

新長崎漁港における流況制御ブロック沈設に伴う 水質動態について

多田 彰秀* ・ 矢野真一郎** ・ 中村 武弘*** ・ 野中 寛之****
小橋 乃子***** ・ 西ノ首英之***** ・ 藤田 和夫***** ・ 小松 利光*****

新長崎漁港では、近隣の水産加工工場からの排水、水産物の蓄養筏増設に起因する底質汚濁および防波堤による港内外の海水交換の阻害などによって、将来の水質悪化が懸念されている。そのような中、小松ら（1997）が提案している流況制御ブロックを用いた海水交換促進技術に関する実証実験が 2001 年 5 月に実施され、60 基の流況制御ブロックが沈設された。本論文では、ブロック沈設前の 2000 年 5 月から沈設後の 2002 年 1 月にかけて実施された水質動態の現地観測について報告する。その結果、蓄養筏が多数設置されている観測点⑩では COD の値が減少するとともに、ブロック沈設前に観測された貧酸素水塊が発生せず、水質改善の傾向が確認された。

1. はじめに

長崎市北西端に位置し、東洋一の施設を有する新長崎漁港では、近隣の水産加工工場からの排水や水産物の蓄養筏増設に起因する底質汚濁などによって栄養塩負荷の増大が問題となっている。さらに、東シナ海からの高波浪を遮断し、港内の静穏度を高めるために建設された南防波堤および沖防波堤によって港内外の海水交換が阻害されていることから、将来の水質悪化が大いに懸念されている。そのような中、小松ら（1997）が提案している流況制御ブロックを用いた海水交換促進技術に関する実証試験が 2001 年 5 月末より開始され、60 基の流況制御ブロックが新長崎漁港の 2 つの港口部に沈設された。本論文では、流況制御ブロックの有する水質改善効果について検証を行うため、流況制御ブロック沈設前後の 2000 年 5 月から 2002 年 1 月までの約 2 年間に渡って実施された水質動態の観測結果を中心に報告する。

2. 流況制御ブロックを用いた海水交換促進技術

今回検証する海水交換促進技術とは、流れの方向によって抵抗特性の異なる非対称 3 次元形状の流況制御ブロックを用い、その配置（個数や流れに対する向き）を調整して沈設することにより潮汐残差流のパターンを制御し、海水交換の促進を狙ったものである。ここでは、図-1 および写真-1 に示すような高さ 4.0 m、上部構造が鋼鉄製の 1/4 球形、下部構造がコンクリート製の 1/2

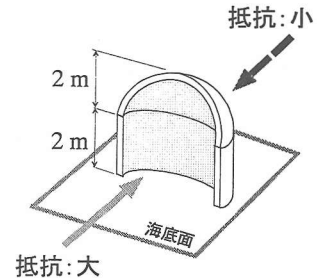


図-1 流況制御ブロックの概要

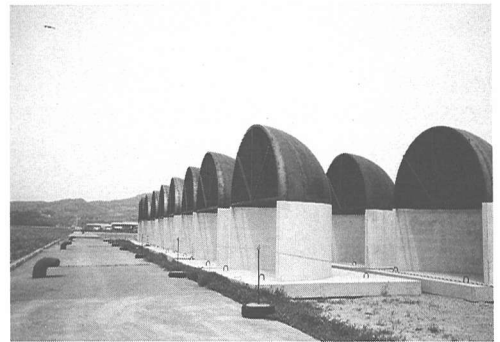


写真-1 流況制御ブロック

円筒形から成るブロックを東側港口部に 15 基、西側港口部に 45 基、計 60 基を 2001 年 5 月末に沈設した（図-2 参照）。このような配置によって南防波堤を中心に反時計回りの潮汐残差流が増強されるものと予想される。

3. 現地観測の概要

新長崎漁港内の流動特性および水質動態を総合的に把握するため、図-2 に示す 12ヶ所の観測点で表-1 の観測項目について 2000 年 5 月から 2002 年 1 月までの約 2 年間に渡って現地観測が実施された。

