

# 貯水施設での水質変換と下流への水質伝播

岡山大学工学部 正員 ○河原長美  
岡山大学工学部 正員 名合宏之  
京都市役所 田所文知

## 1. はじめに

水系の水質変化には、自然現象のみならず社会現象をも含む多くの因子が関与しており、水質値を水質変化機構の詳細な検討に基づいて予測することには、多くの困難が伴なう。そこで、水系をいくつかの小さな系に分割し、それぞれの系における水質変化に関する因子とその系の属性とを考えて、各系には各系特有の水質変換能が存在するとみなし、これらの変換能を水系ごとに比較検討していくことも有効な方法であろう。本研究は、上述の立場から、水系の中で特に水質に与える影響が大きいと考えられる貯水施設に焦点をあて、そこでの水質変化と変化した水質の下流への伝播とに関して検討を加えてみるのである。

## 2. 対象水域と解析方法

貯水施設内での水質変化とそこで変化した水質の下流への伝播性に関する特徴は、水系内の他の地点と比較することにより把握できるものであるから、本研究では、旭川水系と児島湖・児島湾海域を主な対象水域としたが、高梁川水系の上流部に存在する河本ダムについても検討を加えた。図-1に旭川水系および児島湖・児島湾海域を示す。

貯水施設としてとりあげたのは、旭川水系の湯原ダムと旭川ダム、高梁川水系の河本ダム、児島湾の干拓事業により締め切られて淡水湖化された児島湖、およびいくつかの堰である。

解析に用いたデータは、岡山県が毎年発行する「公共用水域の水質測定結果」から得たものであり、昭和46年4月から昭和53年3月までの毎月1回測定されたものである。水質項目は、水温、pH、DO、SS、大腸菌群数、透明度、およびBOD(河川)もしくはCOD(湖、海域)であった。なお、SSは河川でのみ測定されている。

