

# 志賀島漁港外港の導水工による環境改善効果に関する現地調査

山本 潤\* ・武内智行\*\* ・中山哲厳\*  
田畑真一\*\*\* ・池田正信\*\*\*\*

## 1. はじめに

一般に閉鎖性の強い水域は、植物プランクトンの活動により、昼間は酸素濃度が飽和状態に近いが、夜間は低下し続け、明け方や曇天の風の日は最低となる。底層では貧酸素水塊を形成し、底質が悪化する。一部の漁港においてもこの様な現象がみられる。

志賀島漁港は博多湾口を形成する志賀島の南東部に位置する。当漁港外港では主に一本釣り漁業が営まれており、その活き餌や漁獲物を漁船にくくりつけた小型生け簀で活かしておくことが多い。しかし、初夏になると、これらの蓄養魚が弊死する事故が多発し深刻な問題となっていた。底質についても流れ込んだ海藻等が港奥に堆積・腐敗し、これらが水質に悪影響を及ぼしていると考えられた。この対策として、海水交流工法の一つである波による平均水位の上昇を利用した潜堤付き孔空き防波堤が建設された。

その基本的機能は室内実験によって明らかとなっているが、実際にどれだけの外海水が得られるかを現地の施工例により知っておく事は、今後の建設計画の際に必要な不可欠でもある。こうした目的から、設置後の1993年に、志賀島漁港外港においての導水能力を確かめ、また、この施設が漁港内の環境にどのような効果をもたらしたかを検証するための一連の調査を行った。調査の概要と調査結果を報告するとともに、導水効率について実験結果と実測結果を比較し考察した。

## 2. 潜堤付き孔空き防波堤について

### 2.1 導水の原理

山本ら(1987, 1988)は波のエネルギーを利用して効率的に外海水を導入できる潜堤付き孔空き防波堤を提案し、研究開発を続けてきた。(中泉ら, 1988; 間辺ら, 1988; 森口ら, 1991a)志賀島漁港外港に建設された潜堤付き孔空き防波堤の断面・平面図を図-1, 2に示す。防

波堤本体の一部に開口部(導水工)を設け、その前面に堤本体より少し離して不透過性の潜堤を設置したものである。波が潜堤に進入すると、写真-1に見られるように、潜堤上で強制碎波するため、潜堤と防波堤との間(遊水部)の平均水位が上昇する。遊水部の水位はほとんど常に漁港内水位より高くなるため、その水位差により防

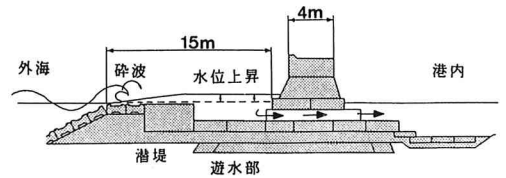


図-1 潜堤付き孔空き防波堤断面図

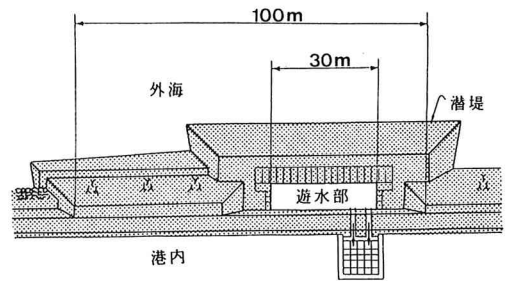


図-2 潜堤付き孔空き防波堤平面図

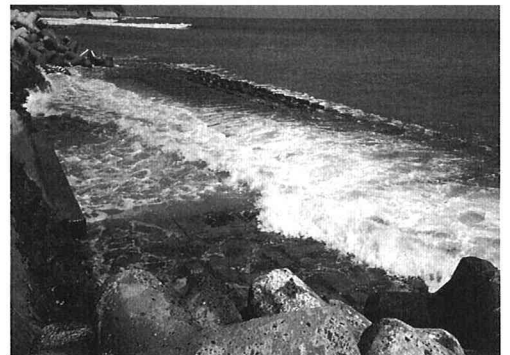


写真-1 潜堤上での碎波の様子

\* 正会員 工修 水産庁水産工学研究所漁港水理研究室  
\*\* 正会員 農博 水産庁水産工学研究所漁港水理研究室  
\*\*\* (株)北海道パブリックコンサルタント  
\*\*\*\* 福岡市農林水産局水産部漁港課

