

卒業論文

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

2006 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

松根 啓士

目次（頁数）

- 1．要旨/Abstract（3）
- 2．緒言（4）
- 3．測定方法（5～7）
 - 3-1．調査地点
 - 3-2．サンプリング
 - 3-3．全窒素測定法
 - 3-4．全リン測定法
 - 3-5．硝酸態窒素、アンモニア態窒素測定法
- 4．解析方法（7～8）
 - 4-1．Microsoft Excel によるフーリエ変換
 - 4-2．フーリエ変換方法
- 5．結果（8～13）
 - 5-1．全窒素、全リン測定結果
- 6．考察（14～17）
- 7．結論（18）
- 8．参考文献（18）
- 9．付録（19～26）

1. 要旨

河川の水質調査は従来、特定の調査地点におけるデータについて環境基準値を基に評価を行ってきた。従って河川全体の水質パラメーターの変動の評価は充分になされていなかったのが現状である。

そこで、本研究ではフーリエ変換を用いた河川全流域の水質評価の一般化を試みた。すなわち富栄養化の進んでいる遠賀川水系において、遠賀川水系の彦山川から 31 ポイント、遠賀川から 37 ポイント、彦山川との合流部から 13 ポイントの計 81 ポイントを約 1km 毎に採取し、これを測定した。この測定結果を富栄養化の原因物質である窒素・リンの空間的の濃度分布を簡便である Microsoft Excel によってフーリエ変換を行い、河川水質パラメーターの変動を把握しようとした。

本研究においては完全な河川水質パラメーターの変動の把握までには至らなかった。

Abstract

Its method is at first sampled in parts of river and measured. After measuring, they are compared this measurement to Environmental Standard value in the past.

For Example, in Ongagawa river, National Land and Transportation Ministry sampled 14 points of Ongagawa River Basin and measured. After measuring they calculated the average value. And they compared this measurement to Environmental Standard value and Assessment.

But We don't know why the river contaminated. We think 14 points is too low to get to understand vibration of river. First class Ongagawa River basin was contaminated with human sewage. Therefore Ongagawa River basin is one of the dirtiest rivers in Kyushu. In this study, we sampled 81 points from the river origin to mouth and total nitrogen and total phosphorus these parameters are caused by human sewage in Ongagawa River basin. I assess these parameters with Fourier transformation used with image and vibration analysis

2. 緒言

河川における水質汚染調査は現在、特定の調査地点におけるデータについてその測定データの平均値や75%値（年間の日間平均値の全データをその値の小さいものから順に並べたときの $0.75 \times n$ 番目（ n ：日間平均値の全データ数）の値）と環境基準値（環境基本法（1993）に基づくものであって、人の健康保護と生活環境保全のために維持することが望ましい基準として定められたものでありそれぞれ基準値や指標値が定められている）によって汚染度を評価してきた。全国の河川の汚染度を比較する際、流域全体から河川の汚濁指標とされるBOD値においては年間の75%値、平均値の両方で評価を行っており、これを河川全体の汚濁指標としている。たとえば、九州内の一級河川の中でBOD値が常にワースト3位以内、また、全国の一級河川においても遠賀川のBOD値の75%値が2.6、平均値が2.2であり全国ワースト11位、支流である彦山川のBOD値の75%値が2.6、平均値が2.1であり全国ワースト15位と全国の中でも汚染が進んでいることがわかる。(2)

この遠賀川流域においての水質調査は、現在国土交通省において遠賀川流域全体から15箇所を採取し、各地点における水温、pH、EC、SS、BOD、T-N、T-P、大腸菌群数などの測定を行いその測定結果を元に評価を行ってきた。しかし、これでは河川の汚染度は評価できるが、河川全体の汚染の変動の評価は行うことができない。河川全体のうちどの部分が汚れているかを理解しなければ、河川の水質改善は望めない。河川の水質調査を行う上で、水質改善が望めない水質調査は意味がないと考えた。

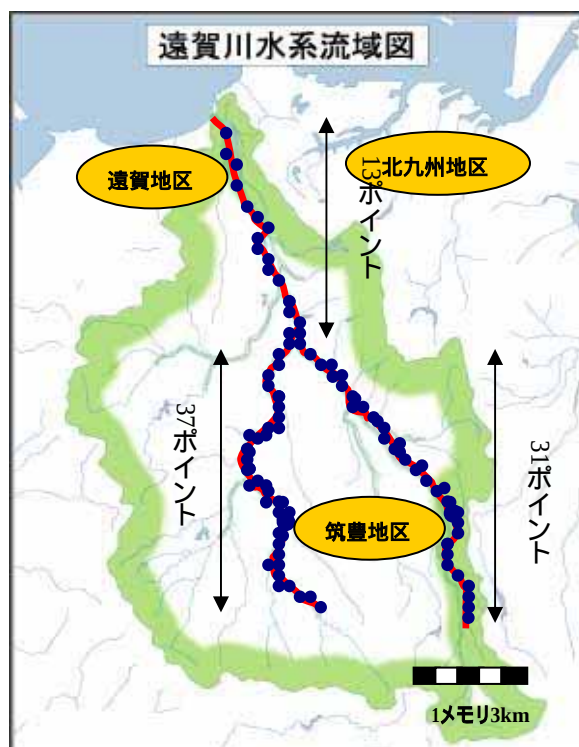
そこで、河川全体の汚染の変動の評価を行う上で、まずは現在、富栄養化の進んでいる遠賀川水系において、北九州市立大学国際環境工学部環境科学プロセス工学科では毎月遠賀川サンプリングを行っており、遠賀川、彦山川における河川全体の81箇所から採取している。そこで、この遠賀川サンプリングに参加し、富栄養化（停滞水域中に含まれる窒素やリンなど栄養塩濃度が高まった結果、それらを取りこみ成長する植物プランクトン等の生物の活動が活発化し、異常増殖を起こす現象）の原因物質である窒素、リンの変動を測定することによって遠賀川、彦山川における源流から河口までの一連の流れをつかむことができた。しかし、この測定結果では測定誤差による地点間の濃度の変動、つまりノイズ、また各地点で急激に濃度の増大が見られる汚染部分が存在している。

したがって、このノイズを除去し、今回測定を行った窒素、リンの水質パラメーター全体の変動の把握を行うために本研究では遠賀川、彦山川においての水質評価をフーリエ変換した。これより富栄養化の原因物質である窒素・リンの空間的の濃度分布を簡便であるMicrosoft Excelによってフーリエ変換を行い、測定を行った遠賀川、彦山川における全窒素、全リンの空間的濃度分布の変動を把握することを目的とした研究を行った。

3．測定方法

3 - 1．調査地点

調査地点である遠賀川は福岡県の筑豊地区から北九州地区・遠賀地区を流れる一級河川であり、源流から河口までの距離は約 57km である。また流域面積は 1,026km² あり、流域は 6 市 25 町 1 村にわたっている。流域内人口は約 67 万人である。また、流域全体の土地利用としては、山地等が約 80%、水田や果樹園等の農地が約 14%、宅地等市街地が約 6%となっている。また、筑豊地区は炭鉱があり、北九州地区では鉄鋼業によって栄えてきた。筑豊地区で採れた石炭を北九州地区に運ぶためにもこの遠賀川はかつて利用されていた。筑豊炭田は、遠賀川流域付近および山間部に位置しており現在はすべて炭鉱が閉山してしまったが、以前は日本の近代化を支えてきた大きな要因であった。



3 - 2．サンプリング

測定時期は 2004 年 4 月から 2006 年 1 月までであり、採取頻度は月一回行い、支流である彦山川の源流から遠賀川との合流部間まで 31 箇所、遠賀川の源流から彦山川との合流部間まで 37 箇所、彦山川との合流後の遠賀川の河口まで 13 箇所の計 81 箇所から採取を行い、イオン交換水にて洗浄を行った 200 mL のポリエチレンボトル容器に入れてその日のうちに研究室の冷蔵庫にて 3℃ で保存した。1 週間後に測定を行った。測定項目として、全窒素、全リン、硝酸態窒素、アンモニア態窒素を測定した。

