

# 水制工まわりの流動・水質特性II

## —水質特性—

松本明人・富所五郎

信州大学工学部

### Flow and Water Quality Characteristics around Spur-dikes

Akito MATSUMOTO and Goro TOMIDOKORO

Faculty of Engineering, Shinshu University

**Key words:** Spur-dikes, Flow in River, Water Quality

水制, 流れ, 水質

#### 1. はじめに

近年, 川づくりに際し, 従来の治水目的のみならず, 水辺の美しさや自然とのふれあいにも考慮することが求められてきている。そのなかで, 伝統的工法である水制工が多自然型工法として再び注目をあびている。

本研究では千曲川に昭和初期につくられた亀腹水制をフィールドに水制工が周辺の河川環境に及ぼす影響を調査・検討した。

本報告では特に水質の面から検討した。

#### 2. 測定点, 測定方法および測定日

水制がその周辺水質に与える影響を把握するため, 水質調査を1993年10月20日, 10月27日, 11月10日, 11月17日, 12月1日および12月15日の6回にわたり松代町清野地区にある亀腹水制付近の各測定点でおこなった。図-1に各測定点を示す。

測定項目は濁度, 電気伝導度, 水温, pHおよび溶存酸素飽和度であり, 濁度, 電気伝導度, 水温および溶存酸素飽和度は水質チェッカ(東亜電波工業製WQC-2A), pHは携帯pHメーター(堀場製作所製D-13)により測定した。測定方法および測定日を表

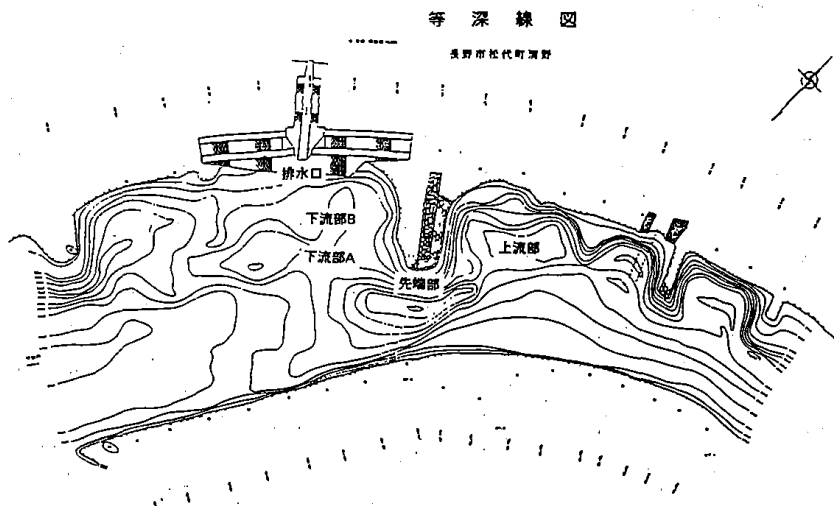


図-1 測定点

表 - 1 測定方法および測定日

| 測定項目    | 測定方法                               | 測定日                                     |
|---------|------------------------------------|---|
| 濁度      | 透過光方式 ( $\lambda = 600\text{nm}$ ) | 10/20, 10/27, 11/10, 11/17, 12/1, 12/15 |
| 電気伝導度   | 4電極法                               | 同上                                      |
| 水温      | サーミスタ方式                            | 同上                                      |
| pH      | ガラス電極法                             | 同上                                      |
| 溶存酸素飽和度 | 隔膜型ガルバニ電池方式                        | 12/1, 12/15                             |

- 1 に示す。

### 3. 測定結果<sup>1)</sup>

水質測定結果を表 - 2 から 7 に、本調査と並行しておこなわれた千曲川工事事務所による水質測定結果を表 - 8 から 11 に示す。なお水制先端部の水質は、流れの状況より判断して千曲川本流の水質にほぼ等しいと考えられる。

