

2008年度 修士論文

大分県タデ原湿原における  
植生の変遷と水質、水理、微地形、土壌の関係

北九州市立大学 大学院  
国際環境工学研究科  
環境工学専攻 バイオシステムコース  
篠原 芳海

目次	2-4
要旨	5
1 はじめに	6
2 調査・分析・解析の手法	7
2.1 調査地の概要	7
2.2 調査定点	8
2.3 植生調査	9
2.4 植生の統計解析	9
2.5 地下水位の測定	9
2.6 水質の分析	10
2.6.1 pH、EC の分析	10
2.6.2 ろ過	10
2.6.3 TOC の分析	10
2.6.4 イオンクロマトグラフ法による分析	10
2.6.5 TN、TP の分析	11
2.6.6 ICP 発光分光分析法による分析	11
2.7 微地形の計測	11
2.8 微地形の統計処理	11
2.8.1 調査線全体における相対標高	11
2.8.2 各方形枠における地形の分布	11
2.8.3 冠水面積の推定	11
2.9 植生と水質、推理の統計処理	12
2.9.1 等分散性の検定	12
2.9.2 ノンパラメトリックな手法による多重比較	12
2.9.3 ノンパラメトリックな手法による対応、繰り返しのある 2 郡以上の郡間比較	12
3 結果と考察	13
3.1 植生の変遷と TWINSPAN 法による集約	13-14
3.2 TWINSPAN 法で集約した植生のグループと水質、水理の関係	15
3.2.1 植生のグループと水質、水理の経時変化の関係	15
(1) ナトリウムイオン	15
(2) カリウムイオン	16
(3) アンモニウムイオン	17
(4) マグネシウムイオン	18
(5) カルシウムイオン	19
(6) フッ素イオン	20
(7) 塩化物イオン	21
(8) 硫酸イオン	22
(9) 硝酸イオン	23
(10) EC	24
(11) pH	25
(12) 地下水位	26

(13)冠水面積	27
(14)TN	28
(15)TP	29
(16)TOC	30
(17)鉄	31
(18)マンガン	32
(19)ケイ素	33
(20)アルミニウム	34

### 3.2.2 植生のグループと水質、水理の月間値の平均値との関係 35

(1) ナトリウムイオン	35
(2) カリウムイオン	36
(3) アンモニウムイオン	37
(4) マグネシウムイオン	38
(5) カルシウムイオン	39
(6) フッ素イオン	40
(7) 塩化物イオン	41
(8) 硫酸イオン	42
(9) 硝酸イオン	43
(10)EC	44
(11)pH	45
(12)地下水位	46
(13)冠水面積	47
(14)TN	48
(15)TP	49
(16)TOC	50
(17)鉄	51
(18)マンガン	52
(19)ケイ素	53
(20)アルミニウム	54

### 3.2.3 植生のグループと2007年の5、6、7月と2008年の5、6、7月の間の水質、水理の比較

55	
(1) ナトリウムイオン	56
(2) カリウムイオン	57
(3) アンモニウムイオン	58
(4) マグネシウムイオン	59
(5) カルシウムイオン	60
(6) フッ素イオン	61
(7) 塩化物イオン	62
(8) 硫酸イオン	63
(9) 硝酸イオン	64
(10)EC	65

(11)pH	66
(12)地下水位	67
(13)冠水面積	68
(14)TN	69
(15)TP	70
(16)TOC	71
(17)鉄	72
(18)マンガン	73
(19)ケイ素	74
(20)アルミニウム	75
4 まとめ	76
5 謝辞	77
6 参考文献	78
7 付録	79

## 要旨

タデ原湿原は、冷涼な気候や火山性の影響を受けて形成された、特徴的な環境に立地する湿原である。このような影響を受けている湿原に生育する種、また、土壤水圏環境について報告があるが、種と土壤水圏環境との関係は明確ではなかった。これは、冷涼で多雨な気候や火山性の影響によって環境が頻繁に変化すること、そして、一時的な調査では、その変化の一部しか評価できないことに原因があると考えた。そこで、本研究では、植生と土壤水圏環境の関係について明らかにすることを目的として、2年間の継続した調査と、1年間の変化を比較する調査を行った。この手法は、前例のほとんどない手法である。

調査地は、大分県九重町に位置するタデ原湿原(33.07'N 131.14'E)において、オオミズゴケ(ミズゴケ科)、ヒメミズゴケ(ミズゴケ科)、ヌマガヤ(イネ科)が優占する地域を選択し、全長160mのトランセクト上に10m間隔に17箇所の調査地点を常設した。各調査地点では、植生(期間:2007年7月、2008年7月)、水質・地下水位(2006年8月～2008年7月)、微地形(2008年6月、2008年12月)の調査、分析を行った。

各地点における植生変遷が、水質、水理、微地形の各環境とどのように対応しているのか、調査地点毎に調査期間中の平均値と変動より比較した。まず、植生調査の結果を4つの基準より分類した。TWINSPAN法を用いて、4つのグループに集約すると種ごとの分布、変遷を過不足なく説明できた。次に、集約した植生のグループに対応する水質、水理、微地形の結果について、(1)調査毎に比較、(2)全調査まとめて比較、(3)2007年と2008年の5、6、7月における比較の3つの手法を用いて比較した。

その結果、植生と水質、水理の相互関係は明らかにできないものの、植生の各グループには統計学的に有意な違いのある水質、水理の特性を持っている事が明らかになった。

よって、タデ原湿原における植生と土壤水圏環境の関係を、短期間の変化に注目し解析する事で対応関係を明確にすることができた。また、タデ原湿原において保全を進める上でも、水質、水理を管理する事が重要であること、また、1年間でも変化する環境であることから、生物多様性を考える上でも、長期的、継続的に調査を続ける事が重要であることが分かった。

## 1 はじめに

タデ原湿原は、大分県九重町に位置する湿原である。1970年から2000年までの年間平均気温は9.1℃、最暖月間平均気温は7、8月の20.3℃、最寒月間平均気温は1月の-2.1℃、年間平均降水量は、2720mmと推定される(気象庁 2002)。これは、ケッペンの気候区分では温暖湿潤気候(Cfa)に当たり、推定される暖かさの指数は、71である(吉良 1948、気象庁 2002)。また、タデ原周辺の自然林では、ミズナラ(*Quercus mongolica* var. *grosseserrata*)、ノリウツギ(*Hydrangea paniculata* Sieb. et Zucc.)という落葉広葉樹が優占している(小田、生野 2002)。従って、温暖な九州においては、冷涼な環境といえる。

タデ原湿原(Nakazono and Iyobe 2008)と、タデ原湿原から北東に12km 標高770mの位置にある小田の池(荒金 1973)では、泥炭が堆積していると報告されている。7月の月間平均気温が20℃の等温線は、泥炭多産地の南限と一致し(阪口 1974)、7月の月間平均気温が25℃等温線では、泥炭の堆積が著しく遅くなる(Wolejko and Ito 1986)と報告されている。7月の月間平均気温は、タデ原湿原において20.3℃、小田の池において22.1℃(気象庁 2002)と推定されるため、両地域は、気候的な視点から泥炭の堆積が可能な環境であると推測される。

タデ原湿原に堆積する泥炭は、表層から4mの深さにおいても存在している事が確認されている(Nakazono and Iyobe 2008)。この泥炭に優占する植物遺体を層序学的に分析すると、優先種の変遷より進行遷移と退行遷移の傾向が判明し、進行遷移から退行遷移に変化する際、火山性降下物の影響があったと推測された(Nakazono and Iyobe 2008)。

以上のことから、タデ原湿原の立地条件は、特徴的な環境にあるといえる。しかしながら、特徴的な環境と湿原に生育する種の関係は明らかでなかった。環境と種の間関係を明らかにすることを目的として、土壌中の水質、水理環境(土壌水圏環境)と生育する種について調査を行った。この調査では、タデ原湿原のヌマガヤ(*Moliniopsis japonica* (Hack.) Hayata.)、ヒメミズゴケ(*Sphagnum fimbriatum* Wils. In Hook)、オオミズゴケ(*Sphagnum palustre* L.)が優占する地域における土壌水圏環境を明らかにする事ができたが、土壌水圏環境と種の間関係は明確にする事はできなかった。この問題点として、前述のように、気候や火山という影響によって変化しやすい環境にある事が原因であると考えた。このことから、タデ原湿原において、土壌水圏環境と種の間関係を明らかにするためには、土壌水圏環境と種がどのように変化するのか明らかにする必要があると考えた。

本研究では、水圏土壌環境の2年間の変化、種の1年間の変化を明らかにすることで、水圏土壌環境と種の間関係を明らかにすることを目的として調査と解析を実施した。

## 2 調査・分析・解析の手法

### 2.1 調査地の概要

タデ原湿原(33°07'N 131°14'E)は、九重連山の北西部の標高 1000m から 1100m に立地している(図 2-1)。標高は、南部が最も高く、北部が最も低い。傾斜は、溪流沿いを除いて 0.01° から 3° である。面積は、38ha である。湿原の南側、東側半径 4km 以内に、標高 1333m の丘陵(通称上湯沢台)、三俣山(1745m)、星生山(1762m)、黒岩山(1503m)、泉水山(1296m)が立地している。北部は、標高 1000m から 1025m の丘陵(通称松の台岩屑なだれ堆積物)が立地し、周辺の集水域から運ばれる物質の流れを遮っている(千田 1998)。西部は、三俣山と星生山の間にある谷を起源とする白水川が、南部から北部へ流れている。湿原の南南東 3km の位置(通称硫黄山)からは、二酸化炭素、硫化水素を主組成とする火山性のガスを噴出させている(江原ほか 1981)。また、三俣山の麓と湿原の南端には、水質が異なる湧水郡がある(山田、大沢 2004)。タデ原湿原は、この湧水を含め、周囲の山からの表流水、扇状地からの伏流水によって涵養されていると考えられており、湿原そのものも、火山体の開析による粗粒堆積物の供給が多く、むしろ扇状地的な要素の大きい湿原を形成している(千田 1998)。

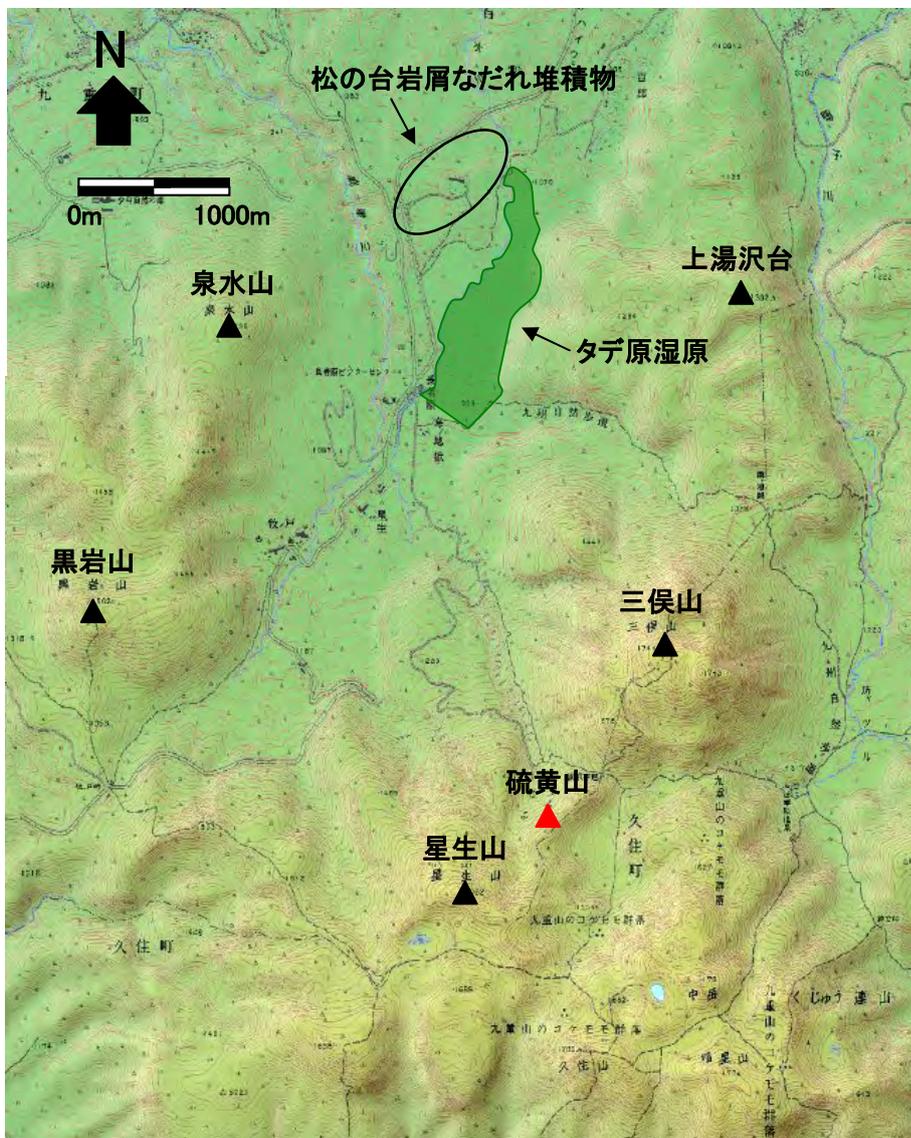


図 2-1 タデ原湿原周辺図(国土地理院発行 20 万分の 1 地形図(宮原・久住))

## 2.2 調査定点

調査地の植生、水理、水質、微地形、土壌について、空間的、経時的に取り扱うために、調査線を設置した(図 2-2)。調査線は、タデ原湿原のヌマガヤ(*M. japonica*)、ヒメミズゴケ(*S. fimbriatum*)、オオミズゴケ(*S. palustre*)が、優占する地域に設置した。全長は 160m。起点は、調査線の西端(距離:0m)で、湿原の中央部に位置する溪流に接している。終点は、調査線の東端(距離:160m)で、湿原の東端に位置する溪流と接している。

調査線上の水理、水質を定期的に測定、分析するために、調査線の 0m 地点から 10m 間隔に合計 17 箇所を定点とした。定点には、全長 130cm、外形 38mm の塩化ビニル製パイプに孔径 5mm の穴を 10cm 間隔に四方に開ける加工を行い、地上部に 40cm 残るように埋設した。

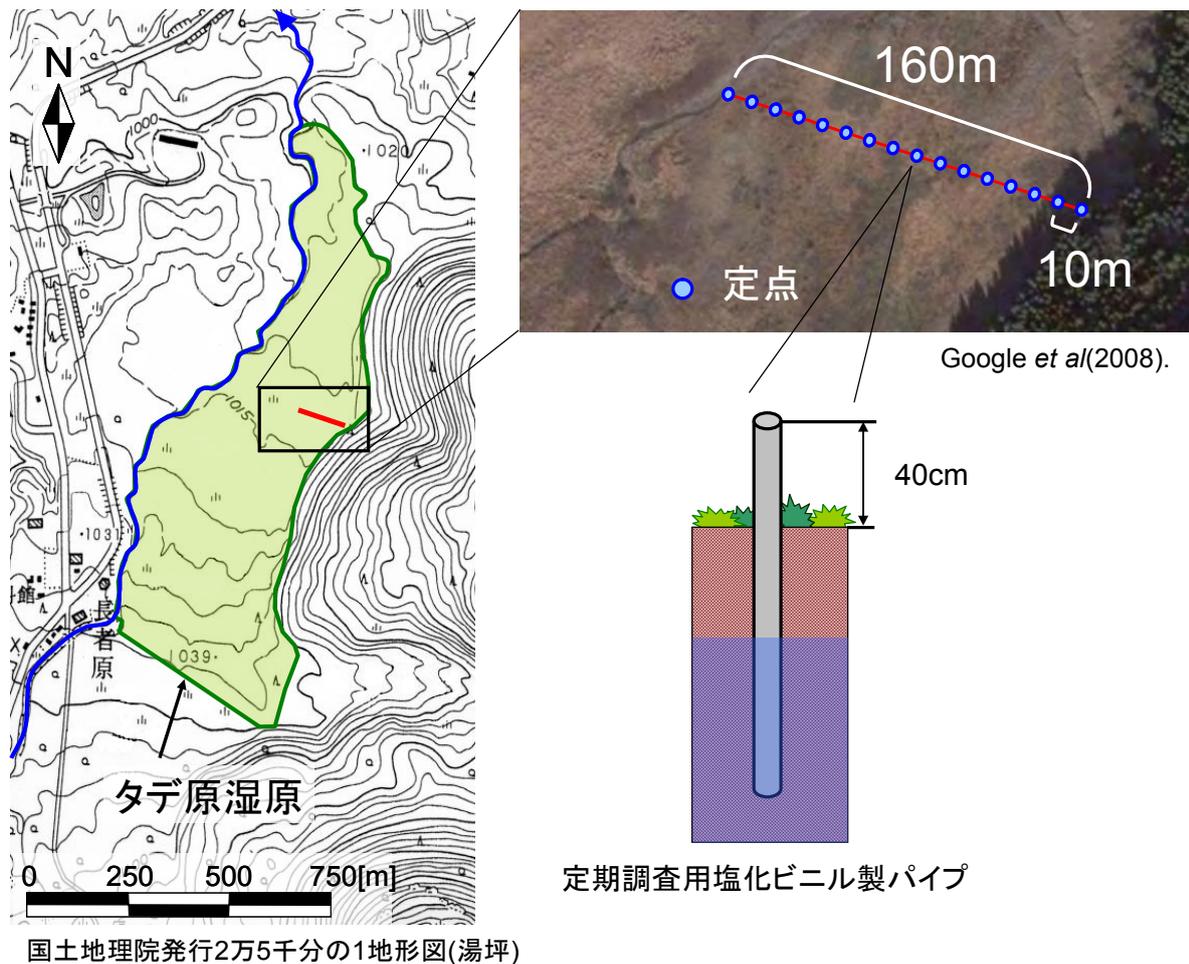


図 2-2 調査定点の位置と定期調査用塩化ビニル製パイプ

## 2.3 植生調査

調査線に隣接する地点に生育している、種の有無と種の被度を記録した。調査は、2007年7月30日と31日、2008年7月10日と11日の合計2回行った。手法は、ベルトトランセクト法を応用し(沼田 1987)、調査線の西端を基準(0m)として、1m 間隔に1m 四方の方形枠を調査線の南北どちらか一方に設置して、合計160箇所の方形枠内に出現する種とその被度を記録した。2008年の調査は、2007年の調査において方形枠を設置した方角を一致させた。

## 2.4 植生の統計解析

得られた各方形枠における各種の有無と被度を4つの基準により分類と数量化を行い、2007年から2008年の1年間にどのように変化したのか示した。基準は、(1) 存在無し(数値:1)、(2) 減少または消滅(数値:1)、(3) 変化無し、(4) 増加または移入である(表 2-1)。

表 2-1 2007年から2008年における種の有無と被度の変化を分類する基準

	基準	状態		数量化	記号
		2007年	2008年		
1	存在無し	存在なし	→ 存在なし	1	なし
2	減少	存在	→ 20%以上の減少	2	△
	消滅	存在	→ 存在なし		
3	変化無し	存在	→ 20%未満の増加	3	◇
		存在	→ 20%未満の減少		
4	増加	存在	→ 20%以上の増加	4	○
	移入	存在なし	→ 存在		

規則性のある種の分布と変化を集約する為に、2007年から2008年の1年間に、種変遷の4つ基準を用いた。集約手法には、TWINSPAN(Two Indicator Species Analysis: 二元指標分析)法(Hill and Šmilauer 2005)を用いた。解析では、TWINSPAN for Windows version 2.3 というソフトウェアでデータを処理した。各方形枠における各種ごとの変化を、数量化して示した1、2、3、4、の数値を入力し、カットレベルを1.5、2.5、3.5に設定した。重み付けやデータの除外、その他の設定の変更は行わなかった。

## 2.5 地下水位の測定

地下水位より、定点の水理環境を把握する。調査は、2006年8月10日から2008年7月24日まで合計17回、1ヶ月から4ヶ月に1回の頻度で行った。地下水位の測定では、水環境測定用パイプと地表面が接している地点を基準(0m)として、地下方向をマイナス、地上方向をプラスとして扱った(図 2-3)。

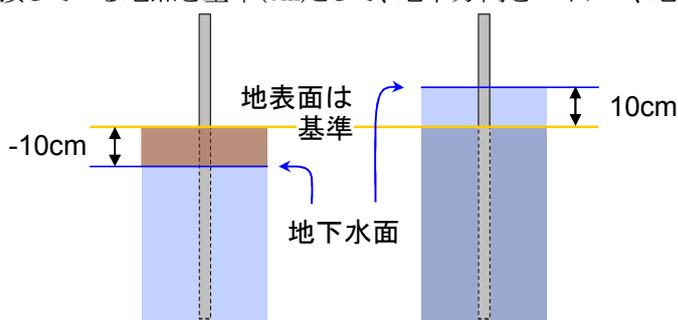


図 2-3  
地下水位の測定基準

## 2.6 水質の分析

土壌間隙水の採水と分析より、定点の化学的水質を把握する。調査は、地下水位の測定と同日、同回数、同頻度で行った。土壌間隙水は、土壌間隙水で共洗いした容量 50ml シリンジと三方コックを接続したポリプロピレン製チューブを用いて、水環境測定用パイプ内に浸出する土壌間隙水を採水した。直ちに、酸性洗剤で洗浄した 100ml ポリエチレン製ボトルに移した。採水後、12 時間以内に 5℃に設定した冷蔵庫で保冷した。

採水後の作業は、迅速に行う必要がある作業を優先させるために、6 つのグループに分けて行った。作業は、(1)pH、電気伝導度(EC)の分析、(2)定量ろ紙、メンブレンフィルターによる夾雑物の除去、(3)全有機炭素(TOC)の分析、(4)イオンクロマトグラフ法を用いた溶存イオンの分析、(5)全窒素(TN)、全リン(TP)の分析、(6)誘導結合プラズマ(ICP)発光分光分析法を用いた溶存金属の分析の順で行った。

### 2.6.1 pH、EC の分析

pH、EC は、水質の分析で多用される指標である。試料分析は、採水後 36 時間以内に行った。土壌間隙水(試料)の pH の測定は、堀場製作所製ポータブル pH 計(D-52 または D-54)に、防水プラスチックボディー形電極(9621-10D)を接続したものをを用いた。測定前に、中性リン酸塩標準液(pH6.88、20℃)、フタル酸塩標準液(pH4.00、20℃)を用いて 2 点校正を行った。測定は、pH 計のオートホールドで示された数値を記録した。試料の電気伝導度の測定は、堀場製作所製ポータブル EC 計(ES-51)に、浸漬型導電率電極(9382-10D)を接続したものをを用いた。測定は、EC 計のオートホールドで示された数値を記録した。

### 2.6.2 ろ過

試料中に含まれる夾雑物は、分析機器内の流路を詰める恐れがあるため、ろ過し除去した。夾雑物は、東洋濾紙製の定量ろ紙 No.5C(JIS P 3801 5 種 C に相当)を用いてろ過した。また、イオンクロマトグラフ法による分析、ICP 発光分光分析に用いる試料の場合は、東洋濾紙製の孔径 0.20  $\mu\text{m}$  メンブレンフィルター(DISMIC-25<sub>AS</sub>)を用いてろ過した。

### 2.6.3 TOC の分析

分析では、島津製作所製全有機炭素分析計(TOC-Vcs、燃焼触媒酸化方式)を用いて、不揮発性炭素(NPOC)の形態で測定した。試料は、定量ろ紙 No.5C でろ過した試料を用いた。

### 2.6.4 イオンクロマトグラフ法による分析

分析では、DIONEX 製イオンクロマトグラフ(DX-120)を用いて、主要な陰イオン(F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>)、主要な陽イオン(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)の濃度を測定した。試料は、孔径 0.2  $\mu\text{m}$  のメンブレンフィルターを用いてろ過した試料を用いた。高い EC の試料は、カラムの寿命を短くするため、作業(1)で計測した EC を参考に、希釈後の EC が 10mS/m 未満になるように希釈した。希釈した試料は、容量 2ml のバイアル瓶に 1.8ml 移し、イオンクロマトグラフで分析した。

## 2.6.5 TN、TP の分析

TN の分析は、塩基性ペルオキシ二硫酸カリウム分解-紫外線吸光光度法(日本分析化学会北海道支部 1994)を用いて酸化分解処理を行い、日本分光製吸光光度計(V-530)を用いて、波長 220nm で測定した。試料の量が限られることから、使用する試料、試薬の量を 0.2 倍量に縮小した。

