

修士論文

彦山川と芳ヶ谷川の合流による有機・無機
濃度変化の解析

2008 年 3 月

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 環境バイオシステムコース

松根 啓士

目次（頁数）

1．要旨/Abstract

2．緒言

2 - 1．公害問題

2 - 2．水質汚濁

2 - 3．水質調査法

2 - 4．対象河川彦山川

2 - 5．彦山川水質調査

3．測定方法

3 - 1．有機無機成分濃度の定量方法

3 - 1 - 1．T-N（全窒素）定量方法

3 - 1 - 2．T-P（全リン）定量方法

3 - 1 - 3．TOC（全有機態炭素）定量方法

3 - 2．無機成分濃度の定量方法

3 - 2 - 1．カチオン（ Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} ）定量方法

3 - 2 - 2．アニオン（ Cl^- , SO_4^{2-} ）定量方法

3 - 3．土壌微生物バイオマス測定方法

3 - 4．一般細菌測定方法

3 - 5．流量測定

4．解析方法

4 - 1．芳ヶ谷川流域水質調査

4 - 2．芳ヶ谷川河口 48 時間水質調査

4 - 3．彦山川と芳ヶ谷川合流部のフラックス測定

4 - 4．芳ヶ谷川土壌微生物バイオマス測定

4 - 5．芳ヶ谷川・彦山川の一般細菌数測定

4 - 6．彦山川、芳ヶ谷川の河川水の振とう実験

4 - 7．彦山川、芳ヶ谷川の河川水、底質を用いた培養実験

5．解析結果および考察

5 - 1．芳ヶ谷川流域水質調査結果

5 - 2．芳ヶ谷川 48 時間水質調査結果

5 - 3．フラックス測定結果

5 - 4．彦山川土壌微生物バイオマス測定結果

5 - 5 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水中の一般細菌数測定結果

5 - 6 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水を振とうによる濃度変化

5 - 7 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水と底質の組み合わせによる培養

6 . 結論

7 . 参考文献

8 . 付録

1. 要旨

福岡県北部に位置する彦山川は有機汚染がみられる河川であり、彦山川の源流から遠賀川合流部までの 32 地点を対象として有機・無機成分 (T-N, T-P, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}) を毎月 1 回定量した結果、彦山川中流域の伊田地区で TP, Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} について他の地域と比べて大きな濃度値を示した。この濃度増加は彦山川に比べて各有機・無機成分濃度の高い支流である芳ヶ谷川との合流によると考えられる。彦山川と芳ヶ谷川が合流することにより、芳ヶ谷川の底質が彦山川に流入することによって TP の増加することが明らかとなった。また、本研究のフラックス測定では狭い範囲での混合モデルを考える上で、流量の見積もりが不十分であった。

Abstract

River water of the Hikosangawa River is highly contaminated with organic substances. Concentration of organic and inorganic components (TP, Na^+ , K^+ , Cl^- , and SO_4^{2-}) showed significant high value at Ita in the middle basin of the river. The highest value of these components was observed just after the confluence of the Yoshigatani River, and hence the water from the Yoshigatani River could be the cause for the increase of concentration of these chemical components. In this increase, about TP, sediment of Yoshigatani River influent Hikosangawa River and has interaction between sediment of Yoshigatani River to River Water of Hikosangawa River. Therefore, TP concentration increased after confluence.

2．緒言

2 - 1．公害問題

わが国における公害問題は主に高度経済成長と共に進行した。公共投資、民間設備投資や輸出の拡大に主導された重化学工業化が進み、この重化学工業とは一般に生産額あたりの潜在的な汚染物質の排出量が多い公害型産業であった。さらに輸出に回される製品がわが国で加工されることから最終消費に見合う量以上の汚染物質が排出されていた。それにより公害と呼ばれる大気汚染、水質汚濁、土壌汚染、騒音、振動、地盤沈下、悪臭が問題となった。その中で水質汚濁は、工場・事業所等からの工業排水や、生活排水によって急速に進行した。

2 - 2．水質汚濁

河川の水質基準は pH、BOD、SS、DO、大腸菌群の 5 項目について定められている。そして、水域類型には AA から E までの 6 類型が設けられている。その中で BOD は河川の有機汚濁指標として用いられている。河川の水質基準値としては、AA 類型（水道 1 級、自然環境保全など）が 1mg/L 以下、A 類型（水道 2 級、水産 1 級、水浴など）が 2mg/L 以下、B 類型（水道 3 級、水産 2 級など）3mg/L 以下、C 類型（水産 3 級、工業用水 1 級）が 5mg/L 以下、D 類型（工業用水 2 級、農業用水）が 8mg/L 以下、E 類型（工業用水 3 級、環境保全）が 10mg/L 以下である。

2 - 3．水質調査法

水質調査法については環境省により「水質調査方法」において原則的方法が示されており、都道府県が行う公共用水域の水質の汚濁の状況の常時監視のための水質調査、環境基準の水域類型の指定に必要な水質調査、上乗せ排水基準設定のための水質調査、工場事業場の排水の水質調査および公共用水域の底質調査については通知の調査方法に準拠すべきとされている。

生活環境項目については環境基準点（環境基準の水域類型へのあてはめが行われた水域についてその維持達成状況を把握するための地点）や利水上重要な地点等で実施する調査では、月 1 日以上、各 1 日について 4 回程度採水分析することを原則としている。ただし、河川の上流部等の水質変動の少ない地点においては、状況に応じ適宜回数を減らしても良いとされている。また、通年調査を行う地点のうち、日間水質変動が大きい地点にあっては、年間 2 日程度は各 1 日につき 2 時間間隔で 13 回採水分析することとされている。

調査の時期は、低水量時、水利用が行われている時期を含めるものとし、採水日は比較的晴天が続き水質が安定している日を選ぶこととする。採水地点は 利水地点 主要な汚濁

水が河川に流入した後十分混合する地点および流入する前の地点 支流が合流後十分混合する地点および合流前の本川または支流の地点 流水の分岐地点 その他必要に応じ設定する地点を考慮して選定する。ただし、環境、水質監視調査においては、かならず基準点を含むこととされている。

2 - 4 . 対象河川彦山川

彦山川は福岡県北部に位置する遠賀川の支流で田川郡添田町を源流とし、直方市にて遠賀川へと合流する幹川流路延長 43.8km の 2 級河川である。英彦山を源流とし、田川郡添田町、大任町、田川市、福智町、直方市へと流れる。また、平成 17 年度の BOD 平均値による九州の河川の水質ランキングでは彦山川は BOD 平均値が 1.7 であり基準である 2 は満たしているがワースト 3 位であった。(国土交通省九州地方整備局)

彦山川流域の土地利用として緑地約 42%, 荒地約 36%, 市街地約 22% である。(1)



Fig1-1.遠賀川流域地図

2 - 5 . 彦山川水質調査

このような彦山川の源流から遠賀川合流部までの 1~2km 間隔の 32 地点を対象として、2004 年から 2006 年に渡り毎月一回の採水を行い、(Fig1-2 参照) pH, EC, T-N, T-P, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl, SO_4^{2-} の定量を行った。この結果を Fig2-1, Fig2-2 に示す。横軸が源流からの距離で縦軸が 2 年間の平均濃度であるが、この結果から源流から遠賀川合流部にかけて徐々に濃度が増加している傾向が読み取れる。また、それとは別に源流から約 26km の地点 (伊田地区) において急な濃度のピークが読み取れる。各有機無機成分において増加傾向が読み取れるが、中でも TP, Na^+ , K^+ , Cl- SO_4^{2-} については、他の採水地点よりも有意に大きな濃度を示した。

この濃度増加の原因として、彦山川への芳ヶ谷

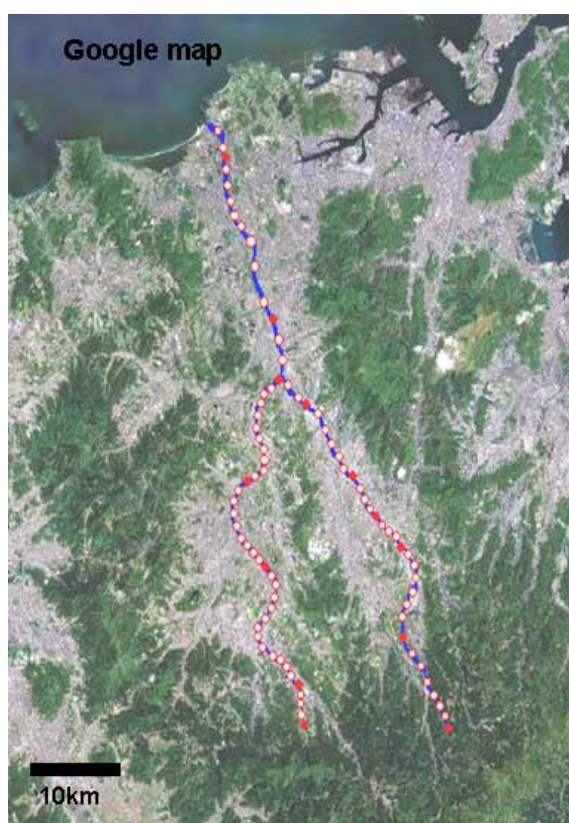


Fig1-2.遠賀川・彦山川水質調査地点

川の河川水の流入が考えられる。この芳ヶ谷川は伊田地区で合流する彦山川の支流であり、BOD 平均値が 15mg/L、最大 BOD 値が 35mg/L (2)と彦山川の約 10 倍であり有機汚染が進んでいる河川であると言える。

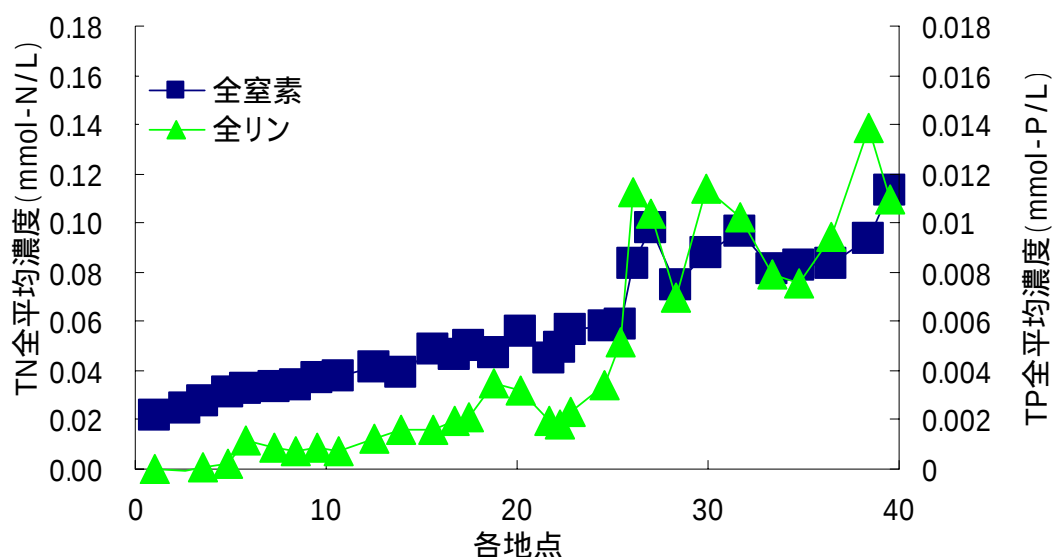


Fig2-1.彦山川における源流からの距離とTN,TP全平均濃度の関係

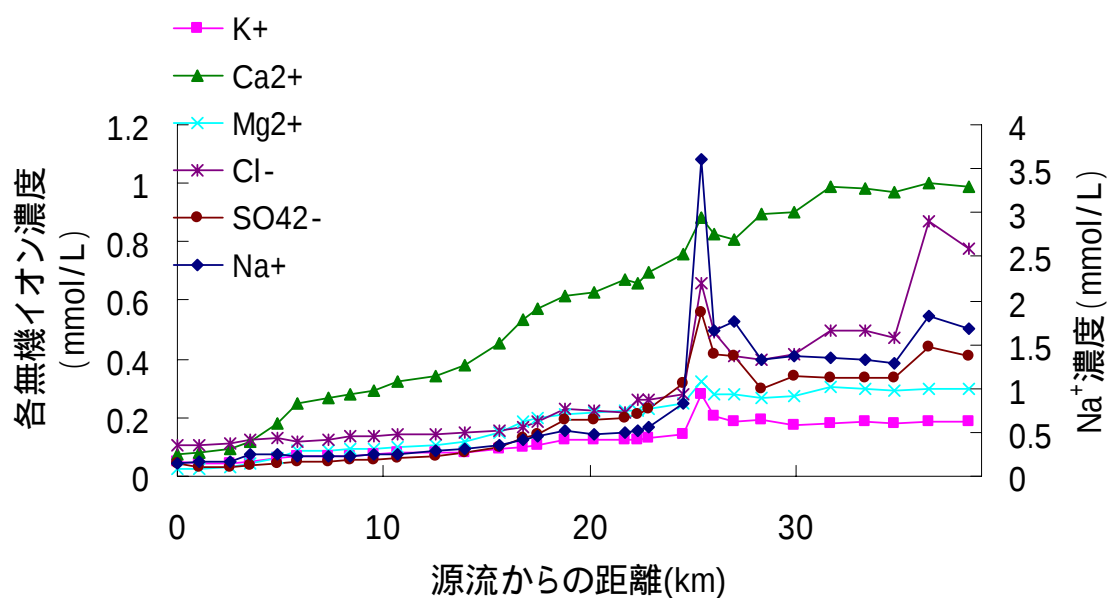


Fig2-2.彦山川における源流からの距離と各無機成分濃度の関係

3 . 研究目的

本研究ではこの芳ヶ谷川が彦山川へ合流する際の彦山川に与える影響について評価を行うことを目的とし、フラックスの測定による合流前後の各有機・無機成分を比較し、成分の変化を把握した。また、同時にフラックス測定方法の検討を行った。

