

日本海における波浪を利用した海水導水工ケーソンの現地評価

瀬戸口喜祥¹・吉村直孝²・佐藤昭人³
阿部龍介⁴・藤井 浩⁵・村上芳喜⁶

島根県浜田漁港内における水産有用種の間育成・蓄養の規模を検討するために、波浪と導水量の現地調査によって北防波堤に導入された円孔式海水導水工の能力を評価した。また、日本海の波浪特性と円孔式導水工の関係についても検討を行った。その結果、太平洋沿岸と比較して長周期波があまり大きく発達しない日本海沿岸では、円孔式海水導水工の導水量は波高と周期の積に大きく依存することが明らかになった。また、長期波浪観測によって得られた波浪と導水量の関係から既存の波浪データ等を用いて観測していない時期の導水（海水交換）状況を推定することができた。

1. はじめに

近年、海水交換を促進する技術に関しては様々な研究が行われ、水理模型実験や数値シミュレーションによる事前検討を経て実際に港湾や漁港施設に導入されている。しかし、導入された海水交換（導水）工の効果を現地観測データに基づいて検証された例はほとんど見られない。

日本海に面する島根県浜田漁港では自然調和型漁港づくりモデル事業として整備された漁港内で中間育成・蓄養が計画されており、それらの残餌等による水質の悪化が懸念されることから、北防波堤には、中泉ら（1988）の行った規則波による波圧実験結果より概略設計された潜堤付きの円孔式海水導水工が導入されている。

本研究では、今後漁港内における水産有用種の間育成・蓄養の規模を検討するために海水導水工の能力を評価するとともに、日本海の波浪特性と円孔式導水工の関係を明らかにし、日本海沿岸において海水導水工を導入する際の基礎を得ることを目的とした。

2. 現地調査の概要

島根県浜田漁港において、2005 年 8 月 31 日から 9 月 16 日と 2005 年 10 月 26 日から 11 月 10 日までの期間に波浪と導水量の連続観測を実施した。

観測機器の設置状況を図-1 に示した。北防波堤前面には潜堤が設置されており（天端水深 7 m）、調査点 A（設置水深：37.8 m）は沖波（潜堤通過前の波）の諸元を観測、調査点 B（設置水深：12.7 m）は潜堤背後で導水工前面（潜堤通過後）の波を観測した。調査点 C

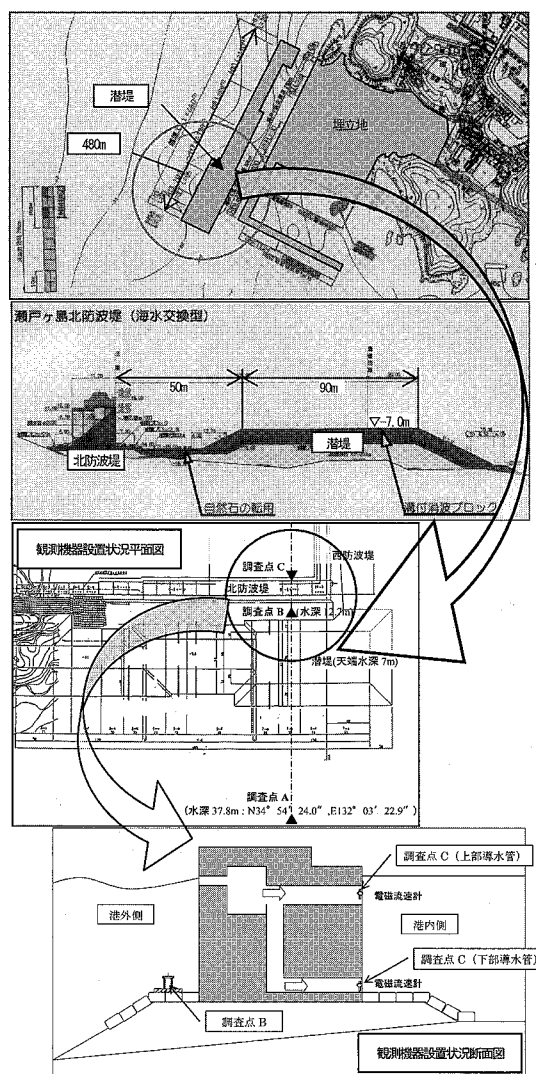


図-1 浜田漁港（瀬戸ヶ島地区）と観測位置

- | | | |
|-------|------|------------------------------|
| 1 正会員 | 博(工) | (財)漁港漁場漁村技術研究所専門技術員 |
| 2 正会員 | 水産修 | (財)漁港漁場漁村技術研究所専門技術員 |
| 3 正会員 | 工修 | (財)漁港漁場漁村技術研究所第1調査研究部長 |
| 4 正会員 | | (財)漁港漁場漁村技術研究所第1調査研究部主任研究員 |
| 5 正会員 | | 島根県浜田水産事務所（現所属：島根県雲南県土整備事務所） |
| 6 正会員 | | 島根県浜田水産事務所 |

