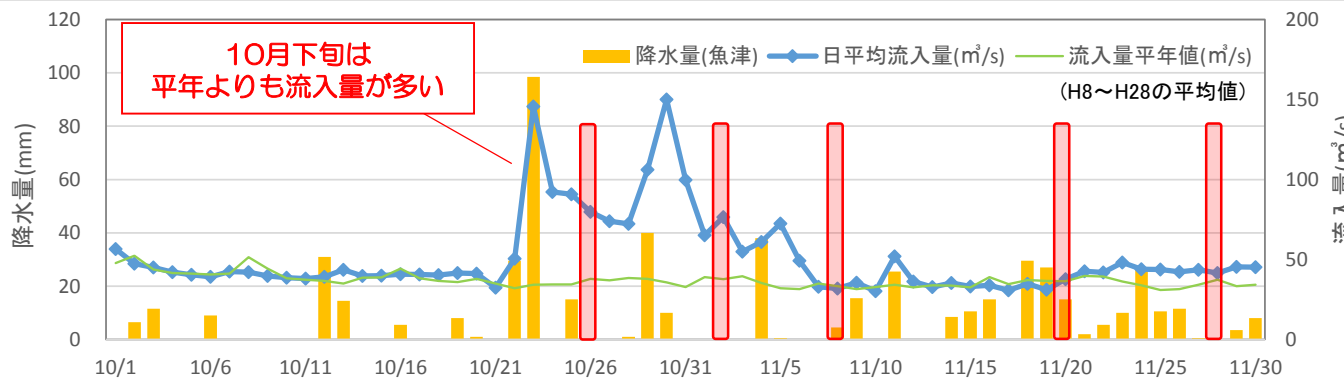
各調査日前の状況を確認すると、以下の点の違いが確認できた

- ・11月中旬、下旬は平年よりも水温が低い
- ・10月下旬は平年よりも出し平ダムの流入量が多い

11月中旬、下旬は平年よりも水温が低い



滑川における水温と富山における全天日射量 出所: 気象庁ホームページ、富山水産研データ



魚津における降水量と出し平ダムの流入量 出所: 気象庁ホームページ、関西電力データ