4．測定方法

4 - 1．有機成分濃度

4 - 1 - 1．T-N（全窒素）定量方法

測定原理

水中に存在する窒素には大きく分けて有機態と無機態に区別できる。有機態窒素としては、アミノ酸、尿酸、尿素、核酸、ポリペプチド、アルブミノイドなどが中心であり、無機態窒素としては、アンモニア、硝酸、亜硝酸などが中心である。これら様々な形態の窒素をペルオキシ二硫酸カリウム水溶液、水酸化ナトリウム水溶液を加えることによって NO_3^- の形にする。この形状の窒素を 220nm の波長によって吸光度を測定し、定量を行う。

試薬調整

（１）混合試薬酸化剤：ペルオキシ二硫酸カリウム 25g、ホウ酸 15g、3.75M 水酸化ナトリウム水溶液 50ml を超純水に入れ 500ml に調製しガラス瓶に入れ、冷蔵庫にて 5℃ で保存した。

（２）硝酸カリウム標準液：硝酸カリウム 7.2182g をイオン交換水に溶かし調製し 1L に希釈し、ポリエチレン容器に保存した。この溶液は 1000mg/L となるのでこれをもとに 0、2、4、6、8mg/L の 5 つの濃度の水溶液を調製した。

定量方法

（１）共栓付き口径 18mm の試験管にポリエチレン容器に保存したサンプルと硝酸カリウム標準液（0ppm, 2ppm, 4ppm, 6ppm, 8ppm に調整したもの）をそれぞれ 5ml ずつとり、それらに混合試薬を 5ml ずつ加えた。

（２）これらを密封し、120℃ で 30 分オートクレーブ処理を行った。

（３）次に分光光度計（日本分光 Ubest シリーズ V-530 型）を用いて 220nm の波長でまず硝酸カリウム水溶液の濃度を測り、検量線を作成した

（４）（３）で作成した検量線を元に、各サンプルの濃度の定量を行った。

全窒素はペルオキシ二硫酸カリウム・水酸化ナトリウム分解・紫外線吸光光度法（JIS K0102 45.2）

4 - 1 - 2．T-P（全リン）定量方法

測定原理

水中に存在するリンは有機物中の有機リンやポリリン酸、分解産物のオルトリン酸などの形で存在しており、これらのリンの全量を重量濃度で表記したものが T-P である。これは試料にペルオキシ二硫酸カリウムを添加してオートクレーブ処理し、試料中の生命体など

に起因する有機態リンと無機態リンとの総リンをオルトリン酸態リンに分解し、吸光度を定量し計測する方法である。

試薬調整

(1) ペルオキシ二硫酸カリウム水溶液：ペルオキシ二硫酸カリウムをイオン交換水に入れ 5% 水溶液を調製し、ガラス瓶に入れ冷蔵庫にて 3 日で保存した。

(2) モリブデン酸アンモニウム水溶液：パラモリブデン酸アンモニウム 3g を超純水に溶かし 100ml に調製し、ガラス容器入れ冷蔵庫にて 3 日で保存した。

(3) 硫酸：濃硫酸 35ml を 225ml のイオン交換水に加え調製し、ガラス瓶に保存した。

(4) アスコルビン酸水溶液：L-アスコルビン酸 2.7g を 50ml のイオン交換水に混ぜ調製した。測定ごとに調整し、余りは廃棄した。

(5) 吐酒石（酒石酸アンチモニルカリウム）水溶液：0.068g の酒石酸アンチモニルカリウムをイオン交換水 50ml に溶かし水溶液を調製し、ガラス瓶に入れ、冷蔵庫にて 3 日で保存した。

(6) 混合試薬酸化剤：上で調整したモリブデン酸アンモニウム水溶液と硫酸、アスコルビン酸水溶液、酒石酸アンチモニルカリウム水溶液を 2 : 5 : 2 : 1 の割合（体積比）で混ぜ調製した。測定ごとに調整し、余りは廃棄した。

(7) 標準リン酸塩溶液：105℃、24 時間乾燥させた 1.433g のリン酸二水素カリウムを水に溶かし溶解後、1L に希釈しガラス瓶に入れ冷蔵庫にて保存した。この溶液は 1000mg/L となるのでこれをもとに 0、0.5、1、2、3mg/L の濃度の溶液を作成した。

定量方法

(1) 共栓付き試験管にポリエチレン容器に保存したサンプルと標準リン酸溶液をそれぞれ 10ml ずつとり、それらに 5% ペルオキシ二硫酸カリウム水溶液を 1.6ml ずつ加えた。

(2) サンプルと 5 つの濃度の標準リン酸溶液を 120℃ で 30 分オートクレーブ処理を行った。

(3) 調製した混合試薬を 1.16ml オートクレーブ後のサンプルと標準リン酸溶液に 1.16mL ずつ加えた。加えたら試験管振とう器で直ちに混ぜた。

(4) 混合試薬を加えた後 2 時間以内に 885nm の波長で測定した。標準リン酸溶液で検量線を作成したあとにそれを元にサンプルの濃度を測定した。

4 - 1 - 3 . TOC (全有機態炭素) 定量方法

測定原理 (TOC-VC : 燃焼触媒酸化方式 , 島津製作所)

680℃ 燃焼触媒酸化方式は、白金触媒が充填された TC 燃焼管内で、潤沢な酸素存在下、680℃ で加熱を行うことにより、試料の完全燃焼を実現している。試料は、精製空気で満たされた燃焼炉へ運ばれ、白金触媒と共に 680℃ まで加熱されることにより燃焼、分解し、二酸化炭素に変換される。変換された二酸化炭素は冷却、除湿され、NDIR にて検出される。検量線式と比較することで、試料中の TC (全炭素) 濃度を求める。さらに、酸性化した試料

に通気処理をすることで、試料中の IC（無機炭素）を二酸化炭素に変換し、それを NDIR により検出することで IC 濃度を求める。求めた TC 濃度から IC 濃度を差し引くことで、TOC 濃度を算出する。しかし、環境水のように TC に占める IC の量が極端に多い場合、上記の方法により TOC の測定を行うと誤差が大きくなる可能性があるため、本研究では酸を少量加えた試料を通気処理することにより、試料中の IC が二酸化炭素に変換され、これら IC による二酸化炭素を除去し、処理された試料を TC 測定することによる TOC の測定結果を用いた。

定量方法

- (1) キャリアガス供給源側の圧力を 300kPa に設定し電源を入れた。
- (2) TC はフタル酸水素カリウム、IC は炭酸水素ナトリウムを用いて検量液を作成した。
- (3) 装置に検量液をセットして測定し、検量線を作成した。
- (4) 試料をセットし検量線の条件をセット、注入量 50 μ L、注入回数 3 回、最大注入回数 7 回で測定を行った。

4 - 2 . 無機成分濃度

4 - 2 - 1 . カチオン (Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+}) 定量方法

測定原理 (ICP - AES)

ICP (高周波誘導結合プラズマ) は英文の Inductively Coupled Plasma の頭文字をとったものであり、発光分光分析法の一つの手法である。分析試料にプラズマのエネルギーを外部から与えると含有されている成分元素 (原子) が励起される。その励起された原子が低いエネルギー準位に戻るときに発光線が (スペクトル線) 放出され、光子の波長に相当する発光線を測定する方法である。発光線の位置から成分元素の種類を判定し、その強度から各元素の含有量を求める。

測定方法

分析センター内の測定手順に従い、測定を行った。

4 - 2 - 2 . アニオン (Cl^- , SO_4^{2-}) 定量方法

測定原理 (イオンクロマトグラフィー, DIONEX)

イオンクロマトグラフィーは溶液中のイオン成分を測定する方法であり、陰イオンクロマトグラフィーでは Cl^- 、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 等、陽イオンクロマトグラフィーでは Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 等の分析に有効である。分離カラム (イオン交換樹脂) による各イオン成分の保持時間の差により分離し、分離したイオン成分の導電率を検出して濃度を算出する。

定量方法

各サンプルの電気伝導度が 10mS/m 以内になるように希釈した後、計測分析センターの依頼分析にて定量を行った。

4 - 3 . 土壤微生物バイオマス測定方法

測定原理

土壤中の微生物をバイオマス量として測定を行う。土壤サンプルをクロロフォルムにて 24 時間くん蒸を行い、微生物を死滅させた後 CaCl₂ 溶液によって抽出を行ったものからそのまま CaCl₂ 溶液で抽出したものの C,N,P の差によって土壤微生物バイオマスとする。

定量方法

(1) 河川中の底質について 1m × 1m の区画内の表層から 20cm 以内の深さまでの底質を 2mm のふるいにかけたものを採取し、保冷バッグに入れて実験室に持ち帰った。

(2) 持ち帰った後、冷蔵庫にて 5℃ で保存した。

(3) 冷蔵庫から取り出し、サンプルの水分をキムタオルで表面を拭き取った。

(4) 各サンプルにおいて、くん蒸を行うサンプルと行わないサンプルをそれぞれ 12g ずつ 3 反復で電子天秤にて量り、シャーレに移した。

(5) くん蒸を行うサンプルについては、デシケーター内にクロロフォルムに沸騰石を入れたものと共に均等に静置し、蓋を閉め、クロロフォルムが沸騰するまで減圧を行いその後 24 時間くん蒸を行った。

(6) くん蒸を行わないサンプルについては、分取後すぐにサンプルをポリエチレン容器に移し、0.5M の CaCl₂ 溶液 50ml を加え、100rpm で 1 時間振とうを行った。

(7) くん蒸を行うサンプルについては、くん蒸後、ポリエチレン容器に移し、0.5M の CaCl₂ 溶液 50mL を加え、100rpm で 1 時間振とうを行った。

(8) 振とう後、両サンプル共に 5C 濾紙にて濾過を行った。

(9) バイオマス C については 3 - 1 - 3、バイオマス N については 3 - 1 - 1、バイオマス P については 3 - 1 - 2 の方法で測定を行った。

3 - 4 . 一般細菌測定

概要

一般細菌とは標準寒天培地(36 ± 1℃ , 24 時間 ± 2 時間)によって集落を発現する好気性細菌および通性嫌気性の従属栄養細菌の総称であり、この検査法によって検出される細菌のすべてを示しているのであって、分類学的に特定の細菌ないしグループを指しているわけではなく、水中の生菌すべてをいうものでもない。

一般細菌には、大腸菌群よりも高い塩素抵抗性をもつものがあり、また糞便以外の汚染のときも鋭敏に反応することが多いので、汚濁指標としての感度は大腸菌群よりも高いといえる。

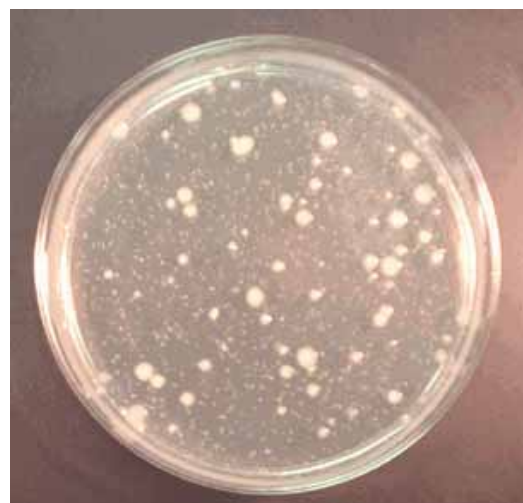


Fig3.一般細菌培養後

測定原理

水中の一般細菌を培養することによって菌数をカウントする。

試料調整

(1) ペプトン(カゼインのパンクレアチン水解物)5g, 粉末酵母エキス2.5g, ブドウ糖1g 及び粉末寒天15gを精製水約900mlに加熱溶解させ, 滅菌後のpH 値が6.8ないし7.2となるように調整した後, 精製水を加えて1Lとし, 高圧蒸気滅菌したものを標準寒天培地とした。