3 - 3．全窒素測定方法

3 - 3 - 1．測定原理

水中の有機体窒素、無機態窒素などさまざまな形態があるが、これらの状態の窒素をペルオキシ二硫酸カリウム水溶液によって酸化させ、NO₃⁻の形にする。これに水酸化ナトリウムを加えることによって N に分解し、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。

3 - 3 - 2 . 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 3 度で保存した。

(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。

3 - 3 - 3 . 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, 2 ppm, 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)

3 - 4 . 全リン測定方法

3 - 4 - 1 . 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 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 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 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。

3 - 4 - 2 . 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。

3 - 5 . 硝酸態窒素、アンモニア態窒素測定方法

3 - 5 - 1 . 測定原理

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す。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する方法である。

3 - 5 - 2 . 測定方法

200mL のポリエチレン容器に入ったサンプルを 2mL のバイアル瓶に移した。その後、計測分析センターに依頼をし、測定を行ってもらった。

4 . 解析方法

4 - 1 . Microsoft Excel によるフーリエ変換

全窒素、全リンの地点間の濃度分布を Microsoft Excel によってフーリエ変換した。変換式は、下記の式によって行われる。

$$X_l = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \left(\cos \frac{2\pi k l}{N} - j \sin \frac{2\pi k l}{N} \right) \cdot \Delta t$$

X_l : フーリエスペクトル

N : サンプルのデータ数

j : 虚数単位

x_k : k 個目のサンプル濃度 ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)

Δt : サンプリング周期 (km)

l : 1/距離 (1, 2, 3, ..., $N-1$) (km^{-1})

また、離散データをフーリエ変換する場合、 l は $N/2$ までしか利用することはできない。なぜなら離散フーリエ変換の周波数領域は ($N-k$) は ($-k$) と同じであって ($N/2$) を中心

として「折り返す」という意味になるからである。たとえば、64 点のデータ列の中には、サンプリングの定理により、元々 32 を超える周波数成分は含まれないのである。また、64 点での離散フーリエ変換では、32 を超える周波数の計算はでない。これは離散フーリエ変換の元々の計算を考えてみれば明らかで、cos 変換に関して言えば、例えば、

$$\sum X_i \cdot \cos(2\pi i k / 64)$$

を計算する訳ですが、この中の周波数解析のための cos 項も先と同じことで、64 点の場合には $k > 32$ の $\cos(2\pi i k / 64)$ の項はエイリアシングにより化けて結局、 $\cos\{2\pi i (64-k) / 64\}$ と同じ値になるからである。ということで、

$$\sum X_i \cdot \cos(2\pi i k / 128) = \sum X_i \cdot \cos\{2\pi i (128-k) / 128\}$$

になる。

また、Microsoft Excel による離散フーリエ変換を行うにはデータの個数は 2 のべき乗個でなくては変換を行うことができないため 2 のべき乗個に揃えた。

4 - 2 . フーリエ変換方法

今回サンプリングを行った遠賀川は源流から河口まで 50 個、彦山川においても 44 個しかデータがなかった。また遠賀川、彦山川ともに源流から河口までの距離は約 57km であり、距離を一定にするために地点間の距離が 2km 離れている箇所はその前後の濃度から理論値を求めた。また、残りは 0 を代入し、もっとも近い 2 のべき乗である 64 個にした。

そして、そのフーリエスペクトルの中には実数と虚数が存在しているおり、実数はフーリエスペクトル、虚数は位相情報を示しているのので、その中の実数を抽出することによってフーリエスペクトルを示した。

他のパラメーターにおいても同様にフーリエ変換を行った。

5 . 結果

5 - 1 . 全窒素、全リン測定結果

全窒素、全リンの測定結果を下記に示す。Fig1 では、横軸を源流からの距離、縦軸を全月における全窒素、全リン、硝酸態窒素、アンモニア態窒素の平均のモル濃度を示し、遠賀川における源流から河口にかけてのそれぞれのパラメーターの変動を示した。Fig2 では Fig1 と同様に縦軸と横軸をとり、彦山川における源流から河口にかけてのそれぞれのパラメーターの変動を示した。これら Fig1、Fig2 より、共通して各地点間の濃度の増減、また各地点にピークと思われる部分が存在している。前者は測定誤差によるもの、後者は汚染源に由来するものであると考えられる。これらをフーリエ変換することによって、この測定誤差を除き、この一連の変動をより見やすく示すために行った。まずは Fig1, Fig2 における全窒素、全リンの全平均濃度をフーリエ変換した。この結果を Fig3, Fig4 に示す。

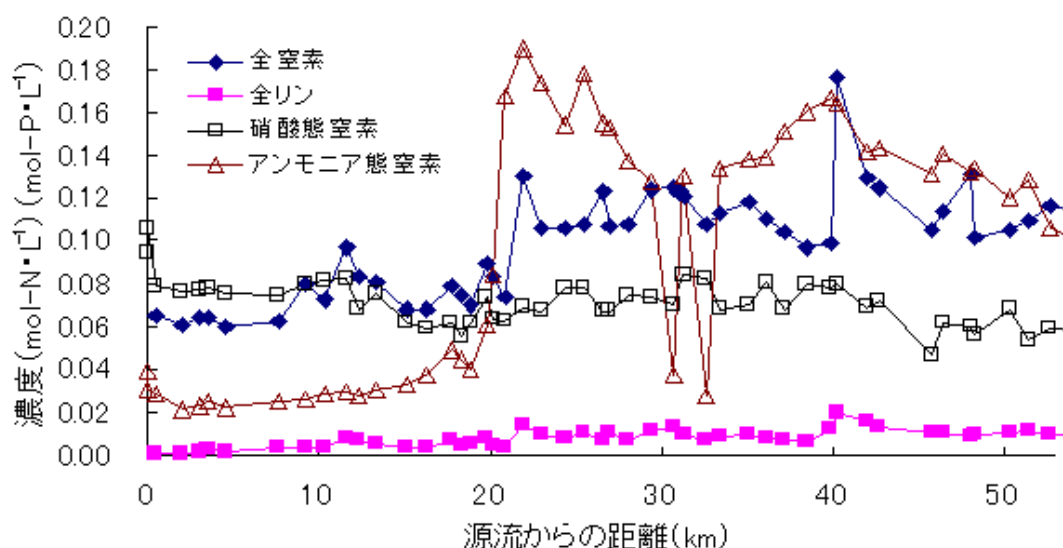


Fig1. 遠賀川における源流からの距離と全窒素、全リン、硝酸態窒素、アンモニア態窒素の全平均濃度の関係

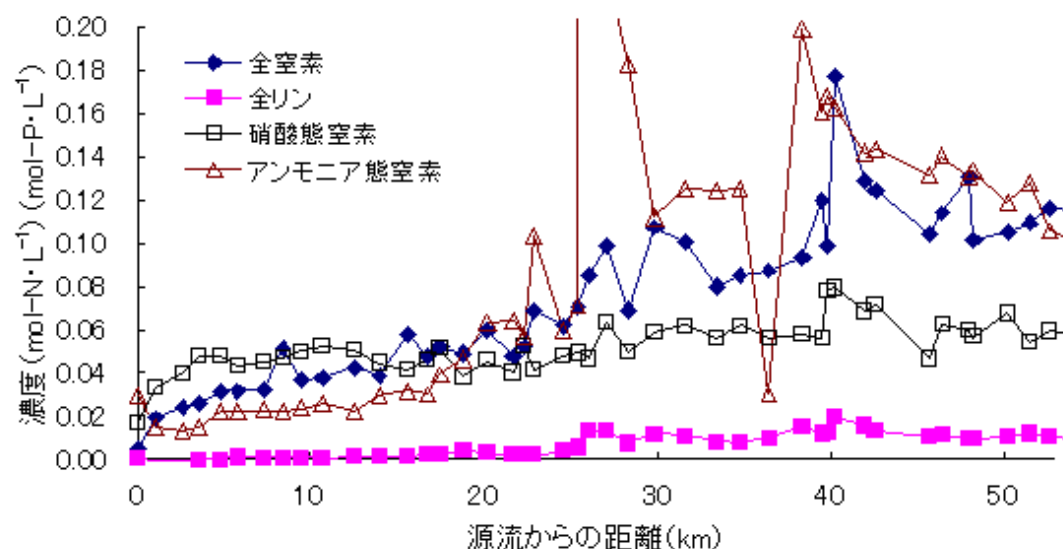


Fig2. 彦山川における源流からの距離と全窒素、全リン、硝酸態窒素、アンモニア態窒素の全平均濃度の関係

Fig3 は横軸に Fig1, Fig2 における遠賀川、彦山川における源流からの距離を全体の個数である 64 で割った値、縦軸には Fig1, Fig2 における遠賀川、彦山川における全窒素の全平均濃度のフーリエ変換結果であるフーリエスペクトルをとった。同様に、Fig4 の横軸は Fig3 と同様に、縦軸は遠賀川、彦山川における全リンの全平均濃度のフーリエスペクトルをとった。Fig3 では遠賀川において、振動数が 0 から 7 まではフーリエスペクトルがマイナスであり、その後、20 付近まではほぼプラス、そして 20 前後でマイナスの値をとりつつ、30 にかけてプラスのフーリエスペクトルが現れるのに対し、彦山川におけるフーリエスペクトルは 0~5 がマイナス、5~10 がプラス、10 前後がマイナス、15 前後がプラス、20 前後