まず水制上流部および先端部の水質について述べる。濁度、電気伝導度、水温、pH、溶存酸素飽和度（表中では DO 飽和度）とも測定時期に関わらず、上流部の水面と先端部ではあまり差はなかった。また上流部では水面と水底での水質にあまり違いは見られず、濁度に若干差があらわれることがあった程度である。水質的に特に問題となるようなものもなく、河川における一般的な値であった。水温の低下以外に測定時期による変動もあまりなかった。以上のように水制による水質変化は水制上流部では見られなかった。

一方、水制下流部と先端部の水質を比較すると、水制下流部のほうが、電気伝導度はおよそ 10~80%、濁度も場合によってはかなり高めになり、pH は 0.1~0.9 ほど低下していた。また下流部では水面と水底で濁度、溶存酸素飽和度に大きな差が見られることもあった。特に溶存酸素飽和度は水底で最低 14% と、かなりの低下が見られ、嫌気的狀態になっていることがわかる。実際、下流部ではメタンガスの発生や腐敗臭の発生、魚の死亡、腐泥の蓄積などが観察されている。それ以外の水質項目に関しては特に問題はなかった。

表 - 8 ~ 11 に示したように千曲川工事事務所による水質測定結果では、上流部、先端部、下流部とも水質はほとんど同じで水制による水質変化は見られなかった。BOD 濃度はおよそ 2mg/l と水制付近の千曲川の

一般的値であった。

つぎに排水口から流出する排水について述べる。排水口とは農業排水の排水口であるが、流域で行われている工事のためと考えられるかなり濁った灰褐色の水が流れていることもあった。ただし量的には本流に比べると非常に微量であった。水質的には濁度、電気伝導度とも先端部の水より高く、pH は 7 付近、溶存酸素飽和度は 72~90% と低めであった。特に電気伝導度は最大で 500 $\mu\text{S}$  以上にもなり、淡水魚の生息に不適<sup>2)</sup>であった。この排水は先に述べた水制下流部の水質、特に pH や電気伝導度に影響を与えているものと考えられる。千曲川工事事務所の水質測定結果によると、排水口の水質は SS が 74~720mg/l と高いにもかかわらず、BOD は最大で 5.7mg/l、COD は最大で 8.5mg/l であり、この排水は無機物が主体であると考えられる。

### 4. 考 察

水質測定の結果を流れの数値計算結果<sup>1)3)</sup>および実測結果<sup>1)</sup>と併せて考察する。

別報<sup>3)</sup>で述べた流れの数値計算結果や実測より分かるように水制の上流部および下流部において大きな渦が出来ている。下流部の渦は排水口から流出した流れを取り込むように渦を巻いており、下流部の水質は排水口からの濁水の影響をかなり受けることが流れの解析からも分かる。実際、河川堤防の上より水制を見ると排水口から流れ出た灰褐色の水が水制下流部の渦に乗って水制下流部を流れているのが観察された。

さらに水制上流および下流に出来る渦の影響として河川上流域から流れてきた水草などが渦によりトラップされ水底に堆積することが観察された。今回の水質調査では下流部でしか確認されなかったが、同年 5 月

水制工まわりの流動・水質特性II

表 - 2 水質測定結果 (10月20日分)

|            |    | 上流部  | 先端部  | 下流部A | 下流部B | 排水口   |
|------------|----|------|------|------|------|-------|
| 濁度<br>mg/l | 水面 | 26   | 26   | 33   | 48   | 100以上 |
|            | 水底 | 39   |      | 40   | 66   |       |
| 電導度<br>μS  | 水面 | 200  | 203  | 220  | 280  | 500以上 |
|            | 水底 | 205  |      | 225  | 370  |       |
| 水温 °C      |    | 13.0 | 14.0 | 12.8 | 13.0 | 14.0  |
| pH         |    | 8.2  | 8.3  | 8.0  | 7.5  | 7.4   |