は上部及び下部の導水管の放水口付近の管中央の流速（中心流速）を観測した。

調査点 A 及び B にはアイオーテック社製の波高計（WAVE HUNTER）、調査点 C にはアレック電子社製の電磁流速計（COMPACT-EM）を設置した。

観測機器の計測設定は、調査点 A 及び B の波高計は、サンプリング間隔が 0.5 秒、観測時間が毎正時の前後 10 分間（計 20 分間）、調査点 C の流速計は、サンプリング間隔が 1 秒、観測時間が毎正時から 5 分間とした。

3. 調査結果及び考察

（1）波浪と導水量の関係

観測期間中の有義波高、有義波周期、長周期波高（ローパスフィルターで周期 30 秒以上を抽出）、導水量の経時変化について、図-2 に 2005 年 8 月 31 日から 9 月 16 日、図-3 に 2005 年 10 月 26 日から 11 月 10 日の期間を示した。導水量は調査点 C で得られた導水管内の中心流速（毎正時で得られた平均流速）を基に算出した。算出方法は、大村ら（1998）が導水管内の流速分布を対数

分布とし、管内の中心流速から導水量を算出した方法を採用し、以下の式で算出した。

$$Q = u_m \cdot A \cdots \cdots (1)$$

$$u_m = u_c / (1 + 3.75n \cdot g^{1/2} \cdot R^{-1/6}) \cdots \cdots (2)$$

ここで、 Q は導水量（流量）、 A は導水管の断面積、 u_m は導水管内の平均流速、 u_c は導水管内の中心流速、 n は粗度係数（0.014：铸铁管）、 g は重力加速度、 R は導水管の径深を示す。

観測期間中の 2005 年 9 月 6 日から 7 日に台風 14 号、9 月 13 日から 14 日に台風 15 号（接近時は温帯低気圧）が浜田沖を通過し、高波浪時と静穏時のデータを得ることができた。有義波高と導水量は明瞭に対応しており、台風通過時の高波浪時に導水量が最大となった。

図-4 に高波浪時における調査点 A 及び B の水位のパワースペクトルを示した。潜堤通過前の調査点 A より潜堤通過後の調査点 B の低周波数帯のパワースペクトルが大きく、特に、調査点 B には調査点 A と比較して