波堤に設けられた孔を通して漁港内に一方的に外海水が導入される。このような海水導入の機能を実用化するため、潜堤の規模や配置、堤に作用する波力等が室内実験により検討された。

## 2.2 導水量算定方法

さらに山本 (1994) は、各波高・各潮位毎の遊水部の水位上昇量を断面・平面実験により求め、これによる遊水部と港内との水位差から得られる流速を算定した。この時、孔を通じて港内に遊水部の水が導入されると、それに伴い遊水部の水位も下がる。水位差が減ると導水量も減る事になり、遊水部の水位は再び上昇する。これらの他に、透水による外部への流失・摩擦等の損失を考慮し、繰り返し計算する事によって導水量を算定した。森口ら (1992) が導水量を調査した富山県四方漁港にある潜堤付き孔空き防波堤においては、観測当時泊地が未完成な島堤の状態であったが、良好な一致を示した。

## 3. 調査概要

### 3.1 導水工設置前の調査による知見

森口ら (1991) は志賀島漁港での弊死の原因を (1) 事故の発生時期が初夏に集中していること (2) ほぼ夜間に限られることの 2 点から貧酸素水塊の発生による窒息と推定し、導水工設置前に現地調査を行った。水温・塩分・DO・COD 等の水質調査と底質の採取により、有機汚濁の進行と貧酸素水塊の発生が認められた。

### 3.2 調査日程

調査は 1993 年 7 月 14, 15 日に DO・底質等の調査と波高計・流速計等の観測機器の設置を行い、8 月 11, 12 日に機器の回収を行った。

### 3.3 調査項目

#### a) 波高・潮位

超音波式波高計 (共和商工製 SSW-II) を導水工より沖側へ 430 m, 水深 6.5 m の地点に設置し、これにより 2 時間毎に波高, 周期, 潮位を観測し, 有義波の計算を行った。

#### b) 導水流速

流速計 (アレック電子製 ACM-8M) のセンサーを潜堤付き孔空き防波堤の孔の出口に設置し, 10 分毎に測定した。以上により, 波高・潮位等の条件による導水量についての検討を行った。

#### c) 水質

メモリー式 DO メータ (三洋測器製 MDO-1) を孔の背後約 5 m 程港内側に設置し, 導入水の DO・水温の自動観測を行った。図-3 の P1~P4 の 4 地点で水深 50 cm 毎に DO・塩分・水温を DO メータ (セントラル科学製 UK-2000)・塩分計 (同 UC-77) により 3 時間毎 25 時間の測定を行った。なお, 本論文では蓄養魚の弊死原因が

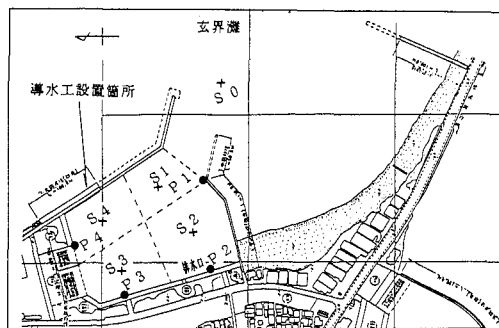


図-3 調査位置図

酸素不足に起因しているとの観点から、漁港内の水質としては DO についてのみ結果を示した。

#### d) 底質

底質は S0~S4 の各地点において採取した。底質は過去の港内水の有機汚濁等の影響を表し, しかも一時的な気象等の影響を受けにくいため, 水質環境を評価する上で有効な指標と考えられる。こうした観点から, 底土中の有機物の量を測定する方法の中で最も簡単な強熱減量試験と粒度試験を行った。

