

# 長良川河口せき計画の水産・水理調査

長 尾 精\*

表-1 長良川の諸元

水 源		岐阜県郡上郡高鷲村, 大日岳 (EL 1709 m)			
流域面積	山地	1 428 km <sup>2</sup>	流 況 (成戸)	豊水量	146 m <sup>3</sup> /sec
	平地	557		平水量	86
流路延長	山地	114	利用現況	低水量	60
	平地	44		濁水量	45
建設省 改修 計画	延長	53.2 km <sup>2</sup>	感潮区域	年平均	154
	計画高水	基本高水 8 000 m <sup>3</sup> /sec 基準実績 昭和 35 年 8 月洪水 洪水調節 500 m <sup>3</sup> /sec		農業用水	5.5%
	*計画河道	河幅 350~730m 高水勾配 1/3 000~5 000 河床勾配 1/2 000~6 000	工業用水	2.4	
	着工	明治 20 年	上水道用水	0.4	
沿 岸 市 町 村*	はらん区域 (昭和 37年)	面積	河口潮位	延長	25 km
		農地		23 683	塩水以上
	内 農地	2 519	大 潮	平均	EL 1.15~-0.75m
	宅地	7 354			
資産額	184 393 367 千円	平均	0.24	満 潮	0
人口	598 658 人	勾 配	満 潮		
河床粒径 (30 km~河口)	1 mm~0.5 mm		干 潮	1/10 000	
沿 岸 市 町 村*		岐阜県: 海津郡平田町, 海津町, 羽島市 三重県: 桑名郡長島町, 桑名市 愛知県: 海部郡立田村			

注: 河口から約 30 km (木曾川下流工事事務所管内) の部分

## 1. はじめに

河川の河口に近いところで、海水の侵入を止めて塩害を防ぎ、水位調節も行なって河川の改良および一般利用をより高度化し、あわせて海へ流出していた淡水の一部や、上流用水の還元水を捕捉利用しようとする河口せき計画が数年前からクローズアップされているが、河口せきは一般に高水防御、河川利用、土地利用の複雑かつ高度化した地域につくられるのであるから、計画に当っては河口せき特有の広汎な調査が要求され、しかも地方的特色のある検討が必要であろう。

長良川では、上流、中流はう飼で名の売れたアユ漁業、河口付近ではノリ養殖および有名なハマグリ、シジミなどの漁業がさかんであり、下流部の土地（デルタ地帯）は平水位より 50 cm~1 m 低く、また同じ感潮河川である木曾川、揖斐川と、それぞれ 11 km, 8 km にわたって 1 本の堤防（瀬割堤）によって接しているなど、河口せきの計画に当っては、種々特殊な配慮を要するため、周辺の環境との調和をはかることを基本理念として昭和 35 年から 41 年度まで 1 億 8 000 万円の調査を行ない、うち、水産関係は 9 000 万円で、80 名の学者よりなる調査団（団長・小泉清明信州大学教授）に委託したが、これらの諸調査の中で特色あるものについて要点を述べる。

なお、本報告は業務上の報告とは別個のものである。

## 2. 長良川の概況

表-1 に長良川の諸元を示す。図-1 は感潮区域を中

\* 正会員 建設省中部地建木曾川下流工事事務所長

心とする木曾三川で、愛知、岐阜、三重の三県にまたがる。長良川と揖斐川とは、高水は伊勢大橋（河口からの距離標で 5.8 km, 以下同様）で合流する計画であるが平水は河口せき予定地点（5.4 km）の下流の名四国道橋梁（3.2 km）付近で合流しており、両川の月平均流量は表-2 のとおりである。