3.1 水質動態に関する現地観測

図-2 に示す観測点において、毎月 1 回（冬季は 1.5ヶ月に 1 回）の採水を行い、化学的酸素要求量（COD_{OH}）、

* 正 会 員 工博 長崎大学助教授 工学部社会開発工学科
** 正 会 員 工博 九州大学大学院学術研究員 工学研究院環境都市部門
*** 正 会 員 工博 長崎大学教授 環境科学部環境設計講座
**** 学生会員 長崎大学大学院生産科学研究科環境システム工学専攻
***** 学生会員 工博 九州大学大学院工学研究府 日本学術振興会特別研究員
***** 水博 長崎大学教授 水産学部漁業管理講座
***** 正 会 員 九州大学大学院技官 工学研究院
***** フェロー 工博 九州大学大学院教授 工学研究院環境都市部門 沿岸域環境講座

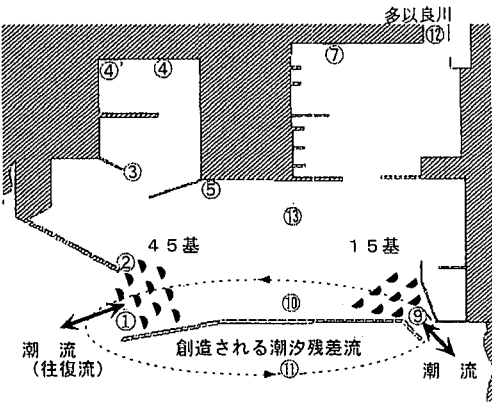


図-2 流況制御ブロックの配置および観測点

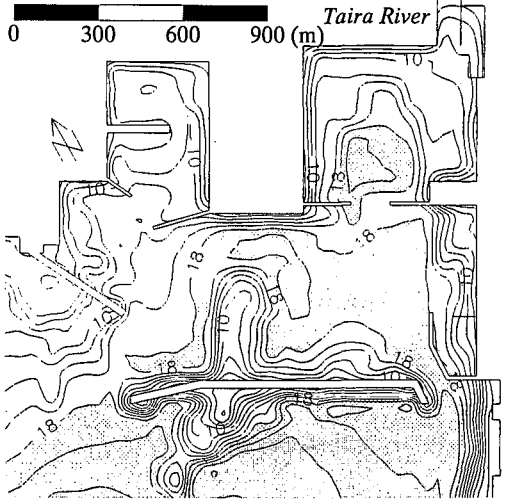


図-3 新長崎漁港の等深線図

全リン (T-P), 全窒素 (T-N), リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$), アンモニア性窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$), 硝酸性窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$), 亜硝酸性窒素 ($\text{NO}_2\text{-N}$) および懸濁物質 (SS) の水質項目について分析した。ここで採用した採水後の分析方法は、表-2 に示すとおりである。また、採水時に多項目水質計 (ADR-1000; アレック電子製および U-22; HORIBA 製) を用いて水温、塩分、溶存酸素 (DO) および pH などの鉛直分布についても測定した。なお、採水は大潮から小潮へ向かう中潮期の干潮を挟んだ前後 2 時間内に、各観測点の表層 (水面下 2.0 m)、中層 (水温躍層の位置。ただし、躍層が存在しない場合には半水深の位置) および底層 (海底面上 1.5 m) の 3 層でなされた。なお、観測点④および観測点⑫は表層のみの採水であった。

3.2 流動特性に関する現地観測

流況制御ブロック沈設前後の新長崎漁港内における流動特性の変化を把握するため、港内 4 地点で電磁流速計 (ACM-8M, アレック電子製) 3 台と海底設置式 ADCP (Workhorse-ADCP, RD Instruments 製) 2 台を用いて潮流流速の現地観測を行った。前者については、観測点⑩に 2 連 (海底面上 5.0 m と 14.0 m) を、観測点⑬に 1 連 (海底面上 5.0 m) を係留して計測した (図-3 参照)。