がマイナス、25 付近でまたプラスとプラスである振動数とマイナスである振動数が遠賀川と彦山川の全窒素の全平均濃度において傾向が異なっている。同様に Fig4 においても、遠賀川におけるフーリエスペクトルは全体的にプラスとマイナスを変動しているが、彦山川におけるフーリエスペクトルは 0~5 付近までは常にマイナスの値をとっている。このように遠賀川と彦山川における全窒素、全リンの全平均濃度の振動数のフーリエスペクトルは傾向が違ってくる。

次に振動数のうちフーリエスペクトルの大きなものを主成分の波とし、これを抽出するために年平均ではなく各月の測定結果をフーリエ変換し、その結果からフーリエスペクトルの絶対値が大きいものをプラスとマイナスの最大値から 3 個ずつ抽出し、Fig5, Fig6, Fig7, Fig8 に示した。

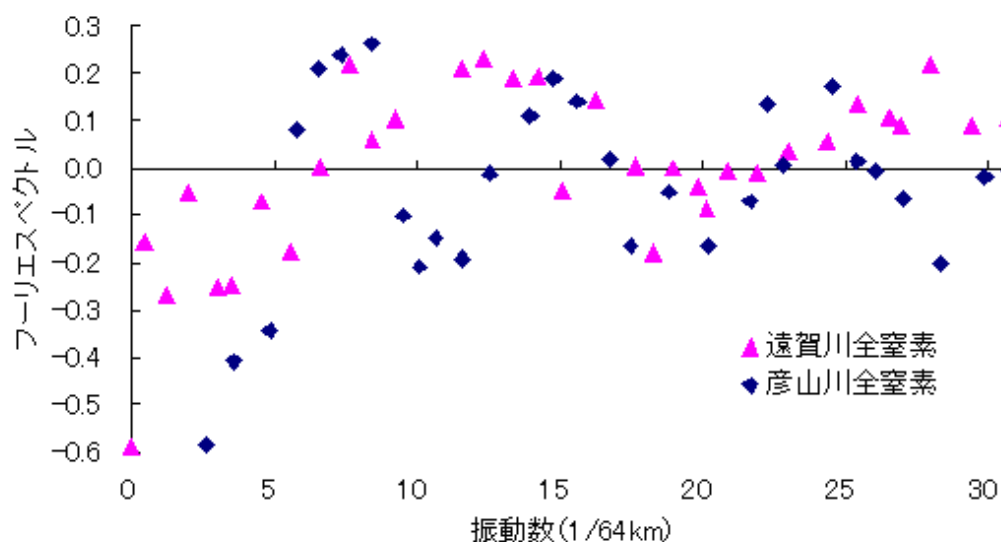


Fig3. 遠賀川、彦山川における年平均全窒素フーリエ変換結果

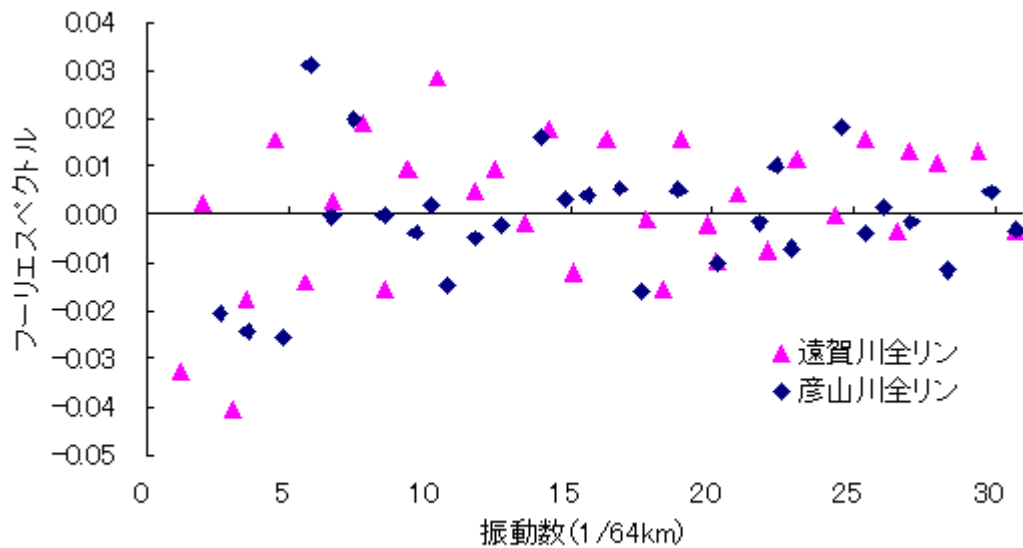


Fig4.遠賀川、彦山川における全平均全リンフーリエ変換結果

Fig5 は横軸に測定月、縦軸に遠賀川における全窒素の測定月におけるプラスとマイナスのフーリエスペクトルの最大のものから3つの振動数(1/64km)をとった。Fig6～7においても横軸は同様に、縦軸はFig6では彦山川における全窒素、Fig7では遠賀川における全リン、Fig8では彦山川における全リンの測定月のプラスとマイナスのフーリエスペクトルの最大のものから3つの振動数をとった。Fig5を見ると、20以上の振動数は大きなフーリエピークを示さなかったことがわかる。このうち、各測定つきにおいてプラスとマイナスのフーリエスペクトルの中で最大3つの振動数のうち、全測定つきにおいて最も多く現れた振動数は、1km,2km,10km,13kmであった。同様に、Fig6を見ると、10～13km,16～20km,25～30kmにおいては、大きな振動数は現れていないことがわかる。Fig6からは最も多く現れた振動数として、1km,2km,6km,8kmであった。Fig7においては、15km以上の振動数は、大きなフーリエスペクトルが現れたり現れなかったりする。このうち最も多く現れた振動数は1km,2km,10km,13kmであった。Fig8においては、10～13km,16～23km,25～30kmにおいては、大きなフーリエスペクトルが現れたり現れなかったりする。このうち最も多く現れた振動数は1km,3km,7km,24kmであった。また、同じ遠賀川であるFig5とFig7を比較すると、最も多く現れたフーリエスペクトルは一致しているが、傾向は一致していないことがわかる。同様に、同じ彦山川であるFig6とFig8を比較すると、最も多く現れたフーリエスペクトルは一致していないが、傾向は似ていることがわかる。

