

## 河床材料의 改良에 의한 濁質流下制御

河成龍 \* 葛岡昌基 \*\*

\* 忠北大學校 工科大學 都市工學科 助教授, 工學博士

\*\* (株)新日本技術콘설탄트 水工部 課長代理

### 1. 研究배경

貯水池는 자연수를 水資源으로 변화하기 위한 土木시설의 하나이며, 물이용이 고도화 및 다양화된 오늘날에 있어서 그 목적의 달성, 기능의 발휘는 저수지의 양적 및 질적 배분의 최적화정도로서 인식되어지고 있다.

한편, 貯水池의 건설은 자연의 流況을 변화시켜 貯水池의 冷水化, 濁水의 長期流出 및 微生物의 異常번식(水質의 富營養化, 淡水赤潮현상 등)등의 커다란 사회적 과제를 제기시키고 있다. 本 研究는 發電用 댐 貯水池의 가장 대표적인 수질문제인 濁水 長期流出의 경감대책을 수립하기 위하여 自然河道에서의 濁質경감 가능성에 대하여 검토한 결과이다. 연구대상이 되어진 河川은 日本의 나라현에 위치한 양수발전목적의 아사히(旭) 댐저수지의 下流하천이다. 本 貯水池는 발전방류가 댐 下流 주민의 利水상황(낙시, 관계용수, 관광등)에 영향을 끼친 결과, 지역주민과의 사회적 보상문제로 발전된 경우이다. 댐 관리의 전력회사는 지역주민과의 승의에 의하여 洪水放流後 1주간 이내에 下流河川의 수질기준점에 있어서 탁도가 5ppm을 초과할 경우에 대하여 소정의 피해보상금을 기준탁도가 5ppm에 도달할때까지 지속적으로 매일 지불하는 협정을 맺고있다. 따라서 本 研究는 댐 下流河川內의 수질기준점에 있어서의 濁水의 長期流出을 制御하기 위한 대책으로서 河床材料의 改良에 의한 수질개선 가능성을 평가한 결과이다. 研究의 진행은 多年間의 관측결과 및 수리실험에 의한 次元解析結果를 分析함으로써 流下過程中的 水質改善에 관한 水質水理學의 해석을 통하여 수질제어능력을 수치적으로 평가하였다.

## 2. 대상하천의 탁질 流下特性

그림-1은 流量에 따라 탁도의 低下특성이 다른것을 보여주고 있다. 즉 放流量이 적을수록 流下에 따라 빠른 탁도 저감을 보인다. 그림-2는 放流濁度の 정도에 따라 低下특성이 다르다는 것을 보이고 있다. 즉 洪水의 放流에 따라 放流濁도가 높아질수록 流下過程中的의 濁度저하속도가 떨어진다. 그림-3은 放流濁도와 下流水質 기준점의 濁도와의 관계를 나타낸 것으로 放流濁質은 下流河川의 流下過程을 통하여 크게 제어됨을 알수있다.

## 3. 河床材料의 改良에 의한 濁度 低下특성 개선

### 3.1 濁質流下 과정의 메카니즘

#### 3.1.1 기초방정식

##### (1) 河道流解析의 기초방정식

· Energy 방정식

$$\alpha \frac{U}{g} \cdot \frac{\partial U}{\partial X} + \frac{\partial h}{\partial X} = i_0 - \frac{Q^2}{n^2 R^{4/3} A^2} \quad (1)$$

· 연속방정식

$$\frac{\partial Q}{\partial X} = q \quad (2)$$

##### (2) 탁도解析의 기초방정식

· 연속방정식

$$\frac{\partial A \cdot C}{\partial t} + \frac{\partial Q \cdot C}{\partial X} = \frac{\partial}{\partial X} (A \cdot D \frac{\partial C}{\partial X}) - S \cdot V_b \cdot C + q \cdot C \quad (3)$$

· 탁질운동방정식

$$\left. \begin{aligned} \frac{V_b}{U_*} / \frac{dm}{h} &= 3.68 \times 10^{-2} \exp(-2.78 \times 10^{-2} \cdot Re^*), Re^* < 50 \\ \frac{V_b}{U_*} / \frac{dm}{h} &= 4.10 \times 10^{-3}, Re^* > 100 \end{aligned} \right\} (4)$$

