

第 5 回検討会審議資料

第5回 小石原川ダム建設事業に係るダム下流河川環境検討会

議事要旨

1. 日 時 : 平成24年4月27日(金) 15:00~16:50
2. 場 所 : 甘木・朝倉市町村会館 会議室
3. 出席者 : (委員) 嶋田委員長、小野委員、栴田委員、古賀委員
(事務局・水資源機構) 井上理事、中西筑後川局長、
松枝朝倉総合事業所長 他

4. 配布資料

議事次第

資料1 : 出席者名簿

資料2 : 検討会 設立趣意

資料3 : 検討会 規約

資料4 : 第4回検討会 議事要旨

資料5 : 第5回検討会 説明資料

資料6 : 第5回検討会 資料集

5. 議事要旨

① 河川内の自然環境について(中間報告)

- i) 小石原川および佐田川における河川内の自然環境について、タナゴ類の産卵母貝に関する調査結果、佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係、これまでの調査結果からのまとめについて、事務局より説明された。
- ii) これに対し、委員より以下の意見が出された。
 - ・ニッポンバラタナゴの産卵母貝であるイシガイは、カマツカやヨシノボリが既往調査結果から確認されていることから、世代交代していると考えられ、河川内の自然環境は、ニッポンバラタナゴの生態系が維持された非常に良いものであると考えられる。

② 地下水について(中間報告)

- i) 第4回検討会以降に実施した佐田川左岸における地下水位の調査、地下水流動シミュレーション、地下水の窒素起源と窒素循環、これまでの調査・検討結果からのまとめについて、事務局より説明された。
- ii) これに対し、委員より以下の意見が出された。
 - ・地下水流動シミュレーションのモデル条件のうち、透水性の部分に関して、帯水層毎に一つ或いは二つの透水係数を現地調査結果や文献値から設定しているが、同じ帯水層の中でも、水の流れやすさや流れにくさがある点などに着目し、引き続き検討を進めた方が良いと考えられる。
 - ・硝酸態窒素の濃度低下時に窒素同位体比が上昇する現象については、「脱窒」が要因である可能性が考えられたが、今回の窒素同位体比および酸素同位体

比の調査結果から、「脱窒」ではなく「希釈」が要因で、夏場のかんがいによって、畑地の施肥を起源として地下水へ輸送（溶脱）され窒素が、その後の涵養によって希釈される窒素循環の年サイクルの存在が分かってきたと考えられる。

③ スイゼンジノリについて（中間報告）

- i) 第4回検討会以降に実施した佐田川およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果、スイゼンジノリの生育環境調査結果、これまでの調査結果からのまとめについて、事務局より説明された。
- ii) これに対し、委員より以下の意見が出された。
 - ・スイゼンジノリの湿重量増加量と水質・物理環境等との相関分析結果では、特に「溶存及びコロイド状シリカ」で負の相関がでている点について、統計処理だけではなく、計測データをプロットするなど、相関データ的前提条件を再度確認した上で、丁寧に整理する必要があると考えられる。

④ 今後の調査予定について（案）

- i) 今後の調査予定として、河川内の自然環境に関する調査、佐田川左岸扇状地の河川・地下水位に関する調査、スイゼンジノリに関する調査について、事務局から説明された。
- ii) これに対し、委員からの異議はなく了承された。

6. その他

- ・小野委員が今回の検討会をもって退任することになった。

以 上

第5回 小石原川ダム建設事業に係る ダム下流河川環境検討会

平成24年4月27日

於：甘木・朝倉市町村会館（希声館）

独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所

1. 第4回検討会の審議内容について（1 / 2）

1

第4回検討会において、以下のとおり審議して頂き、各委員から意見をいただいた。

	審議項目	検討会意見
河川の自然環境について	1) 注目種(魚類)および河川形状に関する調査 2) 佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係について 3) 河川内の自然環境のまとめ・今後の調査予定 ・各調査地点における魚類相、注目種の生息状況および魚類の生息環境(河川形状)の現状を把握することができた。 ・瀬切れ発生区間上流部のS3地点における河川水位がEL.29.7mを下回ると瀬切れが発生しやすい。 ◆下流河川環境の改善を評価する目的で実施する「注目種」および「河川形状」に関する調査については、委員の指導に基づき、今後、計画的に調査を実施していく。 ◆佐田川の瀬切れと河川流量に関する調査については、瀬切れ箇所到達する河川流量を精度高く把握するための調査を実施していく。	■江川ダム下流の小石原川および寺内ダム下流の佐田川で確認された魚類相は、河川の現状から見れば豊富な種が確認できていると考えられる。 ■ニッポンバラタナゴについては、注目種に追加することが望ましい。 ■ニッポンバラタナゴの産卵母魚であるイシガイなどの生息調査を実施すること。 ■佐田川における瀬切れは、瀬切れ発生区間上流部で観測しているS3地点の河川水位が標高29.7m程度以上であれば発生しないと考えられる。瀬切れ発生区間に到達する河川流量を把握することが重要である。 ■瀬切れ発生区間上流部での河川水位の観測については、河床より下の水位を把握できるように工夫すると良い。
	1) 佐田川左岸における地下水位の調査 2) 地下水位の状況 3) 地下水位の変動 4) 環境同位体調査の結果について 5) 土壌調査の結果について 6) 地下水への窒素供給量について 7) 地下水の流動速度・更新時間について 8) 地下水のまとめ・今後の調査予定 ・地下水面等高線に着目すると、非かんがい期からかんがい期には地下水面が上昇し、かんがい期から非かんがい期には地下水面が下降する。 ・地下水面が上昇する要因としては、扇状地へのかんがいや「降雨」によるかん養(地下水供給)と考えられ、「かんがい」の影響(効果)が相対的に大きいと考えられる。 ・黄金川は地下水の尾根形状に挟まれた地下水谷に位置しており、その主たるかん養域は「扇状地扇央」であると認められる。 ・環境同位体(環境トレーサー)および溶存イオンの調査結果からは、「地下水」および「黄金川水源」は「佐田川河水」と異なった傾向を示す。これは、扇状地から地下水が供給される間に、扇状地での蒸発や土壌環境中における窒素の揮散・硝化・脱窒などにより起こる「同位体分別」、扇状地での営農活動などに伴う「溶存成分の付加」によるところと考えられる。 ・窒素同位体比の調査結果から、「地下水」および「黄金川水源」の窒素供給源は主に「化学肥料」と考えられる。 ・土壌調査の結果から、「扇状地砂礫層(第一帯水層)」のリン酸吸収係数、可給態リン酸および可給態窒素の値は小さく、「扇状地砂礫層(第一帯水層)」が地下水の水質に影響を及ぼしていることは考えにくい。「水田土壌」のリン酸吸収係数は500mg/100g・dry以下であり、リン酸の固定力は大きくない。稲作後の可給態リン酸の値は概ね「水田土壌の改善目標値」の範囲にある。また、稲作後の可給態窒素の値は小さい。 ・地下水への窒素供給量(硝酸態窒素)は、40t/年程度と推定され、稲作以外の営農活動による供給が相対的に大きいと考えられる。	■今年度の地下水位定期観測の中で最も地下水面が低い1月の地下水面等高線図では、昨年度の観測結果に比べ、佐田川沿いの地下水面の尾根形状が明確には見られない。地下水位標高30m~40mの間で、若干、佐田川から地下水への水の流れがあると考えられるが、環境同位体の調査結果によれば、扇状地からの地下水かん養が相対的に大きいことには変わりはないと考えられる。 ■窒素安定同位体比の調査結果からは、還元的な環境下で進行する「脱窒」と、酸化的な環境下で進行する「無機化」「硝化」などの状況を推定することができるが、地下水の硝酸態窒素(NO ₃ -N)に含まれる窒素(N)と酸素(O)の同位体比を測定することで、窒素の起源や「脱窒」などの窒素循環について、より詳細に把握することが可能となる。 ■水の動きに窒素やリンなどの物質挙動を含めて収支が計算できると考えられるので実施することが望まれる。 ■地下水の流動速度・更新時間の計算結果については、シミュレーションモデルによる確認を行う必要があると考えられる。 ■地下水の硝酸態窒素(NO ₃ -N)に含まれる窒素(N)と酸素(O)の同位体比を測定してはどうか。窒素の起源や窒素循環について、より詳細に把握することが可能となる。

1. 第4回検討会の審議内容について (2/2)

第4回検討会において、以下のとおり審議して頂き、各委員から意見をいただいた。

	審議項目	検討会意見
地下水について	<p>・透水係数および動水勾配を用いて、扇状地扇央上の測線における地下水（第一帯水層）の流動速度を計算した結果、0.4m/日程度となった。また、地下水流動量が第一帯水層の地下水賦存量と等しくなる時間として算出した地下水更新時間は、20年程度の計算結果となった。</p> <p>◆地下水の変動が大きい佐田川左岸扇状地の地下水について、地下水位の変動要因や地下水のかん養経路・流動機構を概ね把握することができた。今後は、定点における地下水位連続観測を実施していく。</p>	
スイゼンジノリについて	<p>1) 佐田川およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果 2) スイゼンジノリの生産量変動要因について 3) スイゼンジノリ生育環境調査について（経過報告） 4) スイゼンジノリのまとめ・今後の調査予定</p> <p>・黄金川養殖場流入地点の水質、pH、総窒素および硝酸態窒素の値は、概ね指標値の範囲内にある。総リンの値は、概ね指標値の上限付近にある。</p> <p>・黄金川養殖場流入地点の総窒素、硝酸態窒素、カルシウムイオン、硫酸イオンおよび硝酸イオンの値は、夏季に増加する傾向が見られる。また、佐田川河川水の値に比べ高い。</p> <p>・黄金川養殖場流入地点の総リンに占める溶解性オルトリン酸態リンの割合は、佐田川河川水に比べ高い。</p> <p>・黄金川養殖場流末地点の水質は、夏季および冬季に指標値を外れる。pHの値は、アルカリ側に変化している。</p> <p>・黄金川B社養殖場では、深井戸水を利用している場合、流入地点の総リンおよび溶解性オルトリン酸態リンの値が高く、総窒素、硝酸態窒素、硫酸イオンおよび硝酸イオンの値は低下する。</p> <p>・嘉島町養殖場流入地点の総リンの値は、指標値の4倍程度である。また、総リン、溶解性オルトリン酸態リン、マグネシウムイオンおよび硫酸イオンの値は、黄金川養殖場の値に比べ高い。</p> <p>・黄金川養殖場流入地点のクロロフィルaの値は、定量下限値未満である。スイゼンジノリを除く植物プランクトンの種数および細胞数は、流入地点に比べ流末地点で増加するが、佐田川河川水に比べ少ない。</p> <p>・黄金川養殖場流入地点の窒素同位体比($\delta^{15}\text{N}$)の値は、「化学肥料(一般値)」の範囲にある。スイゼンジノリの窒素同位体比($\delta^{15}\text{N}$)の値は、「黄金川」に比べ高い。これは、窒素の取込および同化過程等で起こる「同位体分別」により生ずるものと考えられる。</p> <p>・「スイゼンジノリ生産量」の変動と黄金川水質の関係については、把握することが難しい。このことから、スイゼンジノリ生育環境の分析にあたっては、新たに開始した「スイゼンジノリ生育環境調査」の結果を活用していくものとする。</p> <p>◆スイゼンジノリの望ましい生育環境について、引き続き検討していくため、黄金川における水位・流量観測や生育環境調査、熊本の養殖場を含めた水質調査を実施する。また、事業者の協力を頂き、生産量の変動状況を引き続き確認していく。</p>	<p>■スイゼンジノリ生育環境調査については、黄金川養殖場での調査結果の他に、熊本での同様な調査結果を収集し、あわせて検討すると良い。</p> <p>■黄金川養殖場において、インフロー・アウトフローメソッドで窒素の収支をとると、スイゼンジノリや他の植物プランクトンがどれだけ窒素を取り込むかが明らかになると考えられる。</p> <p>■黄金川養殖場において、インフロー・アウトフローメソッドで窒素の収支について調査すると良い。</p>

2. 調査の目的

(河川内の自然環境に関する調査)

- ・河川環境の改善を評価する目的から設定した注目種（魚類）のうち、タナゴ類の産卵母貝となるイシガイ等の貝類生息調査を実施する。
- ・佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係を整理・分析するため、河川流況等の調査を実施する。

(地下水に関する調査)

- ・佐田川左岸扇状地における地下水位（第一帯水層）の変動状況を引き続き確認していくことを目的として、扇頂部～扇央部の主要地点で地下水位連続観測を実施する。
- ・佐田川左岸扇状地における地下水（第一帯水層）の流動状況及び地下水（第一帯水層）への窒素供給状況を確認するため、地下水流動シミュレーションを実施する。
- ・佐田川左岸扇状地における地下水（第一帯水層）の窒素起源や窒素循環の把握を目的として、硝酸（NO₃）イオンに含まれる窒素(N)と酸素(O)の同位体比を分析する。

(スイゼンジノリに関する調査)

- ・スイゼンジノリの望ましい生育環境について、引き続き検討していくため、黄金川における水位・流量観測やスイゼンジノリ生育環境調査、熊本の養殖場を含めた水質調査を実施する。

3. 小石原川・佐田川のダム下流域の現状について (第4回検討会以降実施した調査結果について)

- (1) 河川内の自然環境について (中間報告)
- (2) 地下水について (中間報告)
- (3) スイゼンジノリについて (中間報告)
- (4) 今後の調査予定 (案)

(1) 河川内の自然環境について (中間報告)

- 1) タナゴ類の産卵母貝に関する調査結果
- 2) 佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係について
- 3) 河川内の自然環境のまとめ

1-1) タナゴ類の産卵母貝に関する調査結果

①調査地点：

- ・小石原川 St.1、St.2、補-1、補-2、補-3
- ・佐田川 St.6、St.7、補-4、補-5、補-6

②調査時期

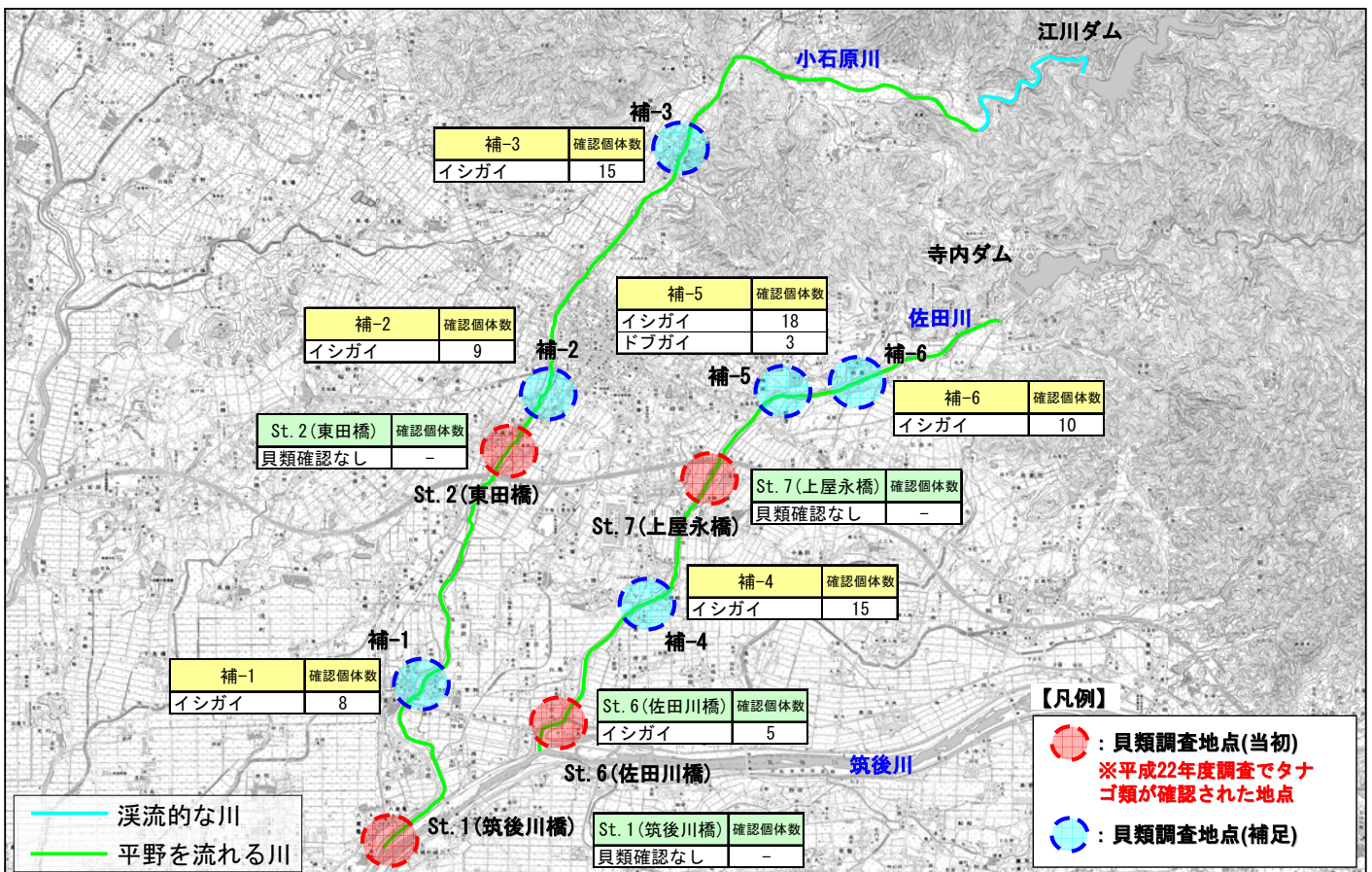
- ・当初調査： H23/10/11 (St.1、St.2、St.6、St.7)
 - ・補足調査： H23/11/11~12 (補-1~6)
- ※当初調査で確認数が少なかったため補足調査を実施

③調査内容

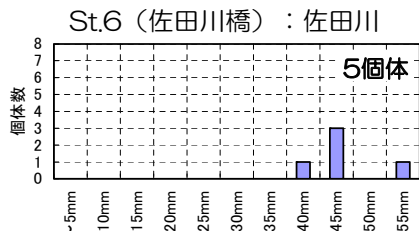
<貝類調査>

- ・各調査地点におけるタナゴ類の産卵母貝の確認

1-1) タナゴ類の産卵母貝に関する調査結果



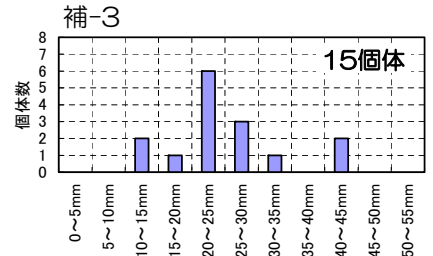
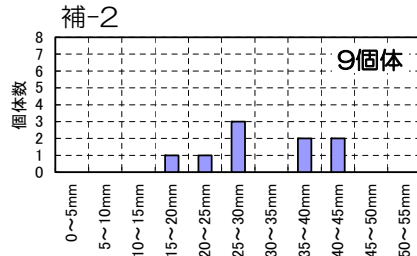
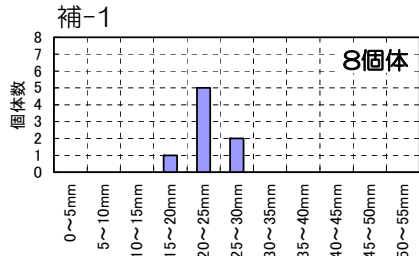
当初調査



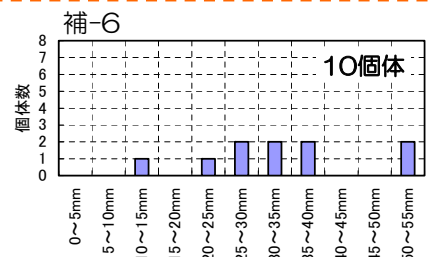
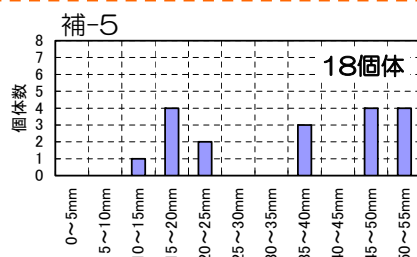
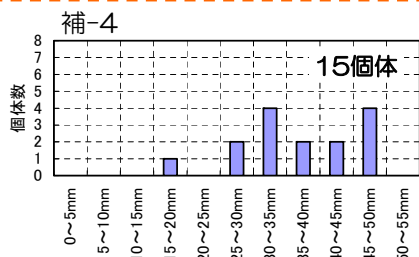
※St.1、St.2、St.7でのイシガイの確認はなし

補足調査

小石原川



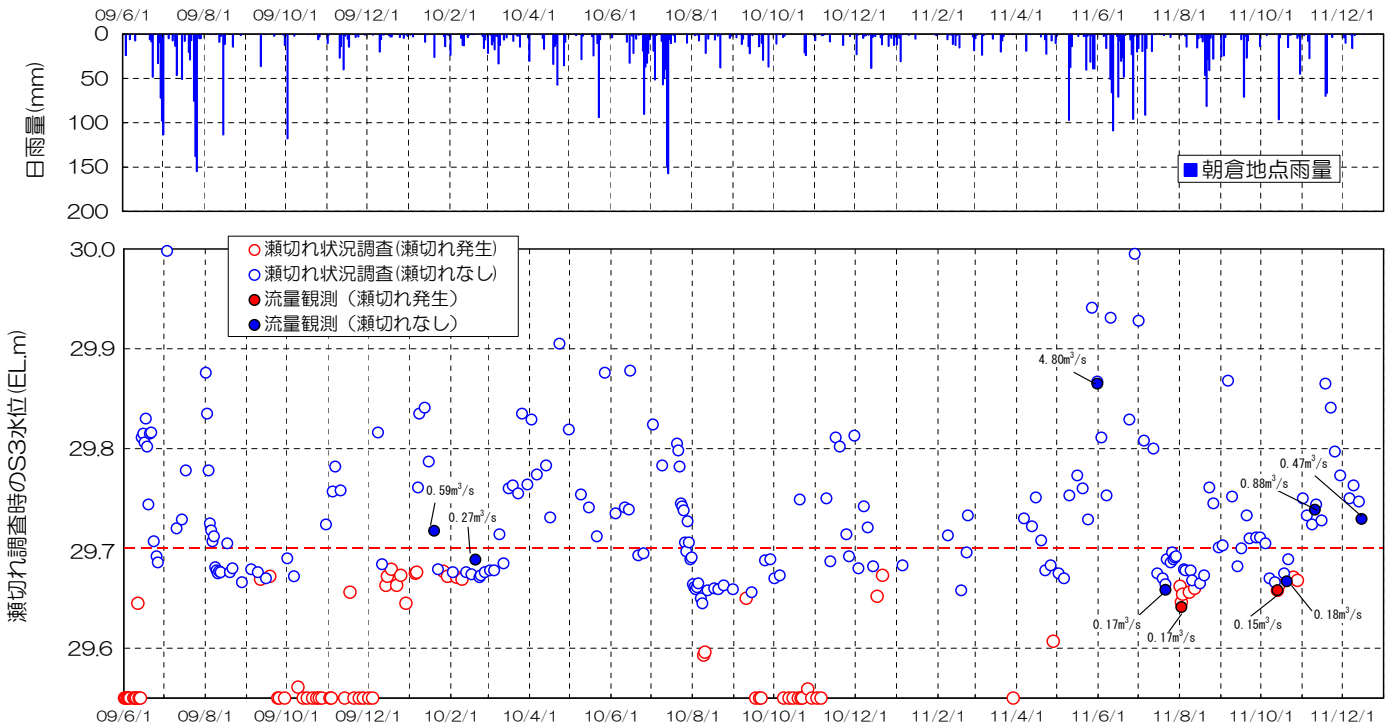
佐田川



1-2) 佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係について



◆瀬切れ状況調査時における瀬切れの有無と河川水位・流量の関係



・S3地点における河川水位が約EL.29.7mを下回ると瀬切れが発生しやすい。
 また、降雨等の状況にもよるが、河川流量が約0.2m³/sを下回ると瀬切れが発生する場合がある。

1-3) 河川内の自然環境のまとめ

1) タナゴ類の産卵母貝に関する調査結果

- ・小石原川および佐田川において、タナゴ類の産卵母貝となるイシガイの生息状況を把握することができた。
- ・下流河川環境の改善を評価する目的で実施する「注目種」および「河川形状」に関する調査については、タナゴ類の産卵母貝調査も含め、今後、計画的に実施していく。

2) 佐田川の瀬切れ発生状況と河川流量の関係について

- ・S3地点における河川水位が約EL.29.7mを下回ると瀬切れが発生しやすい。また、降雨等の状況にもよるが、河川流量が約0.2m³/sを下回ると瀬切れが発生する場合がある。

(2) 地下水について（中間報告）

- 1) 佐田川左岸における地下水位の調査
- 2) 地下水位の変動
- 3) 地下水流動シミュレーション
- 4) 地下水の窒素起源と窒素循環について
- 5) 地下水のまとめ