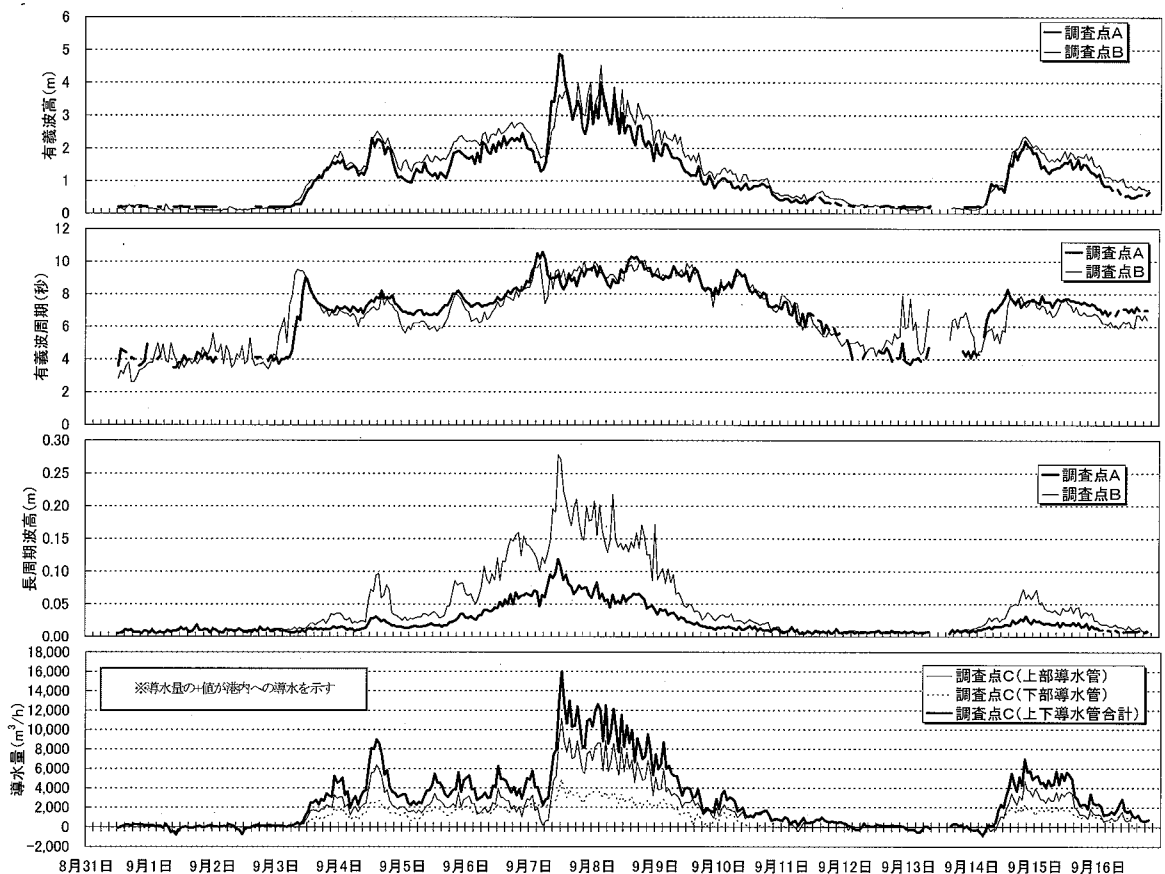


図-2 2005年8月31日から9月16日の経時変化

（上から調査点 A・B の有義波高、調査点 A・B の有義波周期、調査点 A・B の長周期波高、調査点 C の導水量）

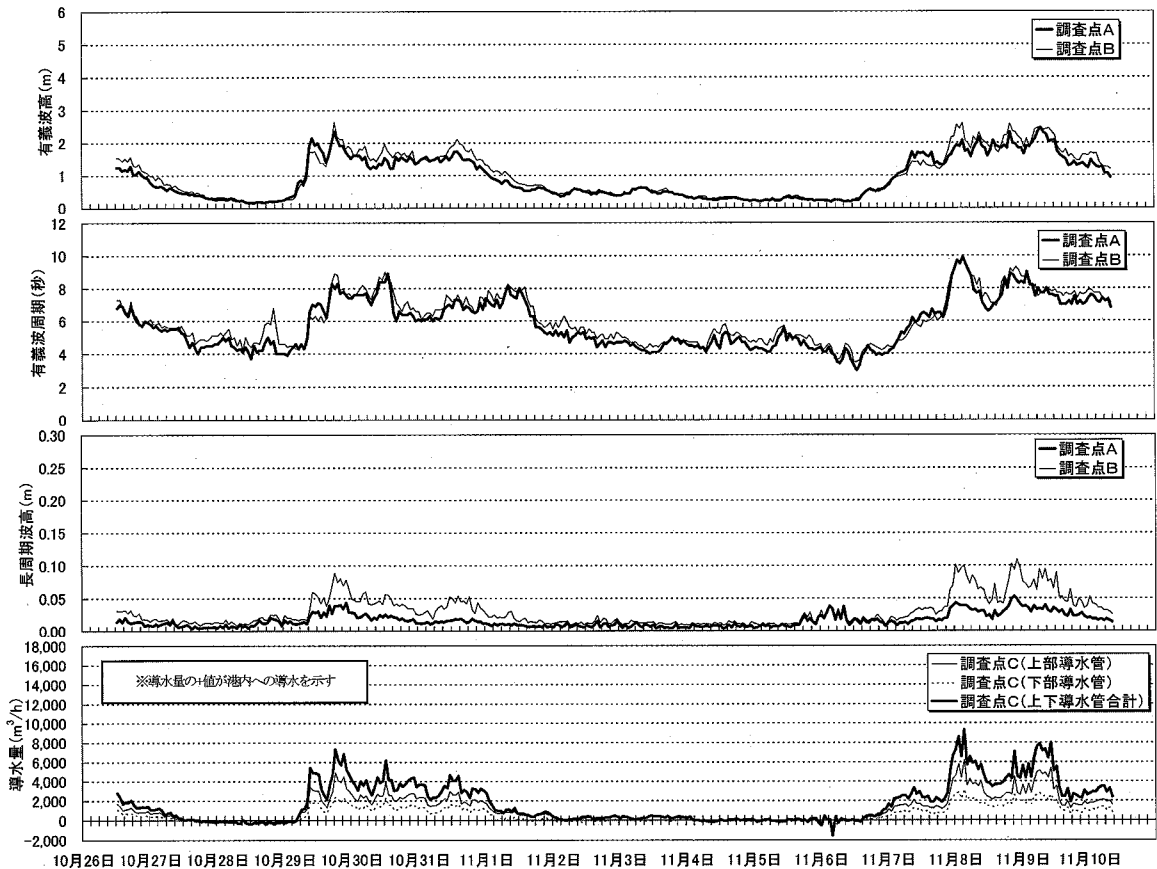


図-3 2005年 10月26日から 11月10日の経時変化

(上から調査点 A・B の有義波高, 調査点 A・B の有義波周期, 調査点 A・B の長周期波高, 調査点 C の導水量)

明瞭な卓越周波数帯 (0.02~0.03 Hz) が見られた。これは調査点 A と B の間に天端水深 7 m の潜堤が北防波堤と平行に設置されており、高波浪時に潜堤と防波堤の間で長周期波が発達したためと考えられ、その長周期波高と導水量の経時変化も対応していることがわかった。

観測期間中の来襲波浪と港内への導水量の関係を解析した。図-5 に有義波高と導水量の相関を示した。相関