本研究は、数値解析が中心であり、平均値、標準偏差(分散)、相関係数、およびスペクトル解析により検討を加えた。なお、スペクトル解析にはB-T法を用いた。

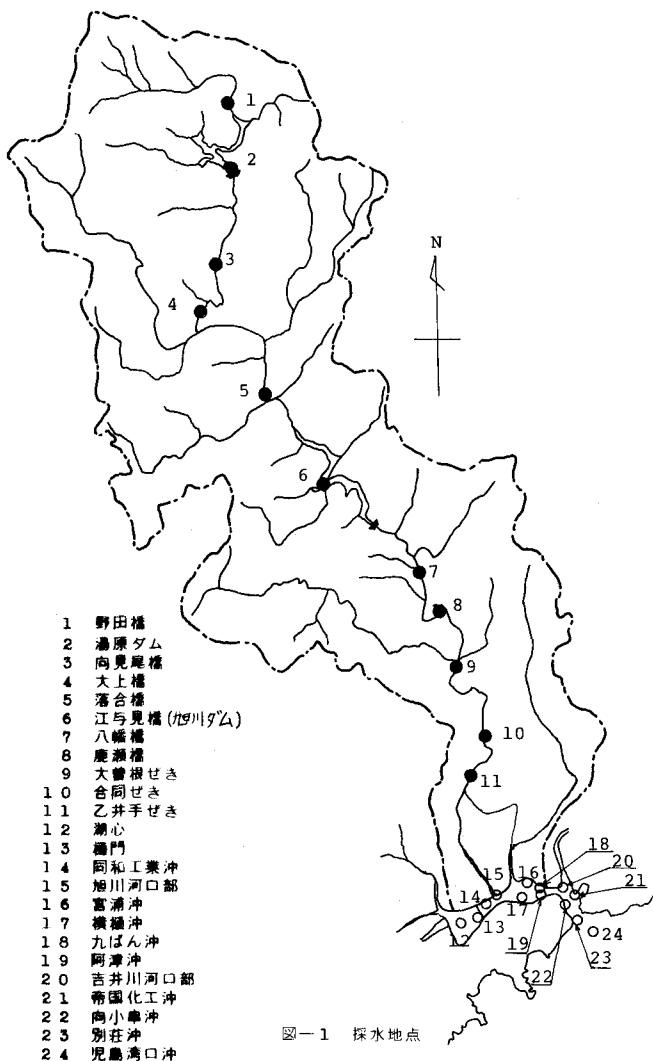


図-1 採水地点

### 3. 結果と考察

#### 3-1. 相関係数

水質変化の様子を把握するために、相関行列を图示したが、図-2~10である。旭川水系については、図-2~7に、児島湖・児島湾海域については、図-8~10を示す。各国は指標ごとに地点間の相関係数の値を示している。相関係数を算出するために用いたデータ数はすべて48個であり、このとき相関係数の絶対値が0.28以上であれば危険率5%で相関があると言える。