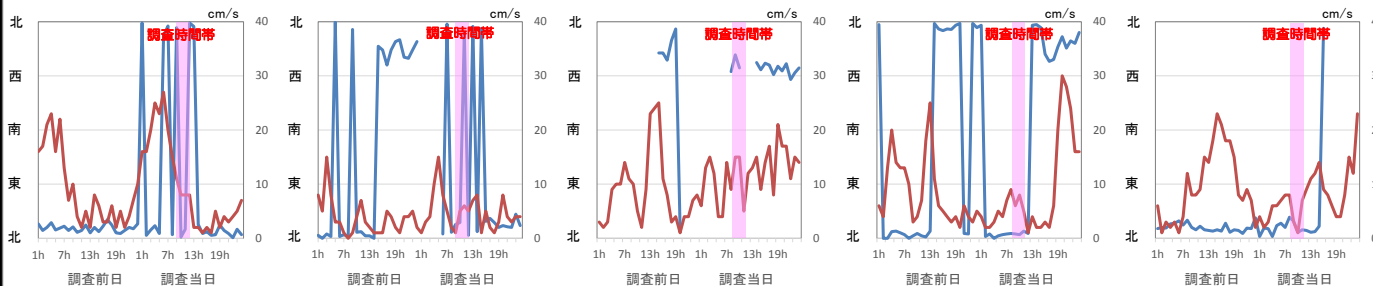
10/25-26

11/1-2

11/7-8

11/19-20

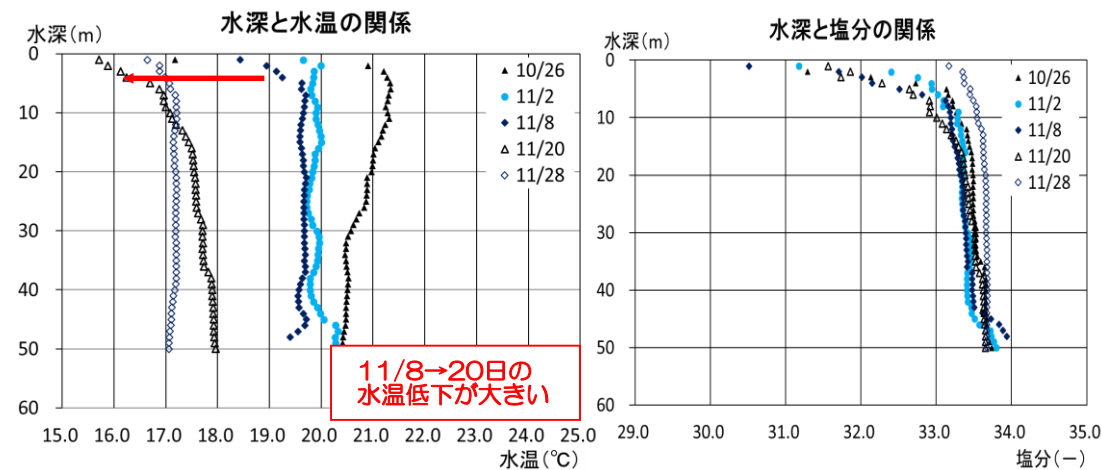
11/27-28



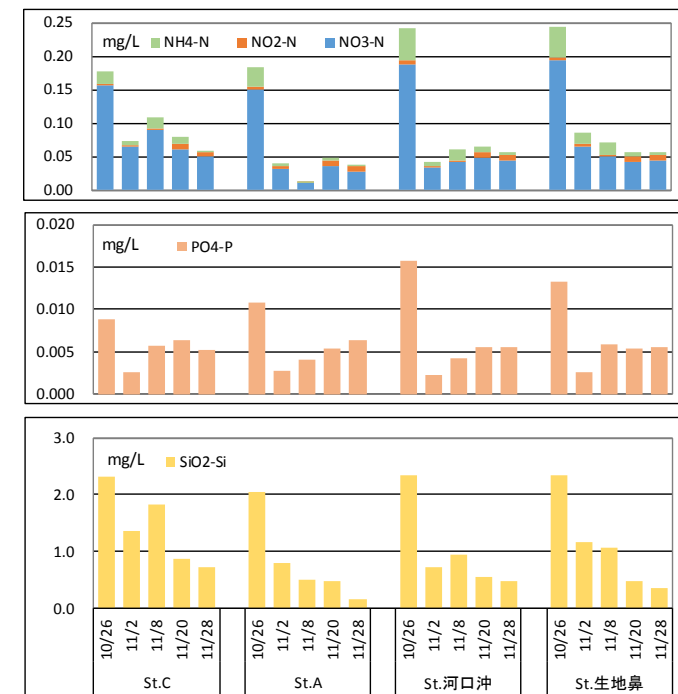
入善沖における波向と流速 出所: 富山水産研データ

水深と水温の関係(C点)

水深と塩分の関係(C点)