(2) 採水瓶として容量100mlのポリエチレンボトルをエタノールによってあらかじめ滅菌した。

(3) マイクロピペットのチップ、ペトリ皿を高圧蒸気滅菌した。

定量方法

(1) 河川水をポリエチレンボトルで採水を行い、密封して保冷バッグに入れ実験室に持ち帰った。

(2) サンプルを2枚以上のペトリ皿に1mlずつ採り、これにあらかじめ加熱溶解させて45ないし50℃に保った標準寒天培地を約15mlずつ加えて十分に混合し、培地が固まるまで静置した。

(3) ペトリ皿を逆さにして恒温器内で22ないし26時間培養した。培養後、各ペトリ皿の集落数を数え、その値を平均して菌数とした。

4 - 5 . 流量測定

次の章に示すフラックスの測定を行うために、流速、横断面の測定を行った。流速は電磁誘導式流速計 (AEM1-D, アレック電子) を用い、環境省水質保全局水質調査法に基づき、水深 100cm 以下の場合、水深の 6 割の地点で固定し、1 秒毎に 60 秒間の流速を測定し、その平均値を採用した。横断面はメジャーにより水深、幅の測定を行った。

5 . 解析方法

5 - 1 . 芳ヶ谷川流域水質調査

芳ヶ谷川の流域を把握するために芳ヶ谷川源流から河口までの Y1~Y8 の 8 地点を対象とし (Fig3-1 参照) 2006 年 10 月 18 日、11 月 2 日、11 月 16 日、12 月 22 日の 4 回にわたって表層水の採水を行った。採取したサンプルは保冷バッグに入れて実験室に持ち帰り、冷蔵庫に



Fig4-1. 芳ヶ谷川水質調査における採水地点

て 5 で保存、その後 TN, TP, TOC, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻の定量を行った。

5 - 2 . 芳ヶ谷川河口 48 時間水質調査

芳ヶ谷川の水質について時間による濃度変動を把握するために Fig3-1 の Y8 のみを対象として 2006 年 5 月 17 日 19 時から 5 月 19 日 19 時までと 2006 年 7 月 26 日 17 時から 7 月 28 日 17 時までの 48 時間に渡り 1 時間おきに採水を行った。採取したサンプルは保冷バッグに入れて実験室に持ち帰り、冷蔵庫にて 5 で保存、その後それぞれのサンプルについて TN, TP, TOC, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻の定量を行った。

5 - 3 . 彦山川と芳ヶ谷川合流部のフラックス測定

彦山川と芳ヶ谷川が合流することによる濃度変化を把握するために彦山川、芳ヶ谷川、

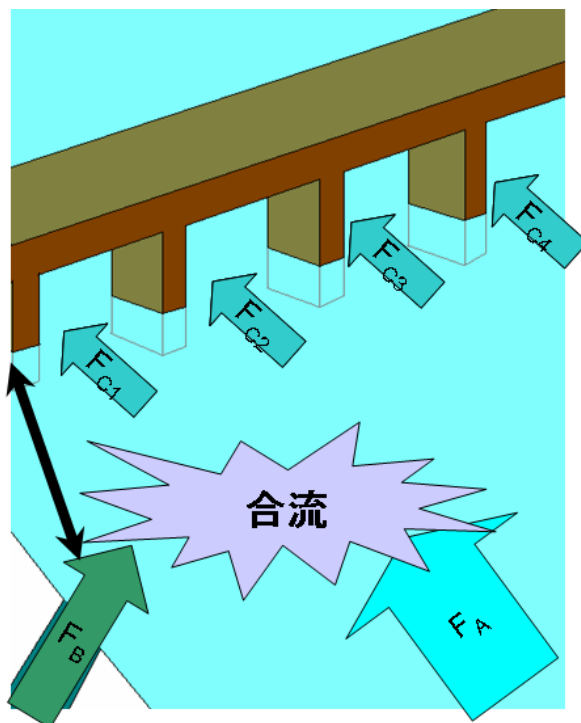


Fig4-2. 合流による混合モデル

彦山川と芳ヶ谷川合流後を対象として採水を行った。その採水箇所については Fig5-1 に示す。また、混合のモデル図を Fig5-2 に示す。

合流前の彦山川、芳ヶ谷川、合流後の彦山川の流量を F_A, F_B, F_C とし、濃度を C_A, C_B, C_C とすると、 $F_A \times C_A + F_B \times C_B = \sum F_{Cn} \times C_{Cn}$

となる。これを元に、各有機・無機成分濃度 (TN, TP, TOC, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺, Cl⁻, SO₄²⁻) についてそれぞれ総フラックスを求め、合流前と合流後で比較を行った。

5 - 4 . 芳ヶ谷川土壌微生物バイオマス測定

河川底質中のバイオマス量を測定するために芳ヶ谷川合流前の彦山川、合流後の彦山川を対象として Fig の A, C, D, E, F, G, H, I, J の底質について 3-3 の方法で測定を行った。



Fig.4-3. 彦山川, 芳ヶ谷川の土壌微生物バイオマス、一般細菌の採取地点

5 - 5 . 芳ヶ谷川・彦山川の一般細菌数測定

河川水中の一般細菌数の測定を行うために Fig の芳ヶ谷川、芳ヶ谷川合流前の彦山川、合流後の彦山川である A,B,C,D,E,I の河川水を対象として 3-4 の方法で一般細菌の測定を行った。

5 - 6 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水の振とう実験

彦山川と芳ヶ谷川の河川水を採水し、実験室に持ち帰った後に、彦山川と芳ヶ谷川の河川水を 1:0,3:1,1:1,1:3,0:1 の混合比で混合し、0,1,2,3,4 時間 100rpm で振とうした後に各有機・無機成分濃度 (TN, TP, TOC, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}) の定量を行った。

5 - 7 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水、底質を用いた培養実験

彦山川と芳ヶ谷川の河川水と底質 (藻類を含む) を採取し、それぞれの河川水と底質を組み合わせ、20 ,50 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ で培養を行い、0,3,12,24,48 時間後に採水を行い、各有機・無機成分濃度 (TN, TP, TOC, Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- , SO_4^{2-}) を定量した。

6 . 解析結果および考察

6 - 1 . 芳ヶ谷川流域水質調査結果

Fig5-1 ~ 5-4 に芳ヶ谷川流域における各有機・無機成分の定量結果を示す。Y1 が芳ヶ谷川源流であり、Y8 が芳ヶ谷川河口である。これより Y4 地点の濃度が他の地点より大きいことが分かる。これは工業団地からの排水によるものである。この Y4 地点より下流側でほとんどの有機・無機成分濃度が大きくなっていることから芳ヶ谷川は工業排水によって有機・無機成分濃度が大きくなっていると考えられる。

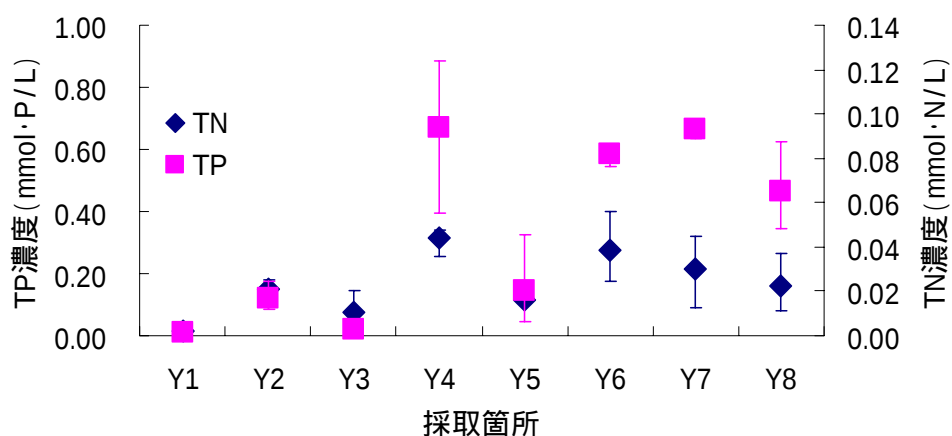


Fig5-1 芳ヶ谷川における源流から河口までの各地点の各成分濃度

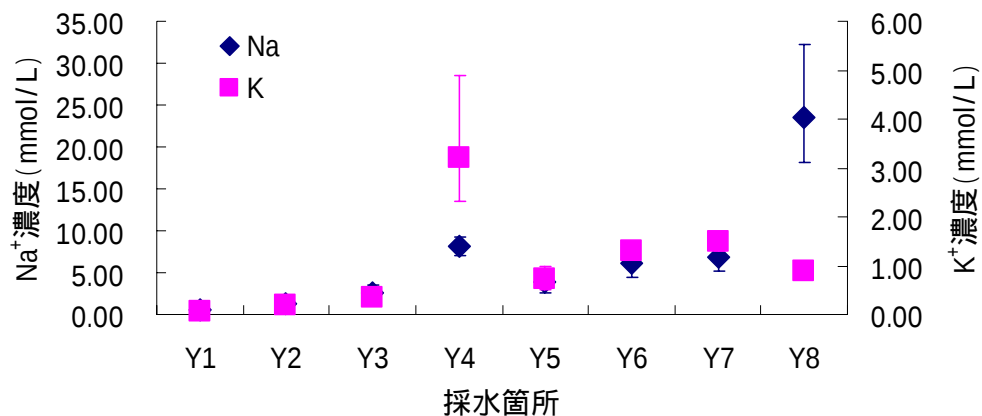


Fig5-2.芳ヶ谷川における源流から河口までの各地点の各成分濃度

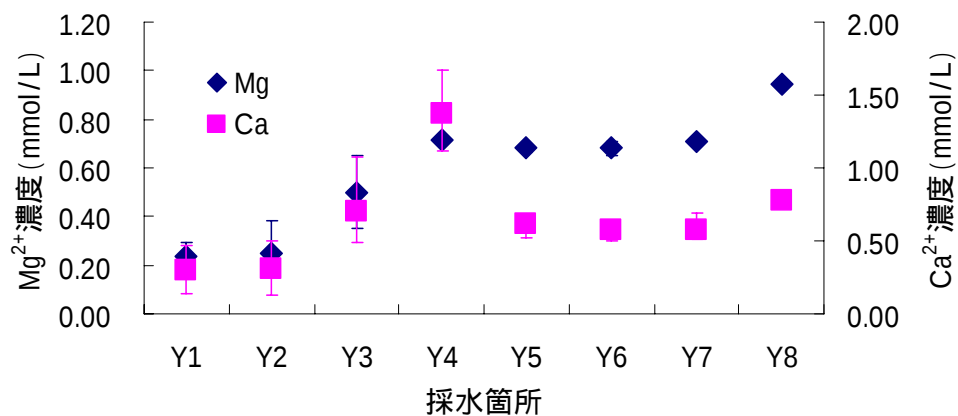


Fig5-3.芳ヶ谷川における源流から河口までの各地点の各成分濃度

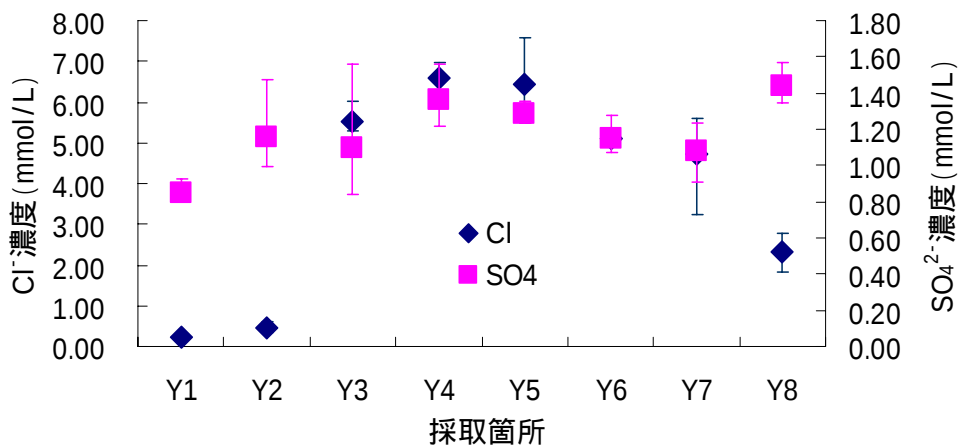


Fig5-4.芳ヶ谷川における源流から河口までの各地点の各成分濃度

6 - 2 . 芳ヶ谷川 48 時間水質調査結果

芳ヶ谷川河口における 48 時間の有機・無機成分の結果を Fig5-5 ~ Fig5-12 に示す。これらの結果より、1 時間単位での濃度変動は大きく変化している時間帯もあればほとんど変化していない時間帯もあり、不規則に濃度が変化していることが分かる。そのため濃度の変化が予想しにくい河川であることが分かった。また、Fig5-7, Fig5-8 において 5 月 17-19 日の濃度変動は類似しており、両者の前半は周期的に変動していると読み取れるが、後半や 7 月 26-28 日の濃度変動についてはそのような周期性が読み取れないことから周期性はないと判断した。他の定量成分については、濃度変動のパターンが成分によって異なっていることが分かった。