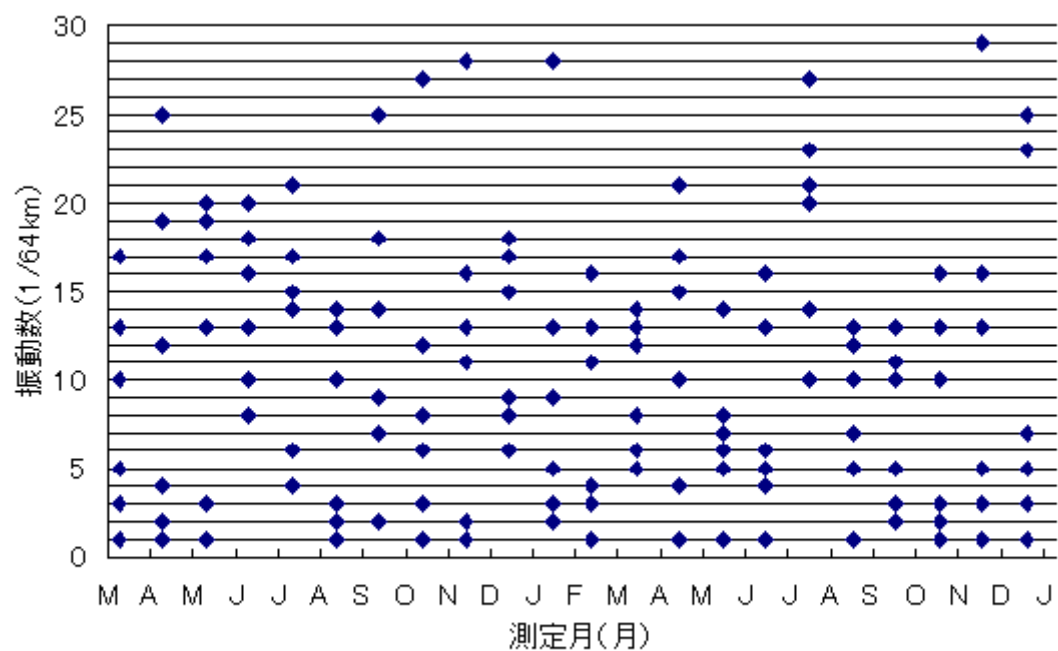


Fig5. 遠賀川の全窒素における各月の最大3つのフーリエスペクトル

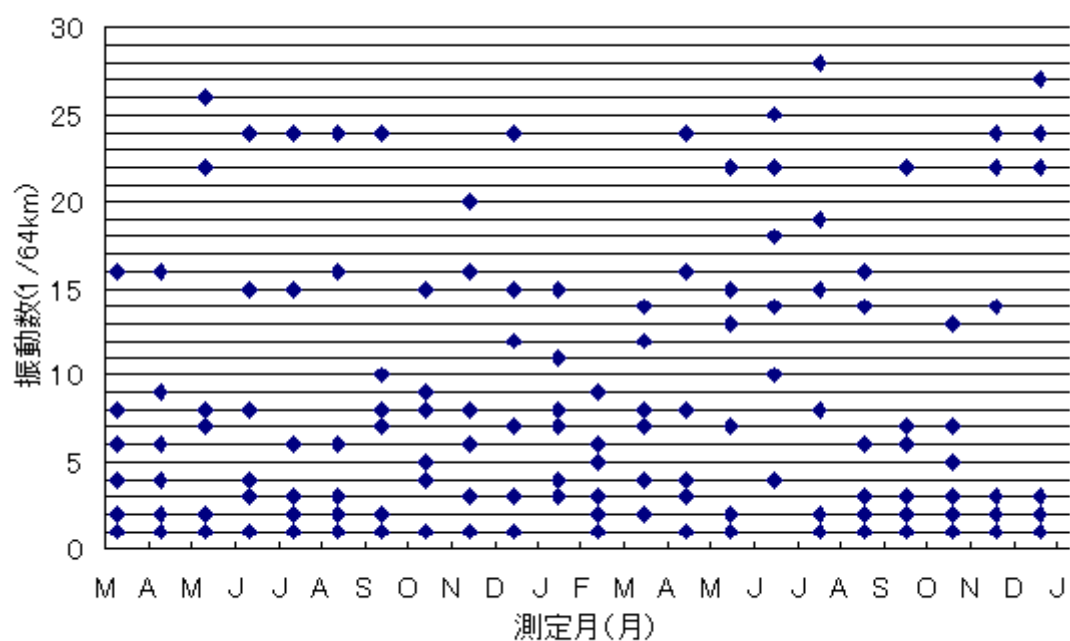


Fig6. 彦山川の全窒素における各月の最大3つのフーリエスペクトル

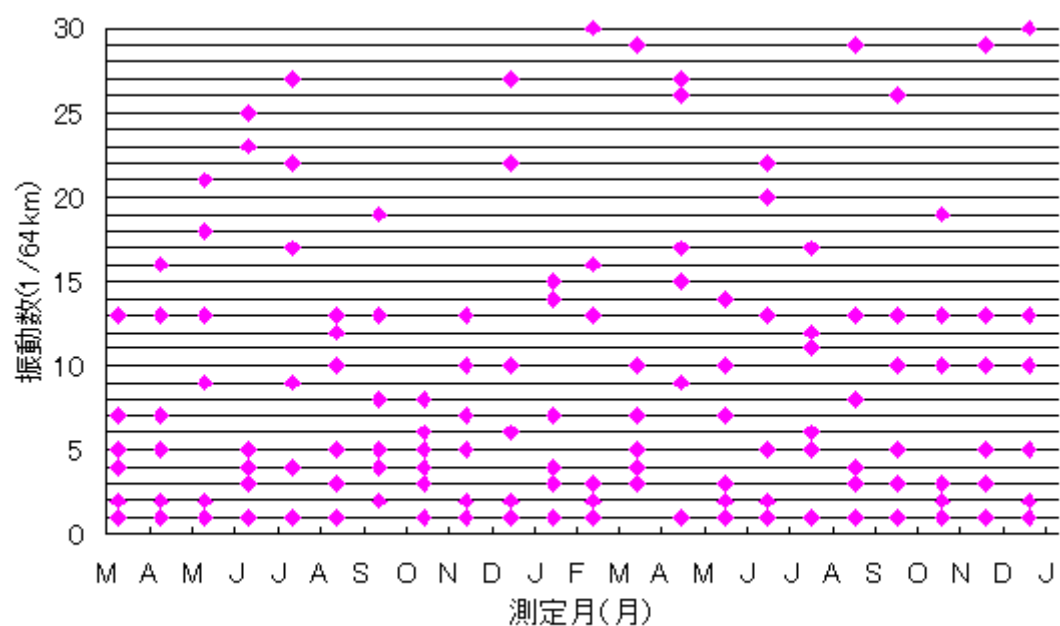


Fig7.遠賀川の全リンにおける各月の最大3つのフーリエスペクトル

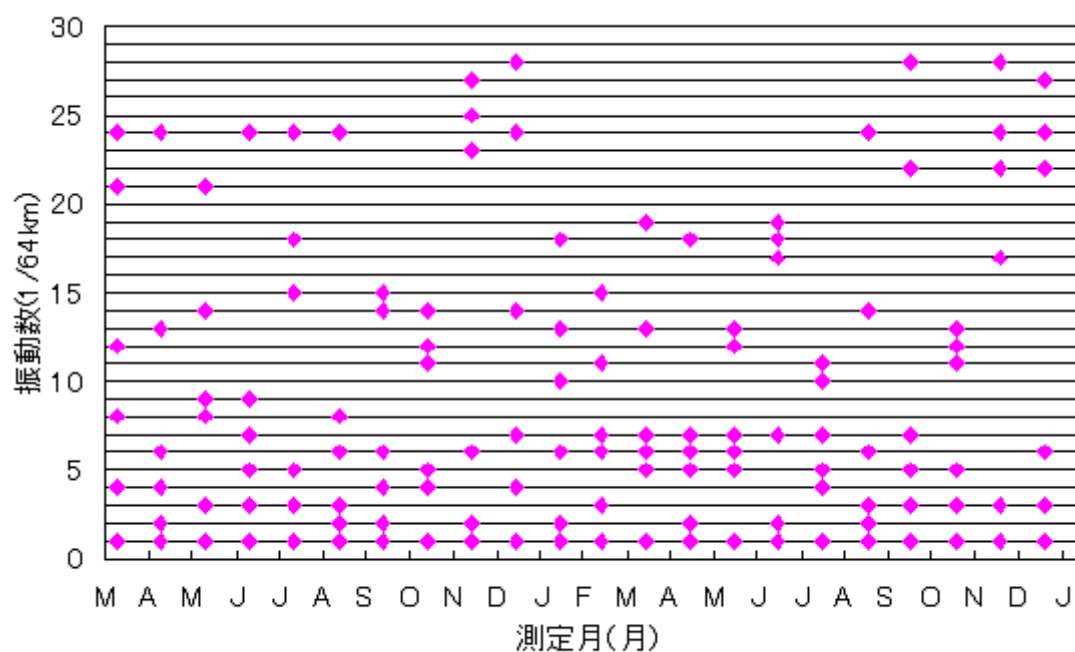


Fig8彦山川の全リンにおける各月の最大3つのフーリエスペクトル

6．考察

これらの振動数は、河川全体に何回振動したかを示す。つまり、遠賀川の全窒素の変動における結果である 1km では全体で一回振幅、3km では全体で 3 回振幅といったところだ。10km, 13km も同様に全体で 10 回振動、13 回振動ということである。次にプラスとマイナスのことであるが、これは余弦波の符号である。これを元に、Fig9 に遠賀川における全窒素の変動の主成分であると考えた余弦波を加えた。同様に彦山川における全窒素、遠賀川における全リン、彦山川における全リンの結果においても余弦波を加えた。