旭川水系については、湯原ダム（No.2地点）と旭川ダム（No.6地点）とはすべての指標で、大曾根堰（No.9地

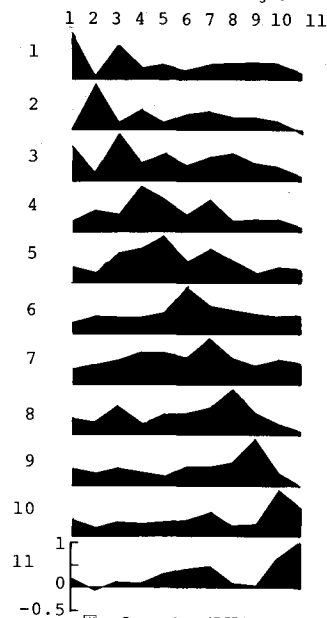


図-2 pHの相関係数  
（旭川水系）

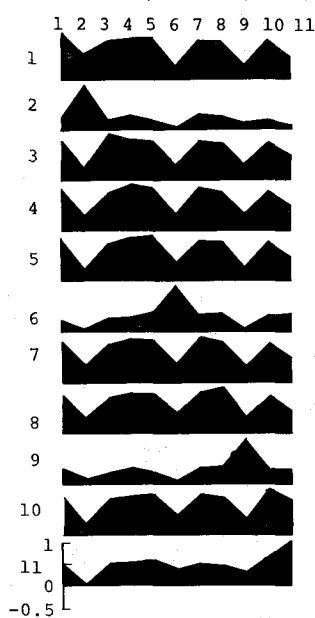


図-3 DOの相関係数  
（旭川水系）

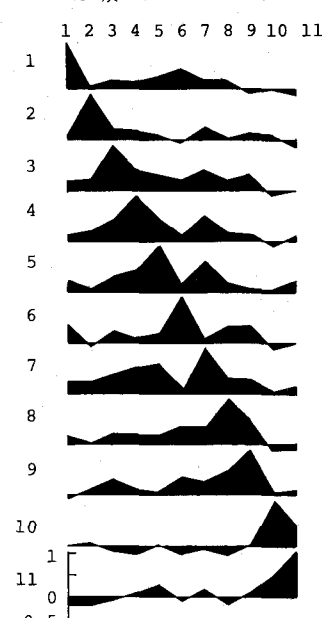


図-4 BODの相関係数  
（旭川水系）

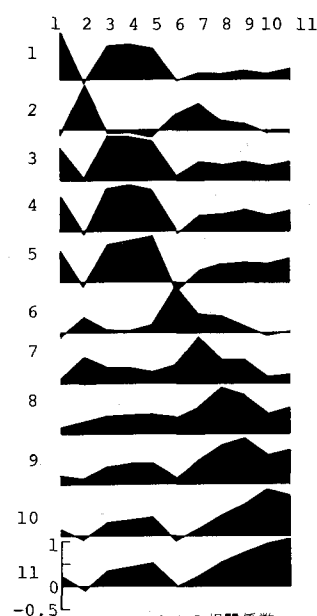


図-5 SSの相関係数  
（旭川水系）

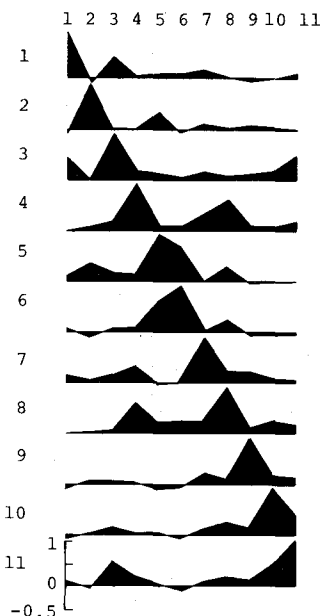


図-6 大腸菌群数の相関係数  
（旭川水系）

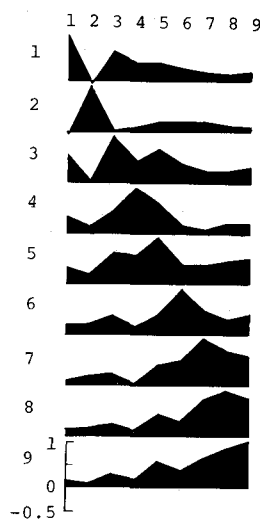


図-7 透明度の相関係数  
（旭川水系）

点)ではpHとDOで、相関係数が低くなる傾向がみられる。これは、これらの地点での水質変化の様子が、他の地点とは異なる傾向にあることを意味している。しかしながら、指標ごとに傾向の違いも認められ、大腸菌群数では全体的にみて地点間の相関が低い、他方DOについては全体的に高い相関を示す。前者の場合は、どの地点でも変化の様子が異なり、貯水施設での変化は相対的に重要性が低いことを意味し、また後者については、貯水施設で水質変化の様子が異なり、くるが、必ずしも下流へ伝播されないことを意味している。

水系の水質管理上重要であるのは、水質変化が生じかつ変化した水質が下流へ伝播される場合であり、このような場合には、着目している地点の上流側と下流側とでは、相関係数が変化すると考えられる。上記の傾向が認められるのは、湯原ダム(No.2)の透視度、旭川ダムのSSと透視度および合同堰(No.10地点)のBODなどである。

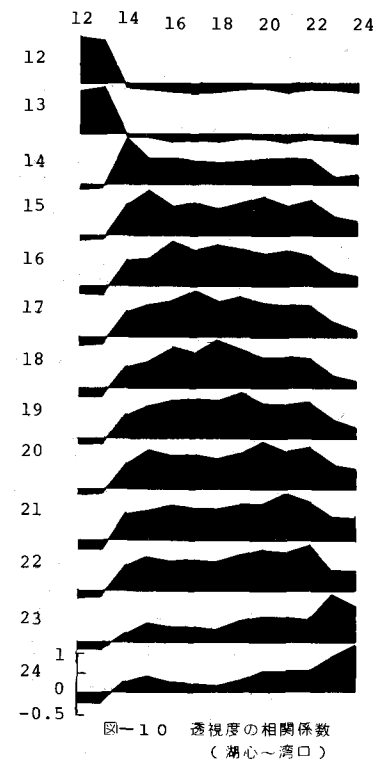
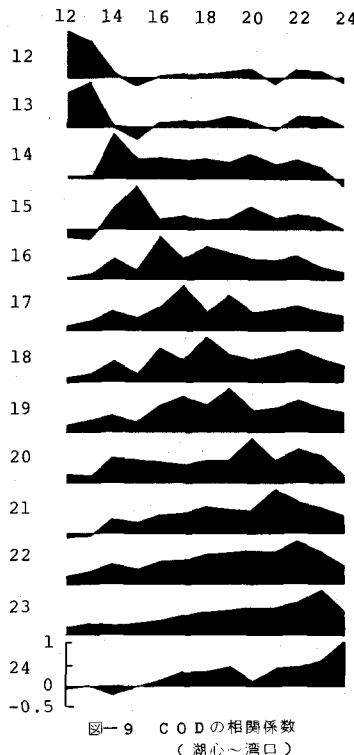
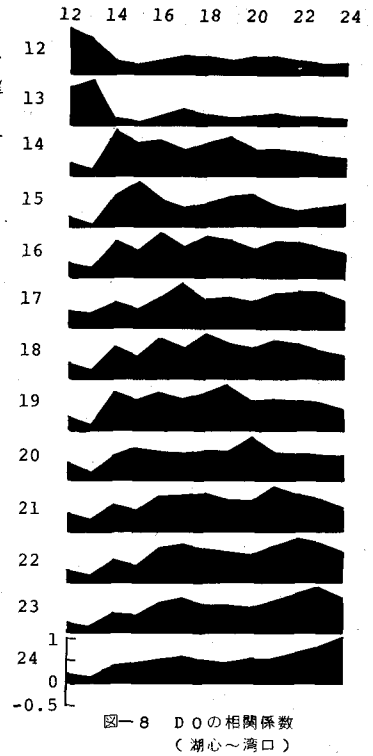
つぎに、児島湖・児島湾海域について検討を加える。図-8~10からわかるように、この水域は児島湖(No.12,13地点)、児島湾内(No.14~22地点)および湾口周辺(No.23,24地点)の3つに分けられる。平均水質からすると、瀬戸内海の影響が大きい児島湾ではあるが、水質変化のパターンは瀬戸内海とは異なり、くるようである。湾内については各指標とも相関が高いが、CODについては、幾分低くなる。旭川河口部(No.15地点)および吉井川河口部(No.20地点)については、河川水の影響も認められCODおよびDOで他の地点との相関が低くなる傾向が認められる。