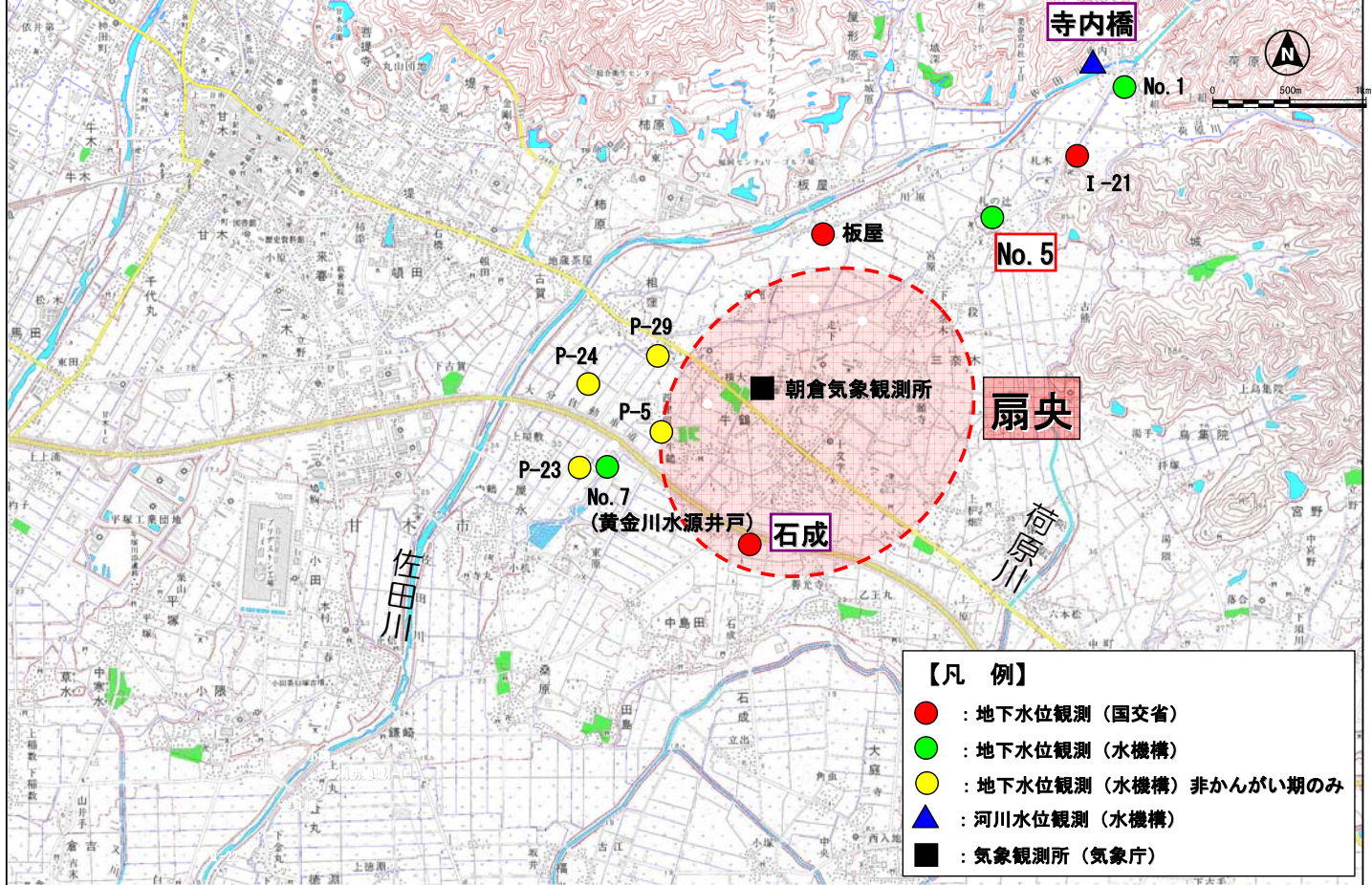
2-1) 佐田川左岸における地下水位の調査

地下水位は、国土交通省および水資源機構が計測している連続観測データの収集を行った。

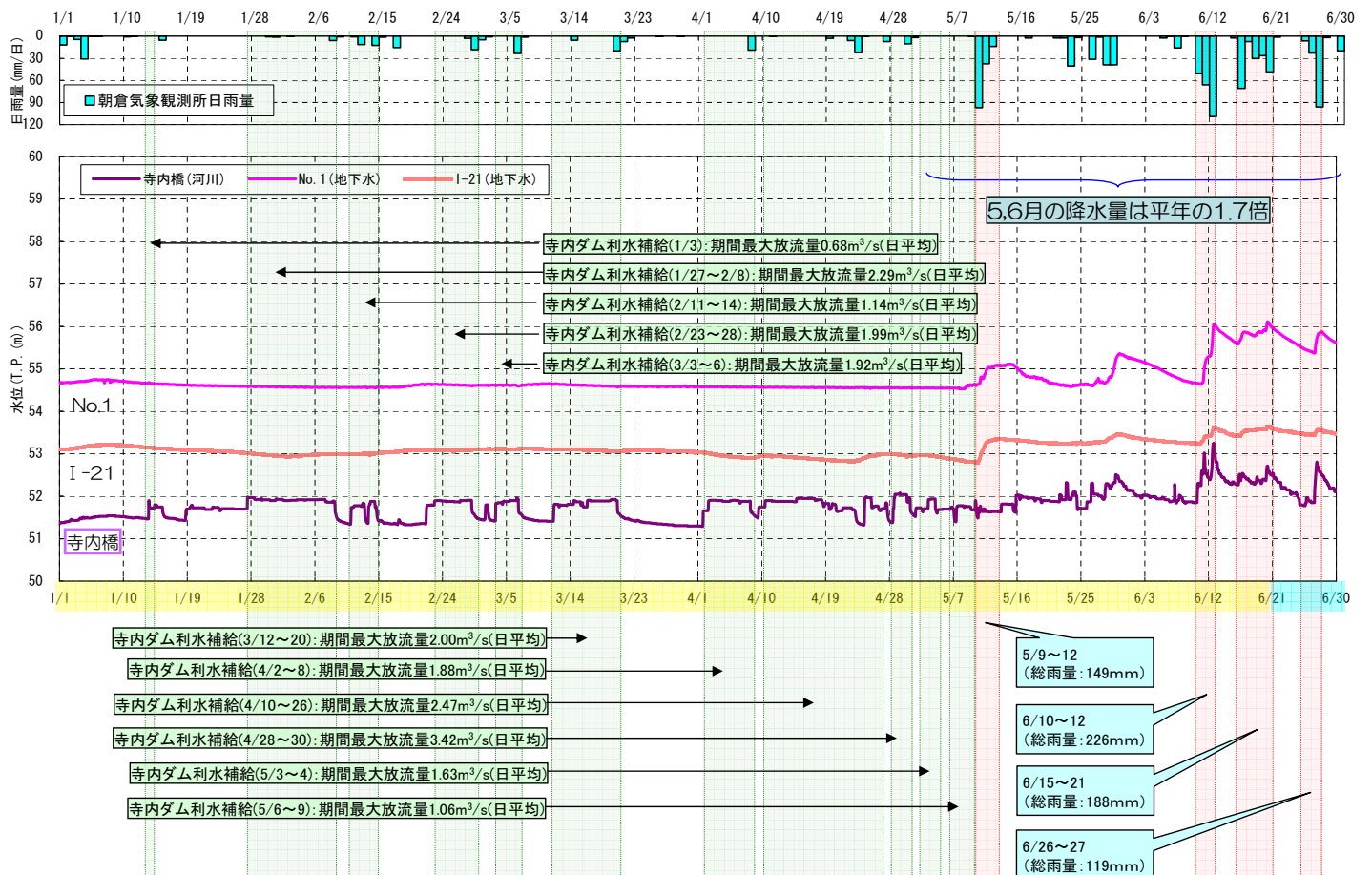
今回の調査で用いた対象観測所

区分	観測機関	箇所数計	備考
地下水位観測 (浅層)	国交省	3	(毎正時観測) 平成16年度から観測
	水機構	3	(毎正時観測) 平成21年度から観測
		4	(毎正時観測) 平成23年度から観測(非かんがい期のみ)
	計	10	
河川水位観測	水機構	1	(毎正時観測) 昭和53年度から観測
合 計		11	

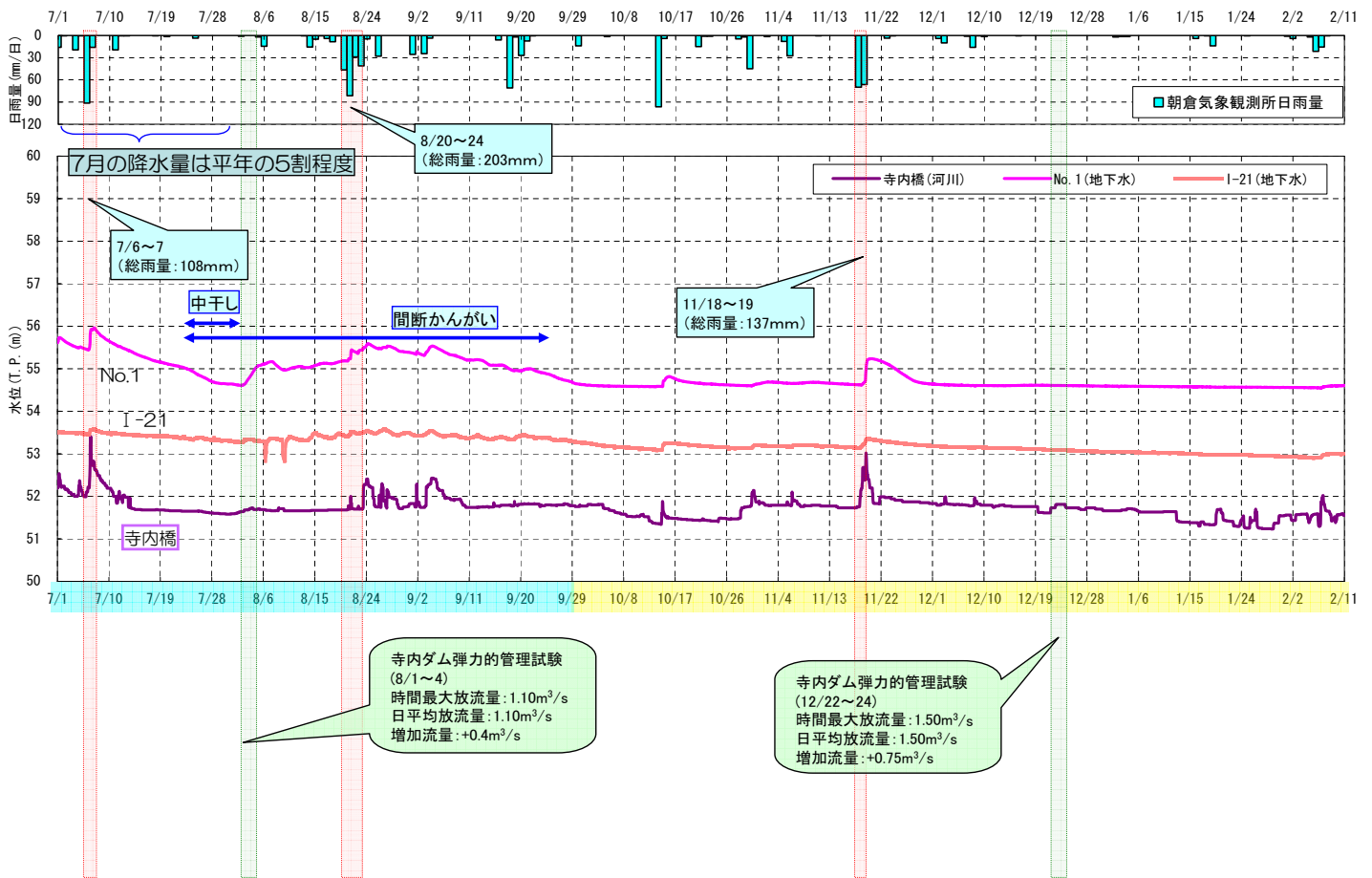
2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係)



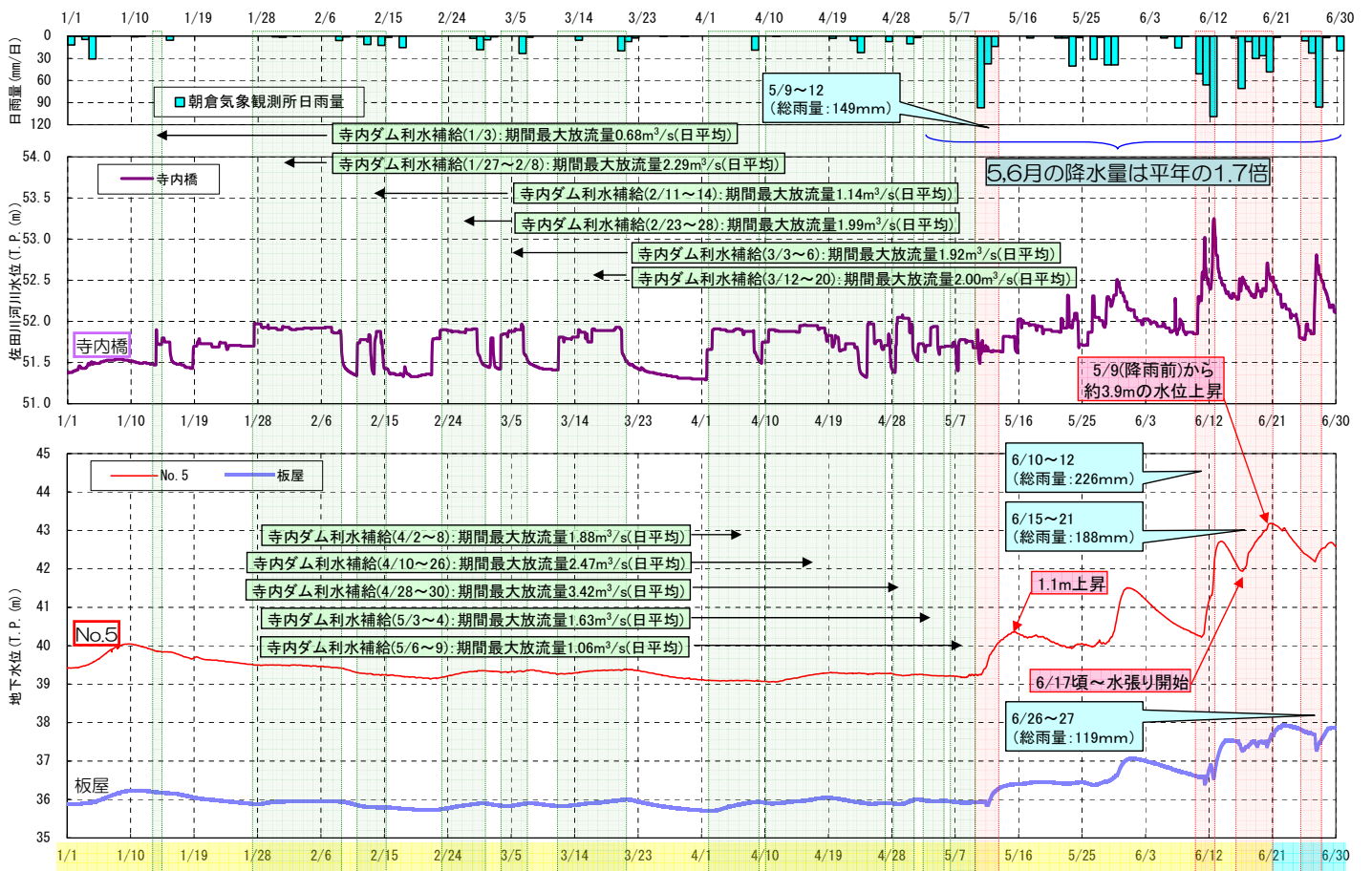
2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 扇頂部: H23/1/1~6/30



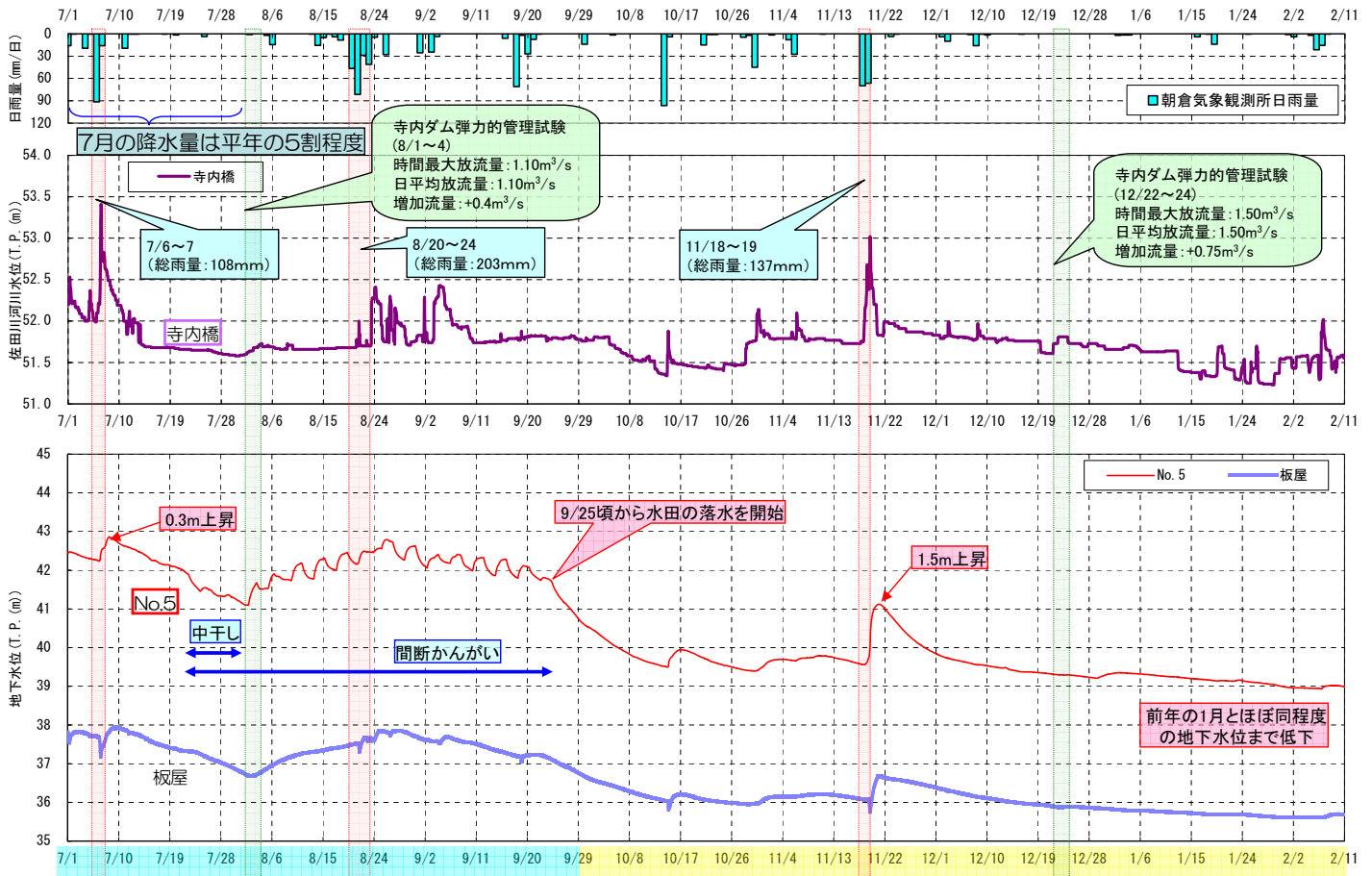
2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 扇頂部: H23/7/1~H24/2/11



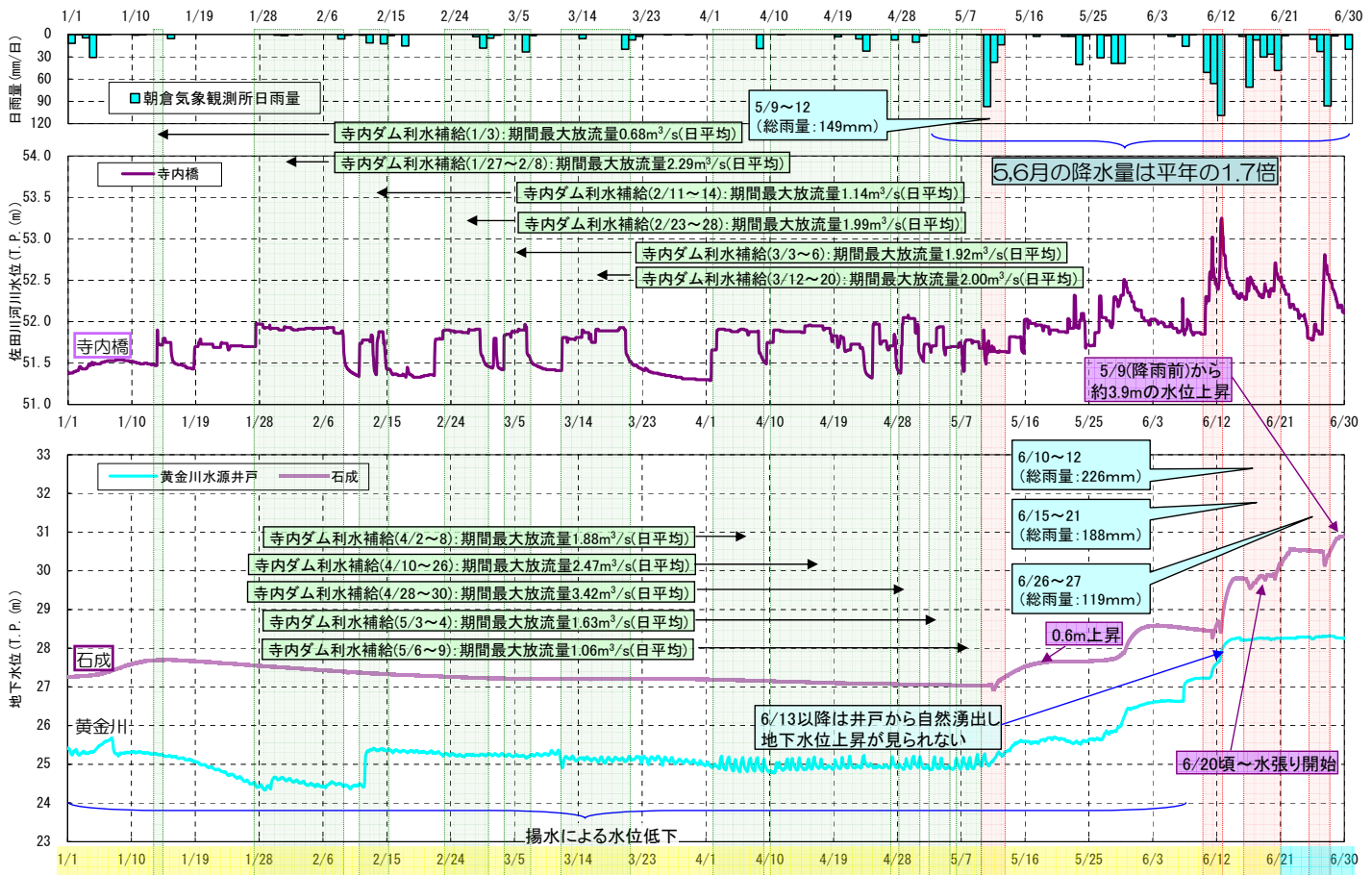
2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 扇中部: H23/1/1~6/30



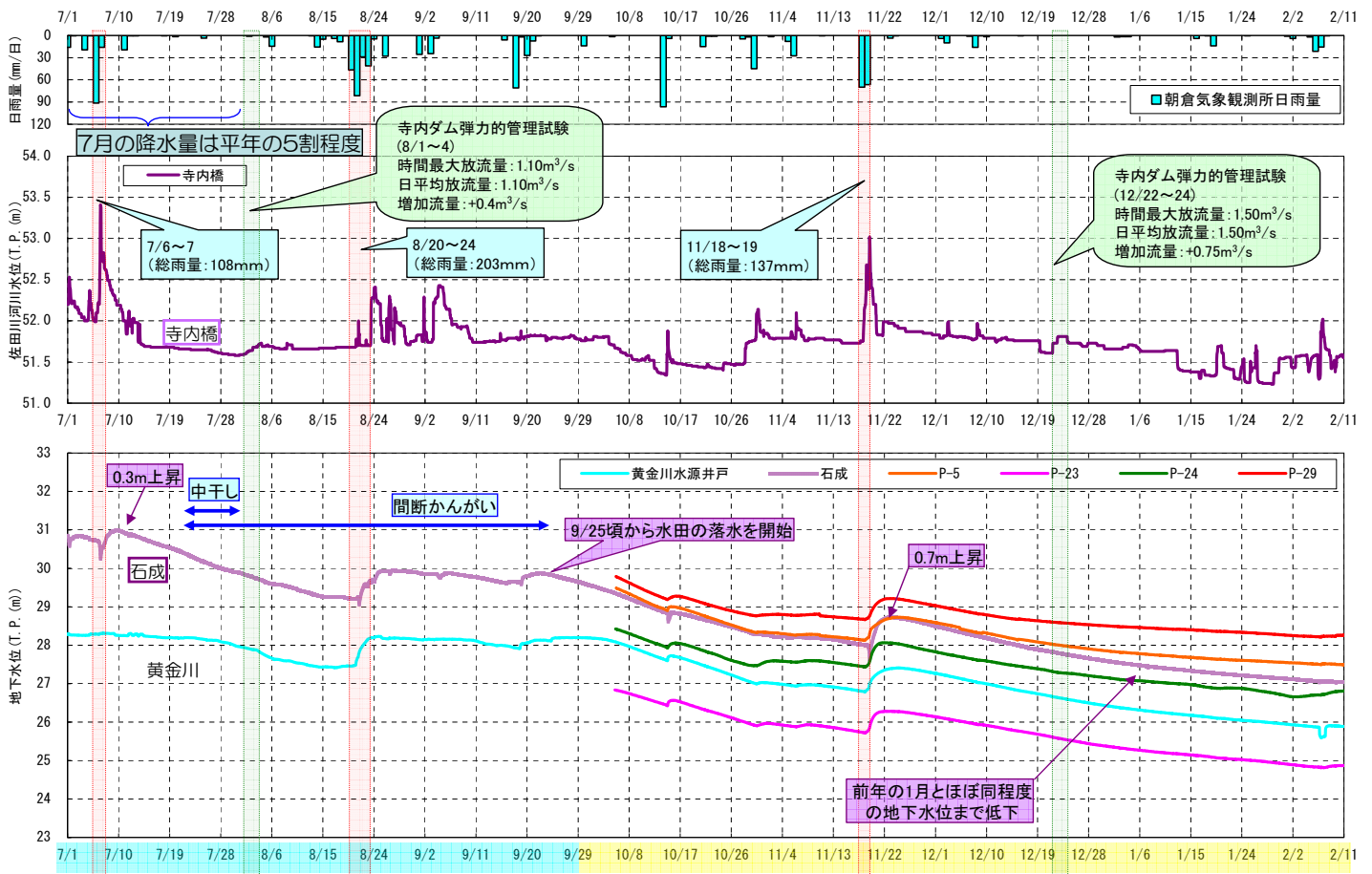
2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 扇央部：H23/7/1~H24/2/11



