

# 卒業論文

## 山国川流域における土地利用と河川水質の関連

2011 年 3 月

北九州市立大学 国際環境工学部

環境化学プロセス工学科

岩山直樹

## 目次（頁数）

1. 要旨/Abstract
2. 緒言
  - 2-1 研究目的
  - 2-2 陸水圏の汚染要因
    - 2-2-1 点源汚染
    - 2-2-2 面源汚染
  - 2-3 河川における汚染物質
    - 2-3-1 窒素
    - 2-3-2 リン
3. 測定方法
  - 3-1 調査対象地概要
  - 3-2 採水方法
  - 3-3 窒素
  - 3-4 リン
  - 3-5 全有機炭素
  - 3-6 各イオン種
4. 結果と考察
  - 4-1 窒素
  - 4-2 リン
  - 4-3 有機炭素
  - 4-4 硫酸イオン
  - 4-5 他河川との比較
5. 結論
6. 参考文献
7. 付録

## 1. 概要

陸水圏における汚染要因として、2つの種類がある。工場排水などに由来し、高濃度の汚染物質が局地的に負荷される点源汚染と森林、農地などに由来し、低濃度で広範囲に負荷のある面源汚染である。近年、日本では環境基準の制定や排水処理技術の向上により、点源汚染による負荷が改善されつつある。しかし、面源汚染に関しては、汚染源の実態が把握されておらず、対策が遅れているのが現状である。特に点源汚染のない河川の汚染物質の負荷は山地や農地、住宅地からの栄養塩や有機物による面的負荷が主であり、面源汚染の把握、対策を行う必要である。

本研究では、流域の91%を山地、7%を農地が占める山国川を対象とし、河口から源流まで約1km間隔で連続的に河川水質を測定することで、土地利用と面源汚染との関連を明らかにし、山国川の河川水質の管理指針を提示することを目的した。

調査対象河川は山国川(標高1200m)で日本の九州地方北部にある流域面積540km<sup>2</sup>、流路延長56kmの河川である。採水は晴天が2日以上続いた日を採水日とし、2010年7月21日、8月27日、9月26日、10月15日、10月16日、11月19日、12月24日の計6回、本流の河口から源流までの56km区間の53箇所ではサンプリングを行った。調査項目として、全有機炭素(TOC)、全窒素(TN)、全リン(TP)、pH、電気伝導度(EC)、イオン濃度(Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)の水質計測を行った。

結果より、TN、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は主に森林地域から、またTPは農業地域からの面的負荷が認められた。さらに、TN、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N、TPは都市域での負荷も顕著であった。TOCは流域全体で負荷が認められ、特に都市域での負荷が山地、農地と比較して有意に高かった。

今後、河川管理を行う上で、森林や農地での窒素・リンの流出プロセスの解析及び市街地ではヨシなどの植物を用いた栄養塩の除去といった対策を行う必要がある。

## Abstract

River water chemistry is strongly affected by the land use type of the river basin. Point sources of pollutants are easily recognized and can be protected by controlling the pollutant source, whereas non-point sources are widely distributed and the concentration of pollutants are usually low. And hence, non-point source of pollutants are hardly identified and the method to protect the loading of pollutants from non-point pollutant source has not been fully established. In this study, we identify the non-point source of pollutants from the basin of the river with large area of forestry and agricultural area of artificially managed land in order to establish the appropriate method to protect loading pollutants from the watersheds. We used the method to determine water chemistry of the river water at fine scale of ca. 1.0 km interval and obtained the information of dynamics of the loaded pollutants.

Yamakunigawa River in the northern Kyushu, south-western Japan has been selected as a research basin. Yamakunigawa River is ranging from 33°72'N to 33°29'N and 131°11'E to 130°57'E (maxim altitude 1200m above area sea level), and the river has the basin area of 540km<sup>2</sup>. The total length of the main stream is 56km. Basin of the Yamakunigawa River is occupied by 91% of the forestry area and 7% of agricultural area. We analyzed surface river water chemistry at 53 sampling points in the main stream of the Yamakunigawa River on 21th July, 27th August, 26th September, 16th October, 19th November, and 24th December 2010 in order to identify the non-point source of pollutions to the river. Based on the data, we analyzed the relationship between land use and water chemistry, and then presented basic guidelines for the management of water quality of the Yamakunigawa River.

Electric conductivity (EC), pH, major cations (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>), anions (F<sup>-</sup>, Cl<sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), total-nitrogen (TN), total-phosphorus (TP), total organic carbon (TOC) were analyzed.

Discharge of TN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> were evident from the forest area, and TP was mainly discharged from the agricultural area. TN, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> and TP were loaded to the river stream in the urbanized area. Discharge of TOC was observed within wide area of basin, significantly higher in the urbanized area compared as the forestry and agricultural area. Thus we identified non-point source of pollutants by fine scale water quality measurements in the Yamakunigawa River.

In the future, it's necessary to analyze process of nitrogen and phosphorus run off in the forestry and agricultural area. And, it's necessary to measure the removal of nutrients for plants in the urbanized area.

## 2. 緒言

### 2-1 研究目的

河川に対する汚染物質の負荷源の中で、山地や農地、住宅地からの栄養塩や有機物の面的負荷の把握は困難で、面源汚染の低減対策は遅れている。特に流域人口が少ない河川での水質悪化は、山地、農地による面的負荷によるものが多く、面源汚染の把握、対策を行う必要がある。

本研究では、流域の 91%を山地、7%を農地が占める山国川を対象とし、河口から源流まで 1km 間隔で連続的に河川水質を採水、測定することで、土地利用と面源汚染との関連を明らかにし、山国川の河川水質の管理指針を提示することを目的した。

### 2-2 陸水圏の汚染要因

陸水圏の汚染源として、点源汚染（特定汚染源）と面源汚染（非特定汚染源）の二つがある。点源汚染は工場排水などから由来し、高濃度で局地的に汚染物質の負荷がある。対して、面源汚染は農林地や生活排水などから由来し、低濃度で広範囲に汚染物質の負荷がある汚染源である。点源汚染に関しては、環境基準の制定や廃水処理技術の向上によって、改善されつつある。しかし、面源汚染は汚染源の実態が把握されておらず、対策が遅れているのが現状である。

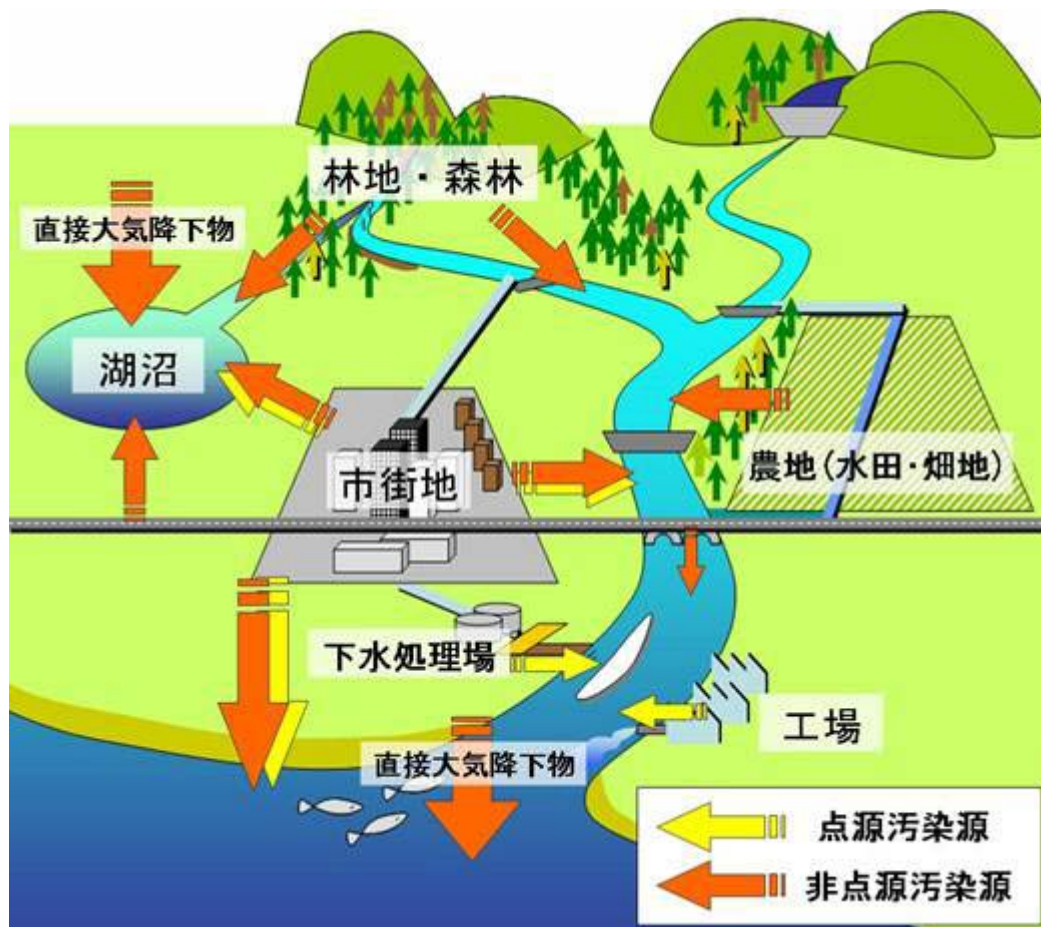


図 2.1 陸水圏における点源汚染と面源汚染の流入

※参考文献（日本水環境学会）

### 2-2-1 点源汚染（特定汚染源）

点源汚染（特定汚染源）とは、一般の工場・事務所、家庭など汚染物質の発生源を点（ポイント）で特定汚染源のことを指す。点源汚染は汚染が特定しやすいことから水質規制によって、対策・改善が進んでいる。

### 2-2-2 面源汚染（非特定汚染）

面源汚染（非特定汚染）とは、汚染物質の排出源が面的に散在し、特定することが困難な汚染源のことを指す。面源汚染の特徴としては、天候によって間欠的であつ面的に広がった状態で発生、負荷状況の把握が困難、未処理のまま表流水系へ流入する、気候条件に依存し場所や時期で変化するといったものがある。面源汚染に求められる対策課題として、面源汚染の把握の精度向上や市街地や農地等の管理者への対策の普及の啓発などを行う必要がある。

## 2-3 河川における汚染物質

### 2-3-1 窒素

水中に含まれるすべての窒素化合物（総窒素）は無機態窒素と有機態窒素に大別され、無機態窒素はアンモニウム態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素に、有機態窒素はタンパク質に起因するもの(アルブミノイド窒素等)と非タンパク性のものに分けられる。(図2-2) 有機態窒素は、藻類等の体内に取り込まれたものとそれ以外のものという意味で、粒子性有機態窒素と溶解性有機態窒素に区別する場合がある。無機態窒素にも粒子性ものが無いわけではなく（懸濁粒子に吸着されているもの等）、ほとんどの部分は溶解性である。

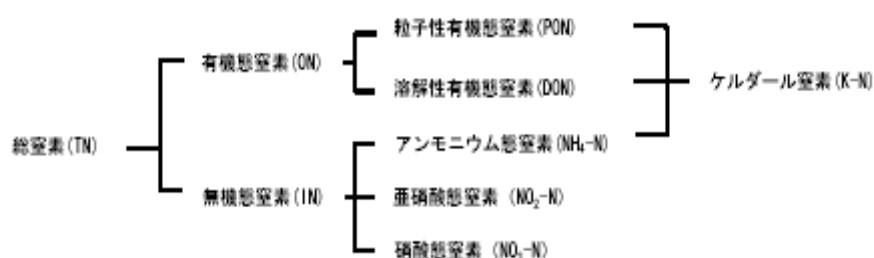


図2.2 水中における窒素の形態

有機態窒素は、微生物の働きによってアンモニウム態窒素に分解される。好気的環境でアンモニウム態窒素は更に硝化菌の働きによって亜硝酸態窒素から硝酸態窒素へと変化し、この変化を硝化という。嫌気的環境では、逆に硝酸態→亜硝酸態→アンモニウム態という変化が起こり、硝酸態窒素や亜硝酸態窒素の一部は、脱窒菌（嫌気的条件下で硝酸、亜硝酸中の酸素を呼吸基質として利用できる細菌群を指し、硝酸、亜硝酸中の窒素はガスの形態に還元される）の働きで窒素ガスとして大気中に揮散する。（図2.3）

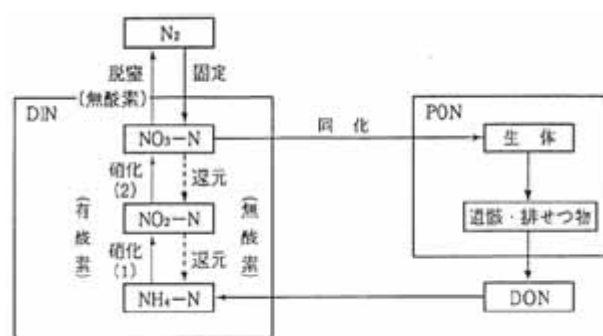


図2.3 水中における窒素の循環

窒素は生物体を構成する主要元素の1 つであり、特に植物の生育にはリン、カリウム等とともに重要な元素で、窒素化合物を多く含む河川水が、湖沼、内湾等の閉鎖性水域に流入すれば、その水域の富栄養化が促進される。無機態窒素はいずれの形でも植物の栄養素として

利用され、閉鎖性水域における生物の内部生産を考えるうえで主要要素となる。湖沼及び海域についてリンとともに窒素の環境基準が定められている。

## 2-3-2 リン

リンは窒素と同様に栄養塩の一種である。リンは生活排水や合成洗剤から栄養塩として河川に流入する。リンは水中で様々な形態で存在し、有機態と無機態、溶解性と粒子性に区別され、無機態リンはさらにオルトリン酸と重合リン酸塩に分けられる（図 2.4）。