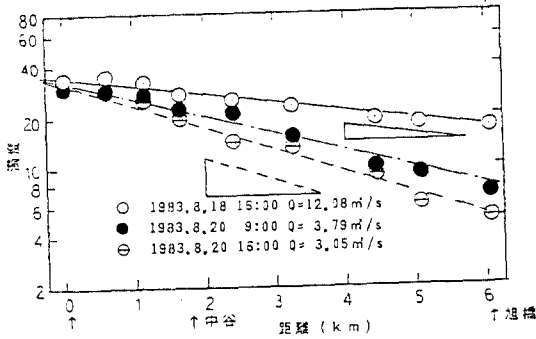


Fig.1 1983년 8월 유출의 탁도저하

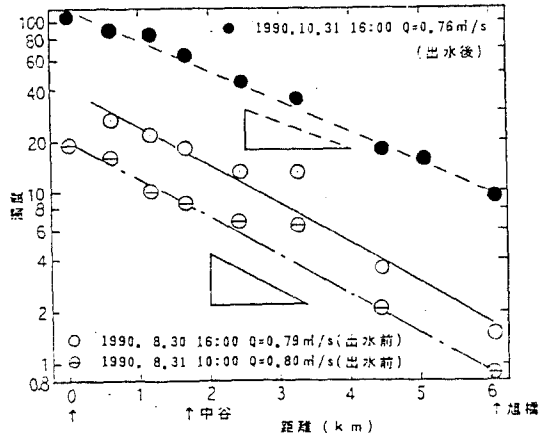


Fig.2 1990년 9월 유출전후의 탁도저하

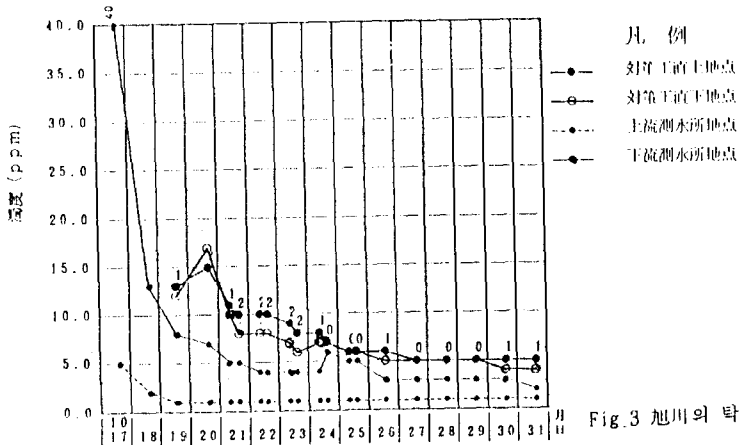


Fig.3 旭川の 탁실유하과정

### 3.1.2 數值解法

#### (1) 河道流水面曲線의 數值解析法

山地河川에는 河道폭 및 하도경사등의 급변에 의하여 河道流의 흐름이 常流에서 射流 또는 射流에서 常流로 변화하면서 流下하게된다. 그러나 현재 一般的으로 사용되어지고 있는 不等流의 解析시스템은 常流만을 대상으로하여, 下流로부터 水面形계산을 進行하여 常流의 解가 存在하지 않는 단면이 나타날 경우는 편의상 限界水深이 발생하는 것을 가정하여서 계산을 지속시키는 방법을 취하고 있다.

그러나 本 研究는 그 대상이 산지하천임을 고려하여 常流와 射流區間이 공존하는 흐름에 대한 石川<sup>1)</sup> 등의 연구를 토대로 數值解析을 실시하였다.

#### (2) 탁도의 수치해석법

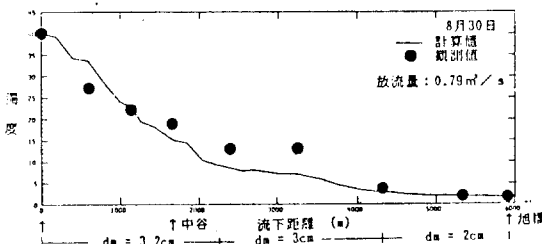
탁질流下에 관한 非定常 방정식인 式(3)의 수치해법으로는 Crank-Nicholson의 수치격자를 개량하여 제시한 Stone and Brian<sup>2)</sup>의 음형식(implicit)差分法인 6점法을 도입하여 해석시스템을 구축하였으며 수치방정식의 해는 Tomas Algolism을 적용하여 구하였다.

또 式(3)의 종방향 이류확산계수인 D에 대하여는 室田, 岩佐<sup>3)</sup> 등의 연구 결과를 토대로 작성한 다음식을 적용하였다.

$$D=0.18\left(\frac{U}{U^*}\right)^{0.5} \left(\frac{B}{h}\right)^2 h \cdot U^* \tag{5}$$

式(3)의 탁질저하속도  $V_b$ 의 물리적 의미는 式(6)으로 표현되므로, 유하과정에 관한 실측 결과를 토대로 도출하였다.

$$\frac{\partial C}{\partial X} = -\lambda C, \quad \lambda = \frac{V_b \cdot S}{Q} \tag{6}$$