## 3. せきの構造および付近の河床

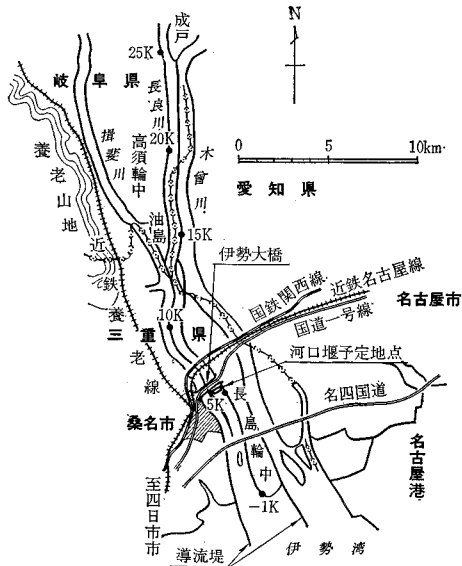
### (1) せき付近の河床

河床の平均高は EL 1 m, 深部は -5 m で、平均 0.5 mm 程度の砂でおおわれ安定している。地質は大別すれば

表-2 長良川(成戸), 揖斐川(今尾)の流量

川	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	平均
長良川	178	145	240	290	208	243	117	76	70	74	87	130	154
揖斐川	151	123	164	215	161	182	90	58	56	60	81	122	122

図-1 木曾川三川感潮区域



ば $\pm$ 13 m ぐらいまで沖積砂礫層(上部砂礫層  $N=5$ ), -40 m ぐらいまでの沖積粘土層(上部粘土層  $N=0\sim 4$ ), それ以下の洪積砂礫層(下部砂礫層  $N>10$ )となり, この大別は三川河口地帯と大体同様である。下部砂礫層の中では -50 m ぐらいで  $N>50$  となり, 重要構造物の基礎と考えることができる。

(2) せきの構造

高さの基本寸法は敷高最深部をしゅんせつ後の計画河床(EL 5.4 m, 現河床のほぼ最深部)以下とし, せき上流の平水時最高水位を満潮位程度(EL 1.3 m)とすることにより決まる。水平, 鉛直方向とも全部可動式だから, 土砂がたまる構造ではない。ゲートの大多数は越流および潜り流出も可能なダブルゲートとした。なお, この地点の計画高水位および計画高潮位は, それぞれ EL 3.37 m, 4.52 m である。

4. 物理環境

(1) せき上流

a) 堤内地への影響

せき上流は平水時, ある期間にわたって満潮位程度に保つので, このための堤内地(延長 20 km, 片側)への増

加漏水量は, 透水層の透水係数を現地調査により  $k_f=5\sim 25\times 10^{-3}\text{cm/sec}$  として, Turnbull & Mansur の方法により推定すると  $10^{-1}\text{m}^3/\text{sec}$  のオーダーである。地下水頭についてはここでは省略するが, 堤内地は平水時でも被圧されていて, 排水設備も比較的整備されており, その適切な運転はせき設置の影響があるとしても, それを除くのに役立つといえる。

b) 河床残留塩分<sup>1)</sup>

河口せきによりせき上流は淡水化するが, 河床残留塩分の脱塩の時間を式(1)で検討した結果, 河床残留塩分を 10000 ppm として湯水量でも半年もたてば, せきのすぐ上流で河水の塩素イオン濃度が 20 ppm になることがわかった。

$$Hu \frac{\partial S_r}{\partial x} = \lambda D \left( \frac{\partial S}{\partial z} \right)_{z=0}, \quad \frac{\partial S}{\partial t} = D \frac{\partial^2 S}{\partial z^2} \dots (1)$$

$H$ : 水深,  $u$ : 流速,  $S_r$ : 河水塩素イオン濃度

$\lambda$ : 空げき率 0.44,  $D$ : 拡散係数  $10^{-3}\text{cm}^2/\text{sec}$

$S$ : 河床塩素イオン濃度,  $x$  軸: 流下方向

$z$  軸: 河床表面から鉛直下向き,  $t$ : 時間

c) 揖斐川からの塩水浸透<sup>2)</sup>

堤防の浸透は, 下層の塩水が表層の淡水に比べて浸透速度の小さいことが模型実験からも確かめられたので, 安全のため, 密度差を無視して式(2)により, 揖斐川の水が堤防を浸透して長良川に達する時間を推定すると, 両川の水位差が 30 cm として約 8 ヶ月かかるので, ある程度の水位低下は支障ないことがわかった。

$$\lambda \frac{\partial y}{\partial t} = kh \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \dots (2)$$

