

9

調査研究

(1) 報 文

- 1) 別府湾における海水温等の長期的な変動トレンドの解析 49
- 2) 大分県におけるPM2.5成分の解析と発生源由来等の調査 65

別府湾における海水温等の長期的な変動トレンドの解析

松田 貴志

Analysis on Long-term trends of Seawater Quality in Beppu Bay

Takashi Matsuda

Key Words : 別府湾 Beppu bay, 長期的トレンド long-term trend, 単回帰分析 simple regression analysis

要 旨

別府湾における海水温等への気候変動影響の有無を把握するため、公共用水域の常時監視データを用いて、直近40年間の長期的な変動を解析した。

回帰分析等を用いたトレンドの評価により、別府湾南部で統計的に有意な海水温の上昇トレンドがあることがわかった。また、同様の手法によるpHのトレンドの評価から、別府湾全域で有意な下降トレンドがみられ、いわゆる海洋酸性化のトレンドが確認された。

気温と水温の相関解析の結果から、湾内全域で気温と水温に有意な相関が確認された。

調査項目間の相関解析の結果から、pH-CODの正の相関等、多くの地点で共通する項目間の相関関係があり、これらの地点に共通する要因があると考えられた。

目 的

当センターでは、水質汚濁防止法に基づき、1970年代から公共用水域の常時監視を実施し、沿岸域における海水温等の様々な測定項目の長期的なデータを保有している。また、当センターの既報では、国立環境研究所等とのII型共同研究により、海域での3地点での水温等の長期的な解析事例が報告¹⁾されている。

よって、上記のデータや既報を有効活用し、当県沿岸域における海水温等の長期的な変動を把握することを目的とした。あわせて、海水温への気候変動影響の有無や海洋酸性化の進行状況、栄養塩の濃度推移を調査することを目的とした。

方 法

1 使用データ

データは、水質汚濁防止法に基づく公共用水域の常時監視における海域の表層のものとした。また、気温のデータとして、気象庁の杵築観測所における日平均気温を使用した²⁾。

2 解析期間及び解析地点

解析期間は、1980年度から2019年度までの40年間とした。なお、データの連続性を考慮し、解析地点を別府湾の11地点（SGST-3, BST-5, BST-6, BST-7,

BST-9, BST-10, BST-12, BST-16, BST-18, BST-19, BST-22）、解析月を偶数月（4月, 6月, 8月, 10月, 12月, 2月）に絞り込んだ。図1に解析対象地点の地図を示す。なお、解析には、一部の測定項目が欠測となっているデータを含む。

3 解析対象項目

解析対象項目は、水温、pH、DO(溶存酸素)、COD(化学的酸素要求量)、クロロフィルa、透明度、全りん、全窒素及び塩分の9項目とした。

4 解析方法

4.1 移動平均法によるデータの前処理

時系列データの直線的なトレンドを得やすくするため³⁾、単純移動平均法により、1年間の観測値の算術平均を代表値として算出した。

4.2 長期トレンドの評価

4.2.1 回帰分析

各測定項目を目的変数、観測日を説明変数として単回帰分析を実施した。最小2乗法により直線の回帰式を作成し、決定係数(R^2)により回帰式の適合度を評価、また、t検定により回帰係数の統計的有意性を評価した。

4.2.2 ケンドールの順位相関係数によるトレンドの評価

他自治体の報告⁴⁾を参考とし、正規分布を前提としないノンパラメトリックな評価方法として実施した。図2に示すとおり回帰係数と順位相関係数の符号が一致した場合に、トレンドが有効であると判断した。

4.3 気温と水温の相関関係の解析

気温の上昇が水温に及ぼす影響を推察するため、海域の調査地点に近い杵築観測所で測定された気温と水温の相関を解析した。解析に先立ち、Shapiro-wilk検定によりデータの正規性を検定したところ、5%の有意水準でデータが正規分布しないことがわかった。よって、正規分布を前提としないノンパラメトリック手法であるケンドールの順位相関係数を使用して解析した。

4.4 気温と水温に係る回帰分析

同一の調査地点に関して、気温の値を説明変数として水温の値を推定する回帰式を最小2乗法により求めた。また、21世紀末の世界平均気温が工業化以前と比べて約2°C上昇するRCP2.6シナリオで1.3°C、同様に約4°C上昇するRCP8.5シナリオで4.1°Cと予測されている大分県の気温の上昇値⁵⁾を回帰式に代入して水温上昇値の簡易的な予測を行った。

4.5 調査項目間の相関関係の解析

海水温の上昇が他の調査項目に及ぼす影響を推察するため、調査項目間の相関を解析した。解析に先立ち、Shapiro-wilk検定によりデータの正規性を検定したところ、5%の有意水準でデータが正規分布しないことがわかった。よって、4.3と同様の手法で解析した。

5 解析ソフト等

解析にはExcel及びR⁶⁾を使用した。

結 果

1 長期トレンドの評価

表1に水温に係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図3に地点ごとの水温のトレンド一覧を示す。地点2, 3, 4及び11の4地点の水温が5%の有意水準で有意に上昇していることがわかった。なお、当該4

地点は、図1に示すとおりいずれも湾南部に位置する。その他の地点については、5%の有意水準で有意なトレンドがあるとは言え切れなかった。有意な上昇トレンドが認められた地点の回帰係数は、0.03~0.05°C/年となった。表2にpHに係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図4に地点ごとのpHのトレンド一覧を示す。調査対象の11地点すべてでpHが5%の有意水準で有意に下降していることがわかった。各地点の回帰係数は、-0.006~-0.004/年となった。表3に全窒素に係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図5に地点ごとの全窒素のトレンド一覧を示す。湾奥部の地点5以外の10地点で有意な減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.005~-0.002mg・L⁻¹/年となった。表4に全りんに係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図6に地点ごとの全りんのトレンド一覧を示す。湾口部南の地点1, 4以外の9地点で有意な増加トレンドが見られた。各地点の回帰係数は、0.0001~0.0008mg・L⁻¹/年となった。表5にDOに係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図7に地点ごとのDOのトレンド一覧を示す。地点1, 6, 8, 9, 10の5地点では増加トレンド、地点3は減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.0045~0.0125mg・L⁻¹/年となった。表6にCODに係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図8に地点ごとのCODのトレンド一覧を示す。地点8を除く10地点で減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.009~-0.003mg・L⁻¹/年となった。表7にクロロフィルaに係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図9に地点ごとのクロロフィルaのトレンド一覧を示す。地点3では増加、地点6, 7, 9及び10の4地点で減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.027~0.022µg・L⁻¹/年となった。表8に透明度に係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図10に地点ごとの透明度のトレンド一覧を示す。地点1, 5, 6, 7, 8, 9及び10の7地点は増加、地点2及び3の2地点で減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.029~0.043m/年となった。表9に塩分に係る回帰分析及びケンドール検定の結果、図11に地点ごとの塩分のトレンド一覧を示す。地点2, 3, 5, 6, 10及び11の6地点で減少トレンドとなった。各地点の回帰係数は、-0.059~-0.011psu/年となった。