TP の分析は、モリブデン青法(日本分析化学会北海道支部 1994)を用いて酸化分解処理を行い、日本分光製吸光光度計(V-530)を用いて、波長 885nm で測定した。試料の量が限られることから、使用する試料、試薬の量を 0.3 倍量に縮小した。

## 2.6.6 ICP 発光分光分析法による分析

分析では、Perkin Elmer 製 ICP 発光分光分析装置(Optima 4300DV)を用いて、溶存する金属(Na、Mg、Al、Si、K、Ca、Mn、Fe)の濃度を分析した。試料は、孔径 0.2  $\mu$ m のメンブレンフィルターを用いてろ過した試料を用いた。計測された Na、Mg、K、Ca 濃度は、mg/L から  $\mu$ eq/L に変換しイオンとして扱った。

## 2.7 微地形の計測

地図の等高線では分からない、数 cm から数十 cm 単位の地表面の凸凹を微地形という。微地形は、各方形枠に 18 箇所の測定点(トランセクトに平行して 20cm 間隔に 6 点設置した列を、幅 50cm 間隔に 3 列を、160 箇所の方角枠に設置して、2008 年 12 月 10 日、11 日、19 日にレベル測量を行った。レベル測量は、TOPCON 製オートレベル(AT-G3)と市販の箱尺を用いて、1mm 単位で計測した。

## 2.8 微地形の統計処理

計測した数値は、目的に応じて 3 つの処理を行った。

### 2.8.1 調査線全体における相対標高

トランセクト上に設置した測定点 801 点のデータを用いて、トランセクト西端を 0m とした場合の相対標高を求めた。

### 2.8.2 各方形枠における地形の分布

各方形枠で計測した 18 点の相対標高より、標高のバラツキを求めた。

### 2.8.3 冠水面積の推定

水環境測定用パイプに隣接する 2 つまたは 1 つの方角枠において、水環境測定用パイプに接する測定点の相対標高を基準点(0cm)として、地下方向をマイナス、大気方向をプラスの値に変換した。基準点から 17 箇所の測定点のバラツキについて 1cm 単位に分布表を作成した。

分布表と水環境測定用パイプで計測した水位の記録から、冠水面積を推定した。

## 2.9 植生と水質、水理の統計処理

植生のグループと対応する水質、水理の関係について、統計学的手法を用いて、有意差の有無について検討した。

### 2.9.1 等分散性の検定

データの郡間で分散が等しいか等しくないかの違いを知ることは、比較するための統計学的手法を選択する上で重要である。統計処理を行う前に、Levene の等分散性検定( $p < 0.05$ )を用いて、植生の各グループに対応する水質、水理のデータが、各グループの間において分散が等しいか検定を行った。p値が0.05未満であった場合は、等分散性が仮定できないので、以後の検定はノンパラメトリックな手法を用いた。一方で、p値が0.05以上であった場合は、等分散性が仮定できるので、以後の検定はパラメトリックな手法を用いた。処理は、SPSS 11.0J for Windows というソフトウェアを用いた。

### 2.9.2 ノンパラメトリックな手法による多重比較

比較するデータのグループ郡が3郡以上、各郡のデータ数が一致しないデータ郡の各群間を比較は、Steel-Dwass 法( $p < 0.05$ )を用いた。処理は、KyPlot 5.0 というソフトウェアを用いた。

### 2.9.3 ノンパラメトリックな手法による対応、繰り返しのある2郡以上の郡間比較

比較するデータのグループ郡間に、対応するブロックがあり、ブロック内に繰り返しがある場合、Friedman 検定を用いた。処理は、KyPlot 5.0 というソフトウェアを用いた。

### 3 結果と考察

#### 3.1 植生の変遷と TWINSpan 法による集約

植生調査より、160 箇所の方形枠内に出現した種数は、2007 年 7 月の調査では 26 種、2008 年 7 月の調査では 38 種出現した。2 回の調査で出現した種の総数は、40 種である。この 40 種について 4 つの基準を用いると、1 年間の変化を視覚的に理解できる(図 3-1)。ここで、個々の種の分布と変化について注目すると、各種が不規則に分布したり、変化したりしているのではなく、空間的な分布や変化がある事が分かる。例えば、ヒメズゴケ(*S. fimbriatum*)とオオミズゴケ(*S. alustre*)の分布は、9 割以上の方形枠に出現しており、出現する地点においては 4 割以上の方形枠において被度が変化していない。また、ノイバラ(*Rosa multiflora* Thunb)の分布は、調査線の西端から 140m から 160m までの方形枠に出現が限られている。

ここで、種の分布と変化の規則性を、客観的に明らかにするために、TWINSpan 法を用いて方形枠を集約した。4 つのグループ(A、B、C、D)に集約すると、種の分布と変化の規則性を過不足無く説明できると考えた(図 3-1)。各グループは、調査線上でまとまっていることから、各方形枠における環境の条件を反映していると考えた。そこで、17 箇所の水環境測定用パイプで得られた水質、水理のデータを、17 箇所の水環境測定用パイプに隣接する 32 箇所の方形枠に対応させ、4 つのグループとの関係について比較検討した。

# TWINSpanにより集約したグループ

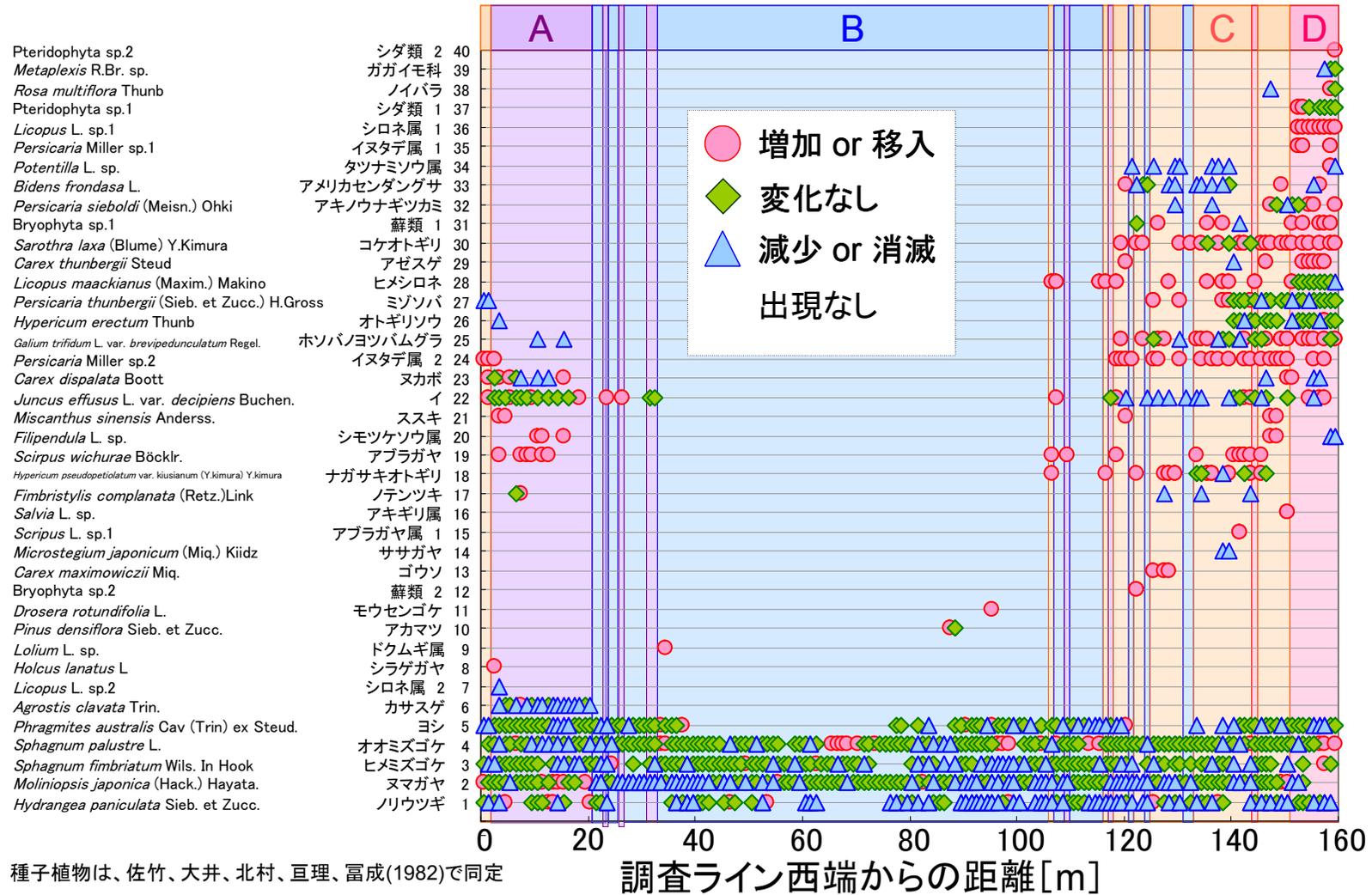


図 3-1 2007年7月と2008年7月に各方形枠内に出現した種とその変遷、基準は、表 2-1 を用いた。

## 3.2 TWINSPLAN 法で集約した植生のグループと水質、水理の関係

### 3.2.1 植生のグループと水質、水理の経時変化の関係

TWINSPLAN 法で集約した4つのグループにおける、水質、水理環境の経時的な変化について、各グループ間で比較検討した。ただし、グループ D は、サンプル数が各調査において1箇所しか存在しないため、統計学的処理ができない。従って、グループ A、B、C の3グループにおける比較検討を行った。

#### (1) ナトリウムイオン

ナトリウムイオンの平均濃度は、グループ B において、全調査 17 回中 14 回で  $500 \mu\text{eq/L}$  以上  $600 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。グループ A における平均濃度は、全調査 17 回中 14 回で  $470 \mu\text{eq/L}$  以上  $600 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。また、2007 年 4 月 20 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 1 月 27 日の 3 回の調査では、グループ B よりも高い値を示した。グループ C における平均濃度は、全調査 17 回中 16 回で  $270 \mu\text{eq/L}$  以上  $390 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全調査において、グループ B とグループ A 間に有意差は無く、グループ B とグループ C 間に有意差があった。2007 年 7 月 21 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 3 回の調査において、グループ A とグループ C の間に有意差は無かった。

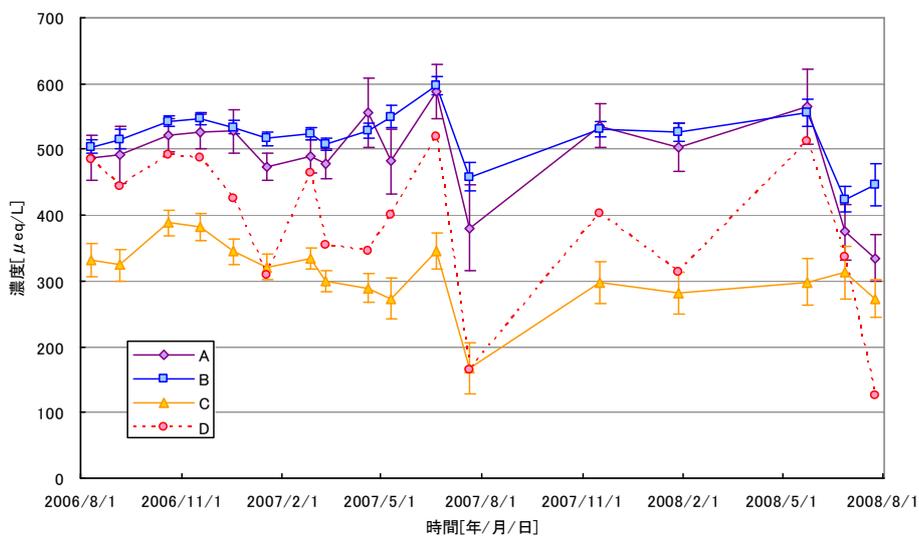


図 3-2 ナトリウムイオン濃度の経時変化

## (2) カリウムイオン

カリウムイオンの平均濃度は、グループ A において、2006 年 8 月 10 日から 2008 年 5 月 23 日までの全調査 15 回中 13 回で  $50 \mu\text{eq/L}$  以上  $100 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 6 月 21 日の調査では、 $147.8 \mu\text{eq/L}$  の平均濃度を示した。2007 年 7 月 21 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の調査では、 $50 \mu\text{eq/L}$  未満の平均濃度を示した。グループ B における平均濃度は、2006 年 8 月 10 日から 2008 年 5 月 23 日までの全調査 15 回で  $50 \mu\text{eq/L}$  以上  $100 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の調査では、 $50 \mu\text{eq/L}$  未満の平均濃度を示した。グループ C における平均濃度は、2006 年 8 月 10 日から 2007 年 5 月 13 日までの全調査 10 回中 9 回で  $50 \mu\text{eq/L}$  以上  $100 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 6 月 21 日の調査では、 $193.3 \mu\text{eq/L}$  の平均濃度を示した。しかし、その後 2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 24 日までの全調査 6 回では、平均濃度が  $50 \mu\text{eq/L}$  以上になることは無く、 $5 \mu\text{eq/L}$  以上  $35 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006 年 12 月 18 日、2007 年 1 月 17 日、2007 年 6 月 21 日、2007 年 7 月 21 日の 4 回の調査において、グループ A とグループ B 間に有意差があった。2006 年 10 月 20 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 4 月 20 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日の 7 回の調査において、グループ A とグループ C 間に有意差があった。2006 年 11 月 16 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 6 月 21 日の 4 回の調査を除いた 13 回の調査において、グループ B とグループ C の間に有意差があった。

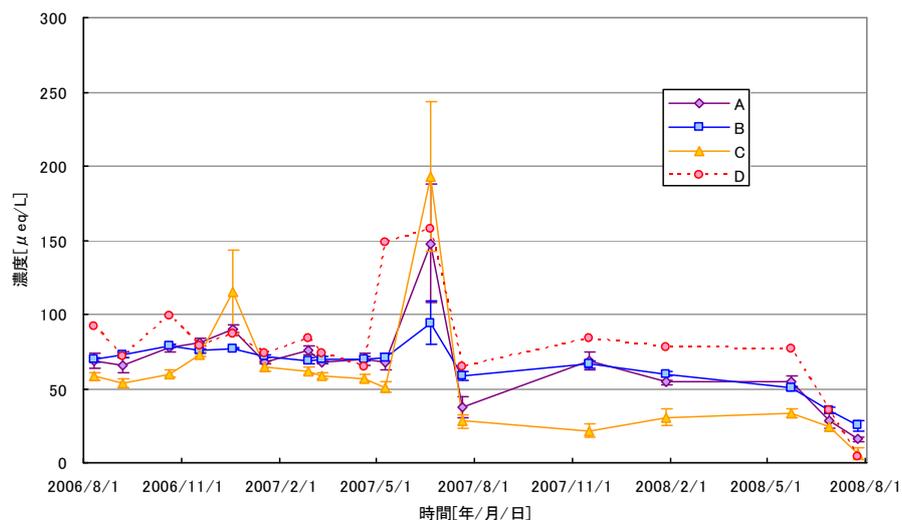


図 3-3 カリウムイオン濃度の経時変化

### (3) アンモニウムイオン

アンモニウムイオンの平均濃度は、グループ A において 2006 年 9 月 6 日、2006 年 10 月 20 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 7 月 24 日の 6 回の調査で、 $0.8 \mu\text{eq/L}$  以上  $10.4 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 4 月 20 日の調査の平均濃度は、 $148.4 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 1 月 17 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日の 10 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の濃度で示されている。グループ B における平均濃度は、2006 年 9 月 6 日、2006 年 10 月 20 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 1 月 17 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 9 回の調査で、 $0.2 \mu\text{eq/L}$  以上  $13.6 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 4 月 20 日の調査の平均濃度は、 $90.7 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日の 10 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。グループ C における平均濃度は 2007 年 6 月 21 日、2008 年 5 月 23 日を除いた 15 回の調査で、 $0.4 \mu\text{eq/L}$  以上  $42.9 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 6 月 21 日、2008 年 5 月 23 日の 2 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全調査 17 回で、グループ A とグループ B 間に有意差が無かった。2007 年 7 月 21 日と 2008 年 7 月 24 日の 2 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 9 月 6 日、2007 年 4 月 20 日の 3 回の調査で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

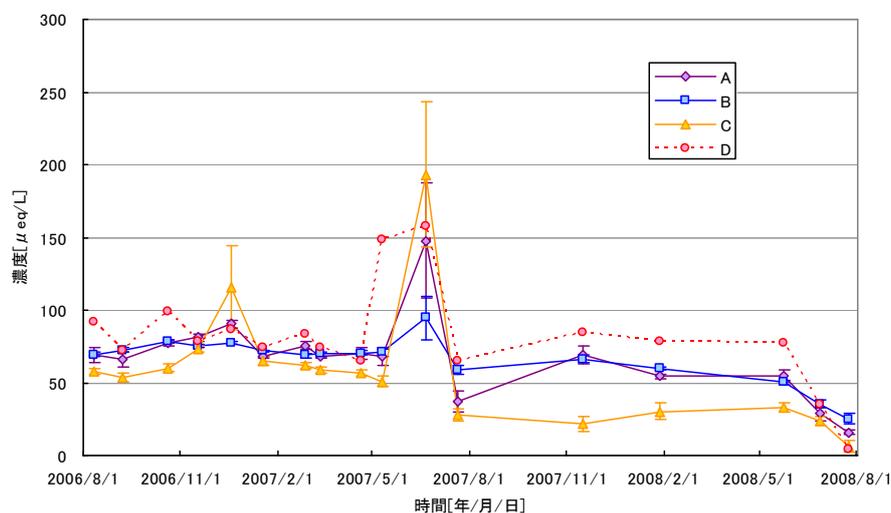


図 3-4 アンモニウムイオン濃度の経時変化

#### (4) マグネシウムイオン

マグネシウムイオンの平均濃度は、グループ A において、全調査 17 回で、 $380 \mu\text{eq/L}$  以上  $660 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、全調査 17 回で、 $480 \mu\text{eq/L}$  以上  $690 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2006 年 12 月 18 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 1 月 27 日の 3 回の調査では、グループ A の濃度を下回った。グループ C における平均濃度は、全調査 17 回で、 $210 \mu\text{eq/L}$  以上  $410 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007 年 1 月 17 日、2007 年 7 月 21 日の 2 回の調査で、グループ A とグループ B 間に有意差があった。2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 4 回の調査を除いた 13 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。全調査 17 回で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

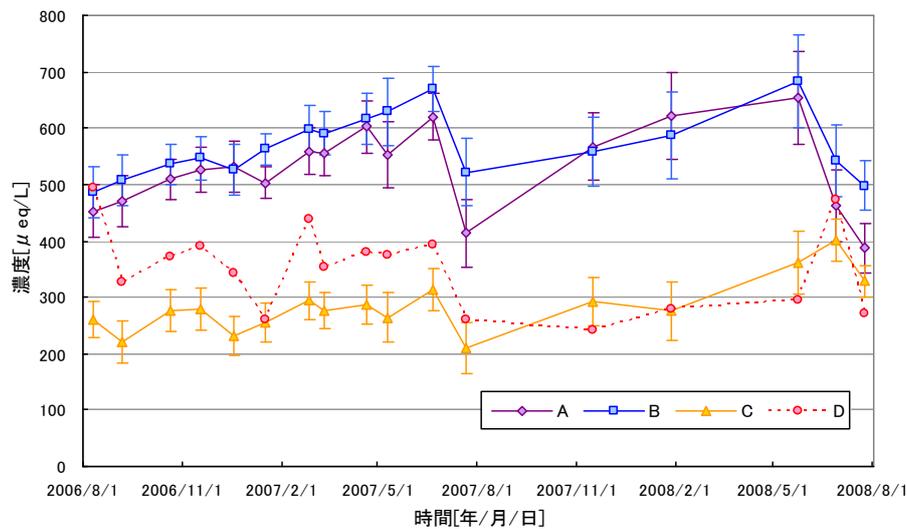


図 3-5 マグネシウムイオン濃度の経時変化

### (5) カルシウムイオン

カルシウムイオンの平均濃度は、グループ A において、2006 年 8 月 10 日の調査を除いた 16 回の調査で、800  $\mu$  eq/L 以上 1290  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。2006 年 8 月 10 日の調査の平均濃度は、515.4  $\mu$  eq/L の値を示した。グループ B における平均濃度は、2006 年 8 月 10 日の調査を除いた 16 回の調査で、930  $\mu$  eq/L 以上 1400  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。2006 年 8 月 10 日の調査の平均濃度は、576.4  $\mu$  eq/L の値を示した。グループ C における平均濃度は、2006 年 8 月 10 日から 2007 年 6 月 21 日までの 11 回の調査で、100  $\mu$  eq/L 以上 200  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 24 日までの 6 回の調査で、370  $\mu$  eq/L 以上 610  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全調査 17 回で、グループ A とグループ B 間に有意差が無かった。2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 3 回の調査を除いた 14 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。全調査 17 回で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

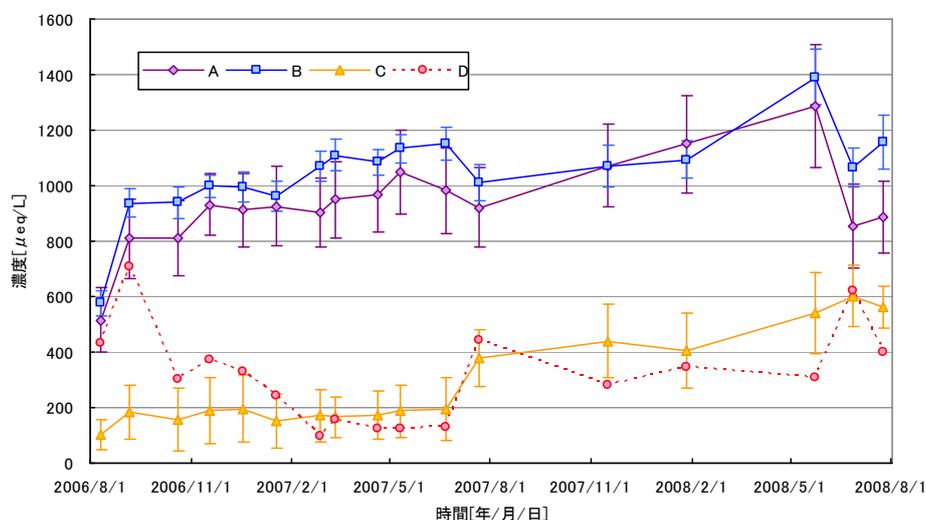


図 3-6 カルシウムイオン濃度の経時変化

表 3-1 陽イオン濃度から求めたの各グループ間の有意差、Steel-Dwass 検定 (P<0.05)

測定日\グループ	Na <sup>+</sup>				K <sup>+</sup>				NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>				Mg <sup>2+</sup>				Ca <sup>2+</sup>			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2006/8/10	a	a	b	-	ab	a	b	-	ab	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2006/9/6	a	a	b	-	ab	a	b	-	ab	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2006/10/20	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2006/11/17	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2006/12/18	a	a	b	-	a	b	ab	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/1/17	a	a	b	-	a	b	a	-	a	a	a	-	b	a	c	-	a	a	b	-
2007/2/26	a	a	b	-	a	ab	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/3/12	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/4/20	a	a	b	-	a	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/5/10	a	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/6/21	a	a	b	-	a	b	ab	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/7/21	ab	a	b	-	b	a	b	-	b	ab	a	-	b	a	b	-	a	a	b	-
2007/11/16	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/1/27	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/5/23	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	ab	a	b	-
2008/6/27	ab	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	ab	a	b	-
2008/7/24	ab	a	b	-	ab	a	b	-	a	ab	b	-	ab	a	b	-	ab	a	b	-

## (6) フッ素イオン

フッ素イオンの平均濃度は、グループ A において、2006 年 8 月 10 日、2006 年 9 月 6 日、2006 年 10 月 20 日、2006 年 11 月 17 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日の 9 回の調査で、 $1.0 \mu\text{eq/L}$  以上  $24.9 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 1 月 17 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 4 月 20 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 8 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。

グループ B における平均濃度は、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日の 3 回の調査を除いた 14 回の調査で  $0.4 \mu\text{eq/L}$  以上  $43.0 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日の 3 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。グループ C における平均濃度は、2007 年 1 月 17 日、2007 年 5 月 10 日の 2 回の調査を除いた 15 回の調査で、 $0.2 \mu\text{eq/L}$  以上  $29.8 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。2007 年 1 月 17 日、2007 年 5 月 10 日の 2 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007 年 2 月 26 日、2007 年 7 月 21 日の 2 回の調査で、グループ A とグループ B 間に有意差があった。2006 年 9 月 6 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 7 月 24 日の 3 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 9 月 6 日、2007 年 6 月 21 日の 3 回の調査で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