一方、後者は港口部の①および⑨に海底設置された。また、東側港口部の観測点①および港外の観測点⑪の 2 地点には多目的観測計 (WaveHunter99, アイオーテック製) を海底設置し、波浪観測も同時に実施された。

4. 観測結果およびその考察

4.1 水温成層構造の変化について

夏季の水質に大きな影響を及ぼすと予想される水温成層構造について検討を加えた。すなわち、港内でも最も水深が大きく、多数の蓄養筏が設置されているために底質汚濁が進んでいると推測される観測点⑩の水温のイソプレットを図-4 に示す。上図が平成 12 年度、下図が平成 13 年度の観測結果である。表層と底層との水温差および水深方向の水温変化率の比較より、平成 13 年度の方が平成 12 年度よりも強い成層状態にあったことが分かる。また、両年とも春季から夏季にかけて水温躍層が発達し、9 月以降は水温がほぼ一様な分布となっていることも確認できる。

表-1 現地観測項目および実施頻度

観 測 点	観 測 項 目	実 施 頻 度
②, ③, ④, ⑤, ⑦, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ④'	COD, 全リン, 全窒素, リン酸態リン, アンモニア性窒素, 硝酸性窒素, 亜硝酸性窒素, 懸濁物質	毎月 1 回 (⑫と④'を除き表層・中層・底層から採水)
全観測点	水温, 塩分, DO, pH 等 (ADR-1000 および U-22 を使用)	毎週 1 回並びに採水時 (平成 12 年度) 隔週 1 回並びに採水時 (平成 12 年度)
①, ⑨, ⑩, ⑬	潮流流速, 流向 (Workhorse-ADCP および電磁流速計 ACM-8M を使用)	夏季および冬季にそれぞれ 40 日間
①, ⑪【夏季】 ①, ⑨【冬季】	波浪 (流速, 波向, 波高) (多目的観測計 Wave Hunter 99 を使用)	夏季および冬季にそれぞれ 40 日間
⑩, ⑪, ⑬ほか港内数地点	底泥調査 (COD, ベントス, 全リン, 全窒素など)	夏季および冬季に各 1 回

表-2 水質分析項目とその分析方法

水質分析項目	分 析 方 法
COD _{OH}	アルカリ性過マンガン酸カリウム測定法
全リン (T-P)	ペルオキソ二硫酸カリウム分解法
全窒素 (T-N)	紫外線吸光度法
リン酸態リン	モリブデン腎 (アスコルビン酸) 吸光度法
アンモニア性窒素	インドフェノール腎吸光度法
硝酸性窒素	カドミウムカラム還元-ナフチルエチレンジアミン酸吸光度法
亜硝酸性窒素	スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン酸吸光度法

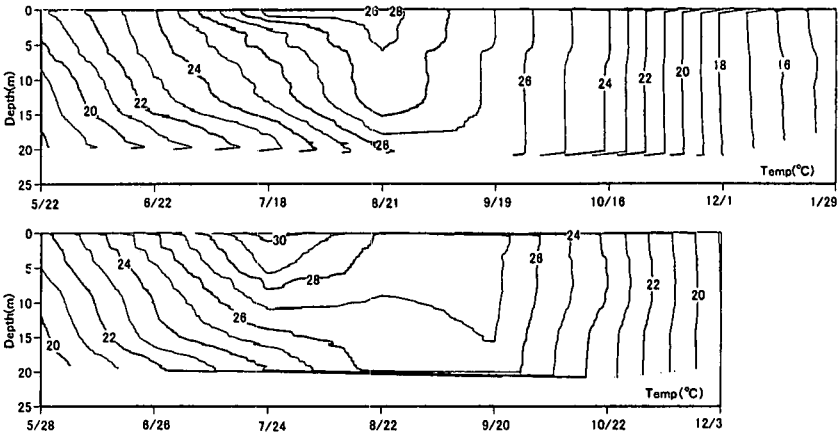


図-4 観測点⑩における水温のイソプレット (平成 12 年度 (上図) および平成 13 年度 (下図))