2 調査月別の水温トレンド解析

長期トレンドの評価により水温の有意な増加トレ

ンドが認められた地点2,3,4及び11について、季節的な環境変化の影響を考察するため、調査月別に回帰分析を実施した結果を図12に示す。5%の有意水準で有意なトレンドが見られた地点、調査月については太い点線の枠で囲った。4月は、4地点すべてで有意な上昇トレンドがあった。また、8月、10月及び12月は3地点で有意な上昇トレンドがあった。一方で、2月及び6月は4地点すべてで有意なトレンドはなかった。

3 気温と水温の相関解析

表10に気温と水温の相関解析結果を示す。全地点で気温と水温に有意な正の相関があった。

4 気温と水温に係る回帰分析

表11に気温を説明変数とする水温の単回帰分析の結果と水温上昇予測値の一覧を示す。回帰式の回帰係数は0.55~0.67、決定係数 (R^2) は0.68~0.81となった。21世紀末における水温上昇の予測値はRCP2.6シナリオで0.71~0.87°C、RCP8.5シナリオで2.2~2.7°Cとなった。予測値は湾奥部の地点5等で高く、また、湾口部の地点1,9等で低くなった。

5 調査項目間の相関解析

表12~表22に調査項目間の相関解析結果を示す。また、解析を行った調査項目の組合せに対し、AからQまでの要素を割当て、表23に一覧として示す。あわせて、表24に各地点で有意な相関関係があった要素の一覧を示す。多くの地点でpH-COD(要素「G」)が正の相関、水温-塩分(要素「F」)が負の相関を示した。湾南部の地点1,2及び3において透明度-塩分(要素「P」)、沿岸部の地点2,3,4及び5においてpH-クロロフィルa(要素「H」)、COD-クロロフィルa(要素「J」)に正の相関関係があった。沿岸部の地点2,3,4,5,6及び11において、クロロフィルa-透明度(要素「O」)、湾奥部と湾中央部の地点5,7及び8においてpH-透明度(要素「I」)、COD-透明度(要素「K」)、COD-塩分(要素「L」)に負の相関があった。湾奥部の地点5は、他の地点にはない水温-pH、水温-COD、全窒素-全りん(要素「A,B及びQ」)に正の相関があり、また、水温-透明度(要素「E」)に負の相関がみられた。湾中央部の地点7,8、また、湾口部の地点9,10では正の相関があった要素と負の相関があった要素の組合せが同一となった。

考 察

水温の長期トレンドの評価結果から、湾南部の4地点で有意な増加トレンドがあったが、この原因については、陸域からの水の流入、降水量等の要因をさらに検討する必要がある。

pHの低下トレンドの原因についても、上記水温と同様と考えられる。

栄養塩の指標である全窒素は、多くの地点で減少トレンドであったが、一方で全りんは多くの地点で増加トレンドであった。よって、湾内の栄養塩の実態把握のためには、溶存態や粒状態の窒素成分等により詳細な調査が必要と考えられる⁷⁾。また、湾奥部では他の地点と異なるトレンドが確認されたが、その原因は今回の調査では明らかにできなかった。

CODは、地点8を除いて有意な減少トレンドがあり、湾内の広域において有機性の汚濁が減少してきていると考えられた。

透明度は、湾南部沿岸である地点2,3,4,11では減少トレンドまたは有意なトレンドがなかったが、その他の地点は有意な上昇トレンドがあった。よって、湾南部沿岸とその他の地点では、透明度に関して異なるトレンドがあると考えられた。

塩分は、沿岸である地点2,3,5,6,10及び11で有意な減少トレンドが見られたため、沿岸部に共通する要因があると推察された。

調査月別の水温トレンド解析において、梅雨時期等の調査月によっては有意なトレンドがないことから、季節的な環境変化の影響がトレンドに関係していると推察された。

気温と水温の相関解析の結果から、全地点で気温と水温に有意な相関があり、また気温を説明変数とする水温の単回帰分析の回帰式の決定係数も高い値となった。よって、解析対象地点において、気温の上昇は水温に影響を与えていると考えられた。

調査項目間の相関解析の結果から、pH-CODの正の相関等、多くの地点で共通する項目の組合せがあり、これらの地点に共通する要因があると考えられた。一方で湾奥部では、他の地点にはない水温-pHの正の相関等がみられ、他地点とは異なる要因があると考えられた。また、水温の有意な上昇トレンドがあった地点3において、水温とクロロフィルaに正の相関があり、クロロフィルaが上昇トレンドを示した。これについては、海洋生態系における生産性の変化等を含め、さらなる検討が必要と考えられた⁸⁾。

参 考 文 献

- 1) 中村千晴ら：大分県沿岸域における海水温等の変動トレンドについて. 大分県衛生環境研究センター年報, 39, p141-143, 2011
- 2) 気象庁. “過去の気象データ・ダウンロード”. 国土交通省. <https://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>
- 3) 岩井重久ら. “水質データの統計解析”. 森北出版, 1980, p. 126
- 4) 吉澤一家：山梨県内河川の水温, pHの長期変動. 山梨県衛生環境研究所年報, 61, p57-62, 2017
- 5) 大分地方気象台・福岡管区気象台. “大分県の気候変動”. <https://www.data.jma.go.jp/fukuoka/kaiyo/chikyu/report/leaflet/oita.pdf>, (参照2023-07-12).
- 6) R Core Team(2022). R : A language and environment for statistical computing.
- 7) 秋吉貴太ら：瀬戸内海における難分解性有機物に関する調査. 大分県衛生環境研究センター年報, 46, p 33-36, 2018
- 8) 金谷 弦ら. “1981~2015年の瀬戸内海における水質項目の時空間変動：行政調査データを用いた解析”. 国立環境研究所研究成果リポジトリ. <https://nies.repo.nii.ac.jp/records/37>, (参照2023-07-28).