は高く、来襲する有義波高が大きいほど港内への導水量が大きくなった。また、潜堤通過前 (調査点 A) の有義波高と導水量の相関より潜堤通過後 (調査点 B) の有義波高と導水量の相関の方が高かった。来襲波浪は、同じ波高でも周期が異なり、周期が長ければ波長も大きくなる。このため、波長の長い波の方が導水管内へ海水を導水しやすいことが考えられる。よって、導水量は波高だけでなく周期にも依存すると考えられるため、観測された有義波高と有義波周期の積と導水量の関係についても解析を行った。図-6 に有義波高と有義波周期の積と導水量の相関を示した。有義波高と導水量の相関より有義波高と有義波周期の積と導水量の相関の方が高いことが確認された。また、長周期波高と導水量の相関 (図-7) についても解析したが、潜堤通過後で長周期波が発達した調査点 B の相関が高いが、有義波高と導水量の相関ほど高くはなかった。

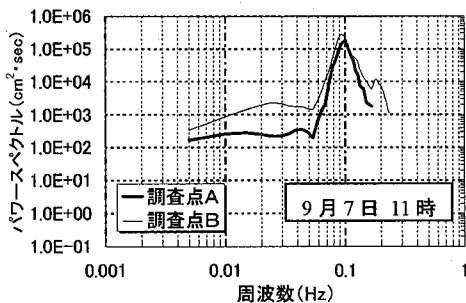


図-4 調査点 A・B の水位のパワースペクトル

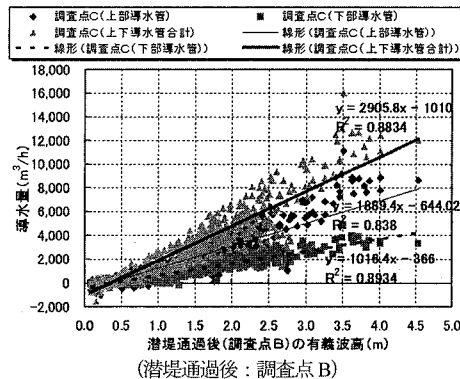
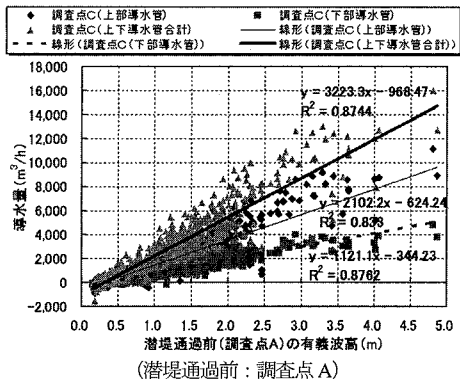


