

秋田県金浦漁港における海水交換を 目的とした防波堤の効果

EFFECT OF BREAKWATER FOR EXCHANGE OF SEAWATER
AT KONOURA FISHING PORT IN AKITA PREFECTURE

国金 博和¹・三橋 宏次¹・鹿田 正一¹・政所 亮¹・三浦 浩¹・高橋 隆二²
Hirokazu KUNIKANE, Koji MITUHASHI, Syoiti SHIKATA, Akira MANDOKORO,
Hiroshi MIURA and Ryuji TAKAHASHI

¹正会員 (財) 漁港漁村建設技術研究所 (〒101-0047 東京都千代田区内神田 1-14-10 東京建物 内神田ビル)

²秋田県農政部水産漁港課 (〒010-8570 秋田県秋田市山王 4 丁目 1-1)

The breakwater with hole for exchange of seawater is being constructed at Konoura fishing port in Akita prefecture. The system of this breakwater is intending to take outside seawater through the hole by differential water pressure which made by breaking wave compulsory at underwater bound. It was designed to apply low wave height during summer season in order to get required seawater quantity effective way. As the breakwater has completed partially, the field investigation was conducted to consider effect of the breakwater system. This paper is stating the design method, field investigation and the result of the system for breakwater with hole.

Key Words: Breakwater with hole, low wave height, required seawater quantity, effective way

1. 目的

秋田県金浦漁港は、山形県との県境に位置する第2種漁港である。古くから天然の良港として栄え、近年は附近一帯が豊富な漁場となっていることから、県南地区の漁業の根拠地として発展してきた。第9次漁港整備長期計画(平成6年度～13年度)では、第8次に引き続き外港地区で防波堤、岸壁、護岸及び突堤を建設することとなった。この泊地では漁船の停泊だけではなく、「つくり育てる漁業」を推進するため、周辺海域に放流するマダイ、ヒラメ等の稚魚を一定期間海中飼育し、また活魚流通等のために出荷までの一定期間海中で活かしたまま保管することを計画している。このため泊地の水質を相当清浄に保つ必要があり、そこで防波堤を「潜堤付き孔空きタイプ」としたものである。工事には平成9年に着手し、一部完成したので現地観測を行い効果を検討した。そこで、ここではその設計内容、効果調査及び結果について述べる。

2. 設計

(1) 概要

当漁港では、「自然調和型漁港づくり推進事業」として



図-1 位置図

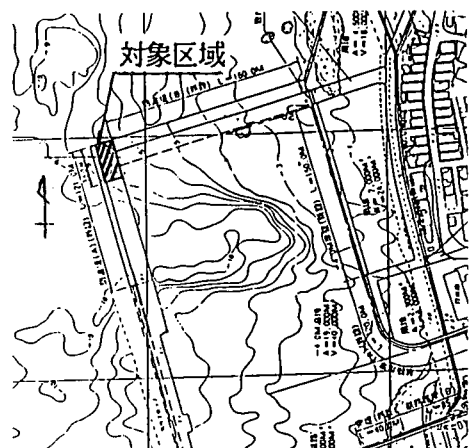


図-2 対象区域平面図

海水交換を目的とした潜堤付き孔空き防波堤を建設した。この構造物は、潜堤を利用して波を強制碎波させ、これにより防波堤前面の水位を上昇させ、港内との水位差により防波堤にあけた穴から外海水を港内に導入しようとするものである。水理実験等^{1), 2), 3)}で相当の海水交換の効果があることが分かっているが、これら実験での波高は現地換算で最低波高でも1.0m近くの波を使用している。しかし今回の場合は、波の静穏な期間が長い夏季(5月～9月)が対象で、月平均波高が50cmを下回る場合もある条件で、所要の海水交換が得られるよう設計を行った。