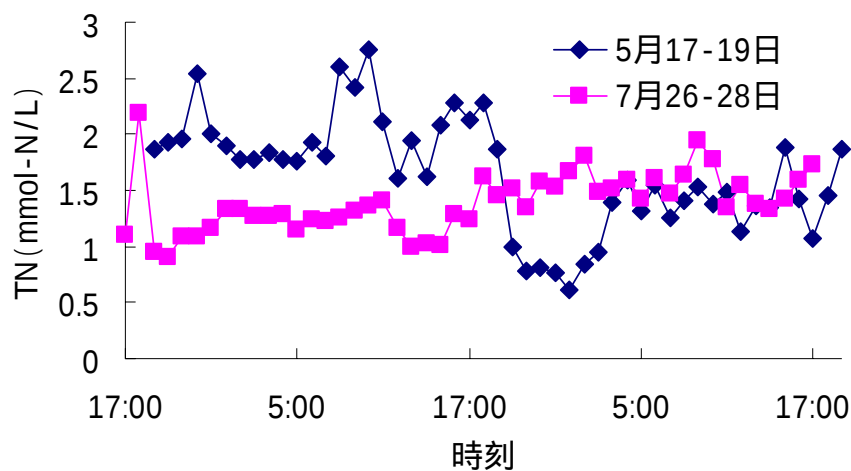


Fig5-5.芳ヶ谷川河口におけるTNの時間変化

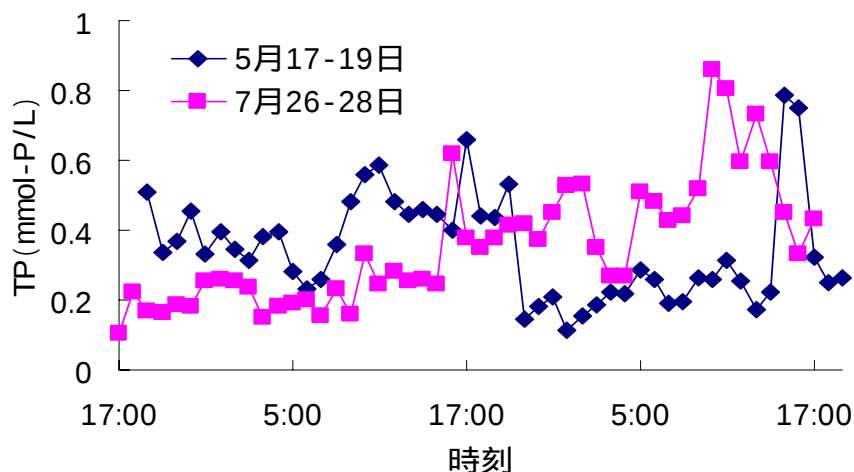


Fig5-6.芳ヶ谷川河口におけるTP時間変化

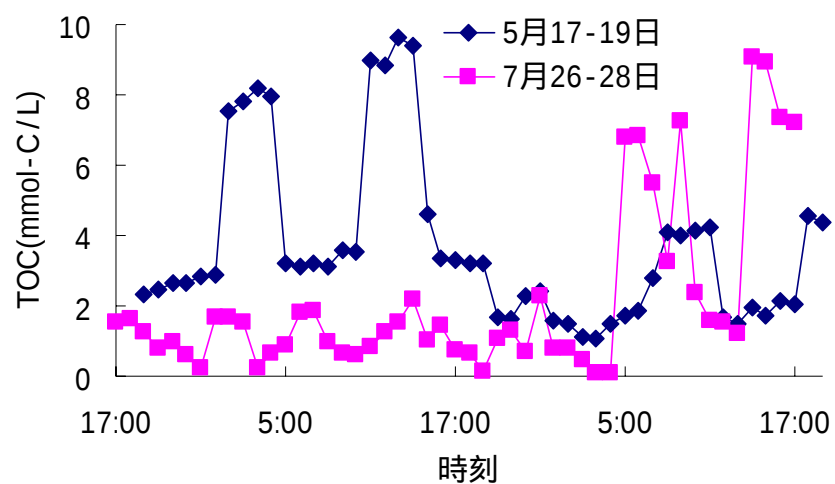


Fig5-7. 芳ヶ谷川河口におけるTOC時間変化

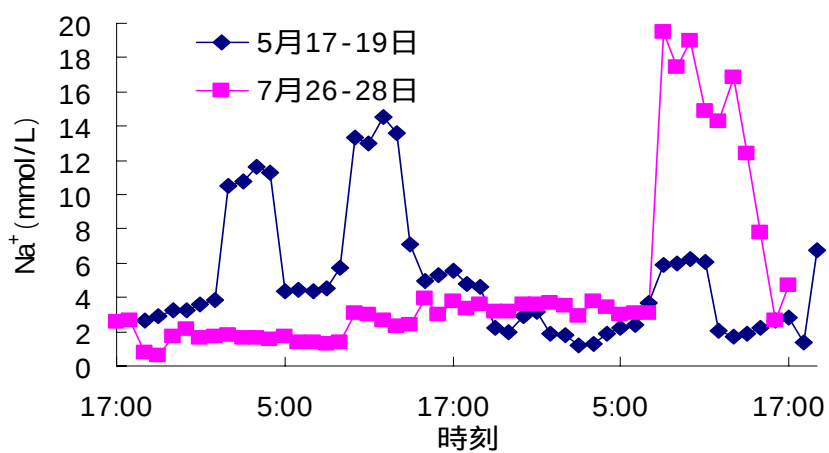


Fig5-7. 芳ヶ谷川河口におけるNa⁺の時間変化

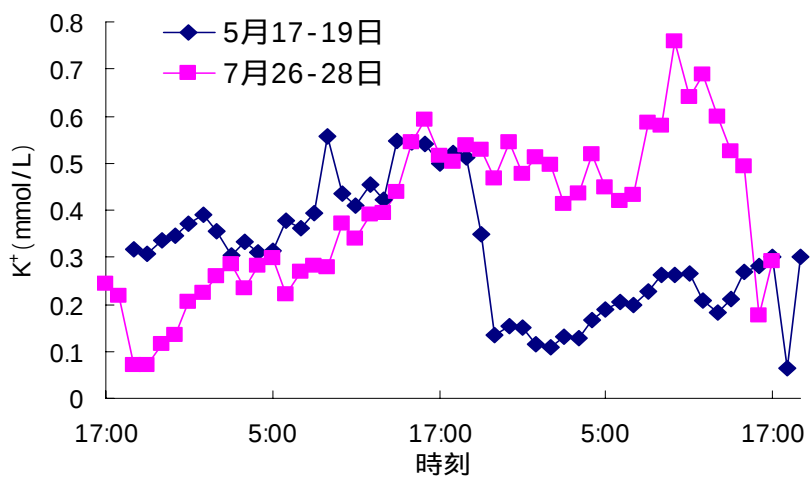


Fig5-8. 芳ヶ谷川河口におけるK⁺時間変化

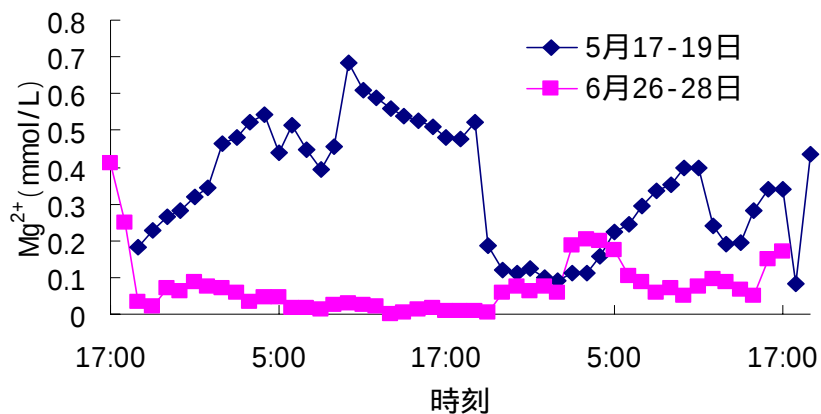


Fig5-9.芳ヶ谷川河口における Mg^{2+} 時間変化

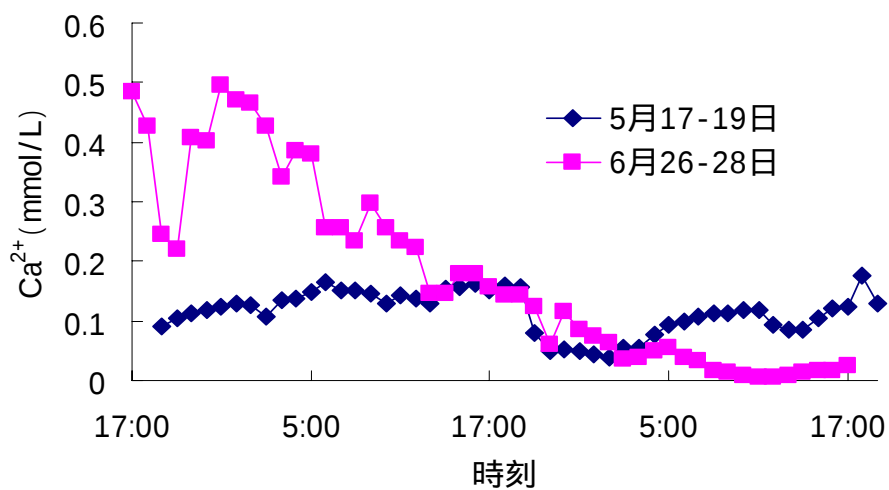


Fig5-10.芳ヶ谷川河口における Ca^{2+} 時間変化

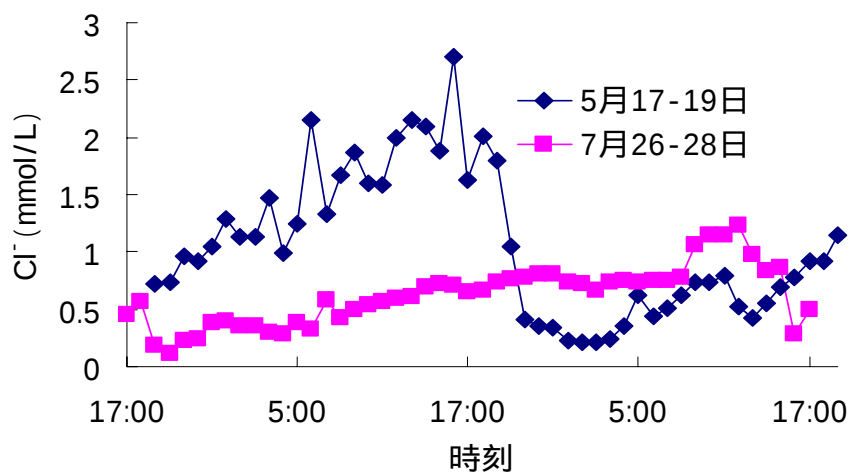


Fig5-11.芳ヶ谷川河口における Cl^{-} 時間変化

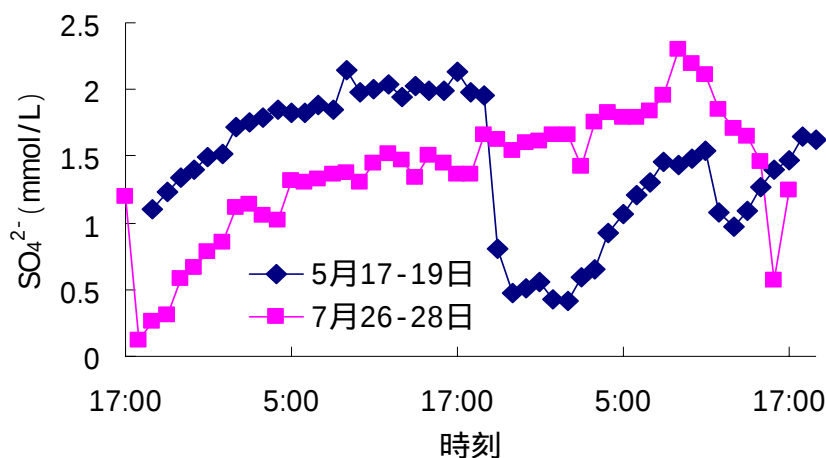


Fig5-12. 芳ヶ谷川河口における SO_4^{2-} 時間変化

6 - 3 . フラックス測定結果

芳ヶ谷川合流前の彦山川、芳ヶ谷川と芳ヶ谷川合流後の彦山川の有機・無機成分の総フラックスの結果を Fig5-13 ~ 5-18 に示す。また、6 回の合流後の総フラックスを合流前の総フラックスで割った値の比の結果のうち、芳ヶ谷川河口の流速分布を元に計算したものを Fig5-19、1 点法によって計算したものを Fig5-20 に示す。