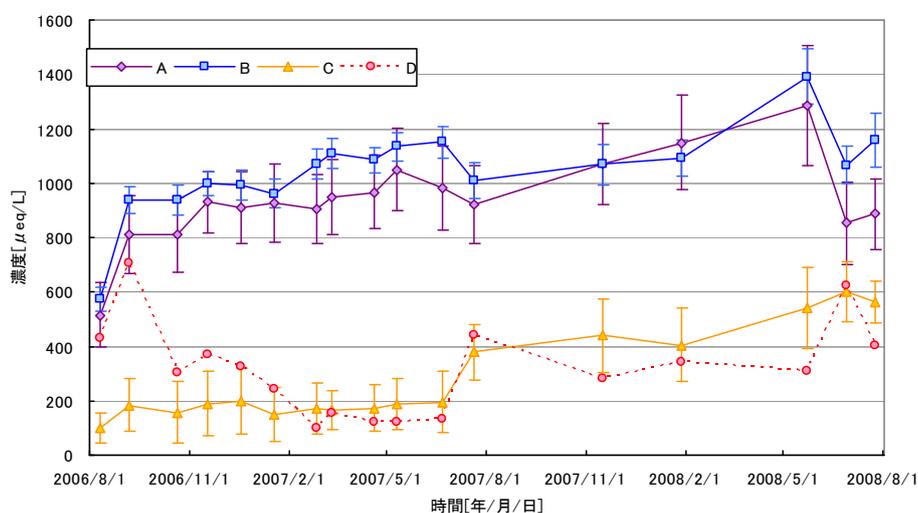


図 3-7 フッ素イオン濃度の経時変化

## (7) 塩化物イオン

塩化物イオンの平均濃度は、グループ A において、全調査 17 回で、 $360 \mu\text{eq/L}$  以上  $600 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、2008 年 5 月 23 日の調査を除いた 16 回の調査で、 $470 \mu\text{eq/L}$  以上  $620 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。また、2008 年 5 月 23 日の調査では、 $335 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。グループ C における平均濃度は、全調査 17 回で、 $130 \mu\text{eq/L}$  以上  $560 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007 年 1 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 7 月 21 日の 3 回の調査で、グループ A とグループ B 間に有意差があった。2006 年 11 月 17 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 5 回の調査を除いた 12 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。2006 年 11 月 17 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 6 月 27 日の 3 回の調査を除いた 14 回の調査で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

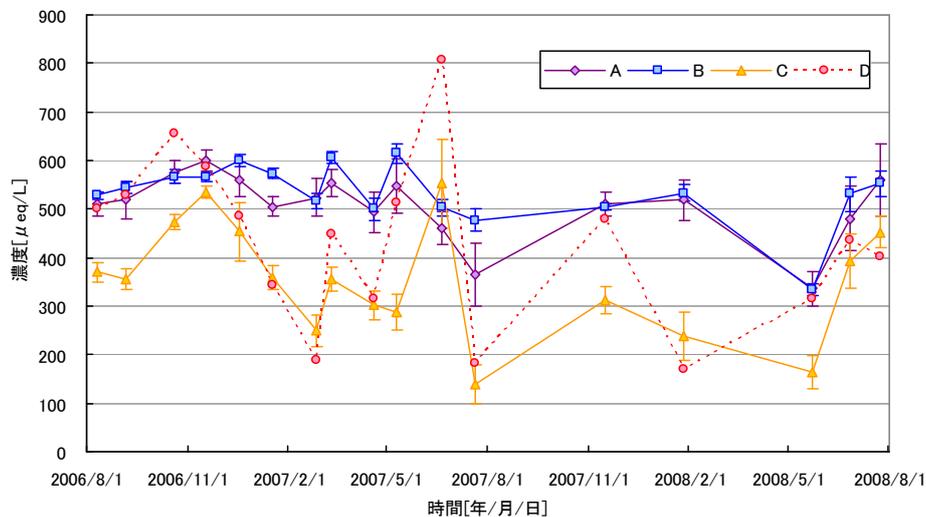


図 3-8 塩化物イオン濃度の経時変化

### (8) 硫酸イオン

硫酸イオンの平均濃度は、グループ A において、2006 年 8 月 10 日から 2007 年 6 月 21 日までの 11 回の調査で、1700  $\mu$  eq/L 以上 2100  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 24 日までの 6 回の調査で、1100  $\mu$  eq/L 以上 1700  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、全調査 17 回で、1500  $\mu$  eq/L 以上 2500  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。グループ C における平均濃度は、2007 年 6 月 21 日を除いた 16 回の調査で、300  $\mu$  eq/L 以上 800  $\mu$  eq/L 未満の値を示した。また、2007 年 6 月 21 日の調査では、1527  $\mu$  eq/L の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007 年 1 月 17 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日の 3 回の調査で、グループ A とグループ B 間に有意差があった。2007 年 6 月 21 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 5 回の調査を除いた 12 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。全調査 17 回で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。

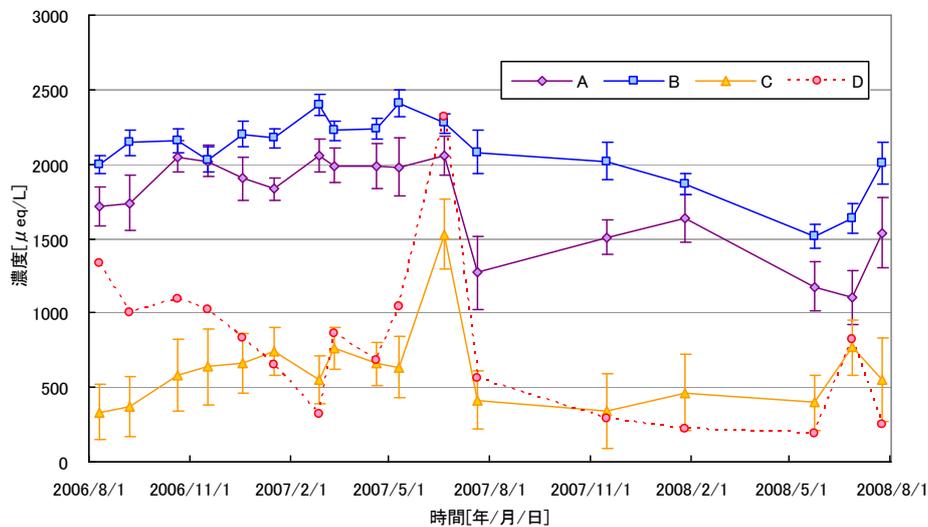


図 3-9 硫酸イオン濃度の経時変化

表 3-2 陰イオン濃度から求めたの各グループ間の有意差、Steel-Dwass 検定 (P<0.05)

測定日\グループ	F <sup>-</sup>				Cl <sup>-</sup>				SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>				NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2006/8/10	ab	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-	ab	a	b	-
2006/9/6	b	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2006/10/20	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-
2006/11/17	a	a	a	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	a	-
2006/12/18	a	a	a	-	ab	a	b	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2007/1/17	a	a	a	-	b	a	c	-	b	a	c	-	a	a	a	-
2007/2/26	b	a	ab	-	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-
2007/3/12	a	a	a	-	b	a	c	-	a	a	b	-	a	a	a	-
2007/4/20	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-	ab	a	b	-
2007/5/10	a	a	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-	a	a	a	-
2007/6/21	a	a	b	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	b	a	ab	-
2007/7/21	a	b	ab	-	a	b	c	-	b	a	b	-	a	a	a	-
2007/11/16	a	a	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-	a	a	a	-
2008/1/27	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-	a	a	a	-
2008/5/23	a	a	a	-	a	a	b	-	ab	a	b	-	ab	b	a	-
2008/6/27	a	a	a	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	a	a	a	-
2008/7/24	b	ab	a	-	ab	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	a	-

## (9) 硝酸イオン

硝酸イオンの平均濃度は、グループ A において、2007 年 4 月 20 日、2007 年 6 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日の 4 回の調査で、 $0.15 \mu\text{eq/L}$  以上  $2.10 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。また、他の 13 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。グループ B における平均濃度は、2007 年 1 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 7 月 24 日の 5 回の調査を除いた 12 回の調査で、 $0.07 \mu\text{eq/L}$  以上  $3.00 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。また、2007 年 1 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 7 月 24 日の 5 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。グループ C における平均濃度は、2007 年 1 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日の 4 回の調査を除いた 13 回の調査で、 $0.008 \mu\text{eq/L}$  以上  $2.30 \mu\text{eq/L}$  未満の値を示した。また、2007 年 1 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日の 4 回の調査では、分析に用いたイオンクロマトグラフでは定量できない、あるいは、マイナスの濃度で検出されたために、 $0.0 \mu\text{eq/L}$  以下の値で示されている。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006 年 9 月 6 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 6 月 21 日の 3 回の調査において、グループ A とグループ B 間に有意差があった。全調査 17 回で、グループ A とグループ C 間に有意差が無かった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 9 月 6 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 4 月 20 日、2008 年 5 月 23 日の 5 回の調査で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。

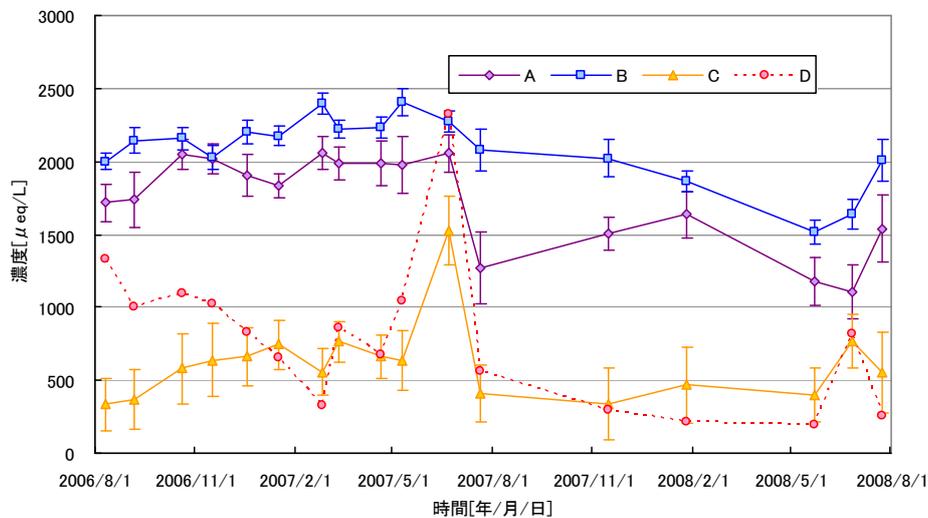


図 3-10 硝酸イオン濃度の経時変化

## (10) EC

ECの平均値は、グループAにおいて、2007年6月21日の調査を除いた16回の調査で、19.0mS/m以上33.0mS/m未満の値を示した。また、2007年6月21日の調査では、37.5mS/mの値を示した。グループBにおける平均値は、2007年6月21日の調査を除いた16回の調査で、26.0mS/m以上33.0mS/m未満の値を示した。また、2007年6月21日の調査では、41.2mS/mの値を示した。グループCにおける平均値は、2007年6月21日の調査を除いた16回の調査で、12.0mS/m以上22.0mS/m未満の値を示した。また、2007年6月21日の調査では、27.4mS/mの値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007年1月17日、2007年2月26日、2007年3月12日、2007年6月21日、2008年1月27日、2008年5月23日、2008年6月27日、2008年7月24日の8回の調査を除いた9回の調査で、グループAとグループB間に有意差があった。2007年7月21日、2008年6月27日、2008年7月24日の3回の調査を除いた14回の調査で、グループAとグループC間に有意差があった。全調査17回で、グループBとグループC間に有意差があった。

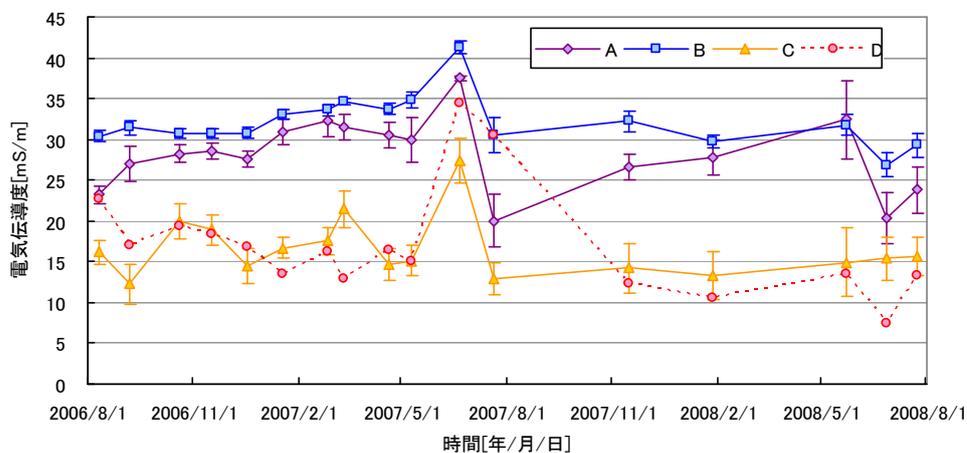


図 3-11 EC の経時変化

### (11) pH

pHの平均値は、グループ Aにおいて、2006年8月10日から2007年11月16日までの13回の調査で、pH4.20以上 pH5.60未満の値を示した。また、2008年1月27日から2008年7月24日までの4回の調査で、pH5.70以上 pH5.90未満の値を示した。グループ Bにおける平均値は、2006年8月10日から2007年11月16日までの13回の調査で、pH4.10以上 pH5.10未満の値を示した。また、2008年1月27日から2008年7月24日までの4回の調査で、pH5.20以上 pH5.80未満の値を示した。グループ Cにおける平均値は、2006年12月18日、2007年4月20日の2回の調査を除いた15回の調査で、pH5.60以上 pH6.40未満の値を示した。また、2006年12月18日、2007年4月20日の2回の調査では、それぞれ、pH5.24、pH4.95の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006年8月10日の調査のみ、グループ Aとグループ B間に有意差があった。2006年8月10日から2007年7月21日までの12回の調査で、グループ Aとグループ C間に有意差があった。2006年8月10日から2007年7月21日までの12回の調査で、グループ Bとグループ C間に有意差があった。2007年11月16日から2008年7月24日までの5回の調査で、グループ A、グループ B、グループ C間に有意差がなかった。

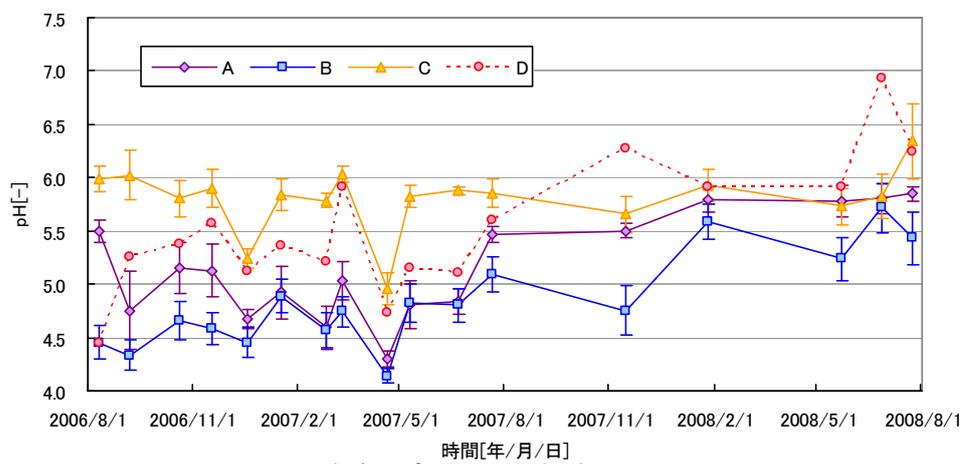


図 3-12 pH の経時変化

## (12) 地下水位

地下水位の平均値は、グループ A において、全調査 17 回で、-7.0cm 以上 1.4cm 未満の値を示した。グループ B における平均値は、全調査 17 回で、-8.0cm 以上 6.3cm 未満の値を示した。グループ C における平均値は、全調査 17 回で、-25.5cm 以上 -3.0cm 未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全調査 17 回で、グループ A とグループ B 間に有意差がなかった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 2 月 26 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 5 回の調査を除いた 12 回の調査で、グループ A とグループ C 間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 3 回の調査を除いた 14 回の調査で、グループ B とグループ C 間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 3 回の調査で、グループ A、グループ B、グループ C 間に有意差がなかった。

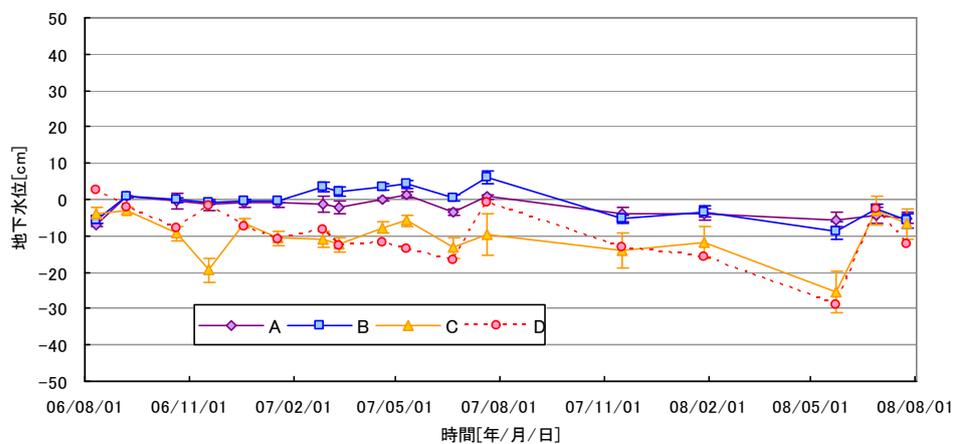


図 3-13 地下水位の経時変化

### (13) 冠水面積

冠水面積の平均値は、グループ A において、全調査 17 回で、31%以上 49%未満の値を示した。グループ B における平均値は、2006 年 9 月 6 日から 2007 年 7 月 21 日までの 12 回の調査で、52%以上 70%未満の値を示した。グループ C における平均値は、2006 年 10 月 20 日から 2008 年 5 月 23 日までの 13 回の調査と 2008 年 7 月 24 日の調査、計 14 回の調査で、12%以上 38%未満の値を示した。また、2006 年 8 月 10 日、2006 年 9 月 6 日、2008 年 6 月 27 日の 3 回の調査で、45%以上 50%未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006 年 9 月 6 日から 2007 年 7 月 21 日までの 11 回の調査で、グループ A とグループ B の間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 4 月 20 日、2007 年 6 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日の 8 回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 10 月 20 日から 2008 年 5 月 23 日までの計 14 回の調査で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 2 回の調査で、グループ A、グループ B、グループ C 間に有意差がなかった。

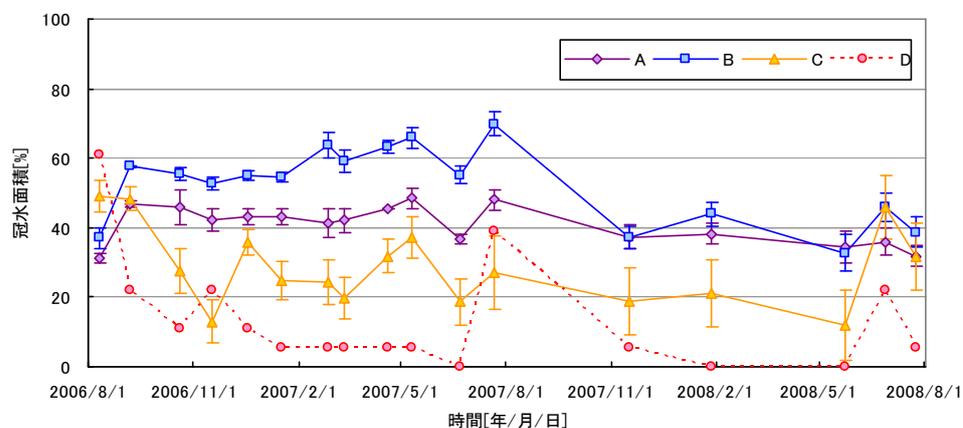


図 3-14 冠水面積の経時変化

表 3-3 各項目の各グループ間の有意差、Steel-Dwass 検定 (P<0.05)

測定日\グループ	EC				pH				水位				冠水面積			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2006/8/10	b	a	c	-	b	c	a	-	a	a	a	-	b	b	a	-
2006/9/6	b	a	c	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	ab	-
2006/10/20	b	a	c	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2006/11/17	b	a	c	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-
2006/12/18	b	a	c	-	b	b	a	-	ab	a	b	-	b	a	b	-
2007/1/17	a	a	b	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2007/2/26	a	a	b	-	b	b	a	-	ab	a	b	-	b	a	b	-
2007/3/12	a	a	b	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-
2007/4/20	b	a	c	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-
2007/5/10	b	a	c	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2007/6/21	a	a	b	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-
2007/7/21	b	a	b	-	b	b	a	-	a	a	b	-	b	a	b	-
2007/11/16	b	a	c	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/1/27	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/5/23	a	a	b	-	a	a	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/6/27	ab	a	b	-	a	a	a	-	a	a	a	-	a	a	a	-
2008/7/24	ab	a	b	-	a	a	a	-	a	a	a	-	a	a	a	-

#### (14) TN

TN の平均濃度は、グループ A において、0.20mg/L以上 1.50mg/L未満の値を示した。グループ B における平均値は、0.20mg/L以上 1.40mg/L未満の値を示した。グループ C における平均値は、0.30mg/L以上 1.80mg/L未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007年6月21日、2007年7月21日、2008年5月23日の3回の調査で、グループ A とグループ B の間に有意差があった。2006年12月18日、2007年5月10日、2007年6月21日、2007年7月21日、2007年11月16日、2008年1月27日、2008年7月24日の7回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2006年8月10日、2006年9月6日、2006年11月17日、2007年2月26日、2007年5月10日、2007年6月21日、2008年1月27日、2008年5月23日の8回の調査で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。2006年10月20日、2007年1月17日、2007年3月12日、2007年4月20日、2008年6月27日の5回の調査で、グループ A、グループ B、グループ C の間に有意差がなかった。

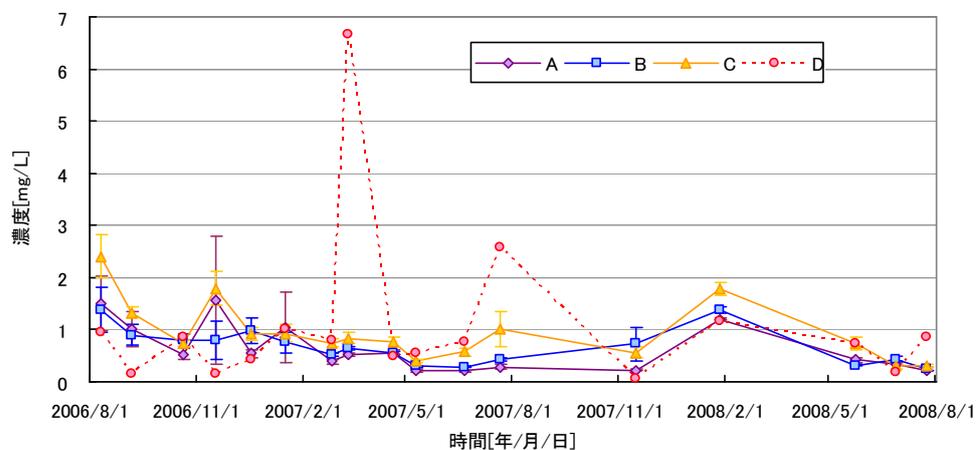


図 3-15 TN 濃度の経時変化

### (15) TP

TPの平均濃度は、グループAにおいて、2006年11月17日、2007年6月21日、2007年7月21日、2007年11月16日、2008年6月27日の5回の調査を除いた12回の調査で、0.002mg/L以上0.029mg/L未満の値を示した。また、2006年11月17日、2007年6月21日、2007年7月21日、2007年11月16日、2008年6月27日の5回の調査では、グループA内の全5地点において0.01mg/Lの定量限界以下の濃度であった。グループBにおける平均濃度は、2007年5月10日、2007年6月21日、2007年7月21日、2008年6月27日の4回の調査を除いた13回の調査で、0.0002mg/L以上0.0330mg/L未満の値を示した。また、2007年5月10日、2007年6月21日、2007年7月21日、2008年6月27日の4回の調査では、グループB内の全17地点において0.01mg/Lの定量限界以下の濃度であった。グループCにおける平均濃度は、2006年11月17日、2007年6月21日、2007年7月21日、2008年6月27日の4回の調査を除いた13回の調査で、0.002mg/L以上0.059mg/L未満の値を示した。また、2006年11月17日、2007年6月21日、2007年7月21日、2008年6月27日の4回の調査では、グループC内の全8地点において0.01mg/Lの定量限界以下の濃度であった。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006年10月20日、2007年5月10日の2回の調査で、グループAとグループBの間に有意差があった。2006年8月10日、2007年11月16日の2回の調査で、グループAとグループCの間に有意差があった。2006年8月10日、2006年10月20日、2007年1月17日、2007年2月26日、2007年3月12日、2008年5月23日、2008年7月24日の7回の調査で、グループBとグループCの間に有意差があった。2006年9月6日、2006年11月17日、2006年12月18日、2007年4月20日、2007年6月21日、2007年7月21日、2008年1月27日、2008年6月27日の8回の調査で、グループA、グループB、グループCの間で有意差がなかった。