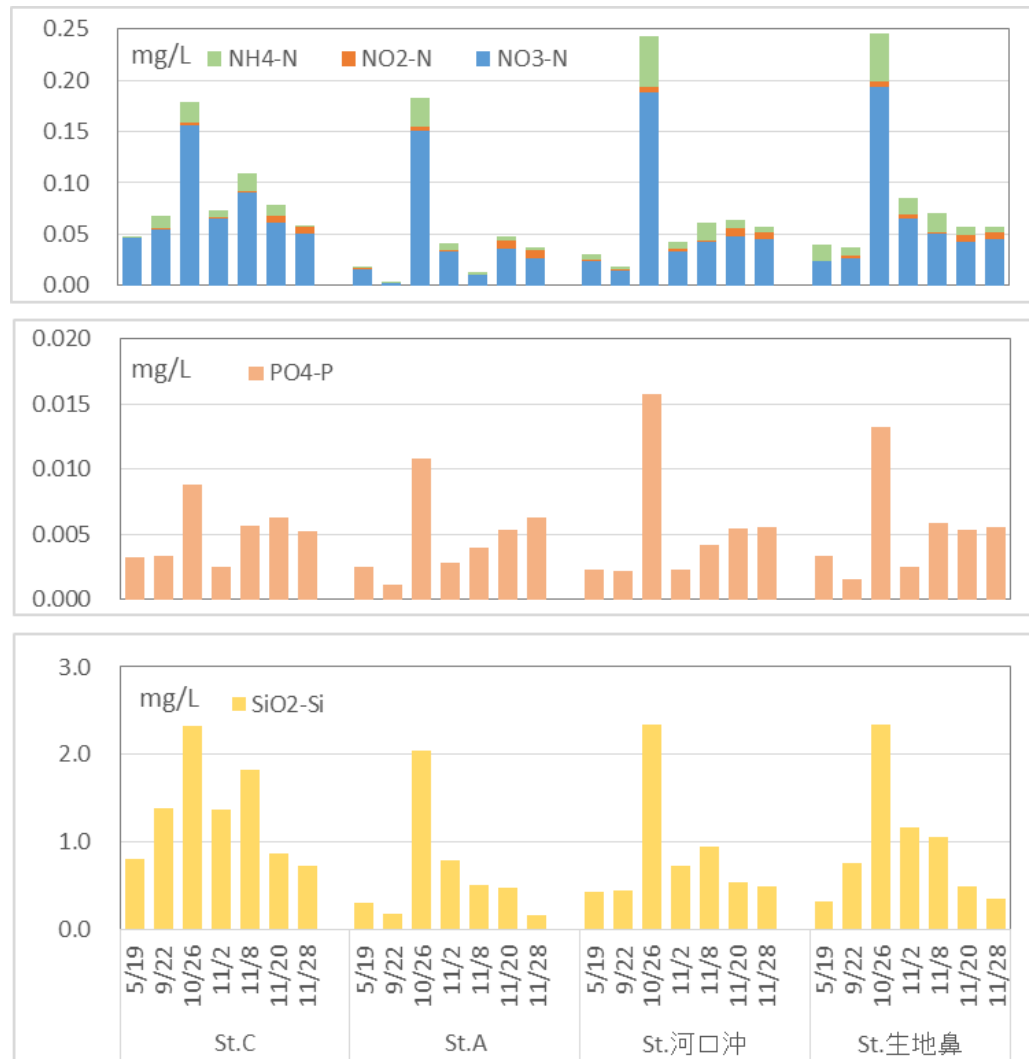
栄養塩の挙動



11月下旬(11/20, 11/28)は珪藻類の細胞数が非常に少なくなったが、栄養塩に顕著な差がみられないことから、平年よりも水温が低くなったことが大きく関係している可能性が示唆される。

