

小網代湾及び江奈湾の干潟熱環境の観測

OBSERVATION OF TIDAL FLAT THERMAL ENVIRONMENT IN KOAJIRO BAY AND ENA BAY

林 文慶・稲垣 聡・田中 昌宏

Boon Keng LIM, Satoshi INAGAKI, Masahiro TANAKA

正会員 鹿島建設技術研究所 環境技術研究部水域環境グループ (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

The thermal environment is one of the important factors for activities of various benthic organisms in a tidal flat. Seasonal observations of the thermal environment were carried out at the Koajiro and Ena tidal flats located on the Miura Peninsula. The measured surface temperature showed wide daily and seasonal variations. During the emersion period, the surface temperature increased to 35°C in the daytime of June and August, and decreased to 1°C in the nighttime of February. During the immersion period, the surface temperature was dominated by the seawater temperature. The accumulated heat in the surface layer diffuses into the deeper layer. Hence, the thermal diffusivity is the most important parameter for describing the thermal environment in the sediment. The thermal diffusivity was estimated from an analytical solution of the one-dimensional heat conductive equation. It was higher at a sandy tidal flat of Koajiro than at a muddy tidal flat of Ena.

Key Words : Tidal flat, thermal environment, surface temperature, thermal diffusivity

1. はじめに

近年、干潟の保全、再生に対して社会の関心が高まっている。それは、干潟が古くから人々の生活と深く係り、漁業生産をはじめ、潮干狩り、スポーツフィッシングやバードウォッチング等の場所を提供し、また、水質浄化、大気 CO₂ 固定や気候変化の緩和などの役割も果たし¹⁾、さらに、多種多様な魚介類の保育場と渡り鳥の休憩地や餌場となっていることが再認識されたからである。潮の満ち引きによって干潮時に現れる干潟は、極めて高い生物生産性があり、陸上の耕地の生産量より倍以上の生産量があると言われている²⁾。このような高い生産性を持つのは、潮の満ち引きによって豊かな酸素、光と餌(栄養塩)が常に供給され、それに太陽熱による干潟の多様な生物(変温動物)の生育と繁殖が活発化されるためである。従って、上述した多様な機能を持つ干潟の保全、造成を実施するためには、干潟生物の営みに大切な要素の一つである干潟の熱環境特性を把握することが重要である。

本報では、三浦半島の小網代湾にある砂質干潟および江奈湾にある泥質干潟で実施した底質物性特性並びに底質の熱環境特性の観測について報告する。

2. 観測概要

(1) 観測地

小網代湾は相模湾に面する神奈川県三浦半島三浦市の西に位置し、観測対象の干潟は湾口から約 1.2 km 奥にあり、大潮の低潮時には約 6000m²の砂質干潟が形成される。一方、江奈湾は東京湾に面する同県三浦半島突端三浦市の南東に位置し、観測対象の干潟は湾西側の入り江にあり、大潮の低潮時には約 6600m²の干出した泥質干潟が形成される(図-1)。

(2) 観測項目と観測方法

両干潟の観測地点を干潟の小潮時最低潮線のところ(図-1)に設けて、写真-1 に示した観測機器を設置した。観測項目は、風向、風速、気温、湿度、全天日射量、正味放射量、水位と干潟地温である。干潟の地中温度測定を干潟表層(0cm)、-5cm、-10cm、-20cm、-30cm と-40cm で行った。観測は 1999 年 5 月～6 月(春季)、8 月～9 月(夏季)、11 月～12 月(秋季)、200 年 2 月～3 月(冬季)においてそれぞれ 2 週間ほど 1 分間隔の連続計測を実施した。それと同時に、湾内の水温を図-1 に示す地点で 10 分