以上、相関係数により、貯水施設の水質変化と水質伝播について検討を加えてきた。貯水施設での水質変動は他の地点とは異なるが、その変動は必ずしも下流へ伝播せず、伝播性が高いのは、湯原ダムでは透視度、旭川ダムではSSと透視度である。3-2 平均値と標準偏差(分散)

旭川水系および児島湖、児島湾海域の各点における平均水質と標準偏差を、表-1および表-2にそれぞれ示す。

相関係数では、変動のパターンが同一であれば、水質値が変化しても結果にあらわれてこない。平均値および分散(標準偏差)について検討を加える。

児島湖、湯原ダム、旭川ダムの3貯



水施設での平均値および標準偏差は、貯水施設の上流側もしくは下流側の各地点と大きく異なる場合が多い。なお、大腸菌群数については、貯水施設のみならず他の地点でも大きな変化が認められる。

そこで、表に示した貯水施設の他に、高深川水系の河本ダムをもとりあげ、上下流と比較して、平均値および分散が有意に異なるかどうかについて検討した。なお、河本ダムおよび児島湖については、下流側との比較のみを行なった。

まず、平均値について検討する。5%の水準で有意差が認められるのは、下記の通りである。

湯原ダムと上流側

水温、DO、SS、大腸菌群数、透視度、BOD

湯原ダムと下流側

DO、SS、大腸菌群数、透視度

旭川ダムと上流側

pH、BOD、大腸菌群数、透視度  
(SSについては10%の水準で有意)

旭川ダムと下流側

pH、BOD、大腸菌群数

河本ダムと下流側

pH、DO、OD、透視度

児島湖(樋門)と児島湾(同和工業沖)

pH、DO、COD、透視度

貯水施設での変化の主な点は次のようである。pHは高くなり、大腸菌群数およびSSは低下する。透視度、BODについては、湯原ダムと旭川ダムとでは反対の変化を示し、施設間の相違もみられる。また、上流側水質と有意差が認められ、下流側水質と有意差が認められない指標については、貯水施設で水質の変換が生じ、それが下流側へ伝播する傾向があると考えられる。

