

深層水湧昇利用に向けた内部波エネルギー調査

Observation of Internal Wave Energy for Upwelling Deep Seawater

瀬戸 雅文¹・大竹 臣哉²・中村 充²

Masabumi SETO, Shinya OTAKE and Makoto NAKAMURA

Abstract

Observation of an internal waves was carried out by a baymouth of the Ishikari bay. In order to ask for the internal wave height of the Ishikari bay and the Shakotan peninsula circumference ocean space, the Coriolis tank was used and Hydraulic model test was carried out. Consequently, the internal waves of a reverse phase angle was observed the almost same period as tide waves in the 40m of the maximum wave height. Moreover, internal wave energy concentrates and the ocean space of 80m or more of wave height accepted to the Ishikari bay and the Iwanai bay. By this investigation, possibility of upwelling utilization using internal wave energy was verified.

Key Words: Internal wave, Upwelling, Isikari bay, Hydraulic model test

1. はじめに

前回までの報告^{1), 2)}により, 北海道日本海における深層水の汲み上げ, 及び湧昇利用のための適地が検討されてきた(図-1 参照). さらに, 湧昇利用に対しては, 太平洋など他の海域と比較して潮位差が極めて小さく, かつ季節による波浪変動が極めて大きい特徴を有する日本海において, 深層水の栄養塩を人工構造物などによって安定的に有光層以浅まで湧昇させるために利用可能な自然エネルギーとして, 内部波エネルギーの有効性示された. 本研究では, 北海道日本海に位置する石狩湾および積丹半島周辺海域を対象として, 湾口部及び湾奥部にサーミスターチェーンを設置するとともに, 湾奥部に配置されたテレメータブイを用いて, 内部波の連続観測を実施するとともに, 水理模型実験を実施して, 積丹半島から石狩湾周辺海域に及ぶ内部波高の平面分布特性を明らかにした. 更に, 気圧, 潮位, 密度構造データをもとに当該域における湧昇流の発生機構について考察した.



図-1 深層水利用適地の既往報告事例

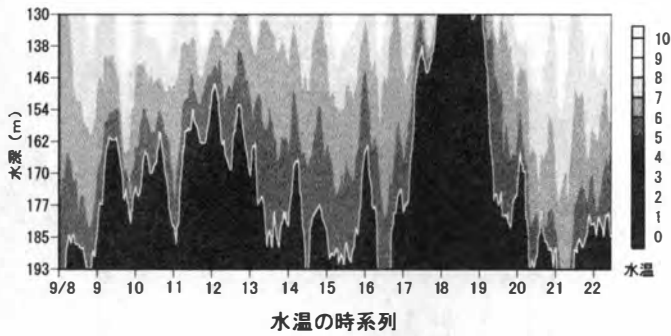
2. 方 法

(1) 海洋観測による調査方法

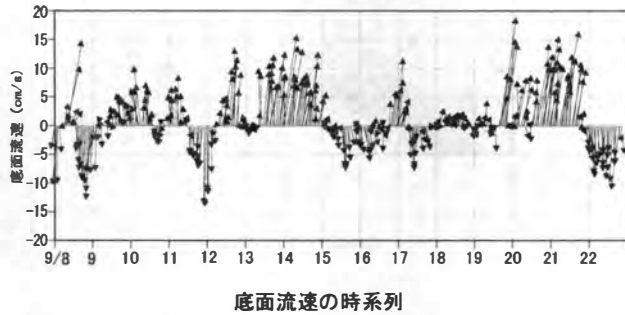
今回使用した内部波観測用の係留系は, 北海道立中央水産試験場所属のおやしお丸によって, 石狩湾湾口部の水深 205 m の地点に平成 10 年 9 月 7 日に設置した. 係留系の概要図を図-2, 設置位置図を図-3 に示す.

