

B-22 遊水部付生け簀ケーソンの夏季におけるDO変動特性について

○牧田 佳巳^{1*}・山本 潤¹・岡元 節雄²

¹ (独) 土木研究所寒地土木研究所 (〒062-8602札幌市豊平区平岸1条3丁目1-34)

² 北海道開発局釧路開発建設部 (〒085-8551釧路市幸町10丁目)

* E-mail: makita-y22aa@ceri.go.jp

1. はじめに

根室半島の先端に位置する温根元漁港において、港内波除堤先端部に蓄養機能を有した遊水部付生け簀ケーソン2函(10m)が整備された。本研究では、当施設の適正な利用を図るため、現地における生け簀ケーソンの導水量およびケーソン内のDO変動について観測を行った。また、生け簀部で試験育成を行った稚ウニの酸素消費量を室内試験により明らかにするとともに、DO収支方程式を用いて観測結果を再現し、夏季における溶存酸素量の変動特性について検証した。

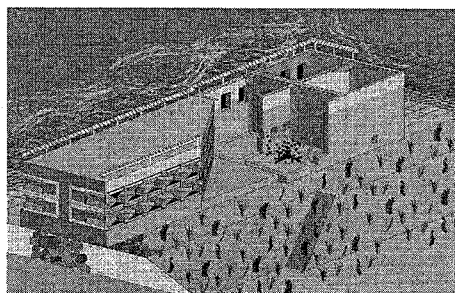


図-1 「遊水部付生け簀ケーソン」イメージ図

(1) 稚ウニ酸素消費量試験

試験育成は、0.5mm サイズの稚ウニ約 6 万粒が付着したフォルダ (62cm×61cm×31cm) 6 基 (36 万粒) を 2005 年 6 月 13 日に生け簀部底面に配置した。

稚ウニの酸素消費量試験は、稚ウニを入れたアクリル製容器をゴム栓で密閉し、容器内の酸素量を溶存酸素計 (DO-24P) により 10 分毎に観測した。試験は大きさや個体数の異なった 7 ケース (表-1) とし、同時に対照試験として稚ウニを入れない容器についても観測した。

(2) 現地観測

生け簀内の溶存酸素量を把握するため、生け簀部内と港口付近に水質計 (CompactDOW) を設置した。観測間隔は 30 分毎 30 秒間 (1 秒毎) とした。

生け簀部における海水交換量を把握するため、ケーソン導水孔 4 箇所と排水孔 1 箇所に流速計 (CompactEM) を設置した。観測間隔は 2 時間毎 10 分間 (1 秒毎) とした。

観測期間は、2005 年 7 月 14 日から 8 月 1 日までの 19 日間連続とした。

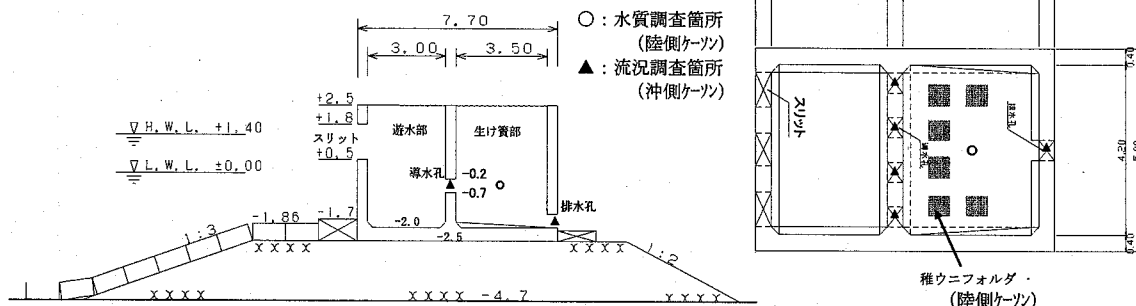


図-2 「遊水部付生け簀ケーソン」構造図・調査箇所図 (単位: m)

3. 調査研究の成果

(1) 稚ウニ酸素消費量試験結果

表-1 に、稚ウニの酸素消費量を大きさ別に示す。これより、生け簀部内における小サイズの稚ウニ 36 万粒の消費量は概ね 1,400mg/hr となり、生け簀部の平均容積を 43m³ とすると 1 時間当たり約 0.03mg/L と推察された。また、酸素量は時間とともにほぼ一定に減少する傾向にあり、稚ウニの酸素消費量に夜昼の違いは認められなかった。

表-1 稚ウニ酸素消費量 ※水温：13.3℃～16.0℃

サイズ群	平均サイズ		個体数 (個体)	試験時間 (時間)	酸素消費量	酸素消費量	平均酸素消費量 1g当り (mg/g/時間)	
	殻径 (mm)	湿重量 (g)			実験-ブ/ブ-A (mg)	1個体当り (mg/個体/時間) 平 均		
大	7.9	0.20	10	18	3.039	0.017	0.019	0.097
			50	2	1.954	0.020		
			30	2	1.867	0.031		
			6	14	0.845	0.010		
小	3.9	0.03	100	2	0.852	0.004	0.004	0.129
			30	15	1.106	0.002		
			150	2	1.429	0.005		

