

## 長良川河口堰が堰下流域の塩水侵入に与えた影響

東京電機大学大学院 学生会員 森下恵仁

東京電機大学理工学部 正会員 有田正光 中井正則 鯉淵幸生

### 1. はじめに

長良川河口堰は長良川の治水対策、塩水遡上の防止、中部圏の水資源の確保などを目的として建設され、1995年3月に完成した。長良川河口堰モニタリング委員会は1994年から同河川の水質や生態系などに対して定期的に調査を行い、その結果を公表してきた。

本研究では、同委員会の調査結果のうち、ほぼ月一度の割合で行われている水質詳細調査の結果を用いて、河口堰の建設・運用が堰下流域の塩水侵入に与えた影響を検討した。さらに、二次元水路を用いた実験を実施し、そのメカニズムの解明を試みた。

### 2. 調査データによる検討

本研究で取り扱うデータは、河口から河口堰側に1.6km、2.4km、4.0kmの地点（流心上）における表層（2割水深）および低層（8割水深）の流速および塩化物イオン濃度である（図-1参照）。

図-2は、大潮時の流速と塩化物イオン濃度（以下、単に塩分濃度と称する）の相関（満潮、干潮）を堰運用の前後について比較したものである。なお、同図(a)~(c)は表層（2割水深）、(d)~(f)は低層（8割水深）の結果である。また、流速の(-)は上流方向の流れを示しており、堰運用前後の結果をそれぞれ実線、点線でゾーニングしている。

まず、同図(d)~(f)の低層の結果について見てみる。堰運用前には、4km地点において干潮時は下流向きの流れで塩分濃度が低く、満潮時は上流向き流れで塩分濃度が高くなっている。これは、通常の河口付近の流況と類似である。しかし、

堰運用後には干潮・満潮を問わず、流れが停滞しており、満潮時の塩分濃度が上昇している。その結果、流速と塩分濃度の相関関係が堰運用前後で大幅に変化している。一方、1.6km地点では、流速と塩分濃度の相関関係は堰運用前後でそれほど変化しておらず、堰の影響はあまり現れていない。

また、同図(a)~(c)の表層の結果では、4km地点において干潮時の流速が堰によって大幅に低下していることが特徴的であり、塩分濃度の変化は顕著ではない。この場合にも、流速と塩分濃度の相関が4km地点では大きく変化しているのに対し、1.6km地点では変化が小さい。

つぎに、堰運用による密度成層（混合形態）の変化

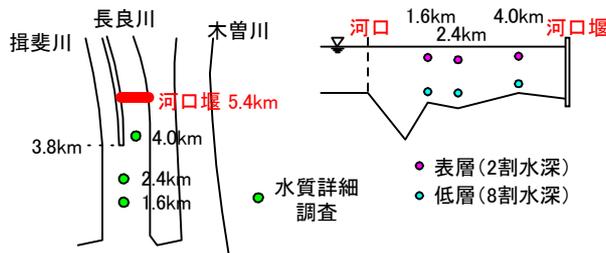


図-1 測定地点（平面図，縦断面図）

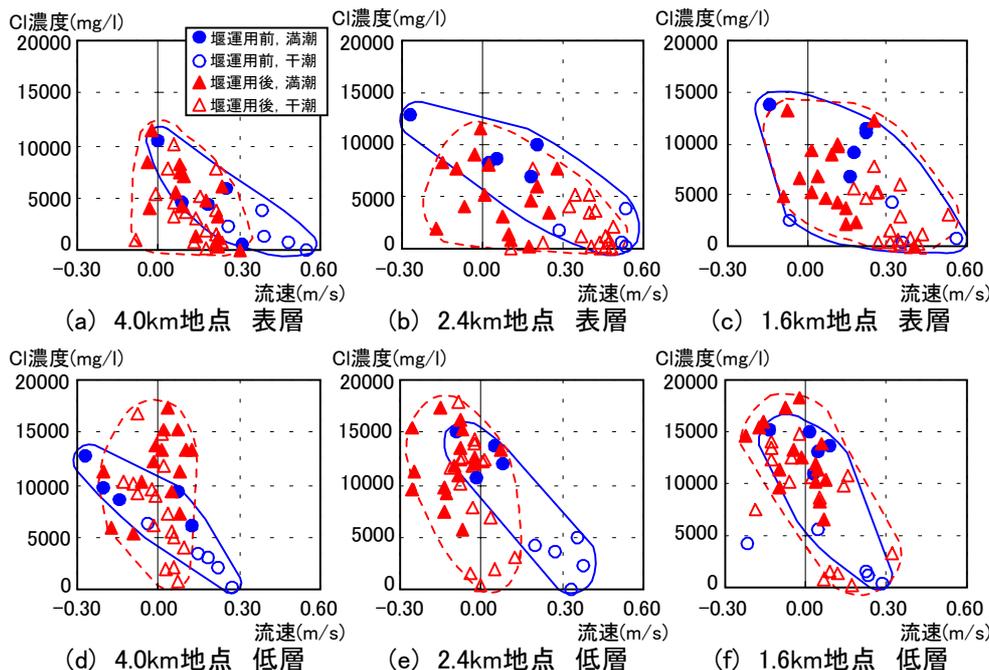


図-2 流速と塩化物イオン濃度の相関

キーワード：長良川河口堰，塩水侵入，混合形態，塩分濃度，潮汐

連絡先：350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 049-296-2911 FAX 049-296-6501