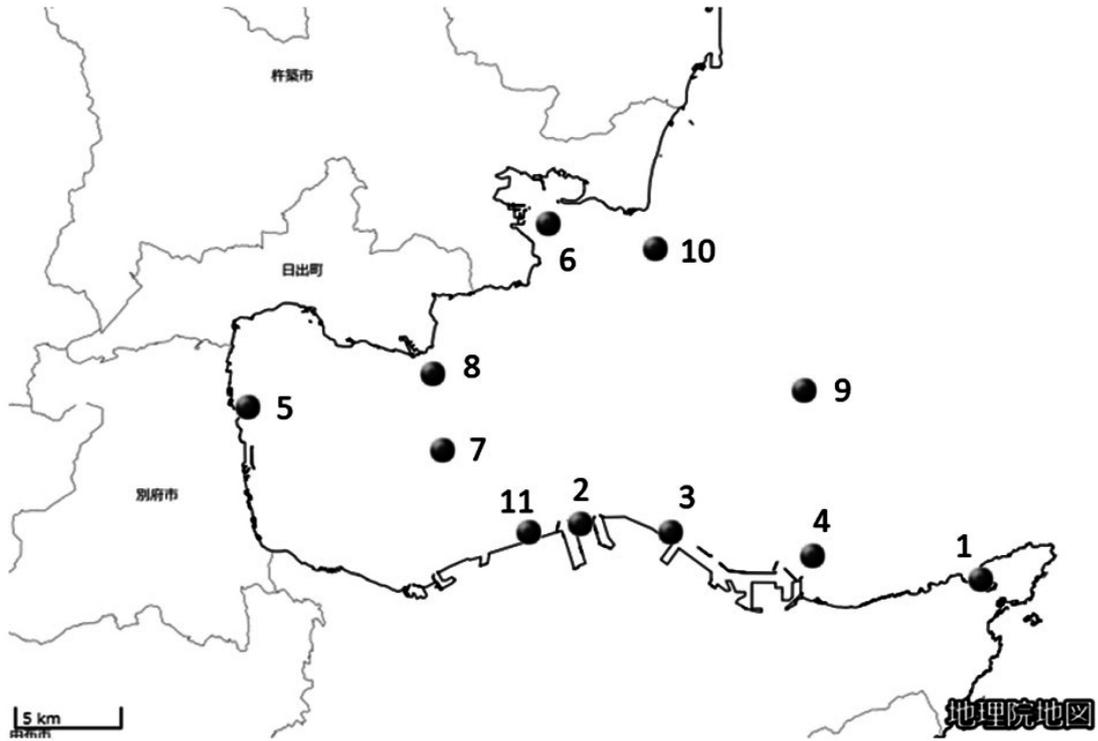


図1 解析対象地点図

出典：国土地理院ウェブサイト (<https://maps.gsi.go.jp/>) 地図情報を加工して作成

トレンドの評価方法

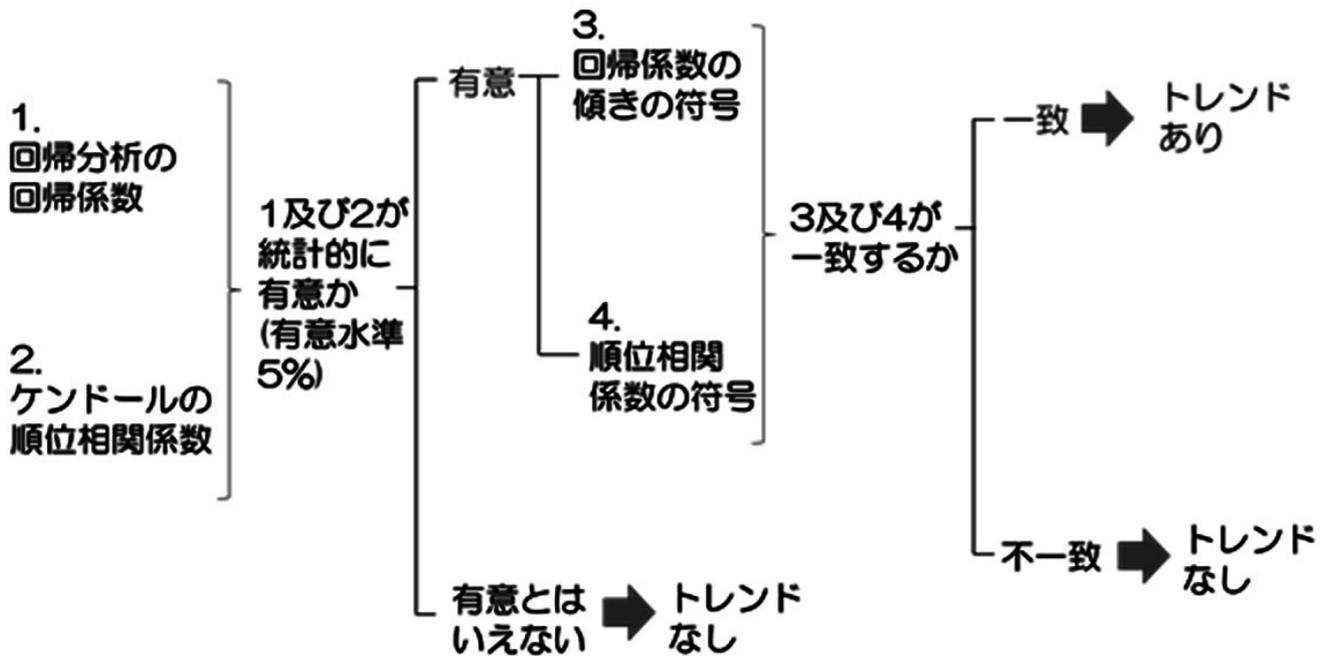


図2 トレンドの評価方法

表1 水温に係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (°C/年)	p 値	p 値	タウ値	
1	0.0070	2.4E-01	1.7E-02	0.11	
2	0.0341	3.7E-13	6.6E-14	0.34	***
3	0.0314	1.1E-08	3.1E-09	0.27	***
4	0.0424	5.6E-13	1.4E-12	0.32	***
5	-0.0174	6.6E-03	6.9E-01	-0.02	
6	-0.0045	4.1E-01	2.2E-01	0.05	
7	0.0021	7.3E-01	2.0E-03	0.14	
8	-0.0019	7.5E-01	9.2E-02	0.08	
9	-0.0041	5.2E-01	1.5E-01	0.06	
10	-0.0009	8.8E-01	7.6E-02	0.08	
11	0.0506	4.5E-24	2.2E-16	0.44	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

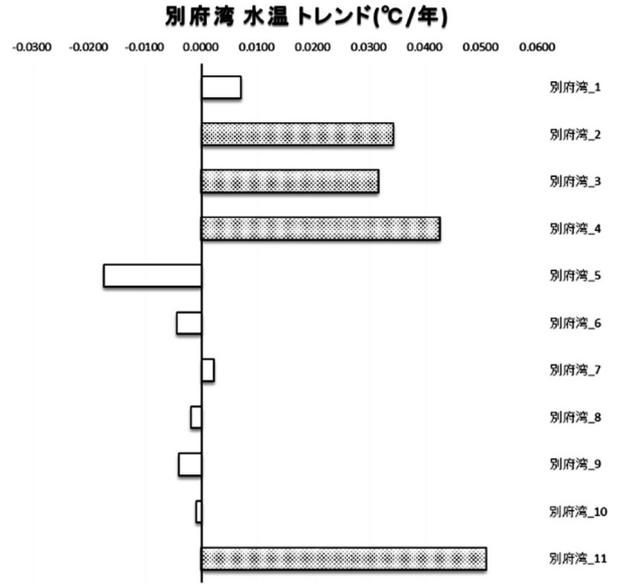


図3 水温のトレンド一覧

表2 pHに係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (pH/年)	p 値	p 値	タウ値	
1	-0.0061	5.5E-58	< 2.2E-16	-0.68	***
2	-0.0065	1.5E-48	< 2.2E-16	-0.62	***
3	-0.0059	3.3E-54	< 2.2E-16	-0.65	***