なお, 導水工設置前の水質・底質については 1990 年 6 月 7, 8 日に同地点において取得されたデータ (森口ら, 1991) と比較し, 導水工が漁港内環境に与えた効果について検討した。

## 4. 調査結果と考察

### 4.1 潜堤付き孔空き防波堤の導水能力

#### a) 導水量

観測された波高・潮位・導水流速を図-4 に示す。観測期間中の平均の有義波高は約 60 cm であった。導水流速の平均は約 40 cm/s であった。これに孔の断面積をかけて流量に直すと 1 日あたり約 10 万トンの外海水が導入されたことになる。

一方, 潮汐による交流量は潮位差×泊地面積×2 回/日であるから, 泊地面積が 3,200 m<sup>2</sup> の当漁港では, 観測期間中の潮位変化から潮汐による 1 日あたりの交流量は 4 万~9 万トン (平均 7 万トン) と推定された。

交流量は約 2~3 倍に増大したばかりでなく, 導水工設置場所が港奥にあるため, 潮汐による交流と異なり, 海水交流の悪い港奥部に新鮮な外海水を供給するため, 水質・底質等の環境改善への寄与は大きいと考えられる。このことは後述の DO や底質の調査結果からも明らかであろう。また, 常に港奥から港口への流れが発生したことになる。このため, 水質悪化の原因の一つとも言われている港奥に堆積・腐敗している海藻類を押し流す要因になっているとも考えられる。

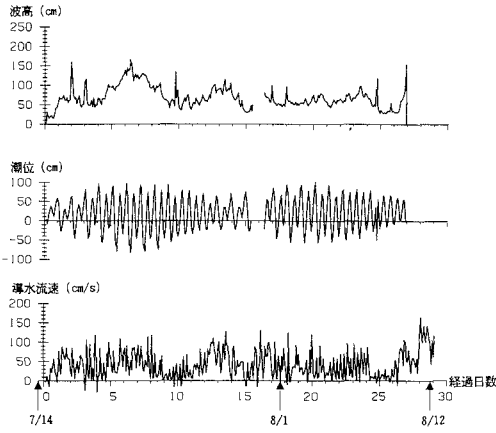


図-4 観測された波高・潮位・導水流速

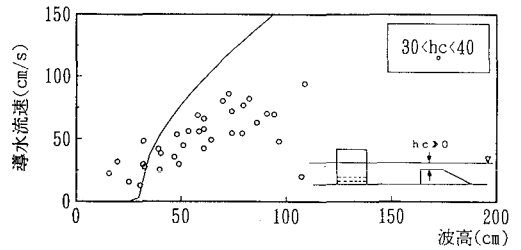
b) 導水量に及ぼす波高と潮位の影響

潜堤の天端上水深毎に波高と導水流速の関係を示したものが図-5である。図中の曲線は山本(1994)が提案した導水量算定方法による計算値であり、点が実測値である。波高が大きい程、セットアップにより遊水部内の水位が高くなり、港内との水位差から導水量が多くなるが、有義波高が1m程度の大きさになるとその分導水量が多くなるとは言えない。周辺の水深が干潮時3~5mと浅いため、港口付近で砕波した可能性が高い。この場合、港内水位も遊水部と同様に上昇するため、港内と遊水部との水位差がなくなり、波高の割には導水量が得られないものと思われる。高波浪時において波高に応じた導水の必要は無く、問題にはならない。