2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 黄金川周辺：H23/1/1~6/30



2-2) 地下水位の変動 (降雨、かんがい、河川水位との関係) 黄金川周辺: H23/7/1~H24/2/11 20

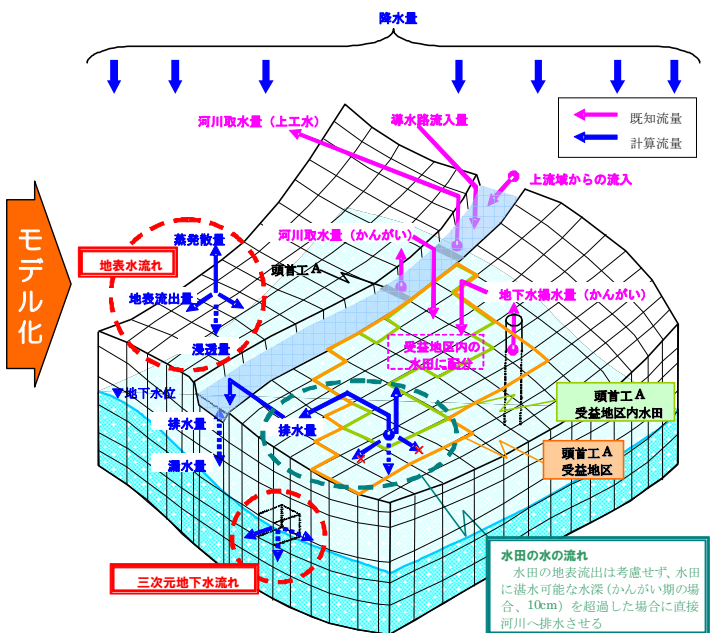
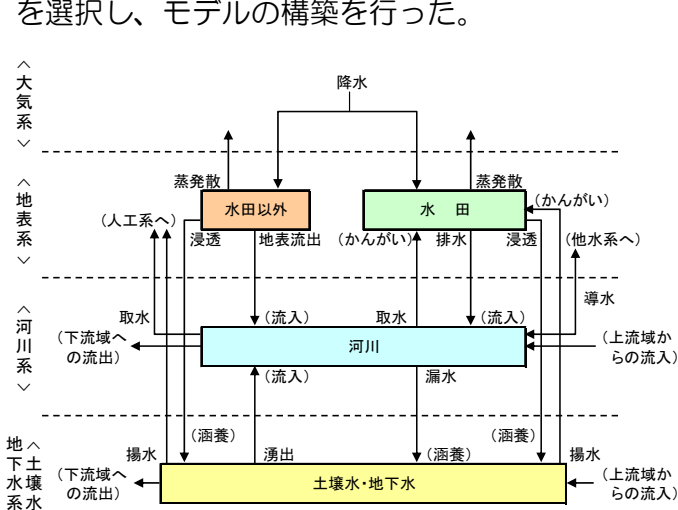


2-3) 地下水流動シミュレーション (モデルの基本構造)

21

1) 水循環モデル

- 佐田川左岸扇状地の水循環 (大気~地表~河川~土壌・地下水~人工系の水の流れ) の特徴を踏まえ、「地表水流れ」と「地下水流れ」の相互作用を解析可能なシミュレーションプログラム(GETFLOWS)を選択し、モデルの構築を行った。



2) モデルの基礎方程式

◆地下水流動 (水・空気の2相同時流れ) の基礎式

$$\begin{aligned}
 \text{水} \quad & \nabla \left(\frac{Kkr_w}{\mu_w B_w} \nabla \Psi_w \right) - q_{wS} + q_{wS}^{EV} + Q_{Intake} - Q_{Conveyance} - Q_{Irrigation} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\phi \frac{S_w}{B_w} \right) \\
 & \qquad \qquad \qquad \text{(降水)} \quad \text{(蒸発散)} \quad \text{(取水/揚水)} \quad \text{(導水/排水)} \quad \text{(かんがい)} \\
 \text{空気} \quad & \nabla \left(\frac{Kkr_g}{\mu_g B_g} \nabla \Psi_g \right) - q_{gS} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\phi \frac{S_g}{B_g} \right)
 \end{aligned}$$

◆窒素輸送 (水相中の溶質の移流分散) の基礎式

$$\text{NO}_3^- \quad \nabla \left(\frac{Kkr_w R_{NO_3^-}}{\mu_w B_w} \nabla \Psi_w \right) + \nabla \left(D_{NO_3^-} \nabla \frac{R_{NO_3^-}}{a_w} \right) - f_{NO_3^-}^{PR} - f_{NO_3^-}^{PF} - f_{NO_3^-}^{FL} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\phi \frac{S_w R_{NO_3^-}}{B_w} \right)$$

(移流)
(分散/拡散)
(降水NO₃⁻) (水田NO₃⁻) (畑地NO₃⁻)

K	: 絶対浸透率(式1では飽和透水係数)	[m · s ⁻¹]
ϕ	: 有効空隙率	[-]
kr_i	: 相対浸透率(i=w,g)	[-]
μ_i	: 粘性係数(i=w,g)	[cP]
B_i	: 容積係数(i=w,g)	[m ³ · m ⁻³]
Ψ_i	: ポテンシャル(i=w,g)	[Pa]
S_i	: 飽和率(i=w,g)	[-]
D_i	: 分散係数(i=w,g)	[m ² · s ⁻¹]
R_i	: 物質iの液層中濃度(i=NO ₃ ⁻)	[mol · m ⁻³]

□ : モデル検証にあたっての同定パラメータ

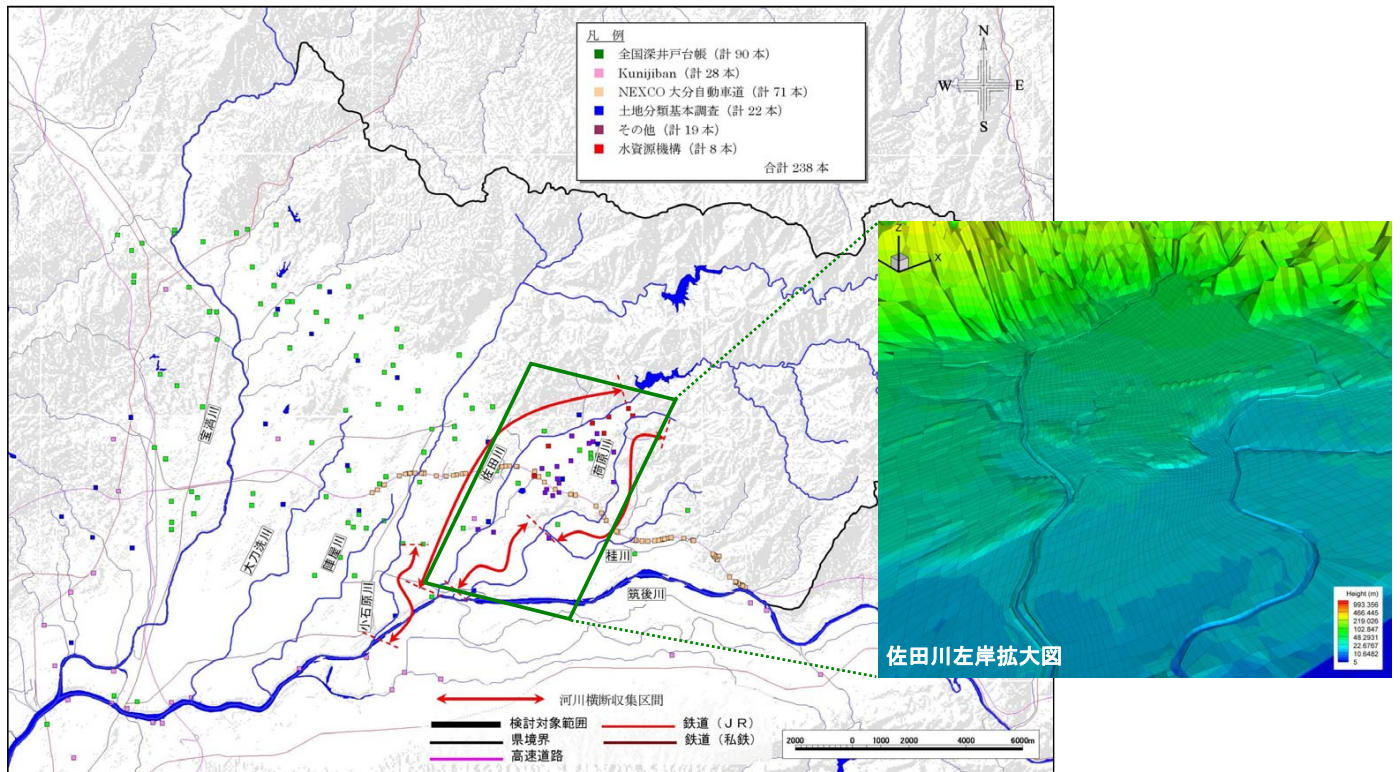
3) モデルの基本設計

区分	説明	
(1) 基本条件	解析領域	・ 東西約30km×南北約15km、深度1000m
	格子数	・ 593,475 (空間分解能: 5~500m)
(2) 気象条件	降水量	・ 気象庁(1箇所)、国交省(7箇所)、水機構(7箇所)の観測データをティーセン分割法により解析領域に配分
	蒸発散量	・ 気象庁(3箇所)、水機構(3箇所)の気温観測データを基に、ハーモン式と季節別蒸発散比を用いて蒸発散量を推定し、ティーセン分割法により解析領域に配分
	気圧	・ 標準大気圧 (標高0m、気温15℃下の大気圧、1013.25hPa)
(3) 地形・地質条件	地表面標高	・ 航空レーザー測量成果 (国交省および福岡県) に基づく5mメッシュDEM (数値標高モデル) により設定 ・ 佐田川、苅原川、小石原川および桂川の一部の河道形状については、河川横断面図を基に5mメッシュDEMを補正
	地質構造	・ 地質柱状図(238本)に基づき、①現河床堆積物、②第一帯水層、③阿蘇4火砕流堆積物、④第二帯水層、⑤由布川火砕流堆積物、⑥第三帯水層、⑦三郎変成岩(基岩)の7層に区分 ※全国地下水資料台帳DB(90本)、国土地盤情報DB(28本)、日本道路公団(71本)、土地分類基本調査(22本)、水機構(8本)、その他(19本)
	水理定数	・ 既往調査結果および文献 ^{*1,2)} に基づき再現検証の過程で設定
(4) 土地利用条件	土地利用区分	・ 国土数値情報土地利用メッシュ(国土地理院2006)に基づき、9地目の土地利用に区分 ・ 佐田川左岸扇状地については、航空写真(2009撮影)から判読した「水田抽出域」により土地利用メッシュの地目を修正
	等価粗度係数	・ 文献 ^{*3,4)} に基づき地目毎に設定 ※森林(0.7)、その他の農用地・荒地・その他の用地・ゴルフ場(0.3)、建物用地・幹線交通用地・河川および湖沼(0.03) ※水田の減水深は10mm/日とした。また、湛水可能水深を設定(かんがい期:10cm/日、非かんがい期:0cm/日)し、湛水可能水深を超過した場合は全量流出とした
(5) 水利用条件	都市用水	・ 福岡市および朝倉市の都市用水取水量を女男石頭首工地点に設定
	農業用水	・ 農業用取水量 (佐田川) を寺内幹線、福田幹線、上屋敷頭首工、小田頭首工、寺内井堰の各地点に設定 ・ 農業用取水量 (小石原川) を女男石頭首工、下瀬頭首工、甘木橋頭首工、本郷頭首工の各地点に設定 ・ 地下水揚水量 (218箇所) を各揚水地点の第一帯水層に設定 ・ かんがい用水 (取水・揚水) は、幹線水路および頭首工毎に各受益範囲内の水田メッシュに配分
	導水量	・ 佐田川-小石原川間の導水量 (寺内導水路) を設定
	その他	・ 佐田川扇状地については、解析メッシュ内人口と生活用水量原単位から推定した生活用水に係る地下水揚水量を第一帯水層に設定 ・ 黄金川の流量観測結果から推定したスイゼンジノリ養殖に係る地下水揚水量を設定
境界条件	ダム放流量	・ モデル内部の境界条件として、寺内ダムと江川ダムの放流量を設定

※1 地下水シミュレーション(2010): 日本地下水学会
 ※2 筑後川扇状地の水文地質構造(2008): 宮崎・長谷川他
 ※3 水理公式集(1999): 土木学会
 ※4 建設省河川砂防基準(案)同解説-調査編-(1997): 日本河川協会

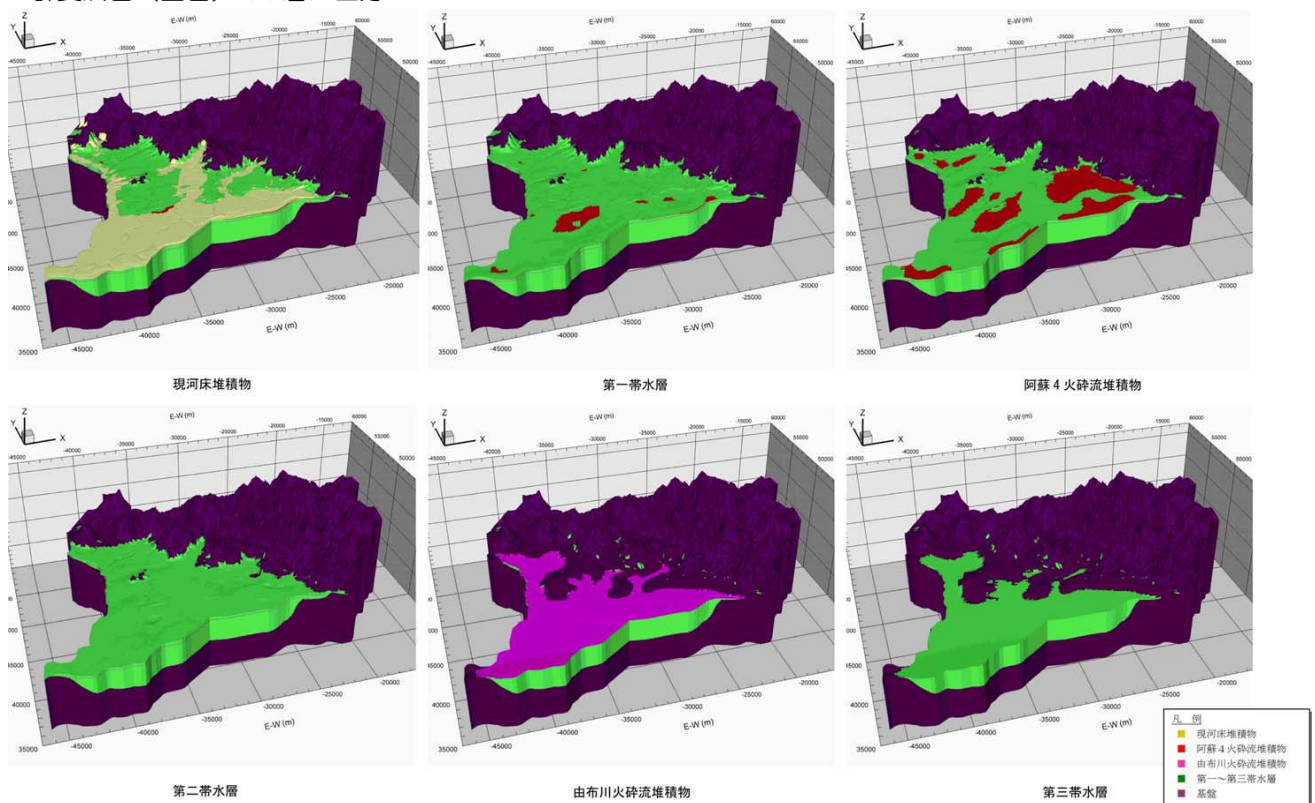
3) モデルの基本設計 (3) 地形・地質条件 (地表面標高・地質構造)

- ・地形データ (地表面標高) は、航空レーザー測量成果 (国交省および福岡県) に基づく5mメッシュDEM (数値標高モデル) により設定
- ・河川横断面図を収集した河道範囲 (佐田川、荷原川、小石原川および桂川の一部) については、河川横断面図を基に5mメッシュDEMを補正
- ・地質データは、収集した238本のボーリング柱状図から帯水層を7層に区分



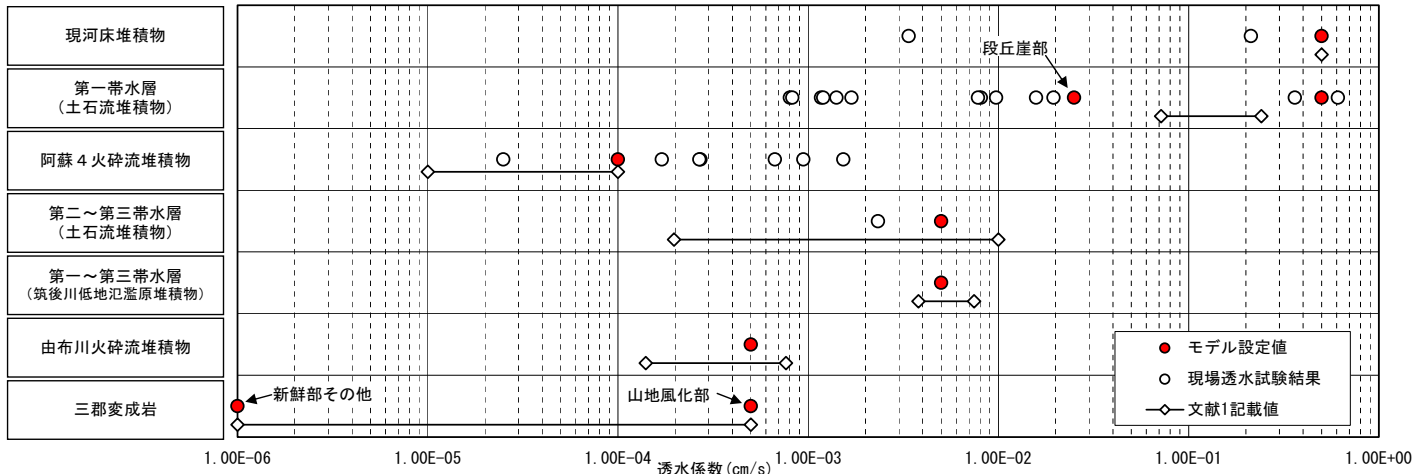
3) モデルの基本設計 (3) 地形・地質条件 (地質構造)

- ・現河床堆積物、第一帯水層、阿蘇4火砕流堆積物、第二帯水層、由布川火砕流堆積物、第三帯水層、三群変成岩 (基岩) の7層に区分



3) モデルの基本設計 (3) 地形・地質条件 (水理定数)

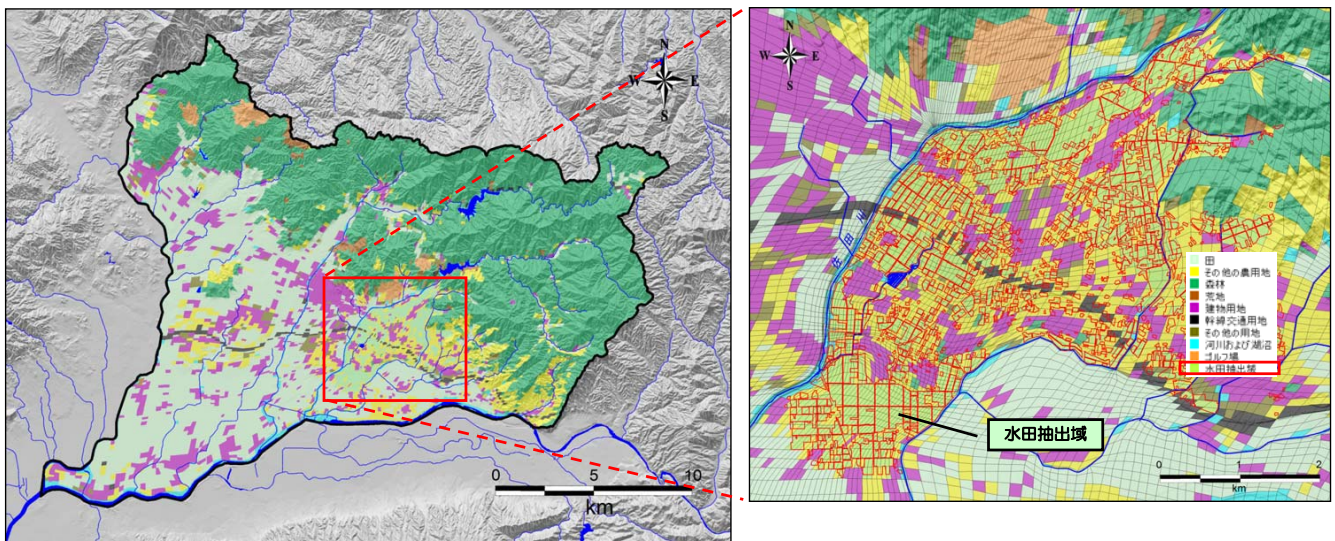
帯水層区分	透水係数 (cm/s)		有効間隙率 (%)	
表土層	5.0×10^{-1}	再現検証の過程で設定	20	再現検証の過程で設定
現河床堆積物	5.0×10^{-1}	//	15	//
第一帯水層	5.0×10^{-1} 、 2.5×10^{-2} (段丘崖部)	//	15	//
阿蘇4火砕流堆積物	1.0×10^{-4}	//	15	//
第二帯水層	5.0×10^{-3}	//	15	//
由布川火砕流堆積物	5.0×10^{-4}	//	15	//
第三帯水層	5.0×10^{-3}	//	15	//
三郡変成岩	5.0×10^{-4} (山地風化部)、 1.0×10^{-6} (新鮮部等その他)	//	10	//



文献1: 筑後川扇状地の水文地質構造(2008): 宮崎・長谷川他

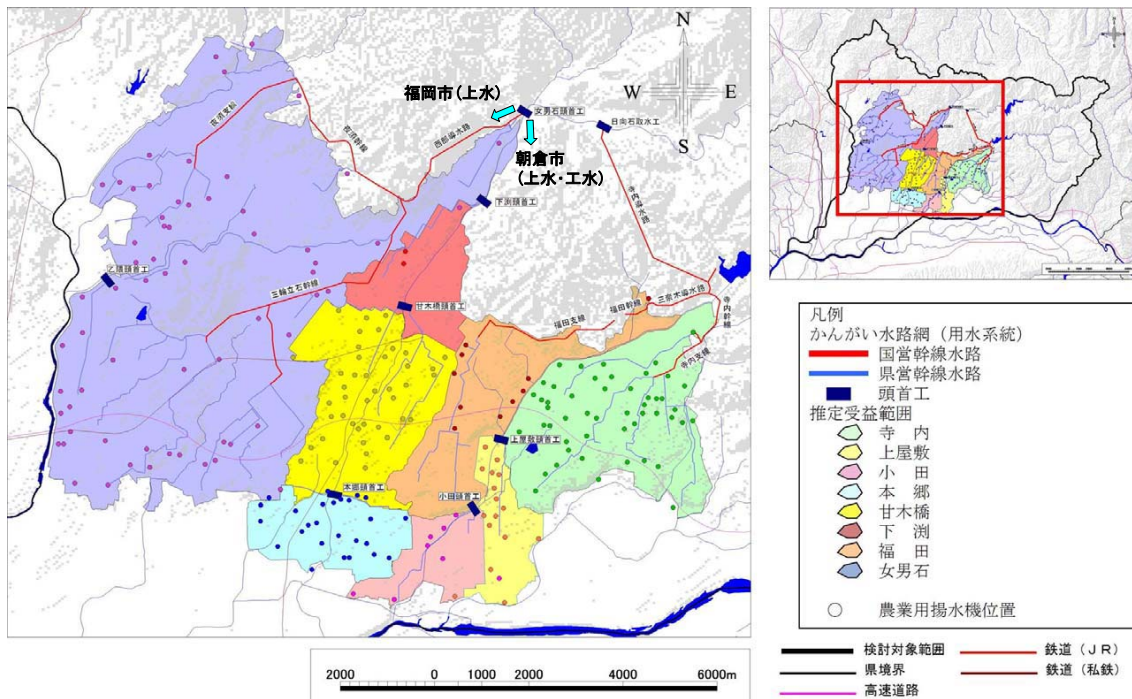
3) モデルの基本設計 (4) 土地利用条件

- ・土地利用データは、国土数値情報土地利用メッシュ (国土地理院2006) により設定
- ・佐田川左岸扇状地については、航空写真(2009撮影)から判読した「水田抽出域」により土地利用メッシュの地目を修正



3) モデルの基本設計 (5) 水利用条件

- ・福岡市および朝倉市の都市用水取水量を女男石頭首工地点に設定
- ・両筑平野の農業用水取水量を小石原川および佐田川の各頭首工 (寺内井堰含む) に設定
- ・両筑平野の農業用地下水揚水量 (218箇所) を各揚水地点の第一帯水層に設定
- ・かんがい用水 (取水・揚水) は幹線水路および頭首工毎に各受益範囲内の水田メッシュに配分
- ・佐田川-小石原川間の導水量 (寺内導水路) を設定
- ・その他、佐田川左岸扇状地では、生活用水に係る地下水揚水、スイゼンシノリ養殖に係る黄金川地下水揚水を設定



2-4) 地下水の窒素起源と窒素循環について

佐田川左岸扇状地における地下水 (第一帯水層) の窒素起源や窒素循環の把握を目的として、硝酸 (NO₃) イオンに含まれる窒素 (N) および酸素 (O) の同位体 (同じ元素であるが質量の異なる原子) に着目し、環境同位体調査を実施した。

①調査方法

各調査地点において採水を行い、質量分析法 (安定同位体比質量分析装置) により、硝酸 (NO₃) イオンに含まれる以下の安定同位体比を測定

- ・窒素安定同位体比 (14Nと15Nの存在比)
- ・酸素安定同位体比 (16Oと18Oの存在比)

なお、調査結果の表記については、δ記法 (特定の基準物質の安定同位体比に対する千分率偏差 (‰:パーミル)) による。

$$\delta^mX = (R_{\text{sample}} / R_{\text{ref}} - 1) \times 1000 \text{ [‰]}$$

R_{sample} : 試料中の^mX/ⁿX比 (モル比)