4	-0.0051	8.0E-42	< 2.2E-16	-0.58	***
5	-0.0055	3.3E-42	< 2.2E-16	-0.60	***
6	-0.0048	4.8E-44	< 2.2E-16	-0.59	***
7	-0.0055	2.2E-51	< 2.2E-16	-0.65	***
8	-0.0052	8.7E-58	< 2.2E-16	-0.68	***
9	-0.0055	2.0E-51	< 2.2E-16	-0.66	***
10	-0.0053	1.3E-50	< 2.2E-16	-0.64	***
11	-0.0051	1.7E-36	< 2.2E-16	-0.56	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

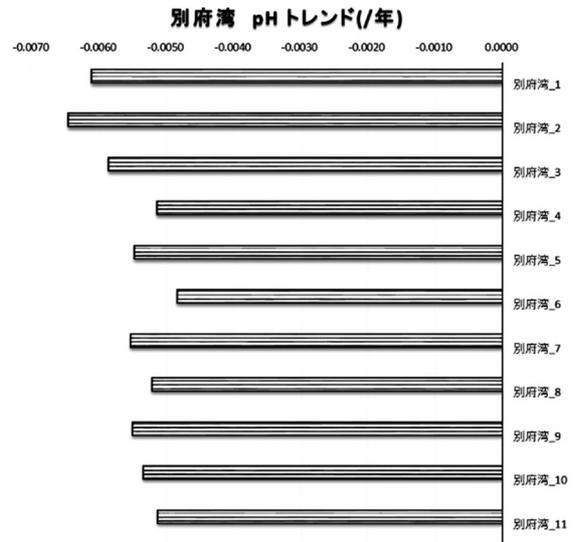


図4 pHのトレンド一覧

表3 全窒素に係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (mg・L ⁻¹ /年)	p 値	p 値	タウ値	
1	-0.0050	7.2E-17	1.2E-12	-0.40	***
2	-0.0026	8.5E-04	8.6E-05	-0.22	***
3	-0.0027	7.4E-06	2.6E-05	-0.23	***
4	-0.0039	2.1E-15	6.8E-15	-0.43	***
5	0.0011	2.9E-01	4.4E-01	0.04	
6	-0.0041	3.5E-11	3.3E-09	-0.34	***
7	-0.0032	5.6E-12	2.7E-12	-0.37	***
8	-0.0048	1.5E-19	1.4E-15	-0.45	***
9	-0.0041	6.7E-14	2.4E-13	-0.42	***
10	-0.0050	7.3E-24	2.2E-16	-0.53	***
11	-0.0040	5.8E-08	9.1E-08	-0.30	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