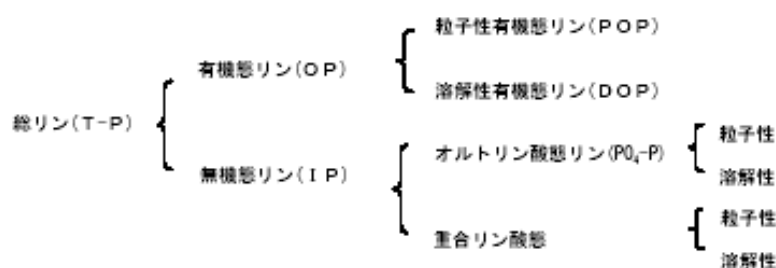


図 2.4 水中におけるリンの形態

リンはしばしば低濃度で存在するので、植物プランクトンに対し普遍的な増殖制限要因である。ほとんどのリンは、生物的に利用できない粒子の形で存在している(HORNE and GOLDMAN : 1983)。さらに、集水域における植物の根と土壌は窒素よりもリンの方をはるかに多量に保持する。生きた動植物が必要とするリンの量は窒素に比べはるかに少ない。普通、N : P の濃度比は10 : 1 であって、これよりも高い比を示す場合はリンの欠乏を示している。集水域では、リン酸態リンはカルシウムやアルミニウム・鉄と結合して土に吸着されるため、肥料からのリン酸態リンでさえも、やがて植物の成長に役立たなくなる。したがってリン酸態リンは地下水とともに容易に移動して表層流にはいりこむことはなく、河川における多量のTPの流入は、主として洪水や台風の 際に攪乱された土地からの土壌粒子侵食によるものである。溶解性リン酸の供給源は家庭排水、農業排水およびいくつかの産業排水であり、これらの排水は人為的富栄養化を引き起こしてきた。下水の2 次処理水は5-8ppmのPO<sub>4</sub>-Pを含んでいる。

## 3. 測定方法

### 3-3 調査地

調査地である山国川は、大分県山国町の英彦山（標高約 1200m）にその源を発し、同市、山国町、耶馬溪町を貫流し、山移川・跡田川等の多くの支流を合わせ、周防灘に注ぐ、河川流路延長 56km、流域面積 540km<sup>2</sup> の一級河川である。流域の土地利用は山地等が約 91%、田畑等の農地が約 7%、宅地等の市街地が約 2%であり、流域のほとんどを山地、農地が占

めている特徴を持つ河川である。河床勾配は上中流部で 1/200 以上、下流部でも 1/500～1/1000 となっている。1965 年から 1984 年まで 20 年間の気象庁資料によると年平均降水量は源流付近の英彦山山系で約 2200～2500mm、中流域の耶馬溪一帯で約 1800mm～2000mm、下流域の中津平野部で約 1550mm となっており、標高が増すと同時に降水量が増加している。

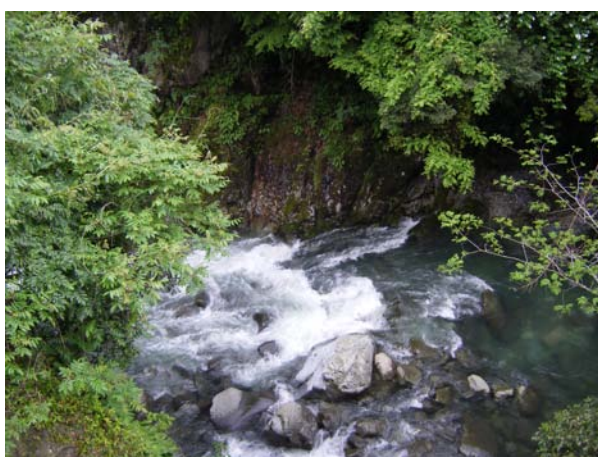
また、中流にある耶馬溪ダムで赤潮が度々、確認されており、ダム放流水による富栄養化物質の負荷が懸念されている。



下流（中津市）



中流（鮎帰りの滝）



上流（魔林峡）

図 3.1 上流、中流、下流における山国川の景観

### 3-2 採水方法

本研究では、山国川の河口から源流まで 1km 間隔で連続的に 52 箇所、耶馬溪ダム放流水 1 箇所の計 53 箇所を採水した。

河川水の採水は、2 日以上晴天が続いた日で行った。採水部位は、水面から水深の 2 割程度の深さとした。採水は、2010 年 7 月 21 日、8 月 27 日、9 月 26 日、10 月 16 日、11 月 19 日、12 月 24 日の計 6 回行った。



図 3.2 山国川における採水地点

表 3.1 山国川測定点の詳細

| 採水<br>ボトル<br>の番号 | 河口から<br>の 距 離<br>[km] | 最寄の橋          | 緯度 |    |       | 経度  |    |       |
|------------------|-----------------------|---------------|----|----|-------|-----|----|-------|
|                  |                       |               | 度  | 分  | 秒     | 度   | 分  | 秒     |
| 1                | 0                     | 河口            | 33 | 72 | 2.69  | 131 | 11 | 4.89  |
| 2                | 1                     | 河口2           | 33 | 36 | 37.75 | 131 | 10 | 48.19 |
| 3                | 2                     | 山国橋           | 33 | 36 | 19    | 131 | 11 | 37.54 |
| 4                | 3                     | 山国大橋          | 33 | 35 | 59.51 | 131 | 10 | 35.9  |
| 5                | 4                     | 山国大橋2         | 33 | 35 | 15.57 | 131 | 10 | 24.08 |
| 6                | 5                     | 市場橋(事<br>務所前) | 33 | 25 | 0.02  | 131 | 10 | 25.12 |
| 7                | 6                     | 市場橋2          | 33 | 34 | 30.48 | 131 | 10 | 37.37 |
| 8                | 7                     | 恒久橋           | 33 | 34 | 5.0   | 131 | 11 | 1.98  |
| 9                | 8                     | 新山国大橋         | 33 | 33 | 43.1  | 131 | 11 | 19.78 |
| 10               | 9                     | 新山国大橋<br>2    | 33 | 33 | 7.21  | 131 | 11 | 17.47 |
| 11               | 10                    | 新山国大橋<br>3    | 33 | 33 | 1.34  | 131 | 11 | 22.8  |
| 12               | 11                    | 三原橋           | 33 | 31 | 36.94 | 131 | 9  | 59.63 |
| 13               | 12                    | 三原橋 2         | 33 | 31 | 27.73 | 131 | 10 | 8.04  |
| 14               | 13.5                  | 三原橋 3         | 33 | 30 | 43.4  | 131 | 10 | 27.76 |
| 15               | 15                    | 太平橋           | 33 | 30 | 26.53 | 131 | 10 | 31.82 |
| 16               | 16                    | 青の洞門          | 33 | 29 | 43.45 | 131 | 10 | 23.91 |
| 17               | 17                    | 羅淵橋           | 33 | 29 | 31.81 | 131 | 10 | 8.09  |
| 18               | 18                    | 七仙橋           | 33 | 29 | 22.84 | 131 | 9  | 41.78 |
| 19               | 19                    | 早瀬橋           | 33 | 28 | 54.78 | 131 | 9  | 37.77 |
| 20               | 20                    | 中川原橋          | 33 | 28 | 47.13 | 131 | 9  | 7.78  |
| 21               | 21                    | 馬溪橋           | 33 | 28 | 15.49 | 131 | 8  | 54.98 |
| 22               | 22                    | きい橋           | 33 | 28 | 6.72  | 131 | 8  | 5.65  |
| 23               | 23                    | 小友田橋          | 33 | 28 | 4.7   | 131 | 7  | 40.88 |
| 24               | 24                    | 津民大橋          | 33 | 27 | 47.81 | 131 | 6  | 51    |
| 25               | 25                    | サイクリング        | 33 | 27 | 24.41 | 131 | 6  | 57.81 |
| 26               | 27                    | 中津笛橋          | 33 | 27 | 2.71  | 131 | 6  | 53.96 |
| 27               | 27.5                  | ダム水合流         | 33 | 26 | 52.88 | 131 | 7  | 2.04  |

|    |    |        |    |    |       |     |    |       |
|----|----|--------|----|----|-------|-----|----|-------|
| 28 | 29 | やながひら橋 | 33 | 26 | 37.8  | 131 | 6  | 36.61 |
| 29 | 30 | とよ入り口  | 33 | 26 | 10.48 | 131 | 6  | 12.93 |
| 30 | 32 | 金吉橋    | 33 | 25 | 43.96 | 131 | 5  | 55.34 |
| 31 | 33 | みやその橋  | 33 | 25 | 31.14 | 131 | 5  | 39.92 |
| 32 | 34 | 江渚橋    | 33 | 25 | 30.55 | 131 | 5  | 14.59 |
| 33 | 35 | 沈下橋①   | 33 | 25 | 22.24 | 131 | 5  | 26.22 |
| 34 | 36 | 諏訪橋    | 33 | 25 | 4.26  | 131 | 4  | 17.52 |
| 35 | 37 | 御幸橋    | 33 | 24 | 33.31 | 131 | 4  | 16.04 |
| 36 | 38 | 大勢橋    | 33 | 24 | 20.48 | 131 | 3  | 49.12 |
| 37 | 39 | 中央橋    | 33 | 24 | 14.25 | 131 | 2  | 32.16 |
| 38 | 40 | ひこみ橋   | 33 | 24 | 29.98 | 131 | 1  | 52.5  |
| 39 | 41 | 飛雲橋    | 33 | 24 | 47.69 | 131 | 1  | 34.37 |
| 40 | 42 | 沈下橋②   | 33 | 25 | 0.53  | 131 | 1  | 15.04 |
| 41 | 43 | 屋田ヶ瀬橋  | 33 | 25 | 28.06 | 131 | 0  | 31.15 |
| 42 | 44 | 念仏橋    | 33 | 25 | 49.9  | 131 | 0  | 6.76  |
| 43 | 45 | 田良川橋   | 33 | 26 | 5.65  | 130 | 59 | 52.64 |
| 44 | 46 | 大曲橋    | 33 | 26 | 16.37 | 130 | 59 | 36.93 |
| 45 | 47 | 沈下橋③   | 33 | 26 | 36.33 | 130 | 59 | 22.32 |
| 46 | 48 | 新谷橋    | 33 | 27 | 9.08  | 130 | 59 | 17.65 |
| 47 | 49 | 沈下橋④   | 33 | 27 | 30.09 | 130 | 59 | 20.83 |
| 48 | 50 | 坂内橋    | 33 | 27 | 48.74 | 130 | 59 | 18.53 |
| 49 | 51 | どうもと橋  | 33 | 28 | 8.39  | 130 | 59 | 12.7  |
| 50 | 52 | くわはら橋  | 33 | 28 | 48.88 | 130 | 59 | 33.69 |
| 51 | 55 | 山国川源流  | 33 | 29 | 44.54 | 130 | 57 | 49.1  |
| 52 | 27 | 放流水合流前 | 33 | 26 | 46.19 | 131 | 6  | 55.66 |
| 53 | 27 | ダム放流水  | 33 | 26 | 56.04 | 131 | 7  | 14.91 |

### 3-3 窒素

#### 3-3-1 全窒素 (TN)

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度法を用いて測定を行った(Wetzel and Gene : 1979)。この方法ではペルオキシ二硫酸カリウム・水酸化ナトリウムによりサンプル中の窒素をすべて $\text{NO}_3^-$ にし、それを220nmで図測るものである。以下の手順で測定を行った。

#### 試薬の調製及び定量

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をイオン交換水に入れ500ml に調製した。
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解し、溶液1L を調整する。この溶液は1000mg/Lとなる。これをもとに0、0.5、1、2mg/Lの4つの濃度の水溶液を調製した。
3. 共栓付き試験管にサンプルと硝酸カリウム標準液をそれぞれ5mlずつとり、それらに混合試薬を5mlずつ加えた。
4. サンプルと4つの濃度の硝酸カリウム水溶液に混合試薬を加えたものを密封し、121℃で30 分オートクレーブ処理を行った。
5. 220nmの波長でまず硝酸カリウム水溶液の濃度を測り、検量線を作成する。
6. 3で作成した検量線を基に、各サンプルのNO<sub>3</sub><sup>-</sup>濃度を測定した

#### 3-3-2無機態窒素

無機態窒素は硝酸態窒素(NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)、アンモニア態窒素(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)、亜硝酸態窒素(NO<sub>2</sub><sup>-</sup>-N)の合計である。

無機態窒素の測定はイオンクロマトグラフィーを用いて以下の測定原理で行った。

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<sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等、陽イオンクロマトグラフィーでは Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>等の分析に有効であり、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した。

#### 3-4 リン

全リンはペルオキシ二硫酸カリウム分解・モリブデン青法を用いた(Wetzel and Likens : 1979)。以下の手順で測定を行った。

#### 試薬の調製及び定量

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%水溶液を調製した。
2. モリブデン酸アンモニウム水溶液：パラモリブデンアンモニウム3.0g をイオン交換水に溶かし100mlに調製した。
3. 硫酸：濃硫酸35mlを225mlのイオン交換水に加え調製した。
4. アスコルビン酸水溶液：L-アスコルビン酸2.7gを50mlのイオン交換水に溶解し調製した。
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。

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に希釈する。この溶液は1000mg/Lとなる。これをもとに0、0.5、1.0、2.0mg/Lの濃度の溶液を調整した。
8. 共栓付き試験管にサンプルと標準リン酸溶液5つをそれぞれ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。
9. サンプルと4つの濃度の硝酸カリウム水溶液を121℃で30分オートクレーブ処理を行った。
10. 調製した混合試薬を1.16mlずつ加えた。
11. 混合試薬を加えた後2時間以内に880nmの波長で測定する。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。
12. 残ったサンプル液などの廃液はモリブデン及びアンチモンが含まれているので廃液タンクに保管し、重金属処理を行った。