図-5 有義波高と導水量の相関

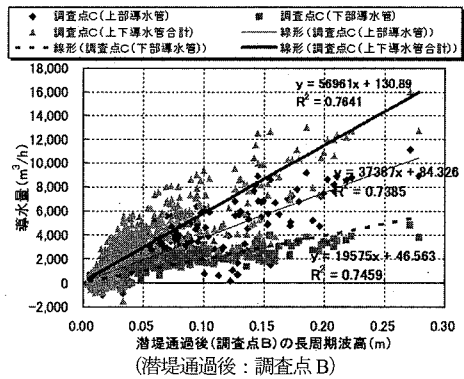
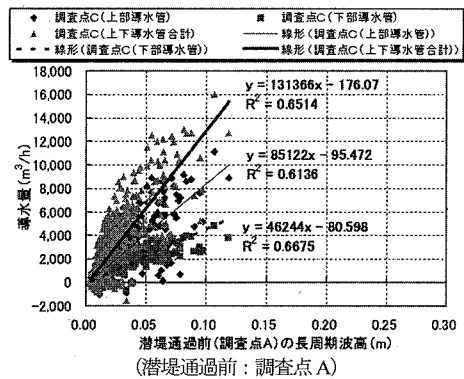


図-7 長周期波高と導水量の相関

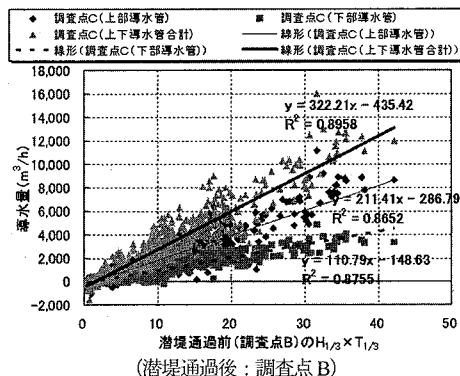
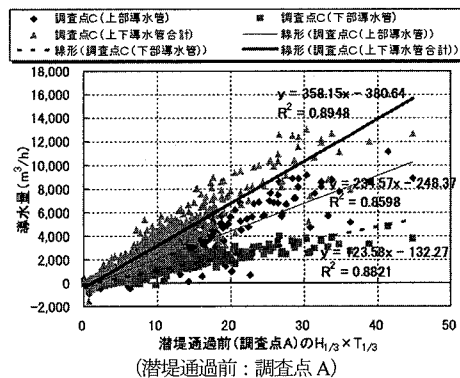


図-6 有義波高と有義波周期の積と導水量の相関

(2) 海水導水工の評価

浜田漁港内では水産有用種の間・蓄養の水面利用を計画していることから、港内の水質環境の厳しくなる夏季における海水導水工の評価を行う必要がある。

浜田港沖には図-8に示した位置にナウファス(全国港湾海洋波浪情報網: NOWPHAS)の観測点がある。この浜田港沖のナウファスで観測される波浪データが本研究の現地観測の潜堤沖(調査点A)の波浪と同様の特性を持つと仮定し、ナウファスのデータ(有義波高と有義波周期)と本研究の観測で得られた有義波高と有義波周期の積と導水量の関係を用いて浜田漁港北防波堤に設置されている海水導水工ケースン1基あたりの夏季の導水量を推定した。導水量の推定には図-6(潜堤通過前: 調査点A)の相関関係から得られた以下の関係式を用いた。

$$Q = 358.15 \cdot H_{1/3} \cdot T_{1/3} - 380.64 \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 Q は海水導水工ケースン1基あたりの導水量(m^3/h)、 $H_{1/3}$ は有義波高(m)、 $T_{1/3}$ は有義波周期(秒)である。使用するナウファスのデータは、公表されている2001年から2003年の夏季(7月から9月)のデータとした。

図-9に2001年から2003年の夏季(7月から9月)に

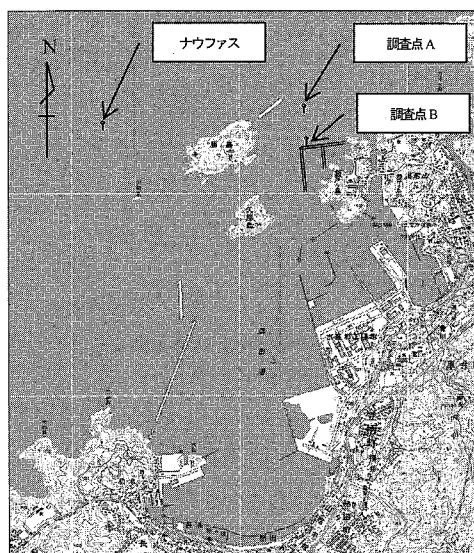


図-8 ナウファスと調査点との位置

おける、ナウファスで観測された有義波高及び有義波周期、推定された浜田漁港北防波堤に設置されている海水導水ケーソン1基あたりの導水量を示した。その結果、浜田漁港の北防波堤に設置されている海水導水工ケーソン1基あたりの夏季（7月から9月）の平均導水量は、2001年が $1,408 \text{ m}^3/\text{h}$ 、2002年が $1,133 \text{ m}^3/\text{h}$ 、2003年が $1,217 \text{ m}^3/\text{h}$ と見積もられ、夏季（7月から9月）における海水導水工ケーソン1基あたりの平均導水量は約