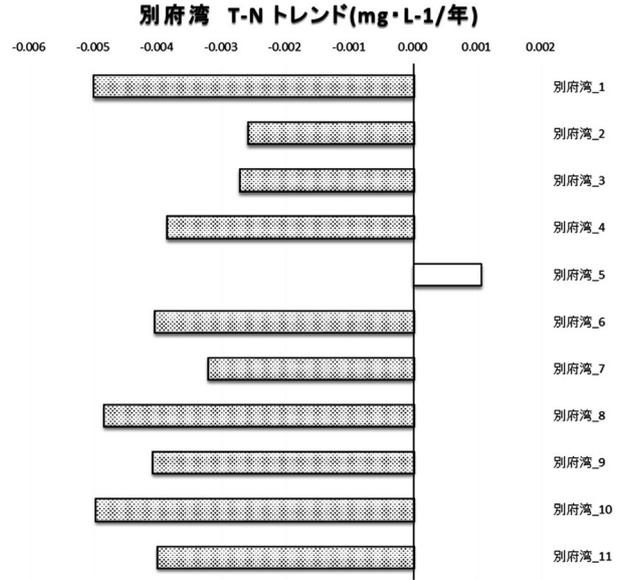


図5 全窒素のトレンド一覧

表4 全りんに係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (mg・L ⁻¹ /年)	p 値	p 値	タウ値	
1	0.00006	2.1E-01	9.5E-06	0.25	
2	0.00035	1.5E-07	9.3E-09	0.32	***
3	0.00032	5.9E-06	1.3E-09	0.34	***
4	0.00013	8.9E-00	3.2E-06	0.26	
5	0.00080	1.0E-08	3.9E-09	0.32	***
6	0.00018	3.7E-06	3.6E-06	0.27	***
7	0.00018	7.9E-07	8.9E-07	0.26	***
8	0.00014	1.3E-05	2.3E-05	0.24	***
9	0.00019	4.8E-07	9.8E-06	0.25	***
10	0.00011	9.7E-05	1.2E-06	0.28	***
11	0.00045	3.2E-16	4.4E-14	0.42	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

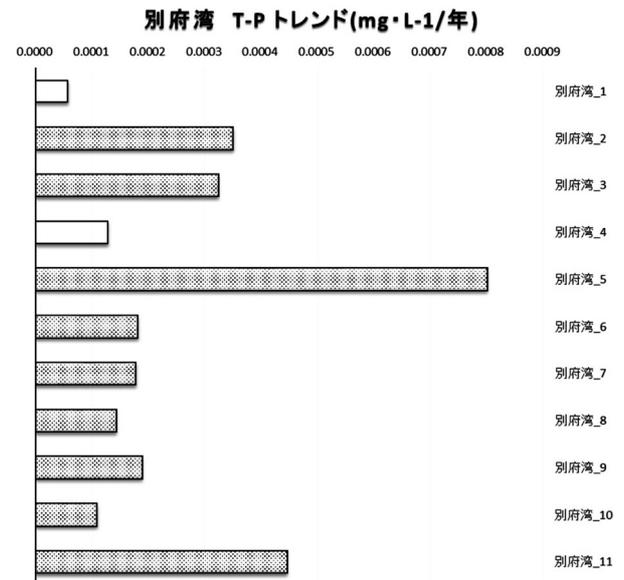


図6 全りんのトレンド一覧

表5 DOに係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (mg・L ⁻¹ /年)	p 値	p 値	タウ値	
1	0.0118	9.3E-09	2.0E-06	0.21	***
2	-0.0009	5.9E-01	8.8E-01	-0.01	
3	-0.0045	1.8E-02	1.9E-02	-0.11	*
4	-0.0007	7.2E-01	6.3E-01	-0.02	
5	0.0006	7.7E-01	4.5E-01	0.03	
6	0.0125	2.3E-12	2.9E-08	0.25	***
7	0.0038	6.4E-02	8.3E-03	0.12	
8	0.0062	2.6E-04	2.1E-02	0.10	*
9	0.0082	1.5E-04	4.3E-04	0.16	***
10	0.0113	7.2E-10	4.1E-07	0.23	***
11	0.0007	7.4E-01	7.7E-01	0.01	

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

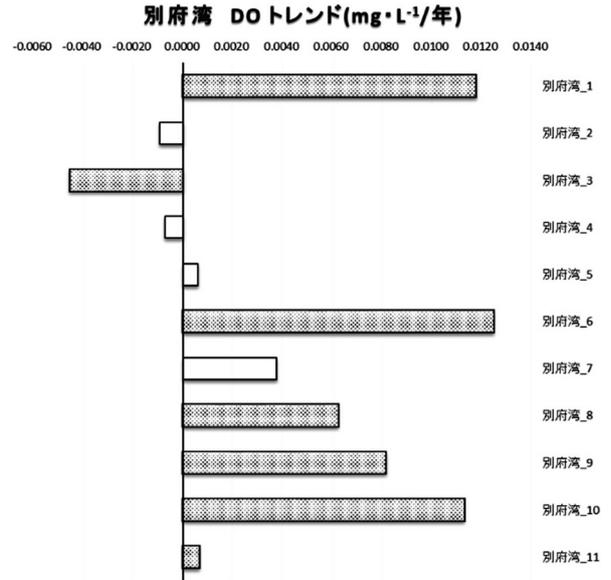


図7 DOのトレンド一覧

表6 CODに係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (mg・L ⁻¹ /年)	p 値	p 値	タウ値	
1	-0.0055	5.4E-04	3.6E-06	-0.21	***
2	-0.0032	3.5E-02	1.7E-02	-0.11	*
3	-0.0071	1.8E-04	2.4E-06	-0.22	***
4	-0.0037	3.6E-02	1.1E-02	-0.12	*
5	-0.0087	6.9E-03	1.6E-08	-0.25	**
6	-0.0096	5.3E-16	4.6E-14	-0.34	***
7	-0.0053	3.1E-03	3.2E-04	-0.16	**
8	-0.0025	1.1E-01	7.2E-02	-0.08	
9	-0.0052	5.6E-07	2.8E-06	-0.21	***
10	-0.0049	7.1E-06	1.4E-06	-0.22	***
11	-0.0063	1.4E-05	4.5E-06	-0.21	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