### 3-5 全有機炭素（TOC）

全有機炭素は島津製作所製の TOC-V<sub>CSH</sub> を用い、燃焼酸化-赤外線分析法で測定を行った。また、不揮発性有機体炭素（NPOC）を全有機炭素と見なして扱う。

### 3-6 各イオン種

イオン種の測定はイオンクロマトグラフィーを用いて以下の測定原理で行った。

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<sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等、陽イオンクロマトグラフィーでは Na<sup>+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、K<sup>+</sup>等の分析に有効であり、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した。

#### 4. 結果と考察

##### 4-1 窒素

##### 4-1-1 全窒素

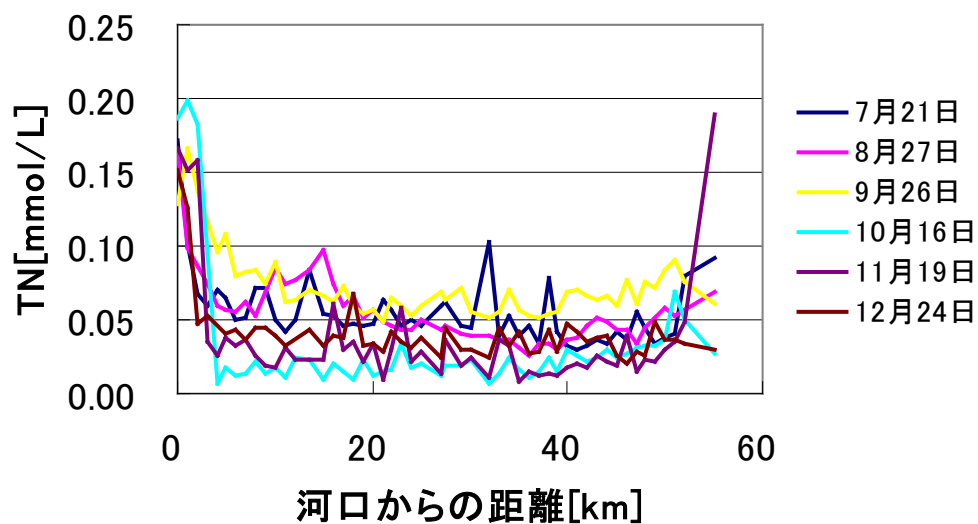


図 4.1 山国川における全窒素の測定結果

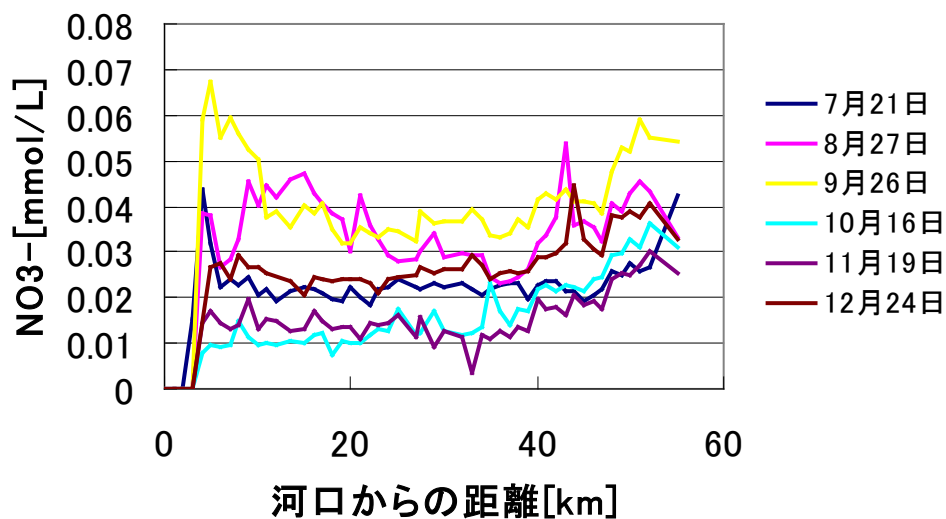


図 4.2 山国川における硝酸態窒素の測定結果

図 4.1 は山国川における全窒素の測定結果、図 4.2 は硝酸態窒素の測定結果を示したものである。

図 4.1 より河口から 40km 地点より上流の区間で約 0.02～0.08mmol/L、40km から 13.5km までの区間では約 0.02～0.05mmol/L、13.5km より下流の区間で約 0.02～0.

10mmol/L、河口付近では約 0.15mmol/L の濃度になっている。また、硝酸態窒素は河口から 40km 地点より上流では約 0.02～0.08mmol/L、40km 地点から 13.5km 地点の間では約 0.01～0.04mmol/L、13.5km 地点より下流では約 0.01～0.07mmol/L、河口付近では、ほとんど検出されなかった。

40km 地点より上流の間では全窒素とともに硝酸態窒素の濃度が高くなっており、硝酸態窒素の負荷が大きいことがわかる。40km 上流の区間の流域はほとんどが森林であるため、人工林の施肥や森林伐採によるものと思われる硝酸態窒素の面的負荷が原因と考えられる。13.5km 地点より下流では、住宅地の増加に伴って排出される生活排水由来の負荷があると考えられる。

#### 4-2 リン

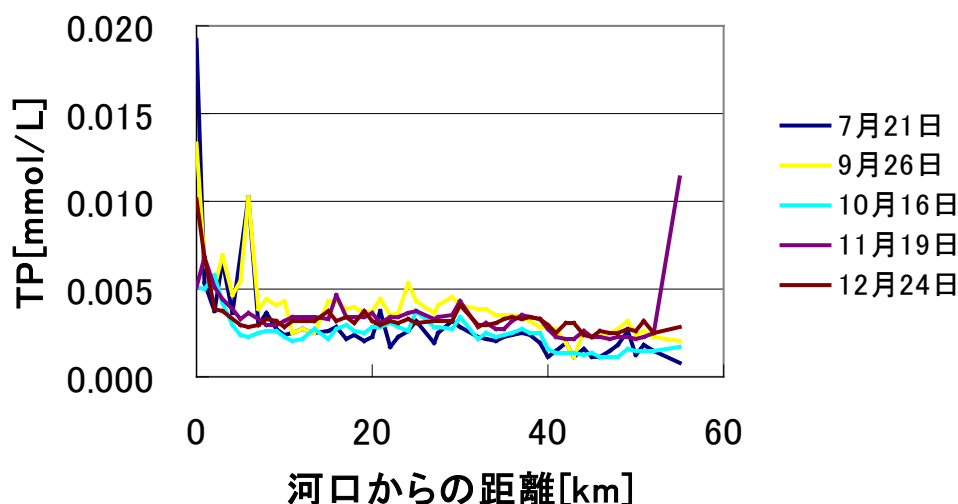


図 4.3 山国川における全リンの測定結果

図 4.3 は山国川における全リンの測定結果を示したグラフである。図 4.3 より、河口から 40km 地点より上流の間では、全リン濃度は約 0.002～0.003mmol/L、40km 地点から下流では約 0.003～0.004mmol/L、河口付近では、約 0.004～0.020mmol/L となっている。

河口から 40km 地点で濃度が変化し、これより下流で高い値が維持されている。また、河口から 4km の区間でも高い値を示している。河口から 40km 地点より上流では森林が主な土地利用に対して、40km 地点より下流では森林と農地が主要な土地利用になっており、農地に施肥されたリンが面源として河川に負荷されていると考えられる。また、河口から 4km 地点の区間の高い TP 値は、河口に広がる塩性河畔植生の底質における還元環境下での難溶性リン酸塩からのリン酸イオンの溶出が原因として考えられる。

#### 4-3 全有機炭素

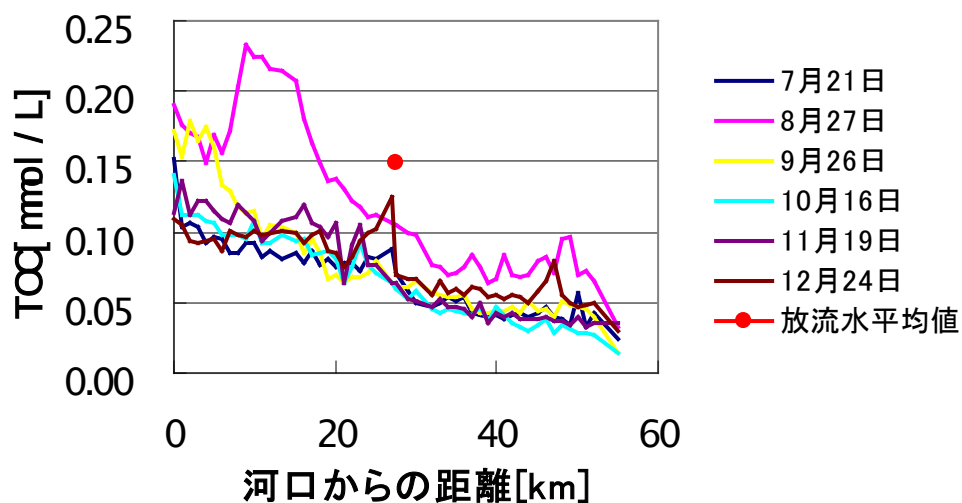


図 4.4 山国川における全有機炭素の測定結果

図 4.4 は山国川における全有機炭素の測定結果および耶馬溪ダム放流水の 9 月 26 日～12 月 24 日の測定結果の平均値を示したグラフである。

図 4.4 より全有機炭素は、源流の約 0.02mmol/L から河口に向かって単調増加し、約 0.15mmol/L となっており、流域全体に負荷があることがわかる。河口から 13.5km 地点より下流域と上流域で回帰分析を行い、回帰直線の傾きを分散分析した結果、上流域より有意に大きくなった。これより、都市域での全有機炭素負荷が森林、農地を流域に持つ区間と比較して高いことがわかった。また、27.5km 地点において点源汚染が確認できる。この地点は耶馬溪ダム放流水が流入する地点であり、ダム放流水の TOC が 0.15mmol/L 前後で推移している。このことから、点源負荷の原因がダム放流水によるものと考えられるが、因果関係を明らかにするにはフラックス等の調査を行う必要がある。

#### 4-4 硫酸イオン

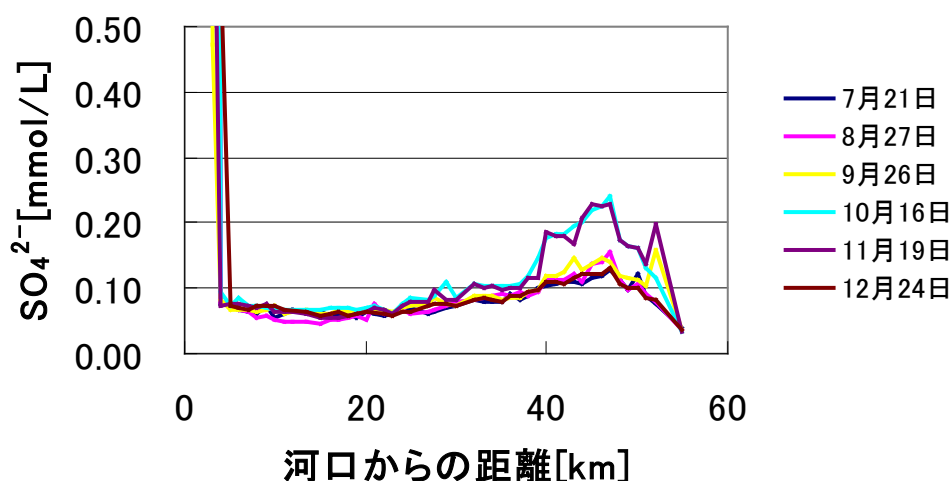


図 4.5 山国川における硫酸イオン測定結果

図 4.5 は山国川における硫酸イオンの測定結果を示したグラフである。硫酸イオンは河口から 40km 地点より上流の区間で 0.04~0.24mmol/L、40km 地点より下流では、河口につづくにつれ約 0.1mmol/L から 0.06mmol/L に減少し、河口付近では 20.0mmol/L になった。

硫酸イオン濃度は河口から 4km 地点での急な濃度変化と 20km 地点から 52km 地点の区間で高い値を示している。特に 40km から 52km 地点の区間に大きな負荷が見られ、この区間の硫酸イオンの負荷が山国川の特徴と言える。4km より下流域での濃度の上昇は、海水の流入によるものと考えられる。

#### 4-5 他河川との比較

##### 4-5-1 比較河川の概要

遠賀川水系彦山川は、福岡県田川郡添田町の英彦山（標高約 1200m）を源流にし、添田町、大任町、田川市を流れ、遠賀川と合流し、響灘に注いでいる。流域面積は 1026km<sup>2</sup>、流路延長 61km である。流域の土地利用は山地が約 80%、農地が約 16%、宅地等市街地が 6%となっている。流域内人口は約 67 万人であり、九州の一級河川では筑後川に次第二位である。

彦山川は山国川と同じ源流、流路延長を持ち、流域面積は山国川の約 2 倍、流域人口は約 20 倍ある。流域の土地利用が森林、農地である山国川と、人口、住宅地が集中している彦山川と比較することで両河川の面減汚染の実態を比較する。