この設計手順は、まず潜堤の設置方向を検討し、必要海水交換量の算定、海水交換上の設計波高の決定に基づいて防波堤形状を決定した。

(2) 潜堤の設置方向

潜堤の設置方向は、海水交換による水質維持が必要な期間における波向に留意して検討した。秋田港と酒田港における波向を検討対象とし、過去5年間(1989年～1993年)における夏期(6～9月)のデータから決定した。両港での出現頻度は異なるが、秋田港は男鹿半島による回折があるため西又は南西からの波が多いが、金浦漁港は酒田港に波浪特性が類似している点を考慮し、酒田港での出現頻度の多かった西北西の方向より海水導入が図れるように潜堤方向を決定した。

(3) 必要海水導入量の算定

必要な海水導入量は、稚魚や魚の飼育等に必要な溶存酸

素量から決定され、溶存酸素収支方程式「沿岸漁場整備開発事業施設設計指針」⁴⁾を用いて算定した。

溶存酸素収支方程式は以下のように考えた。

港内の溶存酸素変化量－海水移動による流入溶存酸素量＋水中の酸素消費量＋海面からの酸素溶入量＋底質の酸素消費量＋プランクトンによる酸素生産量＋魚による酸素消費量＋給餌による酸素消費量⁶⁾＝0

これを模式すると次のようになる。

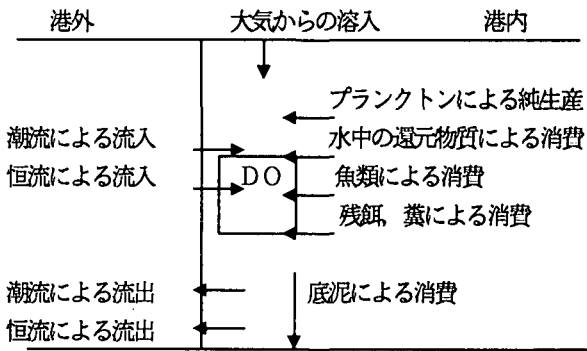


図-3 溶存酸素収支模式図

ここで、海面からの酸素溶入量は大気中と水中での濃度差に比例する。ここでの比例係数(酸素溶入係数)は風な

表-1 溶存酸素収支計算結果

			将来(導水なし)				
			現状	平均風速	1/3風速	1/4風速	1/10風速
海面面積	: A	m ²	53,079	53,079	53,079	53,079	53,079
平均水深	: d	m	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
容積	: V	m ³	254,982	254,982	254,982	254,982	254,982
溶存酸素	湾外 : C ₀	mg/l	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
	湾内 : C _i	mg/l	6.850	4.594	1.475	1.035	-0.007
	飽和量 : C _s	mg/l	6.9	6.9	6.9	6.9	6.9
還元物質濃度	: R	mg/l	1	1	1	1	1
海水の脱酸素係数	: K ₁	/day	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
酸素溶入係数	: K ₂	m/hr	0.034	0.034	0.0088	0.0074	0.0048
底面の脱酸素係数	: K ₁	/day	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
プランクトン純生産量	: P _d	gC/day	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
酸素の純生産量	: P _d	gO ₂ /day	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
魚類の酸素消費量	: k _w N	g/hr	0	1640	1640	1640	1640
給餌による酸素消費量	: D	gO ₂ /day	0	1783.7	1783.7	1783.7	1783.7
海水流入量							
恒流分		m ³ /12h	842400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
潮流分		m ³ /12h	3609.4	3609.4	3609.4	3609.4	3609.4
海水流出量							
恒流分		m ³ /12h	842400.0	0.0	0.0	0.0	0.0
潮流分		m ³ /12h	3609.4	3609.4	3609.4	3609.4	3609.4

どに影響されるため、近接する本荘港での風速観測記録（1989年～1993年、6～9月）を参考にして全平均、風速の低いデータから1/3平均、1/4平均、1/10平均による係数をそれぞれ決定した。その計算結果を表－1にまとめた。

以上の結果から海水交換を行わない場合には、港内の溶存酸素は0～4.6mg/lと予測された。マダイの中間育成、ヒラメの養殖を考慮すると港内での溶存酸素⁷⁾は5.7mg/lを確保すべく、計画導入量を3,700m³/hとなるように考えた。