$\lambda=0.4$ ,  $y$ : 不透水層の上の堤体内の水位

$k$ : 透水係数  $10^{-2}\text{cm}/\text{sec}$

$h$ : 平均透水層の厚さ  $10^3\text{cm}$ ,  $x$  軸: 浸透方向

(2) せき下流の河道部分および揖斐川

せき下流は潮流流速が減少するから, 塩分の拡散が小さくなり, 成層しやすくなるが, その定量的取扱いは困難である。

児島湖あるいは旧吉野川における締切樋門下流側の観測では, いずれも樋門からの淡水放出量(下から)が幅 1 m 当り  $1\sim 2\text{m}^3/\text{sec}$  程度の範囲では, 淡水は塩水の上側に厚み 2 m 以下の層をなして  $1\sim 2\text{km}$  の距離を流下し, 水域幅が拡がるにつれて上層が薄くなるとともに, 密度躍層がぼやけてくることが観察された<sup>3)</sup>。

また, 4.(1)にも記したように, 堤防の上部ほど, 浸透

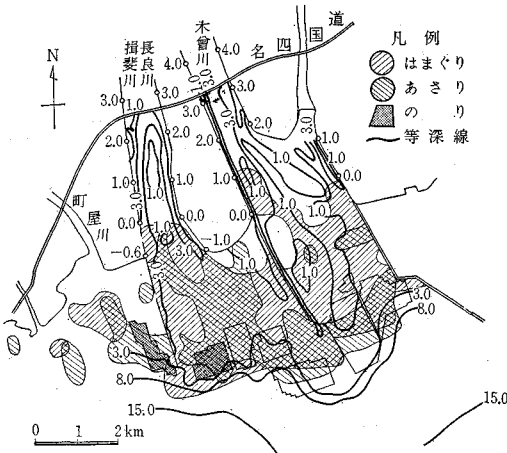
流速が大きいから、塩分が層化すれば、層化しないときより堤内地への浸透水の塩素イオン濃度は大きくはならないであろう。

なお、せき設置にともなう揖斐川の潮位上昇を計算したところ、明らかな上昇は認めがたかった。

### (3) 海面

海の部分の等深線および漁場の分布は、図-2 のとおりである。導流堤の先端付近で大体 -3m から -8m に変化する急傾斜の陸棚崖があって湾底に接続し、それより河側は典型的な浅い陸棚 (delta) が発達しており、漁場はほとんど全部この上にある。この急傾斜したデルタの前縁 (front) はいちじるしく蛇行している。以下はこの陸棚の部分を対象として説明する。

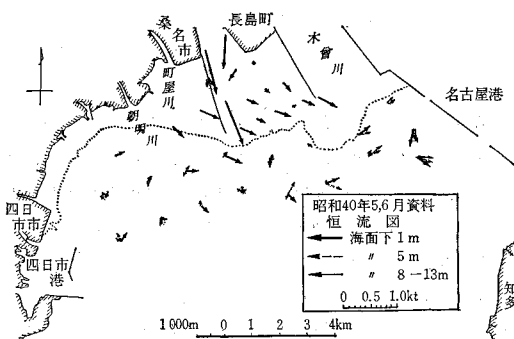
図-2 木曾川三川河口部漁場図



#### a) 流れ<sup>4)</sup>

観測によると、海面下 1m 層では伊勢湾北部の時計まわりの恒流の一部として陸棚前縁に沿って東へ向う恒流が認められる (図-3) が、5m 層の流れの一部は前縁付近で、渦状を呈して湧昇の現象が見られる。模型実験でも、前縁付近に時計まわりおよび反時計まわりの渦が認められ、こうした湧昇あるいは沈降の流れは、遊泳力の弱い稚魚や貝類の幼生あるいはプランクトンその他栄養