R_{ref} : 基準物質の^mX/ⁿX比 (モル比)

※酸素 (O) の基準物質は標準海水 (VSMOW)、窒素 (N) の基準物質は大気

^mX、ⁿX : 元素Xの安定同位体 (m>n)

②調査地点 (9箇所)

- ・河川水 (佐田川) : 1箇所 (寺内橋)
- ・地下水 : 6箇所 (I-21、No.5、野口、L-2、P-29、P-5)
- ・黄金川流入水源 : 2箇所 (A社、B社)

③調査日

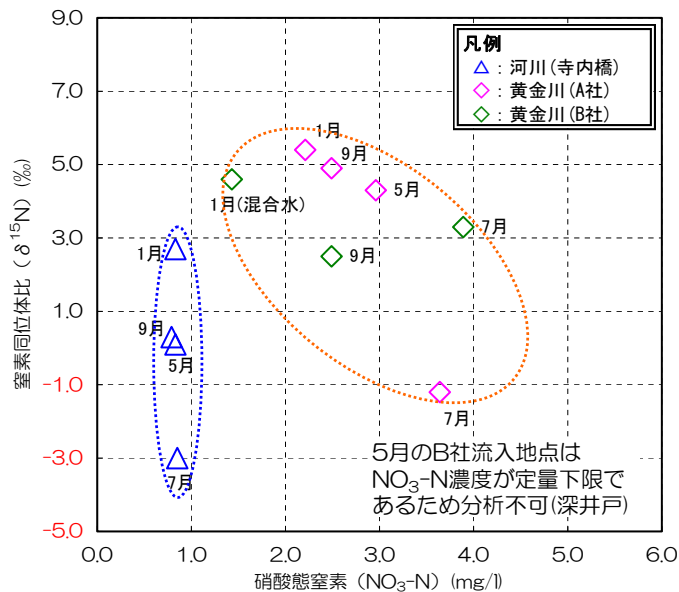
- ・かんがい期 : 2回 (7/21、9/8)
- ・非かんがい期 : 2回 (5/31、1/12)

2-4) 地下水の窒素起源と窒素循環について (調査位置図)

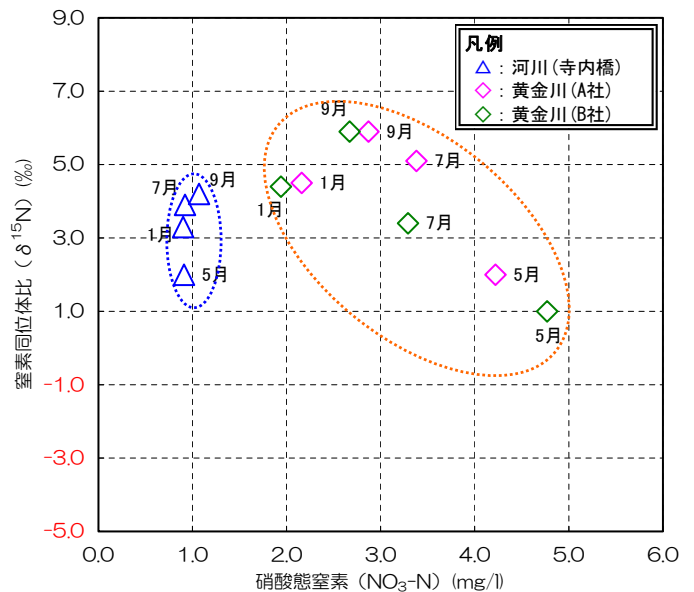


2-4) 地下水の窒素起源と窒素循環について (硝酸態窒素と窒素同位体比)

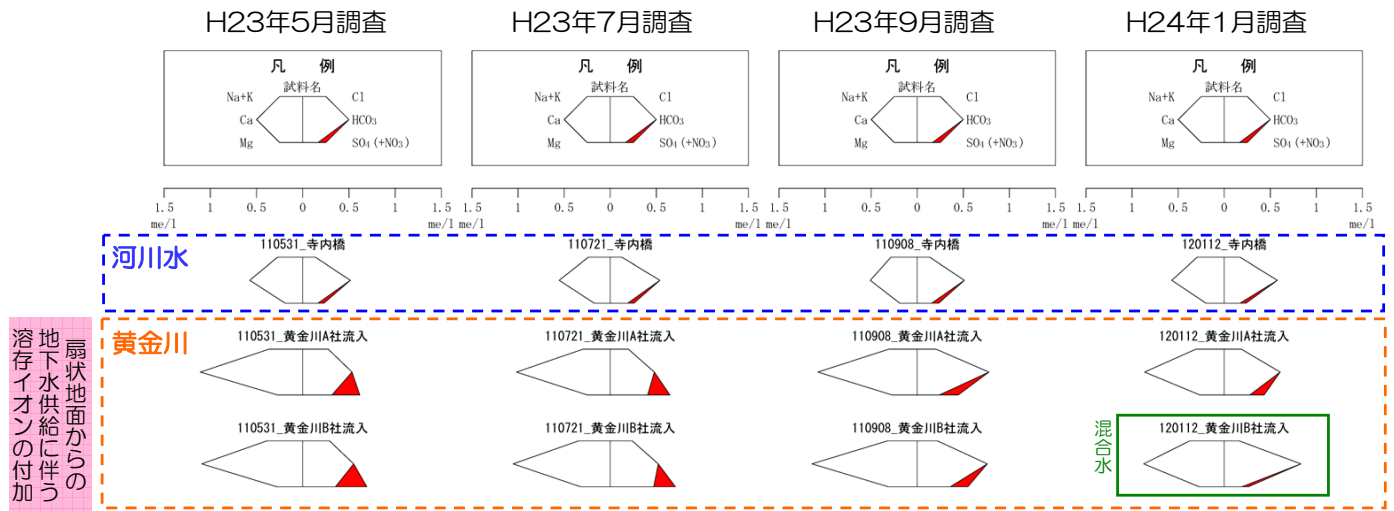
【平成22年度調査結果 (全期)】



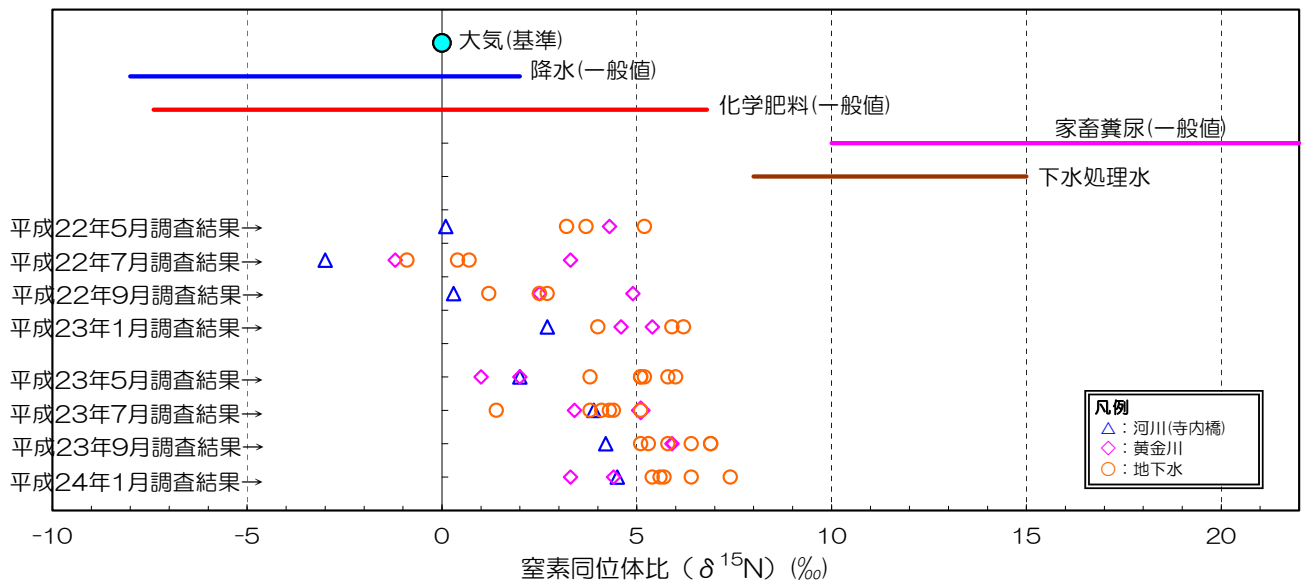
【平成23年度調査結果 (全期)】



- ◆ 「黄金川」の硝酸態窒素および窒素同位体比の値は、「河川水(寺内橋)」と異なった傾向を示す。
- ◆ 「河川水(寺内橋)」の硝酸態窒素の値は年変動が小さく、概ね一定の値を示すが、窒素同位体比の値は変動が大きい。
- ◆ 「黄金川」の硝酸態窒素および窒素同位体比の値は、2年間の調査結果から、概ね同様の位置にプロットされる。また、硝酸態窒素の値が高いと窒素同位体比の値は低く、硝酸態窒素の値が低いと窒素同位体比の値は高い傾向を示す。

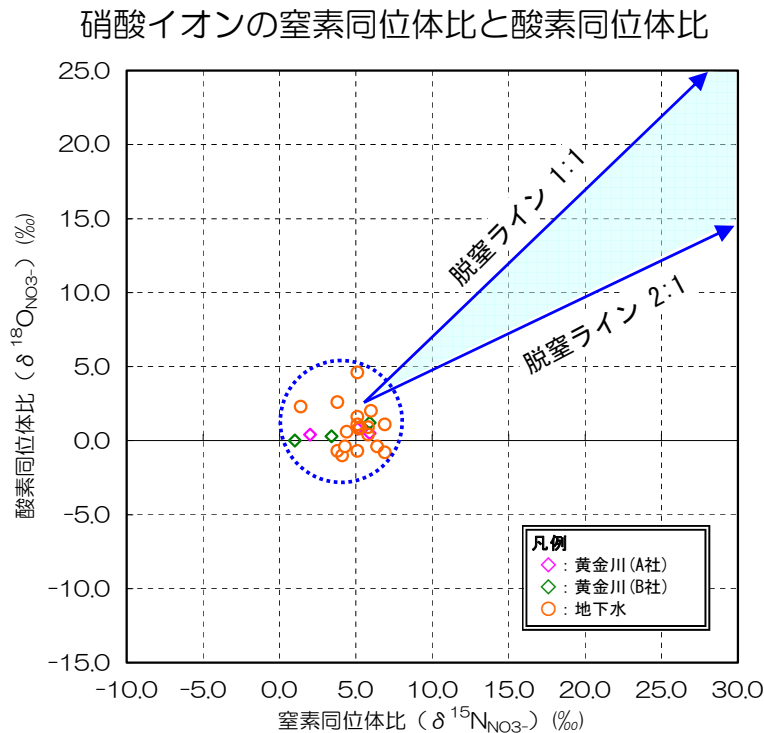


- ◆ 「黄金川」の水質組成（溶存成分）は、「河川水（寺内橋）」に比べ、カルシウム(Ca)イオン、硫酸(SO₄)イオン、硝酸(NO₃)イオンの含有量が多い。
- ◆ これは、扇状地から地下水が供給される間に、扇状地での営農活動などに伴い、溶存成分が付加されたものと考えられる。



降水、化学肥料、家畜糞尿、下水処理水のδ15N値は「硝酸性窒素による地下水汚染対策の手引き」より引用

- ◆ 「地下水」および「黄金川」の窒素同位体比は、概ね「化学肥料（一般値）」の範囲にプロットされる。
- ◆ 「河川水（寺内橋）」の窒素同位体比の値は変動が大きい。



◆硝酸 (NO_3^-) イオンの窒素同位体比および酸素同位体比の調査結果からは、「脱窒」の傾向は見られない。

2-5) 地下水のまとめ

- ◆佐田川左岸扇状地の地下水については、平成23年度までの調査結果から、概ね、以下の事項について判明している。
1. 第一帯水層の地下水位は、非かんがい期～かんがい期には上昇し、かんがい期～非かんがい期には下降する。地下水位が上昇する要因としては、扇状地面への「かんがい」や「降雨」によるかん養（地下水供給）が考えられ、「かんがい」の影響（効果）が相対的に大きいと考えられる。
 2. 黄金川は、地下水の尾根形状に挟まれた地下水谷に位置しており、その主たるかん養域は「扇状地扇央」であると考えられる。
 3. 環境同位体および溶存イオンの調査結果から、「地下水」および「黄金川水源」は「佐田川河川水」と異なった傾向を示す。これは、扇状地面での営農活動などの影響を受けた水が地下水へ供給されていることによるものと考えられる。
 4. 窒素同位体比の調査結果から、「地下水」および「黄金川水源」の窒素供給源は主に「化学肥料」と考えられる。
- ◆また、平成23年度に新たに取り組んだ調査・検討結果については、以下のとおりである。
5. 硝酸(NO_3^-)イオンの窒素同位体比および酸素同位体比の調査結果からは、「脱窒」の傾向は見られない。
 6. 地下水流動シミュレーションの現況再現状況については、扇状地全体の地下水面の再現性に課題が残っている。今回構築したモデルや同定パラメータの設定値などについて、再現性を向上させるための検討を引き続き実施する。

(3) スイゼンジノリについて（中間報告）

- 1) 佐田川およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果
- 2) スイゼンジノリ生育環境調査結果
- 3) スイゼンジノリのまとめ

3-1) 佐田川およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果

①水質測定項目

区分	項目	指標値	区分	項目	指標値	
現地観測項目	気温	—	イオン項目	ナトリウムイオン (Na ⁺)	—	
	水温	15~25℃		カリウムイオン (K ⁺)	—	
生活環境項目	pH	6.5~7.5		マグネシウムイオン (Mg ²⁺)	—	
	DO	—		カルシウムイオン (Ca ²⁺)	—	
	BOD	—		硝酸イオン (NO ₃ ⁻)	—	
	COD	—		塩化物イオン (Cl ⁻)	—	
	SS	—		硫酸イオン (SO ₄ ²⁻)	—	
	大腸菌群数	—		炭酸水素イオン (HCO ₃ ⁻)	—	
	総窒素 (T-N)	4.0mg/l以下		その他	鉄	—
	総リン (T-P)	0.02mg/l以下			溶存およびコロイド状シリカ	—
			濁度		—	
	富栄養化項目	アンモニウム態窒素 (NH ₄ -N)				
亜硝酸態窒素 (NO ₂ -N)						
硝酸態窒素 (NO ₃ -N)		4.0mg/l以下				
有機態窒素 (O-N)						
溶解性オルトリン酸態リン (DPO ₄ -P)						

: 生育関係項目
 ※委員からの指導に基づき、スイゼンジノリの生育に関係すると考えられる水質項目

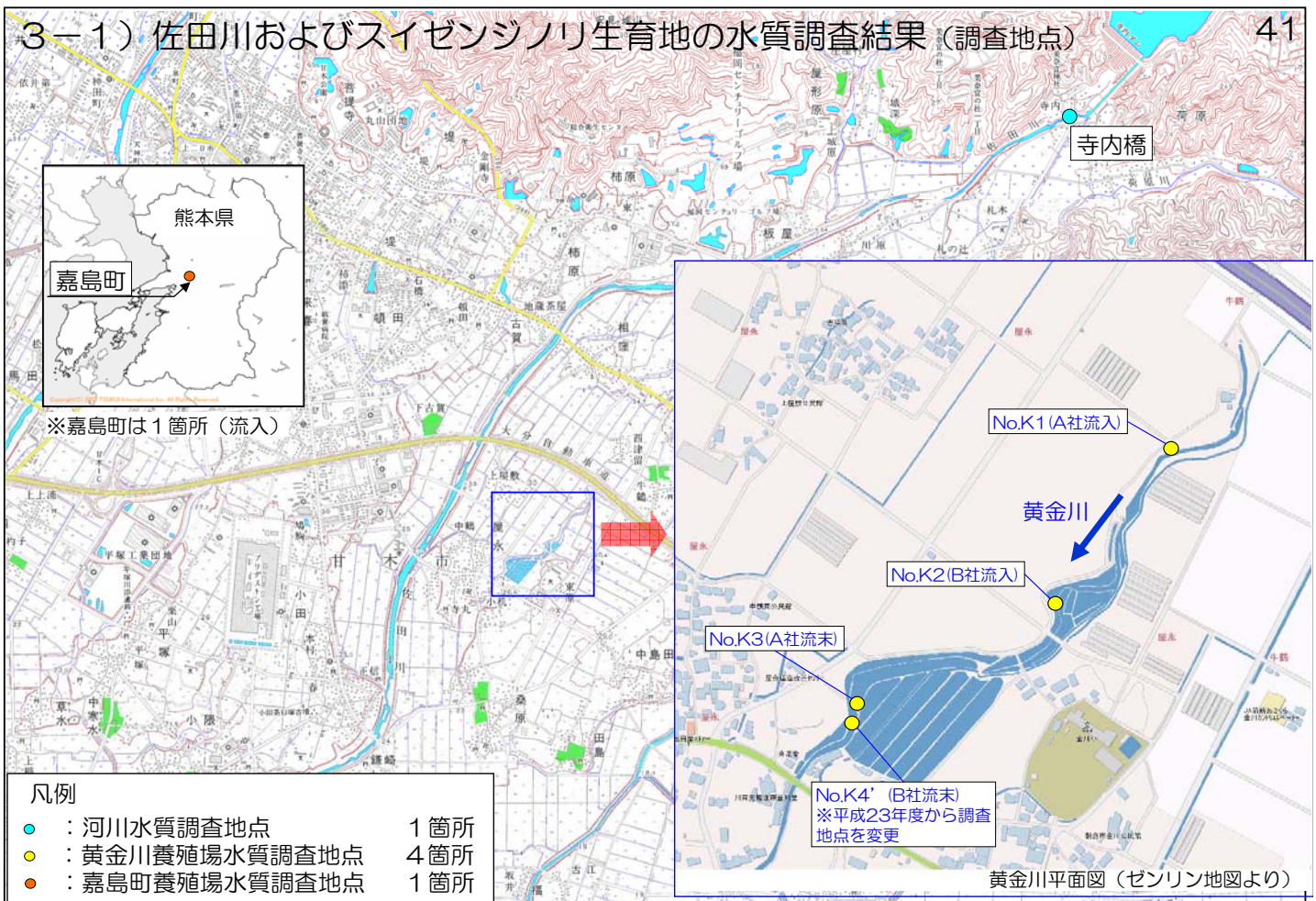
②水質測定箇所

- ・ 佐田川（寺内橋） 1箇所
 - ・ 黄金川（流入2箇所、流末2箇所） 4箇所
 - ・ 熊本県（嘉島町（流入）） 1箇所
- 計 6箇所

③調査日

項目	平成23年								平成24年		
	5/31	6/30	7/21	8/18	9/8	10/13	11/10	12/15	1/12	2/9	3/1
現地観測項目	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
生活環境項目	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
富栄養化項目	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
イオン項目	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
その他	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※平成23年5月の嘉島町調査は26日に実施



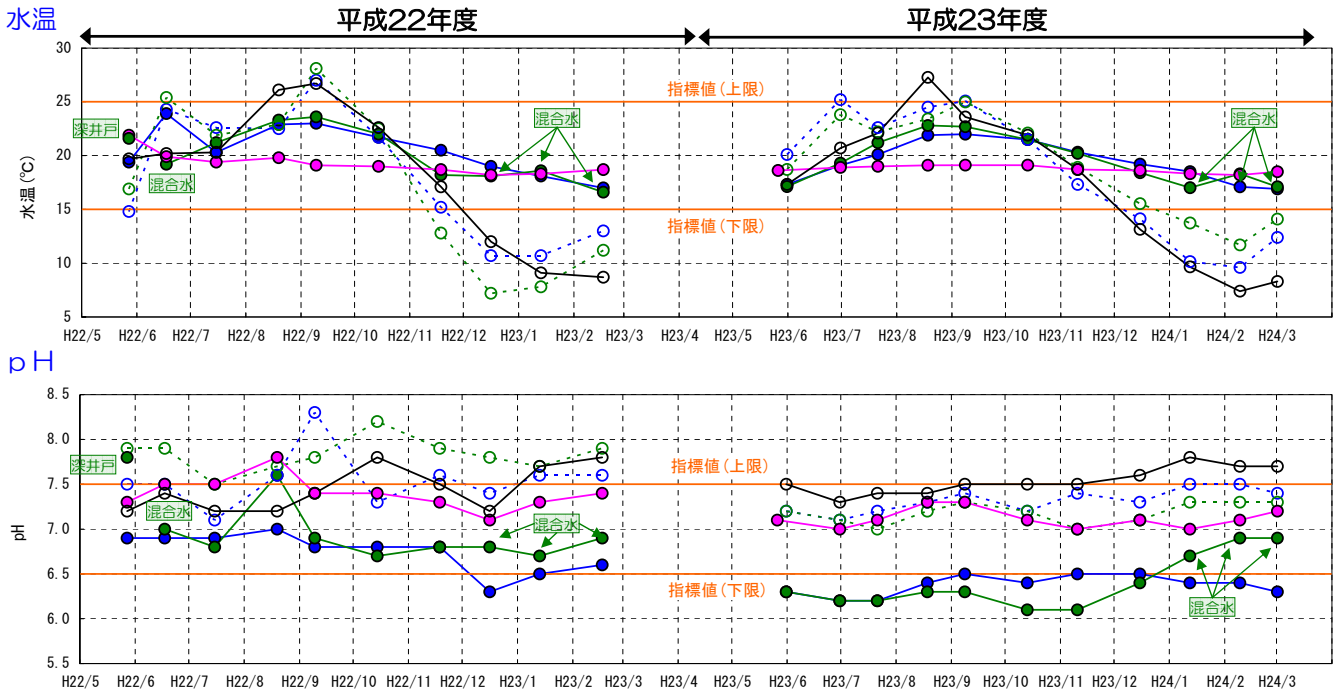


A社およびB社流入地点の採水状況

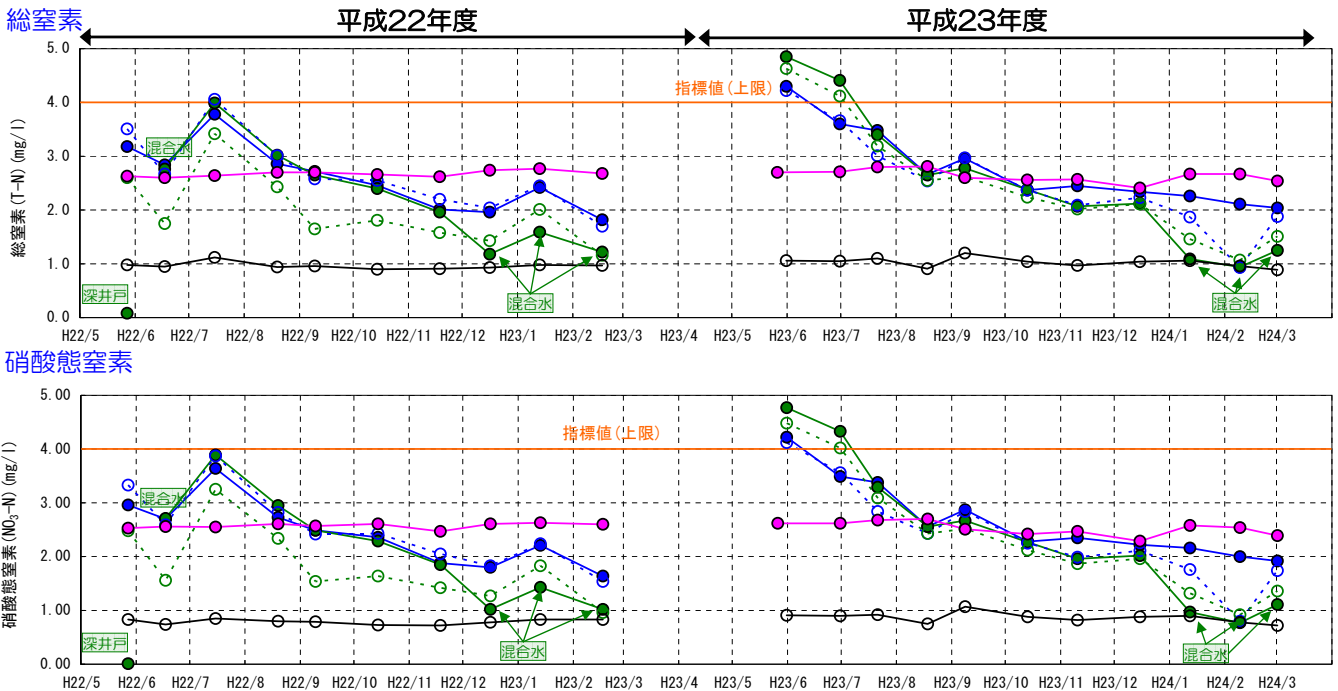
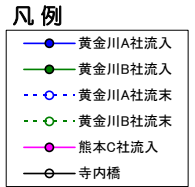
調査日	A社水源(ポンプ稼働)状況			B社水源(ポンプ稼働)状況		備考
	A-1 (浅井戸)	A-2 (浅井戸)	A-3 (浅井戸)	B-1 (浅井戸)	B-2 (深井戸)	
平成23年5月31日	停止	稼働	停止	稼働	停止	
平成23年6月30日	停止(湧出)	停止	停止	稼働	停止	A社はA-1の湧出水を採水
平成23年7月21日	停止(湧出)	停止	停止	稼働	停止	A社はA-1の湧出水を採水
平成23年8月18日	停止	稼働	停止	稼働	停止	
平成23年9月8日	停止	稼働	停止	稼働	停止	
平成23年10月13日	停止	稼働	稼働	稼働	停止	
平成23年11月10日	停止	稼働	停止	稼働	停止	
平成23年12月15日	停止	稼働	停止	稼働	停止	
平成24年1月12日	停止	稼働	停止	稼働	稼働	B社はB-1とB-2の混合水を採水
平成24年2月9日	停止	稼働	停止	稼働	稼働	B社はB-1とB-2の混合水を採水
平成24年3月1日	稼働	稼働	停止	稼働	稼働	B社はB-1とB-2の混合水を採水