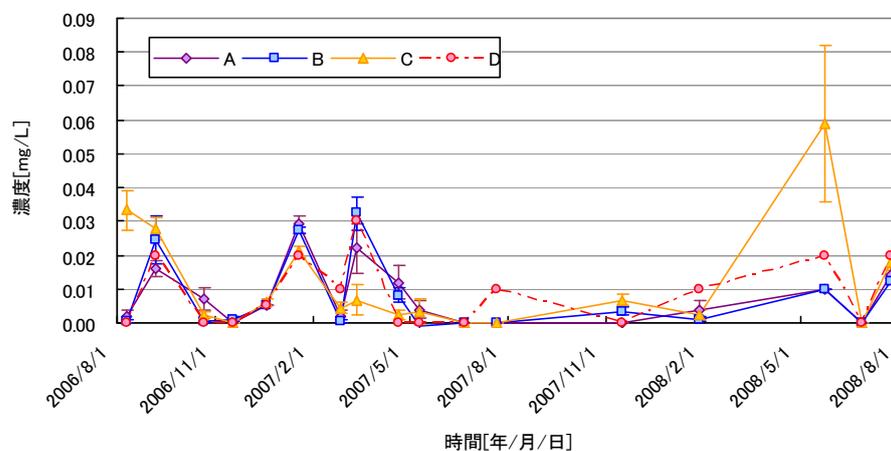


図 3-16 TP 濃度の経時変化

## (16) TOC

TOCの平均濃度は、グループAにおいて、全調査17回で、0.50mg/L以上3.00mg/L未満の値を示した。グループBにおける平均濃度は、全調査17回で、0.30mg/L以上2.70mg/L未満の値を示した。グループCにおける平均濃度は、全調査17回で、0.80mg/L以上10.90mg/L未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006年8月10日、2008年1月27日の2回の調査で、グループAとグループBの間に有意差があった。2006年10月20日、2007年1月17日、2007年2月26日、2007年4月20日、2007年5月10日、2007年7月21日、2008年6月27日の7回の調査を除いた10回の調査で、グループAとグループCの間に有意差があった。2007年7月21日、2008年6月27日の2回の調査を除いた15回の調査で、グループBとグループCの間に有意差があった。2007年7月21日、2008年6月27日の2回の調査では、グループA、グループB、グループCの間に有意差はなかった。

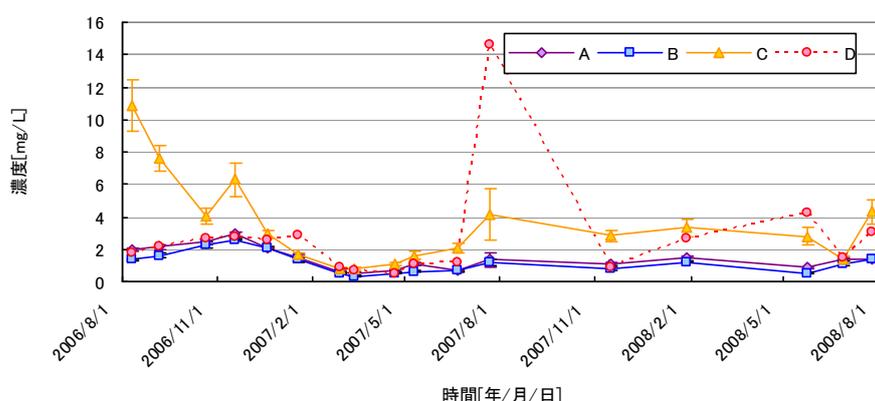


図 3-17 TOC 濃度の経時変化

表 3-4 各項目の各グループ間の有意差、Steel-Dwass 検定 (P<0.05)

測定日\グループ	TN				TP				TOC			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2006/8/10	ab	b	a	-	b	b	a	-	b	c	a	-
2006/9/6	ab	b	a	-	a	a	a	-	b	b	a	-
2006/10/20	a	a	a	-	a	b	a	-	ab	b	a	-
2006/11/17	ab	b	a	-	a	a	a	-	b	b	a	-
2006/12/18	b	ab	a	-	a	a	a	-	b	b	a	-
2007/1/17	a	a	a	-	ab	a	b	-	ab	b	a	-
2007/2/26	ab	b	a	-	ab	b	a	-	ab	b	a	-
2007/3/12	a	a	a	-	ab	b	a	-	b	b	a	-
2007/4/20	a	a	a	-	a	a	a	-	ab	b	a	-
2007/5/10	b	b	a	-	a	b	ab	-	a	b	a	-
2007/6/21	c	b	a	-	a	a	a	-	b	b	a	-
2007/7/21	b	a	a	-	a	a	a	-	a	a	a	-
2007/11/16	b	ab	a	-	b	ab	a	-	b	b	a	-
2008/1/27	b	b	a	-	a	a	a	-	b	c	a	-
2008/5/23	a	b	a	-	ab	a	b	-	b	b	a	-
2008/6/27	a	a	a	-	a	a	a	-	a	a	a	-
2008/7/24	b	ab	a	-	ab	b	a	-	b	b	a	-

## (17) 鉄

鉄濃度の平均濃度は、グループ A において、全調査 17 回で、0.04mg/L 以上 5.70mg/L 未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、2006 年 6 月 9 日を除いた、2006 年 8 月 10 日から 2007 年 5 月 10 日までの 9 回の調査で、0.10 mg/L 以上 3.60mg/L 未満の値を示した。また、2006 年 6 月 9 日、2007 年 6 月 21 日から 2008 年 7 月 24 日までの計 8 回の調査で、6.40 mg/L 以上 13.50mg/L 未満の値を示した。グループ C における平均濃度は、2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 6 月 21 日の 4 回の調査を除いた 13 回の調査で、0.01mg/L 以上 3.50mg/L 未満の値を示した。また、2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日の 2 回の調査では、それぞれ、15.44mg/L、10.29mg/L の値を示した。2007 年 5 月 10 日、2007 年 6 月 21 日の 2 回の調査では、分析に用いた機器では定量できない濃度であったために、0.00mg/L 以下であった。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006 年 8 月 10 日の調査で、グループ A とグループ B の間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2007 年 4 月 20 日、2007 年 6 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 6 月 27 日の 5 回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 4 月 20 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 6 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 6 月 27 日の 7 回の調査で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。2006 年 9 月 6 日、2006 年 10 月 20 日、2006 年 12 月 18 日、2007 年 1 月 17 日、2007 年 2 月 26 日、2007 年 3 月 12 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 1 月 27 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 7 月 24 日の 10 回の調査で、グループ A、グループ B、グループ C の間に有意差はなかった。

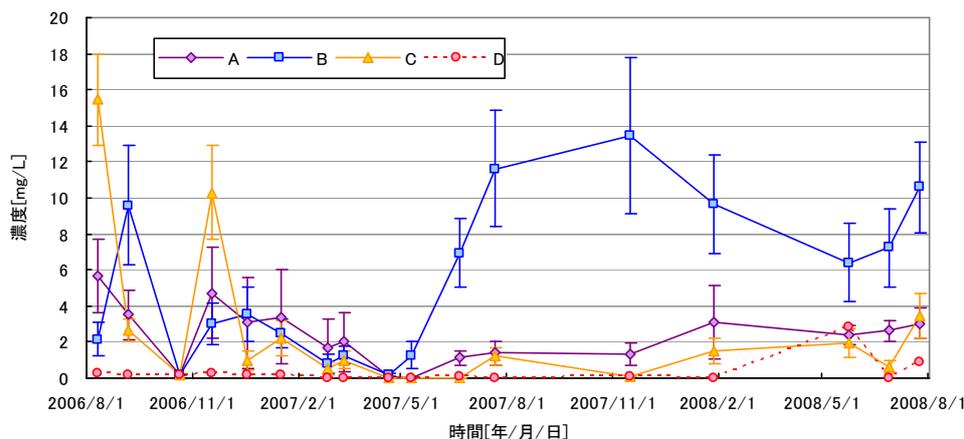


図 3-18 鉄濃度の経時変化

## (18) マンガン

マンガンの平均濃度は、グループ A において、全調査 17 回で、0.15mg/L 以上 0.35mg/L 未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、全調査 17 回で、0.20 mg/L 以上 0.35mg/L 未満の値を示した。グループ C における平均濃度は、2007 年 7 月 21 日の調査を除いた 16 回の調査で、0.10 mg/L 以上 0.25mg/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日の調査では、0.29mg/L の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2006 年 10 月 20 日、2007 年 5 月 10 日、2007 年 6 月 21 日、2007 年 7 月 21 日、2007 年 11 月 16 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日の 7 回の調査を除いた 10 回の調査で、グループ A とグループ B の間に有意差があった。2006 年 8 月 10 日、2006 年 11 月 17 日、2006 年 12 月 18 日、2008 年 1 月 27 日の 3 回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2006 年 10 月 20 日、2006 年 11 月 17 日、2007 年 1 月 17 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 7 月 24 日の 6 回の調査を除いた 11 回の調査で有意差があった。2006 年 10 月 20 日、2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日の 3 回の調査では、グループ A、グループ B、グループ C の間に有意差はなかった。

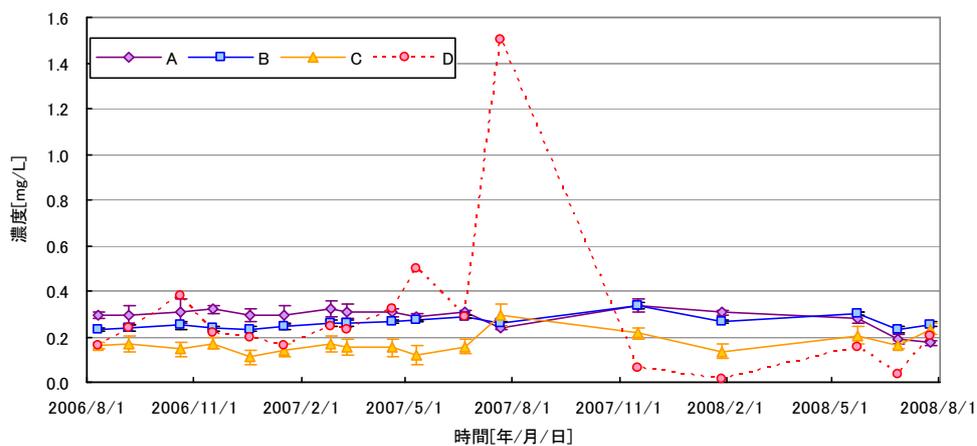


図 3-19 マンガン濃度の経時変化

### (19) ケイ素

ケイ素の平均濃度は、グループ A において、2007 年 1 月 17 日から 2007 年 6 月 21 日までの 6 回の調査で、22.0mg/L 以上 27.0mg/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 14 日までの 6 回の調査で、18.0mg/L 以上 22.0mg/L 未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、2007 年 1 月 17 日から 2007 年 6 月 21 日までの 6 回の調査で、26.0mg/L 以上 29.0mg/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 14 日までの 6 回の調査で、16.0mg/L 以上 25.0mg/L 未満の値を示した。グループ C における平均濃度は、全調査 12 回で、10.0mg/L 以上 15.0mg/L 未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全調査 12 回で、グループ A とグループ B の間に有意差はなかった。2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 14 日の 4 回の調査を除いた 8 回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2008 年 6 月 27 日の調査を除いた 11 回の調査で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。2008 年 6 月 27 日の調査では、グループ A、グループ B、グループ C の間に有意差がなかった。

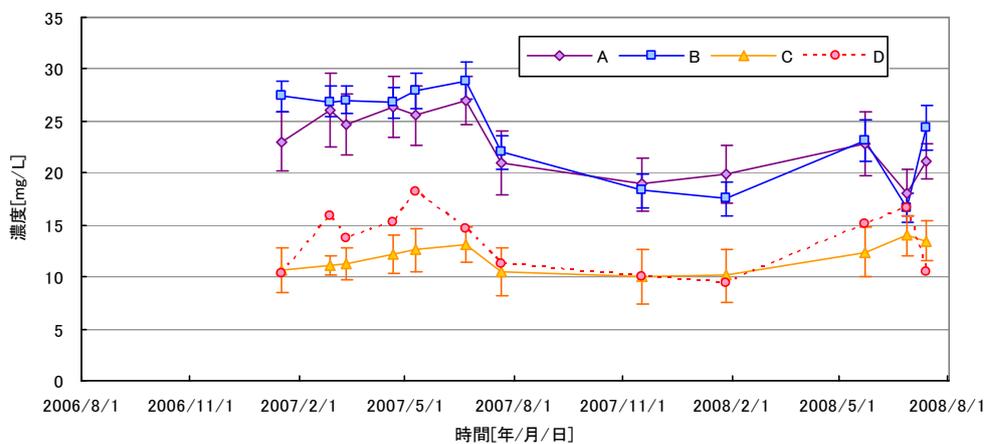


図 3-20 ケイ素濃度の経時変化

## (20) アルミニウム

アルミニウムの平均濃度は、グループ A において、2007 年 1 月 17 日から 2007 年 6 月 21 日までの 6 回の調査で、0.80mg/L 以上 1.85mg/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 14 日までの 6 回の調査で、0.001mg/L 以上 0.60mg/L 未満の値を示した。グループ B における平均濃度は、2007 年 1 月 17 日から 2007 年 6 月 21 日までの 6 回の調査で、2.70mg/L 以上 3.60mg/L 未満の値を示した。また、2007 年 7 月 21 日から 2008 年 7 月 14 日までの 6 回の調査で、0.40mg/L 以上 1.10mg/L 未満の値を示した。グループ C における平均濃度は、全調査 12 回で、0.10mg/L 以上 0.60mg/L 未満の値を示した。

各調査日においてグループ間の統計学的有意差の有無を検討した。2007 年 3 月 12 日、2007 年 5 月 10 日の 2 回の調査で、グループ A とグループ B の間に有意差があった。2007 年 1 月 17 日から 2007 年 6 月 21 日までの 6 回の調査と、2007 年 11 月 16 日の計 7 回の調査で、グループ A とグループ C の間に有意差があった。2007 年 5 月 10 日、2007 年 7 月 21 日の 2 回の調査を除いた、2007 年 1 月 17 日から 2008 年 1 月 27 日までの 7 回の調査で、グループ B とグループ C の間に有意差があった。2007 年 7 月 21 日、2008 年 5 月 23 日、2008 年 6 月 27 日、2008 年 7 月 24 日の 4 回の調査では、グループ A、グループ B、グループ C の間に有意差がなかった。

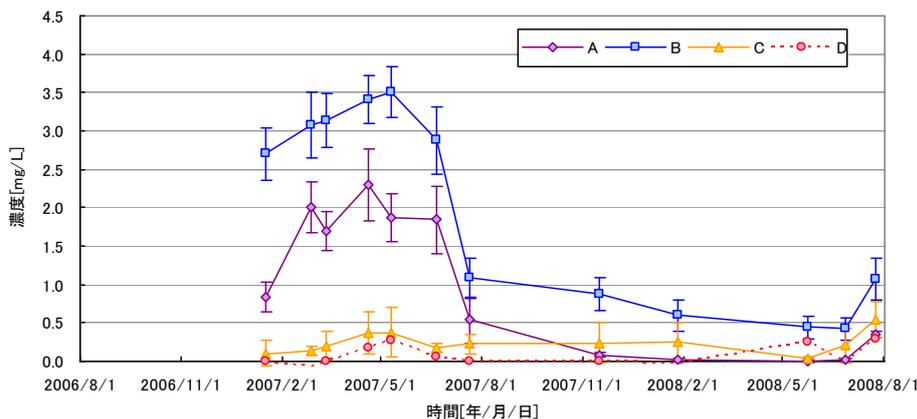


図 3-21 アルミニウム濃度の経時変化

表 3-5 各項目の各グループ間の有意差、Steel-Dwass 検定 (P<0.05)

測定日\グループ	Fe				Mn				Si				Al			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
2006/8/10	b	c	a	-	a	b	c	-								
2006/9/6	a	a	a	-	a	b	ab	-								
2006/10/20	a	a	a	-	a	a	a	-								
2006/11/17	ab	b	a	-	a	b	b	-								
2006/12/18	a	a	a	-	a	b	c	-								
2007/1/17	a	a	a	-	a	b	ab	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/2/26	a	a	a	-	a	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/3/12	a	a	a	-	a	b	a	-	a	a	b	-	b	a	c	-
2007/4/20	a	a	b	-	a	b	a	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/5/10	ab	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	b	-	b	c	c	-
2007/6/21	a	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2007/7/21	a	a	a	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	a	a	a	-
2007/11/16	a	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	b	-	a	a	b	-
2008/1/27	a	a	a	-	a	b	c	-	a	a	b	-	ab	a	b	-
2008/5/23	a	a	a	-	a	a	a	-	ab	a	b	-	a	a	a	-
2008/6/27	a	a	b	-	ab	a	b	-	a	a	a	-	a	a	a	-
2008/7/24	a	a	a	-	b	a	ab	-	ab	a	b	-	a	a	a	-

### 3.2.2 植生のグループと水質、水理の月間値の平均値の関係

各調査における各グループ間の違いについて、3.1.1 で述べた。ここでは、全調査における各グループ間の違いについて比較し、全体を通してどのような違いが生じているのか述べる。

#### (1) ナトリウムイオン

中央値は、グループ A で  $492 \mu\text{eq/L}$ 、グループ B で  $527 \mu\text{eq/L}$ 、グループ C で  $312 \mu\text{eq/L}$ 、グループ D で  $402 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、グループ A、B、C で、 $42.4 \mu\text{eq/L}$  から  $68.6 \mu\text{eq/L}$  までの値を示した。グループ D で、 $114.3 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。第 1 四分位点から第 3 四分位点までの範囲は、グループ B で最も小さかった。一方、グループ D で最も大きかった。全てのグループで、最小値から第 1 四分位点までの範囲が、第 3 四分位点から最大値までの範囲より大きかった。特に、グループ D が顕著である。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B、C との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B、C との間に有意差があった。

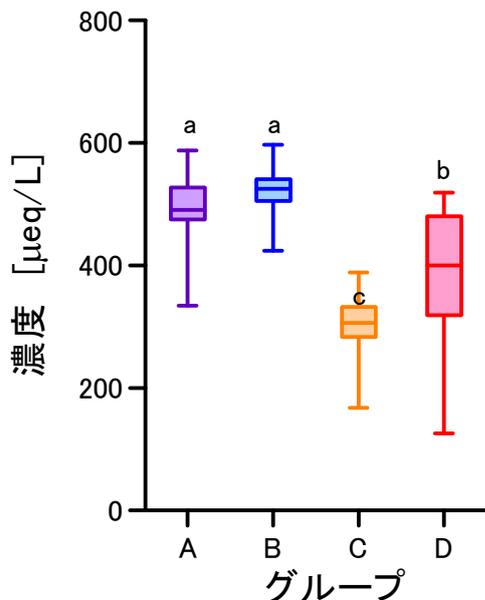


図 3-22

各グループの月間平均値から求めたナトリウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いた。

最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-6 各グループの月間平均値から求めたナトリウム濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
Na <sup>+</sup> [ $\mu\text{eq/L}$ ]	A	17	489	68.6	492	478	527	a
	B	17	518	42.4	527	507	543	a
	C	17	310	49.9	312	289	333	c
	D	17	387	114.3	402	335	485	b

## (2) カリウムイオン

中央値は、グループ A で  $68.0 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ B で  $69.7 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ C で  $57.0 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D で  $77.9 \mu \text{ eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、グループ B が  $16.4 \mu \text{ eq/L}$  と最も小さい値、グループ C が  $42.9 \mu \text{ eq/L}$  と最も大きい値を示した。グループ B、C の中央値は、第 3 四分位点側に寄っている。グループ A、C で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間での有意差はなかった。

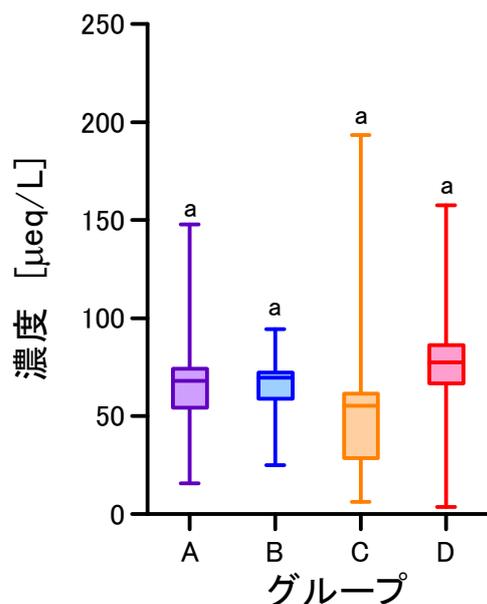


図 3-23

各グループの月間平均値から求めたカリウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いた。

最大値の上に表示アルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-7 各グループの月間平均値から求めたカリウム濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定 ( $p < 0.05$ ) を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{K}^+$ [ $\mu \text{ eq/L}$ ]	A	17	67.0	28.3	68.0	54.3	75.7	a
	B	17	65.5	16.4	69.7	59.9	72.6	a
	C	17	58.3	42.9	57.0	30.4	61.9	a
	D	17	80.8	35.1	77.9	72.1	87.0	a

### (3) アンモニウムイオン

中央値は、グループ A で  $0.00 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ B で  $1.07 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ C で  $5.02 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D で  $0.00 \mu \text{ eq/L}$  の値を示した。グループ A、D の中央値は、半数以上の調査でアンモニウムイオンが検出されなかったため、 $0.00 \mu \text{ eq/L}$  の値を示している。また、グループ D では、7 割以上の調査でアンモニウムイオンが検出されなかったため、第 3 四分位点まで  $0.00 \mu \text{ eq/L}$  の値を示している。標準偏差は、グループ C で  $14.9 \mu \text{ eq/L}$  と最も小さい値、グループ A で  $35.8 \mu \text{ eq/L}$  と最も大きい値を示した。全てのグループで、中央値の値と比較して標準偏差が大きい値を示しているのは、全てのグループにおいて  $40 \mu \text{ eq/L}$  以上の値を示す調査があるためである。そのため、全てのグループで、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間での有意差はなかった。

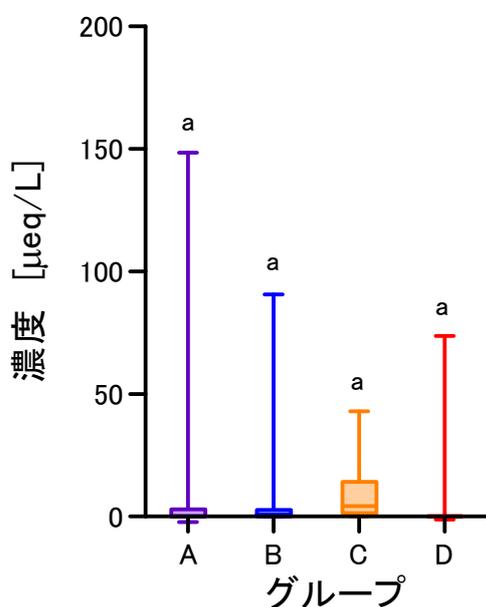


図 3-24

各グループの月間平均値から求めたアンモニウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上に表示するアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-8 各グループの月間平均値から求めたアンモニウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{NH}_4^+$ [ $\mu \text{ eq/L}$ ]	A	17	10.17	35.75	0.00	0.00	3.23	a
	B	17	7.77	21.77	1.07	0.00	2.97	a
	C	17	11.46	14.88	5.02	1.47	16.01	a
	D	17	4.88	17.83	0.00	0.00	0.00	a