比較データは、彦山川は 2004 年 4 月から 2006 年 5 月の平均値、山国川は 2010 年 7 月から 12 月の平均値を扱う。

#### 4-5-2 窒素

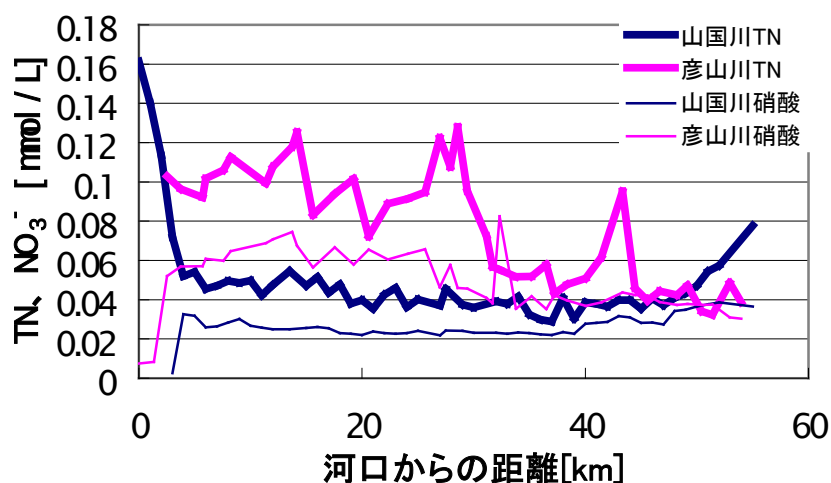


図 4.6 山国川、彦山川における窒素の分布

図 4.6 に山国川と彦山川における窒素の分布のグラフを示す。全窒素を見ると河口から 44km 地点から上流では、両河川ともに約 0.04mmol/L で推移し、44km 地点より下流では、山国川は 0.04mmol/L から 0.05mmol/L に微増しているのに対して、彦山川は 0.13mmol/L となっており、山国川と比較して、2 倍以上の値を示した。

硝酸態窒素については河口から 40km 地点より上流の区間では、両河川ともに約 0.03～0.04mmol/L で推移している。40km 地点より下流では、山国川は約 0.03mmol/L で推移しているが、彦山川は 0.04mmol/L から 0.07mmol/L と増加している。

このことより、彦山川は全窒素と硝酸イオンともに局地的な濃度の増加が見られる。30km 地点より下流は人口、増加に伴う面源汚染と点源汚染が見られる。また森林、農地の広がる 30km 地点より上流でも、濃度の増加が見られる。

彦山川は点源汚染と面源汚染の両方がある河川であり、山国川は面源汚染が中心である河川であると言える。

#### 4-5-3 リン

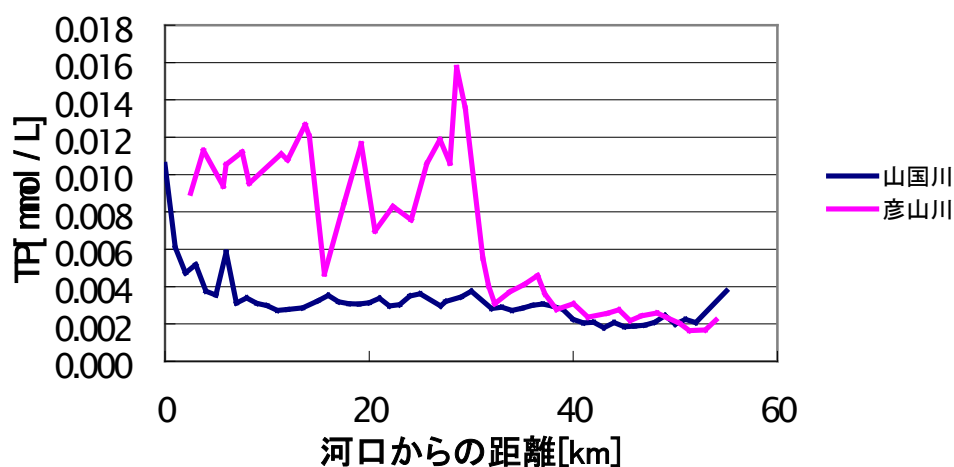


図 4.7 山国川、彦山川における全リンの分布

図 4.7 に山国川と彦山川における全リンの分布のグラフを示す。山国川は河口から 40km 地点より上流では約 0.002mmol/L で推移し、40km 地点より下流では約 0.003mmol/L、河口付近で 0.01mmol/L まで増加している。彦山川は河口から 30km 地点より上流では 0.002～0.004mmol/L で推移しているが、30km 地点より下流では最大で約 0.015mmol/L まで増加し、18km 地点より下流で約 0.01mmol/L となっている

このことより、彦山川では中流域より下流で住宅地や市街地が広がっており、生活排水由来と考えられ負荷が大きいことがわかる。山国川では河口域に塩湿地が発達しているため、河口域でのリン酸イオンの回帰が見られ、これが沿岸域の生物生産に貢献していると考えられる。

#### 4-5-4 硫酸イオン

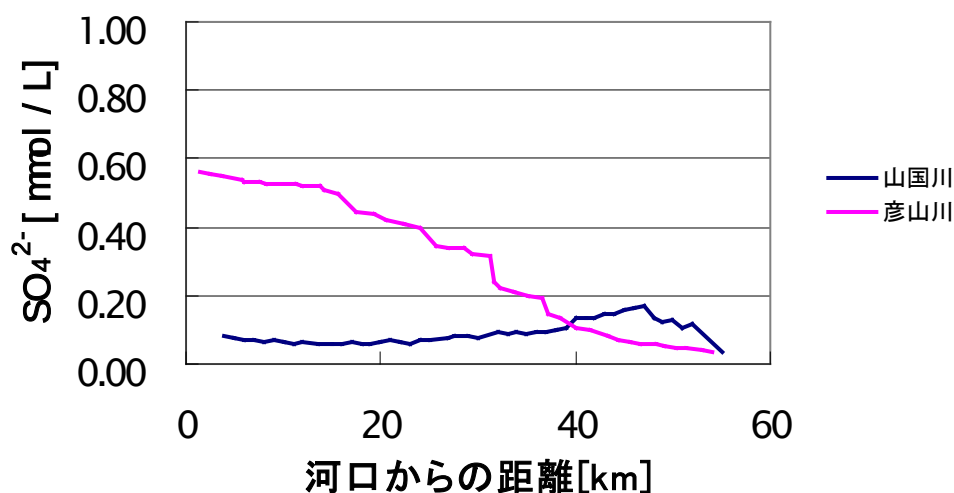


図 4.8 山国川、彦山川における硫酸イオンの分布

山国川における硫酸イオンの測定結果を示したグラフである。硫酸イオンは河口から 40km 地点より上流の区間で 0.04~0.24mmol/L、40km 地点より下流では、河口に近づくにつれ約 0.1mmol/L から 0.06mmol/L に減少している。彦山川は源流付近では、約 0.01mmol/L であるが、河口に近づくにつれて増加し、河口付近では約 0.6mmol/L になっている。

彦山川では河口から 40km 地点から下流での、旧炭坑由来と考えられる面的負荷が見られた。山国川は 40km 地点から上流で面的負荷があるが、原因の特定にはいたらなかった。

## 5. 結論

以上の結果より、山国川において窒素は森林からの硝酸態窒素による面的負荷、リンは農地からの面的負荷、河口域ではリン酸イオンの回帰による増加が認められた。有機物は河川全体での負荷が認められた。硫酸イオンは他の河川と比べて、上流域での負荷が認められたが、原因の特定には至らなかった。

また、今回は晴天時のみの調査であり、河川の面源汚染を考える上で降雨時の流出特性を把握することが重要であり、降雨時の調査、測定を行い、さらに地理情報システム (GIS) を用いて土地利用と河川水質の関連を見ていかなければならない。

これらを踏まえて、河川環境管理を行うために、今後、負荷の精確な評価を行うために森林地域での硝酸態窒素の流出機構、農地でのリンの流出機構を解明し、対策する必要がある。

## 6. 謝辞

本研究を行うにあたり、国土交通省九州河川局山国川河川事務所の方々、山国川流域住民の方々に多大な協力を頂きました。ここに記して深く感謝の意を表します。

## 7. 参考文献

- (1) 日本水環境学会 ノンポイント汚染研究委員会 都市・流域部会  
<http://www.jswe-nonpoint.com/1/index.html>
- (2) 山国川河川事務所 山国川水系の流域及び河川の概要(案) 第1章 流域の自然状況
- (3) 柴田英昭 大気－森林－河川系の窒素移動と循環 p78-80
- (4) 竹内誠 (1997) 農地からの窒素・リンの流出 日本土壌肥科学雑誌第 68 巻第 6 号 p708-712
- (5) 新矢将尚(2008) ノンポイント汚染-雨天時水質汚濁の現状と対策-生活衛生 Vol.52 No.2 p87-97
- (6) 石塚正秀、寺本健士、紺野雅代、井伊博行、平田健正(2005) 紀ノ川下流の淡水域・汽水域における冬季から夏季の栄養塩・植物プランクトンの現地調査 水工学論文集 第 49 巻 p1591-1524
- (7) 杉山直樹、山田俊郎、橘治国(1998) 森林河川の水質特性-漁川を例として- 衛生工学シンポジウム論文集 p264-269
- (8) 井出淳一郎 水系の水質形成過程における森林の水質浄化機能の検討 p3-8
- (9) 木村園子ドロテア、岡崎正規(2008) 多摩川流域における土地利用と河川水窒素濃度との関係 Journal of Geography 117(2) p553-560
- (10) 石川智英(2008) 筑後川全流域調査によるリン、窒素、イオウの空間変動特性と他の河川との比較 p4-19
- (11) 松根啓士(2006) フーリエ変換を用いた遠賀川流域における全窒素・全リンの濃度分布解析法の検討 p3-26
- (12) 藤永大輔(2004) 河川水質中の窒素及びリンの時空間分布 p4-28
- (13) 若松考志 木平英一 新藤純子 吉岡崇仁 岡本勝男 板谷明美 金玖植(2006) わが国における渓流水のリン酸態リン濃度とその規定要因 水環境学会誌 Vol29 No.11 p679-686
- (14) 篠宮佳樹 山田毅 稲垣善行 鳥居厚志(2006) 四万十川源流部の森林における降雨時の硝酸態窒素流出特性 水環境学会誌 Vol29 No.11 p723-729

8. 付録  
pH

表 8.1 山国川における pH の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 6 月  | 7 月  | 8 月  | 9 月  | 10 月 | 11 月 | 12 月 |
|-----------------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|
| 0               | 河口        | 6.87 | 7.65 | 7.58 | 6.78 | 7.88 | 7.61 | 7.32 |
| 1               | 河口2       | 7.38 | 7.74 | 7.68 | 7.09 | 7.9  | 7.81 | 7.4  |
| 2               | 山国橋       | 7.06 | 7.62 | 7.64 | 7.26 | 8.02 | 7.86 | 7.7  |
| 3               | 山国大橋      | 6.96 | 7.52 | 7.6  | 7.42 | 8.06 | 7.97 | 7.87 |
| 4               | 山国大橋2     | 6.88 | 7.32 | 7.76 | 7.56 | 8.19 | 7.9  |      |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 6.89 | 7.31 | 7.6  | 7.43 | 8.28 | 7.82 | 7.75 |
| 6               | 市場橋2      |      | 7.26 | 7.52 | 7.4  | 8.31 | 7.77 | 7.55 |
| 7               | 恒久橋       | 6.88 | 7.26 | 7.47 | 7.33 | 8.33 | 7.78 | 7.47 |
| 8               | 新山国大橋     | 6.88 | 7.22 | 7.43 | 7.29 | 7.91 | 7.74 | 7.35 |
| 9               | 新山国大橋2    | 6.88 | 7.25 | 7.44 | 7.26 | 8    | 7.59 | 7.36 |
| 10              | 新山国大橋3    | 6.87 | 7.23 | 7.36 | 7.28 | 7.89 | 7.61 | 7.32 |
| 11              | 三原橋       |      | 7.55 | 7.34 | 7.34 | 7.82 | 7.57 | 7.32 |
| 12              | 三原橋 2     |      | 7.46 | 7.34 | 7.33 | 7.82 | 7.59 |      |

|      |        |      |      |      |      |      |      |      |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|
| 13.5 | 三原橋 3  |      | 7.39 | 7.3  | 7.33 | 7.9  | 7.69 | 7.34 |
| 15   | 太平橋    | 6.83 | 7.32 | 7.3  | 7.3  | 7.88 | 7.69 | 7.35 |
| 16   | 青の洞門   | 6.89 | 7.41 | 7.27 | 7.33 | 7.81 | 7.66 | 7.27 |
| 17   | 羅渚橋    | 6.87 | 7.42 | 7.3  | 7.33 | 7.74 | 7.57 | 7.32 |
| 18   | 七仙橋    | 6.83 | 7.57 | 7.28 | 7.36 | 7.77 | 7.53 | 7.34 |
| 19   | 平瀬橋    | 6.88 | 7.59 | 7.29 | 7.4  | 7.75 | 7.59 | 7.34 |
| 20   | 中川原橋   | 6.86 | 7.66 | 7.3  | 7.37 | 7.72 | 7.57 | 7.33 |
| 21   | 馬溪橋    | 6.79 | 7.38 | 7.32 | 7.43 | 7.71 | 7.49 | 7.35 |
| 22   | きい橋    | 6.82 | 7.34 | 7.3  | 7.43 | 7.74 | 7.53 | 7.4  |
| 23   | 小友田橋   | 6.83 | 7.37 | 7.33 | 7.46 | 7.83 | 7.63 | 7.33 |
| 24   | 津民大橋   | 6.82 | 7.28 | 7.32 | 7.43 | 7.84 | 7.62 | 7.42 |
| 25   | サイクリング | 6.86 | 7.33 | 7.32 | 7.44 | 7.77 | 7.59 | 7.3  |
| 27   | 中津笛橋   | 6.82 | 7.28 | 7.32 | 7.45 | 7.88 | 7.69 | 7.36 |
| 27.5 | ダム水合流  | 6.84 | 7.28 | 7.32 | 7.47 | 7.88 | 7.7  | 7.39 |
| 29   | やながひろ橋 | 6.85 | 7.37 | 7.35 | 7.45 | 7.84 | 7.68 | 7.3  |
| 30   | とよ入り口  | 6.85 | 7.33 | 7.32 | 7.47 | 7.87 | 7.7  | 7.4  |
| 32   | 金吉橋    | 6.82 | 7.36 | 7.34 | 7.54 | 7.85 | 7.71 | 7.45 |
| 33   | みやその橋  | 6.83 | 7.35 | 7.36 | 7.31 | 7.61 | 7.39 | 7.38 |
| 34   | 江渚橋    | 6.85 | 7.34 | 7.37 | 7.31 | 7.68 | 7.36 | 7.41 |
| 35   | 名称不明①  | 6.91 | 7.4  | 7.37 | 7.35 | 7.67 | 7.42 | 7.51 |
| 36   | 諏訪橋    | 6.88 | 7.36 | 7.39 | 7.37 | 7.72 | 7.45 | 7.61 |
| 37   | 御幸橋    | 6.18 | 7.4  | 7.37 | 7.41 | 7.82 | 7.59 | 7.62 |
| 38   | 大勢橋    | 6.26 | 7.34 | 7.38 | 7.4  | 7.81 | 7.63 | 7.6  |
| 39   | 中央橋    | 6.22 | 7.35 | 7.4  | 7.38 | 7.76 | 7.59 | 7.55 |
| 40   | ひこみ橋   | 6.3  | 7.27 | 7.37 | 7.37 | 7.75 | 7.55 | 7.57 |
| 41   | 飛雲橋    | 6.02 | 7.28 | 7.38 | 7.39 | 7.71 | 7.47 | 7.44 |
| 42   | 名称不明②  |      | 7.26 | 7.45 | 7.34 | 7.72 | 7.47 | 7.46 |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  |      | 7.22 | 7.45 | 7.29 | 7.62 | 7.43 | 7.44 |
| 44   | 念仏橋    | 6.27 | 7.22 | 7.43 | 7.3  | 7.6  | 7.41 | 7.39 |
| 45   | 田良川橋   | 6.35 | 7.28 | 7.42 | 7.31 | 7.55 | 7.38 | 7.37 |
| 46   | 大曲橋    | 6.43 | 7.23 | 7.39 | 7.29 | 7.52 | 7.38 | 7.36 |
| 47   | 名称不明③  | 6.48 | 7.24 | 7.34 | 7.3  | 7.5  | 7.37 | 7.37 |
| 48   | 新谷橋    | 6.5  | 7.28 | 7.37 | 7.33 | 7.52 | 7.4  | 7.35 |
| 49   | 名称不明④  | 6.59 | 7.26 | 7.37 | 7.34 | 7.52 | 7.38 | 7.33 |
| 50   | 坂内橋    | 6.61 | 7.19 | 7.38 | 7.3  | 7.49 | 7.37 | 7.35 |