Fig5-13 ~ 5-18 については、採取日によって合流後に増加するもの、合流後に減少するものと様々であり、傾向を読み取ることは出来なかった。それらをまとめた Fig5-19、Fig5-20 については、ばらつきはあるものの全体的に 1 に近いということが読み取れる。このばらつきが見られることの原因として、6-2 の結果の芳ヶ谷川の河川水の濃度が時間と共に変化するることによると考えられる。また、芳ヶ谷川の流量の見積もりによって値が変動することから流量の見積もりがフラックスの計算に大きな影響を与えていることも分かる。

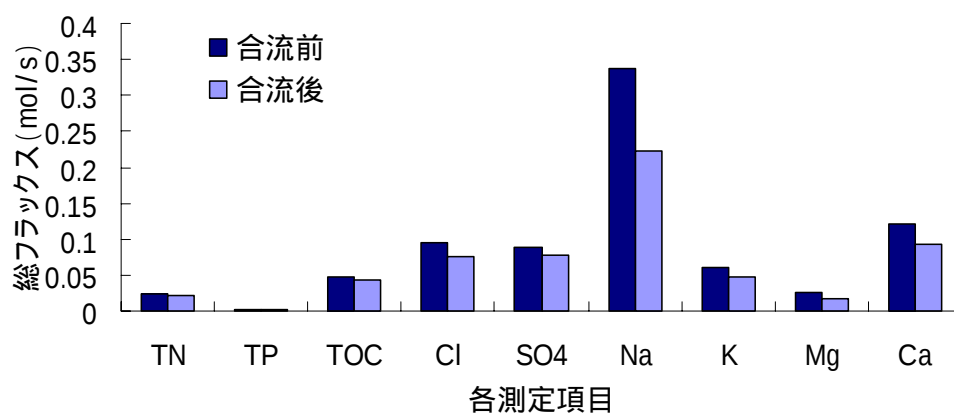


Fig5-13. 各測定項目における総フラックスの比較 (6月27日採取)

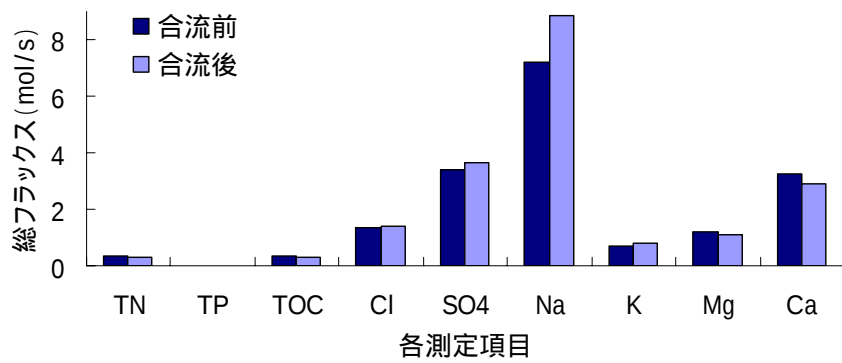


Fig5-14.各測定項目における総フラックスの比較 (7月12日採取)

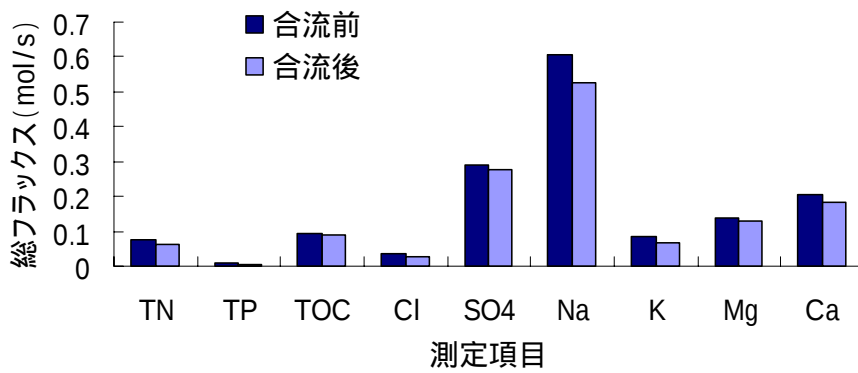


Fig5-15.各測定項目における総フラックスの比較 (8月16日採取)

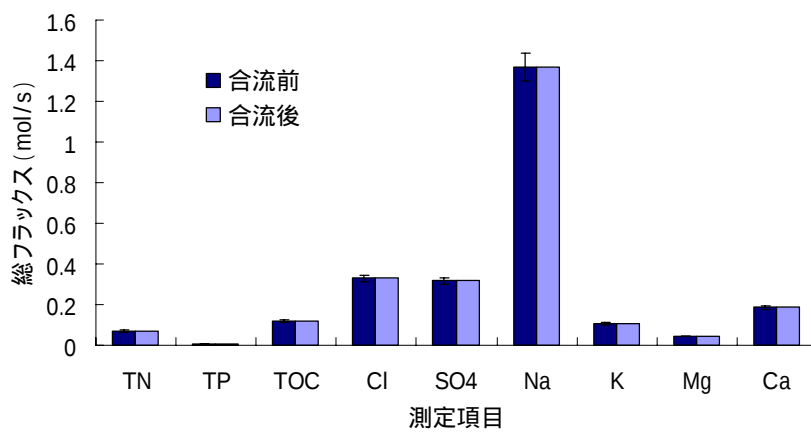


Fig5-16各測定項目における総フラックスの比較 (8月31日採取)

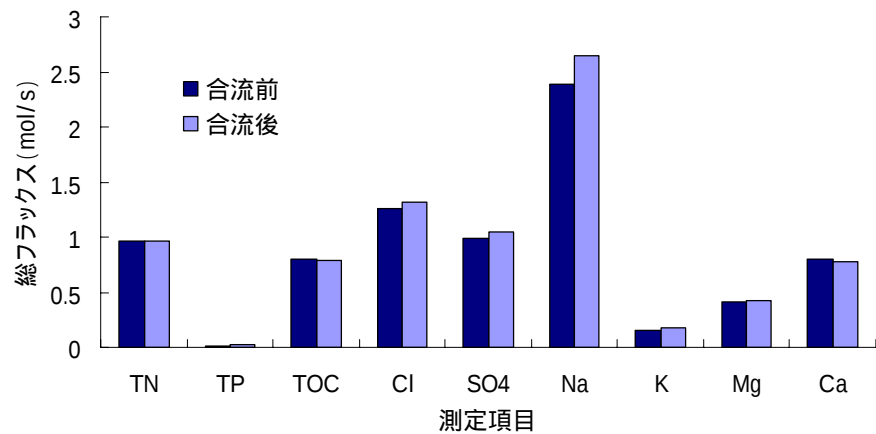


Fig5-17.各測定項目における総フラックスの比較(10月10日採取)

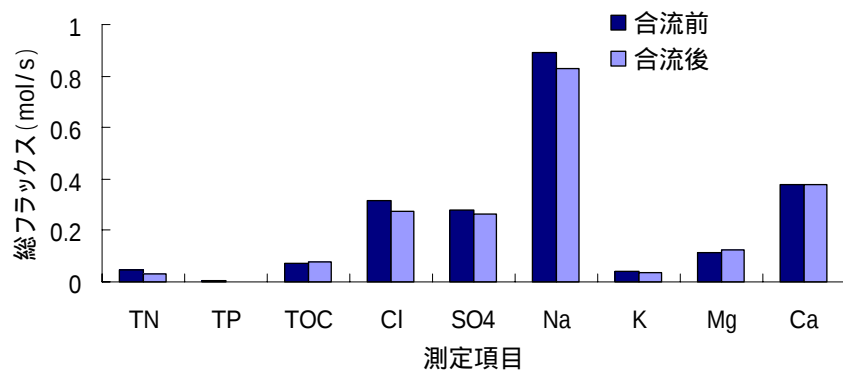


Fig5-18.各測定項目における総フラックスの比較(11月13日採取)

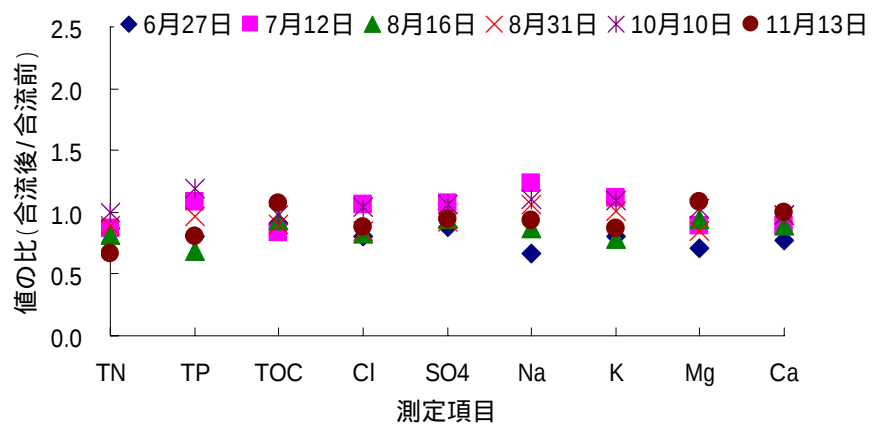


Fig5-19.流速分布による各測定項目における混合モデルの値の比較

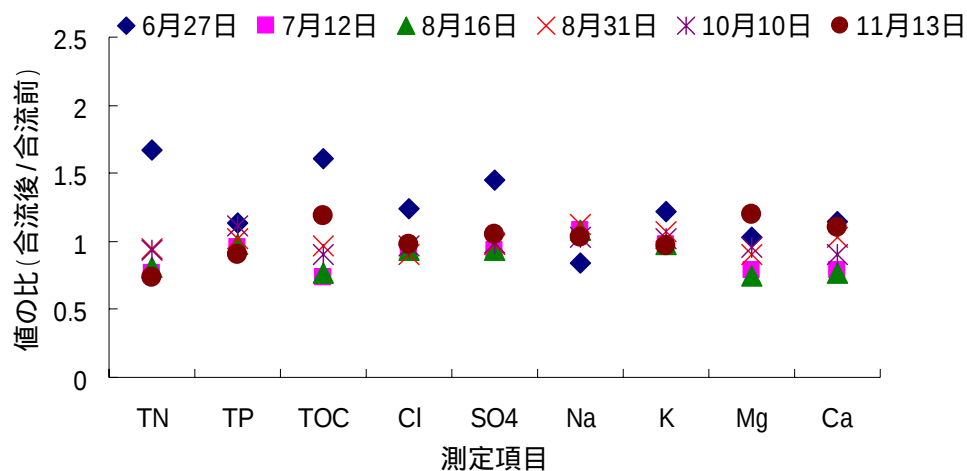


Fig5-20.1点法による各測定項目における混合モデルの値の比較

6 - 4 . 彦山川土壌微生物バイオマス測定結果

彦山川において Fig の A,C,D,E,F,G,H,I,J の底質の土壌微生物バイオマス測定結果を Fig5-21 Fig5-22, Fig5-23 に示す。これらの結果より芳ヶ谷川の影響を最も受けている C 地点が最も高い数値を示すと考えられるが、そのような傾向は見られず芳ヶ谷川の河川水の濃度変動のせいか、採取日によって分布も様々であった。これは芳ヶ谷川の時間による濃度変動によるものであると考えた。