(2) 現地観測結果

a) 水質観測結果

図-3 に、港口および生け簀部の溶存酸素量の観測結果を示す。生け簀部の酸素量は港口に対し低い値で推移しており、観測期間中の 1 時間平均酸素量は港口の 8.1 mg/L に対し生け簀部は 7.4 mg/L であった。なお、水温と塩分濃度については両地点に差は見られなかった。

図-4 に、DO と潮位の日周変動を観測期間の時刻別平均として示した。生け簀部の酸素量は港口に比べ日中に増加し夜間に減少する日周変動が大きいことが確認された。この変動は水温変動とほぼ一致するが、海水出入量および潮位との関連性はほとんど認められなかった。室内試験から算定した稚ウニ 36 万粒の酸素消費量は 0.03 mg/L/hr 程度と非常に少ないことから、日周変動の要因として稚ウニ以外の生物等による酸素の消費と供給が予想以上に活発であったことが示唆された。なお、生け簀部内には稚ウニのほか、海藻類やサケ稚魚、カニなどの生物が確認されている。

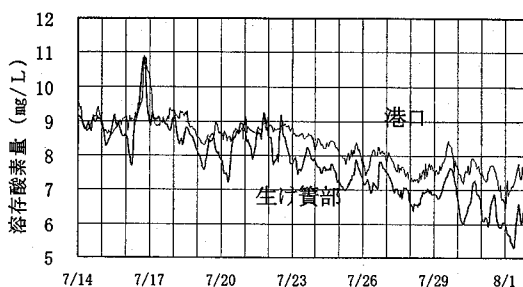


図-3 溶存酸素量観測結果

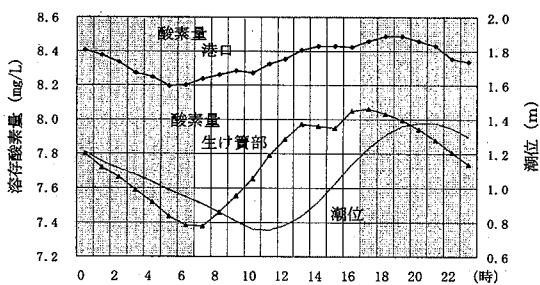


図-4 時刻別平均(19日間 7/14～8/1)

b) 導水特性観測結果

図-5 に、導水孔と排水孔における流出入量を示した。流出入量は導水孔から排水孔の方向をプラスとし、各孔における平均流速に孔断面積(0.25 m²)を乗じて算出した。なお、導水孔の流出入量は 4 孔の合計を示している。

生け簀ケーソンは、スリット部から流入した海水が排水孔から排泄物や残餌とともに流出することを狙いとしており、本観測結果から概ね狙いとおりの流向が得られていることが示された。しかし、表-2 に示すように、生け簀部への流入量が生け簀部からの流出量を大きく上回る結果となった。これは、当施設への入射波の波向きによって導水孔付近に渦が生じ、導水流速に誤差が生じたためと考えられ、今後の課題である。

表-2 生け簀部 流出入量の収支 (19日間)

	流量(m ³ /19日間)		流入-流出
	流入量	流出量	
排水孔	1,995	6,872	-4,877
導水孔 (4孔計)	20,650	657	19,993
潮位変動	347	341	6
生け簀部流出入量	22,992	7,870	15,122

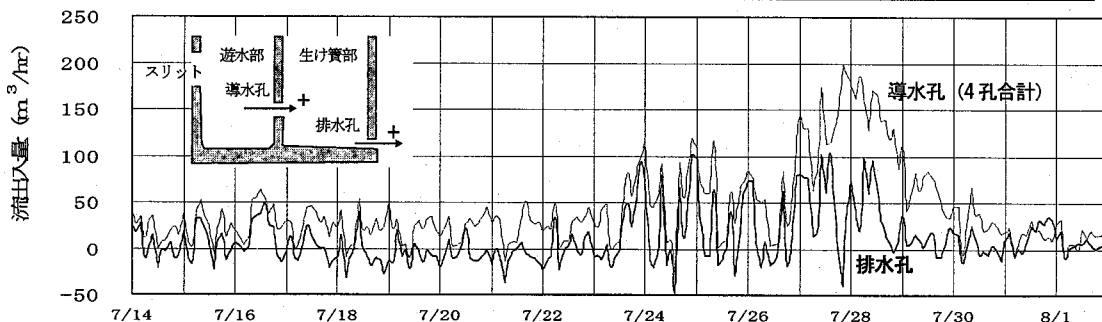


図-5 導水孔・排水孔の通過流量

(3) DO収支方程式による日周変動量の推察

a) 計算方法

生け簀部において観測された酸素量の日周変動特性を検証するため、式1に示すDO収支方程式¹⁾を用いて現地観測結果の再現を行った。

$$V \frac{dC}{dt} = q \cdot (C_0 - C) - K_1 \cdot R \cdot V - K_1' \cdot C \cdot A + K_2 \cdot (C_s - C) \cdot A - (\alpha_0 - \alpha_1) \cdot V - kN \quad (式1)$$