見やすくするために、振幅は 0.1 にしている。Fig10 においても振幅は 0.1 とした。Fig11、Fig12 において振幅は 0.7 とした。

Fig9 において、これらの振動数と全平均濃度には、相関がある。振動数 1 は前半の増加傾向、振動数 3 は最後の振動の増加部分が河口の増加部分を示している。河口部分で濃度が増加するのは海水が混入するためである。次に振動数 10 について考察を行う。振動数 10 が示しているのは源流から 20km 付近の増加部であると考えられる。また、振動数 13 が示しているのは源流から 10km 付近、20km 付近、35km 付近での増加部分であると考えられる。次に Fig10 において考えることにする。先ほどと同様に考えていくと、振動数 1 は前半部の増加傾向、源流から 30km 付近での増加部分。振動数 2 は源流から 15km 付近、50km 付近を示していると考えられる。振動数 8 は源流から 10km 付近、20km 付近、30km 付近、40km 付近の増加部分を示すと考えられる。また、振動数 6 と 8 で源流から 22km 付近、40km 付近の増加部分を示していると考えられる。同様に Fig11 において振動数 1 は前半の増加傾向、振動数 3 は源流から 10km 付近、30km 付近の増加部分を示していると考えられる。同様に振動数 10 は源流から 10km 付近、20km 付近、30km 付近、40km 付近を示し、振動数 13 は源流から 20km 付近、30km 付近、35km 付近、40km 付近を示すと考えられる。同様に Fig12 において振動数 1 は前半の増加傾向、振動数 2 は源流から 30km 付近、50km 付近の増加部分を示しており、振動数 7 は源流から 20km 付近、25km 付近、40km 付近の増加部分を示しており、振動数 24 は源流から 20km 付近、25km 付近、30km 付近、40km 付近の増加部分を示していると考えた。これらの増加部分は人口増加に由来している。具体的には遠賀川において源流から 10km 付近は嘉穂郡嘉穂町、20km 付近は嘉穂郡稲築町、飯塚市、40km 付近は直方市、それぞれの中心部にあたる。したがって、人口増加に伴う汚染である生活廃水由来ではないかと考えた。次に彦山川においてであるが、源流から 10km 付近に田川郡添田町、30km 付近に田川市、40km 付近に直方市が位置している。したがって、これらも人口増加に伴う汚染である、つまり生活廃水由来であり人為的要因であると考えられる。

以上の結果からこの主成分と思われる波を抽出したことによっていくつかの増加ポイント、を見ることができた。また、その原因が人口分布に類似していることから、人為的要因であることもわかった。しかし、当初の目的である遠賀川、彦山川における全窒素、全リンの空間的濃度分布の変動を把握するまでには至らなかった。本実験では、Microsoft Excel というプログラムの性質上、逆変換を行うことができず、したがって、主成分である

波を抽出して、これによって汚染源との比較を行った。そして、Fig5, Fig6, Fig7, Fig8 で抽出した振動数のみを元の Fig1~2 に重ねるとノイズ除去したようにはならなかった。つまり、これだけの情報では変換できないのである。これは、位相情報が足りなかったためと、ノイズの部分だけでなくそれ以上の波を除去してしまったためである。

逆フーリエ変換を行うにはどのようにすればいいのか。現段階において仮に逆フーリエ変換すると、位相情報が含まれていないために正しく逆変換することができない。したがって、位相情報を踏まえた上で逆フーリエ変換できるソフトウェアあるいはプログラムを使用することが必要となる。

次に全窒素、全リン解析におけるフーリエ変換の意味を考察することにする。全窒素、全リン解析には本来フーリエ変換は用いられない。なぜなら、緒言でも説明したとおり全窒素、全リンの解析には、環境基準値との比較が行われる。フーリエ変換は本来、画像のノイズ除去や、音のノイズ除去などに利用される。したがって、全窒素、全リン解析におけるフーリエ変換は測定誤差の除去を行い、本来の濃度の変動を確認できるものであると考えているが、本実験では、ノイズの除去ができておらず、特徴的な主成分のみを抽出することはできた。それによって大きな変動を見ることができた。

河川水質をフーリエ変換することにおける環境学的意味の考察を行う。河川水質をフーリエ変換することは、本来の用途としてはノイズを除去して一般化するためであって、これを踏まえて考えると環境学において有用な手段であった。しかし、本研究にてそれが有用であるかどうかまでの結果は得られなかった。

水質の空間変動を一般化するには、ほかにどのような方法があるかを考察する。ひとつはこのフーリエ変換を改善し、1個ずつの振動数について考察していく方法がある。また、位相情報も認識し、これによってノイズのみを除去し、逆変換し一般化しようという方法である。あるいはこの測定回数をより増やす方法もある。しかし、この方法では新規性がない。

今後の展望としては本研究において現れた振動数一個ずつ検討を行い、この結果を元に逆変換を行い、これによって現れたものでピークとして現れている部分においては、調査を行い、人為的要因以外の汚染源がないかどうかを検討する。そして、そのような汚染源が特定できたとすれば、その改善策について検討を行う。また、現段階で現れた人為的要因においては、下水整備がされていない箇所もあるのでこれにおいては自治体に任せるほかはない。我々だけで行えるのは、情報の公開によるアピールのみである。