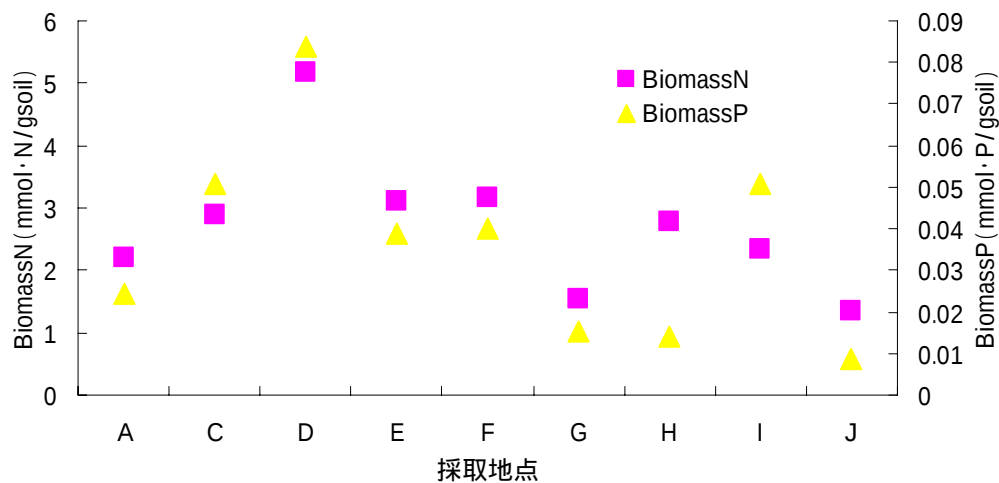


Fig5-21 . 8/31に採取した彦山川の土壌微生物バイオマス

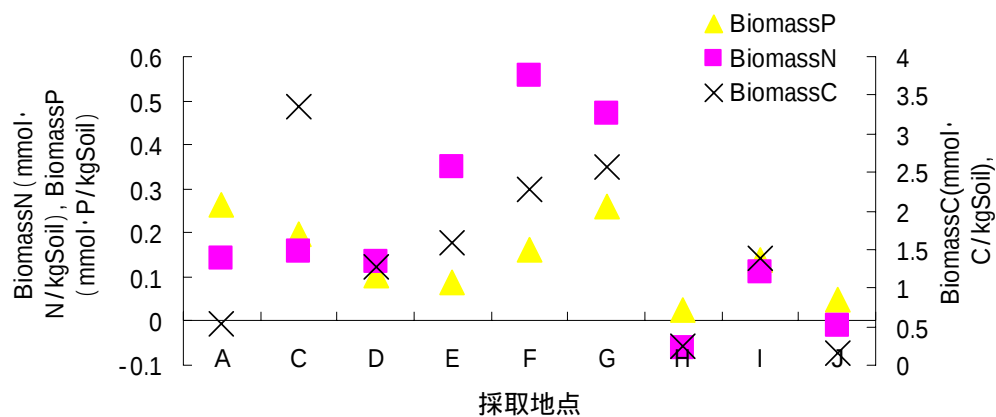


Fig5-22.10/19に採取した彦山川の土壤微生物バイオマス

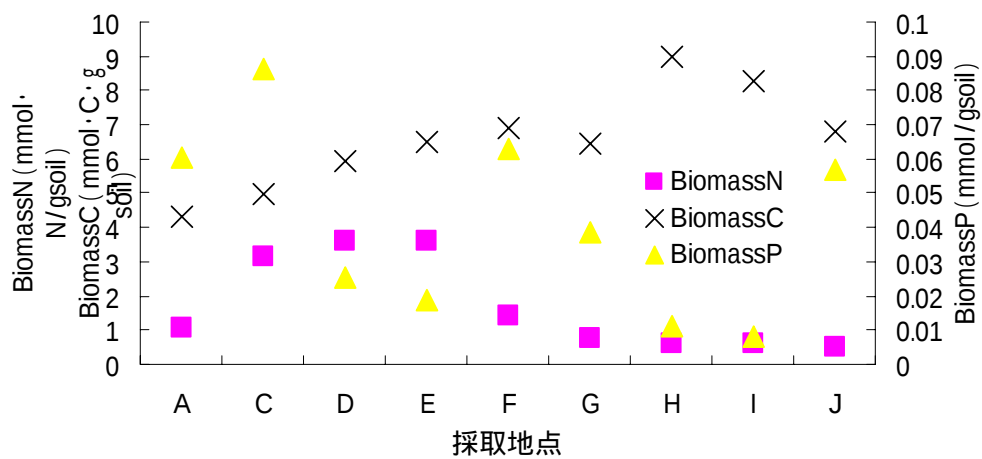


Fig5-23.11/13に採取した彦山川の土壤微生物バイオマス

6 - 5 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水中の一般細菌数測定結果

Fig に示す A,B,C,D,E,I の河川水中の一般細菌数測定結果を Fig5-24 に示す。これより、芳ヶ谷川が合流する前の彦山川の河川水中の一般細菌数と比較して、芳ヶ谷川の B 地点においては 1000 倍もの一般細菌数が存在していたことがわかる。また、B,C,D,E,F は A と比較して一般細菌数が多いという結果から芳ヶ谷川による影響によるものであると考えられる。

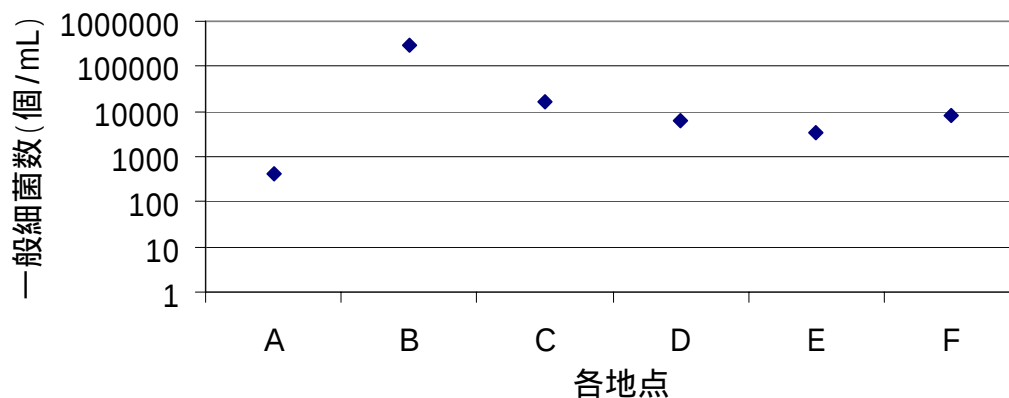


Fig5-24.各地点における河川水中の一般細菌数

6 - 6 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水を振とうによる濃度変化

Fig5-25 ~ Fig5-2 に彦山川、芳ヶ谷川の河川水とそれぞれ混合したサンプルにおいて、振とう時間経過における濃度変化を示した。これらの結果より、各有機・無機成分濃度は振とう時間によって濃度は変化していないということが明らかとなった。したがって彦山川と芳ヶ谷川が合流することによって物理的なプロセスによる濃度変化は起きていないことが考えられる。