表－2 必要導水量計算結果

	風速 (m/s)	溶入係数 (m/hr)	無対策時の 湾内 DO(mg/l)	5.7mg/lに必 要な導水量 (m ³ /h)
平均風速	4.9	0.0034	4.6	2,144
1/3風速	2.4	0.0088	1.5	3,482
1/4風速	2.1	0.0074	1.0	3,556
1/10風速	1.3	0.0048	0.0	3,694

（4）海水交換設計上の波高の検討

酒田港における対象期間となる夏季（5月～9月）の過去5年間（1989～1993）の波浪観測データから、日平均有義波高を用いて、全平均および波高の低いデータから1/3平均、1/4平均、1/5平均、1/10平均の集計を行った。海水交換を考えた場合、今回の計画水域容積(255,000m³)と前述で考察した計画導入量(3,700m³/h=88,800m³/日)から3日に一度の割合で港内の海水が入れ替わることから、3日以上海水交換上の設計波高が得られないと問題が生じると考えた。これらのデータから、日平均有義波高が3日連続して25cm以下となる場合はほとんどなく、30cm以下となる場合は年1回程度、35cm以下となる場合は年4回程度発生する。そこで設計波高を25cmとした場合には、潜堤延長を長くする必要があり、新設防波堤法線を変更しなければならなく、また設計波高を35cmとすると、月一回の養殖生け簀の移動が必要となる。以上のことを

踏まえ、有義波高30cmのときに所要の海水導入量が得られるように設計した。

（5）防波堤形状の検討

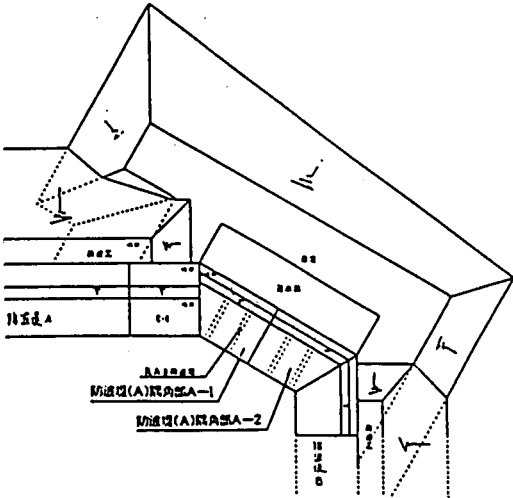
防波堤形状については、海水交換量での流入速度が背後の生物に与える影響を考慮して必要流入孔断面を決定し、海水交換量を確保すべき必要防波堤延長を算定した。ここでの防波堤延長は防波堤前面の遊水部の延長とし、「沿岸漁場整備開発事業設計指針」⁴⁾に基づいて行った。

