

東京工業大学 正員 角田 学

同上 同上 福岡捷二

同上 同上 稻葉清美

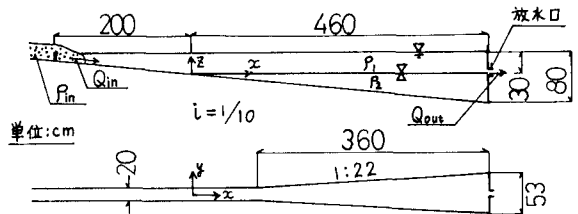
1. はじめに 高濃度の濁水が貯水池に大量に流入すると、濁水は貯水池内で広範囲にわたり滞留する。この主要な原因の一つは流入濁水が下流端で反射することにより生じる内部段波である。本研究では、濁水の選択的放水により濁水層の拡大を軽減する効果を明らかにするため、三次元貯水池において放水がある場合とない場合とで内部段波の形成機構および段波内の流動がどのように異なるかについて検討した。

2. 実験の概要 実験条件を表-1に示す。実験に用いた水路は図-1に示す漸拡の三次元貯水池である。密度 ρ_1 と ρ_2 の二層に成層化された貯水池内に上流から密度 ρ_2 の濁水を流入させる。流入した濁水は躍層上を侵入し、下流端で反射して段波を形成する。放水がある場合とない場合とに大別し、各場合について実験を行った。放水がある場合については、0.3%で放水した場合を代表例として用いた。放水は濁水が躍層に達したときに

表-1 實驗條件

上層密度	ρ_1 (g/cm ³)	0.9989
下層密度	ρ_2 (g/cm ³)	1.0043
流入濁水密度	ρ_{in} (g/cm ³)	1.0110
流入濁水量	Q_{in} (g/s)	0.1
放水量	Q_{out} (g/s)	0.3

例として用いた。放水は湯水が躍層に達したときに開始する。放水口の形状は高さ1.5 cm, 幅10 cmのスリット型であり, その位置は躍層上にある。座標原点を図-1のように躍層上にとる。また, 放水口付近を中央部, その両側を側壁部とよぶことにする。



3. 實驗結果

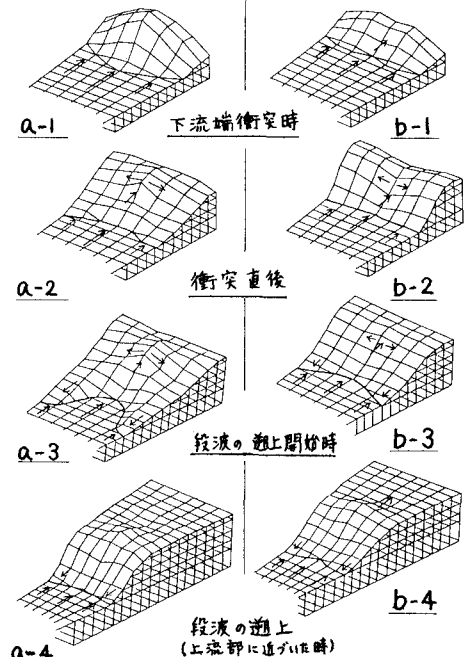
3-1.放水がない場合とある場合の段波の形成過程

放水の有無により段波の形成過程は図-2(a), (b)のようになる。図中の矢印は流れの方向を示す。

(a) 放水がない場合 濁水先端部が下流端に衝突すると、水路中央部の流速は側壁部よりも大きいため濁水の下流端でのはいがかり形状は中央部が突出した凸型の形状となる。そのため下流端での濁水内の圧力は横断方向に不均衡になる(図 2-1)。(図 2-2) このとき側壁部では段波内の全エネルギーが流入濁水の全エネルギーよりも大きくなるため、段波内の濁水は側壁に沿って逆流する。この濁水の逆流は段波側壁部の伝播速度を大きくし、段波フロントは側壁側で著しく突出した平面形状となる(図 2-3)。(図 2-4) 濁水はたえず貯水池内へ流入するため、このような中央部の順流、側壁部の逆流は貯水池全体にわたり連続して起こる。貯水池の上流部では定常部の流速が横断方向にほぼ一様化する。このため段波側壁部では流入濁水の持つ全エネルギーと段波内の全エネルギーとがほぼ均衡し、逆流速は減少する。その結果、段波フロントの平面形状は次第に一様化していく(図 2-5)。(図 2-6)