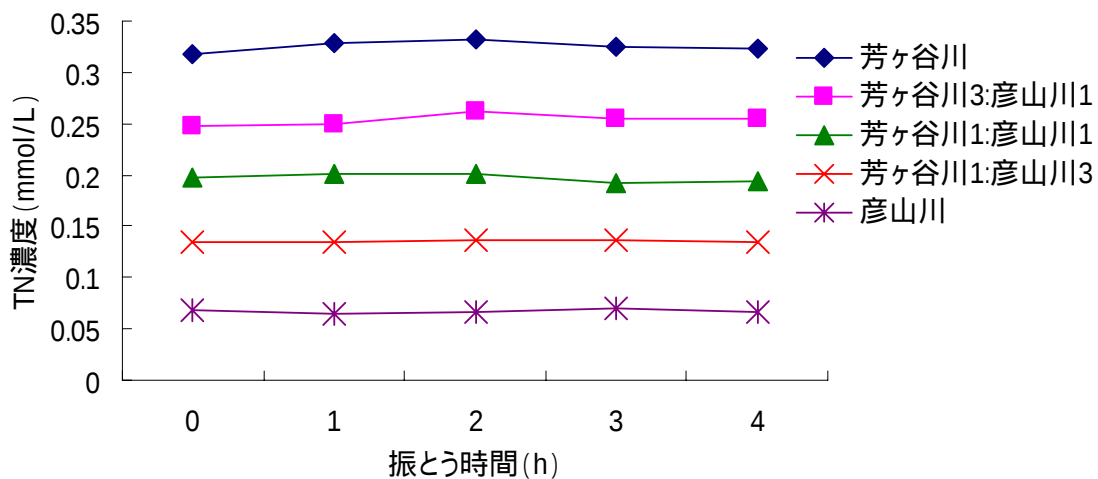


Fig5-25.TNの振とう時間と濃度変化の関係

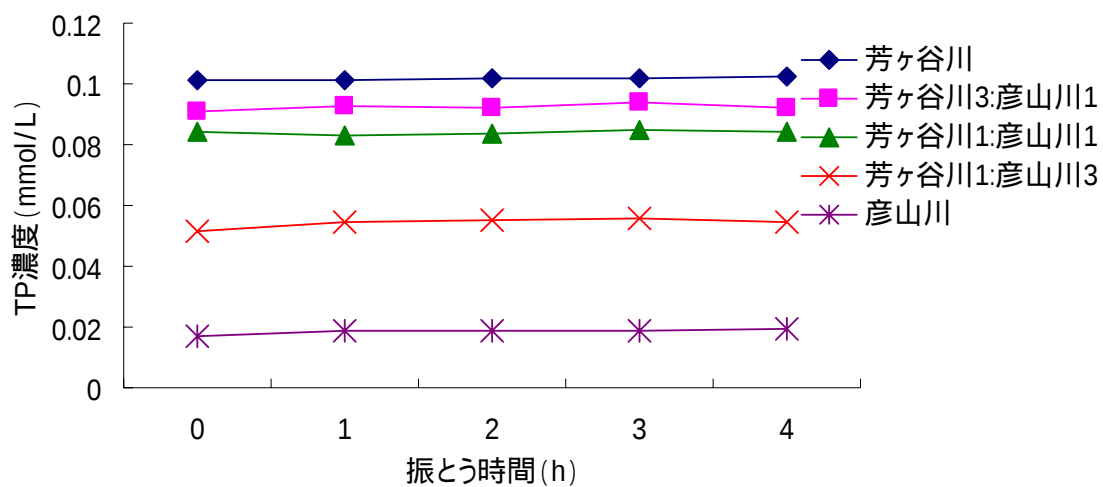


Fig5-26.TPの振とう時間と濃度変化の関係

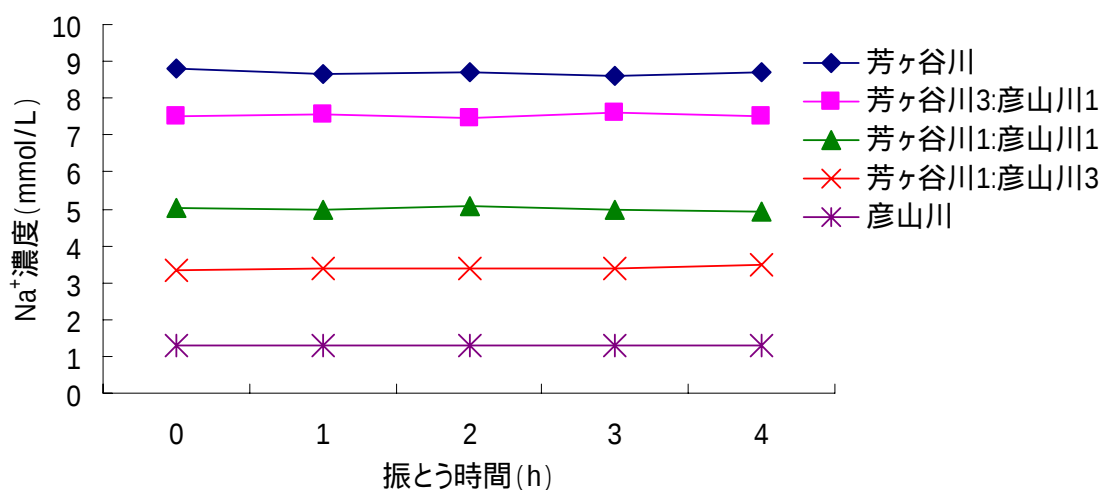


Fig5-27.Na⁺の振とう時間と濃度変化の関係

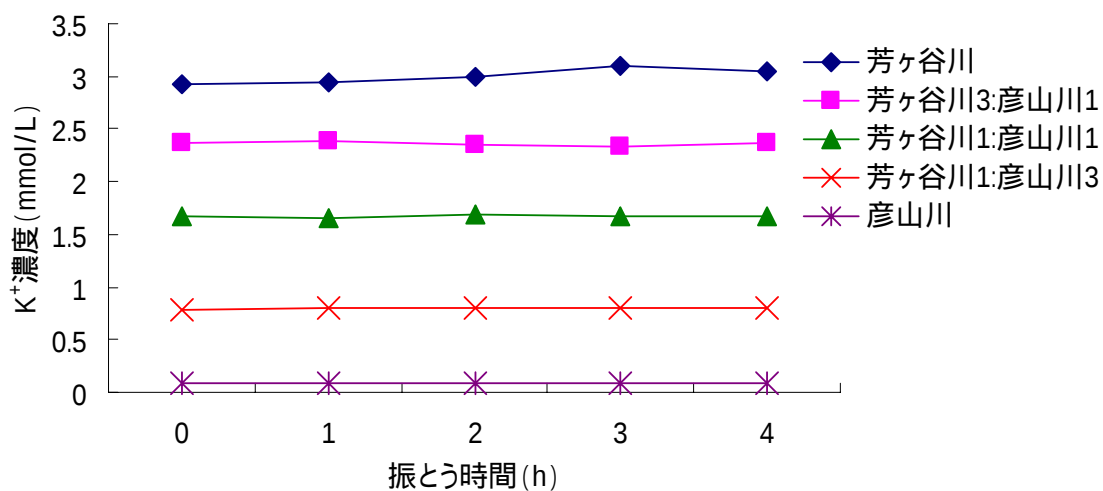


Fig5-28.K⁺の振とう時間と濃度変化の関係

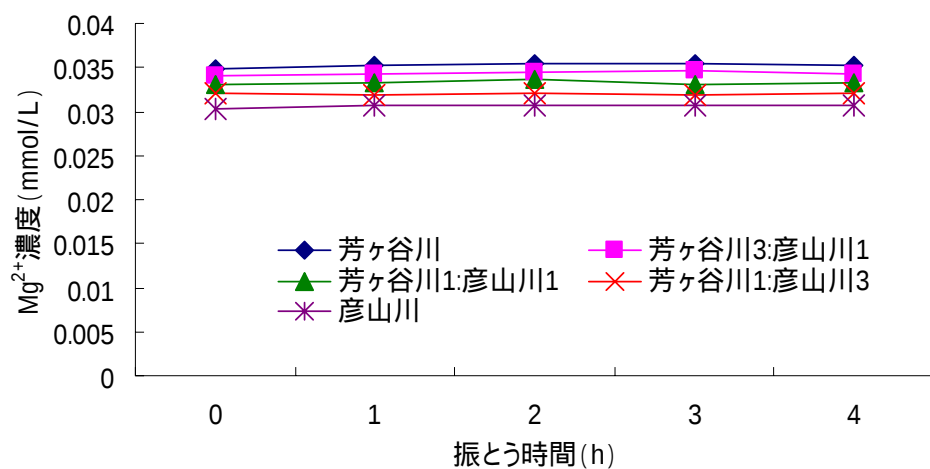


Fig5-29. Mg²⁺の振とう時間と濃度変化の関係

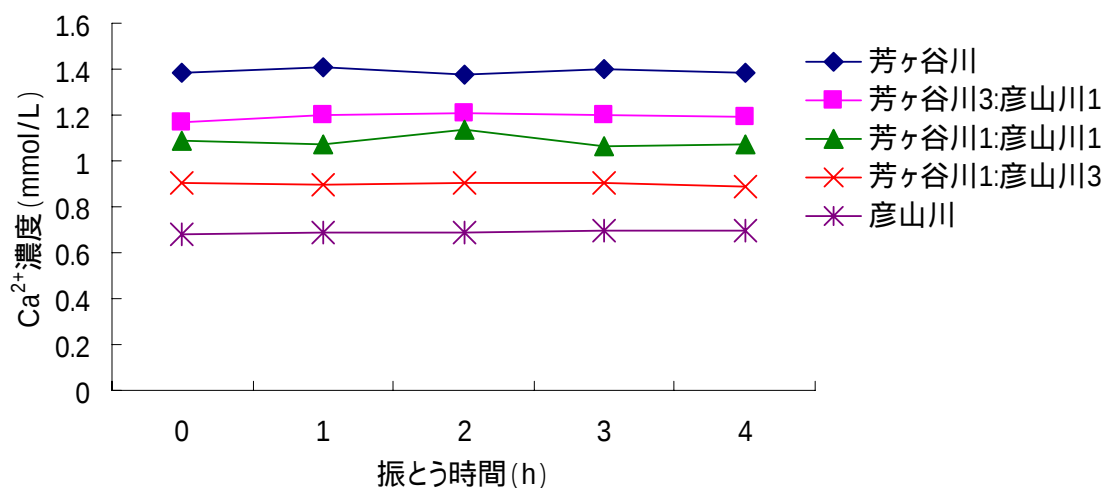


Fig5-30. Ca²⁺の振とう時間と濃度変化の関係

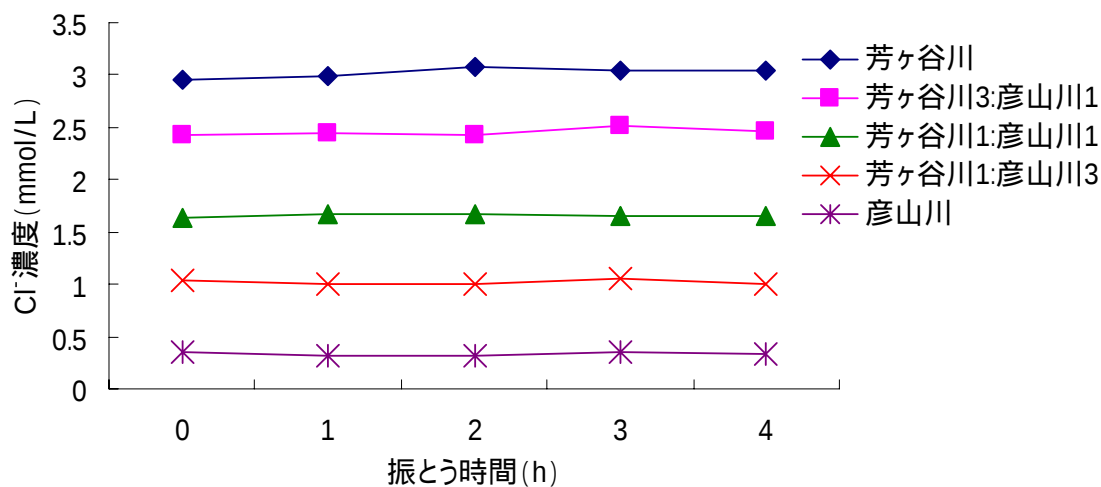


Fig5-31. Cl⁻の振とう時間と濃度変化の関係

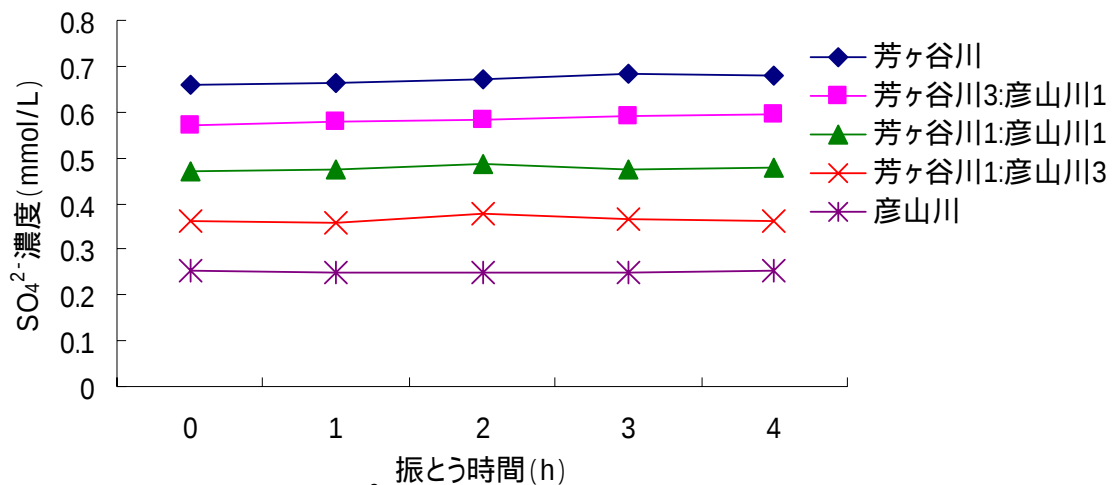


Fig5-31. SO_4^{2-} の振とう時間と濃度変化の関係

6 - 7 . 彦山川、芳ヶ谷川の河川水と底質の組み合わせによる培養

Fig5-31 ~ に彦山川の河川水と底質、芳ヶ谷川の河川水と底質をそれぞれ組み合わせたサンプルの培養時間による各有機・無機成分濃度変化を示す。これらの結果より、 TN , Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Cl^- については培養時間経過に伴い濃度は変化していないことが読み取れる。しかし、 TP では、彦山川の河川水に芳ヶ谷川の底質を加えたものが時間と共に TP 濃度が増加していることが読み取れる。それに対して TOC , SO_4^{2-} については培養時間の経過に伴って減少傾向にあることが読み取れる。

すべての培養による濃度変化に関して芳ヶ谷川が彦山川に合流し、合流後として採水するまでは約 25m であり、一般的な微生物の増殖曲線の誘導期を考慮しても濃度変化は TP 以外わずかなものであると考えられる。 TP に関しては底質が流入してくれば濃度増加が起きることが分かったが、その原因は明らかになっていない。