表 - 3 水質測定結果 (10月27日分)

|            |    | 上流部  | 先端部  | 下流部A | 下流部B | 排水口  |
|------------|----|------|------|------|------|------|
| 濁度<br>mg/l | 水面 | 6    | 1    | 13   | 26   | 94   |
|            | 水底 | 1    |      | 275  | 56   |      |
| 電導度<br>μS  | 水面 | 212  | 212  | 255  | 300  | 321  |
|            | 水底 | 211  |      | 247  | 265  |      |
| 水温 °C      |    | 10.3 | 10.4 | 10.5 | 10.6 | 11.0 |
| pH         |    | 8.9  | 8.9  | 8.3  | 8.7  | 7.6  |

表 - 4 水質測定結果 (11月10日分)

|            |    | 上流部 | 先端部 | 下流部A | 下流部B | 排水口  |
|------------|----|-----|-----|------|------|------|
| 濁度<br>mg/l | 水面 | ND* | 6   | 22   | 37   | 440  |
|            | 水底 | ND* |     | 33   | 37   |      |
| 電導度<br>μS  | 水面 | 205 | 208 | 236  | 235  | 615  |
|            | 水底 | 193 |     | 237  | 234  |      |
| 水温 °C      |    | 8.7 | 9.0 | 9.0  | 9.2  | 12.2 |
| pH         |    | 8.5 | 8.6 | 7.9  | 8.1  | 7.0  |

\* 検出されず

表 - 5 水質測定結果 (11月17日分)

|            |    | 上流部 | 先端部 | 下流部A | 下流部B | 排水口   |
|------------|----|-----|-----|------|------|-------|
| 濁度<br>mg/l | 水面 | 37  | 19  | 8    | 16   | 500以上 |
|            | 水底 | 75  |     | 160  | 88   |       |
| 電導度<br>μS  | 水面 | 206 | 184 | 226  | 330  | 334   |
|            | 水底 | 206 |     | 240  | 340  |       |
| 水温 °C      |    | 9.2 | 9.4 | 9.6  | 11.3 | 10.6  |
| pH         |    | 7.5 | 7.7 | 7.6  | 7.1  | 7.3   |

表 - 6 水質測定結果 (12月1日分)

|              |    | 上流部 | 先端部 | 下流部A | 下流部B | 排水口   |
|--------------|----|-----|-----|------|------|-------|
| 濁度<br>mg/l   | 水面 | 12  | 9   | 105  | 39   | 310   |
|              | 水底 | 12  |     | 240  | 52   |       |
| 電導度<br>μS    | 水面 | 195 | 200 | 240  | 220  | 500以上 |
|              | 水底 | 197 |     | 235  | 170  |       |
| 水温 °C        |    | 8.0 | 8.5 | 8.6  | 8.5  | 11.6  |
| pH           |    | 8.5 | 8.6 | 7.7  | 7.9  | 6.9   |
| DO飽和<br>度(%) | 水面 | 100 | 94  | 96   | 90   | 72    |
|              | 水底 | 100 |     | 55   | 72   |       |

表 - 7 水質測定結果 (12月15日分)

|              |    | 上流部 | 先端部 | 下流部A | 下流部B | 排水口 |
|--------------|----|-----|-----|------|------|-----|
| 濁度<br>mg/l   | 水面 | 9   | 4   | 23   | 20   | 120 |
|              | 水底 | 55  |     | 33   | 25   |     |
| 電導度<br>μS    | 水面 | 200 | 205 | 231  | 235  | 314 |
|              | 水底 | 203 |     | 237  | 240  |     |
| 水温 °C        |    | 4.7 | 4.6 | 5.0  | 5.0  | 6.0 |
| pH           |    | 8.5 | 8.7 | 8.1  | 8.1  | 7.4 |
| DO飽和<br>度(%) | 水面 | 99  | 90  | 100  | 104  | 90  |
|              | 水底 | 92  |     | 18   | 14   |     |

