

湖山池における海水流入に伴う栄養塩負荷量の検討

鳥取大学大学院 学生員 ○中村明日人 鳥取大学工学部 正会員 矢島啓
 鳥取大学工学部 正会員 檜谷治 (株)三水コンサルタント 正会員 早川一栄
 鳥取大学大学院 学生員 蓬莱敦司

1. はじめに 現在、鳥取県東部に位置する湖山池(図-1 参照)では、水質汚濁が問題となっている。湖山池の塩素イオン濃度は夏期（灌漑期）に約 150ppm、冬期（非灌漑期）に約 330ppm に調整されている。この調整は、冬期に湖山川設置の水門を操作し、湖山川を通じて海水を遡上させ、池内に導水することで行う。この時、海水の水質は、下水道整備が完成しておらず生活雑排水が流入している湖山川を遡上する際に悪化していることが考えられる。そこで、現状での海水導水の問題点に着目し、湖山川における海水遡上時の水質悪化の現状及び海水流入による湖山池の水質への影響を評価した。

2. 調査の概要 海水遡上時の調査として、HYDROLAB 製 Ms4a を使用した塩分・DO・水温等の鉛直分布(以下、STD 観測)及び栄養塩に関する水質調査(HACH 製 DR2010 使用)を 11 月 25 日・29 日に湖山川で行った。また、海水が池内に流入した後の 11 月 28 日から 12 月 16 日の期間に、湖山池内最深部における STD 観測及び水質調査を行った。

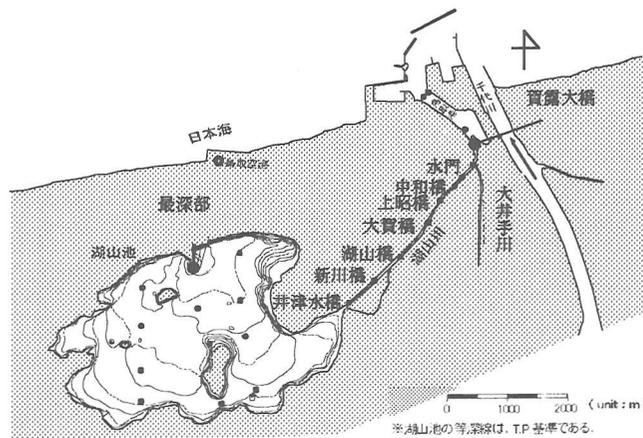


図-1 湖山池観測地点

さらに、湖山川を遡上する前の海水の状況を把握するため、11 月 16・17 日に、水門下流から鳥取港における STD 観測及び水質調査を行い、海水が湖山池に流入する前の湖山池の状況を把握するため、11 月 13 日・16 日において、湖山池全体で STD 観測及び最深部における水質調査を行った。

3. 湖山川における栄養塩負荷量の検討 湖山川における水質分析結果をもとに海水遡上時の水質変化を検討する。2000 年 11 月～2001 年 1 月の鳥取港における平均的な T-N, T-P 濃度（鳥取県衛生研究所測定）は、T-N : 0.38mg/L, T-P : 0.045mg/L である。これに対し、海水遡上時の採水時刻や水質データから海水遡上前の滞留場所を推定して、井津水橋における T-N, T-P 濃度をみると、11 月 25 日水門下流に滞留していた海水は、T-N : 1.16mg/L, T-P : 0.17mg/L、同日に鳥取港より湖山川を遡上した海水は、T-N : 0.94mg/L, T-P : 0.19mg/L となった。さらに 11 月 29 日の同地点で、水門上流（湖山川）に滞留していた海水は T-N : 2.04mg/L, T-P : 0.09mg/L、水門下流における海水は T-N : 1.05mg/L, T-P : 0.10mg/L、鳥取港から流入した海水は T-N : 0.99mg/L, T-P : 0.08mg/L となった。このように下水の流入する湖山川に海水が滞留し遡上すると水質は大きく悪化し、外海との活発な海水交換がない水門下流や鳥取港の海水も遡上時に水質が悪化していた。

さらに①湖山川における STD 観測から推定した滞留海水量、②湖山池内に流入した海水量、③海水の栄養塩濃度を用いて湖山池に流入した T-N, T-P 量を求めた。その結果、表-1 に

表-1 流入栄養塩量の算出結果

		海水量 (m ³)	T-N 濃度 (mg/L)	T-P 濃度 (mg/L)	T-N 流入量 (t)	T-P 流入量 (t)
11 月 25 日	鳥取港からの海水	8035	0.94	0.19	0.05	0.002
	水門下流に滞留した海水	37403	1.16	0.17	0.04	0.006
	合計	45438	-	-	0.09	0.008
11 月 29 日	鳥取港からの海水	219438	0.99	0.08	0.13	0.018
	水門下流に滞留した海水	37403	1.05	0.10	0.04	0.004
	水門上流に滞留した海水	43027	2.04	0.09	0.09	0.004
	合計	299868	-	-	0.26	0.026
	総計 …①	345306	-	-	0.35	0.034
	海水遡上時水質悪化が起こない とした場合の鳥取港の海水…②	345306	0.38	0.045	0.11	0.013
	①-②	-	-	-	0.24	0.021

示すように T-N:0.35t,T-P:0.034t となった。また、同量の海水が鳥取港から水質悪化をせずに湖山池に流入したと仮定した時の栄養塩流入量は T-N:0.11t,T-P:0.013t となった。従って、それらの差である T-N:0.24t,T-P:0.021t が湖山川からの栄養塩負荷量となる。