|    |       |      |      |      |      |      |      |      |
|----|-------|------|------|------|------|------|------|------|
| 51 | どうもと橋 | 6.66 | 7.22 | 7.39 | 7.3  | 7.51 | 7.36 | 7.28 |
| 52 | くわはら橋 | 6.67 | 7.11 | 7.37 | 7.3  | 7.49 | 7.37 | 7.31 |
| 55 | 山国川SP | 6.68 | 6.71 | 7.57 | 6.98 | 7.34 | 7.25 | 7.51 |
| 27 | 合流前   |      |      | 7.34 | 7.49 | 7.88 | 7.75 | 7.51 |
| 27 | ダム水   |      |      | 7.39 | 7.38 | 7.75 | 7.7  | 7.61 |

電気伝導度

表 8.2 山国川の電気伝導度[ $\mu$  M/cm]の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   |
|-----------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0               | 河口        | 32600 | 33100 | 11570 | 44100 | 43100 | 39200 |
| 1               | 河口2       | 10860 | 17130 | 27400 | 42300 | 37000 | 32000 |
| 2               | 山国橋       | 2550  | 11200 | 24900 | 41200 | 36700 | 4700  |
| 3               | 山国大橋      | 187.9 | 10580 | 4660  | 18010 | 3510  | 408   |
| 4               | 山国大橋2     | 92.7  | 112   | 142.5 | 194.5 | 125.1 |       |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 104.6 | 95.5  | 125.8 | 111.4 | 139.3 | 130.4 |
| 6               | 市場橋2      | 91.4  | 90.1  | 141.9 | 167.5 | 106.8 | 108.3 |
| 7               | 恒久橋       | 72.7  | 84.9  | 121.8 | 167.4 | 103.5 | 100.4 |
| 8               | 新山国大橋     | 72.2  | 85.2  | 111   | 168.4 | 105.3 | 105.6 |
| 9               | 新山国大橋2    | 76    | 79.2  | 115   | 181.2 | 105.8 | 97.1  |
| 10              | 新山国大橋3    | 69.9  | 79.3  | 99.7  | 135.4 | 105.5 | 131   |
| 11              | 三原橋       | 77.8  | 72.7  | 111.7 | 155.4 | 103.6 | 92.2  |
| 12              | 三原橋 2     | 71.9  | 75    | 106.4 | 137.8 | 100.9 |       |
| 13.5            | 三原橋 3     | 71.7  | 75.1  | 108.9 | 142.1 | 97.7  | 90.3  |
| 15              | 太平橋       | 71.3  | 74.1  | 114.5 | 121.2 | 97.3  | 93.6  |
| 16              | 青の洞門      | 73.9  | 79.9  | 106.3 | 146.3 | 105.9 | 95.4  |
| 17              | 羅瀨橋       | 63.5  | 79.5  | 116.4 | 99    | 95.9  | 95    |
| 18              | 七仙橋       | 66.2  | 80.8  | 96.5  | 121   | 94.2  | 88.8  |
| 19              | 平瀬橋       | 64.3  | 79.8  | 99.7  | 114.2 | 93.5  | 88.1  |
| 20              | 中川原橋      | 65.9  | 79.4  | 106.8 | 137.5 | 96.8  | 87.2  |
| 21              | 馬溪橋       | 65.6  | 80.4  | 99.3  | 148   | 101.6 | 90.6  |
| 22              | きい橋       | 65.1  | 79.2  | 103.9 | 105   | 99.6  | 90.5  |
| 23              | 小友田橋      | 66.3  | 79.9  | 103.5 | 119.1 | 92.5  | 86.9  |

|      |        |      |      |       |       |       |      |
|------|--------|------|------|-------|-------|-------|------|
| 24   | 津民大橋   | 65.9 | 86   | 96    | 110.5 | 99.6  | 89.2 |
| 25   | サイクリング | 67.5 | 83.5 | 106.6 | 118.1 | 101.1 | 91.9 |
| 27   | 中津笛橋   | 65.7 | 84.1 | 101.3 | 112.9 | 100.8 | 91.6 |
| 27.5 | ダム水合流  | 68   | 83.8 | 104.9 | 109.5 | 101.3 | 91   |
| 29   | やながひろ橋 | 70.1 | 85.6 | 100.3 | 123.7 | 104.2 | 94.7 |
| 30   | とよ入り口  | 70.9 | 86.3 | 104.6 | 122.4 | 105.7 | 94.2 |
| 32   | 金吉橋    | 73.3 | 85.6 | 95.1  | 138.9 | 109.1 | 92.3 |
| 33   | みやその橋  | 71.5 | 87.2 | 107   | 141.2 | 108.8 | 90.3 |
| 34   | 江渚橋    | 72.6 | 86   | 101.9 | 123.9 | 108.6 | 95.2 |
| 35   | 名称不明①  | 72.7 | 87.7 | 100.7 | 126.8 | 107.5 | 90.4 |
| 36   | 諏訪橋    | 72   | 87.1 | 96.3  | 135.3 | 108.8 | 93.1 |
| 37   | 御幸橋    | 71.9 | 89   | 96.9  | 129.3 | 107.8 | 91.7 |
| 38   | 大勢橋    | 73.1 | 86.5 | 96.1  | 125.1 | 108.8 | 89.3 |
| 39   | 中央橋    | 73   | 83.9 | 93.6  | 128.8 | 104.4 | 88   |
| 40   | ひこみ橋   | 74.3 | 88   | 94    | 124.4 | 114.4 | 89.2 |
| 41   | 飛雲橋    | 74.6 | 88.8 | 97.9  | 139.9 | 114.2 | 90.8 |
| 42   | 名称不明②  | 74.9 | 96.2 | 99.4  | 124.2 | 114.3 | 90.9 |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  | 74.3 | 88.2 | 97    | 125.4 | 116.6 | 90.3 |
| 44   | 念仏橋    | 74.3 | 88.2 | 99.8  | 127.9 | 115.8 | 84.5 |
| 45   | 田良川橋   | 74.6 | 90.1 | 99.1  | 138.4 | 116.5 | 84.1 |
| 46   | 大曲橋    | 76.3 | 88.8 | 100.1 | 134.1 | 116.9 | 83.6 |
| 47   | 名称不明③  | 80.8 | 94.1 | 105.1 | 132.1 | 118.8 | 83.9 |
| 48   | 新谷橋    | 77.2 | 92.1 | 105.4 | 121.9 | 116.4 | 85.6 |
| 49   | 名称不明④  | 77.4 | 90.5 | 105.2 | 116.6 | 113.3 | 83.2 |
| 50   | 坂内橋    | 75.2 | 88   | 99    | 115.3 | 110.7 | 81.5 |
| 51   | どうもと橋  | 73.8 | 87.4 | 98.9  | 109.5 | 107.8 | 77.9 |
| 52   | くわはら橋  | 6.99 | 90   | 92.1  | 103.5 | 397   | 74.8 |
| 55   | 山国川SP  | 36.2 | 45.3 | 59.6  | 59.8  | 44.1  | 35.9 |
| 27   | 山国川直前  | 99.9 | 85.3 | 99.9  | 122   | 104.5 | 91.9 |
| 27   | ダム水    | 86   | 62.8 | 86    | 83.2  | 75.7  | 82.5 |

全窒素

表 8.3 山国川における全窒素[mg/L]の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 |
|-----------------|------|----|----|----|-----|-----|-----|
|                 |      |    |    |    |     |     |     |

|      |           |       |       |       |       |       |       |
|------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0    | 河口        | 2.409 | 2.299 | 1.795 | 2.608 | 2.332 | 2.116 |
| 1    | 河口2       | 1.425 | 1.38  | 2.329 | 2.776 | 2.125 | 1.755 |
| 2    | 山国橋       | 0.951 | 1.207 | 1.933 | 2.563 | 2.215 | 0.656 |
| 3    | 山国大橋      | 0.837 | 1.047 | 1.619 | 1.315 | 0.498 | 0.73  |
| 4    | 山国大橋2     | 0.99  | 0.838 | 1.342 | 0.104 | 0.368 |       |
| 5    | 市場橋(事務所前) | 0.911 | 0.786 | 1.513 | 0.247 | 0.531 | 0.565 |
| 6    | 市場橋2      | 0.696 | 0.774 | 1.12  | 0.165 | 0.454 | 0.613 |
| 7    | 恒久橋       | 0.716 | 0.869 | 1.153 | 0.185 | 0.515 | 0.519 |
| 8    | 新山国大橋     | 0.996 | 0.729 | 1.164 | 0.309 | 0.354 | 0.617 |
| 9    | 新山国大橋2    | 0.995 | 0.963 | 1.045 | 0.188 | 0.266 | 0.63  |
| 10   | 新山国大橋3    | 0.693 | 1.196 | 1.252 | 0.249 | 0.238 | 0.548 |
| 11   | 三原橋       | 0.592 | 1.038 | 0.865 | 0.148 | 0.438 | 0.463 |
| 12   | 三原橋 2     | 0.692 | 1.071 | 0.894 | 0.34  | 0.322 |       |
| 13.5 | 三原橋 3     | 1.175 | 1.171 | 0.992 | 0.326 | 0.312 | 0.606 |
| 15   | 太平橋       | 0.753 | 1.364 | 0.934 | 0.133 | 0.319 | 0.459 |
| 16   | 青の洞門      | 0.743 | 1.044 | 0.863 | 0.285 | 0.849 | 0.541 |
| 17   | 羅渚橋       | 0.639 | 0.832 | 1.029 | 0.206 | 0.425 | 0.529 |
| 18   | 七仙橋       | 0.658 | 0.927 | 0.834 | 0.137 | 0.501 | 0.954 |
| 19   | 平瀬橋       | 0.644 | 0.717 | 0.751 | 0.323 | 0.31  | 0.452 |
| 20   | 中川原橋      | 0.661 | 0.786 | 0.792 | 0.169 | 0.465 | 0.468 |
| 21   | 馬溪橋       | 0.896 | 0.679 | 0.685 | 0.2   | 0.13  | 0.389 |
| 22   | きい橋       | 0.791 | 0.634 | 0.915 | 0.227 | 0.425 | 0.578 |
| 23   | 小友田橋      | 0.64  | 0.613 | 0.835 | 0.469 | 0.817 | 0.489 |
| 24   | 津民大橋      | 0.709 | 0.614 | 0.735 | 0.239 | 0.302 | 0.435 |
| 25   | サイクリング    | 0.637 | 0.694 | 0.834 | 0.279 | 0.397 | 0.526 |
| 27   | 中津笛橋      | 0.828 | 0.61  | 0.969 | 0.17  | 0.19  | 0.345 |
| 27.5 | ダム水合流     | 0.879 | 0.643 | 0.894 | 0.268 | 0.52  | 0.619 |
| 29   | やながひろ橋    | 0.64  | 0.561 | 1.009 | 0.259 | 0.269 | 0.412 |
| 30   | とよ入り口     | 0.627 | 0.542 | 0.777 | 0.313 | 0.348 | 0.417 |
| 32   | 金吉橋       | 1.431 | 0.545 | 0.718 | 0.104 | 0.149 | 0.342 |
| 33   | みやその橋     | 0.555 | 0.519 | 0.767 | 0.197 | 0.512 | 0.629 |
| 34   | 江渚橋       | 0.744 | 0.52  | 0.992 | 0.331 | 0.453 | 0.458 |
| 35   | 名称不明①     | 0.549 | 0.442 | 0.799 | 0.221 | 0.122 | 0.594 |
| 36   | 諏訪橋       | 0.649 | 0.368 | 0.741 | 0.158 | 0.211 | 0.375 |
| 37   | 御幸橋       | 0.473 | 0.47  | 0.711 | 0.206 | 0.175 | 0.394 |