表-1 旭川水系の水質

|       |     | 水温<br>(°C) | pH  | DO<br>(ppm) | BOD<br>(ppm) | SS<br>(ppm) | 大腸菌群数 | 透視度<br>(cm) |
|-------|-----|------------|-----|-------------|--------------|-------------|-------|-------------|
| 野田橋   | m   | 12.5       | 7.4 | 10.6        | 1.9          | 10.9        | 4800  | 15.7        |
|       | std | 6.2        | 0.2 | 1.3         | 1.4          | 13.8        | 6400  | 7.3         |
| 湯原ダム  | m   | 15.4       | 7.5 | 9.5         | 1.2          | 4.0         | 120   | 20.6        |
|       | std | 7.4        | 0.7 | 1.5         | 0.7          | 2.7         | 280   | 5.9         |
| 向見尾橋  | m   | 13.4       | 7.4 | 10.5        | 1.4          | 7.5         | 1500  | 18.1        |
|       | std | 6.1        | 0.2 | 1.5         | 0.8          | 10.9        | 1700  | 6.9         |
| 大上橋   | m   | 13.3       | 7.4 | 10.9        | 1.9          | 8.6         | 5500  | 16.4        |
|       | std | 6.7        | 0.3 | 1.4         | 1.0          | 12.8        | 9700  | 6.3         |
| 落合橋   | m   | 14.4       | 7.4 | 11.0        | 2.0          | 10.8        | 9200  | 15.9        |
|       | std | 7.1        | 0.3 | 1.5         | 1.0          | 14.9        | 23000 | 6.4         |
| 江与見橋  | m   | 15.7       | 7.8 | 11.0        | 2.4          | 7.6         | 1200  | 13.6        |
|       | std | 7.9        | 0.8 | 1.5         | 1.5          | 4.0         | 2700  | 4.6         |
| 八幡橋   | m   | 15.4       | 7.5 | 10.8        | 2.0          | 8.0         | 6600  | 13.7        |
|       | std | 7.2        | 0.4 | 1.6         | 1.0          | 5.9         | 930   | 5.9         |
| 鹿瀬橋   | m   | 15.5       | 7.6 | 10.9        | 1.8          | 7.2         | 2300  | 14.6        |
|       | std | 7.6        | 0.3 | 1.4         | 0.7          | 4.3         | 5300  | 5.2         |
| 大曾根せき | m   | 15.5       | 7.5 | 11.0        | 2.0          | 8.2         | 1100  | 13.2        |
|       | std | 7.4        | 0.4 | 1.7         | 1.1          | 5.3         | 1200  | 5.3         |
| 合同せき  | m   | 15.4       | 7.5 | 10.0        | 1.5          | 9.0         | 1100  | —           |
|       | std | 7.4        | 0.3 | 1.8         | 0.9          | 7.1         | 1500  | —           |
| 乙井手せき | m   | 16.0       | 7.5 | 10.1        | 1.3          | 8.4         | 1900  | —           |
|       | std | 7.7        | 0.4 | 2.0         | 0.8          | 6.2         | 4600  | —           |