$1,200 \text{ m}^3/\text{h}$ であることがわかった。浜田漁港整備計画時に中西ら（1999）によって港内の水質予測が行われている。今後は順応的管理の観点から、本研究で得られた結果及び水質予測結果を踏まえて、整備された浜田漁港内において計画されている水産有用種の間・蓄養の規模を検討する必要がある。

4. おわりに

本研究の結果、日本海における潜堤付円孔式海水導水工について、以下の知見を得た。

- 1) 太平洋沿岸と比較して長周期波があまり大きく発達しない日本海沿岸では、円孔式海水導水工の導水量は波高と周期の積に大きく依存することが明らかになった。
- 2) 長期波浪観測によって得られた波浪と導水量の関係から既存の波浪データ等を用いて観測していない時期の導水（海水交換）状況を推定することができた。

参考文献

- 大村智宏・中山哲蔵(1998)：潜堤付海水導水工の適用範囲拡大に関する研究，水産工学研究所技報，第20号，pp.1-11。
 中泉昌光・山本正昭・間辺本文(1988)：潜堤付防波堤の波力に対する実験的研究，海岸工学論文集，第35巻，pp.632-636。
 中西敬・中山哲蔵・鹿田正一・佐見誠・大西晶・安田淳(1999)：生態系モデルによる生物の生息に適した港内水質環境維持のための導水方法に関する検討，海岸工学論文集，第46巻，pp.1201-1205。

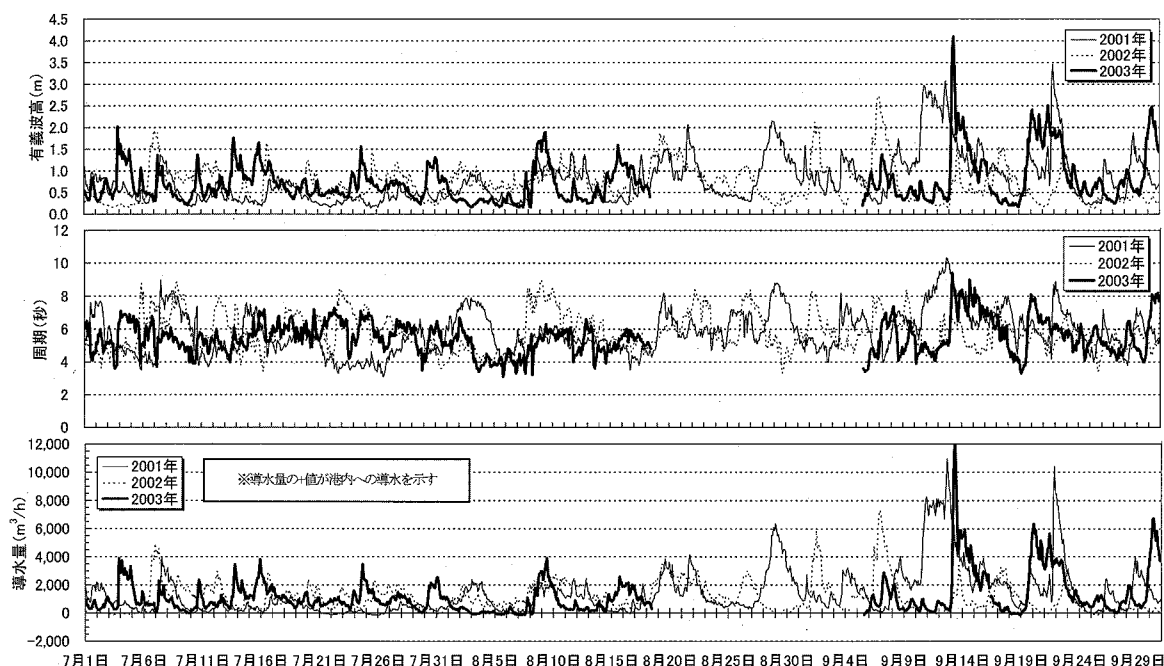


図-9 2001年から2003年の夏季（7月から9月）の経時変化（上から有義波高，有義波周期，導水量）