#### (4) マグネシウムイオン

中央値は、グループ A で  $532 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ B で  $559 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ C で  $277 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D で  $354 \mu \text{ eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、グループ C が  $48.1 \mu \text{ eq/L}$  と最も小さい値、グループ A が  $74.6 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D が  $75.8 \mu \text{ eq/L}$  と大きい値を示した。グループ B、C、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B、D との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B、C との間に有意差があった。

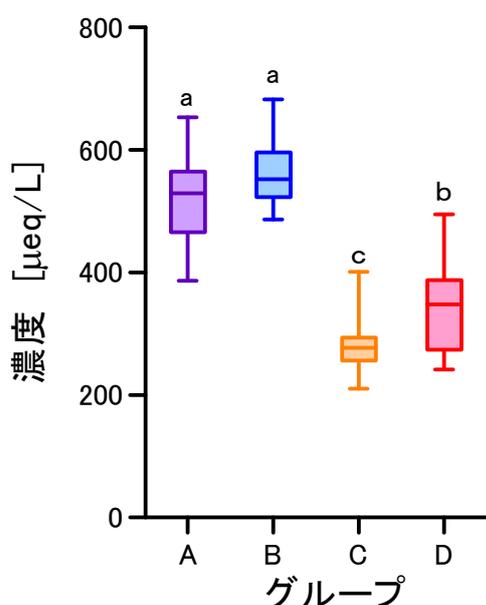


図 3-25  
各グループの月間平均値から求めたマグネシウムイオン濃度  
線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。  
多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。  
最大値の上に表示するアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-9 各グループの月間平均値から求めたマグネシウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{Mg}^{2+}$ [ $\mu \text{ eq/L}$ ]	A	17	529	74.7	532	471	567	a
	B	17	568	57.6	559	526	598	a
	C	17	284	48.1	277	261	294	c
	D	17	350	75.8	354	280	390	b

## (5) カルシウムイオン

中央値は、グループ A で  $925 \mu\text{eq/L}$ 、グループ B で  $1069 \mu\text{eq/L}$ 、グループ C で  $190 \mu\text{eq/L}$ 、グループ D で  $172 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、全てのグループで  $162 \mu\text{eq/L}$  から  $172 \mu\text{eq/L}$  の値を示した。グループ B、D の中央値は、第 3 四分点側に寄っている。グループ C の中央値は、第 1 四分点側に寄っている。グループ C、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B、D との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B、C との間に有意差があった。

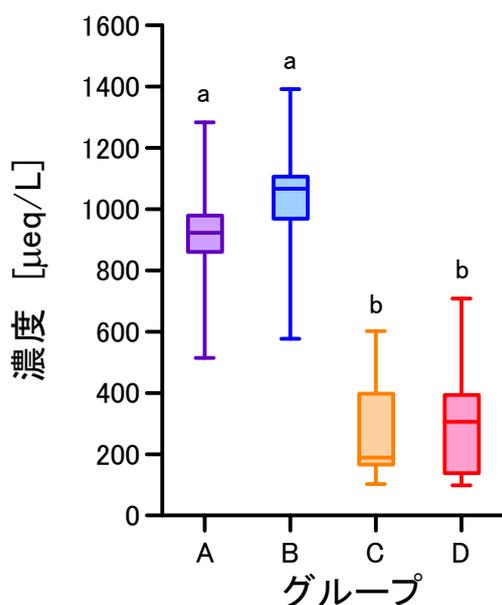


図 3-26

各グループの月間平均値から求めたカルシウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-10 各グループの月間平均値から求めたカルシウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{Ca}^{2+}$ [ $\mu\text{eq/L}$ ]	A	17	937	162	925	887	983	a
	B	17	1044	162	1069	995	1110	a
	C	17	283	166	190	172	405	b
	D	17	319	172	309	156	402	b

## (6) フッ素イオン

中央値は、グループ A で  $1.05 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ B で  $7.61 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ C で  $8.91 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D で  $4.05 \mu \text{ eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、グループ C で  $12.2 \mu \text{ eq/L}$  と最も小さい値、グループ D で  $27.9 \mu \text{ eq/L}$  と最も大きい値を示した。第 3 四分位点から最大値までの範囲は、グループ D が  $56.6 \mu \text{ eq/L}$  と最も大きい値を示した。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間での有意差はなかった。

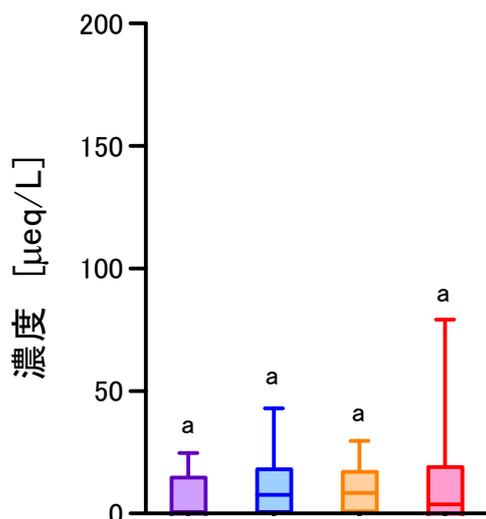


図 3-27

各グループの月間平均値から求めたフッ素イオン濃度  
 線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。  
 多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上に表示するアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-11 各グループの月間平均値から求めたカルシウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
F <sup>-</sup> [ $\mu \text{ eq/L}$ ]	A	17	4.38	12.18	1.05	-3.28	15.01	a
	B	17	10.92	13.82	7.61	0.79	18.24	a
	C	17	10.17	10.93	8.91	2.12	17.29	a
	D	17	7.17	27.86	4.05	0.00	22.47	a

## (7) 塩化物イオン

中央値は、グループ A で  $518 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ B で  $533 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ C で  $357 \mu \text{ eq/L}$ 、グループ D で  $447 \mu \text{ eq/L}$  の値を示した。標準偏差は、グループ A、B で、それぞれ  $64.3$ 、 $68.7 \mu \text{ eq/L}$  と小さい値、グループ D で  $170.8 \mu \text{ eq/L}$  と最も大きい値を示した。グループ A、B で、最小値から第 1 四分位点までの範囲が、第 3 四分位点から最大値までの範囲より大きかった。グループ D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C との間に有意差があった。グループ B は、グループ C との間に有意差があった。グループ C は、グループ A と B との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B、C との間で有意差がなかった。

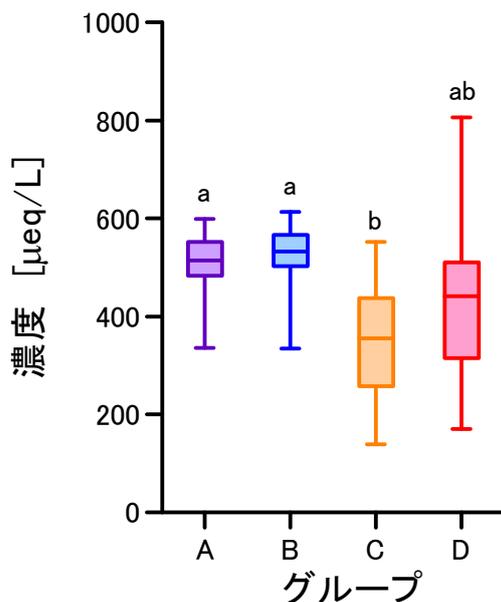


図 3-28

各グループの月間平均値から求めた塩化物イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上に示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-12 各グループの月間平均値から求めた塩化物イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{Cl}^-$ [ $\mu \text{ eq/L}$ ]	A	17	507	69	518	494	553	a
	B	17	533	64	533	504	567	a
	C	17	353	118	357	287	453	b
	D	17	433	171	447	316	514	ab

## (8) 硫酸イオン

中央値は、グループ A で 1832  $\mu$  eq/L、グループ B で 2143  $\mu$  eq/L、グループ C で 580  $\mu$  eq/L、グループ D で 819  $\mu$  eq/L の値を示した。標準偏差は、グループ B が 238  $\mu$  eq/L と最も小さい値、グループ D が 526  $\mu$  eq/L と最も大きい値を示した。グループ A、B で、最小値から第 1 四分位点までの範囲が、第 3 四分位点から最大値までの範囲より大きかった。グループ C、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ B、C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ A、C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B との間に有意差があった。

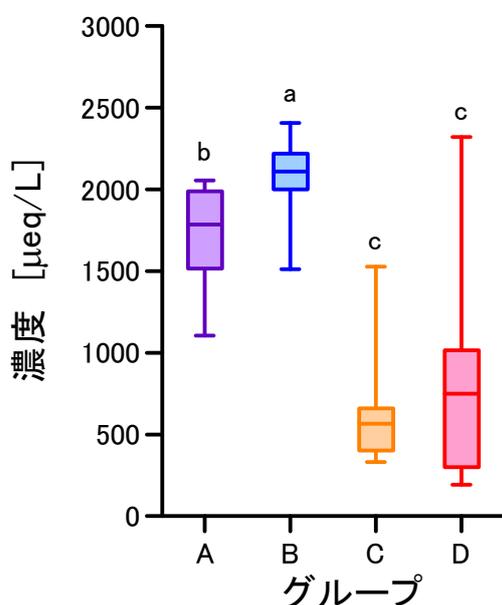


図 3-29

各グループの月間平均値から求めた硫酸イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-13 各グループの月間平均値から求めた硫酸イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	17	1739	320	1832	1540	1990	b
	B	17	2080	238	2143	2007	2224	a
	C	17	612	278	580	413	662	c
	D	17	794	526	819	324	1021	c

### (9) 硝酸イオン

中央値は、グループ A で  $0.00 \mu \text{eq/L}$ 、グループ B で  $0.40 \mu \text{eq/L}$ 、グループ C で  $0.38 \mu \text{eq/L}$ 、グループ D で  $0.06 \mu \text{eq/L}$  の値を示した。グループ A は、データの 75%以上が  $0 \mu \text{eq/L}$  以下であるため、箱ひげ図は、最大値のみ示してある。標準偏差は、グループ B が  $0.59 \mu \text{eq/L}$  と最も小さい値、グループ D が  $1.37 \mu \text{eq/L}$  と最も大きい値を示している。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間で有意差がなかった。

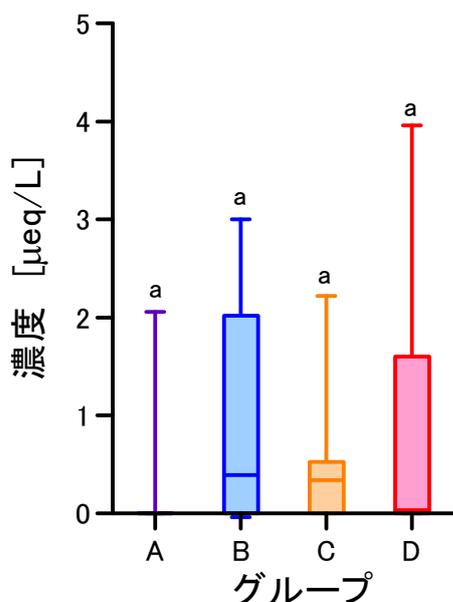


図 3-30

各グループの月間平均値から求めた硝酸イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上に表示するアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-14 各グループの月間平均値から求めた硝酸イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
$\text{NO}_3^-$ [ $\mu \text{eq/L}$ ]	A	17	0.29	0.68	0.00	0.00	0.00	a
	B	17	1.11	1.13	0.40	0.00	2.03	a
	C	17	0.48	0.59	0.38	0.01	0.54	a
	D	17	1.00	1.37	0.06	0.00	1.70	a

(10)EC

中央値は、グループ A で 28.2mS/m、グループ B で 31.5 mS/m、グループ C で 15.4 mS/m、グループ D で 16.2 mS/m の値を示した。標準偏差は、グループ B が 3.12 mS/m と最も小さい値、グループ D が 6.80 mS/m と最も大きい値を示した。グループ B、C、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。グループ B、C の中央値は、第 1 四分位点側に寄っている。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B との間に有意差があった。

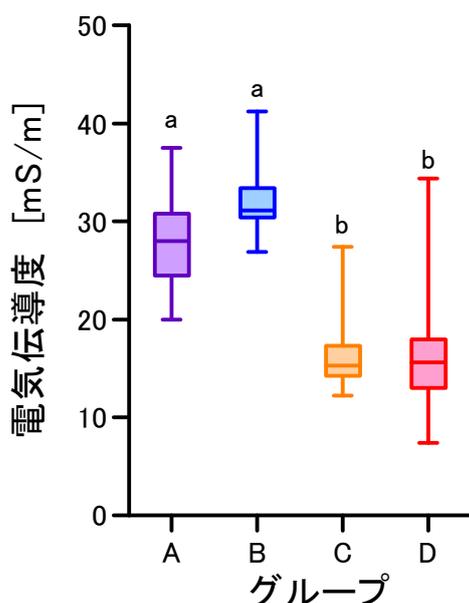


図 3-31

各グループの月間平均値から求めた EC

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-15 各グループの月間平均値から求めた EC

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
EC [mS/m]	A	17	28.1	4.51	28.2	26.6	30.9	a
	B	17	32.1	3.12	31.5	30.5	33.6	a
	C	17	16.6	3.72	15.4	14.5	17.6	b
	D	17	17.1	6.80	16.2	13.3	18.3	b

### (11)pH

中央値は、グループ A で pH5.13、グループ B で pH4.75、グループ C で pH5.84、グループ D で pH5.37 の値を示した。標準偏差は、グループ C が pH0.31 分と最も小さい値、グループ D が pH0.61 分と最も大きい値を示した。グループ B、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。グループ A、C で、最小値から第 1 四分位点までの範囲が、第 3 四分位点から最大値までの範囲より大きかった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B との間に有意差があった。グループ D は、グループ B との間に有意差があった。

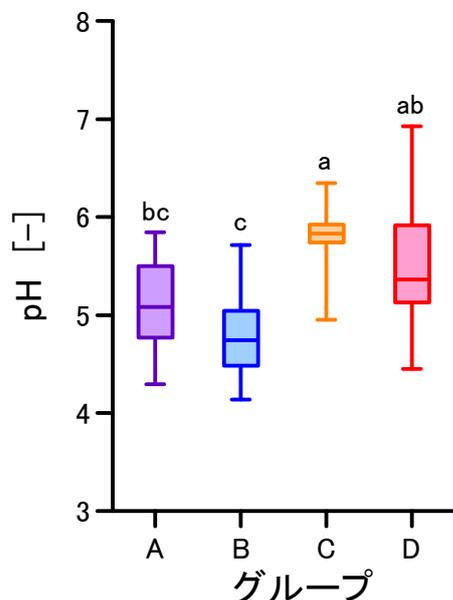


図 3-32

各グループの月間平均値から求めたpH

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-16 各グループの月間平均値から求めたpH

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
pH [-]	A	17	5.17	0.484	5.13	4.81	5.50	bc
	B	17	4.84	0.442	4.75	4.57	5.10	c
	C	17	5.80	0.310	5.84	5.78	5.93	a
	D	17	5.54	0.612	5.37	5.15	5.92	ab

## (12)地下水位

中央値は、グループ A で-1.48cm、グループ B で-0.38cm、グループ C で-9.62cm、グループ D で-10.90cmの値を示した。標準偏差は、グループ A が 2.47cm と最も小さい値、グループ D が 7.56cm と最も大きい値を示した。グループ A、B の中央値は、第 3 四分位点側に寄っている。グループ C、D の中央値は、第 1 四分位点側に寄っている。グループ C、D で、最小値から第 1 四分位点までの範囲が、第 3 四分位点から最大値までの範囲より広がった。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ B は、グループ C、D との間に有意差があった。グループ C は、グループ A、B との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B との間に有意差があった。

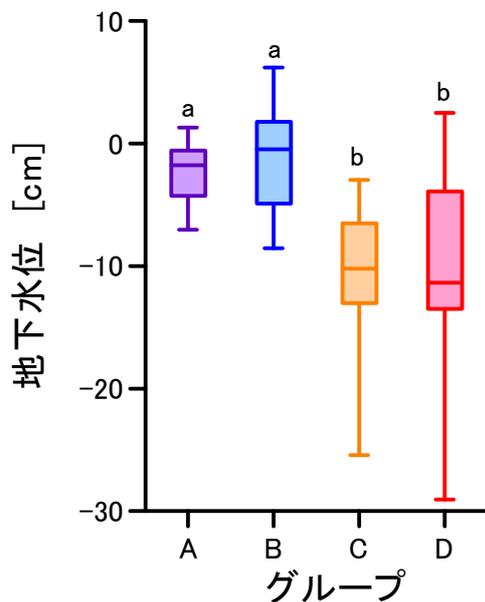


図 3-33

各グループの月間平均値から求めた地下水位

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。

最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-17 各グループの月間平均値から求めた地下水位

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
地下水位 [cm]	A	17	-2.25	2.47	-1.48	-4.15	-0.36	a
	B	17	-0.74	4.07	-0.38	-3.33	2.09	a
	C	17	-10.21	5.85	-9.62	-12.39	-6.42	b
	D	17	-9.67	7.56	-10.90	-13.35	-2.70	b

### (13)冠水面積

中央値は、グループAで42.0%、グループBで55.0%、グループCで27.1%、グループDで5.56%の値を示した。標準偏差は、グループAが5.51%と最も小さい値、グループDが16.08%と最も大きい値を示した。グループC、Dで、第3四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第1四分位点までの範囲より広がった。グループBは、中央値が第3四分位点側に寄っていた。グループCは、中央値が第1四分位点側によっていた。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループAは、グループB、C、Dとの間に有意差があった。グループBは、グループA、C、Dとの間に有意差があった。グループCは、グループA、B、Dとの間に有意差があった。グループDは、グループA、B、Cとの間に有意差があった。

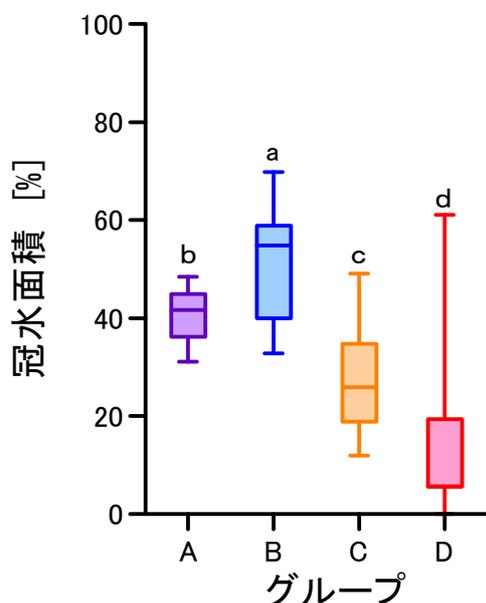


図 3-34

各グループの月間平均値から求めた冠水面積  
 線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、  
 下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。  
 箱の中の線は、中央値を示す。  
 多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。  
 最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間  
 には有意差はない。

表 3-18 各グループの月間平均値から求めた冠水面積

1Qは第1四分位点、3Qは第3四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
冠水面積 [%]	A	17	40.7	5.5	42.0	36.7	45.6	b
	B	17	52.3	11.2	55.0	44.0	59.3	a
	C	17	28.6	11.5	27.1	19.6	35.8	c
	D	17	13.4	16.1	5.6	5.6	22.2	d

#### (14)TN

中央値は、グループ A で 0.52mg/L、グループ B で 0.64 mg/L、グループ C で 0.76 mg/L、グループ 0.78 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループ A、B、C で 0.35 mg/L から 0.57 mg/L の範囲の値を示した。一方、グループ D で 1.55 mg/L の値を示した。全てのグループで、第 3 四分位点から最大値までの範囲が、最小値から第 1 四分位点までの範囲より大きかった。グループ A の中央値は、第 1 四分位点側に寄っている。グループ D の中央値は第 3 四分位点側に寄っている。グループ D の最大値は、6.65mg/L と全てのグループ中で特に大きい。グループ D の第 3 四分位点は、0.94mg/L とグループ A の 1.01 mg/L、グループ C の 1.02 mg/L より値が低い。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間で有意差はなかった。

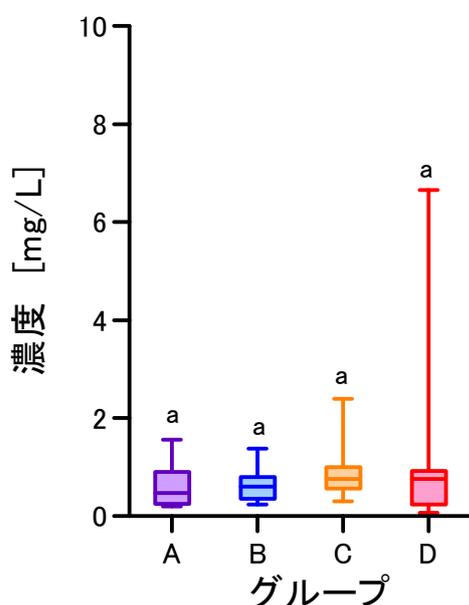


図 3-35

各グループの月間平均値から求めた TN 濃度線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-19 各グループの月間平均値から求めた TN 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
TN [mg/L]	A	17	0.634	0.454	0.518	0.284	1.014	a
	B	17	0.674	0.349	0.641	0.432	0.801	a
	C	17	0.950	0.573	0.762	0.569	1.023	a
	D	17	1.079	1.548	0.780	0.415	0.940	a

(15)TP

中央値は、グループ A で 0.004 mg/L、グループ B で 0.0012 mg/L、グループ C で 0.0044 mg/L、グループ D で 0.0050 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループ A が 0.0086 mg/L と最も小さい値、グループ C が 0.0160 mg/L と最も大きい値を示した。全てのグループで最低値は、0 mg/L であった。グループ A、D は、第 1 四分位点も 0 mg/L であった。全てのグループで中央値は、第 1 四分位点側に寄っていた。グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間で有意差はなかった。

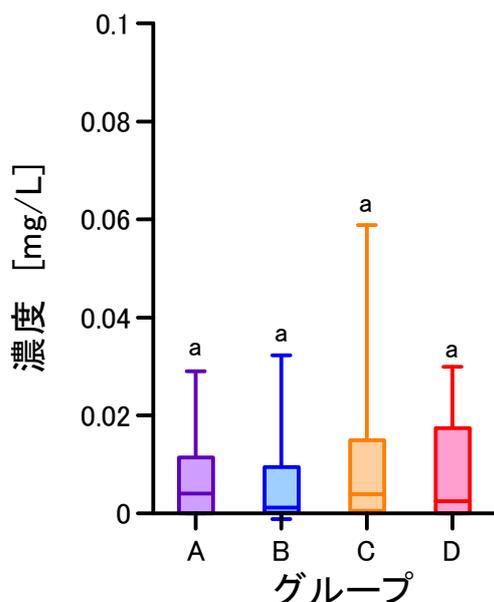


図 3-36  
各グループの月間平均値から求めた TP 濃度  
線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、  
下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。  
箱の中の線は、中央値を示す。  
多重比較は、Steel-Dwass 検定(p<0.05)を用いた。  
最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間  
には有意差はない。

表 3-20 各グループの月間平均値から求めた TP 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定(p<0.05)を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
TP [mg/L]	A	17	0.007	0.009	0.004	0.000	0.012	a
	B	17	0.007	0.011	0.001	0.000	0.010	a
	C	17	0.011	0.016	0.004	0.002	0.018	a
	D	17	0.009	0.010	0.005	0.000	0.020	a

### (16)TOC

中央値は、グループAで 1.34 mg/L、グループBで 1.17 mg/L、グループCで 2.84 mg/L、グループDで 2.20 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループAで 0.69 mg/L、グループBで 0.66 mg/L の値を示し、グループDでは、3.24 mg/L と最も高い値を示した。一方で、第 1 四分点から第 3 四分点までの範囲は、グループDの 1.64 mg/L よりもグループCの 2.58 mg/L の範囲のほうが広い。全てのグループにおいて、第 3 四分位点から最大値までの範囲は、最低値から第 1 四分位点までの範囲よりも広い。グループC、Dは、最大値が 10 mg/L を超えるが、中央値は、平均より低い値であり、第 3 四分位点側に極端に寄っていない。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ C との間に有意差があった。グループ B は、グループ C との間に有意差があった。グループ C はグループ A、B との間に有意差があった。グループ D は、グループ A、B、C との間に有意差がなかった。