表-2 児島湖、児島湾海域の水質

|        |     | 水温<br>(°C) | pH  | DO<br>(ppm) | COD<br>(ppm) | 透視度<br>(cm) |
|--------|-----|------------|-----|-------------|--------------|-------------|
| 湖心     | m   | 17.2       | 8.9 | 13.4        | 8.7          | 6.9         |
|        | std | 8.6        | 0.7 | 3.5         | 3.2          | 4.5         |
| 樋門     | m   | 18.0       | 9.1 | 13.6        | 9.3          | 7.6         |
|        | std | 8.5        | 0.6 | 3.3         | 3.5          | 5.2         |
| 同和工業沖  | m   | 17.9       | 8.1 | 9.5         | 4.1          | 10.3        |
|        | std | 7.3        | 0.4 | 2.3         | 2.3          | 5.7         |
| 旭川河口部  | m   | 17.6       | 7.7 | 8.9         | 2.9          | 11.1        |
|        | std | 7.3        | 0.4 | 1.8         | 1.8          | 5.0         |
| 宮浦沖    | m   | 17.4       | 8.1 | 9.4         | 3.1          | 10.5        |
|        | std | 7.3        | 0.3 | 2.0         | 1.5          | 5.0         |
| 機橋沖    | m   | 17.4       | 8.1 | 9.3         | 3.3          | 9.5         |
|        | std | 7.4        | 0.3 | 1.8         | 1.5          | 3.3         |
| 九ばん沖   | m   | 17.0       | 8.2 | 9.5         | 3.0          | 10.6        |
|        | std | 7.6        | 0.3 | 2.2         | 1.5          | 5.1         |
| 阿津沖    | m   | 17.2       | 8.2 | 9.5         | 2.9          | 10.8        |
|        | std | 7.4        | 0.3 | 2.0         | 1.3          | 4.6         |
| 吉井川河口部 | m   | 17.3       | 7.9 | 9.7         | 2.4          | 9.9         |
|        | std | 7.5        | 0.4 | 2.0         | 1.4          | 5.0         |
| 帝国化工沖  | m   | 17.8       | 8.1 | 9.2         | 2.5          | 8.8         |
|        | std | 7.4        | 0.3 | 1.8         | 1.5          | 3.6         |
| 向小串沖   | m   | 17.5       | 8.1 | 9.2         | 2.6          | 10.9        |
|        | std | 7.2        | 0.3 | 1.7         | 1.4          | 5.4         |
| 別荘沖    | m   | 17.6       | 8.1 | 9.2         | 2.4          | 12.2        |
|        | std | 7.2        | 0.3 | 1.7         | 1.3          | 7.0         |
| 児島湾口沖  | m   | 17.3       | 8.2 | 8.7         | 1.9          | 12.0        |
|        | std | 6.8        | 0.2 | 1.6         | 1.2          | 5.9         |

湯原ダムではBODが、旭川ダムでは透視度とSSとが、このような傾向を持つと考えられる。

つぎに分散について検討を加える。同じく5%の水準で有意差が認められるのは、下記の通りである。分散の変化の特  
湯原ダムと上流側

水温, pH, BOD, SS, 大腸菌群数  
透視度

湯原ダムと下流側

水温, pH, SS, 大腸菌群数

旭川ダムと上流側

pH, BOD, SS, 大腸菌群数, 透視度

旭川ダムと下流側

pH, BOD, SS, 透視度, 大腸菌群数

河本ダムと下流側

pH, BOD, 大腸菌群数, 透視度

児島湖(樋門)と児島湾(同和工業沖)

pH, DO, COD

徴は貯水施設では、SS, 大腸菌群数, 透視度の分散が小さくなり、pHおよびBODの分散が大きくなる傾向がある。なお、湯原ダムについては、BODの分散が小さくなっており、また伝播する傾向がある。

### 3-3. パワースペクトル

図-11~19に旭川ダムの上下流および樋門~湾口のパワースペクトルを、指標ごとに表示す。

データ数が必ずしも十分ではないのでスペクトルの歪みあると考えられるが、次のような点が読みとれよう。

旭川ダムについては、上下流で明確でないpHの12カ月周期のピークがあらわれることと、DOの明確な12カ月周期のピークが小さくなる。また、透視度については下流側へ伝播していると考えられる。

