

海水が河道内に深く遡上する条件として潮位波形と密度差の影響について、長良川における実例資料に基づいて考察する。表-1は北伊勢工業用水取水口(2km)における昭和50年の日最高塩素イオン濃度曲線の月間二波の最高値の年間変化と水資源公園観測塔(4.2km)の下層(TP-36m)において観測された200ppm以上の記録を示す。これに関連して向観測点の位置関係および定常時の塩水くさびの境界面形状について最も遡上すると考えられる条件のもので計算曲線を図-1に示す。表-1から次のことがわかる。a)2km地点に高濃度の海水が到達するのは、流量が100%程度以下で、上下弦後2~3日である。b)このときの遡上状態は弱混合であると判断される。c)塩水くさびの形状は定常時と著しく異なる。このことは12km地点TP-075mに高濃度海水が現われているのに4.2km地点TP-36mに出現しないケースが $\frac{5}{2}, \frac{22}{2}, \frac{17}{10}, \frac{15}{12}, \frac{13}{2}, \frac{2}{2}$ とあること、およびその逆のケースとして%があるという事実などによっても明らかである。d)夏季の遡上距離が短い。図-2は昭和50年での最大規模と見られる1月上旬の海水遡上状況を示したものである。12km地点の塩素イオン濃度は潮位変動量が小さくなってくると、3~4日間で急増し、7日に最高値を示したあと2~3日持続されるが潮位変動量の増大と共に減少する。いっぽう4.2km地点では8日が最高となっている。潮位曲線は1日2山が原則であるが、その山の形がつぶれた曲線が2日連続し、しかも2日目の山の高さが高くなっていくことが特徴である。2日目の潮位波では前日と同規模の遡上状況であるが、第2波で塩素イオン濃度が急増した。それと共に12km地点の塩素イオン濃度は減少している。塩素イオン濃度と潮位波形の間の位相差は谷ではほぼ合致しているが、遡上時には2時間程度のずれがみられる。

長良川における昭和49年秋の実測資料によると、興味ある不定流特性がみられる。すなわち、大潮から小潮にむかう段階で一朝夕の海水遡上先端位置の振動中が減少してゆき、それと共に下層濃度の縦断変化の割合が小さくなって一様化が促進され、同時に先端付近まで高濃度となって明瞭な塩水くさびが形成される。上下弦の小潮付近になると塩水くさびの振動巾は非常に小さくなり、境界面の縦断曲線の標高が高まってゆく。これは丁度、海水が極端に遡上するためのポテンシャルを高めることであり、いわばウォーミングアップに相当する。

図-3は塩水くさびの運動状況を示す一例で100m水路における実験と計算の結果を表す。一般に塩水くさびの遡上時には境界面位置が上昇し、上層水深の先端付近での勾配は大きい。このとき、先端位置の遡上速度は小さく、ゆっくりと上流へ逆のぼっている。潮位の最高時を過ぎると、上層水

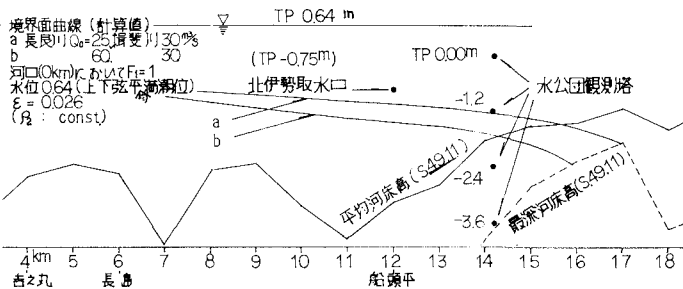


図-1 長良川の観測点位置と定常状態の塩水くさび形状

表-1 長良川における月間二波の日最高塩素イオン濃度

昭和50年 月日	月令 日	流量(毎分) % (潮位)	12km地点 C2 max ppm	14.2km地点下層TP-36mにおける200ppm以上の記録 (日, 継続時間, C2 max ppm)
1 7	25	357	12158	(7,5800)(7,255000)(8,205000)(9,63200)
1 22	10	450	10730	(2,275000)(4,225250)(25,45900)(26,3200)
2 5	23	1053	11800	
2 22	11	483	9218	
3 6	26	679	14892	(5,25200)(6,352650)(9,3750)(9,2250)(10,4600)
3 21	11	3994	10	
4 5	23	565	7431	(6,65000)(6,2300)
4 21	9	733	22	
5 6	25	(300) ?	7	(7,5800)
5 21	10	1768	10	(7,5800)
6 5	25	691	350	(6,115200)
6 20	10	487	17	
7 4	25	2313	13	
7 19	10	1373	9	
8 5	27	348	283	
8 17	10	499	5674	
9 1	25	821	9	(15,16,65,2300)(16,61000)
9 14	8	431	10730	(14,75,3200)(14,15,5000)(15,115,5000)
10 1	26	962	1357	
10 15	10	1132	4248	
10 29	24	762	567	(29,25,1700)(29,1,1300)
11 13	10	882	9928	(13,8,5000)(13-14,7,3700)(14,75,5000)(15,6,2100)
11 28	25	898	886	
12 13	10	806	6382	
12 29	26	453	7434	