(b) 放水がある場合 放水のため流入濁水の中央部の流速を

図-1 漸拡の三次元貯水池

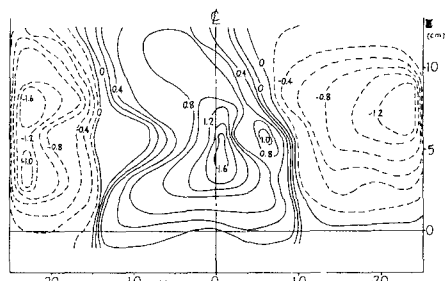


(a)放水がない場合 (b)放水がある場合

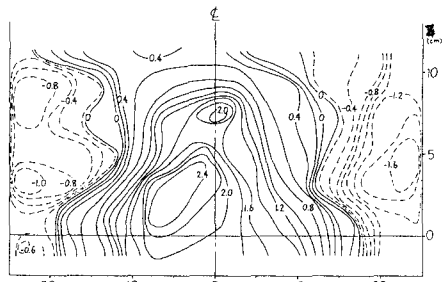
図-2 段波の形成過程

増加しながら濁水先端部は下流端に衝突する。濁水の一部は放水されるため、濁水の下流端でのはいあがり形状は中央部が窪み、側壁部が突出した凹型の形状になる(b-1 図)。この形状が明確に現われているのは、放水口の幅が下流端幅の2割程度であり、中央部の濁水が集中的に放水されること、および貯水池内を進行する濁水の流量と放水量とが同程度であり、放水量が十分大きいことによる。進入する濁水の大きさは放水口の大きさに比して十分に大きいため放水されない濁水が存在する。これが下流端で衝突した後、段波を形成し側壁側へ流動し、放水がない場合と同様に側壁に沿って逆流する(b-2 図)。しかし、放水により段波の波高、流速は小さくなり、段波内の順流の領域は広がり逆流域は狭くなる。このため段波フロントの平面形状は放水がない場合のように側壁側が著しく突出した平面形状を示さない(b-3 図)。段波がさらに上流へ進行すると、放水がない場合と同様に段波フロントの平面形状は次第に一樣化していく(b-4 図)。

3-2. 等流速線 図-3(a), (b)は 段波先端部背後(段波のフロントが $X=350\text{ cm}$ から $X=200\text{ cm}$ までの間の平均)の流速が放水の有無によりどのように変化するかを等流速線により示したものである。実線が順流、破線が逆流を示す。測定は下流端より 30 cm 離れた断面($X=430\text{ cm}$)で行った。流れは放水の有無にかかわらず躍層のわずかに上方を中心にして中央部付近で順流、側壁部付近で逆流となっている。また、放水が行われると躍層付近の順流域が広がり、順流域の最大流速は躍層付近に集中し、大きくなる。これは、放水口が躍層の位置にあり同一の密度の層である躍層上の濁水が放水されやすいことおよび放水口の幅が相対的に小さいことによる。(a), (b)を比較すると、 $X=430\text{ cm}$ の地点では放水は逆流域および逆流速の軽減をもたらしており、放水の効果は顕著に現われていることがわかる。



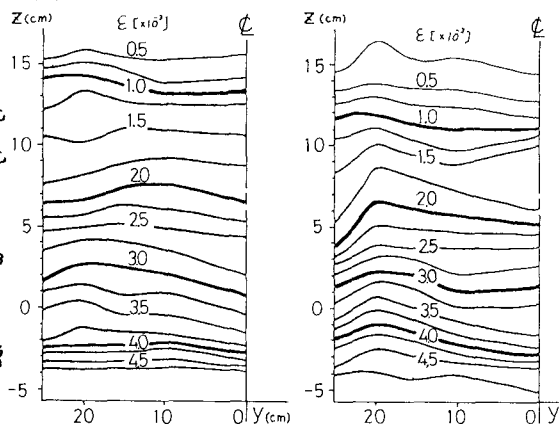
(a) 放水がない場合



(b) 放水がある場合 [単位: cm/s]

図-3 等流速線 ($X=430\text{ cm}$)

3-3. 等密度線 図-4は図-3と同一の地点において、放水がある場合とない場合の段波通過後の等密度線を示したものである。前述のように流速場は横断方向に著しく異なっているのに対し、密度場は全体的にほぼ一樣になっている。しかし、放水がある場合には、 $Y=20\text{ cm}$ 近傍において等密度線はわずかに高くなっており、部分的に密度は横断方向に異なっている。この主な原因は、放水により躍層付近の密度の大きい流体が選択的に放水され、放水されなかったこれと同密度の流体が逆流しているためと思われる。これに対し、放水がない場合の等密度線は横断方向にほぼ一樣であるのは、流入濁水が下流端で衝突し、そのまま周囲の流体と同一の密度内を逆流しているためである。また、(a)と(b)とを比較すると同一の等密度線的位置は躍層付近ではほとんど変わらないのに対し、躍層より上方では、例えば相対密度差 E が 10×10^{-3} の線をみると、放水がある場合の方が放水がない場合よりも低く下している。これより、放水が行われると濁水層の振りは軽減されることがわかる。



(a) 放水がない場合

(b) 放水がある場合

図-4 等密度線 ($X=430\text{ cm}$) [$E=(\rho_2-\rho_1)/\rho_1$]

〈参考文献〉稲葉ら：二次元および三次元貯水池における内部段波, 第27回水理講演会論文集, 1983