ただし、 C は生け簀部DO推算値、 C_0 は港口におけるDO実測値、 C_s はDO飽和値、 q は導水量、 V はケーソンの容積、 A は同面積、 kN は蓄養種(稚ウニ)の酸素消費量である。この式のうち、日周変動の要因となるパラメーターは水中の脱酸素量(K_1R)、底面脱酸素係数(K_1')、プランクトンによる消費・供給量(α_0, α_1)である。ここでは、これらを一括して K_1R とし、生け簀部日周変動を再現する K_1R 値を推算した。

b) DO収支計算結果

海水交換量(q)を排水孔における流出量(両方向)と仮定し、図-4に示した生け簀部日周変動を再現する水中の脱酸素量(K_1R)の検討を行った。

試行の結果、 K_1R 値を夜間0.25mg/L/hr、日中0.05mg/L/hrとした場合、図-6の時刻別平均に示すように推算値は実測値の日周変動を最も良く再現した。

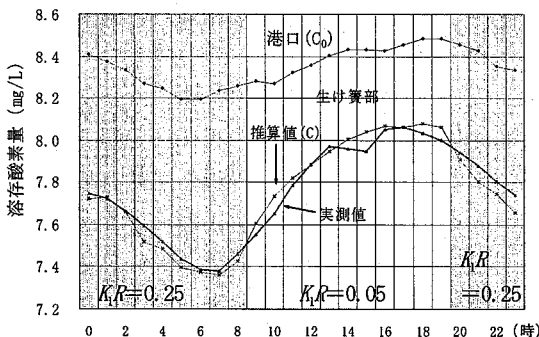


図-6 時刻別平均(推算値と実測値)

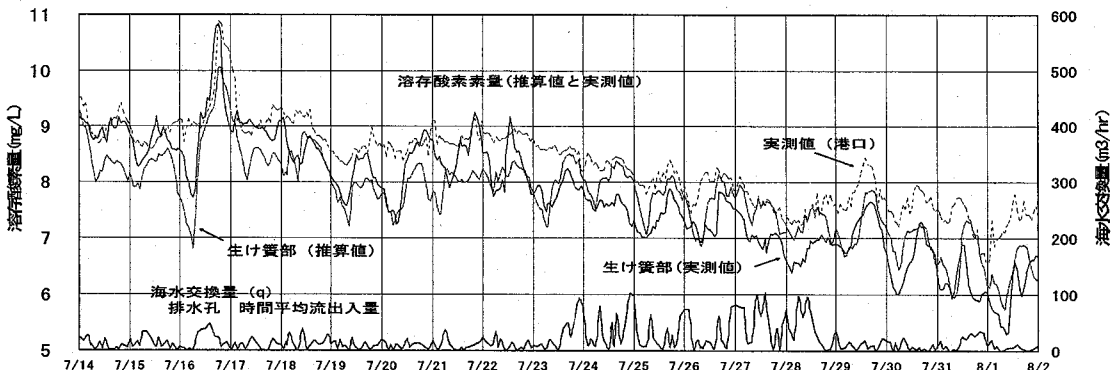


図-7 推算値と実測値の経時変化 (K_1R =夜0.25、昼0.05)

図-7に、推算値と実測値の経時変化を示す。推算値は海水交換量による効果を大きく見込んでいるため、導水量が少ない時に実測値と比較して、DOを過小に評価する傾向にある。このことは、推算値は実測値の危険側については概ね再現することを意味する。ただし、観測期間後半には水温上昇に伴い、今回用いた K_1R 値をさらに高く設定し直す必要があることがわかる。

これより、夏期における蓄養可能性をDOの日最低値から推定する場合には、蓄養種による消費量(kN)のほか、危険側を考慮する上である程度の脱酸素量(K_1R)を見込む必要があることが示唆された。

3. 今後の課題

今回、現況を再現するのに用いた脱酸素量(K_1R)0.25 mg/L/hrでは、海水交換がない場合8時間で生け簀内の酸素量が2 mg/L低下する。また、生け簀容積を43m³とした場合の1時間当たり酸素消費量は172,000 mgでエゾバフンウニの成体(消費量17 mg/kg×0.1 kg/個)10万個体分の消費量と同じとなる。中村²⁾は実験値からコイの飼育水の脱酸素量を0.23~0.75 mg/L/hrとしているが、実際に生け簀内においてこれだけの消費があるとは考えにくい。この脱酸素量(K_1R)は海水交換量の設定により大きく変わる。今回、海水交換量は排水孔における10分間平均流速を用いたが、導水孔や排水孔では数秒周期で流向が逆転する往復流であることから、今後、海水交換量算定手法について数値計算等を用いた検討を行う必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人全国漁港漁場協会：漁港漁場の施設の設計の手引(2003年版)下巻
- 2) 中村充他(1976)：湾におけるDO収支に関する研究 第23回海岸工学講演会論文集