図-3 木曾川河口部の恒流図



物質の生態、運動に大きな関係があると考えられる。

$M_0$  (主太陰半日周期) 分潮流に対する河川流 ( $M_0$ ) の割合は、揖斐・長良川を合せた名四国道付近でも 10% 以下であるから、陸棚では、その流況はほとんど潮流が支配しているといえる。

なお、河口せきが潮流速に与える影響は、固定床として導流堤 (高さ EL 0.20~0.60 m) が十分高いと仮定すれば、導流堤先端で約 14% 減少する計算結果が得られるが、tidal prism\* と通水断面積との間に関係があるとすればこの値は変わってくる。

#### b) 塩素イオン濃度

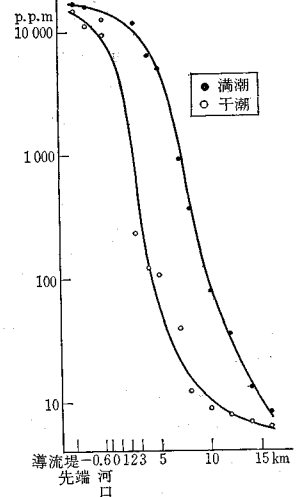
観測によると、湧昇流や沈降流のあるところでは塩素イオン濃度が局部的に高くなったり、低くなったりしている。

図-4 Cl<sup>-</sup> 濃度縦断変化

図-4 は潮汐による塩素イオン濃度変化 (横断面平均, 月令 5 日, 流量 60 m<sup>3</sup>/sec) である。

せきを設置した場合は

① 順流時はせき設置により、従来せき上流部分に逆流時貯留されていた淡水に近い水 (10<sup>2</sup> ppm のオーダーで、逆流時の河川自流に匹敵する量) によるフラッシュがなくなる。また、逆流時は海水がそ上しにくく、従来せき上流部で貯留されていた上記の淡水がせきより下流で貯留されることになるので、結局、潮汐による濃度の振幅は従来より小さくなる。② 順逆流とも流速が減るので、河川縦断方向の濃度勾配は大きくなる。③ 取水は濃度を大きくする。といったようなことが考えられるので、せき設置による濃度変化は場所によっても異なり、複雑であるが、実験式による検討が進められている。



### 5. 長良川の魚類の生態的分類<sup>5)</sup>

河川魚の棲息水域の観点から生態的に分類すると、

- (1) 全生活史を通じ淡水に生活するいわゆる淡水魚  
コイ, ウグイ, オイカワ, フナほか 38 種
- (2) 産卵のため河にさかのぼる溯河魚  
アユ, マス, シラウオ
- (3) 産卵のため海に降る降下魚  
ウナギ

\* 断面を通過する昇潮流の全容積

(4) 河口の汽水域(淡塩混合水域)を主として、ときには淡水にさかのぼり、ときには海水中に降るいわゆる汽水魚

ウロハゼほか3種

(5) 海魚のうち、河口に侵入し、ときには下流または中流にまでさかのぼることのあるいわゆる沿海魚  
スズキ、ボラ、コノシロほか13種

に分けられる。

## 6. アユの生態

### (1) 産卵<sup>6)</sup>

従来知られていた場所は主産卵場ではあったが、調査の結果、下限、穂積大橋(38.1 km)、上限、板取川合流点(81.0 km)にわたる広い区域であることがわかった。

場所はおよそ流速 1 m/sec、水深 1 m くらいのオーダーの平瀬あるいは早瀬で、こぶし大の石と砂利、または粗砂の交ったところで藻類の少ないところがよく、水温 20°C 前後のとき産卵量が多い。

### (2) 仔アユの降海<sup>7)</sup>

開始は9月中下旬、最盛期9月下旬~10月下旬、終了11月下旬~12月下旬。降水量は年によってちがうがおよそ10億尾(23.0 km 秋江地点)のオーダーである。遊泳力はほとんど無いから、乱流拡散にある程度似たような状況で河道を流下して行き、海までの所要時間は平水時で主産卵場から2~3昼夜である。