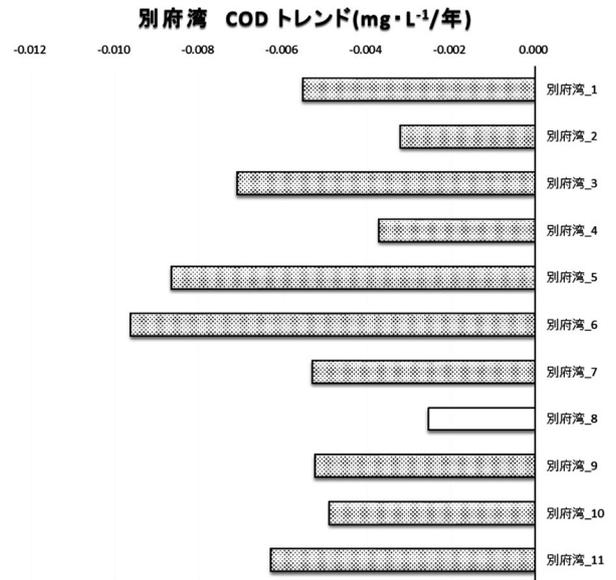


図8 CODのトレンド一覧

表7 クロロフィルaに係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}/\text{年}$)	p 値	p 値	タウ値	
1	-0.0100	1.5E-01	3.3E-02	-0.10	
2	0.0337	1.8E-02	9.4E-02	0.08	
3	0.0222	8.0E-03	4.8E-02	0.09	*
4	0.0091	1.3E-01	3.5E-01	0.04	
5	0.0389	4.9E-02	5.6E-01	0.03	
6	-0.0250	3.4E-11	1.4E-09	-0.28	***
7	-0.0277	8.8E-03	6.6E-03	-0.13	**
8	-0.0058	1.2E-01	8.5E-04	-0.15	
9	-0.0083	6.9E-03	3.4E-06	-0.22	**
10	-0.0122	1.3E-06	2.1E-08	-0.26	***
11	-0.0039	6.3E-01	6.4E-01	0.02	

*($p<0.05$),**($p<0.01$),***($p<0.001$)

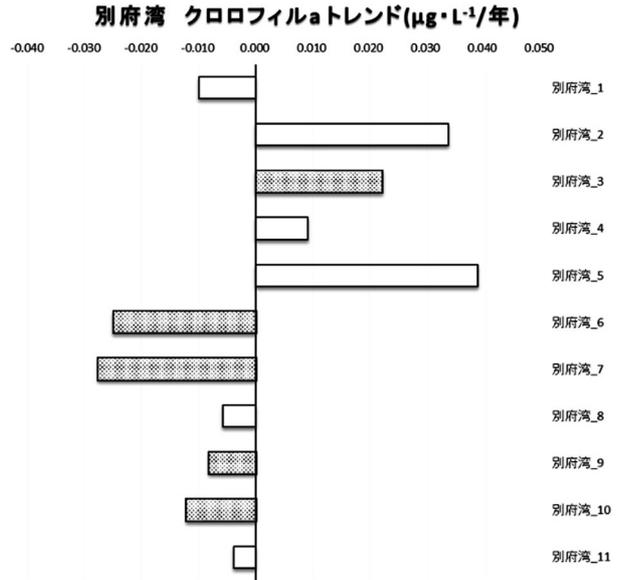


図9 クロロフィルaのトレンド一覧

表8 透明度に係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (m/年)	p 値	p 値	タウ値	
1	0.0157	4.7E-03	1.0E-03	0.16	**
2	-0.0177	3.6E-04	1.3E-03	-0.16	**
3	-0.0293	5.6E-07	6.9E-06	-0.22	***
4	-0.0039	4.7E-01	5.3E-01	-0.03	
5	0.0322	5.9E-09	1.5E-11	0.33	***
6	0.0431	2.2E-20	2.2E-16	0.46	***
7	0.0281	4.6E-05	2.1E-06	0.23	***
8	0.0367	6.9E-11	4.6E-12	0.34	***
9	0.0419	1.7E-11	3.1E-13	0.36	***
10	0.0414	3.4E-16	3.3E-16	0.41	***
11	-0.0086	1.3E-01	4.8E-01	-0.03	

*($p<0.05$),**($p<0.01$),***($p<0.001$)

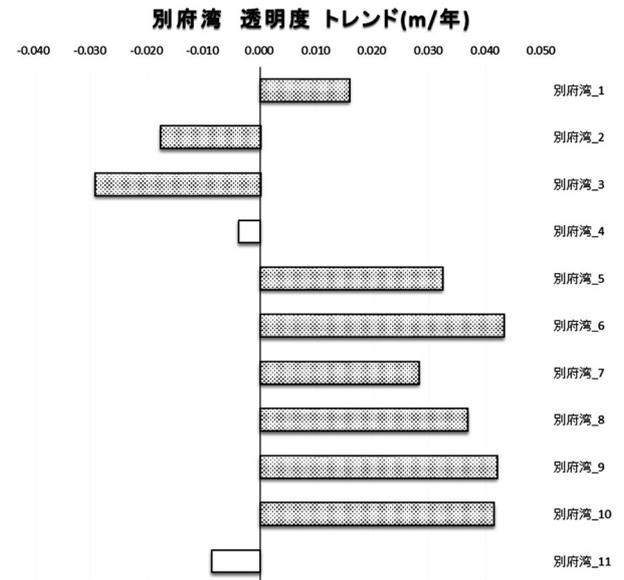


図10 透明度のトレンド一覧

表9 塩分に係る回帰分析及びケンドール検定の結果

地点	回帰分析		ケンドール検定		有意性
	回帰係数 (psu/年)	p 値	p 値	タウ値	
1	0.0165	2.4E-01	4.1E-01	-0.05	
2	-0.0372	5.6E-04	4.6E-04	-0.21	***
3	-0.0311	2.7E-02	2.4E-02	-0.14	*
4	-0.0217	3.7E-02	1.5E-01	-0.09	
5	-0.0590	2.4E-07	4.0E-05	-0.26	***
6	-0.0195	3.7E-02	6.4E-03	-0.17	*
7	-0.0189	1.9E-02	5.4E-02	-0.12	
8	-0.0097	1.3E-01	7.8E-02	-0.11	
9	0.0059	5.0E-01	1.7E-01	-0.09	
10	-0.0119	8.8E-03	1.4E-03	-0.20	**
11	-0.0362	7.4E-03	5.9E-03	-0.17	**