調査地点の栄養塩濃度分析

- 平成29年5月、9月、11月調査の栄養塩の推移を下図に示した
各地点とも同様の変動を示し、10月26日調査が最も高い値であった

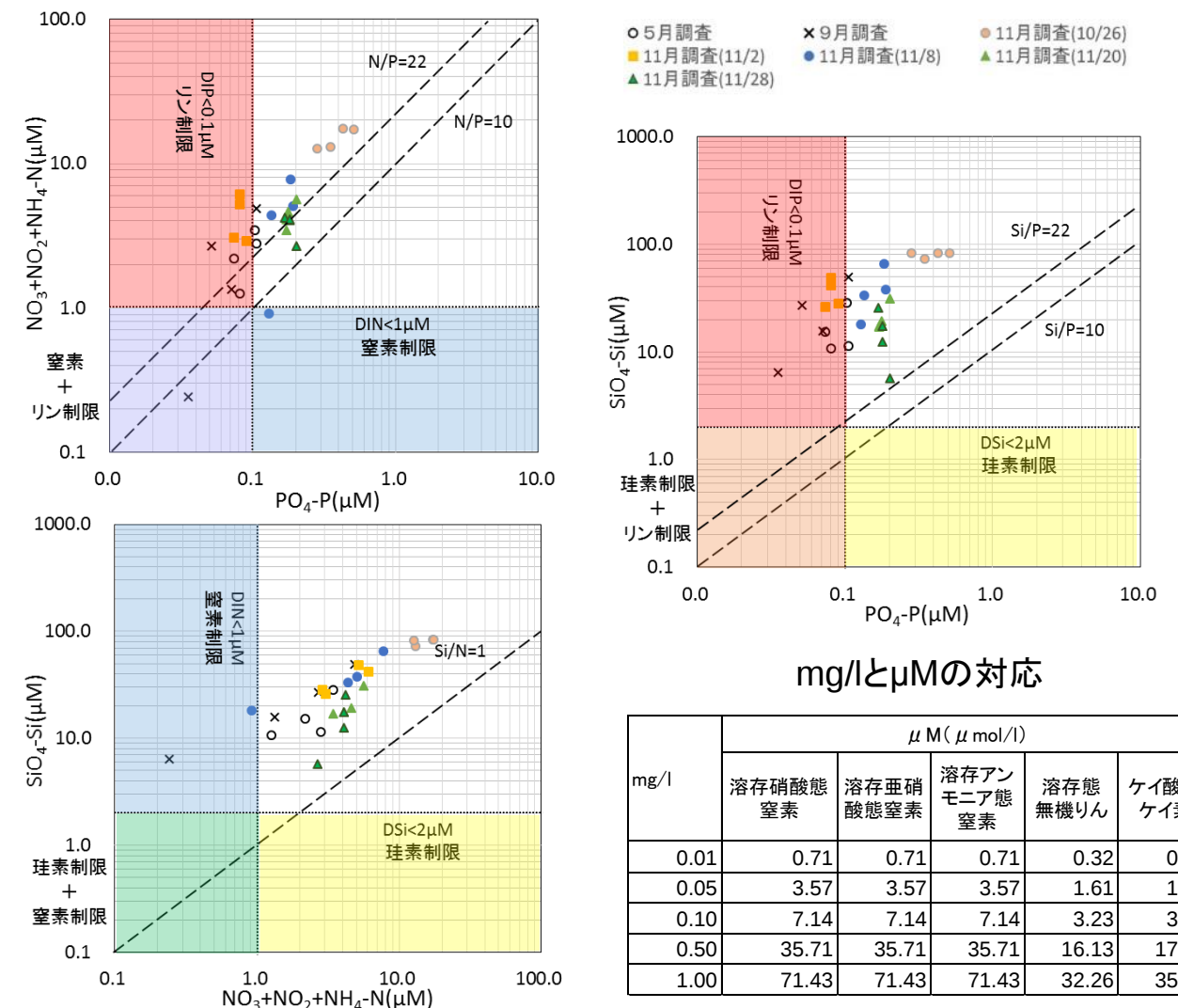


植物プランクトン調査時の栄養塩の推移

- 黒部川河口域の表層水における珪藻類増殖に及ぼす栄養塩の影響を評価するため、各栄養塩濃度間の関係を下図に示した

ここでは植物プランクトンの増殖を制限している栄養塩を推定する指標として Justic et al. (1995) が提案した濃度と組成比(窒素制限 : $\text{DIN} < 1 \mu\text{M}$, $\text{DIN}/\text{DIP} < 10$, $\text{DSi}/\text{DIN} > 1$ 、リン制限 : $\text{DIP} < 0.1 \mu\text{M}$, $\text{DIN}/\text{DIP} > 22$, $\text{DSi}/\text{DIP} > 22$ 、ケイ素制限 : $\text{DSi} < 2 \mu\text{M}$, $\text{DSi}/\text{DIP} < 10$, $\text{DSi}/\text{DIN} < 1$) を用い、図中に点線で示した

- 珪藻については、リンが不足する時期がみられ、かつ潜在的にリン制限の特性を有する



珪藻類細胞密度と各指標との相関関係

珪藻類細胞密度の増減に関係があると思われる以下の指標についての関係性を確認した

①出し平ダム流入量

: 河川からの栄養塩供給指標として

②田中観測所の有義波高

: 底層攪拌による栄養塩供給指標として

③滑川沖の水温

: 植物プランクトン生育に重要な指標として

④富山気象台の全天日射量

: 植物プランクトン生育に重要な指標として

⑤田中観測所の流速

: 浮遊する性質であり移動による増減の指標として

珪藻類細胞密度と各指標毎の相関係数

対象期間	栄養塩指標		③水温 (℃)	④日射量 (MJ/m ²)	⑤流速 (cm/s)
	①流入量 (m ³ /s)	②有義波高 (cm)			
調査2週間前までの15日間	0.31	-0.16	0.20	0.20	-0.33
調査1週間前までの8日間	0.25	-0.27	0.29	0.25	-0.38
調査3日前までの4日間	0.22	-0.06	0.30	-0.10	-0.20
調査前日	0.23	0.09	0.44	-0.34	-0.18
調査当日	0.27	0.05	0.52	-0.26	-0.14
1週間-2週間	—	—	—	0.09	—
調査当日-調査前日	—	—	—	0.04	—