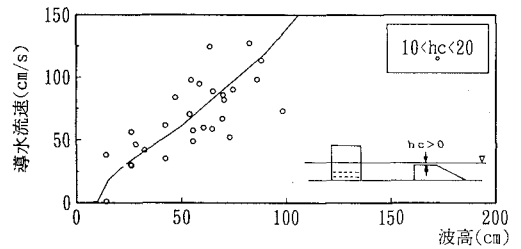
潮位が潜堤天端より高い(a)の場合は潜堤上の水深が大きいから砕波しにくくなり、潮位が高いほど大きな波高でなければ砕波しないために遊水部の水位の上昇量は小さくなる。また、潮位が潜堤天端よりも低い(d)の場合、遊水部の水位上昇は越波量に依存するため、潮位が低いほど遊水部に打ち込む水塊の量が減ることになり、遊水部の水位上昇量は小さくなる。導水にとって最も有利な水位は(b)や(c)のように潜堤の天端と水位がほぼ一致、あるいはやや水位が高い時といえる。

これらのことは潮位と導水流速の関係を示した図-6において確認できる。潜堤の天端高と潮位がほぼ一致した時、導水量が最大になる事がよくわかる。天端と潮位の差が大きくなればなる程、導水量が小さくなっている。つまり、潜堤付き孔空き防波堤の導水量には潜堤の天端高と水面との一致が極めて重要である。

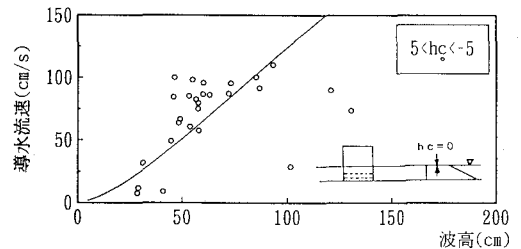
これは大潮時には潜堤天端と潮位の差が大きく導水には不利な時間帯が多いことを意味するが、この時は潮汐による海水流量は大きい。一方、小潮時は潮汐による流量が小さい分、潜堤天端と潮位の差が小さくなるた



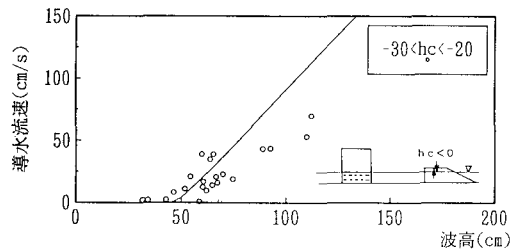
(a) 潜堤天端上水深  $h_c$  が30~40 (cm) の場合



(b) 潜堤天端上水深  $h_c$  が10~20 (cm) の場合



(c) 潜堤天端上水深  $h_c$  が 5~5 (cm) の場合



(d) 潜堤天端上水深  $h_c$  が -20~-30 (cm) の場合

図-5 潮位毎の波高と導水流速の関係

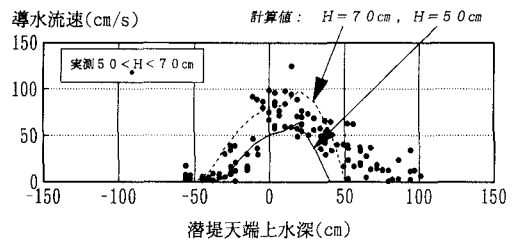


図-6 潮位と導水流速の関係

め導水工による外海水の導入は有利となる。

c) 導水量算定計算との比較

観測値のばらつきが大きい原因としては、波向きを観

測できなかったこと、導水流速の計測時間がやや短めであったこと、遊水部以前での碎波、泊地の副振動、その他、現地での複雑な要因が考えられる。潮位の高い場合(図-5(a))では計算値よりも実測値が低い値を示している。原因としては遊水部からの外部への流出等のため、算定計算に入力する係数が適切でなかったのではないかと考えられる。図-6において天端上水深50cm以上で計算値よりも実測値が高いが、この原因については不明である。

こうしたいくつかの問題はあるものの、図-5、図-6中の導水量算定計算による曲線は概ね観測値とほぼ同等の導水量を表している。以上より、一部の例外を除き、導水量の算定手法が現地においても十分有効であると考えられた。