を平水時の大潮満潮時に焦点を当てて検討する．図-3は、大潮満潮時における表層の塩分濃度と低層のそれを結んだ鉛直分布図である．同図(a)～(c)はそれぞれ4.0km地点、2.4km地点、1.6km地点の結果を示している．なお、用いたデータは墨俣地点の流量が40～60m<sup>3</sup>/s程度であり、フラッシュ操作から24時間以上経過した時点のものである（詳細は表-1参照）．

図-3における堰運用前の結果（Case1-1, 1-2）では、表層と低層で塩分濃度に若干の差はあるものの、鉛直方向の勾配が小さく、混合形態は強い緩混合型（同図(a)参照）あるいは強混合型（同図(b), (c)参照）となっている．これは起潮力が相対的に大きく、塩分の鉛直方向の拡散が強いためと考えられる．

一方、堰運用後の結果（Case2-1～2-3）では、表層と低層で塩分濃度にかなり差があり、混合形態は弱い緩混合型である（ただし、Case2-2の鉛直分布は堰運用前と類似であり、強い緩混合型（または強混合型）となっている．このケースでは、何らかの別の要因が関与している可能性がある）．また、全体的に低層の塩分濃度が上昇し、表層のそれが低下する傾向を示している．

3．実験による検討

堰運用による混合形態の変化のメカニズムを解明するために、実験による検討を行なった．用いた実験装置は、長さ1200cm×幅5cm×高さ20cmの二次元直線水路である．なお、水路の下流端には塩水放出口が、下流端から1mの地点には堰が取り付けられている．また、流況の可視化のために塩水を青色に、淡水（河川水）を黄色に着色した．

表-1 ケースごとの流量

ケース	Case1-1	Case1-2	Case2-1	Case2-2	Case2-3
	堰運用前		堰運用後		
調査年月日	1994/6/8	1995/6/28	1996/6/14	1997/9/2	1998/1/13
墨俣流量(m <sup>3</sup> /s)	40	45	55	40	60
堰流出量(m <sup>3</sup> /s)	—	—	79	51	71

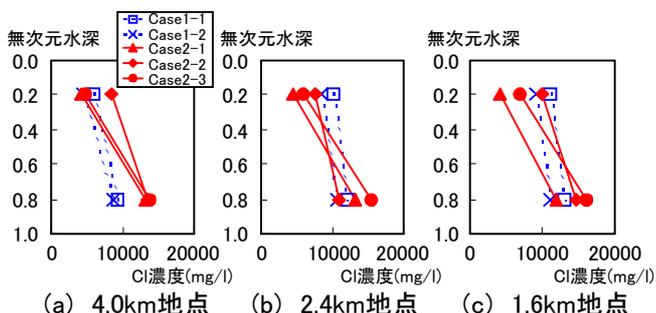


図-3 塩化物イオン濃度の鉛直分布（大潮満潮時）

実験では、淡水が堰を一定流量でオーバーフローする状態を作り出し、水路下流端に設けた放出口から塩水を放出した．なお、塩水は放出直後には（塩水の先端が堰から離れている間は）塩水楔として水路中を遡上していく．塩水侵入形態として塩水楔を選んだのは、堰の設置により潮汐流が弱まり、（堰の存在を無視すれば）堰下流域の混合形態が弱混合型になると仮定したためである．

写真-1は、定常状態における堰下流域の塩水と淡水の混合状態を示している．同写真より、塩水の侵入が堰から水深の2倍程度下流の地点で阻止されていることがわかる．

図-4は、写真-1の流況を模式的に描いたものである．同図のように、堰上流域の淡水は堰に沿って潜り込み、底層を流下した後に再浮上する．つまり、堰をオーバーフローする淡水によって塩水は侵入を阻止され、反転して上層を下流側へ戻っていく．その結果、堰下流域の混合形態は緩混合型へ移行すると推察され、図-3（Case2-1～2-3）の結果と定性的に一致する．

4．考察とまとめ

調査データならびに実験による検討結果を併せて考察する．堰運用前の堰下流域の混合形態は強混合型（または強い緩混合型）であるのに対し、堰運用後には弱い緩混合型へ移行した．なお、前者の混合形態が潮汐流による強い拡散に依っているのに対し、後者は堰をオーバーフローした河川水の再浮上に支配されている．

以上のように、長良川河口堰の建設・運用によって堰下流域の混合形態が変化し、密度成層化が促進されたことが判明した．



写真-1 塩水と淡水の混合状態

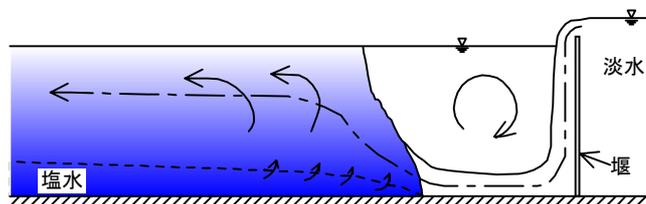


図-4 混合状態の模式図