表 - 8 水質測定結果

(千曲川工事事務所 9月22日分)

|               |                   |        |        |        |  |
|---------------|-------------------|--------|--------|--------|--|
| 検体の種類         | 河川水               |        |        |        |  |
| 採取場所          | 長野市松代町清野          |        |        |        |  |
| 検体採取年月日       | 平成5年9月22日         |        |        |        |  |
| 天候 [前日 当日]    | 気温 14.0°C (採取者測定) |        |        |        |  |
|               | 上流部               | 先端部    | 下流部A   | 排水口    |  |
| 採取時刻          | 15:00             | 14:50  | 14:30  | 16:00  |  |
| 水温 (採取者測定)    | 15.0°C            | 15.0°C | 15.0°C | 16.5°C |  |
| BOD (mgO/l)   | 1.1               | 1.6    | 1.3    | 5.7    |  |
| D-BOD (mgO/l) | 0.5               | 0.5未満  | 0.5未満  | 3.0    |  |
| COD (mgO/l)   | 1.9               | 1.9    | 2.2    | 8.5    |  |
| D-COD (mgO/l) | 1.5               | 1.7    | 2.2    | 4.8    |  |
| SS (mg/l)     | 8                 | 8      | 5      | 74     |  |
| 全窒素 (mgN/l)   | 1.9               | 2.2    | 2.0    | 4.2    |  |
| 全りん (mgP/l)   | 0.062             | 0.071  | 0.058  | 0.56   |  |

表 - 9 水質測定結果

(千曲川工事事務所 10月20日分)

|               |            |        |        |        |  |
|---------------|------------|--------|--------|--------|--|
| 検体の種類         | 河川水        |        |        |        |  |
| 採取場所          | 長野市松代町清野   |        |        |        |  |
| 検体採取年月日       | 平成5年10月20日 |        |        |        |  |
| 天候 [前日 当日]    | 晴天         |        |        |        |  |
|               | 上流部        | 先端部    | 下流部A   | 排水口    |  |
| 採取時刻          | 14:05      | 13:50  | 13:30  | 14:30  |  |
| 水温 (採取者測定)    | 14.0°C     | 14.0°C | 14.0°C | 15.0°C |  |
| BOD (mgO/l)   | 0.7        | 1.2    | 1.0    | 1.5    |  |
| D-BOD (mgO/l) | 0.5未満      | 0.8    | 0.7    | 0.5未満  |  |
| COD (mgO/l)   | 2.6        | 2.4    | 2.6    | 12     |  |
| D-COD (mgO/l) | 1.1        | 1.7    | 1.7    | 3.8    |  |
| SS (mg/l)     | 22         | 20     | 22     | 720    |  |
| 全窒素 (mgN/l)   | 1.7        | 1.6    | 1.8    | 7.5    |  |
| 全りん (mgP/l)   | 0.063      | 0.059  | 0.062  | 0.44   |  |

表-10 水質測定結果  
(千曲川工事事務所 11月17日分)

|               |            |        |        |        |
|---------------|------------|--------|--------|--------|
| 検体の種類         | 河川水        |        |        |        |
| 採取場所          | 長野市松代町清野   |        |        |        |
| 検体採取年月日       | 平成5年11月17日 |        |        |        |
| 天候            | [前日 当日]    |        |        |        |
|               | 上流部        | 先端部    | 下流部A   | 排水口    |
| 採取時刻          | 11:50      | 12:20  | 12:55  | 14:20  |
| 気温(採取者測定)     | 16.0°C     | 16.0°C | 17.0°C | 19.0°C |
| 水温(採取者測定)     | 10.5°C     | 10.5°C | 11.0°C | 15.0°C |
| BOD (mgO/l)   | 2.1        | 1.4    | 2.4    | 2.2    |
| D-BOD (mgO/l) | 1.4        | 0.8    | 0.5未満  | 1.1    |
| COD (mgO/l)   | 2.2        | 2.0    | 2.3    | 7.2    |
| D-COD (mgO/l) | 1.9        | 1.9    | 1.7    | 4.3    |
| SS (mg/l)     | 5          | 6      | 9      | 160    |
| 全窒素 (mgN/l)   | 1.8        | 1.6    | 1.8    | 6.5    |
| 全りん (mgP/l)   | 0.058      | 0.058  | 0.064  | 0.12   |