- ・珪藻類細胞密度が突出して高く、各指標との相関傾向も他と異なるH28定期調査結果(H28(11/14))は特異値として除外
- ・H8、H12、H28(11/27)の水温は、当日データが無いため検討対象から除外

⇒各指標毎に特定の対象期間で相関がみられた

珪藻類細胞密度と各指標との複合関係

①～⑤の指標から相関関係が高いものを抽出し、珪藻類細胞密度が高い順に並べると、珪藻類細胞密度が100,000(細胞/リットル)を上回る場合は、栄養塩指標(①)、水温(③)が高めである傾向がみられた

ただし、特に細胞密度が顕著に高いH28(11/14)はその傾向に当てはまらなかった

11月海域調査における各指標と珪藻類細胞密度の複合関係(珪藻類細胞密度順)

年(平成)	栄養塩指標		③水温 (℃)	④日射量 (MJ/m ²)	⑤流速 (cm/s)	珪藻類細胞数 (細胞/L) *4地点平均
	①流入量 (m ³ /s)	②有義波高 (cm)				
H28(11/14)	28.3	90.9	19.2	8.4	9.3	2,532,210
H23	37.0	53.2	21.1	7.9	6.4	1,835,760
H8	38.0	72.8	—	6.6	4.6	1,508,640
H13	39.7	61.9	20.5	10.3	5.5	1,273,872
H29(11/8)	74.4	48.3	20.2	10.3	7.8	1,270,080
H28(11/27)	35.9	76.5	—	5.2	8.2	1,265,580
H29(11/2)	81.2	77.9	20.7	9.1	7.8	903,600
H15	28.0	54.5	20.4	10.1	8.5	795,600
H10	44.3	74.0	20.5	8.9	7.4	757,056
H28(11/4)	48.0	83.6	19.5	7.2	10.9	673,860
H11	48.1	73.6	21.3	9.2	4.7	426,096
H28(10/26)	57.1	93.2	21.8	10.0	8.2	409,542
H28(10/20)	61.1	41.3	22.2	12.7	6.7	396,738
H29(10/26)	57.2	90.7	21.3	6.4	17.6	160,620
H25	34.9	98.0	19.7	5.7	12.9	80,400
H27	30.8	45.4	19.5	8.0	7.7	61,350
H9	21.7	61.9	18.9	9.9	5.6	36,300
H19	33.5	116.1	17.8	8.1	9.1	23,115
H26	44.4	55.8	19.3	8.1	8.1	22,650
H20	27.7	57.2	20.6	10.0	10.3	21,683
H22	40.9	78.3	18.4	6.7	7.9	19,560
H12	59.8	70.0	—	6.4	5.3	18,873
H16	43.1	47.8	18.6	5.4	9.8	17,988
H21	25.3	59.8	19.6	9.3	9.9	17,280
H14	28.3	95.3	19.3	6.2	5.6	14,832
H29(11/28)	39.0	72.7	16.9	6.3	10.8	6,360
H17	24.2	83.4	18.7	6.2	8.4	6,250
H29(11/20)	35.8	76.3	17.9	5.1	10.7	5,805
H24	28.4	96.6	19.3	6.5	12.2	5,768
H18	29.8	88.1	18.8	5.5	10.7	5,085
平均	40.9	73.2	19.7	7.9	8.6	485,752
H8～H15平均	38.5	70.5	20.2	8.5	5.9	603,909
H16～H29平均	41.7	74.1	19.6	7.6	9.6	442,786
相関係数(H28 11/14除く)	0.31	-0.27	0.52	0.25	-0.38	—