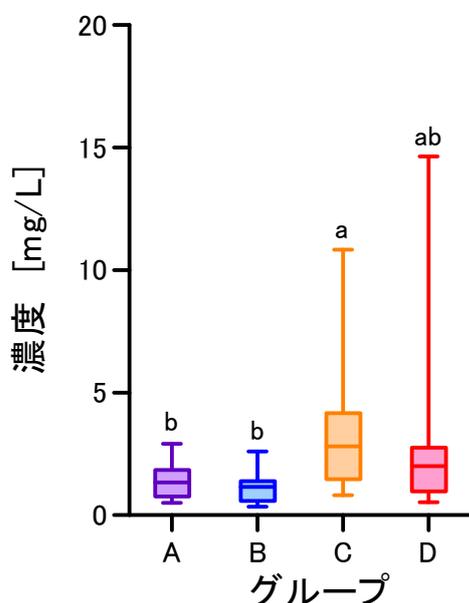


図 3-37

各グループの月間平均値から求めた TOC 濃度線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上に示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-21 各グループの月間平均値から求めた TOC 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
TOC [mg/L]	A	17	1.413	0.693	1.344	0.847	1.967	b
	B	17	1.182	0.659	1.175	0.639	1.376	b
	C	17	3.450	2.676	2.843	1.607	4.189	a
	D	17	2.721	3.242	2.204	1.135	2.775	ab

### (17)鉄

中央値は、グループ A で 2.39 mg/L、グループ B で 3.55 mg/L、グループ C で 1.00 mg/L、グループ D で 0.08 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループ D が 0.68 mg/L と最も低い値、グループ B、C がそれぞれ 4.41 mg/L、4.14 mg/L と高い値を示した。第 1 四分位点から第 3 四分位点までの範囲は、グループ B が、8.34 mg/L とグループ C の 2.08 mg/L より広い。グループ D は、第 1 四分位点が 0.02 mg/L、第 3 四分位点が 0.16 mg/L であるため、箱ひげ図の箱の部分が線のように見えている。グループ B の中央値は、第 1 四分位点側に寄っている。全てのグループにおいて、第 3 四分位点から最大値までの範囲は、最低値から第 1 四分位点までの範囲よりも広い。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループ A は、グループ B との間に有意差があった。グループ B は、グループ A、C、D との間に有意差があった。グループ C はグループ B との間に有意差があった。グループ D は、グループ B との間に有意差がなかった。

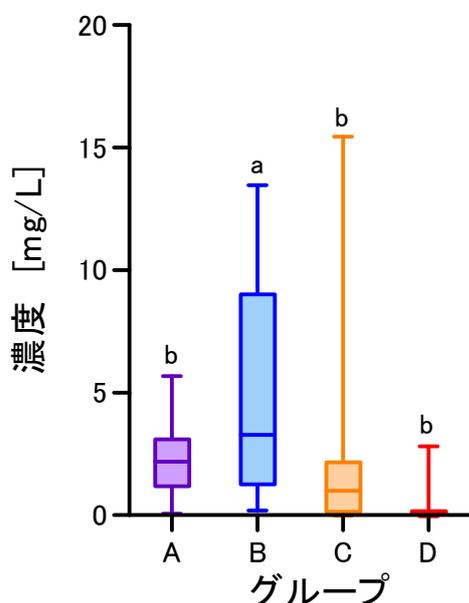


図 3-38

各グループの月間平均値から求めた鉄濃度線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上に表示アルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-22 各グループの月間平均値から求めた鉄濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
Fe [mg/L]	A	17	2.31	1.58	2.39	1.36	3.09	b
	B	17	5.32	4.41	3.55	1.26	9.60	a
	C	17	2.48	4.14	1.00	0.15	2.23	b
	D	17	0.29	0.68	0.08	0.02	0.16	b

### (18)マンガン

中央値は、グループ A で 0.30mg/L、グループ B で 0.26 mg/L、グループ C で 0.16 mg/L、グループ D で 0.22 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループ A、B、C で 0.028 mg/L から 0.045 mg/L までの範囲値、グループ C で 0.34 mg/L の最も高い値を示した。グループ D は、全てのグループ中で最も低い最低値と最も高い最高値を記録した。グループ A で、最低値から第 1 四分位点までの範囲は、第 3 四分位点から最大値までの範囲よりも広い。グループ B、C、D で、第 3 四分位点から最大値までの範囲は、最低値から第 1 四分位点までの範囲よりも広い。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。全てのグループ間で有意差はなかった。

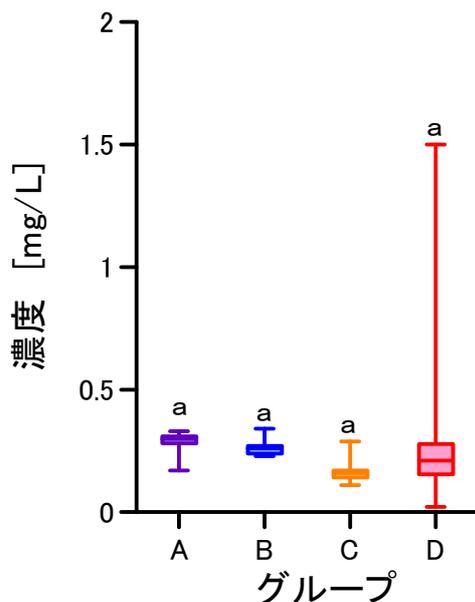


図 3-39

各グループの月間平均値から求めたマンガン濃度線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-23 各グループの月間平均値から求めたマンガン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
Mn [mg/L]	A	17	0.29	0.04	0.30	0.29	0.31	a
	B	17	0.26	0.03	0.26	0.24	0.27	a
	C	17	0.17	0.04	0.16	0.14	0.17	a
	D	17	0.29	0.34	0.22	0.16	0.29	a

### (19)ケイ素

中央値は、グループAで 22.9 mg/L、グループBで 25.6 mg/L、グループCで 11.7 mg/L、グループDで 14.2 mg/L の値を示した。標準偏差は、グループCが 1.35 mg/L と最も低い値、グループBが 4.36 mg/L と最も高い値を示した。グループB、Dで中央値が第3四分位点側に寄っていた。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループAは、グループC、Dとの間に有意差があった。グループBは、グループC、Dとの間に有意差があった。グループCは、グループA、Bとの間に有意差があった。グループDは、グループA、Bとの間に有意差があった。

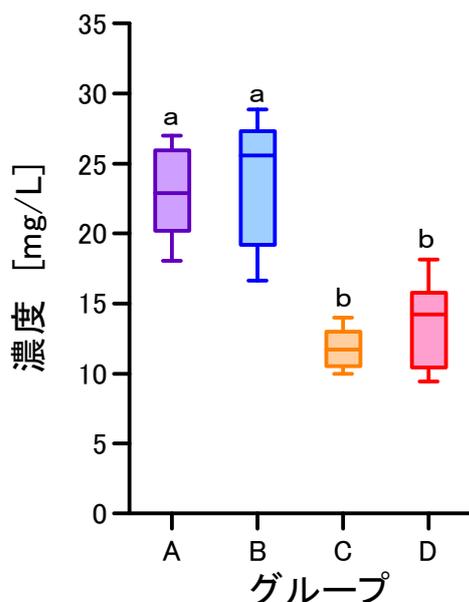


図 3-40

各グループの月間平均値から求めたケイ素濃度線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上に表示するアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-24 各グループの月間平均値から求めたケイ素濃度

1Qは第1四分位点、3Qは第3四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
Si [mg/L]	A	17	22.9	3.1	22.9	20.7	25.7	a
	B	17	23.9	4.4	25.6	21.1	27.1	a
	C	17	11.8	1.4	11.7	10.6	12.7	b
	D	17	13.4	3.0	14.2	10.5	15.4	b

## (20)アルミニウム

中央値は、グループAで 0.69 mg/L、グループBで 1.89mg/L、グループCで 0.22 mg/L、グループDで 0.00mg/L の値を示した。標準偏差は、グループAで 0.91 mg/L、グループBで 1.27mg/L、グループCで 0.13mg/L、グループDで 0.13mg/L の値を示した。グループDは、データの半分以上が 0 mg/L 以下の値を示す。

グループ間の統計学的有意差の有無を検討した。グループAは、グループB、Dとの間に有意差があった。グループBは、グループA、C、Dとの間に有意差があった。グループCは、グループBとの間に有意差があった。グループDは、グループA、Bとの間に有意差があった。

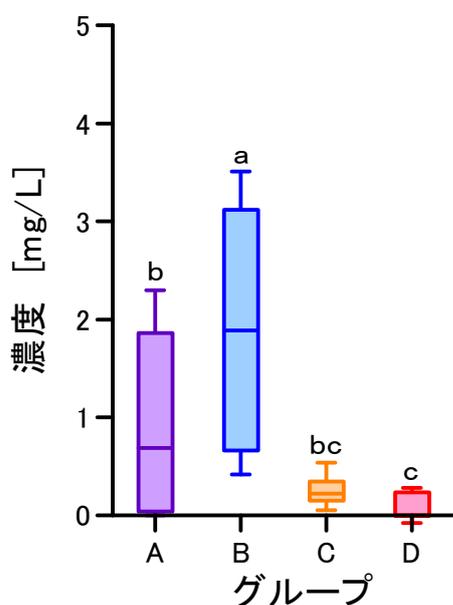


図 3-41

各グループの月間平均値から求めたアルミニウム濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。

多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。最大値の上を示すアルファベットが同じグループ間には有意差はない。

表 3-25 各グループの月間平均値から求めたアルミニウム濃度

1Q は第1四分位点、3Q は第3四分位点を示す。多重比較は、Steel-Dwass 検定( $p < 0.05$ )を用いた。同じアルファベットのグループ間には有意差はない。

項目	グループ	試料数	平均値	標準偏差	中央値	1Q	3Q	有意差
Al [mg/L]	A	17	0.97	0.91	0.69	0.07	1.85	b
	B	17	1.93	1.27	1.89	0.81	3.09	a
	C	17	0.24	0.13	0.22	0.16	0.29	bc
	D	17	0.08	0.13	0.00	-0.01	0.20	c

### 3.2.3 植生のグループと2007年の5、6、7月と2008年の5、6、7月の間の水質、水理の比較

2007年、2008年の7月に行った植生調査前の3ヶ月(5月、6月、7月)は、植物の成長する時期と重なる。この期間に有意な変化があるか、ないかについて検討する。手法は、繰り返しのあるフリードマン検定を用いた。この手法では、各年の各方形枠を1つのブロックとして扱った。各ブロックにおける繰り返し数は3回で、各年の5月、6月、7月の値が対応する。各年のブロック郡を1つのグループとして扱い、2007年と2008年のグループ間を比較した。

## (1) ナトリウムイオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 518  $\mu$  eq/L から 2008 年の 399  $\mu$  eq/L へと 119  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、95  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、26  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 1  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 558  $\mu$  eq/L から 2008 年の 495  $\mu$  eq/L へと 63  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、86  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、42  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 23  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.01$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の 273  $\mu$  eq/L から 2008 年の 268  $\mu$  eq/L へと 5  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、91  $\mu$  eq/L 増加した。第 3 四分位点は、30  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差は 17  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

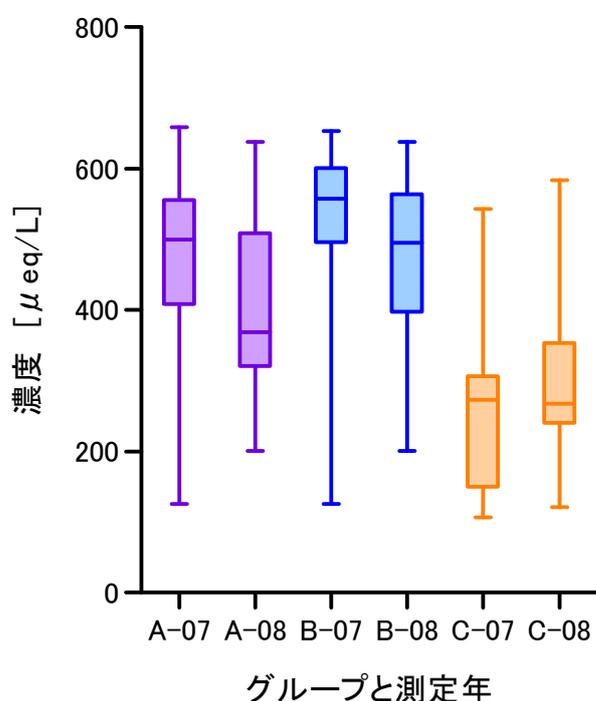


図 3-42

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のナトリウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-26 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のナトリウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5、6、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Na <sup>+</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	2007	5	15	483	140	518	423	567	N.S.
		2008	5	15	425	141	399	328	541	
	B	2007	17	51	535	92	558	491	599	**
		2008	17	51	475	115	495	405	557	
	C	2007	9	21	262	120	273	157	323	N.S.
		2008	9	21	294	103	268	248	353	
D	2007	1	3	361	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	324	-	-	-	-		

## (2) カリウムイオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 68.6  $\mu$  eq/L から 2008 年の 27.8  $\mu$  eq/L へと 40.8  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、30.1  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、31.4  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 50.2  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.01$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の 70.1  $\mu$  eq/L から 2008 年の 40.5  $\mu$  eq/L へと 29.6  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、34.2  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、23.8  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 24.4  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の 51.8  $\mu$  eq/L から 2008 年の 25.4  $\mu$  eq/L へと 26.4  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、20.0  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、38.9  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 97.3  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

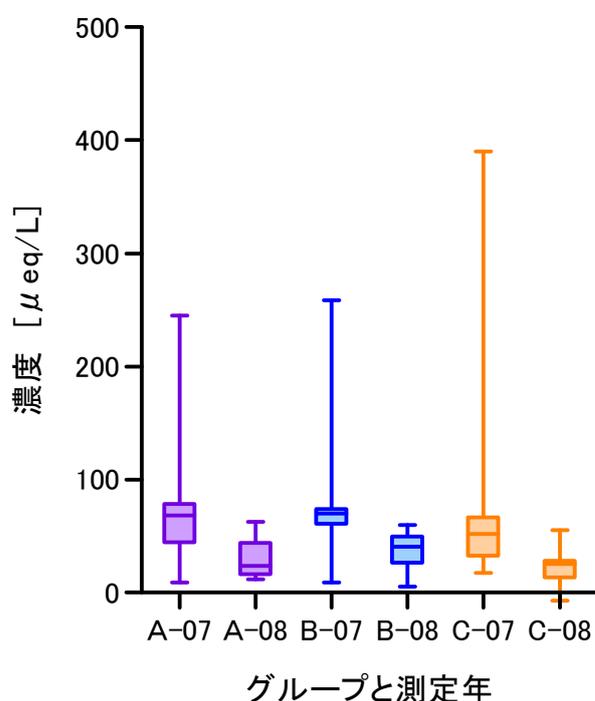


図 3-43  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のカリウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-27 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のカリウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
K <sup>+</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	2007	5	15	84.3	68.6	68.6	47.7	78.3	**
		2008	5	15	32.9	18.4	27.8	17.6	46.9	
	B	2007	17	51	74.6	39.3	70.1	61.3	73.7	***
		2008	17	51	36.8	14.9	40.5	27.1	49.9	
	C	2007	9	21	90.8	112.6	51.8	35.1	67.5	***
		2008	9	21	21.2	15.3	25.4	15.1	28.6	
D	2007	1	3	123.6	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	38.6	-	-	-	-		

### (3) アンモニウムイオン

グループ A において、中央値は 2007 年、2008 年共に  $0 \mu \text{eq/L}$  を示した。第 3 四分位点は、 $7.79 \mu \text{eq/L}$  増加した。標準偏差は  $4.03 \mu \text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年、2008 年共に  $0 \mu \text{eq/L}$  を示した。第 3 四分位点は、 $3.55 \mu \text{eq/L}$  増加した。標準偏差は  $3.44 \mu \text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ A において、中央値は 2007 年、2008 年共に  $0 \mu \text{eq/L}$  を示した。第 3 四分位点は、 $7.59 \mu \text{eq/L}$  減少した。標準偏差は  $34.72 \mu \text{eq/L}$  減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

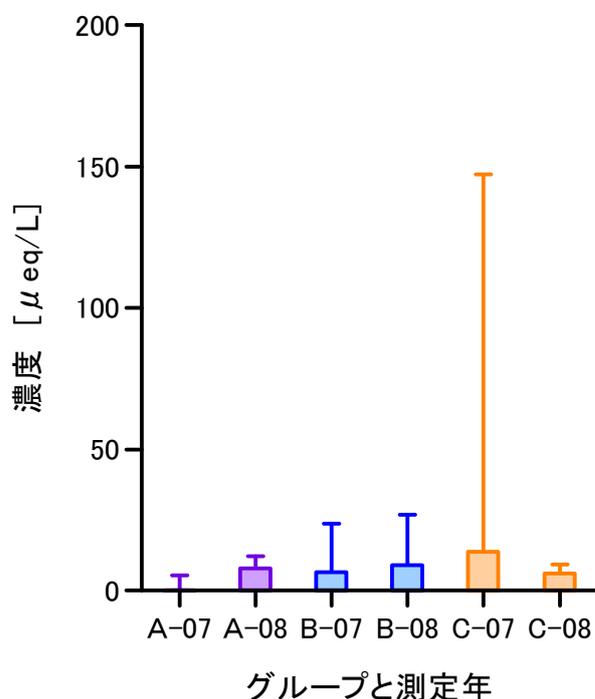


図 3-44  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のアンモニウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-28 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のアンモニウムイオン濃度  
1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [μeq/L]	A	2007	5	15	1.08	2.23	0.00	0.00	0.00	N.S.
		2008	5	15	2.65	6.29	0.00	-2.12	7.79	
	B	2007	17	51	3.81	6.26	0.00	0.00	6.59	N.S.
		2008	17	51	5.51	9.70	0.00	0.00	10.14	
	C	2007	9	21	15.97	38.53	0.00	0.00	13.78	N.S.
		2008	9	21	2.50	3.81	0.00	0.00	6.21	
D	2007	1	3	24.61	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	1.18	-	-	-	-		

#### (4) マグネシウムイオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 585  $\mu$  eq/L から 2008 年の 452  $\mu$  eq/L へと 133  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、43  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、28  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差は 35  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 643  $\mu$  eq/L から 2008 年の 583  $\mu$  eq/L へと 60  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、48  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、5  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 40  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ C において、中央値は 2007 年の 209  $\mu$  eq/L から 2008 年の 321  $\mu$  eq/L へと 112  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、113  $\mu$  eq/L 増加した。第 3 四分位点は、133  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差は 4  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

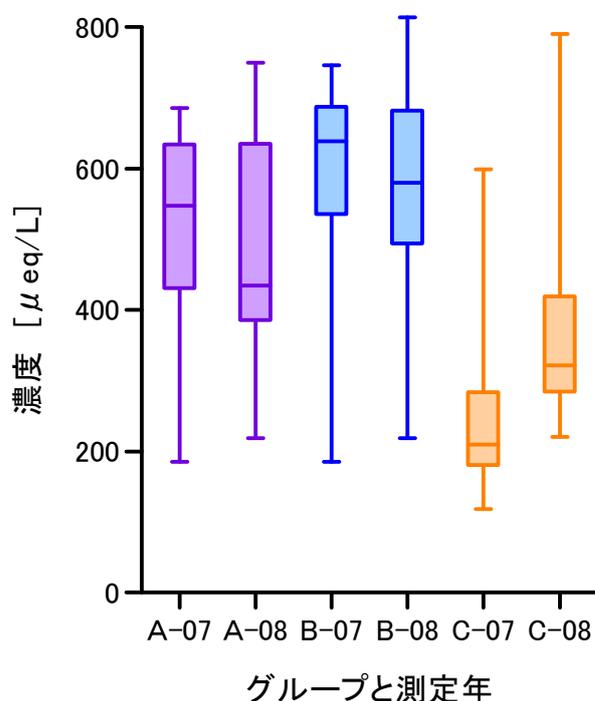


図 3-45  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のマグネシウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-29 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のマグネシウムイオン濃度  
1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Mg <sup>2+</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	2007	5	15	529	143	585	449	635	N.S.
		2008	5	15	501	178	452	406	663	
	B	2007	17	51	607	106	643	543	687	N.S.
		2008	17	51	574	146	583	495	682	
	C	2007	9	21	262	128	209	183	288	***
		2008	9	21	364	124	321	296	421	
D	2007	1	3	343	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	347	-	-	-	-		

## (5) カルシウムイオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 1151  $\mu$  eq/L から 2008 年の 1070  $\mu$  eq/L へと 81  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、137  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、145  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差 96  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 1171  $\mu$  eq/L から 2008 年の 1219  $\mu$  eq/L へと 48  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、54  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、220  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は 149  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ C において、中央値は 2007 年の 201  $\mu$  eq/L から 2008 年の 479  $\mu$  eq/L へと 269  $\mu$  eq/L 増加した。第 1 四分位点は、334  $\mu$  eq/L 増加した。第 3 四分位点は、362  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差は 21  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

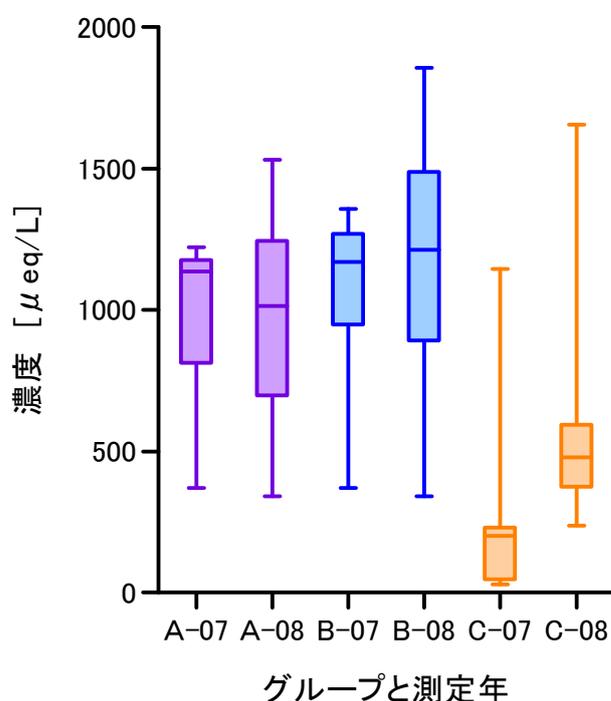


図 3-46  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のカルシウムイオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-30 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のカルシウムイオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Ca <sup>2+</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	2007	5	15	985	314	1151	934	1178	N.S.
		2008	5	15	1008	410	1070	797	1323	
	B	2007	17	51	1099	245	1171	964	1268	N.S.
		2008	17	51	1205	394	1219	910	1488	
	C	2007	9	21	254	312	201	49	239	***
		2008	9	21	568	333	479	383	601	
D	2007	1	3	232	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	444	-	-	-	-		

## (6) フッ素イオン

グループ A において、中央値は 2007 年の $-0.41 \mu \text{eq/L}$  から 2008 年の $0.00 \mu \text{eq/L}$  へ変化した。第 3 四分位点は、 $15.12 \mu \text{eq/L}$  減少した。標準偏差は、 $6.99 \mu \text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の $-6.48 \mu \text{eq/L}$  から 2008 年の $0.00 \mu \text{eq/L}$  へ変化した。第 3 四分位点は、 $34.27 \mu \text{eq/L}$  増加した。標準偏差は、 $19.36 \mu \text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ C において、中央値は 2007 年の $-0.10 \mu \text{eq/L}$  から 2008 年の $1.85 \mu \text{eq/L}$  へ増加した。第 3 四分位点は、 $13.47 \mu \text{eq/L}$  増加した。標準偏差は、 $21.76 \mu \text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

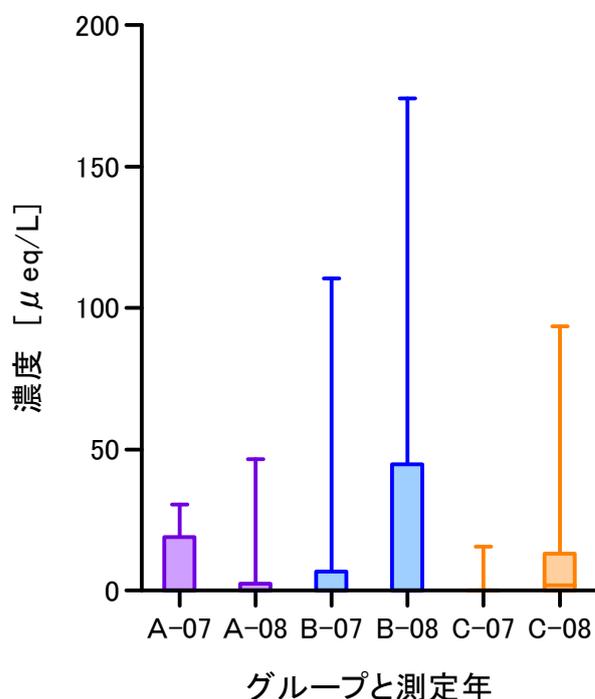


図 3-47

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のフッ素イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-31 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のフッ素イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
[ $\mu \text{eq/L}$ ]	A	2007	5	15	5.28	15.20	-0.41	-6.00	20.26	N.S.
		2008	5	15	-0.34	22.19	0.00	-20.35	5.14	
	B	2007	17	51	5.07	27.15	-6.48	-9.35	10.53	N.S.
		2008	17	51	20.55	46.51	0.00	-10.74	44.80	
	C	2007	9	21	-2.23	8.54	-0.10	-7.13	0.00	N.S.
		2008	9	21	9.82	30.30	1.85	-11.05	13.47	
D	2007	1	3	7.55	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	-22.46	-	-	-	-		