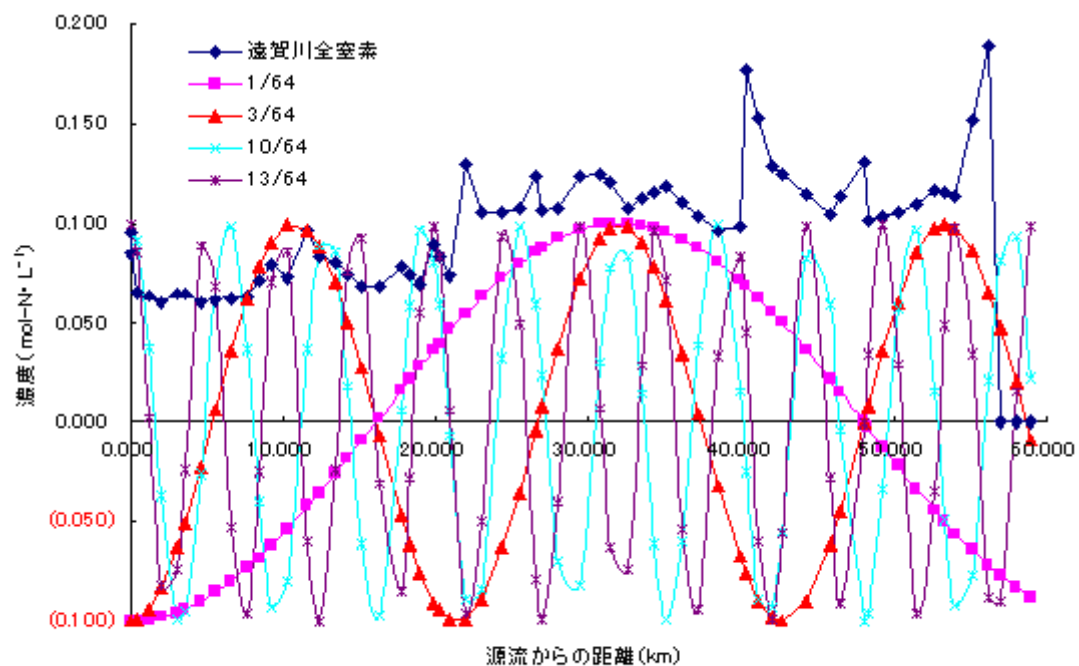


Fig9. 遠賀川における全窒素の全平均濃度分布

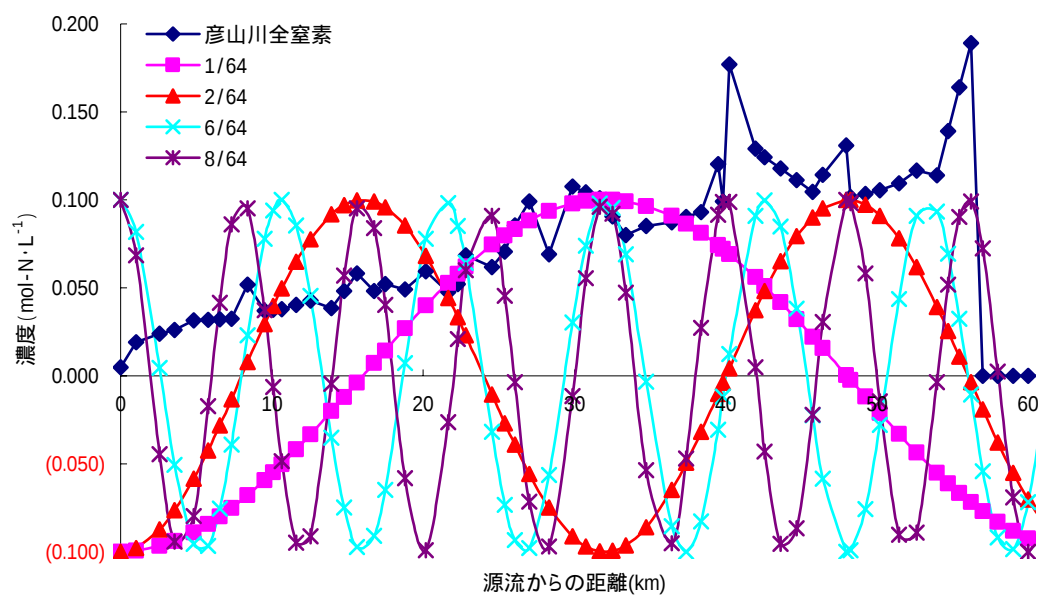


Fig10. 彦山川における全窒素の全平均濃度分布

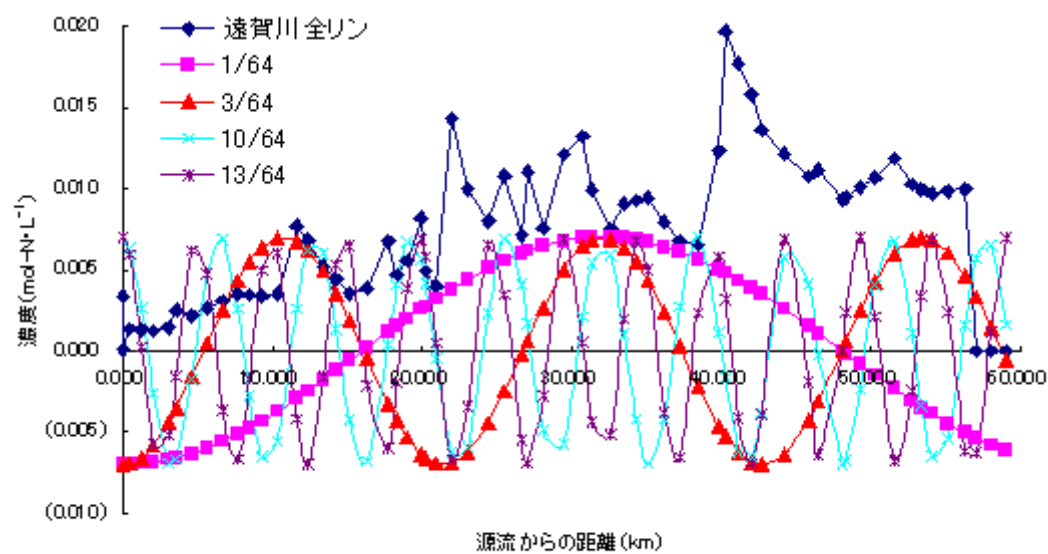


Fig11.遠賀川における全リンの全平均濃度分布

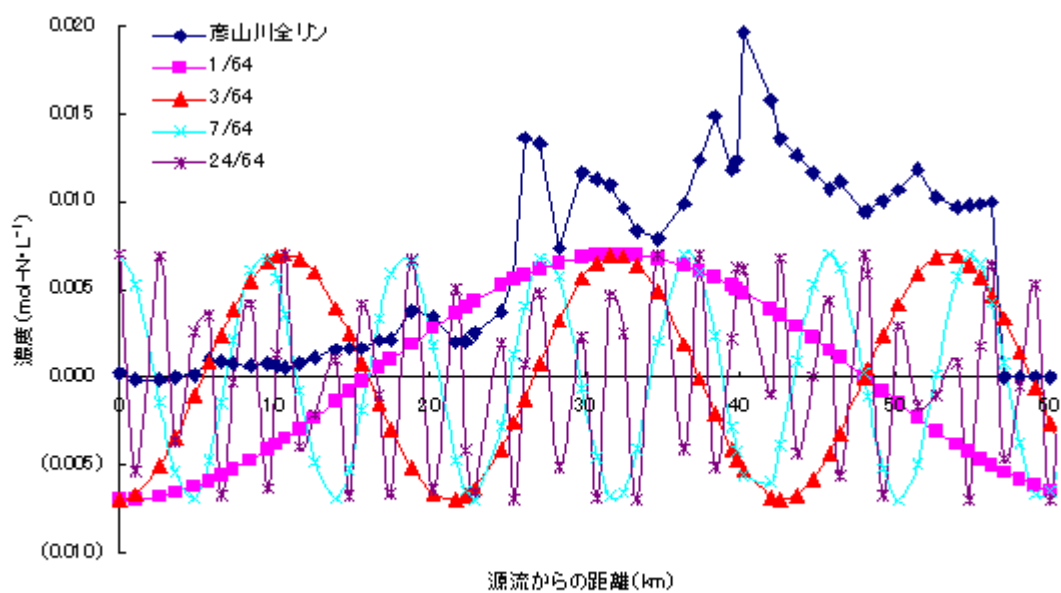


Fig12.彦山川における全リンの全平均濃度分布

7．結論

以上の結果より、フーリエ変換によって、主成分である余弦波の抽出はできた。その余弦波が人口増加に沿って増減している傾向も分かった。しかし、当初の目的であった、全体の流れの変動の評価を行うまでには至らなかった。その原因として、Microsoft Excel によるフーリエ変換では、位相情報を逆変換するには困難であるために、ノイズである振動数の大きい波を除去して逆変換しようとしても、正しく変換を行うことができない。そのために本実験では、逆変換を行うのではなく、どの振動数の波が大きく現れているかに重点を置いた。それによって、全体の把握ができないにしろ、どの振動数の波が大きいかを見ることによって、それを主成分とし、これによって一部の汚染を評価することができた。

8．参考文献

(1) 国土交通省河川局情報ページ,rod_rank

(1) M.M.H.Osfer,A.M.Abd ElWahab and S.S. El Dessouki, Occurrence of pesticides in fish tissues, water and soil sediment from Manzala Lake and River Nile, Nahrung 42(1998)

(2) McLaren,R.G, Cadmium in the water and Sediment of the Chao Phraya River and Associated Waterways, Bangkok, Thailand, Water , Air, and Soil Pollution(2004).154(1-4)