：A社及びB社の流入地点採水箇所

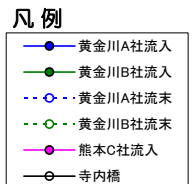
- ◆A社流入地点の採水は、A-2地点での採水を基本とし、揚水ポンプが稼働していない6,7月はA-1地点の湧出水を採水した。
- ◆B社流入地点の採水については、B-1(浅井戸)およびB-2(深井戸)の両方の揚水ポンプが稼働している場合は混合水を採水した。

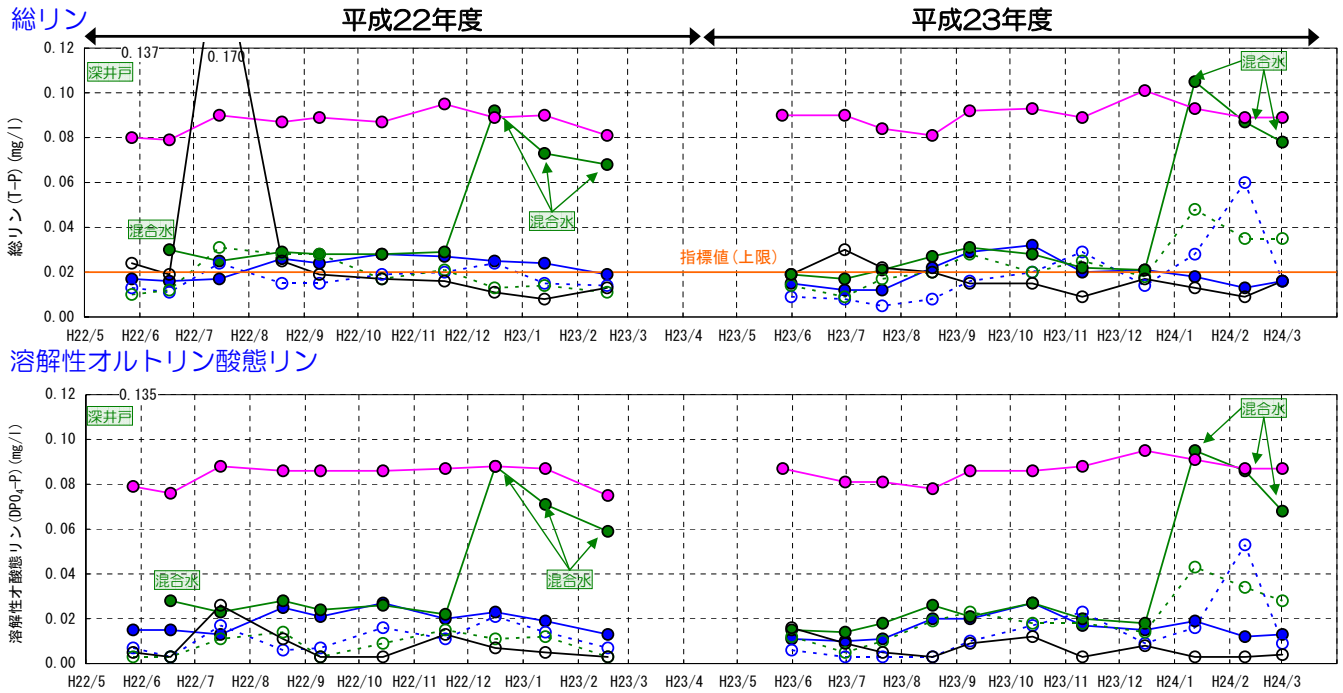


- ◆スイゼンジノリ生育地の流入地点水温は、指標値の範囲内にある。黄金川養殖場の流末地点水温は、夏季および冬季に指標値を外れる。
- ◆黄金川養殖場のpHは、流入地点→流末地点でアルカリ側に変化している。

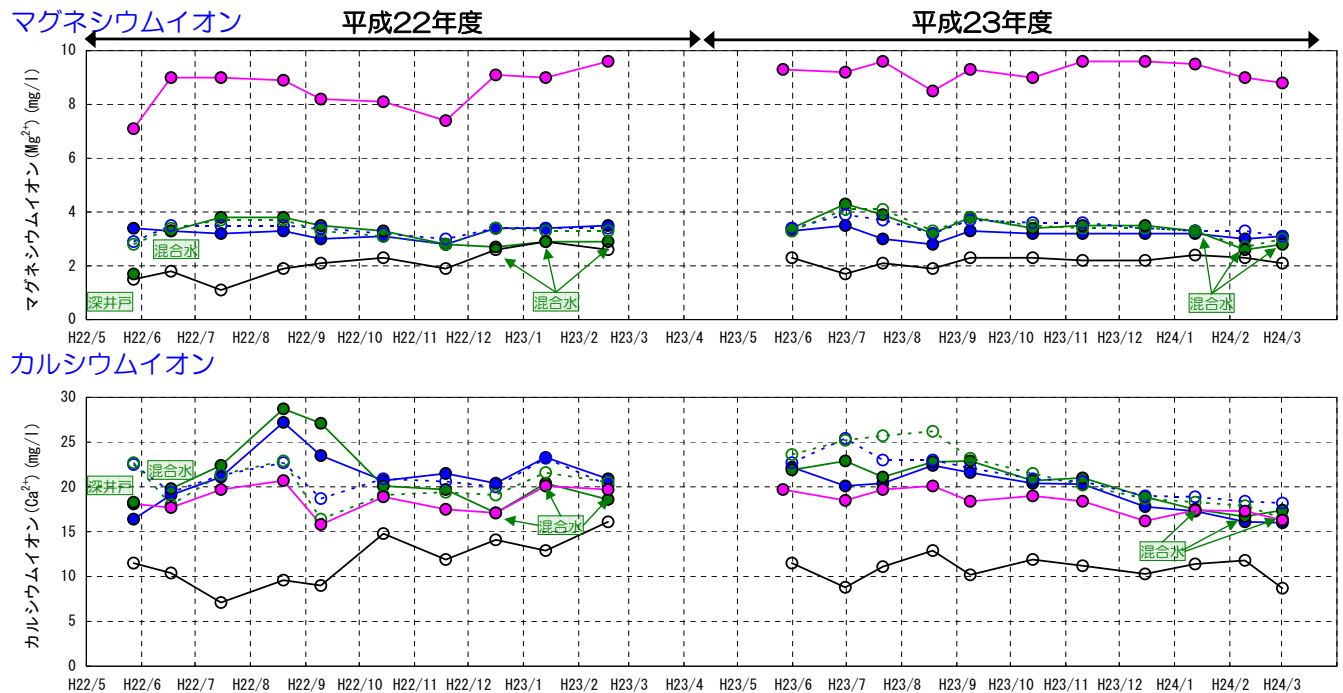
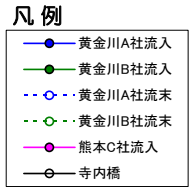


- ◆黄金川養殖場の総窒素(T-N)および硝酸態窒素(NO₃-N)の値は、春季から夏季にかけて高くなる傾向が見られる。また、河川(寺内橋)に比べ高い。
- ◆黄金川B社養殖場では、深井戸水を利用している場合、流入地点の総窒素(T-N)および硝酸態窒素(NO₃-N)の値が低くなる。

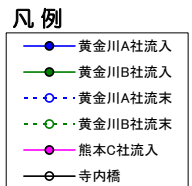


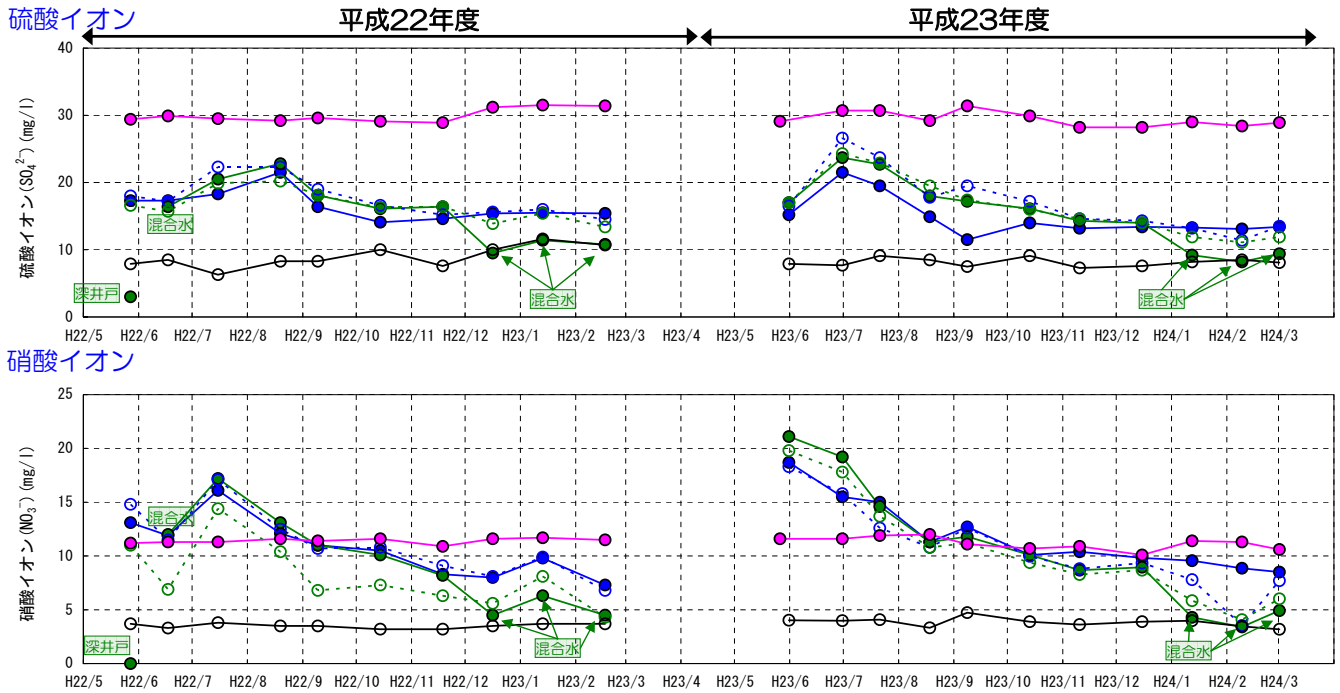


- ◆黄金川養殖場流入地点の総リン(T-P)は、概ね指標値の上限付近にある。嘉島町養殖場流入地点の総リン(T-P)は、指標値の4倍程度である。
- ◆黄金川養殖場流入地点の総リン(T-P)に占める溶解性オ尔特リン酸態リン(DPO₄-P)の割合は、河川(寺内橋)に比べ高い。
- ◆黄金川B社養殖場では、深井戸水を利用している場合、流入地点の総リン(T-P)および溶解性オ尔特リン酸態リン(DPO₄-P)の値が高くなる。

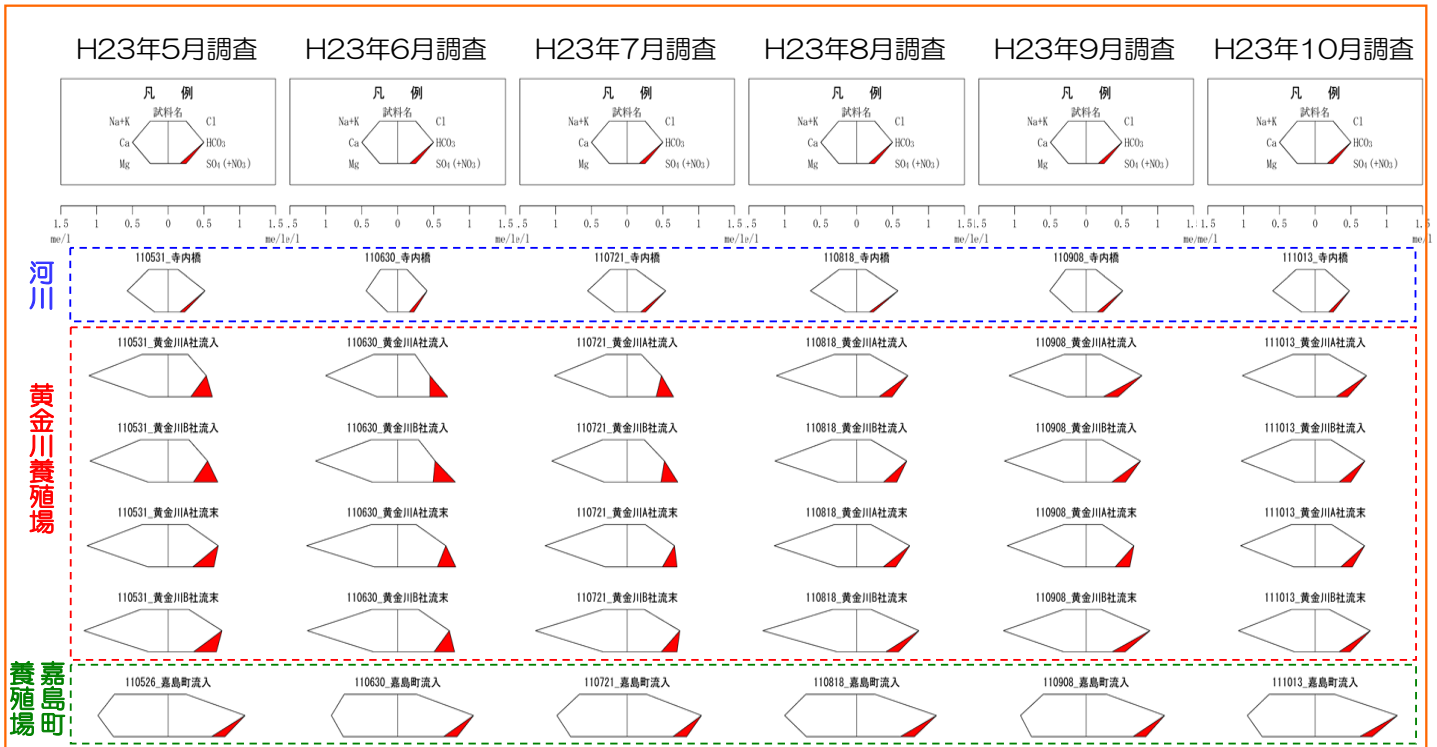
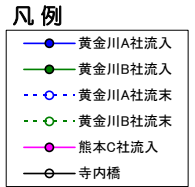


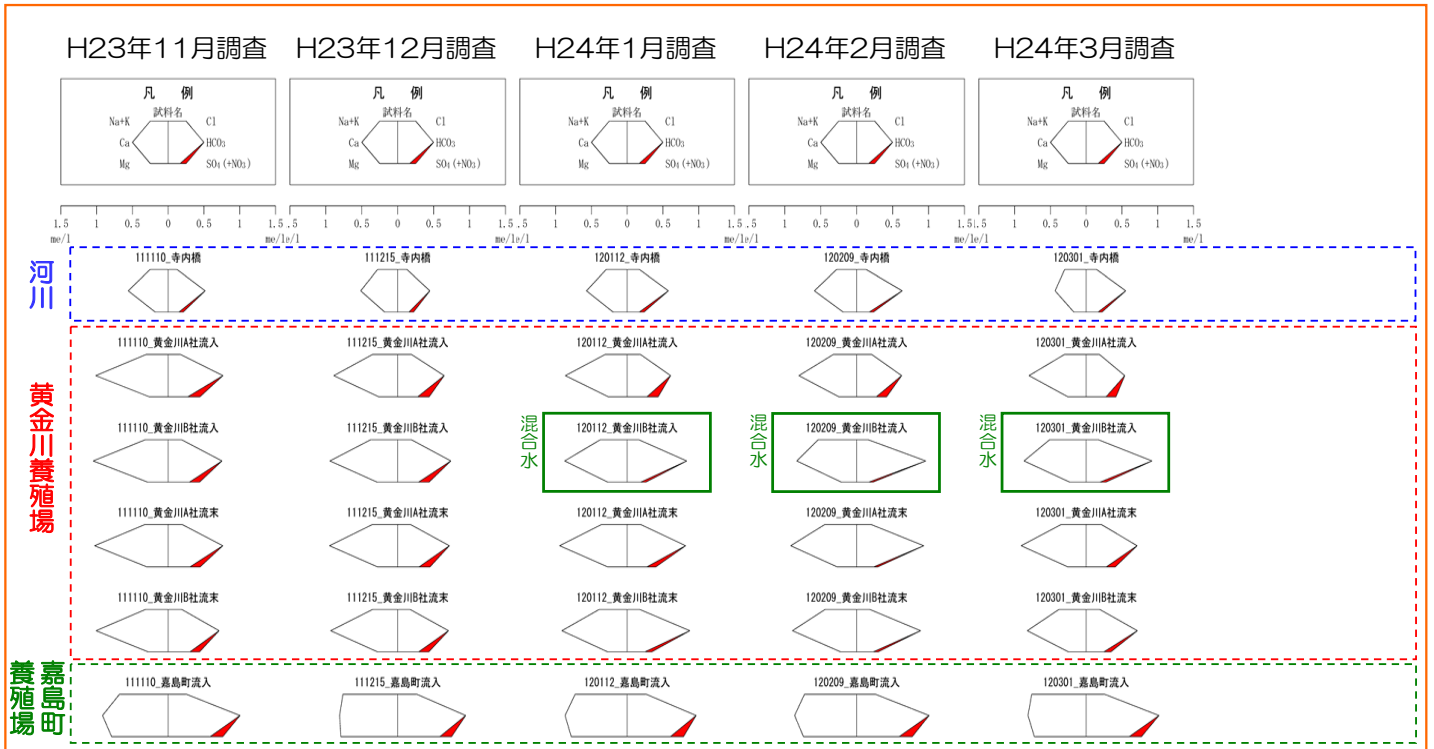
- ◆嘉島町養殖場のマグネシウム(Mg)イオンは、黄金川養殖場の2倍程度である。
- ◆黄金川養殖場のカルシウム(Ca)イオンは、河川(寺内橋)に比べ高い。





- ◆黄金川養殖場の硫酸(SO₄)イオンおよび硝酸(NO₃)イオンの値は、河川(寺内橋)に比べ高い。嘉島町養殖場の硫酸(SO₄)イオンの値は、黄金川養殖場の1.5倍程度である。
- ◆黄金川養殖場の硫酸(SO₄)イオンの値は、夏季に高くなる傾向が見られる。
- ◆黄金川養殖場の硝酸(NO₃)イオンの値は春季から夏季にかけて高くなる傾向が見られる。
- ◆黄金川B社養殖場では、深井戸水を利用している場合、流入地点の硫酸(SO₄)イオンおよび硝酸(NO₃)イオンの値が低くなる。





◆「黄金川養殖場」の水質組成(溶存成分)は、「河川水(寺内橋)」に比べ、カルシウム(Ca)イオン、硫酸(SO₄)イオンおよび硝酸(NO₃)イオンの含有量が多い。

3-2) スイゼンジノリ生育環境調査について

①調査箇所

- ・黄金川A社養殖場 2箇所
- ・黄金川B社養殖場 2箇所
- 計 4箇所 (1箇所につき3個の調査枠を設置)

②調査日

- 春季調査: H23/6/1~6/29 (調査回数: 7回)
- 夏季調査: H23/7/22~8/19 (調査回数: 7回)
- 秋季調査: H23/10/14~11/11 (調査回数: 7回)
※B社養殖場は10/14に水源ポンプが故障したため10/19から調査開始
- 冬季調査: H24/1/13~2/10 (調査回数: 7回)

10/14のB社水源ポンプ故障状況



③調査内容

- ・スイゼンジノリ湿重量測定
※1箇所のスイゼンジノリ湿重量は3個の調査枠の平均値とした
- ・物理的環境調査 (水深、流速)
- ・現地水質調査 (水温、pH、DO、EC)
- ・スイゼンジノリ色素等分析 (クロロフィルa、フィコビルン色素、含水量、元素分析)
※色素等分析は季別調査の開始時および終了時に実施
※開始時はA社・B社毎に3試料を分析
※終了時は各調査枠毎に分析 (各調査箇所にて3試料を分析)
(B社の秋季調査分は各調査箇所にて1試料のみ分析)

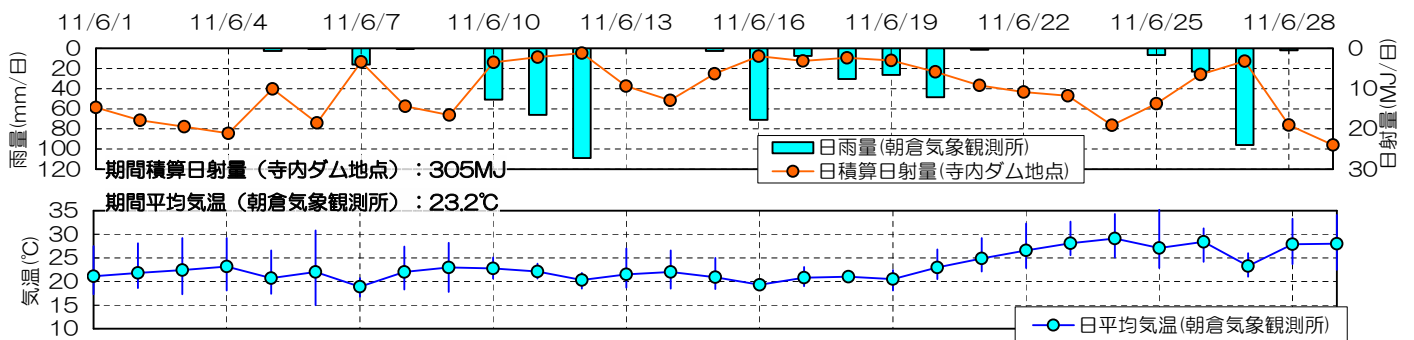
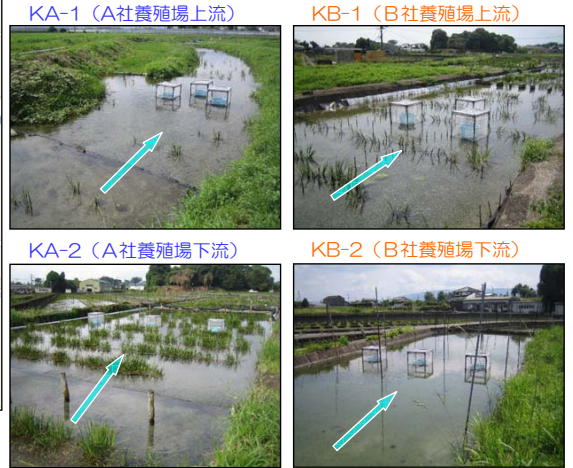
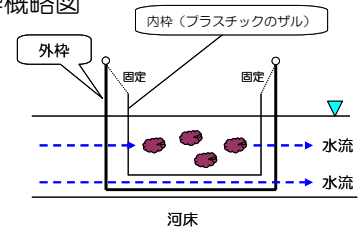


生育環境調査位置図



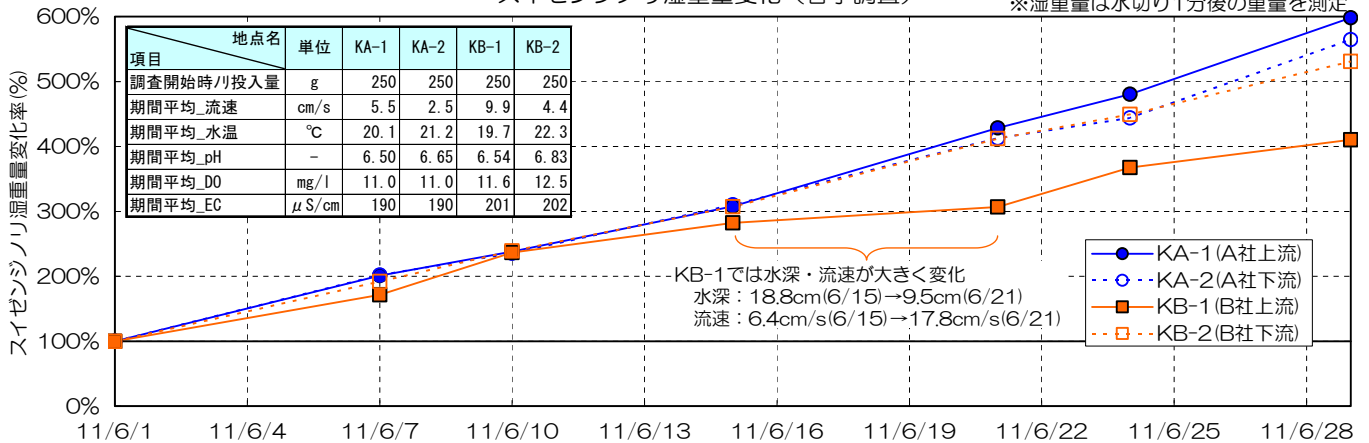
調査枠設置状況

調査枠概略図

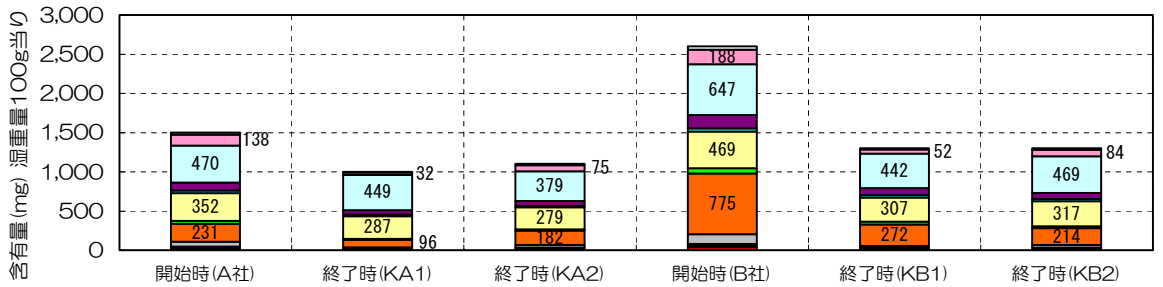


スイゼンジノリ湿重量変化 (春季調査)