4. 塩分成層形成時の栄養塩負荷量の検討

湖山池内に海水が流入すると海水と湖水の密度差により塩分成層が形成される。成層形成時は、下層は嫌気状態となり水質が悪化する。悪化した水質は徐々に拡散され、湖水に栄養塩を供給する。そして、成層破壊時に下層水は一気に湖内全体に拡散する。そこで、塩分成層形成時の最深部での STD 観測結果と水質測定値を用い、成層界面下の海水中の栄養塩収支を算定した。ただし、成層界面のセットアップは無視し、塩分 10psu 以上の海水容量を算定した。また、最深部に滞留した海水量が増加した場合は、新たな海水（栄養塩濃度は井津水橋での分析結果を用いる）が流入し、減少した場合は海水（栄養塩濃度は最深部での分析結果を用いる）が湖水へと拡散したと仮定した。この算定結果を表-2 に示す。この表から分かるように、海水流入によりもたらされた栄養塩量は T-N:0.37t, T-P:0.034t であり、湖山池に拡散した栄養塩量は、T-N:0.57t, T-P:0.019t である。この差は T-N:0.20t,T-P:-0.015t となり、T-N は底泥から溶出し、T-P は沈降していると考えられる。

ここで、成層期間中の最深部における塩分・濁度・DO の鉛直分布観測結果を図-2 に示す。図-2(c)の DO コンター図より、海水の滞留している下層部では嫌気状態になっていることが分かる。このため、底泥から無機態窒素が溶出していると考えられる。一方、T-P については、嫌気状態となっているものの、水温が低いため、底泥からの溶出がほとんどないものと思われる。また、図-2(b)の○印部分に示すように、海水の最深部到達時には濁度が上昇している。これより、海水は湖山川遡上過程や最深部到達過程で底泥の巻き上げなどを生じ、その濁質分の沈降と同時に、T-P も吸着・沈降し、海水による T-P 流入量より湖山池への拡散量が小さくなったのではないかと推測できる。

5. おわりに 本研究により、鳥取港から流入する海水は、湖山川滞留時に水質が大きく悪化するとともに、海水の遡上時に大きな栄養塩の負荷を受けていることが分かった。また、湖山池内の滞留時には、T-N については底泥からの溶出が、T-P については底泥へ沈降していることが推測された。今後、これまで得られている観測データや湖山池における水質変動予測モデルの構築を行い、水質悪化をできるだけ抑えることのできる湖山池への海水導水方法を検討していく予定である。

表-2 成層形成期間中の栄養塩量

観測日時	湖山池最深部滞留海水量 (m ³)	海水増減量 (m ³)	栄養塩濃度		流入海水中の栄養塩量		拡散した海水中の栄養塩量	
			T-N (mg/ℓ)	T-P (mg/ℓ)	T-N(t)	T-P(t)	T-N(t)	T-P(t)
2001/11/26	89000	-	-	-	0.05	0.008	-	-
2001/11/28 18:00	153218	64218	0.99	0.080	0.06	0.005	-	-
2001/11/29 0:00	128375	-24843	1.05	0.012	-	-	0.03	0.000
2001/11/29	72105	-56271	0.95	0.048	-	-	0.05	0.003
2001/11/30	103477	31372	0.99	0.080	0.03	0.003	-	-
2001/12/1	223035	119558	0.99	0.080	0.12	0.010	-	-
2001/12/2	254231	31195	0.99	0.080	0.03	0.002	-	-
2001/12/3	298059	43828	0.99	0.080	0.04	0.004	-	-
2001/12/4	238218	-59841	1.36	0.036	-	-	0.08	0.002
2001/12/5	176060	-62158	1.39	0.030	-	-	0.09	0.002
2001/12/6	195056	18996	0.99	0.080	0.02	0.002	-	-
2001/12/7	119510	-75546	1.70	0.036	-	-	0.13	0.003
2001/12/8	119510	0	1.97	0.042	-	-	-	-
2001/12/9	96258	-23252	1.36	0.024	-	-	0.03	0.001
2001/12/11	62504	-33755	1.37	0.078	-	-	0.05	0.003
2001/12/13	77486	14982	0.99	0.080	0.01	0.001	-	-
2001/12/16	0	-77486	1.44	0.084	-	-	0.11	0.007
合計	-	-	-	-	0.37	0.034	0.57	0.019

※時刻の記載の日付以外の日は 12:00 観測

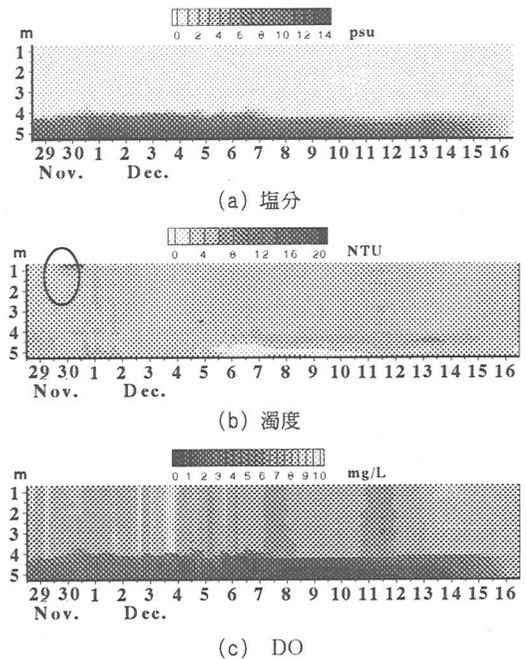


図-2 最深部における塩分・濁度・DO