(3) 馬田 俊雄：「「エクセル」上でのフーリエ変換に関する考察(1)・(2)」, 応用力学研究所技術レポート Vol. 1 , pp115-132, 2000

9．付録

Table1.遠賀川、彦山川における源流からの距離と各地点の全平均濃度

遠賀系 (全窒素)	距離(km)	濃度(mol/L)	英彦山系 (全窒素)	距離(km)	濃度(mol/L)
OGR	0.00	0.095221	H1	0.00	0.004983
02	0.00	0.084883	H2	1.04	0.019073
03	0.43	0.065253	H3	2.59	0.023979
04	1.99	0.060928	H4	3.57	0.026123
Bca	3.04	0.064585	H5	4.83	0.031631
06	3.51	0.064948	H6	5.78	0.031849
07	4.54	0.060072	H7	7.32	0.032389
08	7.62	0.063209	H8	8.4	0.051813
09	9.23	0.079625	H9	9.52	0.036998
010	10.27	0.072249	H10	10.65	0.037875
011	11.59	0.096648	H11	12.54	0.042790
012	12.32	0.083162	H12	13.95	0.038496
013	13.36	0.080493	H13	15.61	0.058038
014	15.08	0.068204	H14	16.74	0.048159
015	16.25	0.068222	H15	17.48	0.052062
016	17.67	0.078679	DGB	18.8	0.049105
017	18.25	0.074537	H17	20.19	0.059361
INA	18.93	0.069547	H18	21.67	0.047567
019	19.85	0.089705	H19	22.28	0.052030
020	20.16	0.083124	H20	22.83	0.068571
021	20.88	0.073536	H21	24.56	0.061964
022	21.93	0.129821	H22	25.41	0.070606
023	22.99	0.105673	H23	26.06	0.085306
024	24.35	0.106043	H24	27.03	0.098994
025	25.45	0.107784	H25	28.33	0.069157
026	26.57	0.123256	H26	29.87	0.107425
027	26.97	0.106508	H27	31.66	0.100919
028	28.00	0.108029	H28	33.39	0.080060
029	29.43	0.124028	H29	34.74	0.085030
030	30.73	0.124934	H30	36.42	0.087421
031	31.32	0.120853	H31	38.37	0.093163
032	32.60	0.108013	H32	39.49	0.120165

033	33.47	0.113056	OH1	39.82	0.099048
034	35.09	0.118733	OH2	40.23	0.177103
035	36.16	0.110388	OH3	41.96	0.129232
036	37.22	0.103958	OH4	42.59	0.124373
037	38.44	0.096942	OH5	45.74	0.104609
OH1	39.86	0.099048	OH6	46.42	0.114173
OH2	40.27	0.177103	OH7	47.98	0.13098
OH3	42.00	0.129232	OH8	48.26	0.101502
OH4	42.63	0.124373	OH9	50.21	0.105321
OH5	45.78	0.104609	OH10	51.46	0.109544
OH6	46.46	0.114173	OH11	52.63	0.11655
OH7	48.02	0.13098	OH12	53.98	0.114079
OH8	48.30	0.101502	OH13	56.21	0.188968
OH9	50.25	0.105321			
OH10	51.5	0.109544			
OH11	52.67	0.11655			
OH12	54.02	0.114079			
OH13	56.25	0.188968			

Table2. 遠賀川、彦山川における源流からの距離と各地点の全平均濃度

遠賀系 (全リン)	距離(km)	濃度(mol/L)	英彦山系 (全リン)	距離(km)	濃度(mol/L)
OGR	0.00	0.003411	H1	0.00	0.000182
O2	0.00	0.000065	H2	1.04	-0.000160
O3	0.43	0.001345	H3	2.59	-0.000190
O4	1.99	0.001237	H4	3.57	0.000006
Bca	3.04	0.001387	H5	4.83	0.000065
O6	3.51	0.002544	H6	5.78	0.000989
O7	4.54	0.002193	H7	7.32	0.000722
O8	7.62	0.003550	H8	8.40	0.000626
O9	9.23	0.003385	H9	9.52	0.000789
O10	10.27	0.003496	H10	10.65	0.000522
O11	11.59	0.007702	H11	12.54	0.001094
O12	12.32	0.006816	H12	13.95	0.001588
O13	13.36	0.005240	H13	15.61	0.001641

O14	15.08	0.003612	H14	16.74	0.002111
O15	16.25	0.003905	H15	17.48	0.002182
O16	17.67	0.006782	DGB	18.80	0.003794
O17	18.25	0.004725	H17	20.19	0.003471
INA	18.93	0.005600	H18	21.67	0.001998
O19	19.85	0.008204	H19	22.28	0.002040
O20	20.16	0.004923	H20	22.83	0.002530
O21	20.88	0.004023	H21	24.56	0.003727
O22	21.93	0.014250	H22	25.41	0.005690
O23	22.99	0.009969	H23	26.06	0.013612
O24	24.35	0.008030	H24	27.03	0.013280
O25	25.45	0.010790	H25	28.33	0.007340
O26	26.57	0.007144	H26	29.87	0.011634
O27	26.97	0.011012	H27	31.66	0.010927
O28	28.00	0.007561	H28	33.39	0.008310
O29	29.43	0.012104	H29	34.74	0.007901
O30	30.73	0.013215	H30	36.42	0.009872
O31	31.32	0.009925	H31	38.37	0.014868
O32	32.60	0.007518	H32	39.49	0.011831
O33	33.47	0.009057	OH1	39.82	0.012343
O34	35.09	0.009430	OH2	40.23	0.019634
O35	36.16	0.007934	OH3	41.96	0.015737
O36	37.22	0.006788	OH4	42.59	0.013568
O37	38.44	0.006600	OH5	45.74	0.010713
OH1	39.86	0.012343	OH6	46.42	0.011146
OH2	40.27	0.019634	OH7	47.98	0.009394
OH3	42.00	0.015737	OH8	48.26	0.009483
OH4	42.63	0.013568	OH9	50.21	0.010660
OH5	45.78	0.010713	OH10	51.46	0.011844
OH6	46.46	0.011146	OH11	52.63	0.010263
OH7	48.02	0.009394	OH12	53.98	0.009681
OH8	48.30	0.009483	OH13	56.21	0.009959
OH9	50.25	0.010660			
OH10	51.5	0.011844			
OH11	52.67	0.010263			

OH12	54.02	0.009681
OH13	56.25	0.009959

Table3. 遠賀川における全窒素、全リンのフーリエ変換結果

距離(km)	全窒素平均 (mol・L ⁻¹)	全リン平均 (mol・L ⁻¹)	全窒素フーリエス ペクトル	全リンフーリエス ペクトル
0.000	0.095	0.003	6.08627	0.473755
0.000	0.085	0.000	0.984219	0.152900
0.430	0.065	0.001	0.201205	0.058934
1.210	0.063	0.001	0.270978	0.034517
1.990	0.061	0.001	0.210685	0.036260
3.040	0.065	0.001	0.269734	0.040634
3.510	0.065	0.003	0.403272	0.048486
4.540	0.060	0.002	0.169139	0.016555
5.567	0.061	0.003	0.262672	0.014170
6.593	0.062	0.003	0.348965	0.016764
7.620	0.063	0.004	0.394553	0.033195
8.425	0.071	0.003	0.112983	0.021937
9.230	0.080	0.003	0.301461	0.023062
10.270	0.072	0.003	0.384572	0.028424
11.590	0.097	0.008	0.213462	0.008643
12.320	0.083	0.007	0.243158	0.013043
13.360	0.080	0.005	0.201816	0.014902
14.220	0.074	0.004	0.241312	0.022082
15.080	0.068	0.004	0.057492	0.012142
16.250	0.068	0.004	0.165289	0.020399
17.670	0.079	0.007	0.087097	0.001218
18.250	0.075	0.005	0.229942	0.016259
18.930	0.070	0.006	0.051636	0.019046
19.850	0.090	0.008	0.085376	0.012888
20.160	0.083	0.005	0.099441	0.014778
20.880	0.074	0.004	0.153898	0.015613
21.930	0.130	0.014	0.068018	0.008503
22.990	0.106	0.010	0.064847	0.015265
24.350	0.106	0.008	0.243061	0.006111