## (7) 塩化物イオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 467  $\mu$  eq/L から 2008 年の 413  $\mu$  eq/L へと 54  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、28  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、61  $\mu$  eq/L 増加した。標準偏差は、24  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 528  $\mu$  eq/L から 2008 年の 493  $\mu$  eq/L へと 35  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、126  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、33  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は、44  $\mu$  eq/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.01$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の 235  $\mu$  eq/L から 2008 年の 377  $\mu$  eq/L へと 142  $\mu$  eq/L 減少した。第 1 四分位点は、4  $\mu$  eq/L 減少した。第 3 四分位点は、73  $\mu$  eq/L 減少した。標準偏差は、74  $\mu$  eq/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

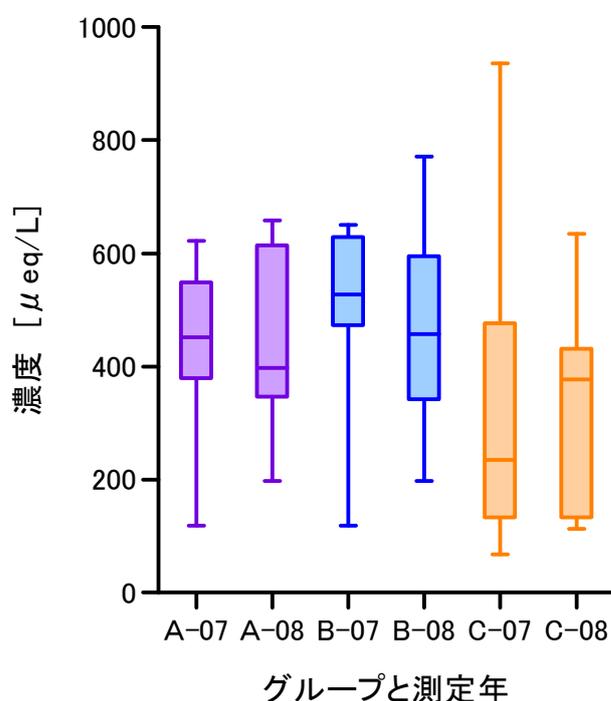


図 3-48  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の塩化物イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-32 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の塩化物イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Cl <sup>-</sup> [ $\mu$ eq/L]	A	2007	5	15	458	134	467	387	560	N.S.
		2008	5	15	459	158	413	359	621	
	B	2007	17	51	531	102	528	475	628	**
		2008	17	51	473	146	493	349	595	
	C	2007	9	21	327	249	235	138	504	N.S.
		2008	9	21	336	175	377	134	431	
D	2007	1	3	501	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	385	-	-	-	-		

## (8) 硫酸イオン

グループ A において、中央値は 2007 年の 2162  $\mu\text{eq/L}$  から 2008 年の 1411  $\mu\text{eq/L}$  へと 751  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 1 四分位点は、487  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 3 四分位点は、538  $\mu\text{eq/L}$  減少した。標準偏差は、99  $\mu\text{eq/L}$  減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.01$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の 2371  $\mu\text{eq/L}$  から 2008 年の 1741  $\mu\text{eq/L}$  へと 630  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 1 四分位点は、613  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 3 四分位点は、655  $\mu\text{eq/L}$  減少した。標準偏差は、54  $\mu\text{eq/L}$  増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の 552  $\mu\text{eq/L}$  から 2008 年の 317  $\mu\text{eq/L}$  へと 235  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 1 四分位点は、119  $\mu\text{eq/L}$  減少した。第 3 四分位点は、752  $\mu\text{eq/L}$  減少した。標準偏差は、131  $\mu\text{eq/L}$  減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

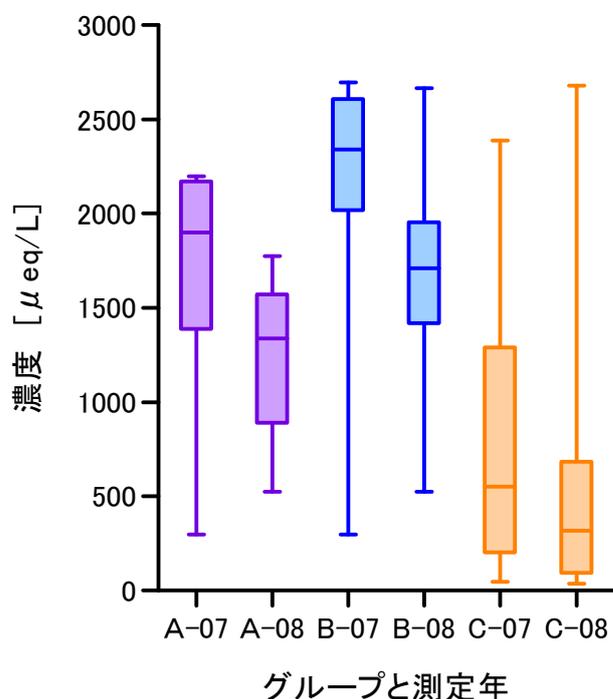


図 3-49

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の硫酸イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-33 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の硫酸イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> [ $\mu\text{eq/L}$ ]	A	2007	5	15	1768	548	2162	1468	2176	**
		2008	5	15	1274	449	1411	981	1638	
	B	2007	17	51	2253	448	2371	2039	2609	***
		2008	17	51	1719	502	1741	1426	1954	
	C	2007	9	21	859	784	552	226	1438	N.S.
		2008	9	21	573	653	317	107	686	
D	2007	1	3	1309	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	421	-	-	-	-		

### (9) 硝酸イオン

グループ Aにおいて、中央値は2007年の $0 \mu\text{eq/L}$ から2008年の $0.12 \mu\text{eq/L}$ へと $0.12 \mu\text{eq/L}$ 増加した。第3四分位点は、 $0.96 \mu\text{eq/L}$ 減少した。標準偏差は、 $0.77 \mu\text{eq/L}$ 減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ Bにおいて、中央値は2007年の $0 \mu\text{eq/L}$ から2008年の $0.32 \mu\text{eq/L}$ へと $0.32 \mu\text{eq/L}$ 増加した。第3四分位点は、 $2.15 \mu\text{eq/L}$ 減少した。標準偏差は、 $1.25 \mu\text{eq/L}$ 減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ Cにおいて、中央値は2007年の $0 \mu\text{eq/L}$ から2008年の $0.09 \mu\text{eq/L}$ へと $0.09 \mu\text{eq/L}$ 増加した。第3四分位点は、 $0.25 \mu\text{eq/L}$ 減少した。標準偏差は、 $0.96 \mu\text{eq/L}$ 減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化がなかった。

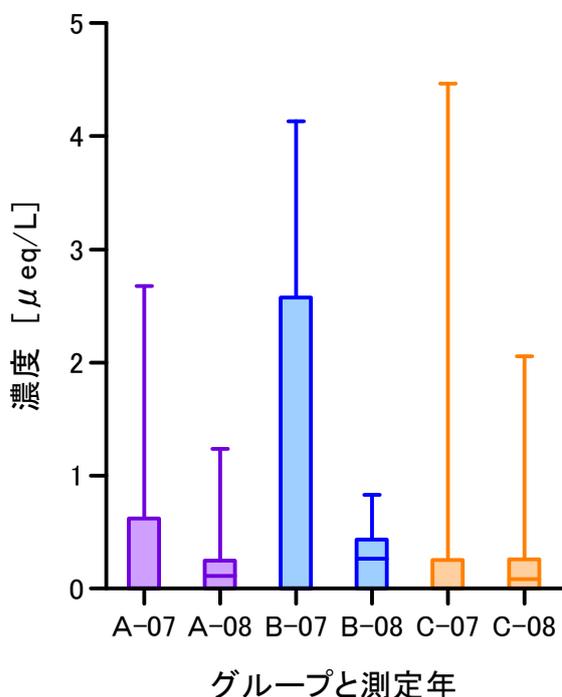


図 3-50  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の硝酸イオン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-34 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の硝酸イオン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> [μeq/L]	A	2007	5	15	0.69	1.18	0.00	0.00	1.24	N.S.
		2008	5	15	0.26	0.41	0.12	0.00	0.28	
	B	2007	17	51	1.00	1.52	0.00	0.00	2.58	N.S.
		2008	17	51	0.24	0.27	0.32	0.00	0.43	
	C	2007	9	21	0.74	1.45	0.00	0.00	0.51	N.S.
		2008	9	21	0.24	0.49	0.09	0.00	0.26	
D	2007	1	3	1.32	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	0.12	-	-	-	-		

(10)EC

グループ A において、中央値は 2007 年の 32.2mS/m から 2008 年の 27.2 mS/m へと 5.0 mS/m 減少した。第1四分位点は、6.5 mS/m 減少した。第 3 四分位点は、7.1 mS/m 減少した。標準偏差は、0.2 mS/m 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 36.6 mS/m から 2008 年の 31.0 mS/m へと 5.6 mS/m 減少した。第1四分位点は、6.5 mS/m 減少した。第 3 四分位点は、6.3 mS/m 減少した。標準偏差は、1.37 mS/m 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ C において、中央値は 2007 年の 14.3mS/m から 2008 年の 12.8 mS/m へと 1.5mS/m 減少した。第1四分位点は、1.6 mS/m 減少した。第 3 四分位点は、9.7mS/m 減少した。標準偏差は、0.02mS/m 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

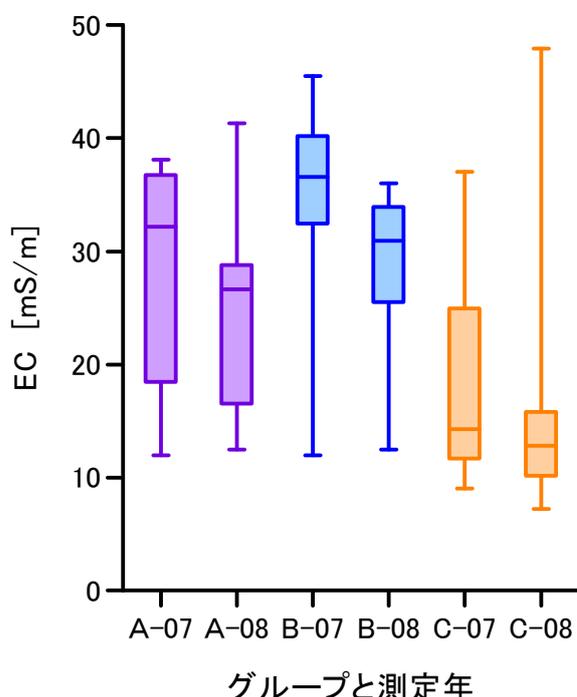


図 3-51  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の EC

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-35 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の EC

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
EC [mS/m]	A	2007	5	15	29.2	9.01	32.2	23.5	37.0	N.S.
		2008	5	15	25.5	9.21	27.2	17.0	29.9	
	B	2007	17	51	35.5	7.24	36.6	32.8	40.2	***
		2008	17	51	29.3	5.87	31.0	26.3	33.9	
	C	2007	9	21	18.5	9.14	14.3	11.8	25.9	N.S.
		2008	9	21	15.4	9.12	12.8	10.2	16.2	
D	2007	1	3	26.7	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	11.4	-	-	-	-		

### (11)pH

グループ A において、中央値は 2007 年の pH5.13 から 2008 年の pH5.90 へと 0.77 値が増加した。第 1 四分位点は、0.94 値が増加した。第 3 四分位点は、0.63 値が増加した。標準偏差は、0.18 値が増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の pH4.59 から 2008 年の pH5.92 へと 1.33 値が増加した。第 1 四分位点は、0.94 値が増加した。第 3 四分位点は、0.62 値が増加した。標準偏差は、0.24 値が増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の pH5.86 から 2008 年の pH5.91 へと 0.05 値が増加した。第 1 四分位点は、0.20 値が減少した。第 3 四分位点は、0.28 値が増加した。標準偏差は、0.49 値が増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

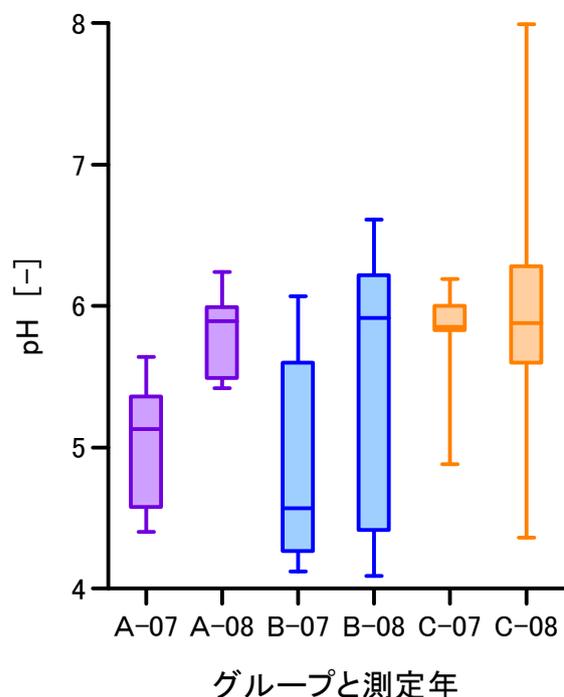


図 3-52  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の pH

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-36 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の pH

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
pH [-]	A	2007	5	15	5.04	0.45	5.13	4.64	5.36	***
		2008	5	15	5.81	0.27	5.90	5.58	5.99	
	B	2007	17	51	4.91	0.69	4.59	4.27	5.60	***
		2008	17	51	5.46	0.93	5.92	4.42	6.22	
	C	2007	9	21	5.85	0.29	5.86	5.84	6.00	N.S.
		2008	9	21	5.97	0.78	5.91	5.64	6.28	
D	2007	1	3	5.28	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	6.36	-	-	-	-		

## (12)地下水位

グループ A において、中央値は 2007 年の 0.25cm から 2008 年の -6.80 へと 7.05cm 減少した。第 1 四分位点は、6.77cm 減少した。第 3 四分位点は、2.73cm 減少した。標準偏差は、1.28 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ B において、中央値は 2007 年の 2.10cm から 2008 年の -5.10 へと 7.20cm 減少した。第 1 四分位点は、9.25cm 減少した。第 3 四分位点は、8.70cm 減少した。標準偏差は、2.52 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ C において、中央値は 2007 年の -9.45cm から 2008 年の -14.35 へと 4.90cm 減少した。第 1 四分位点は、9.15cm 減少した。第 3 四分位点は、2.60cm 増加した。標準偏差は、6.79 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった

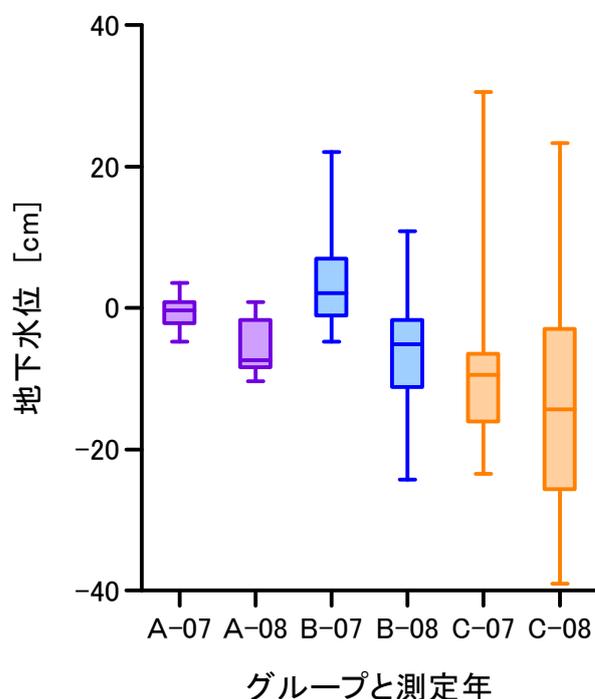


図 3-53

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の地下水位

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-37 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の地下水位

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
地下水位 [cm]	A	2007	5	15	-0.42	2.79	0.25	-1.33	1.33	***
		2008	5	15	-4.97	4.07	-6.80	-8.10	-1.40	
	B	2007	17	51	3.67	5.68	2.10	-0.78	7.00	***
		2008	17	51	-5.73	8.20	-5.10	-10.03	-1.70	
	C	2007	9	21	-9.58	11.08	-9.45	-16.10	-5.55	N.S.
		2008	9	21	-11.73	16.69	-14.35	-25.25	-2.95	
D	2007	1	3	-10.37	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	-14.63	-	-	-	-		

### (13)冠水面積

グループ Aにおいて、中央値は2007年の45.6%から2008年の33.3%へと12.3%減少した。第1四分位点は、12.2%減少した。第3四分位点は、8.9%減少した。標準偏差は、0.7%減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ Bにおいて、中央値は2007年の61.1%から2008年の37.6%へと23.5%減少した。第1四分位点は、28.1%減少した。第3四分位点は、24.8%減少した。標準偏差は、6.0%減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ Cにおいて、中央値は2007年の24.1%から2008年の11.7%へと12.4%減少した。第1四分位点は、6.2%減少した。第3四分位点は、7.7%増加した。標準偏差は、6.8%減少した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化がなかった。

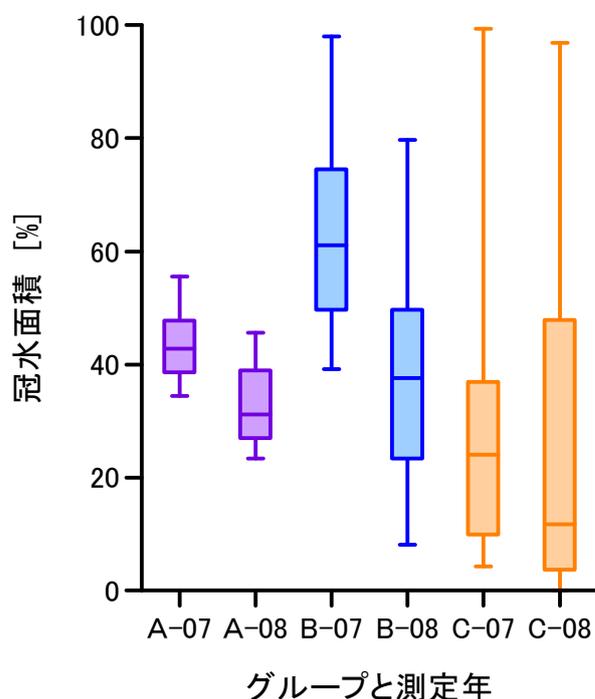


図 3-54  
2007年の5、6、7月と2008年の5、6、7月の間の冠水面積

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-38 2007年の5月、6月、7月と2008年の5月、6月、7月の間の地下水位

1Qは第1四分位点、3Qは第3四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た2007年と2008年の各3回のデータ(5月、6月、7月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
冠水面積 [%]	A	2007	5	15	44.4	7.7	45.6	40.0	50.0	***
		2008	5	15	34.1	8.4	33.3	27.8	41.1	
	B	2007	17	51	63.6	13.3	61.1	53.1	74.5	***
		2008	17	51	39.1	19.3	37.6	25.0	49.7	
	C	2007	9	21	27.7	24.4	24.1	9.9	40.4	N.S.
		2008	9	21	29.8	31.2	11.7	3.7	48.1	
D	2007	1	3	14.8	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	9.3	-	-	-	-		

(14)TN

グループ A において、中央値は 2007 年の 0.20mg/L から 2008 年の 0.33 mg/L へと 0.13 mg/L 増加した。第1四分位点は、0.14 mg/L 増加した。第3四分位点は、0.10 mg/L 増加した。標準偏差は、0.03 mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.05)。

グループ B において、中央値は 2007 年の 0.34mg/L から 2008 年の 0.29mg/L へと 0.05mg/L 増加した。第1四分位点は、0.02 mg/L 減少した。第3四分位点は、0.03mg/L 増加した。標準偏差は、0.06mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ C において、中央値は 2007 年の 0.57mg/L から 2008 年の 0.34mg/L へと 0.23mg/L 増加した。第1四分位点は、0.10 mg/L 減少した。第3四分位点は、0.09mg/L 減少した。標準偏差は、0.32mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

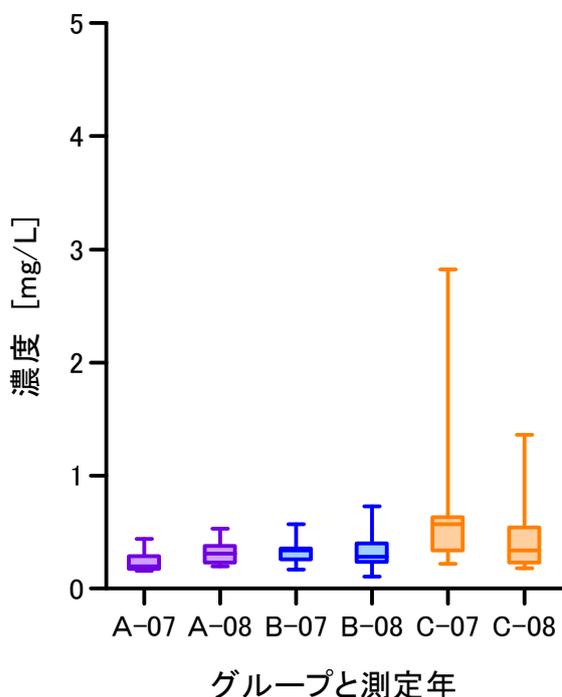


図 3-55  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の TN 濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-39 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の TN 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
TN [mg/L]	A	2007	5	15	0.24	0.08	0.20	0.18	0.29	*
		2008	5	15	0.33	0.11	0.33	0.24	0.39	
	B	2007	17	51	0.33	0.10	0.34	0.26	0.37	N.S.
		2008	17	51	0.33	0.16	0.29	0.24	0.40	
	C	2007	9	21	0.67	0.64	0.57	0.34	0.63	N.S.
		2008	9	21	0.45	0.32	0.34	0.24	0.54	
D	2007	1	3	1.30	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	0.59	-	-	-	-		

(15)TP

グループ A において、中央値は 2007 年の 0mg/L から 2008 年の 0.010mg/L へと 0.010mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.010mg/L 増加した。標準偏差は、0.003 mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.01)。

グループ B において、中央値は 2007 年の 0mg/L から 2008 年の 0.010mg/L へと 0.010mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.010mg/L 増加した。標準偏差は、0.004mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ C において、中央値は 2007 年の 0mg/L から 2008 年の 0.020mg/L へと 0.020mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.020mg/L 増加した。標準偏差は、0.040mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

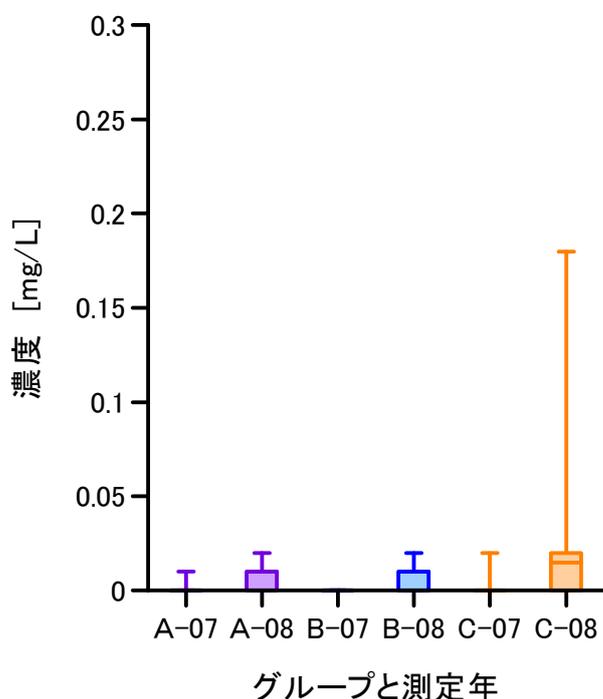


図 3-56  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の TP 濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。  
箱の中の線は、中央値を示す。  
繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-40 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の TP 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
TP [mg/L]	A	2007	5	15	0.001	0.004	0.000	0.000	0.000	**
		2008	5	15	0.008	0.007	0.010	0.000	0.010	
	B	2007	17	51	0.000	0.002	0.000	0.000	0.000	***
		2008	17	51	0.007	0.006	0.010	0.000	0.010	
	C	2007	9	21	0.001	0.006	0.000	0.000	0.000	***
		2008	9	21	0.026	0.046	0.020	0.000	0.020	
D	2007	1	3	0.003	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	0.013	-	-	-	-		