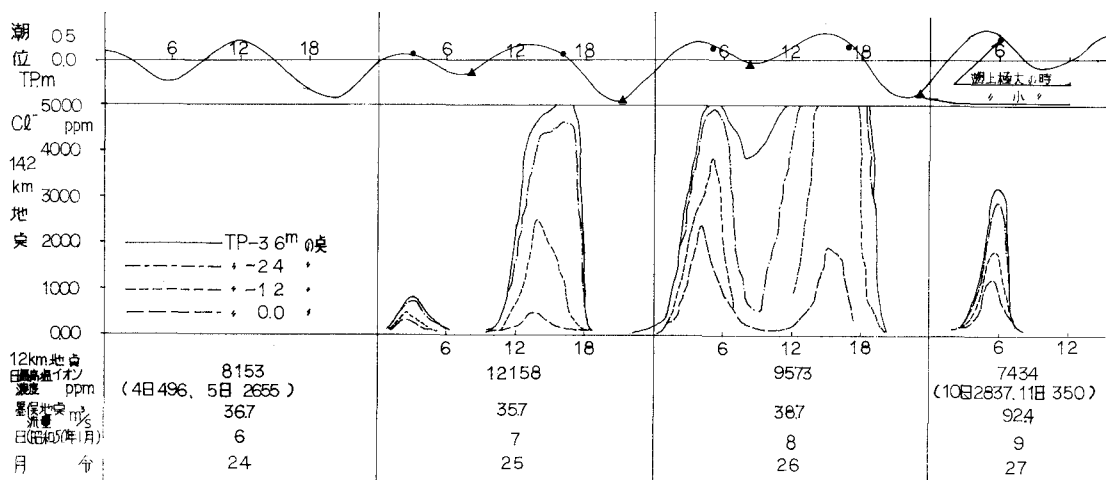


図2 昭和50年1月上旬の海水遡上状況と潮位波形(長良川)

深は減少してゆくが、先端部はなおも遡上する。くさびの先端部において下層水深が十分小さくなると、先端位置は下流に移動を始める。このときの移動速度は遡上時に比して大きい。

以上のような運動特性から判断して、大規模な海水遡上状態が出現する条件は小潮時の二日連続する谷のつづれた潮位波形が現われるときで、ウォーミングアップがそれ以前に終了していることであるといえそうである。ただし、夏季に海水遡上距離が短いのは、河口における境界条件の影響が大きい。ちなみに、一例として長方形様断面で底勾配水平の直線水路において下流端で境界条件を与え内部抵抗係数を一定とすれば、Farmer-Morgan式を変形することにより、塩水く

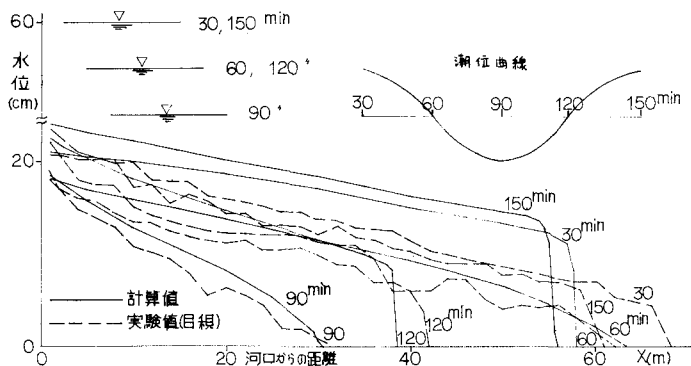


図3 塩水くさびの不定流特性

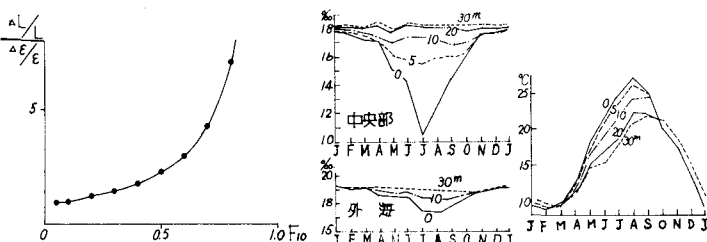


図4 (1)式の計算曲線 図5 伊勢湾のCl変化 図6 伊勢湾の温度変化

$$\frac{\Delta L_w / L_w}{\Delta E / E} = \left(\frac{1}{5F_{10}^2} - F_{10}^{2/3} + \frac{4}{5} F_{10}^{4/3} \right) \left/ \left(\frac{1}{5F_{10}^2} - 2 + 3F_{10}^{2/3} - \frac{6}{5} F_{10}^{4/3} \right) \right. \quad (1)$$

が得られる。図-4は(1)式の関係を示したものである。これによると、 $(\Delta L_w / L_w)$ は $(\Delta E / E)$ に比例し、その比例係数は上流端の内部フルード数 F_{10} の関数であって大きな影響があることがわかる。図-5および図-6は伊勢湾中央部における水温および塩素イオン濃度の月平均値の年間変化の様子を水深方向の各点毎に示したものである。水温変化もさることながら、夏季の表層塩素イオン濃度の低下が顕著である。

海水が異常に遡上する現象について、主として長良川の資料に基づいて考察した結果、異常状態とは異なる特異な非常効果の特性および境界条件により、現象の説明ができることが判明した。なお、その他の要因としては流量以外は、特殊なものを除き通常は大きな影響がないことを付記しておく。資料でお世話いただいた長良川河口堤建設事務所および木曾川下流工事事務所へ謝意を表す。参考文献 須賀充三：海講、1977