### (3) 稚アユの河口上

冬期、海で育った稚アユの河口上は、河水温が海水温にほぼ等しくなる(12~15°C)2月下旬から3月下旬に始まり、最盛期は4月中下旬、年によっては5月となり、6月下旬に終る。

夜間はのぼらず、満潮時付近に多く、両岸に近い浅いところをのぼるのは、流速、食物、天敵などのためである。

長良川は流量で揖斐川の2~3割増ぐらいなのに、その上量が10倍もあるのは濁度(1/5)、住みつき面積(4倍)などによるものと思われる。

その上量は年によって変動が大きい、オーダーとして1000万尾前後とすれば降海量の1%となるが、これは海産仔稚魚の生残率にくらべて、かなり高率とされている<sup>8)</sup>。

流速、水質、色光、明暗その他の選好に関する実験生態的研究が行なわれたが、その上アユに限らず、行動の決定には「選好」する環境が「前歴」の環境と関係がある

こと、その「選好」は成長とともにどう変わるかといったことなどが一つのポイントになるようである。

## 7. 魚道

稚アユの遊泳速度と流速との関係は、実験によるとつぎのようになった<sup>9)</sup>。

流速(cm/sec)	15	25	50	80	100	125
遊泳速度(cm/sec)	40	60	100	70	80	50

また、とびはね行動のための好適流速は80 cm/secを下まわったあたりで、既設魚道でアユのよく上るものも調査の結果、魚道の設計流速を40~60 cm/secとした。そして、通常の魚道の中央に幅1 m程度のシュートを設けて呼び水とする呼び水式魚道、および閘室の上下流のゲートを交互に操作して1日数回、閘室内に群集した魚を上流側にみちびく閘門式魚道とが考案され、それぞれ両岸に設けられることになった(右岸側は船通しと兼用)。

また、アユの上には時間的リズムがみとめられ、閘門式魚道の操作時間、魚道の隣のゲートの間けつ放水その他の放水管理については種々工夫することができると考えられる<sup>10)</sup>。

## 8. 取水口とアユの迷入<sup>11)</sup>

降海仔アユの取水口への迷入の割合は取水量の割合と同じではなく、取水口の構造、前面の流況などによって変わる。この対策としては流入流速を小さくし、流入流線の弯曲を大きくしたり、流入した仔アユは暗室で光により誘導して余水吐から川へ戻すなど種々の方法が考えられる。

また、その上アユに対しては逆走反応(移動または移動するかに見える背景に対して反対の方向に運動する)を利用した回転または固定スクリーンによって、スクリーンの縞あるいは水の縞を下流に向かって動かすことによってスクリーン前面に沿って上流へそよさせたり、アユの嫌う赤色透明屋根をつけるなど、いろいろな方法を組み合わせることで迷入量を少なくすることが考えられている。

## 9. アユの人工ふ化からの人工養殖<sup>12)</sup>

野外の実験プラント(2 m×6 m、水深0.8 mで実用サイズと大差ない)で種々の飼育条件が明らかになり、歩止りも20%に向上して大量生産の見通しがついた。

淡水養殖では飼料系列は

初期 ツボワムシ 0~30日  
中期 プランクトン甲かく類 20~80日

後期 人工飼料 60~140日

で、アユの人工養殖は初期、中期の生き餌の大量生産の問題ともいえるが、養鰻池で水質保持のため、採取、棄却されているのを利用すれば、飼料池が小さくてすみ、経済的である。また休憩時の養殖池を利用してマス、コイ、フナなどを養殖すればさらに経済的となる。

## 10. 海面漁場

### (1) 栄養塩の流入

一般に漁場沖の海水に対し、流入河水は、ちっ素が約10倍、磷が2~3倍あるので、河水は漁場の栄養塩濃度を高める点では役立つ。その給源は農耕地の肥料、都市下水など<sup>13)</sup>で、木曾三川では、流量がある程度増えても、その中の濃度の減少はみとめられない。

濃度の実測値から栄養塩の種類ごとにNとPとの年間供給量を概算してみると、表-3のようになる<sup>14)</sup>。このほか、名古屋港域からも栄養塩が供給される。