## (16)TOC

グループ A において、中央値は 2007 年の 0.86mg/L から 2008 年の 1.28mg/L へと 0.42mg/L 増加した。第 1 四分位点は、0.24mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.36mg/L 増加した。標準偏差は、0.31mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.05$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の 0.69mg/L から 2008 年の 0.87mg/L へと 0.18mg/L 増加した。第 1 四分位点は、0.11mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.50mg/L 増加した。標準偏差は、0.05mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.05$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の 2.20mg/L から 2008 年の 2.66mg/L へと 0.46mg/L 増加した。第 1 四分位点は、0.05mg/L 増加した。第 3 四分位点は、0.50mg/L 増加した。標準偏差は、0.05mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

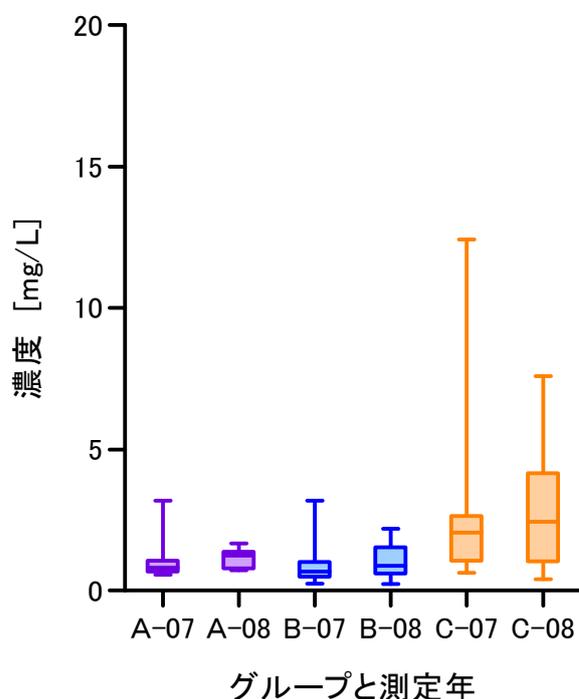


図 3-57  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の TOC 濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-41 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の TOC 濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
TOC [mg/L]	A	2007	5	15	1.02	0.64	0.86	0.68	1.06	*
		2008	5	15	1.19	0.33	1.28	0.92	1.42	
	B	2007	17	51	0.82	0.50	0.69	0.52	1.04	*
		2008	17	51	1.01	0.55	0.87	0.63	1.54	
	C	2007	9	21	2.62	2.92	2.20	1.17	2.65	N.S.
		2008	9	21	2.84	1.96	2.66	1.25	4.15	
D	2007	1	3	5.67	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	2.94	-	-	-	-		

### (17)鉄

グループ A において、中央値は 2007 年の 0.14mg/L から 2008 年の 1.73mg/L へと 1.59mg/L 増加した。第 1 四分位点は、1.52mg/L 増加した。第 3 四分位点は、1.62mg/L 増加した。標準偏差は、0.1mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.01)。

グループ B において、中央値は 2007 年の 0.92mg/L から 2008 年の 2.76mg/L へと 1.84mg/L 増加した。第 1 四分位点は、0.48mg/L 増加した。第 3 四分位点は、2.60mg/L 増加した。標準偏差は、0.45mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.05)。

グループ C において、中央値は 2007 年の 0mg/L から 2008 年の 0.60mg/L へと 0.60mg/L 増加した。第 1 四分位点は、0.15mg/L 増加した。第 3 四分位点は、3.40mg/L 増加した。標準偏差は、1.87mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

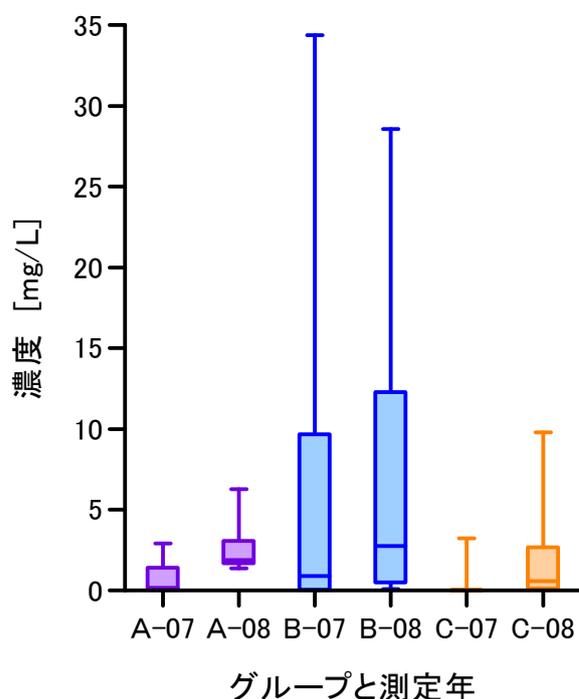


図 3-58

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間の鉄濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-42 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間の鉄濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Fe [mg/L]	A	2007	5	15	0.71	1.12	0.14	0.02	1.09	**
		2008	5	15	2.02	1.22	1.73	1.54	2.71	
	B	2007	17	51	6.61	9.88	0.92	0.04	9.68	*
		2008	17	51	8.08	9.43	2.76	0.52	12.28	
	C	2007	9	21	0.47	0.99	0.00	-0.02	0.14	***
		2008	9	21	2.38	2.86	0.60	0.13	3.54	
D	2007	1	3	0.03	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	1.24	-	-	-	-		

### (18)マンガン

グループ A において、中央値は 2007 年の 0.25mg/L から 2008 年の 0.24mg/L へと 0.01mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.06mg/L 減少した。第 3 四分位点は、0.02mg/L 増加した。標準偏差は、0.03mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ B において、中央値は 2007 年の 0.27mg/L から 2008 年の 0.26mg/L へと 0.01mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.03mg/L 減少した。第 3 四分位点は、0.02mg/L 増加した。標準偏差は、0.02mg/L 増加した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

グループ C において、中央値は 2007 年の 0.10mg/L から 2008 年の 0.15mg/L へと 0.05mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.03mg/L 減少した。第 3 四分位点は、0.06mg/L 減少した。標準偏差は、0.07mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

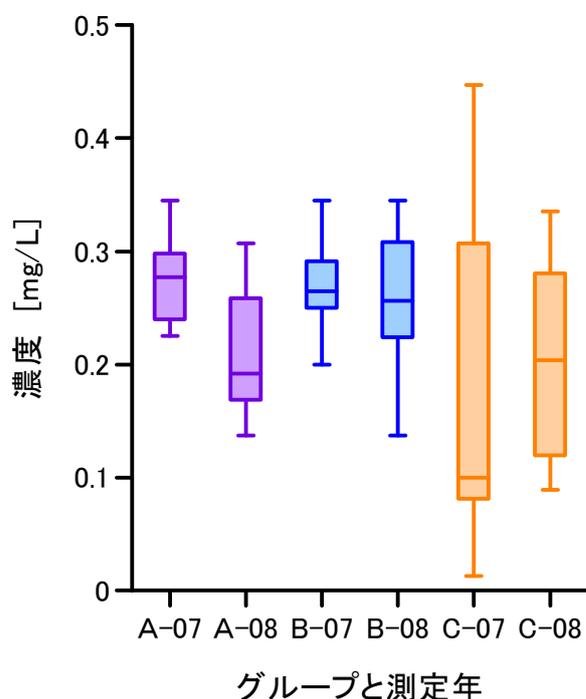


図 3-59  
2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のマンガン濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。  
箱の中の線は、中央値を示す。  
繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-43 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のマンガン濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Mn [mg/L]	A	2007	5	15	0.26	0.03	0.25	0.24	0.29	N.S.
		2008	5	15	0.24	0.06	0.24	0.18	0.31	
	B	2007	17	51	0.27	0.03	0.27	0.25	0.29	N.S.
		2008	17	51	0.26	0.05	0.26	0.22	0.31	
	C	2007	9	21	0.20	0.15	0.10	0.09	0.31	N.S.
		2008	9	21	0.19	0.08	0.15	0.12	0.25	
D	2007	1	3	0.76	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	0.13	-	-	-	-		

### (19)ケイ素

グループ Aにおいて、中央値は2007年の28.22mg/Lから2008年の24.29mg/Lへと3.93mg/L減少した。第1四分位点は、3.29mg/L減少した。第3四分位点は、2.30mg/L減少した。標準偏差は、1.30mg/L増加した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化があった(p<0.05)。

グループ Bにおいて、中央値は2007年の28.02mg/Lから2008年の21.28mg/Lへと6.74mg/L減少した。第1四分位点は、6.94mg/L減少した。第3四分位点は、6.35mg/L減少した。標準偏差は、0.68mg/L増加した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化があった(p<0.001)。

グループ Cにおいて、中央値は2007年の10.74mg/Lから2008年の10.50mg/Lへと0.24mg/L減少した。第1四分位点は、0.04mg/L増加した。第3四分位点は、2.22mg/L増加した。標準偏差は、0.46mg/L増加した。2007年と2008年の5、6、7月のデータ間で有意な変化がなかった。

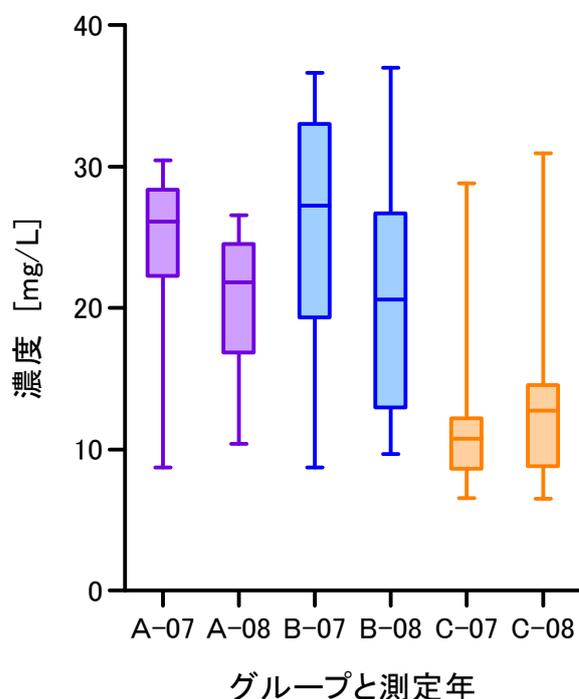


図 3-60  
2007年の5、6、7月と2008年の5、6、7月の間のケイ素濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第1四分位点、上端が第3四分位点を示す。箱の中の線は、中央値を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-44 2007年の5月、6月、7月と2008年の5月、6月、7月の間のケイ素濃度

1Qは第1四分位点、3Qは第3四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で2007年と2008年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た2007年と2008年の各3回のデータ(5月、6月、7月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし(p≥0.05)、\*は有意差あり(p<0.05)、\*\*は有意差あり(p<0.01)、\*\*\*は有意差あり(p<0.001)を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Si [mg/L]	A	2007	5	15	27.37	2.32	28.22	25.12	28.82	*
		2008	5	15	23.89	3.62	24.29	21.83	26.52	
	B	2007	17	51	26.26	7.58	28.02	19.93	33.02	***
		2008	17	51	21.38	8.26	21.28	12.99	26.67	
	C	2007	9	21	10.47	2.53	10.74	8.76	11.96	N.S.
		2008	9	21	11.50	2.99	10.50	8.80	14.18	
D	2007	1	3	14.71	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	14.07	-	-	-	-		

## (20)アルミニウム

グループ A において、中央値は 2007 年の 1.26mg/L から 2008 年の 0.05mg/L へと 1.21mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.78mg/L 減少した。第 3 四分位点は、1.99mg/L 減少した。標準偏差は、0.19mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ B において、中央値は 2007 年の 2.52mg/L から 2008 年の 0.30mg/L へと 2.22mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.94mg/L 減少した。第 3 四分位点は、3.12mg/L 減少した。標準偏差は、0.91mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化があった( $p < 0.001$ )。

グループ C において、中央値は 2007 年の 0.10mg/L から 2008 年の 0.03mg/L へと 0.07mg/L 減少した。第 1 四分位点は、0.07mg/L 減少した。第 3 四分位点は、0.16mg/L 増加した。標準偏差は、0.47mg/L 減少した。2007 年と 2008 年の 5、6、7 月のデータ間で有意な変化がなかった。

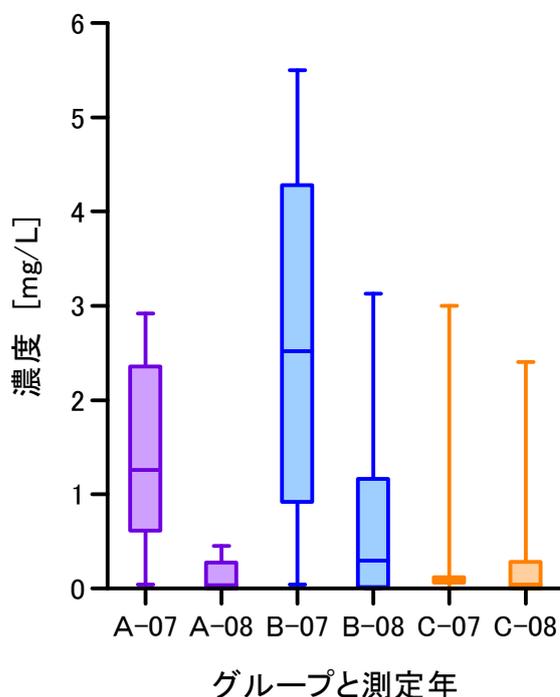


図 3-61

2007 年の 5、6、7 月と 2008 年の 5、6、7 月の間のケイ素濃度

線は、下端が最低値、上端が最大値を示す。箱は、下端が第 1 四分位点、上端が第 3 四分位点を示す。

箱の中の線は、中央値を示す。

繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。

表 3-45 2007 年の 5 月、6 月、7 月と 2008 年の 5 月、6 月、7 月の間のアルミニウム濃度

1Q は第 1 四分位点、3Q は第 3 四分位点を示す。繰り返しのあるフリードマン検定を用いて同じグループ内で 2007 年と 2008 年の間に有意な変化が生じたのか解析した。解析では、同じ方形枠で得た 2007 年と 2008 年の各 3 回のデータ(5 月、6 月、7 月)を対応と繰り返しのあるデータとして扱った。N.S.は有意差なし( $p \geq 0.05$ )、\*は有意差あり( $p < 0.05$ )、\*\*は有意差あり( $p < 0.01$ )、\*\*\*は有意差あり( $p < 0.001$ )を示す。

項目	グループ	時間	枠数	試料数	平均値	標準偏差	中央値	Q1	Q3	有意差
Al [mg/L]	A	2007	5	15	1.44	0.94	1.26	0.80	2.36	***
		2008	5	15	0.41	0.75	0.05	0.02	0.37	
	B	2007	17	51	2.49	1.75	2.52	0.96	4.28	***
		2008	17	51	0.65	0.84	0.30	0.02	1.16	
	C	2007	9	21	0.25	0.61	0.10	0.06	0.12	N.S.
		2008	9	21	0.11	0.14	0.03	-0.01	0.28	
D	2007	1	3	0.11	-	-	-	-	-	
	2008	1	3	0.17	-	-	-	-		

#### 4 まとめ

各地点における植生変遷が、水質、水理、微地形の各環境とどのように対応しているのか、調査地点毎に調査期間中の平均値と変動より比較した。まず、植生調査の結果を4つの基準より分類した。TWINSpan法を用いて、4つのグループに集約すると種ごとの分布、変遷を過不足なく説明できた。次に、集約した植生のグループに対応する水質、水理、微地形の結果について、(1)調査毎に比較、(2)全調査まとめて比較、(3)2007年と2008年の5、6、7月における比較の3つの手法を用いて比較した。

その結果、植生と水質、水理の相互関係は明らかにできないものの、植生の各グループには統計学的に有意な違いのある水質、水理の特性を持っている事が明らかになった。

よって、タデ原湿原における植生と土壌水圏環境の関係を、短期間の変化に注目し解析する事で対応関係を明確にすることができた。また、タデ原湿原において保全を進める上でも、水質、水理を管理する事が重要であること、また、1年間でも変化する環境であることから、生物多様性を考える上でも、長期的、継続的に調査を続ける事が重要であることが分かった。

## 5 謝辞

本研究は、セブンイレブンみどりの基金による助成(2006年度から2008年度まで)を受け実施した。研究を始めるにあたり、九州環境事務所より研究地への立ち入り許可(環九地国許第060303004)を得た。機器分析は、北九州市立大学 計測・分析センターの長井氏、道長氏、原田氏のご協力をいただいた。また、測定点の設置や測量という研究地での活動において、研究室のメンバーの協力をいただいた。関係者の皆様に深く感謝を申し上げる。

## 6 参考文献

- 1 荒金正憲 (1973) 小田の池及び周辺地域の植生とフロラ. 小田の池自然環境学術調査報告書. 大分県湯布院町小田野池湿原の植生とフロラ, 1-39
- 2 江原幸雄・湯原浩三・野田徹郎 (1981) 九重硫黄山からの放熱量・噴出水量・火山ガスの放出量とそれから推定される熱水系と火山ガスの起源. 火山 26:35-56
- 3 小田毅・生野喜和人 (2002) くじゅうタデ原周辺の自然林植生. くじゅうタデ原地域自然環境学術調査報告書. 大分県生活環境部生活環境課・九重町,43-52
- 4 気象庁 (2002) メッシュ気候値 2000. 財団法人 気象業務支援センター
- 5 吉良龍夫 (1948) 温量指数による垂直的な気候帯のわかちかたについて-日本の高冷地の合理的利用のために-. 寒地農学 2:143-173
- 6 阪口豊 (1974) 泥炭地の地学-環境の変化を探る-. 東京大学出版,p15
- 7 千田昇 (2002) くじゅうタデ原地域の地形・地質. くじゅうタデ原地域自然環境学術調査報告書. 大分県生活環境部生活環境課・九重町,1-8
- 8 Nakazono A, Iyobe T (2008) Relationship between mire vegetation and volcanic activity: a case study from Tadewara mire, South-Western Japan. 2008 Asian Wetland Convention and Workshop. October 23-26, 2008. Taipei.
- 9 日本分析化学会北海道支部 (1994) 水の分析-第4版-. 化学同人
- 10 沼田真 (1987) 植物生態学論考. 東海大学出版会, p54-111
- 11 Hill MO, Šmilauer P (2005) TWINSpan for Windows version 2.3. Centre for Ecology and Hydrology & University of South Bohemia, Huntingdon & Ceske Budejovice.
- 12 Wolejko L, Ito K (1986) Mire of Japan in relation to mire zones, volcanic activity and water chemistry. Japanese Journal of Ecology 35:575-586
- 13 山田誠、大沢信二 (2004) くじゅうタデ原地域指山湧水の水文化学的研究. 大分県温泉調査研究報告 55:5-10

## 7 付録

### 7.1 タデ原湿原周辺の気象条件

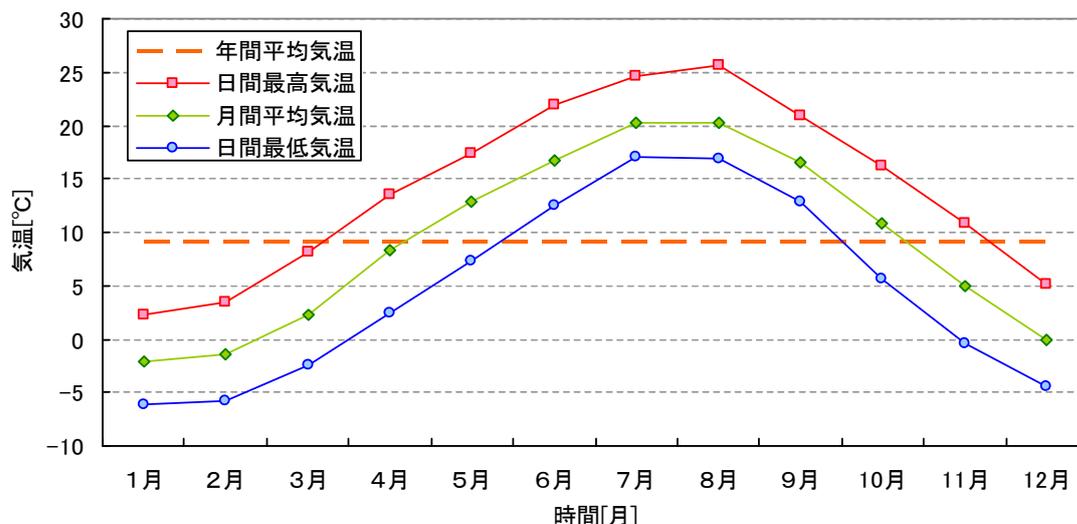


図 7-1 メッシュ気候値 2000 (気象庁 2002) で推定した、タデ原湿原の気温

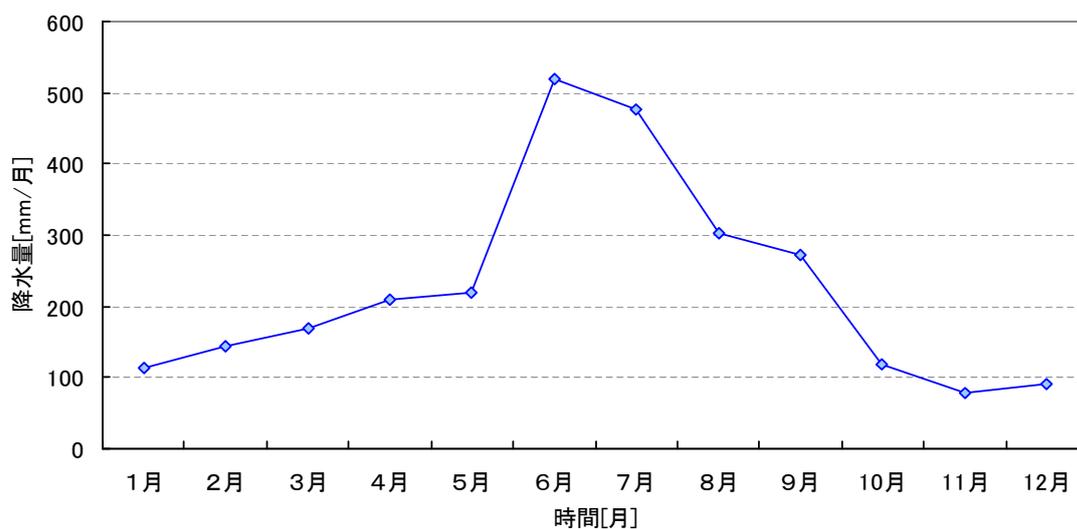


図 7-2 メッシュ気候値 2000 (気象庁 2002) で推定した、タデ原湿原の降水量

表 7-1 メッシュ気候値 2000 (気象庁 2002) で推定した、タデ原周辺の気象条件

メッシュ番号は 4931-51-38(33°06'57.93 N 131°14'8.59 E)。メッシュの平均標高は 1063m。

要素\月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年平均
平均気温 [°C]	-2.1	-1.5	2.3	8.4	12.9	16.7	20.3	20.3	16.6	10.8	5	-0.1	9.1
日最高気温 [°C]	2.2	3.5	8.1	13.5	17.4	22	24.7	25.6	21	16.3	10.9	5.1	14.2
日最低気温 [°C]	-6.2	-5.8	-2.5	2.5	7.3	12.5	17	16.9	12.8	5.6	-0.4	-4.5	4.6
降水量 [mm]	113.1	144.3	170.1	210.1	218.3	520.5	477.2	302.6	273.5	119.3	78.8	91.9	2719.7
日照時間(地形遮蔽有) [時間]	98.9	103.9	125.9	171.2	181.7	110.5	120.7	119.9	106	125.5	114.5	109.3	1488
全天日射量(地形遮蔽有) [MJ/m <sup>2</sup> ]	7.8	10.1	12.5	16.6	18.2	15.1	15.3	15	12.5	11.1	8.8	7.5	12.5
最深積雪 [cm]	12	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	4	12