¹北海道立中央水産試験場 水産工学室 (〒046-8555 北海道余市町浜中町238)

²福井県立大学海洋生物資源学科 (〒917-0003 福井県小浜市学園町1-1)



水温の時系列



底面流速の時系列

図-5 水温及び流速の経時変化

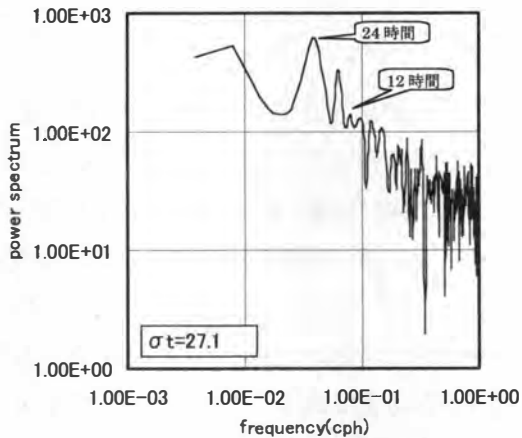


図-6 $\sigma_t 27.1$ 等密度面のスペクトル

及びサーミスタチェーンの上下端に設置された塩分計（電磁流速計に内蔵）の時系列データをもとに海水密度の時系列を計算し、 $\sigma_t 27.1$ 等密度面時系列のスペクトルで示すと図-6 となる。更に、流速データを調和解析し潮流楕円で示すと図-7 となる。

これより、密度変動の振動には 24 時間、15 時間、及び 12 時間周期の成分が卓越している。24 時間及び 12 時間周期成分は、観測対象である潮汐由来の内部波と考えられる。また、潮流楕円より、当該域においては O_1 潮、 K_1 潮が卓越し、24 時間周期が強いことを示している。更に、流軸は、ほぼ南北方向に形成されるとともに、恒流成分は北東方向に存在し、強さは 23 cm/s と潮流と比較して大

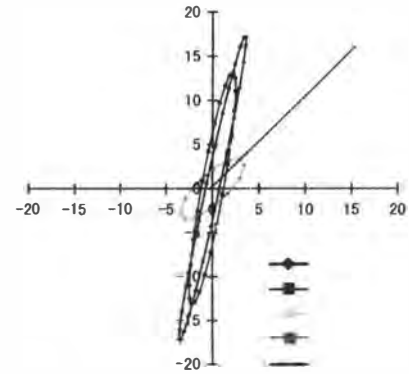
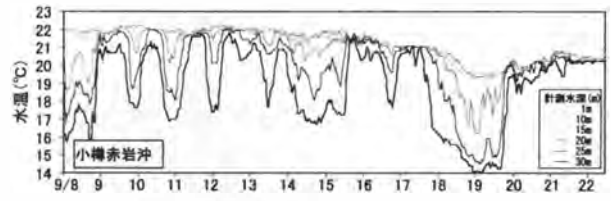
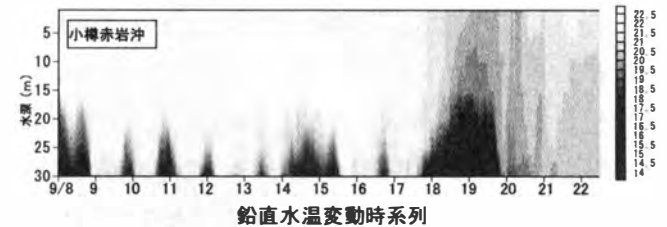


図-7 底面流速の潮流楕円



各層水温変動時系列



鉛直水温変動時系列

図-8 小樽沖の水温時系列

きな値を維持していた。

内部波観測期間内において、小樽沖（石狩湾湾奥部）のテレメータブイにより観測された断面水温の経時変化を図-8 に示す。これより、石狩湾においては観測期間中は恒常的に内部波が極沿岸域まで進入し、沿岸域の水温環境条件を大きく支配していることがわかる。このことは小樽沖における水温時系列のパワースペクトルのピークが石狩湾湾口部における内部波のピークとほぼ一致することからも裏付けられた。また、小樽沖の水温変動データには同期期間内の 9 月 17 ～ 19 日に湾口部で発生した湧昇によると考えられる水温の低下も捉えられている。

図-9 は、小樽港で観測された気圧及び潮位データの時系列を内部波観測期間について示したものである。これより、潮位の経時変動は、内部波の変動波形とほぼ逆位相で推移しており、等密度面の変動が内部潮汐波の性質を有していることがわかる。また、石狩湾湾口部に発生した大規模な湧昇に伴う冷