※湿重量は水切り1分後の重量を測定

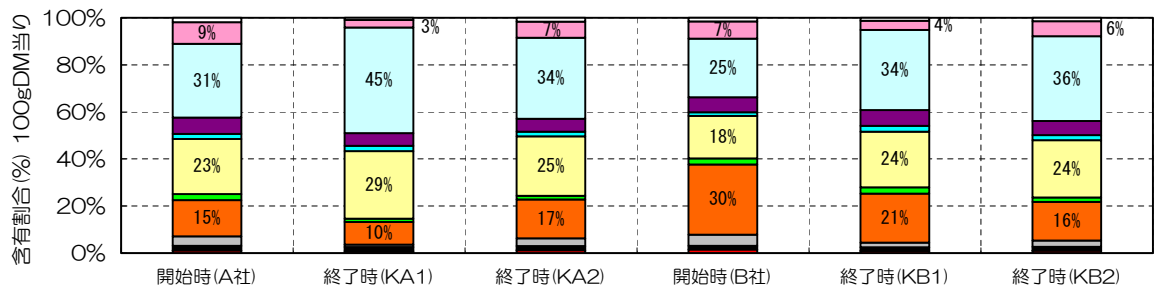


春季調査



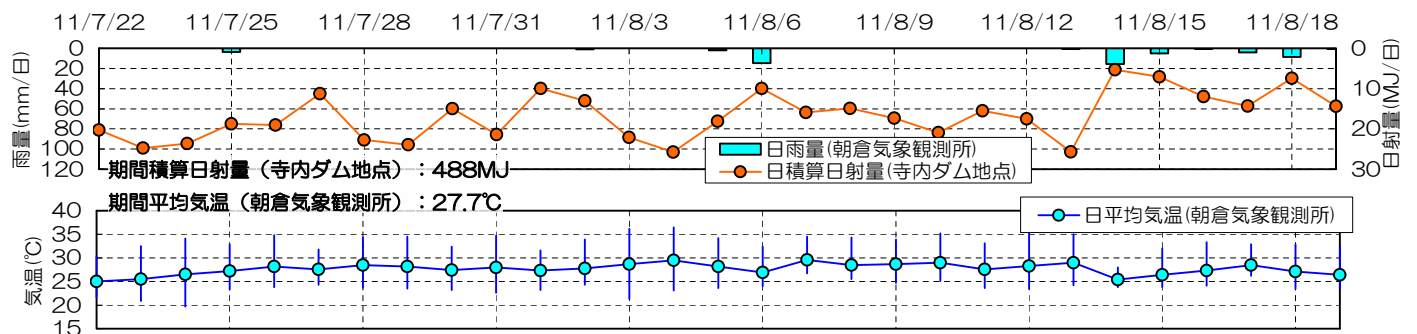
【凡例】

- その他
- Fe(鉄)
- Ca(カルシウム)
- K(カリウム)
- Cl(塩素)
- S(硫黄)
- P(リン)
- Si(ケイ素)
- Al(アルミニウム)
- Mg(マグネシウム)
- Na(ナトリウム)



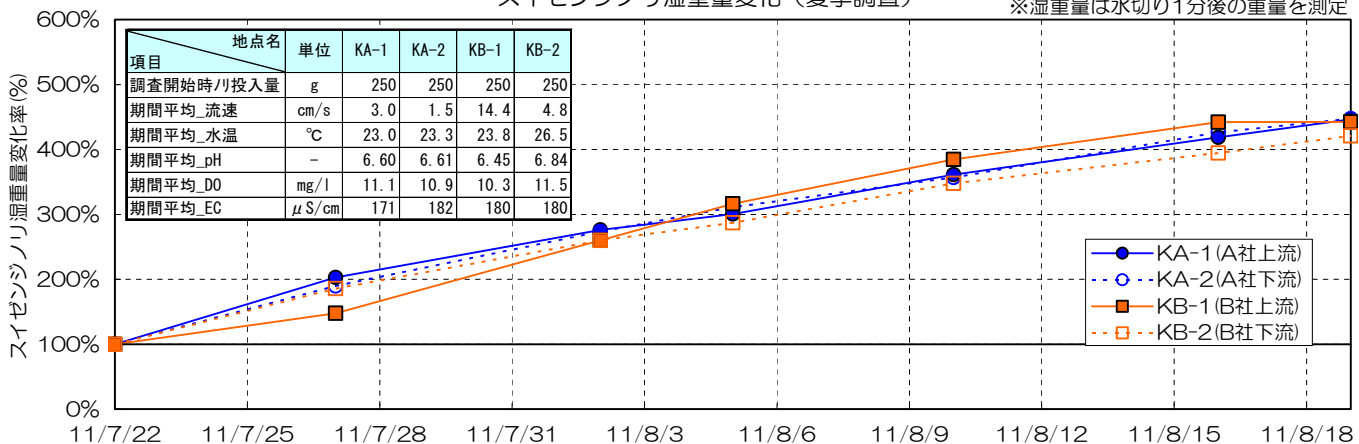
項目	単位	A社養殖場			B社養殖場		
		調査開始時 (H23/6/1)	調査終了時(KA1) (H23/6/29)	調査終了時(KA2) (H23/6/29)	調査開始時 (H23/6/1)	調査終了時(KB1) (H23/6/29)	調査終了時(KB2) (H23/6/29)
含水量	g/100g	98.5	99.0	98.9	97.4	98.7	98.7
クロロフィルa	mg/100g	6.5	3.4	4.5	10.6	5.4	4.5
フィコシアニン	g/100g	0.02	<0.01	0.01	0.03	0.01	<0.01
フィコエリトリン	g/100g	0.02	<0.01	0.01	0.03	0.02	0.01

※1. 分析結果は3試料の平均値 ※2. 「100g DM」は乾燥重量100gを示す

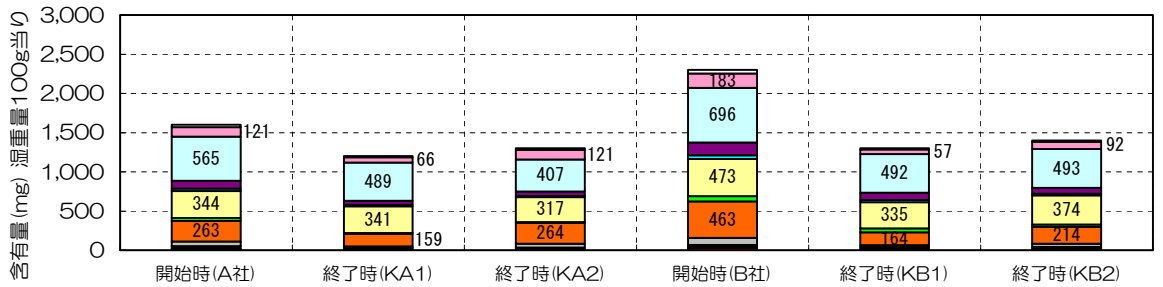


スイゼンジノリ湿重量変化 (夏季調査)

※湿重量は水切り1分後の重量を測定

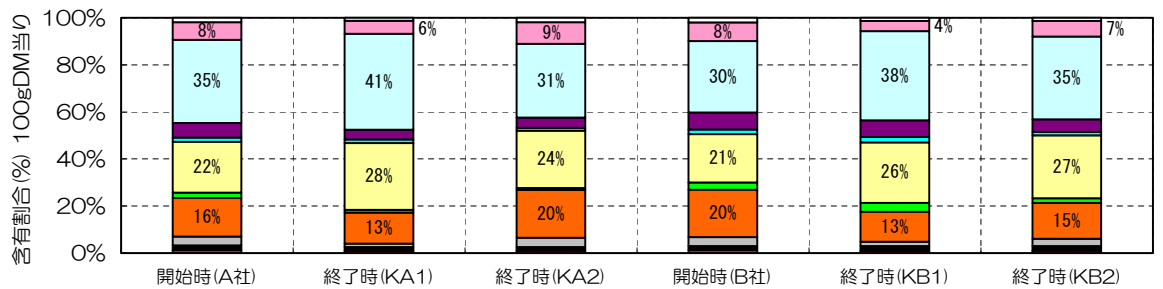


夏季調査



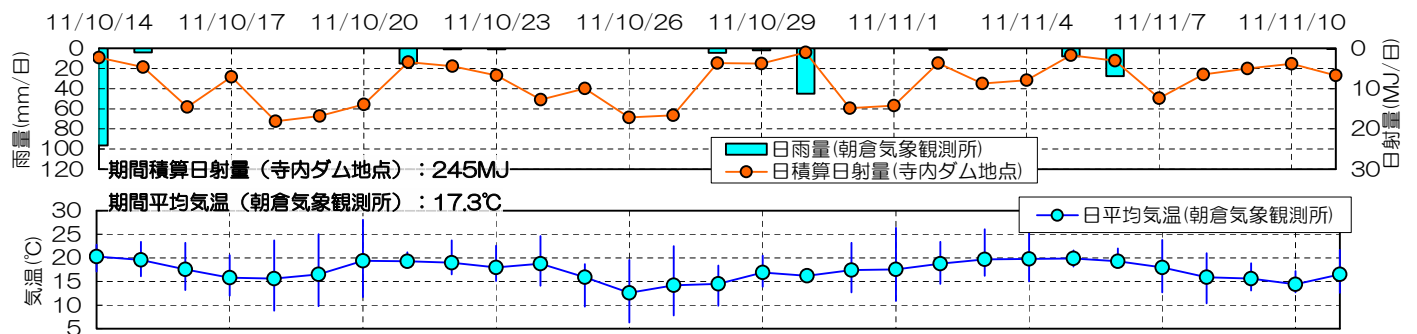
【凡例】

- その他
- Fe(鉄)
- Ca(カルシウム)
- K(カリウム)
- Cl(塩素)
- S(硫黄)
- P(リン)
- Si(ケイ素)
- Al(アルミニウム)
- Mg(マグネシウム)
- Na(ナトリウム)



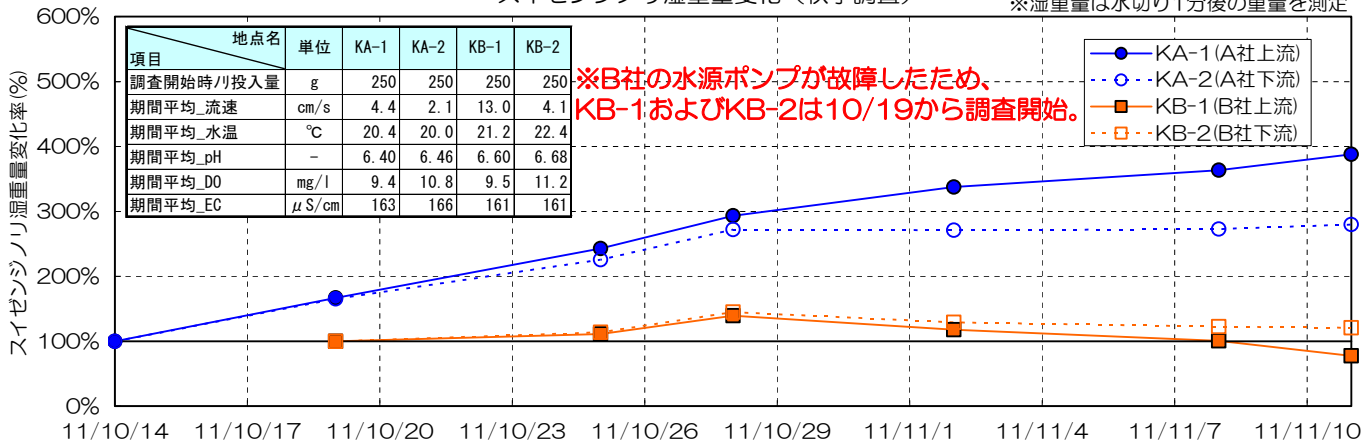
項目	単位	A社養殖場			B社養殖場		
		調査開始時 (H23/7/22)	調査終了時(KA1) (H23/8/19)	調査終了時(KA2) (H23/8/19)	調査開始時 (H23/7/22)	調査終了時(KB1) (H23/8/19)	調査終了時(KB2) (H23/8/19)
含水量	g/100g	98.4	98.8	98.7	97.7	98.7	98.6
クロロフィルa	mg/100g	5.5	1.9	2.9	11.9	5.4	5.0
フィコシアニン	g/100g	0.02	<0.01	<0.01	0.04	0.02	0.01
フィコエリトリン	g/100g	0.02	<0.01	<0.01	0.05	0.02	0.02

※1. 分析結果は3試料の平均値 ※2. 「100g DM」は乾燥重量100gを示す

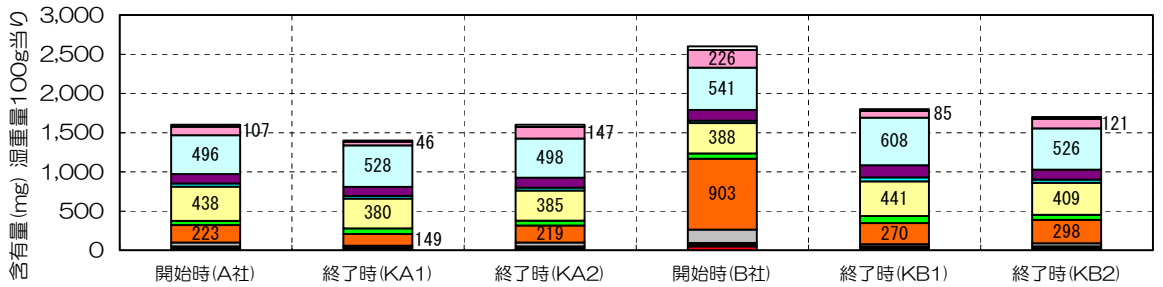


スイゼンジノリ湿重量変化 (秋季調査)

※湿重量は水切り1分後の重量を測定

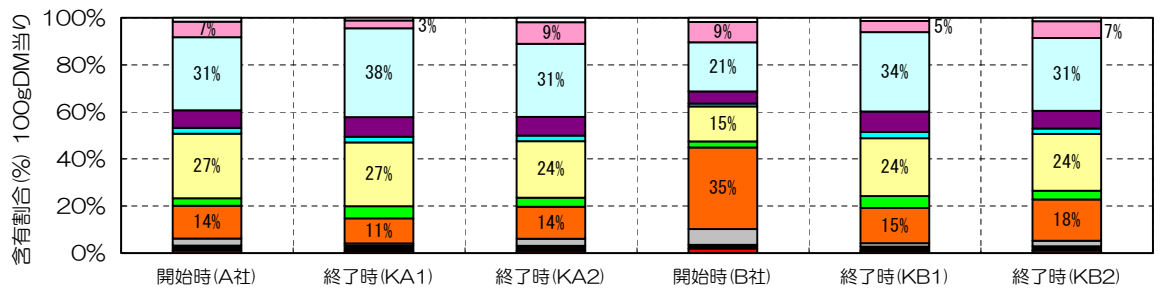


秋季調査



【凡例】

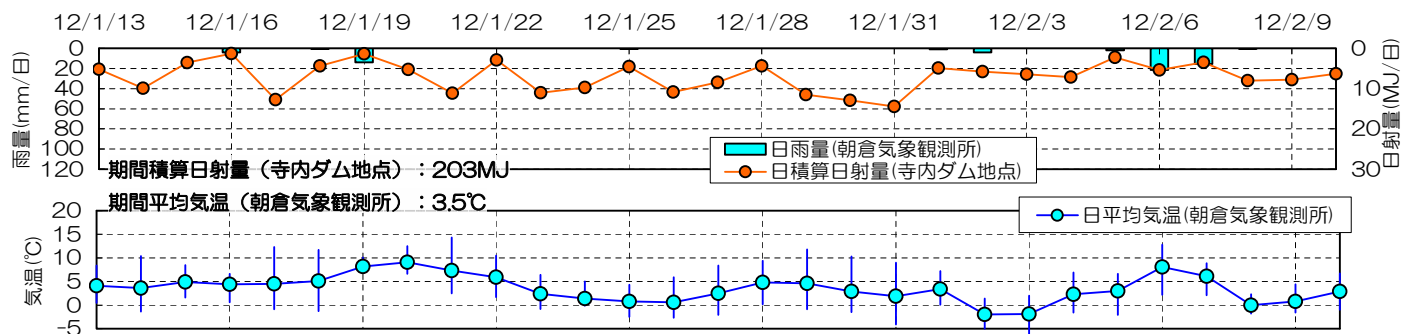
- その他
- Fe(鉄)
- Ca(カルシウム)
- K(カリウム)
- Cl(塩素)
- S(硫黄)
- P(リン)
- Si(ケイ素)
- Al(アルミニウム)
- Mg(マグネシウム)
- Na(ナトリウム)



項目	単位	A社養殖場			B社養殖場		
		調査開始時 (H23/10/14)	調査終了時(KA1) (H23/11/11)	調査終了時(KA2) (H23/11/11)	調査開始時 (H23/10/19)	調査終了時(KB1) (H23/11/11)	調査終了時(KB2) (H23/11/11)
含水量	g/100g	98.4	98.6	98.4	97.4	98.2	98.3
クロロフィルa	mg/100g	7.7	5.2	8.1	9.7	7.3	7.4
フィコシアニン	g/100g	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
フィコエリトリン	g/100g	0.02	0.02	0.02	0.04	0.03	0.02

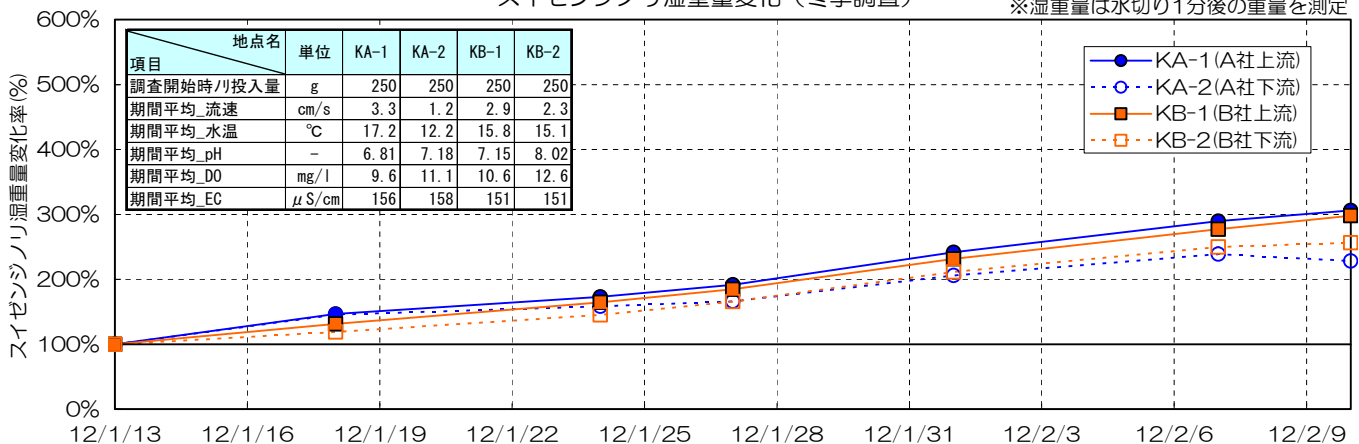
※1. 分析結果は3試料の平均値 (KB1,KB2の調査終了時は1試料の分析値) ※2. 「100g DM」は乾燥重量100gを示す

3-2) スイゼンジノリ生育環境調査について (湿重量変化：冬季調査(H24/1/13~2/10))

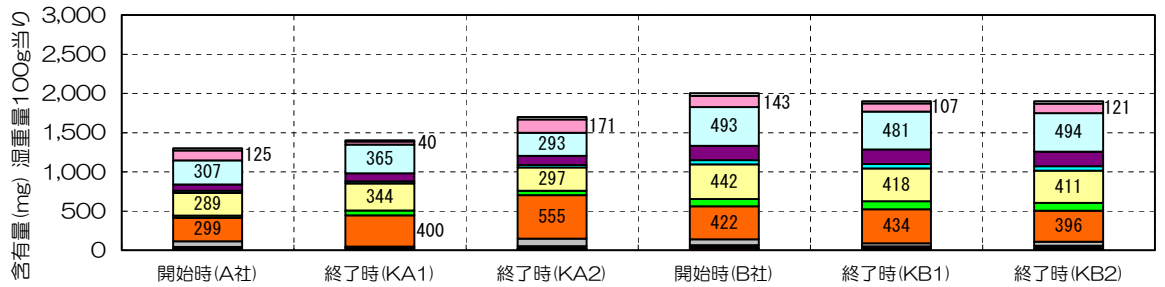


スイゼンジノリ湿重量変化 (冬季調査)

※湿重量は水切り1分後の重量を測定

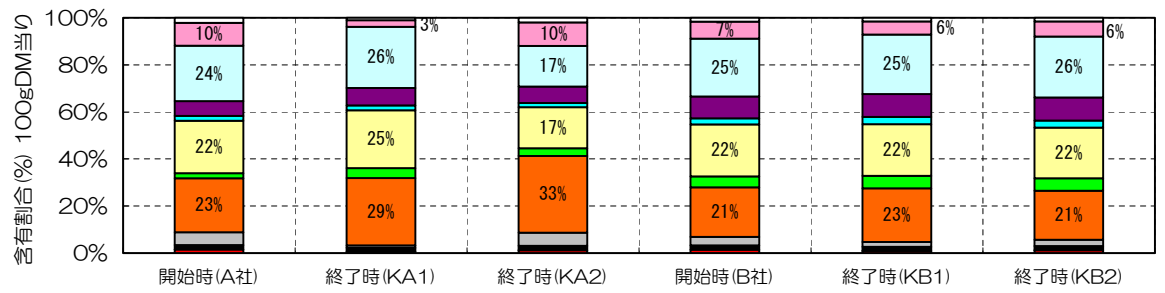


冬季調査



【凡例】

- その他
- Fe(鉄)
- Ca(カルシウム)
- K(カリウム)
- Cl(塩素)
- S(硫黄)
- P(リン)
- Si(ケイ素)
- Al(アルミニウム)
- Mg(マグネシウム)
- Na(ナトリウム)

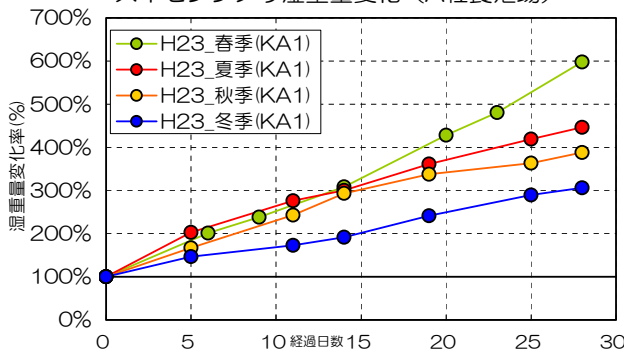


項目	単位	A社養殖場			B社養殖場		
		調査開始時 (H24/1/13)	調査終了時(KA1) (H24/2/10)	調査終了時(KA2) (H24/2/10)	調査開始時 (H24/1/13)	調査終了時(KB1) (H24/2/10)	調査終了時(KB2) (H24/2/10)
含水量	g/100g	98.7	98.6	98.3	98.0	98.1	98.1
クロロフィルa	mg/100g	5.4	5.7	8.1	10.4	13.4	14.2
フィコシアニン	g/100g	0.02	0.02	0.03	0.03	0.05	0.04
フィコエリトリン	g/100g	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04

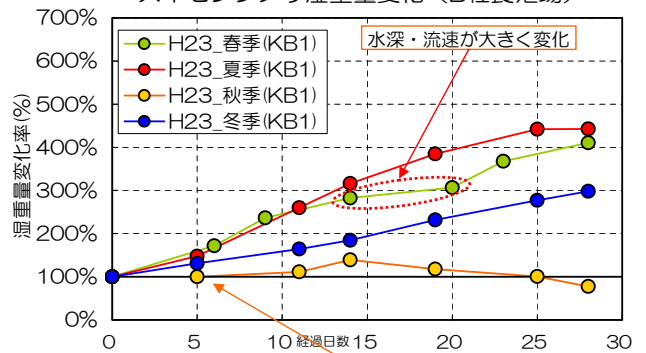
※1. 分析結果は3試料の平均値 ※2. 「100g DM」は乾燥重量100gを示す

3-2) スイゼンジンリ生育環境調査について

スイゼンジンリ湿重量変化 (A社養殖場)



スイゼンジンリ湿重量変化 (B社養殖場)



上流側

下流側

- ◆ A社のスイゼンジンリ湿重量は、各季で2倍～6倍に増加し、調査地点にかかわらず春季>夏季>秋季>冬季の順に増加率が低下した。下流の調査地点の増加率は、上流の調査地点に比べ、秋季・冬季に低くなる傾向が見られた。
- ◆ B社のスイゼンジンリ湿重量は、秋季を除き、2倍～5倍に増加した。上流の調査地点は春季・秋季を除き、A社と同程度の増加率となった。下流の調査地点も、秋季を除き、A社と同程度の増加率となった。
- ◆ B社の上流の調査地点(春季)では、調査期間中に水深・流速が大きく変化した。また、秋季の調査では、水源ポンプの故障により、調査開始が5日遅れ、調査期間も5日短くなった。

3-2) スイゼンジノリ生育環境調査について (湿重量増加量と各項目の相関) 62

・調査期間中に水深・流速が大きく変化したKB1(春季)および調査開始が遅れたKB1,2(秋季)を除いた調査結果を用いて、スイゼンジノリの湿重量増加量(日当たり増加量)と水質・物理環境等との相関分析を行った。

1. スイゼンジノリ湿重量増加量と水質・物理環境との相関

区分	現地水質(期間平均)				物理環境(期間平均)	採水分析値(調査開始時・終了時の平均)											
	水温	pH	DO	EC	平均流速	硝酸態窒素	溶解性オルトリン酸態リン	溶存及びコロイド状シリカ	ナトリウムイオン	カリウムイオン	マグネシウムイオン	カルシウムイオン	硝酸イオン	塩化物イオン	硫酸イオン	炭酸水素イオン	
						NO ₃ -N	DPO ₄ -P	S-SiO ₂	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	
相関係数(n=13) ※KB1(春)とKB1,2(秋)を除く	0.66	-0.53	0.10	0.90	0.31	0.93	-0.58	-0.75	-0.41	0.65	0.47	0.70	0.93	0.79	0.78	-0.66	
母集団の無相関検定 ※p<5%で有意と判定	p(%)	0.0%	2.2%	0.5%	0.0%	0.2%	0.0%	2.3%	2.9%	1.8%	0.0%	0.1%	0.0%	0.0%	0.0%	2.6%	
		有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	有意	