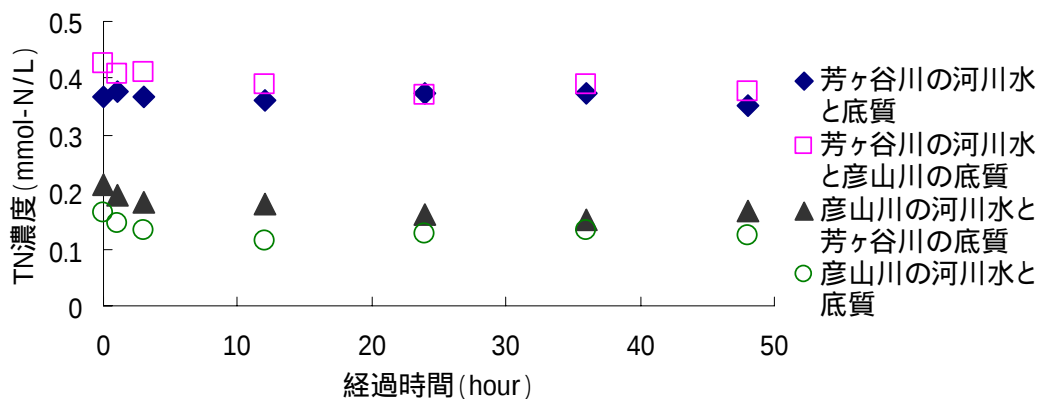


Fig5-32. 各底質と河川水による培養時間とTN濃度の関係

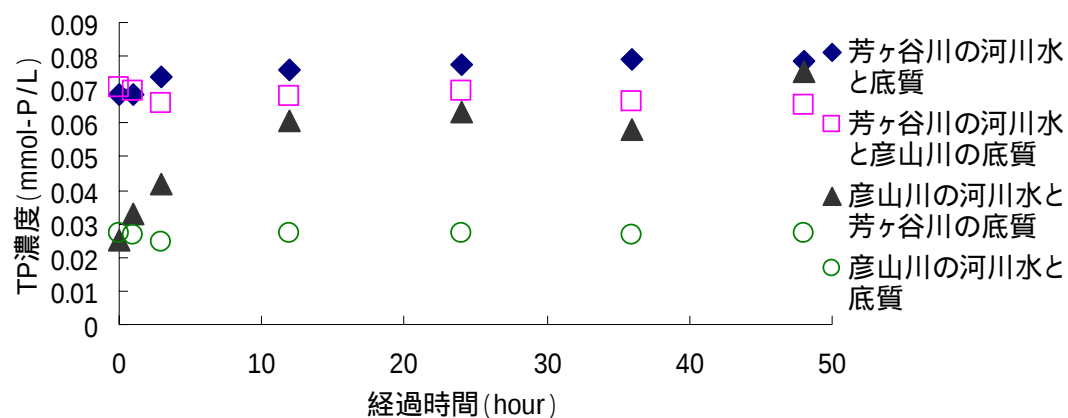


Fig5-33.各底質と河川水による培養時間とTP濃度の関係

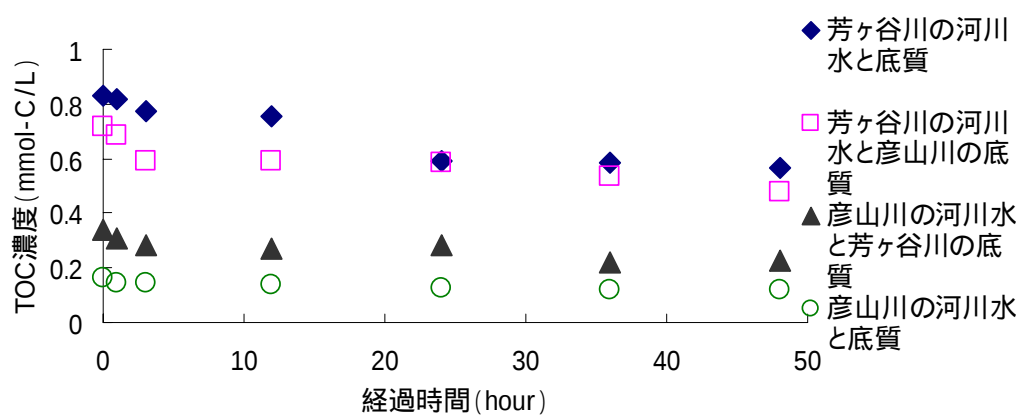


Fig5-33.各底質と河川水による培養時間とTOC濃度の関係

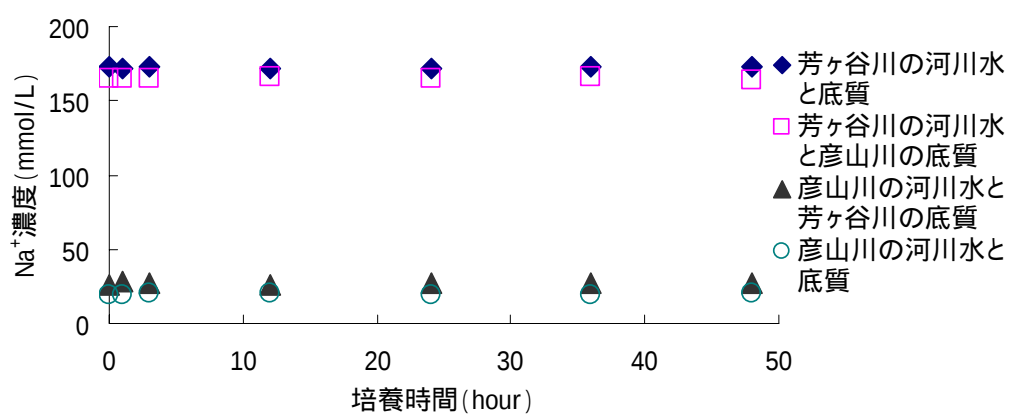


Fig5-34.各底質と河川水による培養時間とNa⁺濃度の関係

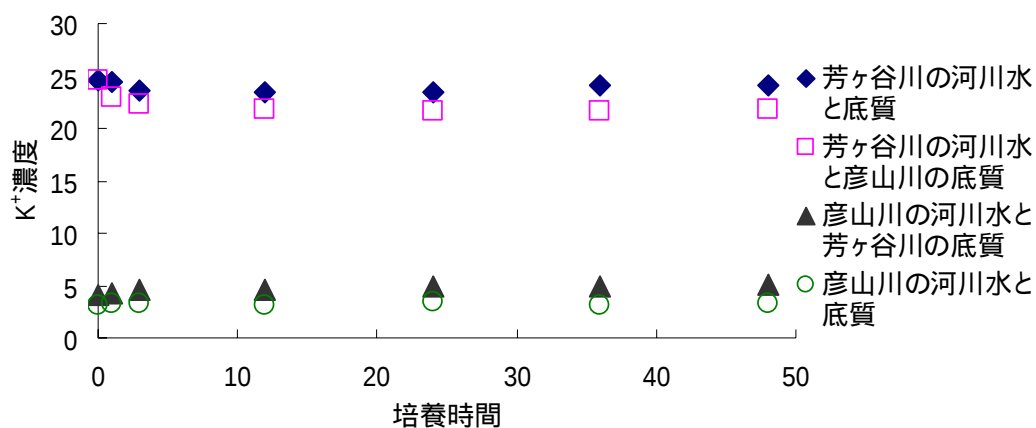


Fig5-35.各底質と河川水による培養時間とK⁺濃度の関係

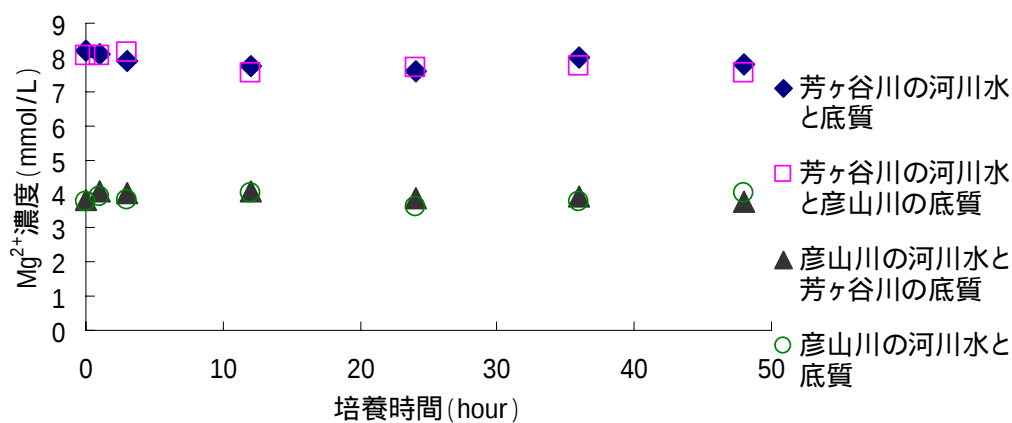


Fig5-36.各底質と河川水による培養時間とMg²⁺濃度の関係

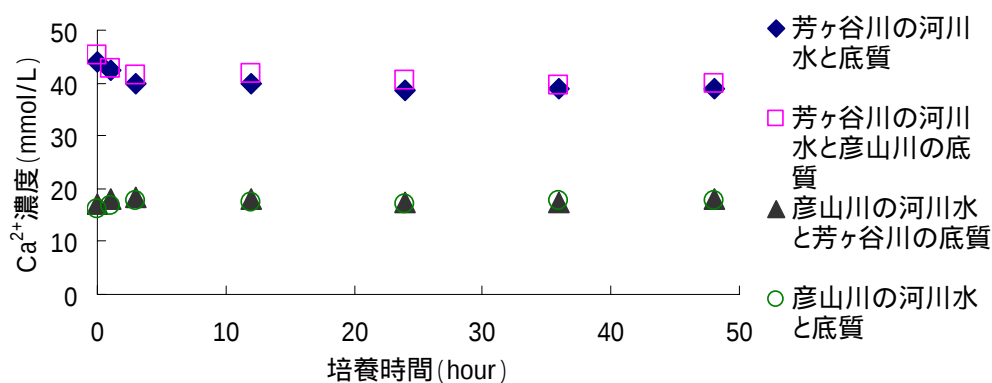


Fig5-37.各底質と河川水による培養時間とCa²⁺濃度の関係

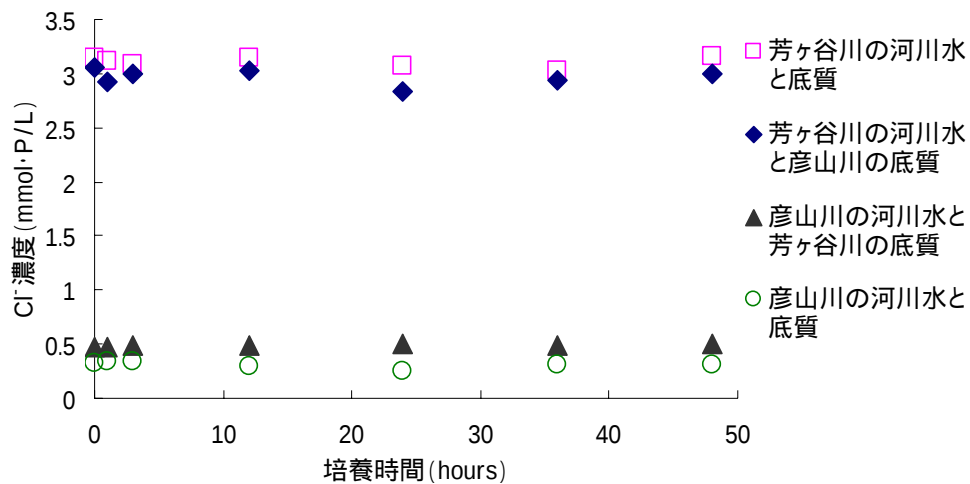


Fig5-38.各低質と河川水による培養時間とCl⁻濃度の関係

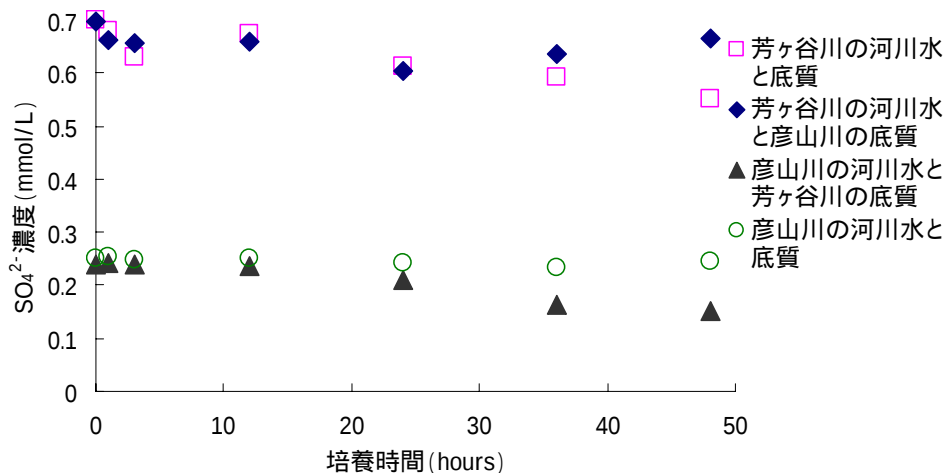


Fig5-39.各低質と河川水による培養時間とSO₄²⁻濃度の関係

7 . 結論

以上の結果から芳ヶ谷川が彦山川に合流することによって有機・無機成分は芳ヶ谷川の豊富な有機・無機成分によって単純な混合がおき、それにより彦山川の濃度が大きくなる。また、芳ヶ谷川の底質が彦山川に流入すればTPが増加することが明らかになったが、そのプロセスは明らかになっていない。また、河川の混合による狭い範囲でのフラックスの計算は流量計算が重要となり、本研究方法では、不十分であることが考えられる。今後は、その点を改善する必要がある。

8 . 参考文献

(1)都市内河川流域の環境に関する調査：(その2)遠賀川水系の河川敷の利用と周辺土地疲覆，学術講演梗概集 1997，河村 務

- (2) 彦山川直轄河川環境整備事業（水環境整備事業）清水・番田浄化事業，2004，国土交通省 九州地方整備局 遠賀川河川事務所
- (3)日本の水環境行政，1999，日本水環境学会
- (4)環境水質学 1999， 宗宮 功
- (5)水道水質基準ガイドブック 2004， 日本環境管理学会
- (6)Lithoautotrophic growth of the iron bacterium *Gallionella ferruginea* with thiosulfate or sulfide as energy source
- (7)Physical and Chemical factors affecting microbial biomass and activity in contaminated subsurface riverine sediments
- (8)Sediment nutrient characteristics and aquatic macrophytes in lowland English rivers
- (9)The impact of sulphide oxidation on dissolved metal inputs into the Lot-Garonne fluvial system
- (10)VARIABILITY OF PHOSPHORUS FORMS IN SUSPENDED SOLIDS AT THE LAKE ERIE-GRAND RIVER CONFLUENCE

9．謝辞

本研究を行うにあたり原口昭教授には適切なご指導、ご鞭撻を頂き多大な感謝の意を申し上げます。また、伊豫部勉特別研究員、研究室の皆様にも多大な協力をいただき、有難うございました。