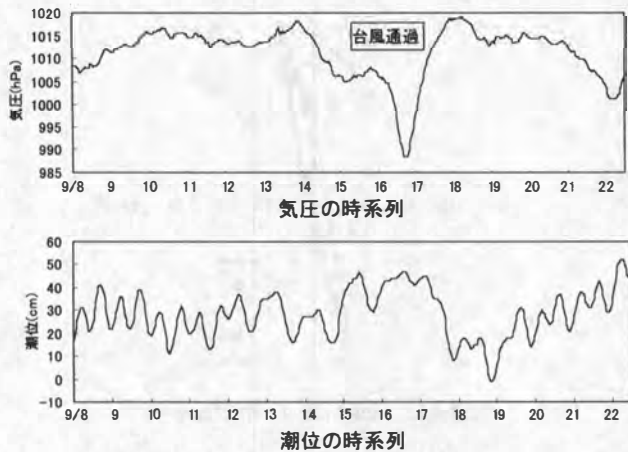


図-9 気圧及び潮位の時系列

海水は約1日程度遅れて小樽沿岸まで到達し、石狩湾沿岸一帯の表面水温を約半日間に亘って 1.5°C 以上低下させている。今回の湧昇は、9月17日の台風通過に伴う気圧の急激な上下動により、海面水位が約20 cm上昇後、急激に低下したのに併せて発生していることから、内部波の波高や、湧昇現象の発生の有無は、気圧と海面水位、海洋の密度構造などをもとにある程度推定できるものと考えられる。

(2) 内部波高の平面分布

内部波観測点における内部波高を40 mと概算した上で、水理模型実験より求まる内部波高比の分布結果を当てはめて、石狩湾及び積丹半島周辺海域における内部波高の平面分布、及び内部波の進行方向ベクトルを推定すると図-10となる。これより内部波の波高は、全体的に沿岸域で大きく、岸より遠ざかるに従って値が小さく減衰する傾向が見られる。また、陸棚域の値を等深線に見ていくと、高低を繰り返しており、内部波が陸棚波状に伝播していることがわかる。更に、波向より各湾に向うベクトルが認められるが、内部波エネルギーの集中する海域では波高の極大海域が認められ、各最大波高は石狩湾で80 m、岩内湾で100 m程度となる。このような

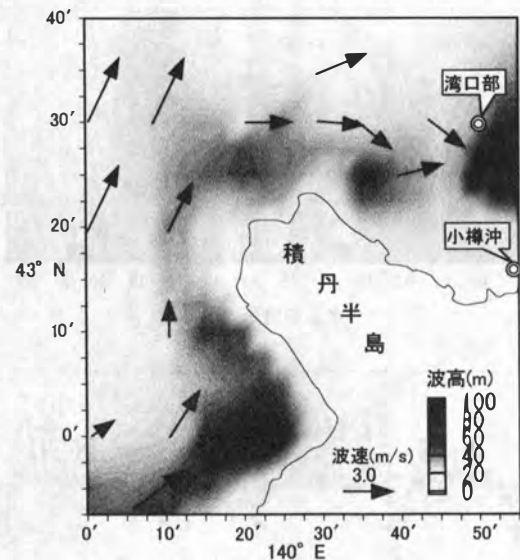


図-10 内部波高・波向分布

内部波エネルギーの集中する海域は、深層水の湧昇利用に有望な海域と考えられる。

4. おわりに

本研究では現地観測から24時間、15時間、12時間と潮汐周期成分の卓越した内部波が観測され、前回の報告で検討事項となっていた、津軽海峡の脈動流にもとづく潮汐周期の内部波の存在が海洋観測により検証されるとともに、エネルギーのレベルが明らかとなった。また、潮汐周期の内部波は石狩湾の湾奥浅海部にまで到達し、海域の水温環境を支配していることが明らかとなった。

参考文献

- 1) 瀬戸雅文, 大竹臣哉, 中村充: 北海道日本海における深層水の利用に関する研究, 海洋深層水97 富山シンポジウム講演記録, pp 23-26, 1997.
- 2) 瀬戸雅文, 大竹臣哉, 中村充: 内部波エネルギーを利用した深層水の湧昇利用, 第2回海洋深層水シンポジウム要旨集, pp 10-11, 1998.

(2000. 2. 29受付)