樋門~湾口については、樋門と湾口ではスペクトルのパターンが異なること、樋門と同和工業沖では、スペクトルの

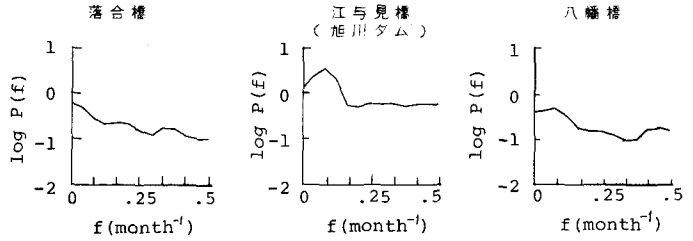


図-11 pHのパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

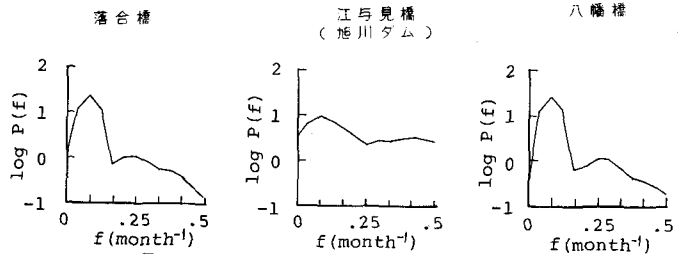


図-12 DOのパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

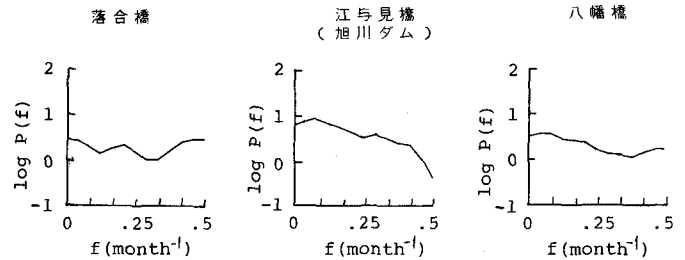


図-13 BODのパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

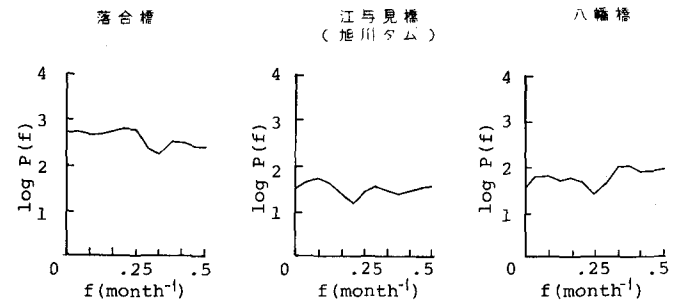


図-14 SSのパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

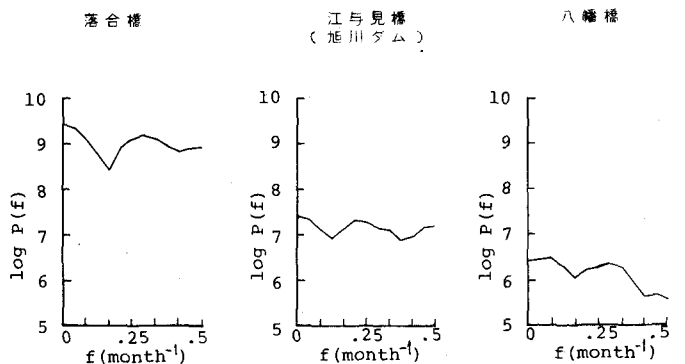


図-15 大腸菌群数のパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

ピーク位置が類似していること、湾中央部のスペクトルは湾口および児島湖のどちらのスペクトルにも似ていないことなどが特徴である。

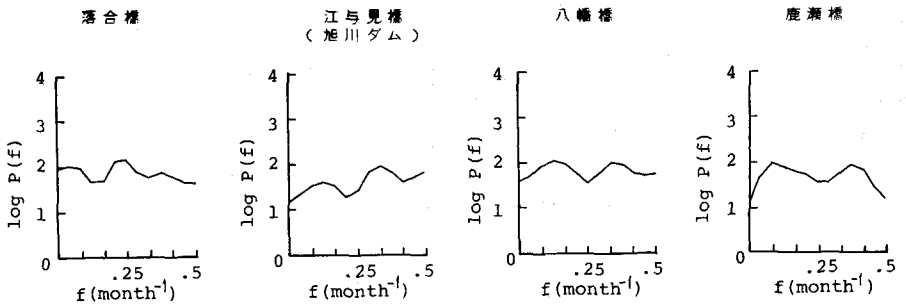


図-16 透視度のパワースペクトル(旭川ダムの上下流)