$$\eta = 0.18K_s H_0' \tag{1}$$

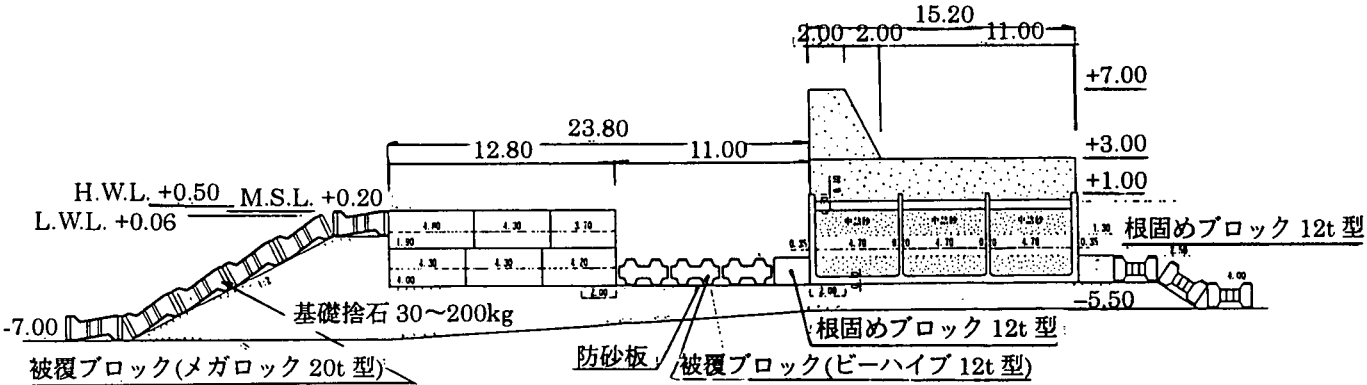
$$v \leq C \sqrt{2g\eta} \tag{2}$$

$$A = \frac{Q}{v} \tag{3}$$

$$B = \frac{1}{a \left[\frac{\sqrt{2g\eta^3}}{Q} - \frac{Q^2}{2gC^3A^3} \right] \cos \alpha} \tag{4}$$



図－4 潜堤付き孔空き防波堤平面図



図－5 潜堤付き孔空き防波堤断面図

ここに

- h : 潜堤設置水深 (-7.0m)
- η : 遊水部の水位上昇量
- B : 潜堤長
- C : 流入孔での流量係数(0.8)
- A : 流入孔断面積(4.8 m^2)
- Q : 流入孔からの導水量(3700 m^3/s)
- H_0 : 換算沖波波高(9.5m)
- α : 波の入射角(0°)
- v : 流入流速
- K_s : 浅水係数(0.032)
- a : 係数(0.41, 捨石式)

流入流速は式2より 0.831m/s, 式3から 0.214m/s との計算結果が得られ, 流入孔の断面積の目安として $0.2 < A/B \times H_0$ (海水交換上設計波高=0.3m) < 1.0 の範囲内であることが望ましく⁵⁾, 0.36 との値で適切であると判断した。

上述した式から必要防波堤延長を 44.2m と決定した。

3. 効果調査

現段階で効果調査の途中段階ではあるが, 溶存酸素及び海水導入量について述べる。尚, 今回の調査は平成10年8月15日から9月10日までの期間である。

(1) 溶存酸素

溶存酸素は, 導水量算定の基準ともなっており, 図-6に示す港内外の5測点について観測し, その比較から判断根拠とした。その結果, 海水導入口の出口付近(測点4)では 6.10~10.0mg/l の範囲で推移しており, 平均

7.88mg/l であった。港外との比較ではやや低めの値ではあるが, 下限値とした 5.7mg/l を上回る結果が得られた。港内中央部(測点3)では表層の観測と同時に下層(海底面上1m)においても測定を行った。それぞれの測定結果を図-7, 8に示す。測点3表層では 5.51~13.3mg/l の範囲で推移し, 平均 8.15mg/l、測点3下層では 1.60~8.49mg/l の範囲で推移し, 平均 6.00mg/l であった。下層域において下限値を下回る結果となったが, これは水塊が躍層を形成して上層との混合が少なく, 底質による酸素消費が進行したことによるためと思われる。酸素消費実験からもこの地点付近の底質脱酸素係数が平成8年度の調査結果より大きくなっていることが判明した。底質脱酸素係数は今回調査結果が 0.095m/日, 平成8年度調査結果が 0.067m/日, 設計値は 0.100m/日であるので, 依然設計値を下回る結果ではある。

この測点附近の海底面が窪み形状になっており, 今まで潮流, 波浪等によりシルト・粘土分が堆積しなかったが, 防波堤が出来たことによりこれらに変化がもたらされて底質の悪化につながったものと思われる。

(2) 海水導入量

海水導入量は, 波高計を防波堤外側に設置し, 電磁流速計を導入口に設置することにより設計時における海水導水量 (3,700 m^3/h) が得られているかの確認を行った。波高について観測されたデータから, 有義波高の経時変化をまとめ図-9に示す。観測期間中, 波高が 1.0m を越えるしけが4日あり, 平均波高 54.5cm, 最低波高 12.0cm であった。流速の観測結果を図-10に示す。降雨等の影響で海上に流木, プラスチックなどの漂流物がみられ, これらが導水口まで流れてきて流速計のセンサ