#### 4.2 DO について

##### a) 導入水の DO

導入水の港内への流入の様子を写真-2に示す。潜堤上で碎波するため、十分に酸素を取り込んだ水が多量の気泡とともに漁港内に噴流となって流入している。潜堤付き孔空き防波堤はただ外海水を導入するだけでなく、外海水を曝気させてから導入している。導入水のDOが飽和状態であることは写真からも十分に推定できる。

流入する外海水のDOの経時変化を図-7に示す。DOメータを孔から港内側に数m離れた位置に設置したため、連行等により港内水と混合した水塊のDOを計測していることになる。それでもこの地点のDOは夜間でも高く、日中とほとんど変わらなかった。夜間に若干低下するのは、港内水のDOが夜間かなり低下するため、この影響を受けているものと思われる。このようなほぼ飽和状態の水塊が一日あたりおよそ10万トンも漁港内に流入していることを考えると、漁港内の水質浄化に対する効果は極めて大きい。

##### b) 漁港内の DO

導水工設置前後の港内中央付近P2での鉛直方向の



写真-2 外海水の港内への流入の様子

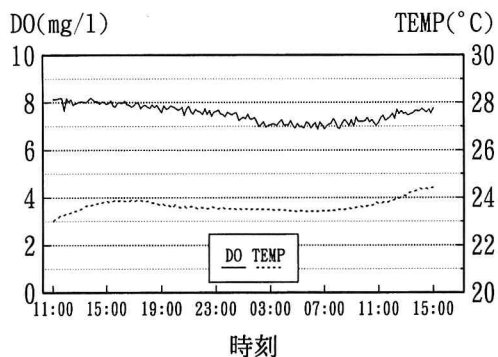


図-7 流入する外海水のDOの経時変化

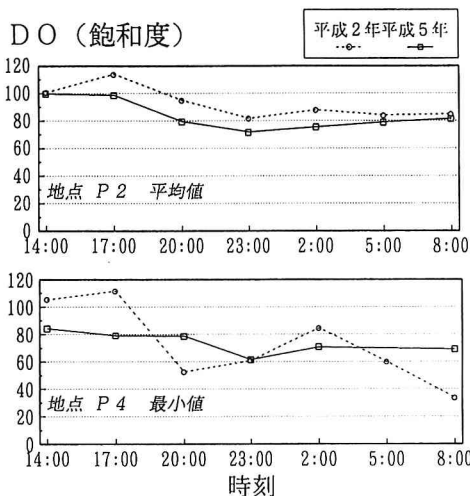


図-8 漁港内のDOの日変化

DO平均値と港奥部P4のDO最低値の日変化のグラフを図-8に示す。DOは気象の影響を受け易く一概には言えないが、P2では導水工設置前後もDOは日中は高く夜間に低下するという点ではあまり変わらなかった。かえって設置後の方がわずかではあるが低い値を示している。調査当日の気象の影響もあるが、この地点には導水工の影響がまだあまり及んでいないものと思われる。

ところが、港奥部では設置前の調査でDOが50%を下回るような値がみられたのに対し、設置後にはそのような値はまったく見られず、昼夜を問わずほぼ一定の値を示し続けた。港奥部には常に外海水を導水しているため、夜間でもDOの低下が小さいものと考えられる。

#### 4.3 底質

強熱減量試験と粒度試験の結果を表-1に示す。全体的に導水工設置前の底質は完全にヘドロ化しており硫化水素臭が感じられたと報告されている。設置後の底質はヘドロ状ではあったが硫化水素臭はなかった。特に導水

表-1 底質分析結果

地 点	中央粒径 D <sub>50</sub> ( $\mu$ m)	泥分通過 74 $\mu$ m(%)	強熱減量 (%)	
S1	設置前	177.3	13.7	10.66
	後	155.8	4.0	4.49
S2	設置前	198.1	9.5	2.58
	後	192.9	11.6	2.59
S3	設置前	122.7	31.9	4.39
	後	120.3	32.8	4.94
S4	設置前	120.1	31.8	9.99
	後	370.0	6.6	3.45
S0	設置前	163.2	2.9	4.91
	後	663.4	0.1	0.41