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

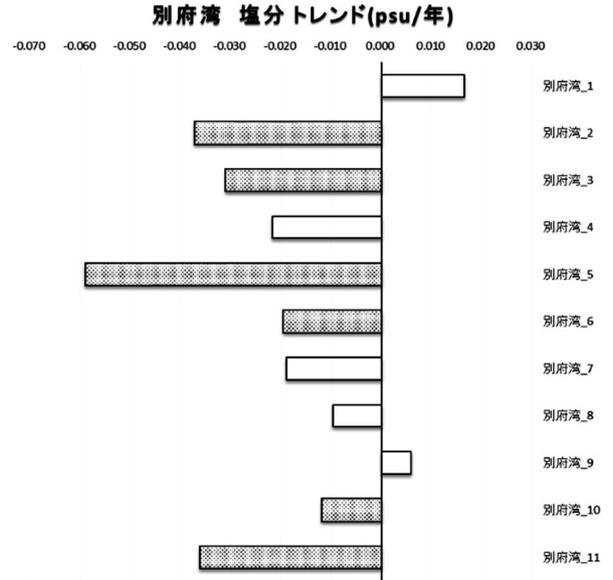


図11 塩分のトレンド一覧

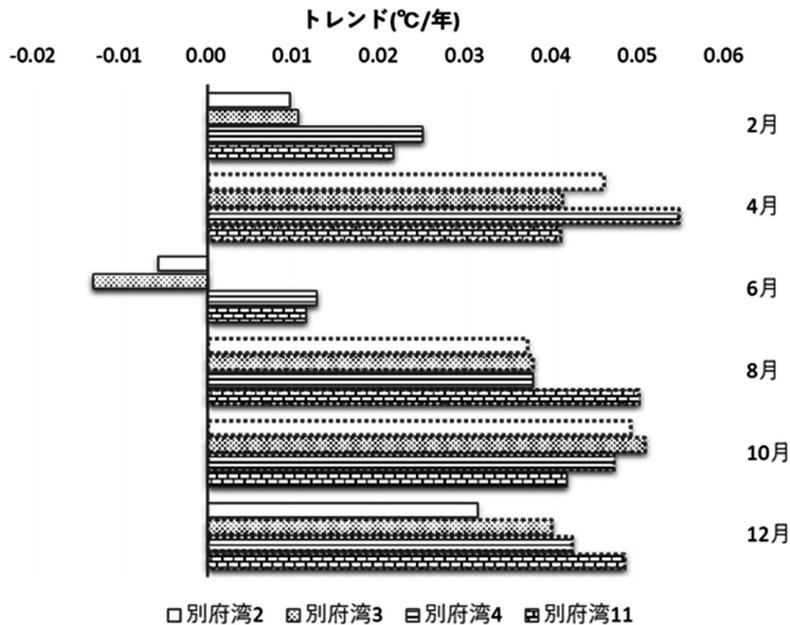


図12 調査月別の水温のトレンド一覧

表10 気温と水温の相関解析結果

地点	ケンドール検定		有意性
	p 値	タウ値	
1	2.2E-16	0.64	***
2	2.2E-16	0.71	***
3	2.2E-16	0.71	***
4	2.2E-16	0.71	***
5	2.2E-16	0.70	***
6	2.2E-16	0.70	***
7	2.2E-16	0.68	***
8	2.2E-16	0.66	***
9	2.2E-16	0.62	***
10	2.2E-16	0.66	***
11	2.2E-16	0.70	***

*(p<0.05),**(p<0.01),***(p<0.001)

表11 気温を説明変数とする水温の単回帰分析の結果と水温上昇予測値の一覧

地点	単回帰分析			水温上昇予測値(°C)	
	回帰係数	R ²	p 値	RCP2.6	RCP8.5
1	0.56	0.71	5.83E-63	0.73	2.31
2	0.63	0.81	2.83E-83	0.82	2.59
3	0.64	0.81	9.22E-82	0.84	2.64
4	0.64	0.80	8.23E-79	0.84	2.64
5	0.67	0.79	3.32E-78	0.87	2.75
6	0.66	0.79	1.76E-78	0.86	2.70
7	0.63	0.75	1.61E-71	0.82	2.60
8	0.62	0.73	1.38E-67	0.80	2.52
9	0.55	0.68	2.11E-58	0.71	2.25
10	0.61	0.72	4.22E-65	0.79	2.49
11	0.64	0.77	2.38E-76	0.83	2.63

表12 調査項目間の相関解析結果 (地点1)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.31	1.00							
COD	0.33	0.46	1.00						
DO	-0.46	-0.11	-0.06	1.00					
Chl-a	0.25	0.27	0.26	-0.04	1.00				
透明度	-0.36	-0.20	-0.25	0.16	-0.34	1.00			
T-N	-0.03	-0.26	-0.21	-0.17	-0.12	-0.01	1.00		
T-P	-0.03	0.20	0.09	-0.18	-0.01	-0.10	0.06	1.00	
塩分	-0.41	-0.23	-0.30	0.16	-0.31	0.40	-0.06	-0.05	1.00

表13 調査項目間の相関解析結果 (地点2)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.25	1.00							
COD	0.32	0.44	1.00						
DO	-0.39	0.09	0.09	1.00					
Chl-a	0.37	0.44	0.52	0.09	1.00				
透明度	-0.34	-0.23	-0.40	-0.06	-0.52	1.00			
T-N	0.01	-0.23	-0.01	-0.11	-0.10	0.00	1.00		
T-P	0.03	0.13	0.20	0.00	0.08	-0.05	0.26	1.00	
塩分	-0.40	-0.17	-0.39	0.05	-0.34	0.40	-0.13	-0.32	1.00

表14 調査項目間の相関解析結果 (地点3)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.33	1.00							
COD	0.39	0.49	1.00						
DO	-0.37	0.05	0.04	1.00					
Chl-a	0.43	0.45	0.50	0.05	1.00				
透明度	-0.36	-0.30	-0.36	0.00	-0.49	1.00			
T-N	-0.08	-0.23	-0.22	-0.13	-0.14	-0.01	1.00		
T-P	0.00	0.19	0.08	-0.08	0.04	-0.04	0.17	1.00	
塩分	-0.39	-0.22	-0.32	0.08	-0.33	0.40	-0.08	-0.20	1.00