|    |       |       |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 38 | 大勢橋   | 1.097 | 0.467 | 0.753 | 0.338 | 0.185 | 0.602 |
| 39 | 中央橋   | 0.583 | 0.422 | 0.771 | 0.2   | 0.164 | 0.405 |
| 40 | ひこみ橋  | 0.463 | 0.515 | 0.959 | 0.418 | 0.24  | 0.658 |
| 41 | 飛雲橋   | 0.423 | 0.535 | 0.993 | 0.364 | 0.29  | 0.578 |
| 42 | 名称不明② | 0.459 | 0.634 | 0.928 | 0.303 | 0.254 | 0.485 |
| 43 | 屋田ヶ瀬橋 | 0.504 | 0.727 | 0.889 | 0.332 | 0.355 | 0.537 |
| 44 | 念仏橋   | 0.468 | 0.678 | 0.93  | 0.415 | 0.298 | 0.554 |
| 45 | 田良川橋  | 0.581 | 0.6   | 0.825 | 0.337 | 0.262 | 0.362 |
| 46 | 大曲橋   | 0.504 | 0.611 | 1.074 | 0.374 | 0.558 | 0.283 |
| 47 | 名称不明③ | 0.768 | 0.473 | 0.856 | 0.433 | 0.206 | 0.389 |
| 48 | 新谷橋   | 0.621 | 0.631 | 1.062 | 0.455 | 0.319 | 0.351 |
| 49 | 名称不明④ | 0.466 | 0.722 | 0.996 | 0.461 | 0.303 | 0.677 |
| 50 | 坂内橋   | 0.525 | 0.821 | 1.181 | 0.509 | 0.418 | 0.507 |
| 51 | どうもと橋 | 0.576 | 0.747 | 1.268 | 0.973 | 0.501 | 0.512 |
| 52 | くわはら橋 | 1.116 | 0.796 | 1.057 | 0.698 | 0.677 | 0.477 |
| 55 | 山国川SP | 1.288 | 0.971 | 0.843 | 0.374 | 2.653 | 0.41  |
| 27 | 合流前   |       | 0.725 | 0.734 | 0.61  | 0.241 | 0.471 |
| 27 | ダム水   |       | 0.877 | 0.633 | 0.594 | 0.453 | 0.383 |

全リン

表 8.4 山国川における全リン[mg/L]の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 6月    | 7月    | 8月 | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   |
|-----------------|-----------|-------|-------|----|-------|-------|-------|-------|
| 0               | 河口        | 0.227 | 0.594 |    | 0.411 | 0.158 | 0.158 | 0.314 |
| 1               | 河口2       | 0.233 | 0.167 |    | 0.2   | 0.156 | 0.213 | 0.21  |
| 2               | 山国橋       | 0.204 | 0.116 |    | 0.16  | 0.178 | 0.159 | 0.118 |
| 3               | 山国大橋      | 0.229 | 0.203 |    | 0.216 | 0.129 | 0.138 | 0.117 |
| 4               | 山国大橋2     | 0.174 | 0.112 |    | 0.143 | 0.09  | 0.119 |       |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 0.17  |       |    | 0.17  | 0.075 | 0.101 | 0.092 |
| 6               | 市場橋2      |       | 0.315 |    | 0.315 | 0.072 | 0.114 | 0.089 |
| 7               | 恒久橋       | 0.148 | 0.092 |    | 0.12  | 0.077 | 0.101 | 0.093 |
| 8               | 新山国大橋     | 0.164 | 0.112 |    | 0.138 | 0.081 | 0.092 | 0.103 |
| 9               | 新山国大橋2    | 0.169 | 0.084 |    | 0.126 | 0.081 | 0.091 | 0.097 |
| 10              | 新山国大橋3    | 0.195 | 0.073 |    | 0.134 | 0.069 | 0.097 | 0.09  |
| 11              | 三原橋       |       | 0.078 |    | 0.078 | 0.063 | 0.105 | 0.098 |

|      |        |       |       |  |       |       |       |       |
|------|--------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|
| 12   | 三原橋 2  |       | 0.084 |  | 0.084 | 0.068 | 0.107 |       |
| 13.5 | 三原橋 3  |       | 0.077 |  | 0.077 | 0.084 | 0.107 | 0.1   |
| 15   | 太平橋    | 0.19  | 0.081 |  | 0.135 | 0.067 | 0.102 | 0.116 |
| 16   | 青の洞門   | 0.177 | 0.089 |  | 0.133 | 0.083 | 0.143 | 0.097 |
| 17   | 羅渚橋    | 0.173 | 0.068 |  | 0.121 | 0.091 | 0.105 | 0.106 |
| 18   | 七仙橋    | 0.168 | 0.076 |  | 0.122 | 0.08  | 0.105 | 0.095 |
| 19   | 平瀬橋    | 0.165 | 0.063 |  | 0.114 | 0.078 | 0.105 | 0.117 |
| 20   | 中川原橋   | 0.159 | 0.071 |  | 0.115 | 0.089 | 0.112 | 0.1   |
| 21   | 馬溪橋    | 0.159 | 0.114 |  | 0.137 | 0.087 | 0.097 | 0.09  |
| 22   | きい橋    | 0.167 | 0.051 |  | 0.109 | 0.095 | 0.106 | 0.098 |
| 23   | 小友田橋   | 0.154 | 0.071 |  | 0.112 | 0.087 | 0.106 | 0.095 |
| 24   | 津民大橋   | 0.25  | 0.082 |  | 0.166 | 0.081 | 0.111 | 0.102 |
| 25   | サイクリング | 0.164 | 0.1   |  | 0.132 | 0.115 | 0.116 | 0.096 |
| 27   | 中津笛橋   | 0.164 | 0.059 |  | 0.111 | 0.088 | 0.102 | 0.098 |
| 27.5 | ダム水合流  | 0.176 | 0.077 |  | 0.126 | 0.089 | 0.107 | 0.098 |
| 29   | やながひろ橋 | 0.185 | 0.099 |  | 0.142 | 0.086 | 0.108 | 0.1   |
| 30   | とよ入り口  | 0.165 | 0.089 |  | 0.127 | 0.104 | 0.134 | 0.127 |
| 32   | 金吉橋    | 0.168 | 0.07  |  | 0.119 | 0.068 | 0.089 | 0.091 |
| 33   | みやその橋  | 0.173 | 0.066 |  | 0.12  | 0.076 | 0.095 | 0.093 |
| 34   | 江渚橋    | 0.151 | 0.064 |  | 0.108 | 0.072 | 0.084 | 0.094 |
| 35   | 名称不明①  | 0.144 | 0.071 |  | 0.107 | 0.072 | 0.086 | 0.104 |
| 36   | 諏訪橋    | 0.148 | 0.073 |  | 0.111 | 0.077 | 0.099 | 0.105 |
| 37   | 御幸橋    | 0.131 | 0.078 |  | 0.104 | 0.084 | 0.108 | 0.102 |
| 38   | 大勢橋    | 0.119 | 0.075 |  | 0.097 | 0.077 | 0.104 | 0.104 |
| 39   | 中央橋    | 0.118 | 0.061 |  | 0.09  | 0.076 | 0.101 | 0.102 |
| 40   | ひこみ橋   | 0.137 | 0.036 |  | 0.087 | 0.048 | 0.086 | 0.091 |
| 41   | 飛雲橋    | 0.121 | 0.046 |  | 0.083 | 0.041 | 0.072 | 0.077 |
| 42   | 名称不明②  |       | 0.059 |  | 0.059 | 0.044 | 0.069 | 0.094 |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  |       | 0.037 |  | 0.037 | 0.043 | 0.067 | 0.095 |
| 44   | 念仏橋    | 0.112 | 0.049 |  | 0.08  | 0.04  | 0.081 | 0.072 |
| 45   | 田良川橋   | 0.108 | 0.034 |  | 0.071 | 0.041 | 0.07  | 0.07  |
| 46   | 大曲橋    | 0.105 | 0.035 |  | 0.07  | 0.036 | 0.071 | 0.08  |
| 47   | 名称不明③  | 0.109 | 0.045 |  | 0.077 | 0.035 | 0.066 | 0.077 |
| 48   | 新谷橋    | 0.113 | 0.057 |  | 0.085 | 0.035 | 0.069 | 0.078 |
| 49   | 名称不明④  | 0.114 | 0.08  |  | 0.097 | 0.048 | 0.072 | 0.084 |

|    |       |       |       |  |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|--|-------|-------|-------|-------|
| 50 | 坂内橋   | 0.111 | 0.04  |  | 0.076 | 0.046 | 0.067 | 0.08  |
| 51 | どうもと橋 | 0.103 | 0.056 |  | 0.079 | 0.044 | 0.069 | 0.099 |
| 52 | くわはら橋 | 0.097 | 0.046 |  | 0.071 | 0.046 | 0.078 | 0.078 |
| 55 | 山国川SP | 0.104 | 0.024 |  | 0.064 | 0.054 | 0.353 |       |
| 27 | 合流前   |       |       |  |       | 0.1   | 0.112 | 0.113 |
| 27 | ダム水   |       |       |  |       | 0.073 | 0.138 | 0.116 |

## TOC

表 8.5 山国川における TOC[mg/L]の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 6 月[mg/L] | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  |
|-----------------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0               | 河口        | 2.263     | 1.824 | 2.279 | 2.071 | 1.695 | 1.368 | 1.313 |
| 1               | 河口2       | 1.747     | 1.243 | 2.111 | 1.835 | 1.342 | 1.63  | 1.256 |
| 2               | 山国橋       | 2.19      | 1.283 | 2.047 | 2.142 | 1.351 | 1.341 | 1.12  |
| 3               | 山国大橋      | 1.782     | 1.242 | 2.007 | 1.974 | 1.343 | 1.46  | 1.106 |
| 4               | 山国大橋2     | 1.973     | 1.1   | 1.786 | 2.104 | 1.301 | 1.474 |       |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 1.549     | 1.166 | 2.025 | 1.932 | 1.273 | 1.385 | 1.139 |
| 6               | 市場橋2      |           | 1.142 | 1.867 | 1.606 | 1.169 | 1.312 | 1.039 |
| 7               | 恒久橋       | 1.475     | 1.02  | 2.062 | 1.546 | 1.178 | 1.283 | 1.216 |
| 8               | 新山国大橋     | 1.616     | 1.028 | 2.43  | 1.421 | 1.177 | 1.433 | 1.18  |
| 9               | 新山国大橋2    | 1.662     | 1.109 | 2.794 | 1.357 | 1.147 | 1.363 | 1.152 |
| 10              | 新山国大橋3    |           | 1.109 | 2.688 | 1.377 | 1.292 | 1.298 | 1.202 |
| 11              | 三原橋       |           | 0.986 | 2.7   | 1.144 | 1.104 | 1.126 | 1.181 |
| 12              | 三原橋 2     |           | 1.032 | 2.595 | 1.253 | 1.116 | 1.185 |       |
| 13.5            | 三原橋 3     |           | 0.974 | 2.573 | 1.248 | 1.18  | 1.297 | 1.217 |
| 15              | 太平橋       | 2.189     | 1.026 | 2.481 | 1.192 | 1.121 | 1.33  | 1.193 |
| 16              | 青の洞門      | 1.918     | 0.934 | 2.161 | 1.03  | 1.142 | 1.429 | 1.101 |
| 17              | 羅漕橋       | 1.759     | 1.032 | 1.96  | 1.15  | 1     | 1.28  | 1.177 |
| 18              | 七仙橋       | 1.908     | 0.922 | 1.784 | 1.019 | 1.021 | 1.246 | 1.202 |
| 19              | 平瀬橋       | 1.766     | 0.977 | 1.632 | 0.8   | 1.047 | 1.167 | 1.036 |
| 20              | 中川原橋      | 1.68      | 0.911 | 1.648 | 0.839 | 0.976 | 1.279 | 1.019 |
| 21              | 馬溪橋       | 1.833     | 0.933 | 1.572 | 0.767 | 0.759 | 0.775 | 0.907 |
| 22              | きい橋       | 1.824     | 0.946 | 1.468 | 0.826 | 0.909 | 1.089 | 0.994 |