表-2 聞き取り調査結果

項目	設 置 前	設 置 後
酸欠について	年に2~3回程度あった。 (5月~9月)	なくなった。
海藻の流れ込みについて	海藻の流れ込みがあり港奥に堆積し腐敗していた。このため海藻の除去作業をしていた。	海藻の流れ込みは若干あるものの除去作業は、しなくなった。
その他	カニ、フナムシ等の生物が酸欠時に岸壁上に逃げていた。	逃げなくなった
	小魚があまりいなかった。	小魚も増え、釣り客が増加した。

工付近、および港口部で設置後の強熱減量はかなり小さくなり、底質中の有機物がかなり除去されたといえる。粒度試験の結果でも泥分がかなり減少し改善の効果がみられた。設置前、最も悪化していたS4が導水工の設置後かなり改善されたことがいえる。しかし、導水工から離れた所ではほとんど底質の変化はみられなかった。これについては導水工の影響がまだ端部にまで及んでいないためと思われる。

#### 4.4 その他

なお、地元漁協・漁業者からの聞き取り調査を同時に行った。結果の要約を表-2に示す。地元の評価はたいへん良く、「導水工が設置されてからは、蓄養魚が弊死することはなくなった。港奥部の海藻やゴミの滞留がなくなり、底質が改善された。」との結果を得ている。また、設置前にはあまりいなかった小魚類が設置後には増え、釣り客も増加した。こうした効果も見逃せない。

### 5. おわりに

潜堤付き孔空き防波堤について、現地での導水量を確認できた。また、この導水工建設前後の水質をそれぞれ比較検討することによりその効果を評価した。導水量の算定方法に関する問題点は今後の課題である。水質環境に関しては、底質の有機汚濁の程度による酸素消費速度

等、漁港内の酸素収収を詳細に検討したい。

尚、本調査実施に際しては福岡県漁港課の皆様、福岡市漁業協同組合志賀島支所の皆様に多大なる協力を頂いた。研究を進めるにあたって水産工学研究所開発システム研究室山本正昭室長の導水量算定計算プログラムを用い、同氏より貴重なご指導を頂いた。感謝の意を表する。

#### 参 考 文 献

- 中泉昌光・間辺本文・山本正昭 (1988): 海水導入を目的とした潜堤付防波堤の開発(II)―波力の検討―, 水工研技報, 第10号, pp. 57-66.
- 間辺本文・中泉昌光・山本正昭 (1988): 潜堤付防波堤による海水交流工法の開発(II), 第35回海講論文集, pp. 497-506.
- 森口朗彦・山本正昭・神山 敦 (1991 a): 海水導入を目的とした潜堤付防波堤の開発(III)―実用化に向けての検討―, 水工研技報, 第13号, pp. 55-64.
- 森口朗彦・山本正昭 (1991 b): 志賀島漁港における貧酸素水塊発生機構とその対策, 水産工学会学術講演会論文集, pp. 111-112.
- 森口朗彦・藤原正幸・山本正昭・田中輝男 (1992): 潜堤付孔空き防波堤の実海域での導水特性と泊地内水質環境予測, 海岸工学論文集, 第39巻, pp. 886-890.
- 山本正昭・中泉昌光・間辺本文 (1987): 潜堤付防波堤による海水交流工法の開発, 第34回海講論文集, pp. 675-679.
- 山本正昭・中泉昌光・間辺本文 (1988): 海水導入を目的とした潜堤付防波堤の開発(I)―機能と潜堤の形状の検討―, 水工研技報, 第10号, pp. 39-55.
- 山本正昭(1994): 潜堤付海水導入工の計画と設計, 水工研技報, 第16号, pp. 1-12.