25.450	0.108	0.011	0.145853	0.015494
26.570	0.123	0.007	0.121935	0.005047
26.970	0.107	0.011	0.087853	0.01355
28.000	0.108	0.008	0.217198	0.01059
29.430	0.124	0.012	0.087853	0.01355
30.730	0.125	0.013	0.121935	0.005047
31.320	0.121	0.010	0.145853	0.015494
32.600	0.108	0.008	0.243061	0.006111
33.470	0.113	0.009	0.064847	0.015265
34.280	0.116	0.009	0.068018	0.008503
35.090	0.119	0.009	0.153898	0.015613
36.160	0.110	0.008	0.099441	0.014778
37.220	0.104	0.007	0.085376	0.012888
38.440	0.097	0.007	0.051636	0.019046
39.860	0.099	0.012	0.229942	0.016259
40.270	0.177	0.020	0.087097	0.001218
41.135	0.153	0.018	0.165289	0.020399
42.000	0.129	0.016	0.057492	0.012142
42.630	0.124	0.014	0.241312	0.022082
44.205	0.114	0.012	0.201816	0.014902
45.780	0.105	0.011	0.243158	0.013043
46.460	0.114	0.011	0.213462	0.008643
48.020	0.131	0.009	0.384572	0.028424
48.300	0.102	0.009	0.301461	0.023062
49.275	0.103	0.010	0.112983	0.021937
50.250	0.105	0.011	0.394553	0.033195
51.500	0.110	0.012	0.348965	0.016764
52.670	0.117	0.010	0.262672	0.01417
53.345	0.115	0.010	0.169139	0.016555
54.020	0.114	0.010	0.403272	0.048486
55.135	0.152	0.010	0.269734	0.040634
56.250	0.189	0.010	0.210685	0.03626
57.000	0.000	0.000	0.270978	0.034517
58.000	0.000	0.000	0.201205	0.058934
59.000	0.000	0.000	0.984219	0.1529

Table4. 彦山川における全窒素、全リンのフーリエ変換結果

距離(km)	全窒素平均	全リン平均	全窒素フーリエスペクトル	全リンフーリエスペクトル
0	0.005	0.000	4.567132	0.390618
1.04	0.019	(0.000)	1.546344	0.221308
2.59	0.024	(0.000)	0.585166	0.028580
3.57	0.026	0.000	0.474032	0.032362
4.83	0.032	0.000	0.415353	0.025932
5.78	0.032	0.001	0.580262	0.059582
6.55	0.032	0.001	0.21538	0.024278
7.32	0.032	0.001	0.244662	0.019978
8.4	0.052	0.001	0.333748	0.002890
9.52	0.037	0.001	0.262284	0.021768
10.085	0.037	0.001	0.216192	0.002792
10.65	0.038	0.001	0.153787	0.016068
11.595	0.040	0.001	0.202968	0.011955
12.54	0.043	0.001	0.259807	0.030678
13.95	0.038	0.002	0.135492	0.018285
14.78	0.048	0.002	0.189570	0.008179
15.61	0.058	0.002	0.199185	0.007021
16.74	0.048	0.002	0.119529	0.015716
17.48	0.052	0.002	0.164112	0.018868
18.8	0.049	0.004	0.096879	0.016538
20.19	0.059	0.003	0.179553	0.015252
21.67	0.048	0.002	0.170769	0.004700
22.28	0.052	0.002	0.144480	0.010231
22.83	0.069	0.003	0.027417	0.010344
24.56	0.062	0.004	0.174938	0.018253
25.41	0.071	0.006	0.103025	0.005769
26.06	0.085	0.014	0.012081	0.008726
27.03	0.099	0.013	0.102896	0.001505
28.33	0.069	0.007	0.213686	0.011777
29.87	0.107	0.012	0.206438	0.007968
30.765	0.104	0.011	0.020105	0.003632

31.66	0.101	0.011	0.124470	0.007242
32.525	0.090	0.010	0.167035	0.004900
33.39	0.080	0.008	0.124470	0.007242
34.74	0.085	0.008	0.020105	0.003632
36.42	0.087	0.010	0.206438	0.007968
37.395	0.090	0.012	0.213686	0.011777
38.37	0.093	0.015	0.102896	0.001505
39.49	0.120	0.012	0.012081	0.008726
39.82	0.099	0.012	0.103025	0.005769
40.23	0.177	0.020	0.174938	0.018253
41.96	0.129	0.016	0.027417	0.010344
42.59	0.124	0.014	0.144480	0.010231
43.64	0.118	0.013	0.170769	0.004700
44.69	0.111	0.012	0.179553	0.015252
45.74	0.105	0.011	0.096879	0.016538
46.42	0.114	0.011	0.164112	0.018868
47.98	0.131	0.009	0.119529	0.015716
48.26	0.102	0.009	0.199185	0.007021
49.235	0.103	0.010	0.189570	0.008179
50.21	0.105	0.011	0.135492	0.018285
51.46	0.110	0.012	0.259807	0.030678
52.63	0.117	0.010	0.202968	0.011955
53.98	0.114	0.010	0.153787	0.016068
54.72	0.139	0.010	0.216192	0.002792
55.46	0.164	0.010	0.262284	0.021768
56.21	0.189	0.010	0.333748	0.00289
57	0.000	0.000	0.244662	0.019978
58	0.000	0.000	0.215380	0.024278
59	0.000	0.000	0.580262	0.059582
60	0.000	0.000	0.415353	0.025932
61	0.000	0.000	0.474032	0.032362
62	0.000	0.000	0.585166	0.028580
63	0.000	0.000	1.546344	0.221308

Table5. 遠賀川、彦山川における全窒素、全リンの各月におけるフーリエスペクトルのプラ

スとマイナスの最大の3つ

	TN 彦山	マイナ プラス	TP 彦山	マイナ プラス	TN 遠賀	マイナ プラス	TP 遠賀	マイナ プラス
Apr-04	6,8,16	1,2,4	8,21,24	1,4,12	10,13,17	1,3,5	4,7,13	1,2,5
May-04	6,9,16	1,2,4	6,13,24	1,2,4	12,19,25	1,2,4	7,13,16	1,2,5
Jun-04	7,8,22	1,2,26	8,14,21	1,3,9	13,17,19	1,3,20	9,13,18	1,2,21
Jul-04	8,15,24	1,3,4	5,7,24	1,3,9	10,13,16	8,18,24	4,23,25	1,3,5
Aug-04	6,15,24	1,2,3	5,15,24	1,3,18	14,15,17	4,6,21	17,22,27	1,4,9
Sep-04	6,16,24	1,2,3	6,8,24	1,2,3	10,13,14	1,2,3	10,12,13	1,3,5
Oct-04	7,8,24	1,2,10	6,14,15	1,2,4	9,14,18	2,7,25	4,13,19	2,5,8
Nov-04	5,8,15	1,4,9	5,12,14	1,4,11	3,8,12	1,6,27	3,5,8	1,4,6
Dec-04	6,8,16	1,3,20	6,23,27	1,2,25	11,13,16	1,2,28	7,10,13	1,2,5
Jan-05	7,15,24	1,3,12	7,14,24	1,4,28	15,17,18	6,8,9	10,22,27	1,2,6
Feb-05	7,8,15	3,4,11	6,10,13	1,2,18	5,9,13	2,3,28	1,14,15	3,4,7
Mar-05	5,6,9	1,2,3	6,7,15	1,3,11	11,13,16	1,3,4	13,16,30	1,2,3
Apr-05	7,8,14	2,4,12	5,7,19	1,6,13	12,13,14	5,6,8	7,10,29	3,4,5
May-05	8,16,24	1,3,4	2,5,7	1,6,18	10,15,17	1,4,21	15,17,27	1,9,26
Jun-05	7,15,22	1,2,13	5,7,13	1,6,13	5,7,14	1,6,8	7,10,14	1,2,3
Jul-05	14,22,25	4,10,18	7,17,19	1,2,18	1,13,16	4,5,6	13,20,22	1, 2
Aug-05	8,15,19	1,2,28	5,7,10	1,4,11	10,14,20	21,23,27	5,12,17	1,6,11
Sep-05	6,14,16	1,2,3	6,14,24	1,2,3	10,12,13	1,5,7	8,13,29	1,3,4
Oct-05	6,7,22	1,2,3	5,7,22	1,3,28	10,11,13	2,3,5	10,13,26	1,3,5
Nov-05	5,7,13	1,2,3	5,11,13	1,3,12	10,13,16	1,2,3	10,13,19	1,2,3
Dec-05	14,22,24	1,2,3	17,22,24	1,3,28	13,16,29	1,3,5	10,13,29	1,3,5
Jan-06	22,24,27	1,2,3	22,24,27	1,3,6	7,23,25	1,3,5	10,13,30	1,2,5