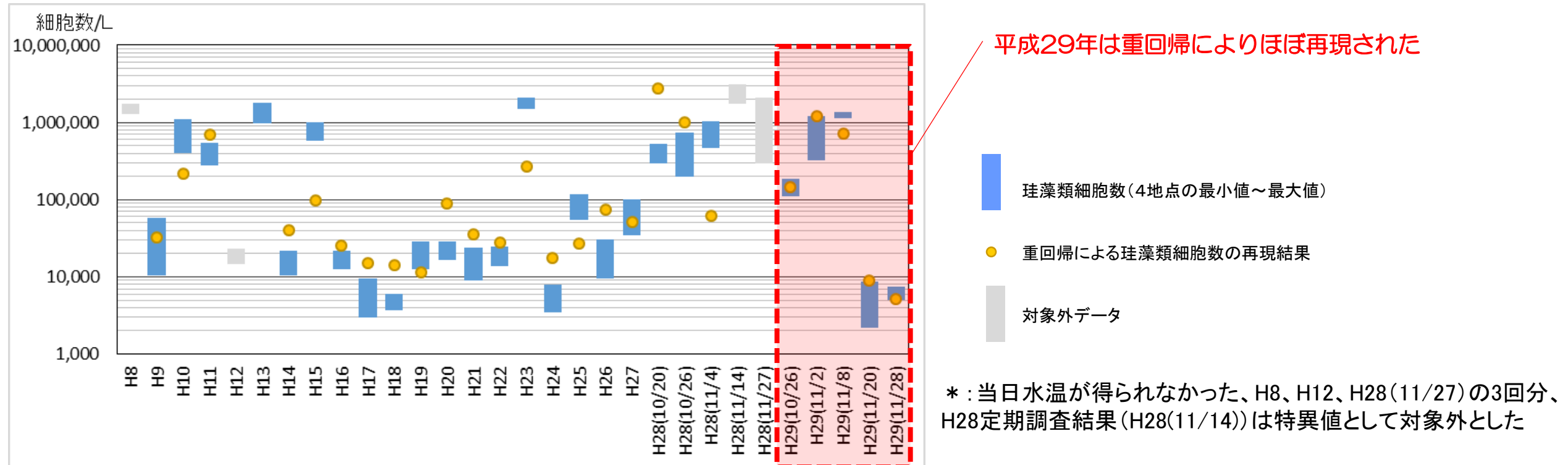
※各指標は、①流入量が調査2週間前までの15日間、②有義波高・④日射量・⑤流速が調査1週間前までの8日間、③水温が調査当日のデータを用いた。

※太字は平成29年度調査結果である

※H8、H12、H28(11/27)の水温は、当日データが無いため「—」とした

重回帰分析による細胞密度の再現性

- 珪藻類細胞密度の変化に関係があると思われる①～⑤の指標を用いて重回帰分析を行い、回帰式を作成した結果、平成29年はほぼ再現できた。



重回帰分析による珪藻類細胞密度の再現性

$$\text{Log}_{10}(y) = 3.71 + 1.80 (\text{水温}) + 1.12 (\text{流入量}) + 0.31 (\text{日射量}) - 0.05 (\text{有義波高}) - 0.74 (\text{流速})$$

※各変数は0～1の範囲になるよう規準化した。

・重相関係数0.82で統計的に有意(P<0.05)な結果が得られた

・このうち水温、流入量が統計的に有意であり、珪藻類の細胞数に関係している可能性が示唆された

まとめ

- 平成27年度までの事前検討で、調査時期の違い（水温、日射量、栄養塩等）が、近年の珪藻類の減少に関係しているとの仮説を立て、平成28年に引き続き11月調査を複数回実施（10～11月に調査を5回実施）したところ、平成28年では各調査回とも珪藻類が優占、平成29年では11月下旬の2回（11/20、11/28）の調査では珪藻類以外が優占する結果であった
- 珪藻類細胞密度の変動に寄与すると思われる、各指標（①河川流量、②有義波高、③水温、④日射量、⑤流速）と、珪藻類細胞密度の関係性について解析を行った結果、再現性の高い関係式が得られ、調査時期の違いによる③水温、①栄養塩等が平成16年以降の生物相の変化に関係していると考えられた