※KA1の採水分析値はA社流入地点、KA2の採水分析値はA社流末地点の水質調査結果を用いた

※KB1の採水分析値はB社流入地点、KB2の採水分析値はB社流末地点の水質調査結果を用いた

※着色セルは|相関係数|≥0.7

2. スイゼンジノリ湿重量増加量と含水量・含有色素・含有元素との相関

区分	含水量	含有色素			含有元素										
		クロロフィルa	フィコシアニン	フィコエリトリン	ナトリウム	マグネシウム	アルミニウム	ケイ素	リン	硫黄	塩素	カリウム	カルシウム	鉄	
		Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	K	Ca	Fe				
相関係数(n=7) ※KB1(春)とKB1,2(秋)を除く	-0.31	0.06	0.06	0.21	0.22	0.19	0.33	0.26	-0.17	0.13	-0.16	0.01	0.51	0.44	
母集団の無相関検定 ※p<5%で有意と判定	p(%)	10.9%	6.9%	7.0%	5.3%	5.2%	5.5%	4.1%	4.8%	9.3%	6.2%	9.3%	7.5%	2.4%	3.1%
							有意	有意					有意	有意	

※湿重量増加量は、KA1およびKA2の平均増加量、KB1およびKB2の平均増加量とした

※含水量・含有色素・含有元素は調査開始時の分析結果を用いた

◆スイゼンジノリの湿重量増加量は、現地水質(水温、pH、DO、EC)、物理環境(平均流速)、採水分析値(NO₃-N、DPO₄-P、S-SiO₂、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻)、含有元素(Al、Si、Ca、Fe)と相関の可能性はあると考えられるが、今回の調査においては、EC、硝酸態窒素、カルシウムイオン、硝酸イオン、塩化物イオン、硫酸イオンと正の相関が見られ、溶存及びコロイド状シリカと負の相関が見られた。

3-3) スイゼンジノリのまとめ 63

1. 平成23年度の黄金川養殖場の水質は、平成22年度と概ね同様の傾向を示した。
2. スイゼンジノリ生育環境調査の結果、スイゼンジノリの湿重量変化は、調査期間中に流水環境が変化した調査結果と調査開始時期が遅れた調査結果を除けば、A社・B社で概ね同様の傾向を示した。季別では、春季>夏季>秋季>冬季の順に増加率が低下する傾向が見られた。また、下流の調査地点は、上流の調査地点に比べ、秋季・冬季に増加率が低くなる傾向が見られた。
3. スイゼンジノリの湿重量増加量は、現地水質(水温、pH、DO、EC)、物理環境(平均流速)、採水分析値(NO₃-N、DPO₄-P、S-SiO₂、Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻)、含有元素(Al、Si、Ca、Fe)と相関の可能性はあると考えられるが、今回の調査においては、EC、硝酸態窒素、カルシウムイオン、硝酸イオン、塩化物イオン、硫酸イオンと正の相関が見られ、溶存及びコロイド状シリカと負の相関が見られた。

(4) 今後の調査予定 (案)

1) 河川内の自然環境に関する調査

◆下流河川環境の改善を評価する目的で実施する「注目種」および「河川形状」に関する調査については、委員の指導に基づき、今後、計画的に実施していく。

2) 佐田川左岸扇状地の河川・地下水位に関する調査

◆河川水位および地下水位の変動状況に着目したモニタリング（水位連続観測）を継続する。
 ◆地下水流動シミュレーションモデルの精度向上に向け、引き続き検討を行う。

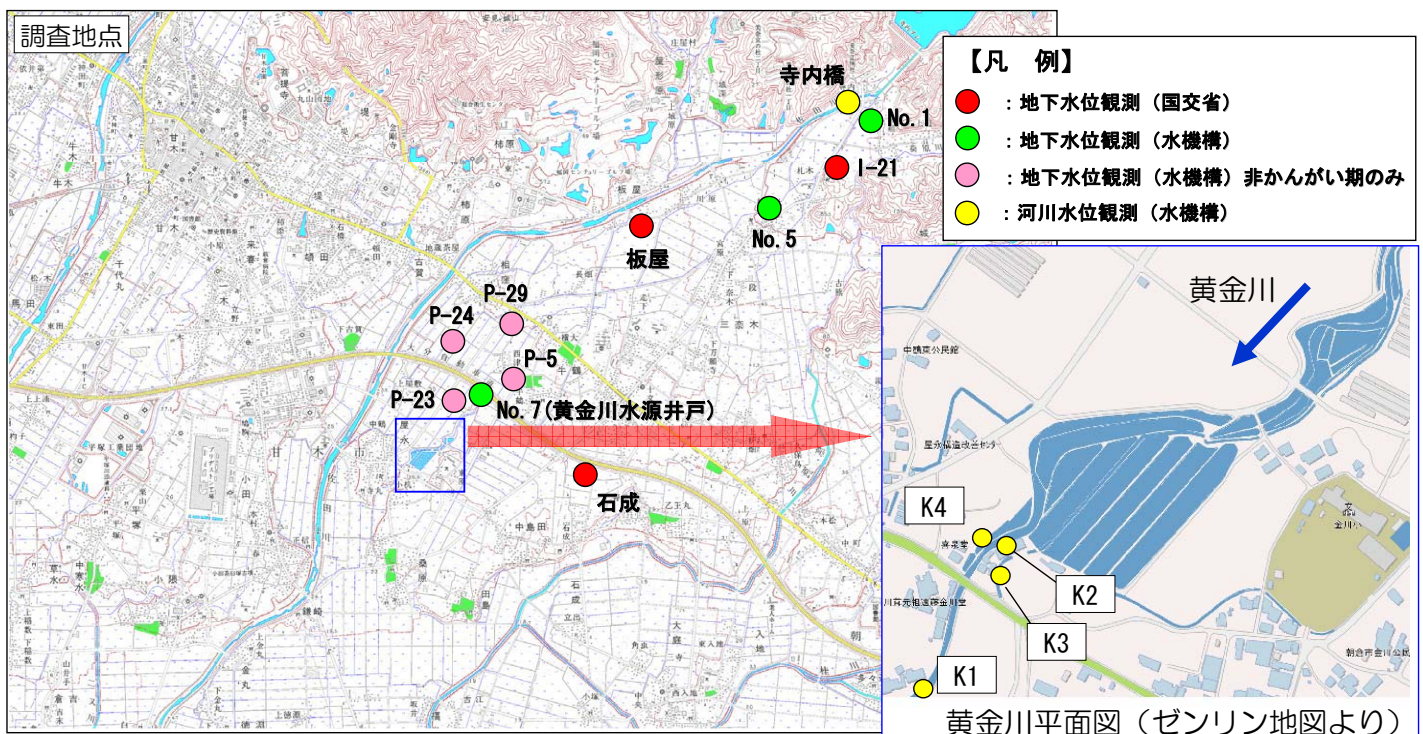
3) スイゼンジノリに関する調査

◆黄金川の水質の変動状況に着目したモニタリングを継続する。

4-1) 佐田川左岸扇状地の河川・地下水位に関する調査

①調査地点

- | | | |
|---------------------|------------------------|----------|
| ・地下水連続観測 | : 3地点 (I-21、板屋、石成) | ・・・国交省観測 |
| ・地下水連続観測 | : 3地点 (No.1、No.5、No.7) | ・・・水機構観測 |
| ・地下水連続観測 (非かんがい期のみ) | : 4地点 (P-5、23、24、29) | ・・・水機構観測 |
| ・河川水位連続観測 | : 5地点 (寺内橋、黄金川: K1~K4) | ・・・水機構観測 |



水質調査

①調査地点

・黄金川養殖場（流入：浅井戸） : No.K1 およびNo.K2

②調査頻度

・1回/2ヶ月程度

③調査項目

- ・生活環境項目 (pH、DO、BOD、COD、SS、T-N、T-P、大腸菌群数)
- ・富栄養化項目 (NH₄-N、NO₂-N、NO₃-N、O-N、DPO₄-P)
- ・イオン項目 (Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺、NO₃⁻、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻)
- ・その他 (濁度、鉄、溶存及びコロイド状シリカ)

4-2) スイゼンジノリに関する調査 (調査位置図)



凡例の記載について

説明資料中に使用されている凡例では略式名称を用いていますが、正式名称は以下のとおりです。

国交省　：国土交通省 九州地方整備局
 筑後川河川事務所

福岡県　：福岡県県土整備部
 福岡県朝倉県土整備事務所

水機構　：独立行政法人 水資源機構 朝倉総合事業所

第5回 小石原川ダム建設事業に係る ダム下流河川環境検討会

資料集

独立行政法人 水資源機構
朝倉総合事業所

資-1

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について
2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果
3. 黄金川水源の水質経年変化
4. 黄金川養殖場の水位観測結果

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（1 / 6） 資-3

1. P33からの同位体比試験で佐田川の河川水をサンプルとして使用しているが、軽い水からなることが当然の表面水（河川水）と重い水からなる地下水を重さで比較しても意味が無い。従って、河川水ではなく佐田川直下の地下水をサンプルとして使用して頂きたい。
 - 水中に存在する水素及び酸素のそれぞれの同位体比に関する調査は、第2回検討会の説明資料-6のP21にあるような性質を利用し、佐田川左岸での水循環の経路を調査しようとするものです。
 - なお、「河川水ではなく佐田川直下の地下水をサンプルとして使用して頂きたい」とありますが、これはどのような理由からのご意見でしょうか。ご教示ください。
2. P35とP36のいずれの図においても地下水のプロットのばらつきが大きすぎるので、黄金川と地下水との関係は何とも言えない。もし相関・非相関を明確にしたいならば、P検定などを行うべき。しかも佐田川直下地下水を用いて頂きたい。
 - P35の水素と酸素のそれぞれの同位体比に関する調査の趣旨は1. に記述したとおりです。また、P36の硝酸態窒素と窒素の同位体比に関する調査は、寺内橋地点での河川水、佐田川左岸の地下水、黄金川の水源水の硝酸態窒素と窒素安定同位体比の違いを調査し、違いがあれば、その違いから佐田川左岸の水循環の経路を調査しようとするものです。
 - したがって、相関、非相関といった関係を統計的に明確にしようとするものではありません。
3. P36の2つの図は採水場所による硝酸態窒素の量の違いを調べることを目的としているが、同じ採水場所でも測定時期による差があまりにも大きすぎるので評価が出来ない。また、同じ時期（灌漑期）の窒素同位体比（縦軸）だけに注目しても、場所による有効な差は見られない。従って、この調査そのものに関して抜本的に方法論を再考して頂きたい。
 - P36の整理は、2. に記述した趣旨で行っているものです。
 - 結果として、かんがい期の佐田川左岸の地下水と黄金川の水源水は、7月、9月といった測定月では、大きなまとまりにあると考えています。

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（2/6） 資-4

4. まず、一般に認められている事項を列挙する

- i) 窒素固定を行う微生物内部の $\delta^{15}\text{N}$ 値はマイナスになる。
- ii) 藻類の $\delta^{15}\text{N}$ は、一般に、その藻類が使った窒素の $\delta^{15}\text{N}$ がほぼ反映される。
- iii) $\delta^{15}\text{N}$ の食物連鎖に沿って高くなるとされている。

（参考文献：和田英太郎、半場祐子 「生元素安定同位体比自然存在比その研究の現状と展望」 生化学 66巻1号 15-28頁 1994年）

これを基に以下のことが言える。

1) i) よりスイゼンジノリの $\delta^{15}\text{N}$ 値がプラスであるということは、窒素固定を行っていないことになる。また ^{15}N 同位体を選択的に取り込むような窒素同化は生物化学反応論から考えて認められるものではなく、再考して頂きたい。

2) ii) よりスイゼンジノリの $\delta^{15}\text{N}$ の値がその環境水の $\delta^{15}\text{N}$ の値よりも大幅に大きくなることは考えにくいことであり、サンプリングに問題があると考えられる。

2) スイゼンジノリを顕微鏡で見ると、珪藻からユスリカの幼虫など様々な生物が存在することが分かるが、スイゼンジノリの細胞のみを取り出してサンプル調整したという記述が無いので、示されたデータはこれらの生物集合体の $\delta^{15}\text{N}$ と考えられる。特に、iii) よりユスリカなどラン藻よりも遙かに高次の消費者が混ざると $\delta^{15}\text{N}$ が高めに出るのは当然である。従って、スイゼンジノリの細胞のみを用いて $\delta^{15}\text{N}$ を評価して頂きたい。

→ 窒素安定同位体の分析にあたっては、事前に検討会委員の指導を得て、ガーゼで水切り後、ピンセット等でスイゼンジノリ表面に付着した不純物を取り除き、ろ紙を用いて表面に付着している水分を拭き取った後、ゼリー状になるまでミキサーで粉碎したものを分析試料としました。分析は専門の調査会社において質量分析法（安定同位体比質量分析装置）により行っています。

なお、ご意見にあります参考文献を取り寄せました。i) 及びii) のことが、参考文献のどの部分に具体的に記述されているかをご教示下さい。

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（3/6） 資-5

5. P26で、30mラインより上流の尾根の無い部分に、尾根のライン（緑の一点鎖線）が無理に書かれている。このような恣意的な記載は行うべきで無い。訂正して頂きたい。

→ 地下水位の観測結果から地下水面等高線を書き、そこに地下水面の尾根を記載したもので、恣意的な記載を行ったということはありません。

なお、今年度、佐田川左岸の地下水の動きを含めたシミュレーションを行うこととしております。

6. 平成21年の調査では、佐田川左岸の地下において、黄金川との間に地下水の尾根があるため佐田川から浸透した地下水が黄金川に到達することはないと結論付けていたが、平成22年の調査では、前述の尾根がみられなくなっている。これに関して、実際に検討委員の先生からの指摘があり、それに対する水資源機構側からの説明は、「地下水位の計測地点を増やした（サンプリングの密度を高めた）ことにより、より正確な地下水等高線を引くことができた」ということであった。もし、平成21年の調査結果が正しければいくらサンプリング密度を高めても、その基本的なラインは変化しないはずである。しかし、平成22年のより詳細な調査で変化させざるを得ない状況となった。

これは、平成21年のデータをもとにした検討会における報告結果について、地下水位のサンプル地点から地下水等高線の補完を行う際に恣意的な操作が入ったということになり兼ねない。

→ 地下水のかん養は自然現象に左右され、その利用は人の暮らしや活動に伴うことであり、年間の季節変動は前年とほぼ同様の傾向を示すと考えています。

このように地下水の状況は、傾向はほぼ類似することはあっても、一致することは考えにくいと思っています。

なお、今年度、佐田川左岸の地下水の動きを含めたシミュレーションを行うこととしております。

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（4／6） 資-6

7. 寺内ダムの影響を既に受けている現在の状況を説明しているのみであり、過去（寺内ダムがなかったとき）との比較を行って頂きたい。（これは、当初からのこちら側からの主張であり未だ明確な回答が得られていない部分でもある。）
- 過去の佐田川左岸の地下水の状況、地下水の水質の状況については、検討を行う際には有益な情報となると考えていますが、過去の状況に関するデータが現存せず、入手できていない現状です。
8. 黄金川への水の供給が水田や雨水によるのみであれば、それらの涵養効果が薄れる冬場において黄金川による取水により地下水は右肩下がりを行うはずであるが、そうはなっていない（実際は12月8日頃から上がっている）。このことから、黄金川には水田や雨水以外からの涵養源があると考えられる。
- かんがい期には佐田川左岸の地下水位が上昇し、非かんがい期には上昇前に戻る傾向がみてとれ、黄金川の水源が自噴するような時期は、佐田川左岸の地下水位が上昇しており、周辺でかんがいが行われている時期と重なっています。
- 上記のことから、かんがい期における佐田川左岸の地下水位の上昇は、主に佐田川左岸の台地上でのかんがい用水と降雨によるものと考えています。
- 非かんがい期に地下水の水位が右肩下がりになっていないのは、地下水の利用とかん養の関係が概ねバランスしているためと考えています。
9. 養殖業者の話では、ダムの放流があった際には、ポンプによる取水量が増加し、結果として黄金川の流量が増えたという経験談があり、ポンプは一定の力で動いているが、地下水量に応じて吸い上げる水の量が違ってくるため、正確な評価では無い。つまり、地下水への供給量が増えれば、ポンプによる放水量も増えるので地下水位が上がって見えない可能性がある。従って、ダムの放流量と地下水位だけのデータではなく、黄金川の流量との比較を行って頂きたい。
- ダムからの放流が増えることとしては、降雨によりダム貯水池への流量が増加し、規則に則って調節を行っているような場合が考えられます。このような場合には、ダムより下流にも同程度の降雨があり、地表面から地下水がかん養されることが、かんがい期に地下水位が上昇することからも考えられます。
- なお、「ダムの放流があった際」とありますが、具体的にどのような時期でしょうか。大まかな時期でかまいませんので、今後の参考のためお教え願います。

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（5／6） 資-7

10. P47に地下水の流動速度は0.4m/時間と非常に遅く、寺内橋付近の水が黄金川まで到達するのに20数年かかるという計算結果を出している。しかし、ここまで遅いと、灌漑期に溜まった地下水の量も数年間かけて下降していくはずである。しかし、灌漑期から6ヶ月という短期間で非灌漑期には地下水の水位が2-4mも下降している(P27)。従って、この流動速度の計算結果は大きくずれていると言える。このような自己矛盾する結果を示すべきでは無い。
- そもそも地下水のような複雑な経路を持ったものは、非常に速い経路と遅い経路が複雑に入り交じっていると考えられ、平均時間のみを計算しても全く意味が無く、速度の標準偏差を示して頂きたい。
- 地下水の流動速度・更新時間については、第4回の検討会で委員から一つの試算ととらえるべきとのご意見をいただいたところですが、観測井戸の水位と井戸間の距離から動水勾配を算出し、既往の地質調査で得られた透水係数を用いてダルシー則により計算したものです。
- 今年度、佐田川左岸の地下水の動きを含めたシミュレーションを行うこととしておりますので、この結果と第4回の検討会で説明したことと併せて検討を行う考えです。
- なお、「流動速度は0.4m/時間」とありますが、検討会資料にありますように、測線1では非かんがい期で0.42m/日、かんがい期で0.45m/日と試算したところです。
11. P49の3行目に「扇状地砂礫層が地下水の水質には影響しない」としているが、窒素やリン酸だけを調べてこのような結論を出すことは出来ない。スイゼンジノリに必要なものはカルシウムイオンや硫酸イオンであり、実際に河川水よりも黄金川の方がこれらのイオンが多いことをP60-P62に示しており、扇状地砂礫層におけるカルシウムイオンや硫酸イオンの組成と状態を調べて頂きたい。
- リン酸吸収係数、可給態リン酸および可給態窒素の値が小さいということからの記述です。
- なお、「スイゼンジノリに必要なものはカルシウムイオンや硫酸イオン」とされていますが、スイゼンジノリの生育に必要なものとされる情報・知見についてお教え下さい。

1. 第4回検討会以降に朝倉総合事業所に寄せられた意見と見解について（6／6） 資-8

12. 以上の間接的な調査内容やあいまいな結果から、今後本当にスイゼンジノリが存続可能な調査と環境が与えられるとは考えにくい。

そこで、黄金川への流入経路であると考えている第一帯水層に、何らかの形で佐田川の寺内ダムよりも上流側の水の直接導入を行い、水質調査やスイゼンジノリ生態調査を行って頂きたい。

スイゼンジノリの生態が明らかになっていない以上、それが明らかとなるまでに絶滅を防ぐには、まずは豊富かつ良質な水を黄金川に注ぎ続ける事以外、方法はないと考える。

→ 検討会の指導・助言を得ながら、現在実施中のスイゼンジノリ生育環境調査を進めていくことが肝要であると考えます。

以上、朝倉総合事業所において実施中の調査・検討は「小石原川ダム建設事業に係るダム下流河川環境検討会」の指導・助言にもとづいて実施しています。

資-9

2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果

2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果 (その1)

資-10

平成23年度 水質調査結果. Table with columns for survey items (e.g., temperature, pH, nutrients), locations (Yamanashi, Kanagawa, etc.), and dates (May, June, July).

平成23年度 水質調査結果. Table with columns for survey items, locations, and dates (August, September, October).

2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果 (その2)

資-11

平成23年度 水質調査結果. Table with columns for survey items, locations, and dates (November, December, January).

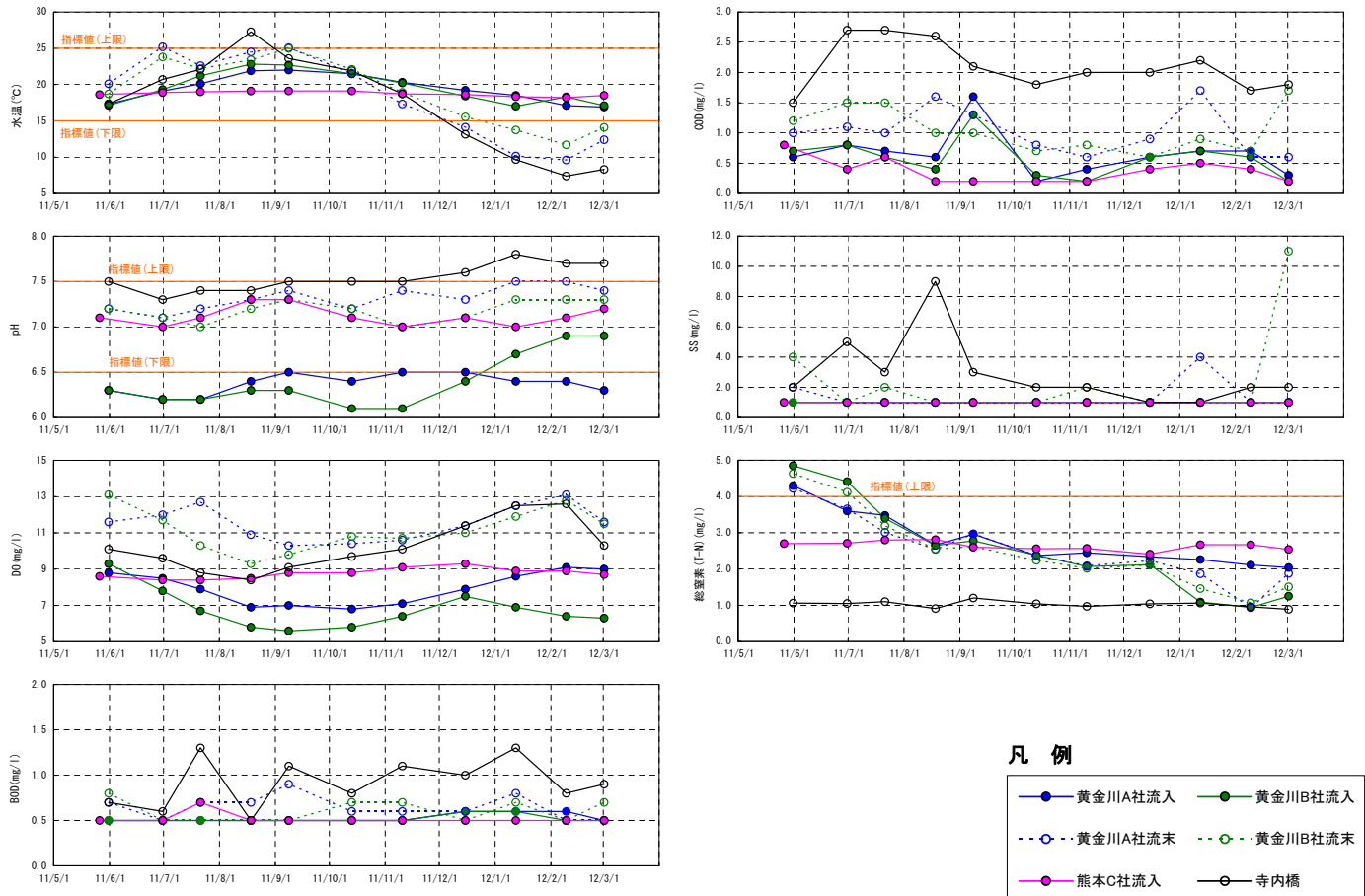
平成23年度 水質調査結果. Table with columns for survey items, locations, and dates (February, March, April).