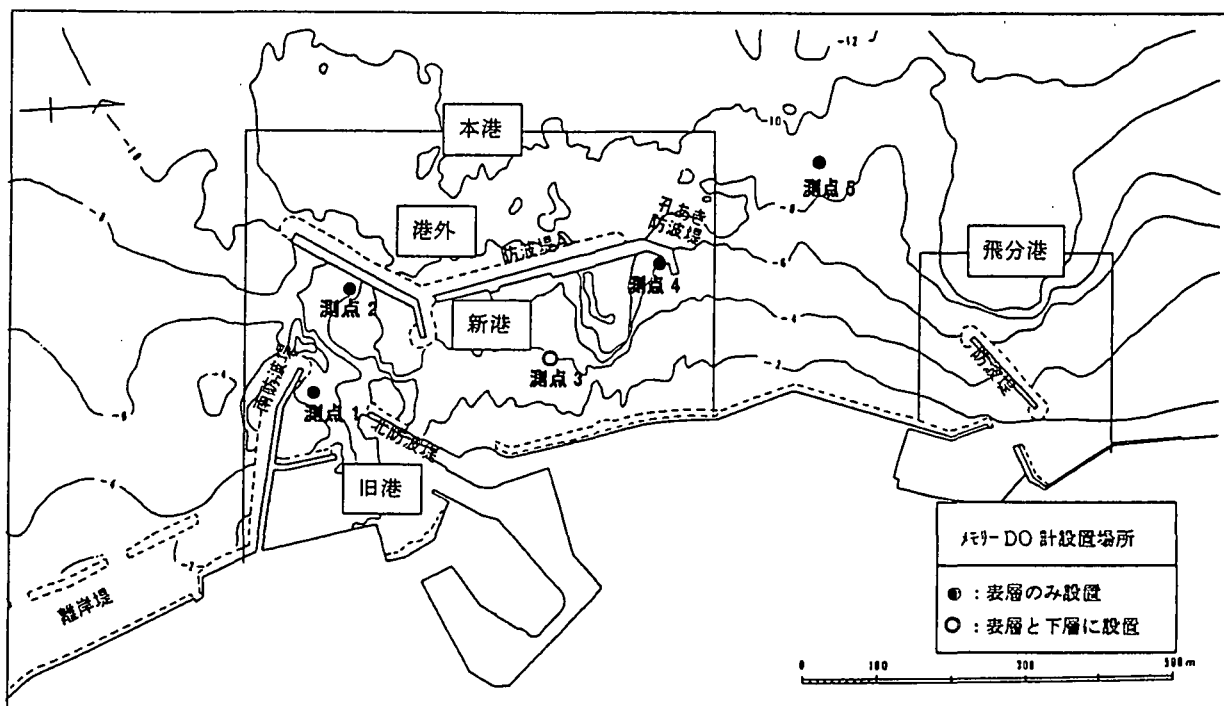


図-6 溶存酸素測定位置図

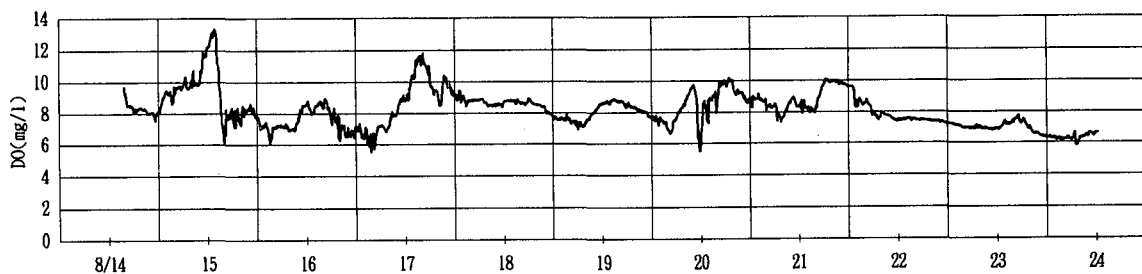


図-7 測点3における表層部での溶存酸素測定結果