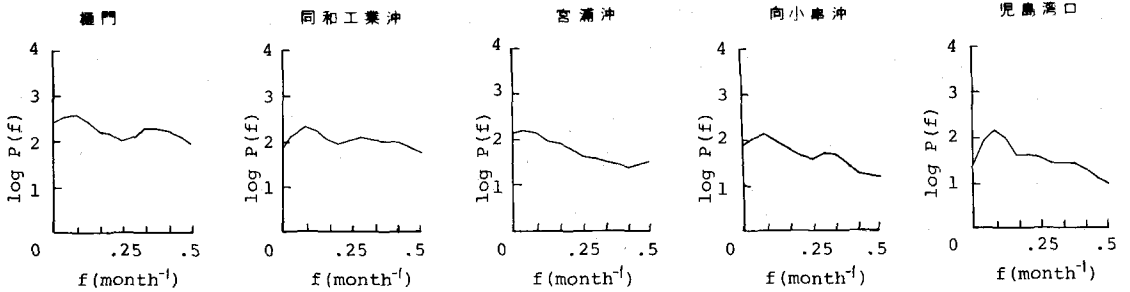


図-18 DOのパワースペクトル(橋門～湾口)

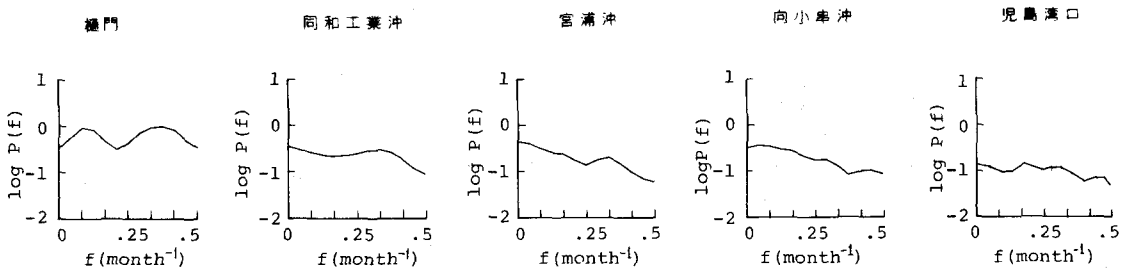


図-17 pHのパワースペクトル(橋門～湾口)

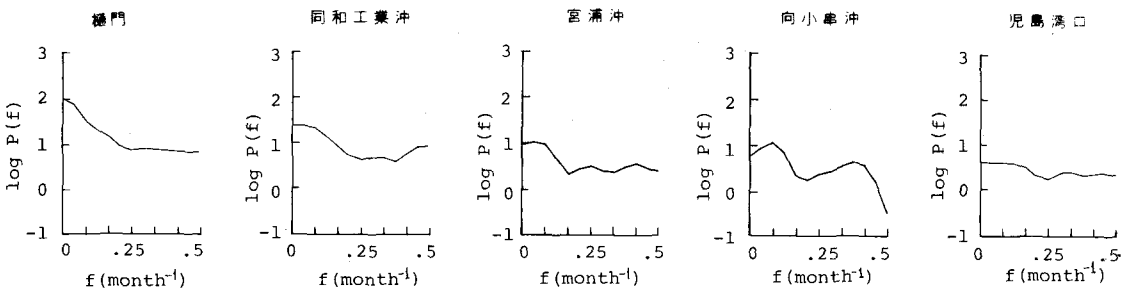


図-19 CODのパワースペクトル(橋門～湾口)

#### 4. おわりに

本研究では、貯水施設での水質変換と水質の downstream への伝播に関して、相関係数、平均、分散、およびパワースペクトルの各側面から検討を加えた。貯水施設では、上下流と比較して、水質変動のパターン、水質レベル、水質変動の大きさや周期性が異なる。しかしながら、変換された水質が必ずしも downstream へ伝播するわけではなく、変換された水質の伝播が認められたのは、SS、透視度および BOD であった。なお、ここで得られた結論は、測定間隔が 1 月であるというタイムスケールにも依存するものであろうことを付記しておく。

(参考文献) 日野幹雄; スペクトル解析, 朝倉書店 (昭和 54 年)