表-11 水質測定結果  
(千曲川工事事務所 12月15日分)

|               |                  |       |       |        |
|---------------|------------------|-------|-------|--------|
| 検体の種類         | 河川水              |       |       |        |
| 採取場所          | 長野市松代町清野         |       |       |        |
| 検体採取年月日       | 平成5年12月15日       |       |       |        |
| 天候            | [前日 小雨 当日 曇り(雪)] |       |       |        |
|               | 上流部              | 先端部   | 下流部A  | 排水口    |
| 採取時刻          | 11:00            | 11:15 | 11:08 | 11:45  |
| 気温(採取者測定)     | 1.0°C            | 1.0°C | 1.0°C | 1.0°C  |
| 水温(採取者測定)     | 4.5°C            | 5.0°C | 5.5°C | 13.0°C |
| BOD (mgO/l)   | 1.4              | 1.2   | 1.8   | 2.1    |
| D-BOD (mgO/l) | 1.4              | 1.0   | 1.0   | 1.3    |
| COD (mgO/l)   | 2.2              | 1.9   | 2.4   | 9.6    |
| D-COD (mgO/l) | 2.0              | 1.7   | 1.5   | 3.8    |
| SS (mg/l)     | 4                | 3     | 13    | 108    |
| 全窒素 (mgN/l)   | 1.7              | 1.8   | 1.9   | 5.7    |
| 全りん (mgP/l)   | 0.046            | 0.045 | 0.076 | 0.29   |

には腐泥の蓄積が水制上流部および下流部で観察されており、その沈殿の分布は直径数十メートルとほぼ実測で求められている渦の大きさに一致している。そして水制下流部の水底での溶存酸素飽和度の低下は、多量に蓄積した腐泥の微生物による分解に伴う酸素消費のためと思われる。今回の調査は生物活動が低下している秋から冬にかけておこなったが、微生物の活動が盛んな夏期にはおそらくメタンガスや腐敗臭が発生し、溶存酸素飽和度の低下も強まるものと考えられる。また水制上流部水底でも、腐泥が蓄積している場合には、溶存酸素飽和度の低下が予想される。したがって春から夏にかけての水質調査が必要である。

### 5. おわりに

水制がその周辺水質に与える影響を把握するため、水質調査を1993年10月20日、10月27日、11月10日、11月17日、12月1日および12月15日の6回にわたり松代町清野地区にある亀腹水制付近の各測定点でおこな

た。その結果、水制下流部では濁度、電気伝導度の上昇およびpHの低下そして水底付近の濁度の上昇および溶存酸素飽和度の低下が観察された。また、その原因として水制の下流にある排水口より流出する無機物を多く含む排水が水制下流部で生じる渦に乗り下流部に流れ込むことおよび水制下流部に蓄積した腐泥の生物的分解が考えられた。

### 参考文献

- 1) 桜井善雄ほか：水制工のもつ河川水理及び生物環境の創出効果に関する研究，河川整備基金助成事業報告書（研究代表者 桜井善雄，富所五郎），1994
- 2) 高橋幹二編著：新体系土木工学86環境保全（I）—環境の指標と保全—，技報堂出版，1981
- 3) 富所五郎，松本明人：水制工まわりの流動・水質特性—流動特性—，環境科学年報，本号，1995

(受付 1995年2月8日)