表15 調査項目間の相関解析結果 (地点4)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.32	1.00							
COD	0.37	0.50	1.00						
DO	-0.39	0.02	0.05	1.00					
Chl-a	0.38	0.40	0.45	0.05	1.00				
透明度	-0.30	-0.21	-0.27	0.00	-0.39	1.00			
T-N	-0.06	-0.26	-0.27	-0.13	-0.23	0.04	1.00		
T-P	0.03	0.21	0.10	-0.08	0.07	-0.03	0.17	1.00	
塩分	-0.48	-0.20	-0.28	0.16	-0.32	0.30	-0.05	-0.16	1.00

表16 調査項目間の相関解析結果 (地点5)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.41	1.00							
COD	0.40	0.58	1.00						
DO	-0.08	0.27	0.29	1.00					
Chl-a	0.27	0.41	0.46	0.31	1.00				
透明度	-0.40	-0.48	-0.55	-0.25	-0.52	1.00			
T-N	0.01	-0.27	-0.09	-0.23	-0.04	0.09	1.00		
T-P	0.11	-0.03	0.07	-0.23	-0.02	-0.05	0.44	1.00	
塩分	-0.52	-0.29	-0.43	-0.02	-0.33	0.40	-0.22	-0.26	1.00

表17 調査項目間の相関解析結果 (地点6)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.14	1.00							
COD	0.29	0.25	1.00						
DO	-0.61	-0.16	-0.31	1.00					
Chl-a	0.27	0.08	0.23	-0.30	1.00				
透明度	-0.37	0.03	-0.29	0.42	-0.47	1.00			
T-N	0.07	-0.21	0.07	-0.12	0.10	-0.23	1.00		
T-P	0.12	0.07	0.34	-0.25	0.18	-0.19	0.18	1.00	
塩分	-0.40	0.07	-0.19	0.25	-0.10	0.21	-0.22	-0.14	1.00

表18 調査項目間の相関解析結果 (地点7)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.39	1.00							
COD	0.34	0.57	1.00						
DO	-0.30	0.04	0.12	1.00					
Chl-a	0.09	0.24	0.27	0.28	1.00				
透明度	-0.23	-0.41	-0.49	-0.21	-0.35	1.00			
T-N	-0.08	-0.22	-0.16	-0.13	-0.07	0.06	1.00		
T-P	0.09	0.19	0.11	-0.16	-0.04	0.00	0.09	1.00	
塩分	-0.53	-0.39	-0.44	0.01	-0.26	0.39	0.02	-0.09	1.00

表19 調査項目間の相関解析結果 (地点8)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.36	1.00							
COD	0.37	0.50	1.00						
DO	-0.35	-0.03	0.04	1.00					
Chl-a	0.17	0.29	0.30	0.10	1.00				
透明度	-0.29	-0.47	-0.42	-0.06	-0.35	1.00			
T-N	-0.02	-0.24	-0.19	-0.24	-0.15	0.28	1.00		
T-P	0.11	0.21	0.10	-0.23	0.00	-0.03	0.10	1.00	
塩分	-0.59	-0.39	-0.49	0.09	-0.29	0.36	0.05	-0.05	1.00

表20 調査項目間の相関解析結果 (地点9)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.29	1.00							
COD	0.31	0.30	1.00						
DO	-0.46	-0.21	-0.18	1.00					
Chl-a	0.11	0.15	0.14	-0.01	1.00				
透明度	-0.09	-0.15	-0.14	0.08	-0.28	1.00			
T-N	0.07	-0.10	0.04	-0.14	-0.05	-0.03	1.00		
T-P	0.08	0.24	0.28	-0.21	-0.05	-0.04	0.09	1.00	
塩分	-0.48	-0.24	-0.33	0.15	-0.10	0.09	-0.09	-0.04	1.00

表21 調査項目間の相関解析結果 (地点10)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.26	1.00							
COD	0.26	0.25	1.00						
DO	-0.61	-0.29	-0.27	1.00					
Chl-a	0.21	0.12	0.24	-0.21	1.00				
透明度	-0.31	-0.03	-0.18	0.29	-0.38	1.00			
T-N	0.08	-0.11	-0.02	-0.12	0.02	-0.09	1.00		
T-P	0.10	0.26	0.25	-0.22	0.06	-0.03	0.02	1.00	
塩分	-0.45	-0.12	-0.23	0.31	-0.13	0.11	-0.14	-0.05	1.00

表22 調査項目間の相関解析結果 (地点11)

項目	水温	pH	COD	DO	Chl-a	透明度	T-N	T-P	塩分
水温	1.00								
pH	0.31	1.00							
COD	0.30	0.43	1.00						
DO	-0.40	0.01	0.07	1.00					
Chl-a	0.32	0.39	0.35	0.09	1.00				
透明度	-0.31	-0.28	-0.36	-0.04	-0.44	1.00			
T-N	0.03	-0.29	-0.16	-0.19	-0.07	0.02	1.00		
T-P	-0.05	-0.07	0.03	-0.10	-0.14	0.01	0.14	1.00	
塩分	-0.40	-0.20	-0.38	0.06	-0.33	0.39	-0.15	-0.06	1.00

表23 調査項目の組合せと割当てた要素の一覧

要素	調査項目の組合せ
A	水温-pH
B	水温-COD
C	水温-DO
D	水温-クロロフィル a
E	水温-透明度
F	水温-塩分
G	pH-COD
H	pH-クロロフィル a
I	pH-透明度
J	COD-クロロフィル a
K	COD-透明度
L	COD-塩分
M	DO-透明度
O	クロロフィル a-透明度
P	透明度-塩分
Q	全窒素-全りん

表24 各地点において有意な相関関係があった要素の一覧

地点	相関係数の符号	
	正	負
1	G,P	C,F
2	G,H,J,P	F,O
3	D,G,H,J,P	O
4	G,H,J	F,O
5	A,B,G,H,J,Q	E,F,I,K,L,O
6	M	C,O
7	G	F,I,K,L
8	G	F,I,K,L
9	なし	C,F
10	なし	C,F
11	G	F,O