|      |        |       |       |       |       |       |       |       |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 23   | 小友田橋   | 1.875 | 0.861 | 1.409 | 0.822 | 1.106 | 1.257 | 1.129 |
| 24   | 津民大橋   | 1.72  | 0.987 | 1.331 | 0.855 | 0.913 | 0.916 | 1.185 |
| 25   | サイクリング | 1.785 | 0.977 | 1.34  | 0.952 | 0.85  | 0.923 | 1.223 |
| 27   | 中津笛橋   | 1.966 | 1.057 | 1.271 | 0.77  | 0.769 | 0.766 | 1.497 |
| 27.5 | ダム水合流  | 1.487 | 0.855 | 1.253 | 0.737 | 0.724 | 0.772 | 0.839 |
| 29   | やながひろ橋 | 1.638 | 0.691 | 1.191 | 0.737 | 0.636 | 0.625 | 0.807 |
| 30   | とよ入り口  | 1.307 | 0.605 | 1.184 | 0.788 | 0.693 | 0.61  | 0.796 |
| 32   | 金吉橋    | 1.322 | 0.561 | 0.923 | 0.683 | 0.549 | 0.559 | 0.672 |
| 33   | みやその橋  | 1.289 | 0.589 | 0.9   | 0.666 | 0.512 | 0.632 | 0.781 |
| 34   | 江渚橋    | 1.276 | 0.647 | 0.835 | 0.643 | 0.541 | 0.557 | 0.675 |
| 35   | 名称不明①  | 1.134 | 0.613 | 0.859 | 0.655 | 0.536 | 0.57  | 0.723 |
| 36   | 諏訪橋    | 1.219 | 0.648 | 0.903 | 0.659 | 0.507 | 0.537 | 0.666 |
| 37   | 御幸橋    | 1.158 | 0.514 | 1.012 | 0.548 | 0.501 | 0.475 | 0.738 |
| 38   | 大勢橋    | 1.058 | 0.492 | 0.898 | 0.514 | 0.559 | 0.594 | 0.716 |
| 39   | 中央橋    | 1.242 | 0.483 | 0.772 | 0.509 | 0.444 | 0.421 | 0.651 |
| 40   | ひこみ橋   | 1.187 | 0.486 | 0.8   | 0.536 | 0.562 | 0.508 | 0.658 |
| 41   | 飛雲橋    | 1.077 | 0.465 | 0.999 | 0.536 |       | 0.48  | 0.638 |
| 42   | 名称不明②  |       | 0.502 | 0.829 | 0.562 | 0.423 | 0.505 | 0.667 |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  |       | 0.508 | 0.822 | 0.512 | 0.4   | 0.456 | 0.644 |
| 44   | 念仏橋    | 1.028 | 0.483 | 0.835 | 0.607 | 0.35  | 0.452 | 0.593 |
| 45   | 田良川橋   | 1.083 | 0.504 | 0.952 | 0.525 | 0.408 | 0.455 | 0.701 |
| 46   | 大曲橋    | 0.952 | 0.558 | 0.997 | 0.545 | 0.453 | 0.47  | 0.779 |
| 47   | 名称不明③  | 0.957 | 0.471 | 0.847 | 0.473 | 0.34  | 0.448 | 0.958 |
| 48   | 新谷橋    | 1.069 | 0.466 | 1.135 | 0.622 | 0.405 | 0.435 | 0.669 |
| 49   | 名称不明④  | 0.855 | 0.412 | 1.16  | 0.581 | 0.378 | 0.414 | 0.591 |
| 50   | 坂内橋    | 0.943 | 0.68  | 0.832 | 0.557 | 0.337 | 0.476 | 0.564 |
| 51   | どうもと橋  | 0.78  | 0.396 | 0.866 | 0.54  | 0.345 | 0.389 | 0.579 |
| 52   | くわはら橋  | 1.053 | 0.503 | 0.785 | 0.482 | 0.32  | 0.424 | 0.605 |
| 55   | 山国川SP  | 0.694 | 0.296 | 0.388 | 0.172 | 0.166 | 0.426 | 0.359 |
| 27   | 合流前    |       |       |       | 0.75  | 0.61  | 0.616 | 0.779 |
| 27   | ダム水    |       |       |       | 1.679 | 1.697 | 1.931 | 1.893 |

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

表 8.6 山国川における SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>[mg/L]の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 7月     | 8月     | 9月     | 10月    | 11月    | 12月    |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0               | 河口        | 1855.2 | 1703.4 | 530.92 | 2408.1 | 2335.7 | 2085.7 |
| 1               | 河口2       | 536.53 | 863.23 | 1385   | 2382.7 | 1515.8 | 1506.5 |
| 2               | 山国橋       | 233.58 | 505.89 | 1220.9 | 2251.4 | 1849.3 | 147.5  |
| 3               | 山国大橋      | 604.81 | 734.18 | 45.486 | 917.8  | 89.954 |        |
| 4               | 山国大橋2     | 7.2405 | 7.5625 | 7.8198 | 9.0718 | 7.1559 |        |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 7.2016 | 7.2055 | 6.5538 | 7.0551 | 7.2554 | 7.043  |
| 6               | 市場橋2      | 6.5505 | 6.3456 | 6.4274 | 8.1349 | 7.2874 | 6.6016 |
| 7               | 恒久橋       | 6.174  | 6.0319 | 6.3937 | 6.9664 | 6.9045 | 6.3004 |
| 8               | 新山国大橋     | 5.8862 | 5.2619 | 6.1166 | 6.9499 | 6.6062 | 7.0132 |
| 9               | 新山国大橋2    | 6.9944 | 5.5598 | 6.3967 | 6.8762 | 7.2385 | 7.0045 |
| 10              | 新山国大橋3    | 5.3008 | 5.0951 | 7.1186 | 6.3945 | 6.05   | 7.1315 |
| 11              | 三原橋       | 5.7595 | 4.7347 | 5.9403 | 6.4172 | 6.0907 | 6.3334 |
| 12              | 三原橋 2     | 6.5467 | 4.6971 | 6.27   |        | 6.1236 |        |
| 13.5            | 三原橋 3     | 5.8425 | 4.7111 | 6.3938 | 6.3454 | 5.7098 | 6.0089 |
| 15              | 太平橋       | 6.0174 | 4.5364 | 5.959  | 6.4442 | 5.3014 | 5.6116 |
| 16              | 青の洞門      | 5.5861 | 4.9033 | 5.9873 | 6.6668 | 5.2954 | 5.9944 |
| 17              | 羅瀨橋       | 5.811  | 4.9992 | 6.571  | 6.8119 | 5.3669 | 6.1259 |
| 18              | 七仙橋       | 5.7169 | 5.3332 | 6.2543 | 6.7823 | 5.4778 | 5.4394 |
| 19              | 平瀬橋       | 5.182  | 5.5423 | 6.1464 | 6.5369 | 5.9285 | 5.8166 |
| 20              | 中川原橋      | 6.2632 | 4.8352 | 6.2704 | 6.636  | 6.0846 | 6.1971 |
| 21              | 馬溪橋       | 5.8796 | 7.3522 | 6.294  | 7.1087 | 6.6175 |        |
| 22              | きい橋       | 5.4253 | 5.7863 | 6.4205 | 6.4691 | 6.338  | 5.8776 |
| 23              | 小友田橋      | 5.7832 | 5.8102 | 6.1485 | 5.9542 | 5.957  | 5.6383 |
| 24              | 津民大橋      | 6.4816 | 6.4053 | 6.8051 | 7.4194 | 7.0535 | 6.0349 |
| 25              | サイクリング    | 6.5863 | 5.9419 | 6.9479 | 8.2947 | 7.5284 | 6.2241 |
| 27              | 中津笛橋      | 5.9792 | 6.0018 | 7.4239 | 8.0463 | 7.7436 | 7.0012 |
| 27.5            | ダム水合流     | 6.249  | 6.5197 | 8.1132 | 8.3558 | 9.5062 | 7.2843 |
| 29              | やながひろ橋    | 6.6861 | 7.0022 | 7.3044 | 10.488 | 7.9226 | 7.2254 |
| 30              | とよ入り口     | 6.9719 | 7.5101 | 7.0748 | 8.1087 | 8.03   | 7.0196 |
| 32              | 金吉橋       | 7.8958 | 7.9245 | 8.5594 | 10.11  | 10.32  | 7.9471 |
| 33              | みやその橋     | 7.6401 | 8.1533 | 8.3832 | 9.8774 | 9.6205 | 8.0914 |
| 34              | 江瀨橋       | 7.5654 | 8.3604 | 8.5929 | 10.005 | 9.862  | 7.9161 |
| 35              | 名称不明①     | 7.6943 | 8.8515 | 7.9614 | 9.9916 | 9.4337 | 7.6875 |

|    |       |        |        |        |        |        |        |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 36 | 諏訪橋   | 8.8782 | 8.557  | 8.2976 | 10.087 | 9.8007 | 8.5777 |
| 37 | 御幸橋   | 7.9429 | 8.9684 | 8.1086 | 10.313 | 9.613  | 8.3877 |
| 38 | 大勢橋   | 8.4706 | 8.467  | 8.9943 | 11.509 | 11.132 | 8.9352 |
| 39 | 中央橋   | 9.5963 | 8.9529 | 9.4058 | 14.001 | 11.062 | 9.2322 |
| 40 | ひこみ橋  | 9.8342 | 10.831 | 11.288 | 17.003 | 17.731 | 10.565 |
| 41 | 飛雲橋   | 10.195 | 10.97  | 11.319 | 17.657 | 17.178 | 10.565 |
| 42 | 名称不明② | 10.432 | 10.886 | 12.033 | 17.594 | 17.262 | 10.371 |
| 43 | 屋田ヶ瀬橋 | 10.663 | 11.674 | 14.172 | 18.728 | 16.189 | 11.234 |
| 44 | 念仏橋   | 10.31  | 10.678 | 12.187 | 19.261 | 19.912 | 11.631 |
| 45 | 田良川橋  | 11.09  | 13.304 | 13.032 | 21.034 | 22.037 | 11.721 |
| 46 | 大曲橋   | 11.535 | 13.386 | 13.945 | 21.591 | 21.727 | 11.779 |
| 47 | 名称不明③ | 12.307 | 15.068 | 13.602 | 23.213 | 21.862 | 12.477 |
| 48 | 新谷橋   | 10.925 | 10.868 | 11.333 | 16.695 | 16.653 | 10.152 |
| 49 | 名称不明④ | 9.3323 | 9.4431 | 11.167 | 15.685 | 15.678 | 9.6317 |
| 50 | 坂内橋   | 11.838 | 10.228 | 10.769 | 15.47  | 15.502 | 9.7227 |
| 51 | どうもと橋 | 8.4619 | 8.9268 | 9.9576 | 12.717 | 13.084 | 8.2617 |
| 52 | くわはら橋 | 7.4156 | 7.7175 | 15.189 | 11.23  | 19.087 | 7.8218 |
| 55 | 山国川SP | 3.7238 | 3.624  | 3.5035 | 3.225  | 3.3444 | 3.5556 |
| 27 | 合流前   |        | 6.8522 | 8.1162 | 8.3452 | 8.394  | 7.3161 |
| 27 | ダム水   |        | 3.2793 | 3.7147 | 3.9355 | 3.5644 | 3.5379 |

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>

表 8.7 山国川における NO<sub>3</sub><sup>-</sup> [mg/L] の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 7月     | 8月     | 9月     | 10月    | 11月    | 12月    |
|-----------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 0               | 河口        |        |        |        |        |        |        |
| 1               | 河口2       |        |        |        |        |        |        |
| 2               | 山国橋       |        |        |        |        |        |        |
| 3               | 山国大橋      | 0.9438 |        |        |        |        |        |
| 4               | 山国大橋2     | 2.673  | 2.3478 | 3.5909 | 0.4682 | 0.8669 |        |
| 5               | 市場橋(事務所前) | 1.9349 | 2.3117 | 4.0976 | 0.5905 | 1.0428 | 1.6339 |
| 6               | 市場橋2      | 1.3505 | 1.6161 | 3.347  | 0.5714 | 0.8825 | 1.6923 |
| 7               | 恒久橋       | 1.4591 | 1.741  | 3.6136 | 0.5768 | 0.8123 | 1.4754 |
| 8               | 新山国大橋     | 1.3994 | 2.0102 | 3.4127 | 0.9193 | 0.8557 | 1.7776 |

|      |        |        |        |        |        |        |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 9    | 新山国大橋2 | 1.5048 | 2.7847 | 3.2032 | 0.6977 | 1.2004 | 1.6316 |
| 10   | 新山国大橋3 | 1.2627 | 2.4564 | 3.0739 | 0.5926 | 0.805  | 1.6199 |
| 11   | 三原橋    | 1.3235 | 2.7106 | 2.2908 | 0.6248 | 0.9219 | 1.5552 |
| 12   | 三原橋 2  | 1.1713 | 2.5689 | 2.3719 | 0.5938 | 0.9146 |        |
| 13.5 | 三原橋 3  | 1.3181 | 2.802  | 2.1468 | 0.641  | 0.7686 | 1.4295 |
| 15   | 太平橋    | 1.3718 | 2.8726 | 2.4614 | 0.6088 | 0.8029 | 1.263  |
| 16   | 青の洞門   | 1.3278 | 2.6207 | 2.3548 | 0.7119 | 1.0374 | 1.4828 |
| 17   | 羅瀨橋    | 1.2781 | 2.4674 | 2.4796 | 0.7337 | 0.9091 | 1.4638 |
| 18   | 七仙橋    | 1.2045 | 2.3575 | 2.1203 | 0.4646 | 0.8081 | 1.4348 |
| 19   | 平瀬橋    | 1.171  | 2.2605 | 1.9548 | 0.6276 | 0.8344 | 1.4577 |
| 20   | 中川原橋   | 1.3585 | 1.85   | 1.954  | 0.6155 | 0.8242 | 1.474  |
| 21   | 馬溪橋    | 1.2361 | 2.5829 | 2.1689 | 0.601  | 0.6541 | 1.4642 |
| 22   | きい橋    | 1.1104 | 2.1744 | 2.0921 | 0.7163 | 0.8723 | 1.4193 |
| 23   | 小友田橋   | 1.324  | 1.9961 | 2.0164 | 0.7984 | 0.8498 | 1.2836 |
| 24   | 津民大橋   | 1.3667 | 1.7868 | 2.125  | 0.7771 | 0.8787 | 1.4617 |
| 25   | サイクリング | 1.4542 | 1.6944 | 2.1176 | 1.0552 | 0.9993 | 1.5056 |
| 27   | 中津笛橋   | 1.3493 | 1.7242 | 1.9644 | 0.7294 | 0.6825 | 1.523  |
| 27.5 | ダム水合流  | 1.3392 | 1.8395 | 2.3718 | 0.7582 | 0.9643 | 1.6293 |
| 29   | やながひろ橋 | 1.4153 | 2.0716 | 2.2113 | 1.0431 | 0.5617 | 1.5441 |
| 30   | とよ入り口  | 1.362  | 1.7519 | 2.2297 | 0.7785 | 0.7651 | 1.6049 |
| 32   | 金吉橋    | 1.4207 | 1.8248 | 2.2461 | 0.7078 | 0.6866 | 1.5888 |
| 33   | みやその橋  | 1.3391 | 1.7738 | 2.4101 | 0.7485 | 0.2127 | 1.7949 |
| 34   | 江瀨橋    | 1.2607 | 1.7926 | 2.2642 | 0.8169 | 0.7314 | 1.6416 |
| 35   | 名称不明①  | 1.3314 | 1.4931 | 2.0503 | 1.4256 | 0.6676 | 1.4623 |
| 36   | 諏訪橋    | 1.3895 | 1.4222 | 2.014  | 1.0419 | 0.7625 | 1.5423 |
| 37   | 御幸橋    | 1.4174 | 1.4281 | 2.0886 | 0.8506 | 0.6991 | 1.565  |
| 38   | 大勢橋    | 1.4044 | 1.5005 | 2.2789 | 1.056  | 0.8314 | 1.548  |
| 39   | 中央橋    | 1.2028 | 1.589  | 2.1536 | 1.0459 | 0.7644 | 1.5617 |
| 40   | ひこみ橋   | 1.3759 | 1.9401 | 2.5435 | 1.3208 | 1.2115 | 1.7613 |
| 41   | 飛雲橋    | 1.4283 | 2.0515 | 2.6083 | 1.3774 | 1.0711 | 1.7661 |
| 42   | 名称不明②  | 1.4483 | 2.296  | 2.5315 | 1.304  | 1.0804 | 1.814  |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  | 1.3051 | 3.2822 | 2.6596 | 1.3937 | 0.9957 | 1.9478 |
| 44   | 念仏橋    | 1.3091 | 2.1917 | 2.5192 | 1.3643 | 1.263  | 2.7078 |
| 45   | 田良川橋   | 1.1616 | 2.2376 | 2.5018 | 1.3096 | 1.1275 | 2.0016 |
| 46   | 大曲橋    | 1.2441 | 2.1676 | 2.4896 | 1.461  | 1.1619 | 1.8566 |