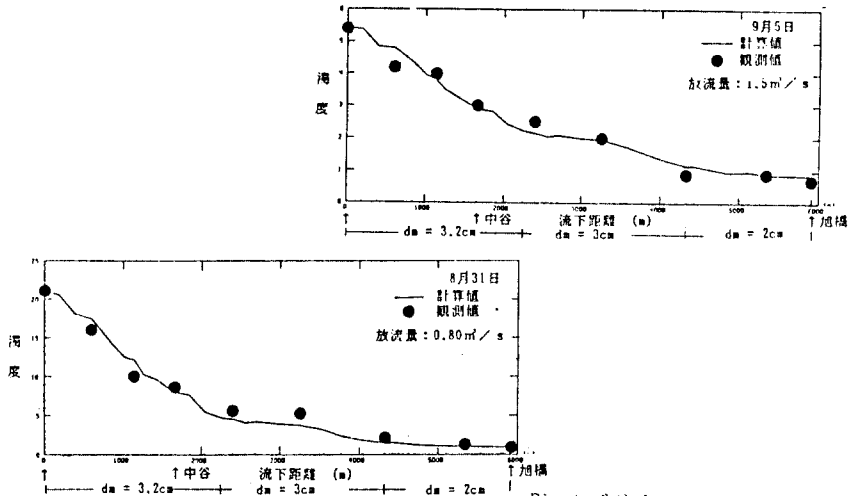


Fig.4 해석시스템의 재현성 평가

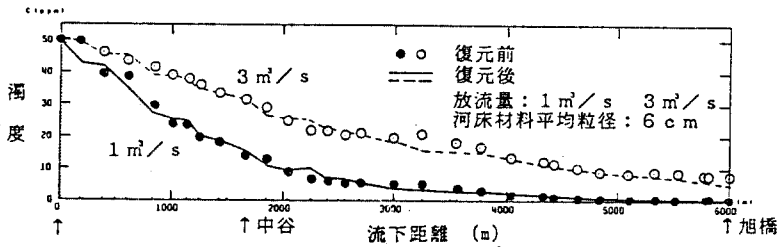


Fig.5 하상재료를 변경하지않고 하상복원한 경우의 계산결과

### 3.2 제안 모델의 재현성 평가 및 검증

수치계산법의 적용성에 대하여 1990年 8月 出水後의 旭川에서의 관측 자료를 이용하여 평가한 결과이다. 검증결과는, 확정된 모델 파라메타에 대하여 다음의 그림 4와 같이 좋은 일치성을 보이고 있다.

### 3. 河床材料改良에 따른 수질개선 가능성

#### 3.3.1 현재의 河床材料 상태에서 하상의 복원효과

그림 5는 대상하천의 河床材料의 개량없이 河道流出에 따른 세굴면만을 댐 건설당사의 면으로 복원할 경우에 대한 수질개선효과를 검토한 것이다. 그림에서 잘 알수 있는 바와 같이, 河床面の 복원만으로는 수질개선

의 가능성이 거의 기대하기 어렵다.

### 3.3.2 河床材料의 개량 효과

그림 6은 개량토사의 평균입경에 의한 수질개선 가능성을 모의 실험한 결과이다. 모의실험결과는 개량토사의 입경이 클수록 수질개선 가능성이 크다는 것을 보이고 있다. 또한 동일한 입경의 토사에 대하여도 그 시공이 이루어지는 위치에 따라서 기대효과가 현저히 다른것을 알 수 있다.

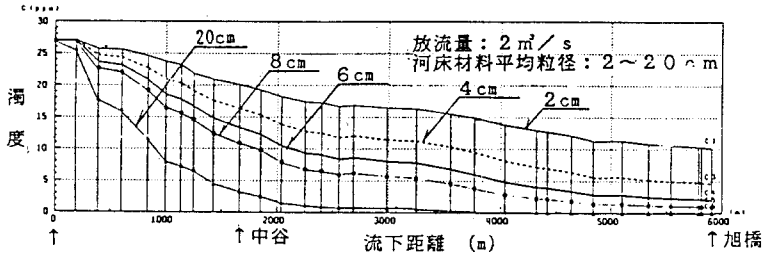


Fig. 6 현상하상에서 하상재료를 변경한 경우의 계산결과

## 4. 결론

本 研究는 山地河川의 河床材料의 개량에 의한 流下과정중의 濁質制御 가능성을 평가하기 위하여 현장 관측을 토대로 수치계산 시스템을 구축하여 모의 실험을 실시한 결과이다. 연구의 수행에서 얻어진 주된 결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 山地 자연하도의 탁질제어 기능은 河床材料和 濁質과의 물질교환 기능에 의하여 지배되어진다.
- (2) 제안된 탁질유하과정의 해석 시스템은 현장에 적용 가능성이 충분히 평가되고 있다.
- (3) 河床面の 복원보다는 河床材料의 개량이 수질개선 효과에 큰 영향을 미친다.
- (4) 河床材料의 개선은 개선구간과 적절한 입경의 선정이 필요하다.

## 참고문헌

1. 石川忠晴, 林正男, “常流, 射流가混在する區間の不等流計算法”, 土木技術資料, 25-3, (1983)

2. Stone, H.L. and P.L.T.Brian, "Numerical Solution of Convective Transportation Problems", A.Z.Ch.E.Journal, 9-5.(1963)
3. 室田明, "河川工学", (1987)