4.2 溶存酸素 (DO) の変化について

図-5 は、観測点⑩における平成 12 年度および平成 13 年度の溶存酸素 (DO) のイソプレットである。平成 12 年度の夏季成層期に底層で確認されていた DO が 2.5 mg/l 以下となる貧酸素水塊 (野中ら, 2000) は、平成 13 年度に生じていない。一方、港外の観測点⑪では両年度とも貧酸素水塊が全く見られず、年間を通して港内よりも

混合していたものと考えられる (図-6 参照)。両図より、平成 13 年度には、底層まで酸素が比較的よく供給されている外海水が流況制御ブロックによって港内へ流入し、観測点⑩の夏基底層における貧酸素化を解消したものと推測される。

4.3 化学的酸素要求量 (COD) の変化について

図-7、図-8、図-9、図-10 および図-11 は、それぞ

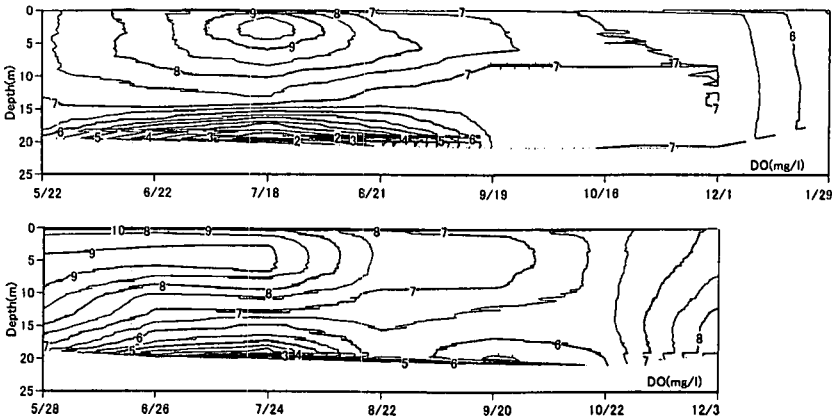


図-5 観測点⑩における DO のイソプレット (平成 12 年度 (上図) および平成 13 年度 (下図))

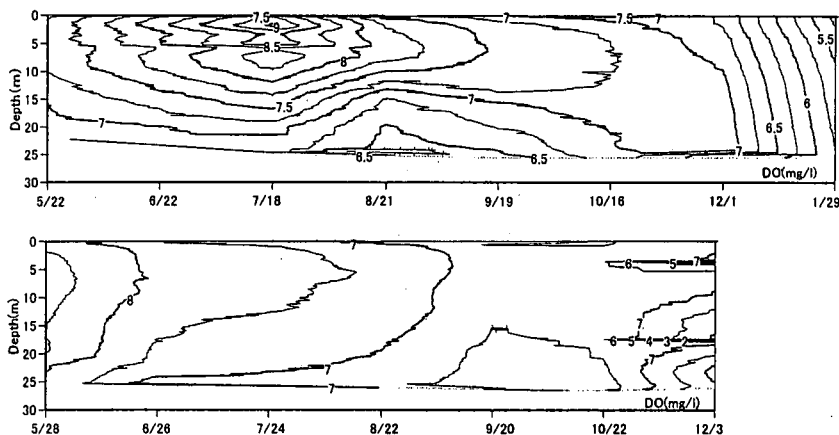


図-6 観測点⑪における DO のイソプレット (平成 12 年度 (上図) および平成 13 年度 (下図))

れ観測点④ (西側港奥), 観測点⑦ (東側港奥), 観測点⑩ (港央), 観測点⑪ (港外) および観測点② (西側港口) における化学的酸素要求量 (COD) の経月変化を示したものである。図中には, 平成 12 年度 (破線) および平成 13 年度 (実線) の観測結果が併記されている。西側港奥の観測点④は, 新長崎漁港に隣接する水産加工工場からの排水が観測点④付近より流入しているため, 港内で最も水質汚濁が危惧されている海域である。両年度の観測結果の比較からは, COD の動態に顕著な相違が見出せなかった (図-7 参照)。