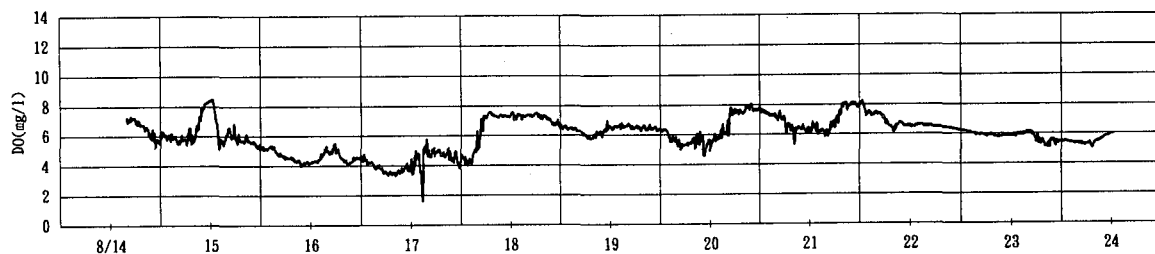


図-8 測点3における下層部での溶存酸素測定結果

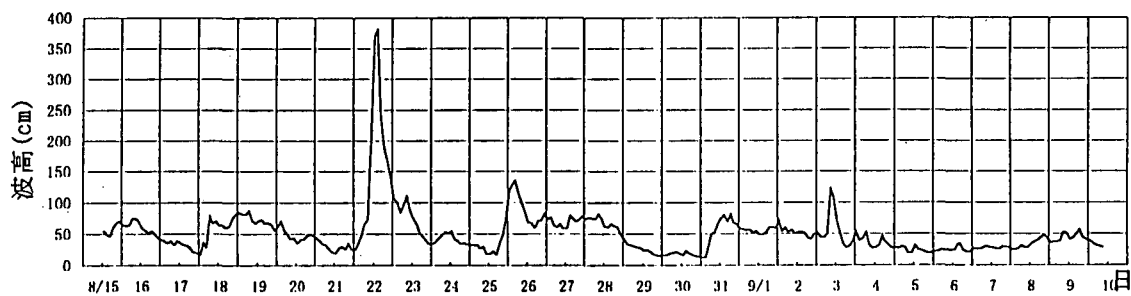
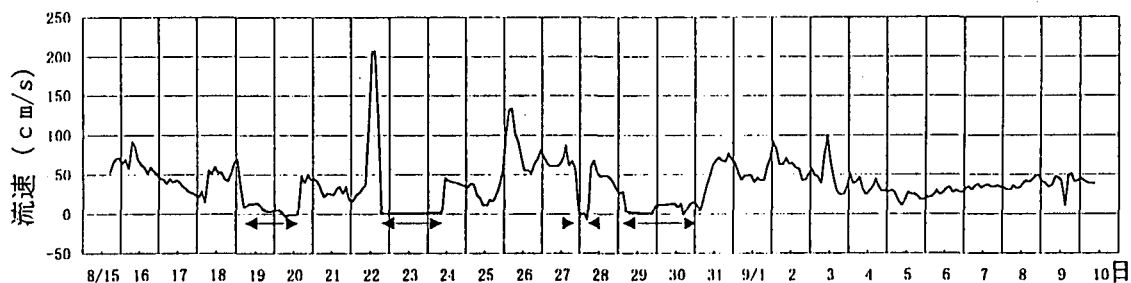