環境同位体分析結果

区分	地点名	2011年5月31日		2011年7月21日		2011年9月8日		2012年1月12日	
		硝酸イオンの窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの窒素同位体比 ($\delta^{15}\text{N}_{\text{NO}_3^-}$)	硝酸イオンの酸素同位体比 ($\delta^{18}\text{O}_{\text{NO}_3^-}$)
佐田川	寺内橋	2.0	3.1	3.9	2.6	4.2	2.8	3.3	2.0
黄金川	A社流入	2.0	0.4	5.1	0.8	5.9	0.5	4.5	-0.3
黄金川	B社流入	1.0	0.0	3.4	0.3	5.9	1.2	4.4	0.2
佐田川左岸井戸	No. 5	6.0	2.0	5.1	-0.7	6.9	-0.8	6.4	0.3
佐田川左岸井戸	野口	5.1	1.1	1.4	2.3	5.1	4.6	-	-
佐田川左岸井戸	P-5	5.8	0.9	4.4	0.6	5.3	0.9	5.7	0.4
佐田川左岸井戸	I-21	3.8	2.6	4.1	-1.0	6.9	1.1	5.4	0.5
佐田川左岸井戸	L-2	5.2	0.8	3.8	-0.7	6.4	-0.4	5.6	0.6
佐田川左岸井戸	P-29	5.1	1.6	4.3	-0.4	5.8	0.4	7.4	1.9

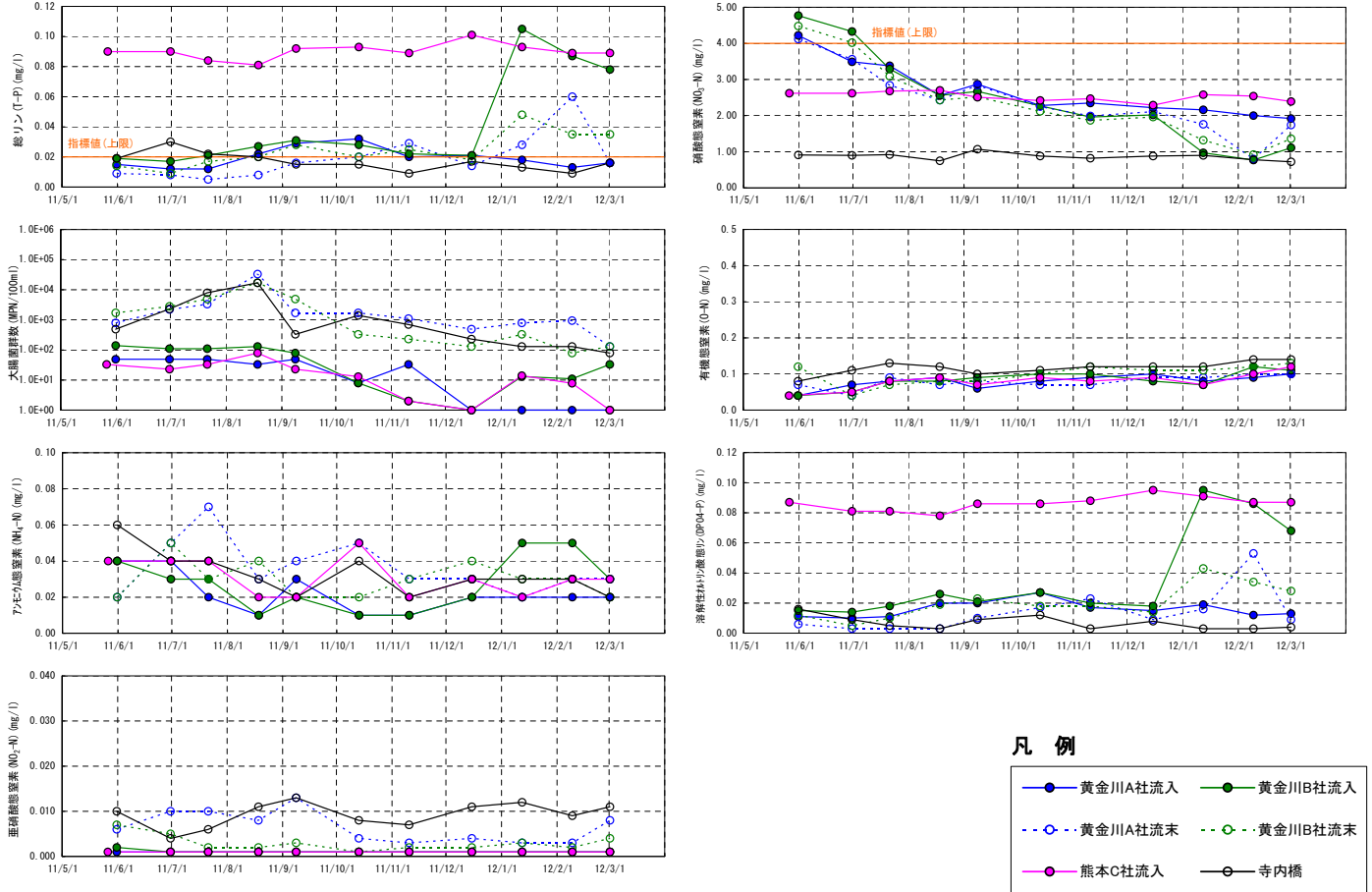
※2012/1/12の野口は井戸内に水がなかったため分析していない

2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果（その4）



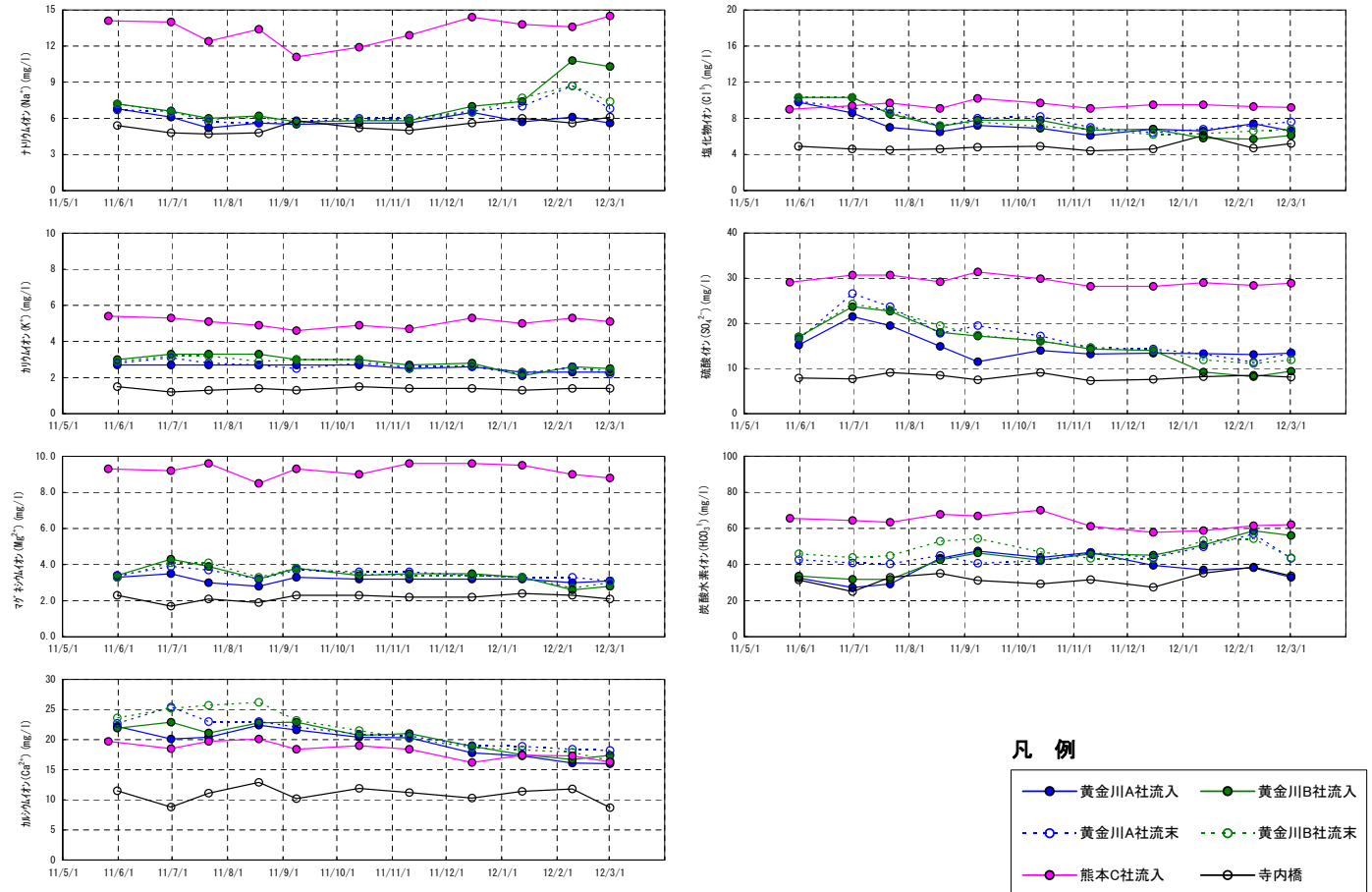
2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果（その5）

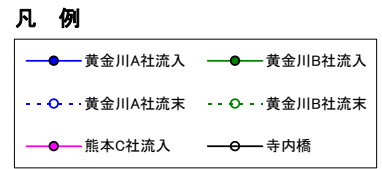
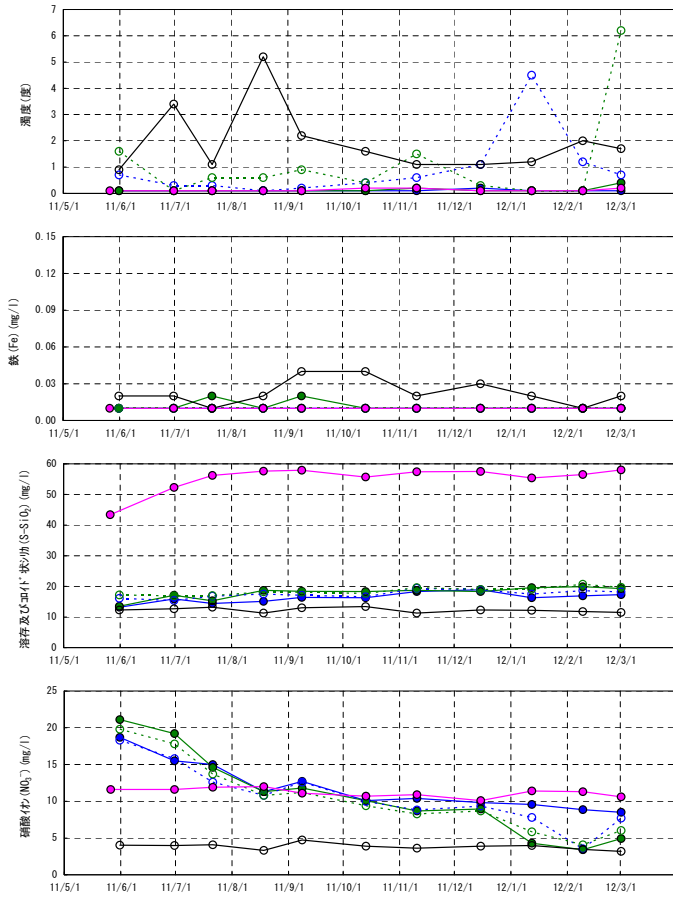
資-14



2. 河川・地下水およびスイゼンジノリ生育地の水質調査結果（その6）

資-15





3. 黄金川水源の水質経年変化

3. A社養殖場水源井戸の水質状況

A社養殖場水源井戸（A-1）の過去の水質調査状況（昭和53年度～昭和60年度）※5

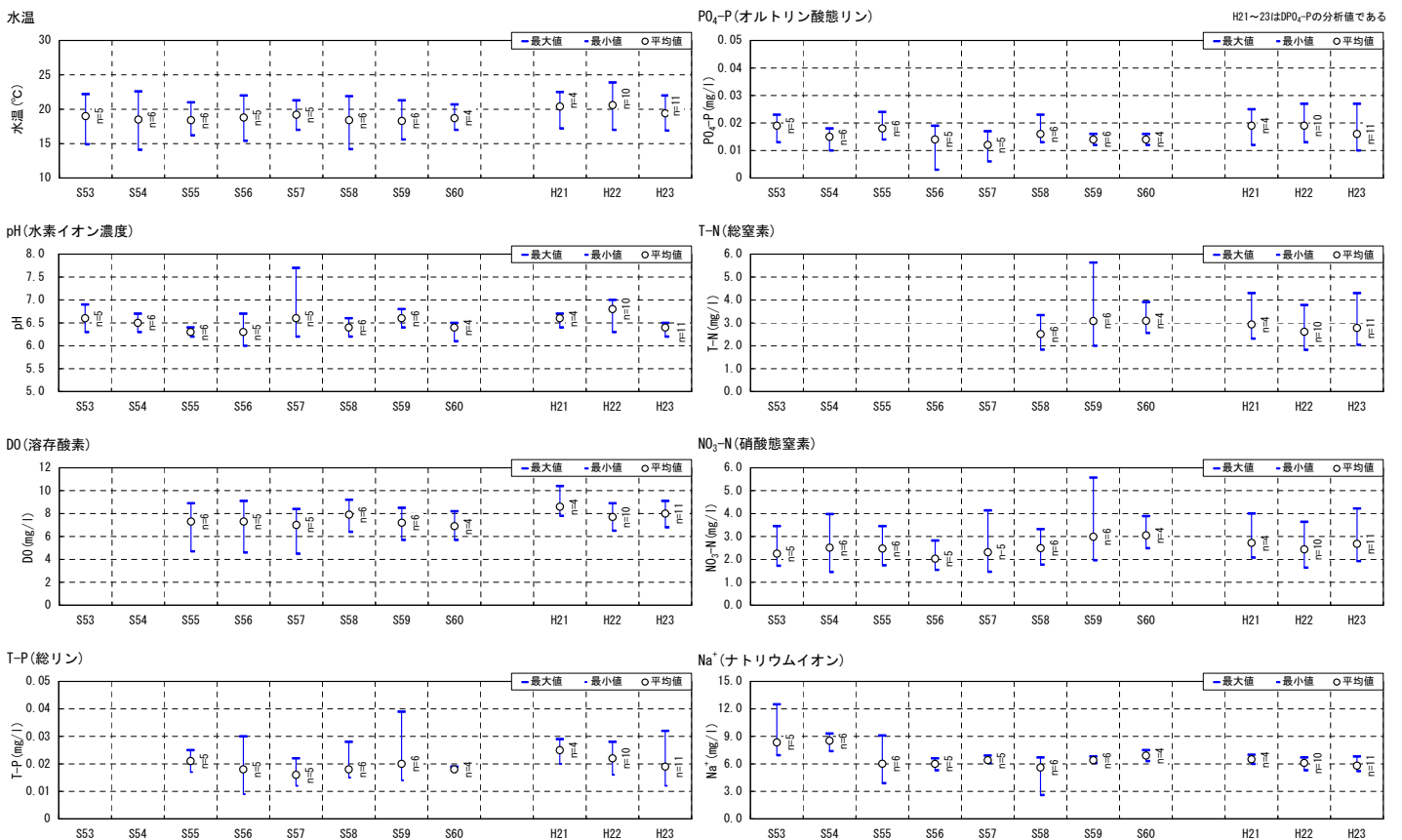
水質調査分析項目(略号)	調査年度 調査月	昭和53年度					昭和54年度					昭和55年度					昭和56年度							
		6月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月	2月	4月	6月	8月	10月	12月	2月	6月	8月	10月	12月	2月	
現地観測項目	水温	℃	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
生活環境項目	水素イオン濃度(pH)	-	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	溶存酸素(DO)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	浮遊物質(SS)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	総窒素(T-N)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	総リン(T-P)	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
富栄養化項目	アンモニウム態窒素(NH ₄ -N)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	亜硝酸態窒素(NO ₂ -N)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硝酸態窒素(NO ₃ -N)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	オルトリン酸態リン(PO ₄ -P)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	ナトリウム(Na ⁺)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
イオン項目	カリウム(K ⁺)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	マグネシウム(Mg ²⁺)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	カルシウム(Ca ²⁺)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	塩化物(Cl ⁻)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	硫酸イオン(SO ₄ ²⁻)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
その他項目	濁度	度	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	鉄	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	溶存及びコロイド状シリカ(S-Si)	mg/L	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：生育関係項目（※スイゼンジノリの生育に関係すると思われる水質項目）

※5：九州横断自動車道川草養殖池 水位・水質調査総合報告書(S61.10)：日本道路公団

3. 黄金川水源の水質経年変化

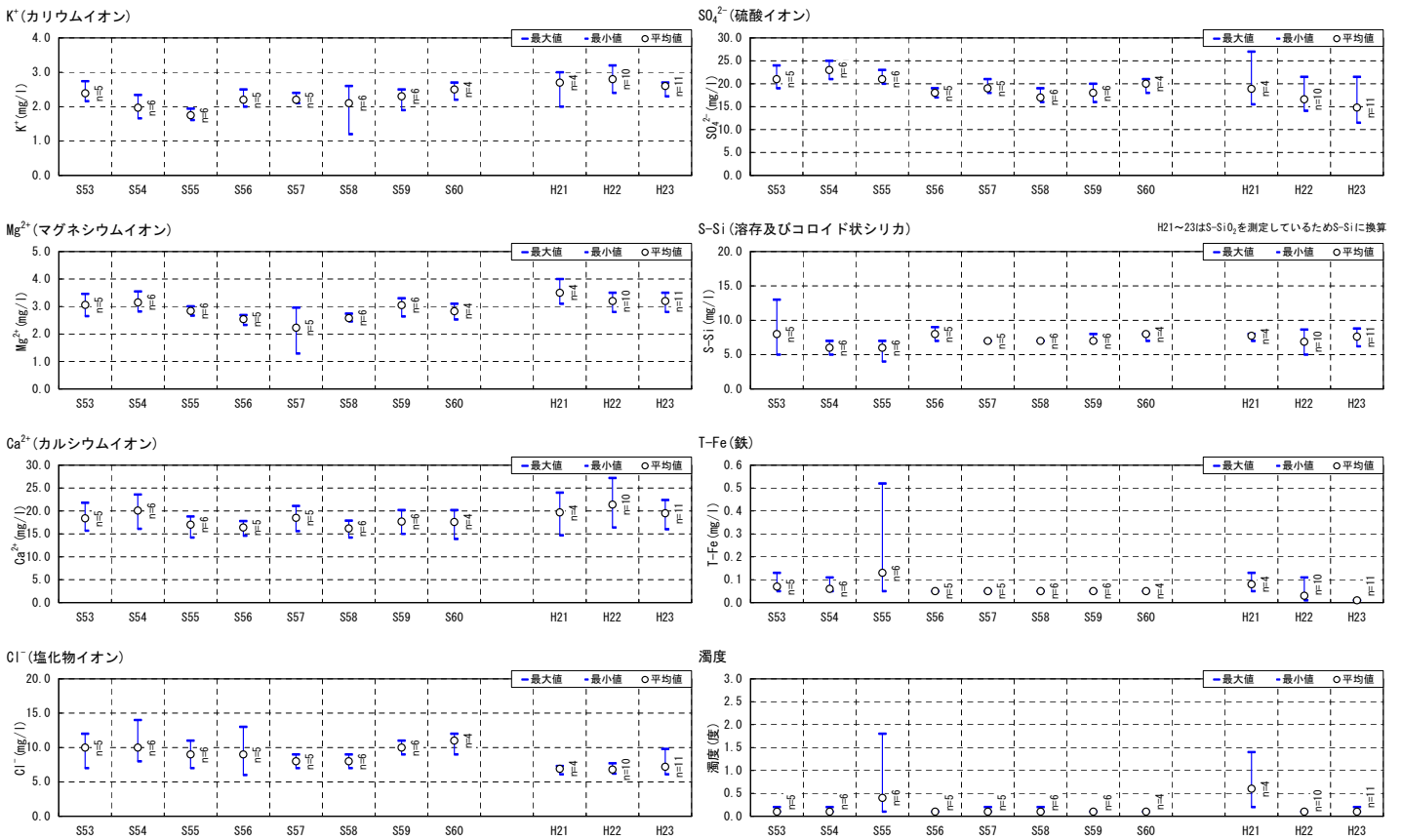
A社水源の水質状況（その1）（年最大値、年最小値、年平均値）



3. 黄金川水源の水質経年変化

資-20

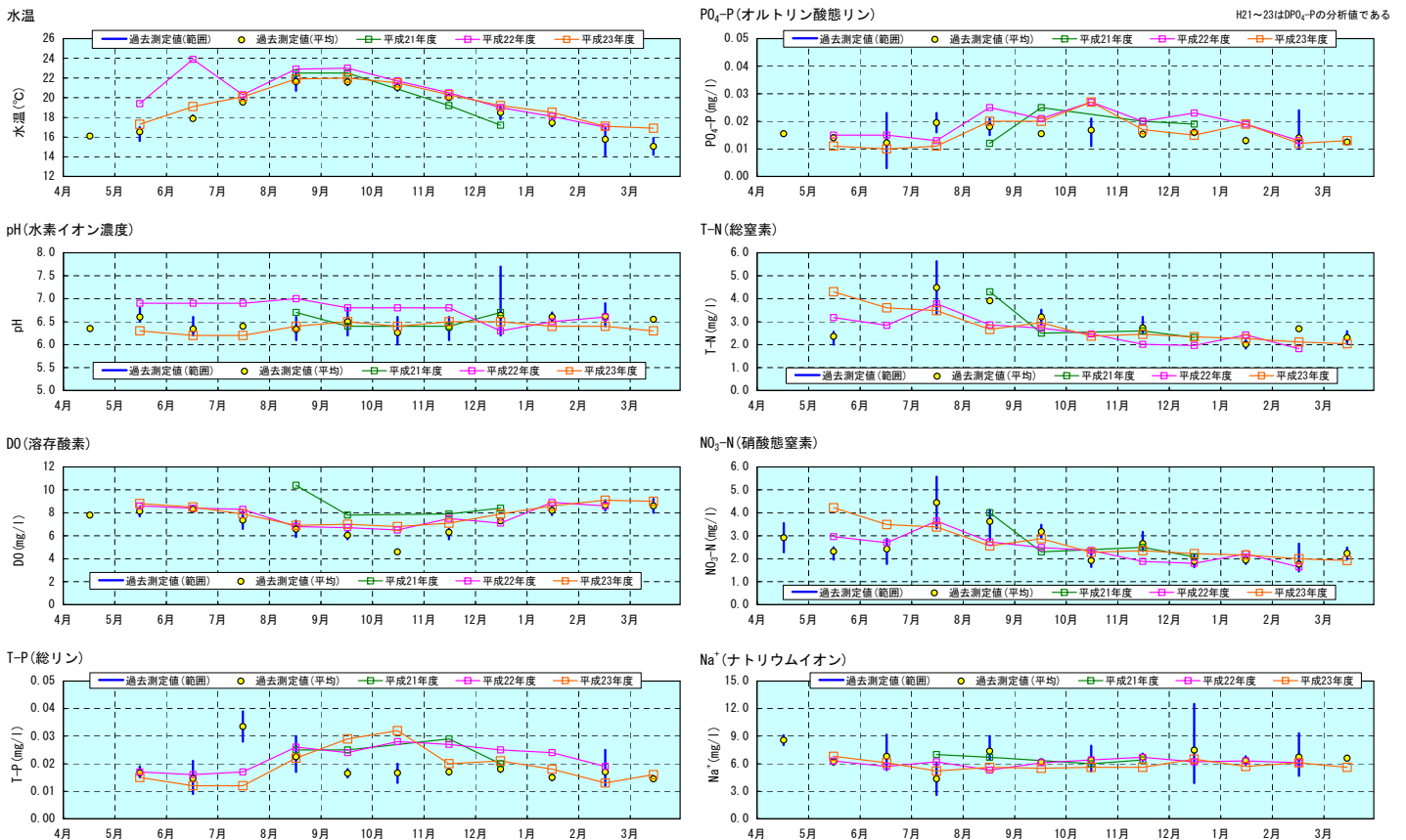
A社水源の水質状況（その2）（年最大値、年最小値、年平均値）



3. 黄金川水源の水質経年変化

資-21

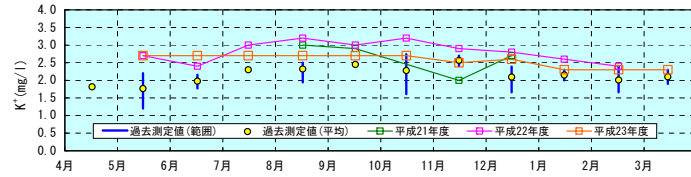
A社水源の水質状況（その3）（月最大値、月最小値、月平均値）



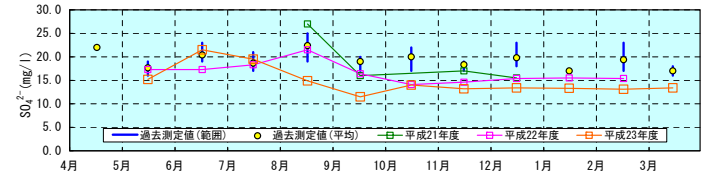
3. 黄金川水源の水質経年変化

A社水源の水質状況（その4）（月最大値、月最小値、月平均値）

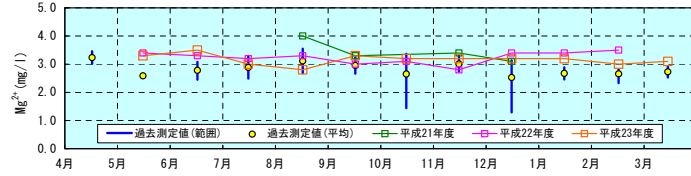
K⁺(カリウムイオン)



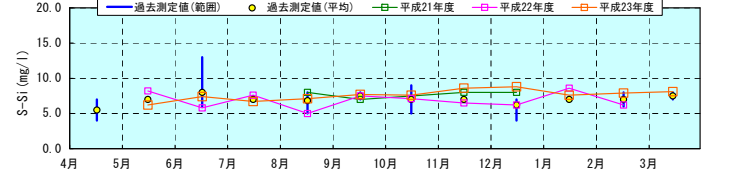
SO₄²⁻(硫酸イオン)



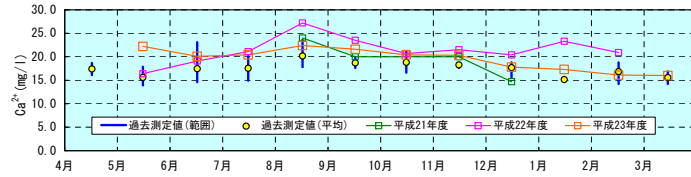
Mg²⁺(マグネシウムイオン)



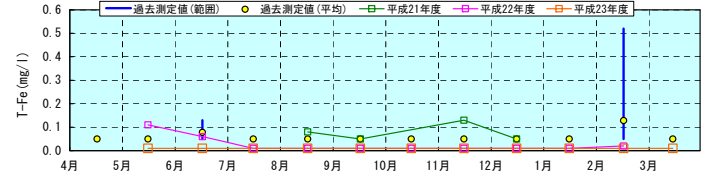
S-Si (溶存及びコロイド状シリカ)



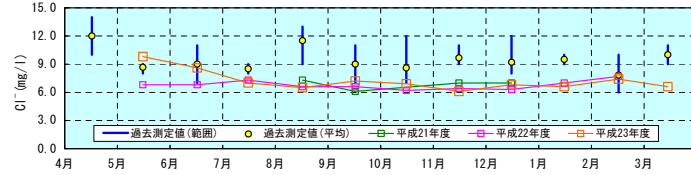
Ca²⁺(カルシウムイオン)



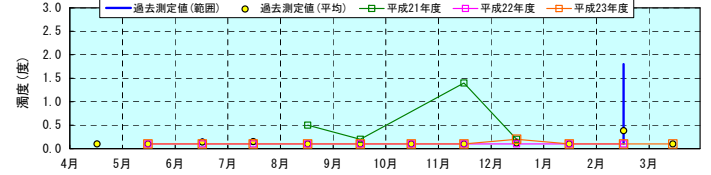
T-Fe (鉄)



Cl⁻(塩化物イオン)



濁度



4. 黄金川養殖場の水位観測結果

4. 黄金川養殖場の水位観測結果（平成21年10月～平成23年12月）

資-24