一方, 東側港奥の観測点⑦においては, 平成 13 年度の 7 月～9 月に COD が低下している (図-8 参照)。観測点⑦は多以良川河口近傍に位置しているため, 淡水流入の直接的な影響が考えられる。そこで, 多以良川上流にある鳴見ダムの基準点流量をもとに淡水流入量を調べてみた。その結果, 平成 13 年 7 月には著しい降水による流量の増加が認められたものの, 8～9 月にかけては両年度の降水に顕著な差は見られなかった。これらのことより, 平成 13 年 7 月の COD の低下については, 多以良川からの淡水流入に伴う希釈効果によるものと判断される。

また, 多数の蓄養筏が設置され, 底質汚濁が進んでいると推測される観測点⑩および港外の観測点⑪について両年度の観測結果を比較すると, 両者とも平成 13 年度夏季の COD の値が平成 12 年度より減少していることが確認できる (図-9 および図-10 参照)。さらに, 長大な南防波堤によって港口幅が約 300 m と狭くなっている西側湾口部に隣接する観測点②については, 流況制御ブロックを設置した平成 13 年 6 月以降の COD の値が平成 12 年度よりも低下しており, 水質の改善傾向が認められた。

以上のことより, 流況制御ブロックの影響を受けやす

い南防波堤周辺部の港内海域では, 港外とほぼ同様な水質動態を示しており, 港奥部とは水質動態が異なっていることが明らかとなった。

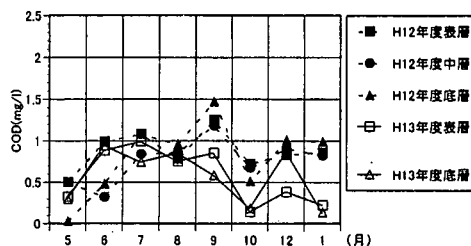


図-7 COD の経月変化 (観測点④ (西側港奥))

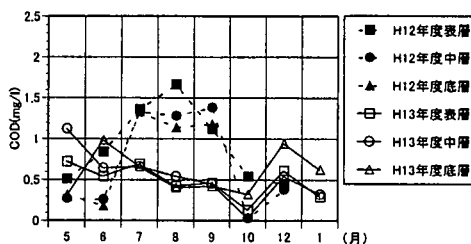


図-8 COD の経月変化 (観測点⑦ (東側港奥))

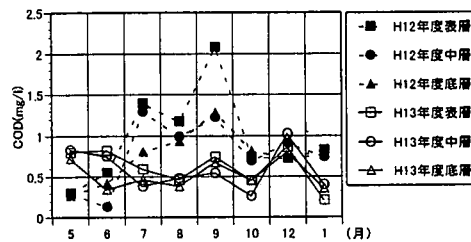


図-9 COD の経月変化 (観測点⑩ (港央))

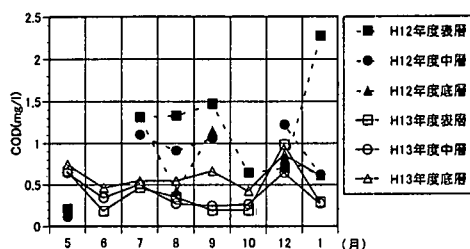


図-10 CODの経月変化(観測点⑩(港外))

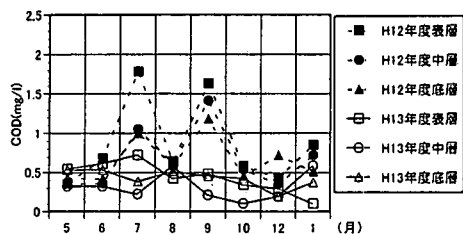


図-11 CODの経月変化(観測点②(西側港口))