図-9 有義波高の経日変化



注) 矢印で囲まれた範囲はセンサー部にゴミが絡まり、みかけ上の流速が低下した。

図-10 流速の経日変化

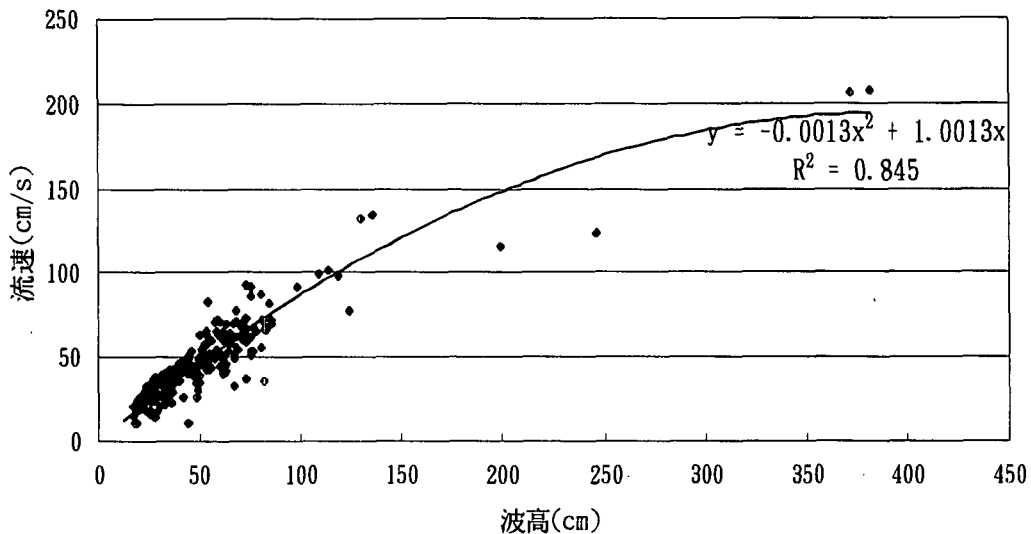


図-11 波高と流速の関係

ーに絡む事があったが、これらのデータを除いて流速の統計処理を行った。その結調、平均流速 47.3cm/s、最低流速 10.5cm/s であった。調査期間中に海水導入上必要とされる3日連続で波高 30cm を下回るケースが9月5日から7日にかけて観測された。この3日間の最低である9月5日の平均波高は 24.6cm、平均流速は 22.6cm/s で、これらから導水量 3,900m³/h が求められ、必要海水導入量を上回る計算となった。これらの結果において波高と流速との関係を図-11 に示す。主軸に対するばらつきは波向きや潮位などの影響が現れたものであると思われる。

4. 結論

これらの効果調査結果から、当防波堤は相当の海水交換効果があるのではないかと考えている。今後の防波堤延長計画について、必要導水量の観点から護岸までの建設を行うことは問題ないと思われる。

設計時に試行錯誤の結果決定した海水交換上の波高は、効果調査で得られた流速との関係からの近似式を用いると、波高 23 cm で必要海水導水量を得られる計算になり、やや良い結果となっている。このことは「3日連続」の考慮の方法が妥当であったと考えられる。

しかし溶存酸素の結果から底質悪化の傾向が見られ、今後も溶存酸素の吸収源と考えられることから、養殖施設の維持管理するうえで、貧酸素状態での底層水の管理が重要である。この施策として港内の定期的な浚渫、湾内の底層水の流動促進などが考えられる。

今後も効果調査は継続して行う予定であり、潜堤付き孔空き防波堤による港内の水質維持管理手法の確立を目指し研究を重ねていきたい。

参考文献

- 1) 山本正昭, 中泉昌光, 間辺本文, 森口朗彦: 海水導入を目的とした潜堤付孔空き防波堤の開発, 海洋開発論文集, VOL. 7, pp137-pp142, 1991.
- 2) 中泉昌光, 間辺本文, 山本正昭: 海水導入を目的とした潜堤付孔空き防波堤の開発 (II), 水産工学研究所技報, 水産土木 10, pp57-pp66, 1988.
- 3) 山本正昭, 中泉昌光, 間辺本文, 森口朗彦: 海水導入を目的とした潜堤付孔空き防波堤の開発, 水産工学研究所技報, 水産土木 13, pp11-pp30, 1992.
- 4) 沿岸漁場整備開発事業施設設計指針, pp285-pp290, (社)全国沿岸漁業振興開発協会, 1992.
- 5) 漁港構造物の設計ガイド, pp216-pp219, (社)全国漁港協会, 1994.
- 6) 養殖漁場管理定量化開発報告書, pp172-pp207, (社)日本水産資源保護協会, 1988.
- 7) 大島泰雄, 稲葉伝三郎: 養殖講座 4 ハマチ・カンパチ, pp130-pp131, 緑書房, 1969.

(1999. 4. 19 受付)