|    |       |        |        |        |        |        |        |
|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 47 | 名称不明③ | 1.3238 | 1.9859 | 2.3534 | 1.5016 | 1.0798 | 1.7889 |
| 48 | 新谷橋   | 1.5721 | 2.4912 | 2.9048 | 1.7928 | 1.4595 | 2.3156 |
| 49 | 名称不明④ | 1.5145 | 2.3724 | 3.2197 | 1.8252 | 1.5433 | 2.2921 |
| 50 | 坂内橋   | 1.6928 | 2.6158 | 3.1732 | 2.0081 | 1.5225 | 2.3833 |
| 51 | どうもと橋 | 1.5662 | 2.7779 | 3.6077 | 1.8986 | 1.646  | 2.2856 |
| 52 | くわはら橋 | 1.6216 | 2.63   | 3.372  | 2.2137 | 1.8469 | 2.4866 |
| 55 | 山国川SP | 2.599  | 2.0213 | 3.2959 | 1.8987 | 1.5591 | 2.0008 |
| 27 | 合流前   |        | 1.8266 | 2.3541 | 0.7353 | 0.6223 | 1.5386 |
| 27 | ダム水   |        | 2.8019 | 1.4918 | 1.3404 | 1.3433 | 1.5229 |

NH<sub>4</sub><sup>+</sup>

表 8.8 山国川における NH<sub>4</sub><sup>+</sup> [mg/L] の測定結果

| 河口からの<br>距離(km) | 最寄の橋      | 7月     | 8月 | 9月 | 10月    | 11月 | 12月    |
|-----------------|-----------|--------|----|----|--------|-----|--------|
| 0               | 河口        |        |    |    |        |     |        |
| 1               | 河口2       |        |    |    |        |     |        |
| 2               | 山国橋       |        |    |    |        |     |        |
| 3               | 山国大橋      |        |    |    |        |     | 1.963  |
| 4               | 山国大橋2     |        |    |    |        |     |        |
| 5               | 市場橋(事務所前) |        |    |    |        |     |        |
| 6               | 市場橋2      |        |    |    | 0.0767 |     | 0.018  |
| 7               | 恒久橋       |        |    |    |        |     |        |
| 8               | 新山国大橋     | 0.0307 |    |    |        |     |        |
| 9               | 新山国大橋2    |        |    |    |        |     |        |
| 10              | 新山国大橋3    |        |    |    |        |     |        |
| 11              | 三原橋       |        |    |    |        |     |        |
| 12              | 三原橋 2     | 0.1196 |    |    |        |     |        |
| 13.5            | 三原橋 3     |        |    |    |        |     | 0.0124 |
| 15              | 太平橋       |        |    |    |        |     |        |
| 16              | 青の洞門      |        |    |    |        |     |        |
| 17              | 羅渚橋       |        |    |    |        |     |        |
| 18              | 七仙橋       |        |    |    |        |     |        |
| 19              | 平瀬橋       |        |    |    |        |     |        |
| 20              | 中川原橋      |        |    |    |        |     |        |
| 21              | 馬溪橋       | 0.0555 |    |    |        |     | 0.1606 |

|      |        |        |        |        |        |  |        |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--|--------|
| 22   | きい橋    |        | 0.0543 |        |        |  |        |
| 23   | 小友田橋   |        | 0.065  |        |        |  |        |
| 24   | 津民大橋   |        |        |        |        |  |        |
| 25   | サイクリング | 0.0729 | 0.019  |        |        |  |        |
| 27   | 中津笛橋   |        |        |        |        |  | 0.0225 |
| 27.5 | ダム水合流  |        |        |        |        |  |        |
| 29   | やながひろ橋 |        | 0.0286 |        |        |  |        |
| 30   | とよ入り口  | 0.0363 | 0.037  |        |        |  |        |
| 32   | 金吉橋    |        | 0.0634 |        |        |  |        |
| 33   | みやその橋  |        |        |        |        |  |        |
| 34   | 江渚橋    |        |        |        |        |  |        |
| 35   | 名称不明①  |        |        |        | 0.0205 |  |        |
| 36   | 諏訪橋    |        |        |        |        |  |        |
| 37   | 御幸橋    |        |        |        |        |  |        |
| 38   | 大勢橋    |        |        |        |        |  | 0.024  |
| 39   | 中央橋    |        |        |        | 0.0561 |  |        |
| 40   | ひこみ橋   | 0.0688 |        |        |        |  |        |
| 41   | 飛雲橋    | 0.0457 |        |        |        |  |        |
| 42   | 名称不明②  |        |        |        |        |  |        |
| 43   | 屋田ヶ瀬橋  |        |        |        |        |  |        |
| 44   | 念仏橋    |        |        |        |        |  | 0.1187 |
| 45   | 田良川橋   |        |        |        |        |  | 0.0153 |
| 46   | 大曲橋    |        |        |        |        |  |        |
| 47   | 名称不明③  |        |        |        |        |  |        |
| 48   | 新谷橋    | 0.032  |        |        |        |  |        |
| 49   | 名称不明④  |        |        |        |        |  |        |
| 50   | 坂内橋    |        | 0.0893 |        |        |  |        |
| 51   | どうもと橋  | 0.2829 |        |        |        |  |        |
| 52   | くわはら橋  | 0.0495 |        | 0.0311 |        |  |        |
| 55   | 山国川SP  |        |        |        |        |  | 0.0512 |
|      | 合流前    |        |        |        |        |  |        |
|      | ダム水    |        | 0.0192 |        |        |  |        |

彦山川採水地点

表 8.9 彦山川の採水地点

| 源流からの<br>距離[km] | 名称             | 北緯    |    |    |    | 東経    |     |    |    | 標高<br>m |
|-----------------|----------------|-------|----|----|----|-------|-----|----|----|---------|
|                 |                | 度     | 度  | 分  | 秒  | 度     | 度   | 分  | 秒  |         |
| 0               | HGS(彦山源流スペシャル) | 33.46 | 33 | 27 | 30 | 130.9 | 130 | 54 | 48 |         |
| 1.04            | HGR(彦山源流)      | 33.46 | 33 | 27 | 44 | 130.9 | 130 | 55 | 25 | 746     |
| 2.59            | 彦山大権現付近        | 33.47 | 33 | 27 | 58 | 130.9 | 130 | 54 | 27 | 679     |
| 3.57            | しゃくなげ荘         | 33.47 | 33 | 28 | 18 | 130.9 | 130 | 53 | 57 | 475     |
| 4.83            | 深倉園地 障子橋       | 33.48 | 33 | 28 | 43 | 130.9 | 130 | 53 | 18 | 319     |
| 5.78            | 仙道橋            | 33.49 | 33 | 29 | 9  | 130.9 | 130 | 52 | 58 | 289     |
| 7.32            | ひこさん駅          | 33.5  | 33 | 29 | 44 | 130.9 | 130 | 52 | 15 | 195     |
| 8.4             | 英彦中学校          | 33.5  | 33 | 30 | 17 | 130.9 | 130 | 52 | 1  | 177     |
| 9.52            | KBH(解剖の碑)      | 33.51 | 33 | 30 | 52 | 130.9 | 130 | 51 | 49 | 146     |
| 10.65           | 柳原バス停付近、宮平食品   | 33.52 | 33 | 31 | 28 | 130.9 | 130 | 51 | 58 | 147     |
| 12.54           | 枳田付近、きふねばし     | 33.54 | 33 | 32 | 29 | 130.9 | 130 | 51 | 49 | 111     |
| 13.95           | 野田第 2 排水樋管     | 33.55 | 33 | 33 | 15 | 130.9 | 130 | 51 | 50 | 89      |
| 15.61           | ビューティサロンやまぐち   | 33.57 | 33 | 34 | 0  | 130.9 | 130 | 51 | 14 | 75      |
| 16.74           | 岩瀬二号橋          | 33.58 | 33 | 34 | 35 | 130.9 | 130 | 51 | 0  | 74      |
| 17.48           | 丹波堰            | 33.58 | 33 | 34 | 58 | 130.8 | 130 | 50 | 51 | 70      |
| 18.8            | DGB(大行事橋)      | 33.59 | 33 | 35 | 25 | 130.9 | 130 | 51 | 31 | 51      |
| 20.19           | 梅田バス停 田川農協     | 33.6  | 33 | 36 | 10 | 130.9 | 130 | 51 | 25 | 65      |
| 21.67           | 上今任バス停付近(今任橋)  | 33.62 | 33 | 36 | 55 | 130.9 | 130 | 51 | 5  | 63      |
| 22.28           | 六本松橋(出雲大社)     | 33.62 | 33 | 37 | 13 | 130.8 | 130 | 50 | 55 | 41      |
| 22.83           | ITD(今任)        | 33.62 | 33 | 37 | 26 | 130.8 | 130 | 50 | 40 | 36      |
| 24.56           | 鎮西中学校前(経塚橋)    | 33.64 | 33 | 38 | 8  | 130.8 | 130 | 49 | 55 | 49      |
| 25.41           | 成導寺橋           | 33.64 | 33 | 38 | 23 | 130.8 | 130 | 49 | 27 | 43      |
| 26.06           | 小坂産婦人科前        | 33.64 | 33 | 38 | 34 | 130.8 | 130 | 49 | 5  | 30      |
| 27.03           | SIO(下伊田、永浦橋)   | 33.65 | 33 | 38 | 56 | 130.8 | 130 | 48 | 38 | 25      |
| 28.33           | 天台律教英彦山(高柳堰)   | 33.66 | 33 | 39 | 35 | 130.8 | 130 | 48 | 18 | 42      |
| 29.87           | 金田大橋           | 33.67 | 33 | 40 | 14 | 130.8 | 130 | 47 | 40 | 30      |
| 31.66           | 宝見橋            | 33.68 | 33 | 40 | 57 | 130.8 | 130 | 46 | 53 | 24      |
| 33.39           | 上野橋            | 33.7  | 33 | 41 | 49 | 130.8 | 130 | 46 | 27 | 23      |
| 34.74           | 上野病院(井土バス停付近)  | 33.71 | 33 | 42 | 28 | 130.8 | 130 | 46 | 3  | 32      |
| 36.42           | NGB(岡森堰)       | 33.72 | 33 | 43 | 0  | 130.8 | 130 | 45 | 10 | 24      |
| 38.37           | 境橋             | 33.73 | 33 | 43 | 41 | 130.7 | 130 | 44 | 12 | 31      |

|       |               |       |    |    |    |       |     |    |    |    |
|-------|---------------|-------|----|----|----|-------|-----|----|----|----|
| 39.82 | 筑豊電鉄鉄橋下       | 33.75 | 33 | 45 | 13 | 130.7 | 130 | 43 | 57 | 20 |
| 40.23 | 野島製作所         | 33.76 | 33 | 45 | 42 | 130.7 | 130 | 43 | 41 | 21 |
| 41.96 | KYS(木屋瀬)      | 33.78 | 33 | 46 | 34 | 130.7 | 130 | 43 | 15 | 25 |
| 42.59 | 楠橋ポンプ場        | 33.78 | 33 | 46 | 53 | 130.7 | 130 | 43 | 6  | 15 |
| 45.74 | ENEOS 瓜生石油前   | 33.81 | 33 | 48 | 30 | 130.7 | 130 | 42 | 27 | 20 |
| 46.42 | 中間市役所前        | 33.81 | 33 | 48 | 51 | 130.7 | 130 | 42 | 36 | 22 |
| 47.98 | 中鶴グラウンド       | 33.83 | 33 | 49 | 34 | 130.7 | 130 | 42 | 4  | 10 |
| 48.26 | 中間大橋          | 33.83 | 33 | 49 | 41 | 130.7 | 130 | 41 | 57 | 14 |
| 50.21 | 立屋敷遺跡あと       | 33.84 | 33 | 50 | 36 | 130.7 | 130 | 41 | 19 | 14 |
| 51.46 | 広渡バス停         | 33.85 | 33 | 51 | 10 | 130.7 | 130 | 40 | 52 | 18 |
| 52.63 | MRP(みどりんぱあーく) | 33.86 | 33 | 51 | 47 | 130.7 | 130 | 41 | 2  | 10 |
| 53.98 | 遠賀川漕艇場        | 33.87 | 33 | 52 | 28 | 130.7 | 130 | 40 | 43 | 14 |