4.4 流動特性の変化について

図-12および図-13は、それぞれ観測点⑩において算定された海底面上5.0mおよび海底面上14.0mの潮流楕円である。調和解析に際しては、2001年7月19日から2001年8月30日の流速データが用いられた。同様に、流況制御ブロック設置前の2000年7月13日～2000年8月27日に観測された流速データからも潮流楕円が得られている。これらを比較すると、海底面上5.0mでは平均流速(M_0)がブロック設置前より約15%大きくなっていること、海底面上14.0mでは M_2 潮の潮流楕円の長軸がブロック設置後に約2倍となっていることが確認できた。

5. おわりに

本論文では、新長崎漁港内において2001年5月末に実施された流況制御ブロックによる海水交換促進技術の水質改善効果について検証を行うため、2000年5月から2002年1月まで水質動態の観測を行った。その結果、蓄養筏が多数設置されている観測点⑩ではCODの値が減少するとともに、ブロック沈設前に観測された貧酸素水塊が発生しなかった。さらに、観測点⑩における潮汐残差流がブロック設置前より大きくなったこと等が明らかとなった。これらより、流況制御ブロック設置に伴う水質改善の傾向が確認されたといえる。なお、ブロック設置後1年間の観測のみからブロックの有する水質改善効果を解明することは難しいため、引き続き観測していく予定である。

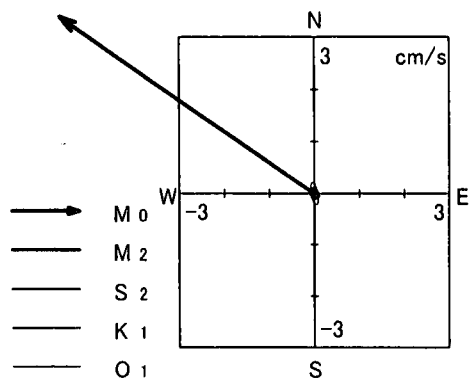


図-12 観測点⑩の潮流楕円(海底面上5m, 平成13年度)

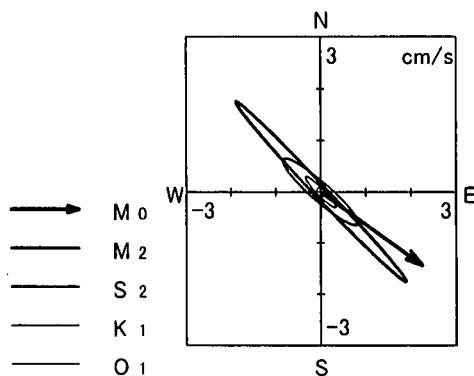


図-13 観測点⑩の潮流楕円(海底面上14m, 平成13年度)

謝辞：本研究で行った現地観測は、中小企業総合事業団の「課題対応新技術研究開発事業」の一環として実施された。また、本研究を遂行するにあたり、長崎県臨海開発局、長崎県総合水産試験場、(社)長崎県水産開発協会、新三重漁業協同組合、五洋建設(株)、須田建設工業(株)、(有)フィールド環境リサーチ、東栄商興(株)、長崎大学環境保全センターの石橋康弘助手並びに長崎大学の元学生であった新家 剛氏、松本大輔氏、川江浩一氏および濱上加奈子氏から多大なご協力を得た。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 小松利光・矢野真一郎・鞠 承洪・小橋乃子 (1997): 方向性を持つ底面粗度を用いた潮汐残差流の創造と制御, 水工学論文集, 第41巻, pp. 323-328.
- 野中寛之・中園紀史・草刈忠弘・前田修志・山本勝義・多田彰秀・矢野真一郎・中村武弘・西ノ首英之・轟木重敏・小松利光・小橋乃子 (2000): 新長崎漁港における水質動態に関する現地観測, 平成12年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集, 福岡, 第2分冊 II-122, pp. 234-235.