表-3 栄養塩 (N, P) 年間供給量 (t)

区分	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>2</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P
木曾川	2 050	424	21	74
長良川	2 156	2 107	54	225
揖斐川	1 064	836	23	106

### (2) ノリ

ノリ漁場へは上記の栄養塩が河側から直接供給されたり、あるいはいったん海中や海底にとどまった栄養塩が、鉛直対流や潮流によって海側から供給される(還元供給)。一方、塩素イオン濃度があまり小さくなる(およそ12%程度以下)と生理障害、病害などが起こりやすい。また水温や波立ちによる水の交換は影響が大きい。

結局、同一漁場でも河側は網の高さも含めて上記の諸点がうまく行けば品質、収量が高いが、低塩分であるから生産が不安定であり、海側は河側より生長が劣ることはあっても作柄は安定し、網の高さなども河側ほどには厳密性が要求されない<sup>15)</sup>。したがって、漁場内の価値分布は流量によって、また時期によって変わり、三川河口の漁場でもその傾向がみとめられる。

ノリの生産はまた養殖の方法(たとえば密植か否か)

による差も大きく、密植や、早期促成的となるにつれ、水温の影響が、いちじるしくなることがみとめられている<sup>16)</sup>。

三川河口の漁場ではノリ網の建込み高さは小潮の干潮位程度である。

## 11. あとがき

水産調査については、ここでは直接的なことを主とし、稚魚の生態および飼料、プランクトンなど生物環境一般のような基礎的なものは除いてある。また水温、アユ以外の魚類および貝類などについては紙面の都合で触れることができなかった。調査が広範囲で未知の分野が多いので、種々問題点が指摘されるわけであるが、関係方面のご指導を得て補足的な調査がなされるであろう。この報告に含まれる調査の諸業務には、建設省中部地方建設局企画室補佐 志水茂明、木曾川下流工事事務所調査課長岡田睦也、河口堰調査出張所長 藪田正美らが従事した。

### 参考文献

- 1) 奥田節夫：長良川河口締切に伴う塩分収支変化の推定，昭和41年4月，p. 1
- 2) 奥田節夫：堤塘を通しての非定常滲透，昭和42年3月
- 3) 奥田節夫：長良川における海水遡上状況と締切による変化，昭和42年6月，p. 25
- 4) 速水頌一郎・渡辺信雄・宇野木早苗・酒匂敏次：木曾三川河口水域の物理環境，木曾三川河口資源調査図(KST)，木曾三川河口資源調査総括報告，昭和42年7月，p. 114
- 5) 丹羽 弥：長良川の魚類，岐阜県，長良川の生物，p. 213
- 6) 稲葉左馬吉・和田吉弘：河川域における仔アユ，前出4)総括報告，p. 41
- 7) 前出6)，p. 42
- 8) 伊藤猛夫：河川域における稚アユとアユの生産，前出4)総括報告，p. 46
- 9) 小山長雄：仔，稚アユの行動，同上，p. 49
- 10) 小山長雄：魚道と堰の放水管理，同上，p. 53
- 11) 小山長雄・小泉清明：取水口への幼アユの迷入と対策，同上，p. 61
- 12) 伊藤 隆・岩井寿夫・古市達也：アユの人工種苗生産，同上，p. 73
- 13) 水産庁：昭和40年度筑後川調査報告(中間報告)，p. 164
- 14) 小林 純：木曾三川による伊勢湾への栄養塩の供給量，前出4)総括報告，p. 136
- 15) 尾形英二・松井敏夫：ノリの生長におよぼす河川水の影響，同上，p. 100
- 16) 前出13)，p. 168

## 第14回海岸工学講演会講演集ご希望の方へ

本書は昨年10月20, 21の両日横浜市において開催された第14回海岸工学講演会に発表された講演51編が収録されてあります。ご希望の方は土木学会へお申込み下さい。

体裁：B5判 8ポ2段組 活版印刷 236ページ

定価：2500円

送料：150円