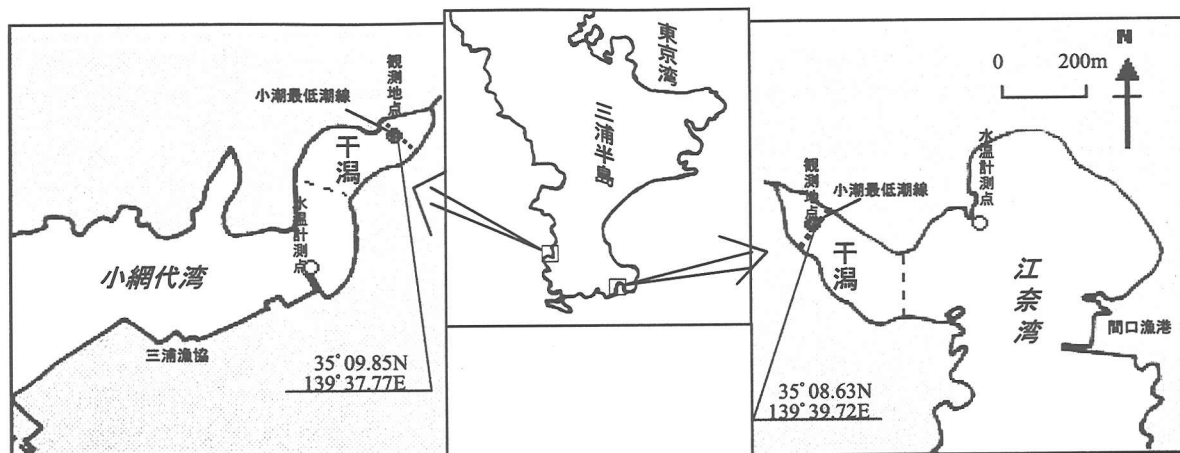


図-1 小網代干潟および江奈干潟での観測地点

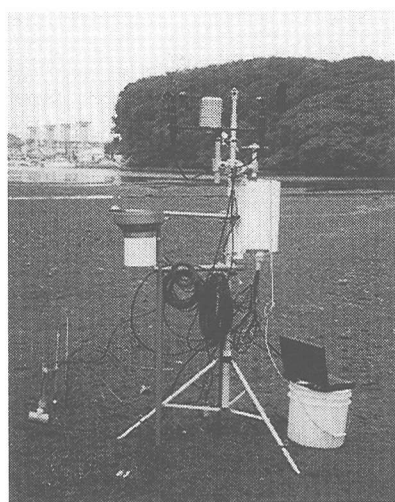


写真-1 干潟観測機器

間隔の連続計測を行った。また、6月と2月の現地観測を行う際に、干潟表層 $0 \sim -5\text{cm}$ 、 $-10 \pm 5\text{cm}$ 、 $-20 \pm 5\text{cm}$ 、 $-30 \pm 5\text{cm}$ および $-40 \pm 5\text{cm}$ 地層の底質を採集して、底質の粒度分布（ふるい分析と沈降分析）、含水率と強熱減量³⁾（有機物量の指標）を調べた。さらに、干潟底質表面の明度を色彩計で測定した。

3. 観測結果

(1) 底質の物性

干潟底質の色彩は、小網代干潟が黒灰色で明度が $L^* 26$ 、江奈干潟が干潟後背耕地と同様の茶色で明度は $L^* 19$ であり、江奈の方が小網代より明度が低くて暗かった。干潟の底質は、小網代干潟の計測地点では、砂分（ $0.075\text{mm} \sim 2\text{mm}$ ）が80%以上を占めた砂質の土で（図-2）、粒径加積曲線の傾きは底層が深くなるにつれて大きくなり、表層から -40cm 層にかけて、50%粒径が 0.2mm から 0.5mm へと大きくなった。

一方、江奈干潟の計測地点では、泥分（ 0.075mm 以下）が40%～60%を占め（図-2）、表層の粒径加積曲線の傾きは他の層より小さく、50%粒径は 0.1mm であった。両干潟における底質の含水率および強熱減量（図-3）を比較すると、底質粒径の小さい江奈干潟の方が大きな値を示した。特に強熱減量が高い値となったのは、降雨時に干潟後背の耕地から流れ込む有機肥料を含んだ畑土の影響によるものと考えられる。なお、それぞれの干潟では -10cm 以深の各層においては含水率も強熱減量も鉛直方向に顕著な差が見られなかった。

(2) 干潟気象条件の観測結果

各季節の観測期間中、干潟の干出時間が比較的に長い日（大潮時）で日中が晴れた3日間、小網代と江奈で観測した気象データの変動をそれぞれ図-4と図-5に示す。図-1に示すように、両湾の地形は多少異なり、両干潟間の距離も約 3.6km あるにもかかわらず、地上 1.8m で観測した風速、相対湿度、気温、海水温、全天日射量、正味放射量は、ほぼ同様な変動を示した。全観測期間において風速 3m/s 前後の日が多く観測されたが、12月と2月に観測した日には瞬間最大風速 10m/s 以上にも達し、風速日間変動が比較的大きかった。相対湿度は、6月と8月では夜間100%に近づき、昼間70%～80%に下がる変動であったが、12月と2月では夜も昼も50%以下の低い値が多く観測された。気温と海水温は、6月と8月ではほぼ同じ値を示したが、12月と2月では、海水温より気温のほうが低くなった。全天日射量は、6月と8月では大きく（最大 $950 \sim 1100\text{W/m}^2$ ）、12月と2月では小さく（最大 $550 \sim 800\text{W/m}^2$ ）なった。正味放射量とは天空から地表に向かう放射量と逆向きの地表から天空に向かう放射量との差である。両干潟底質の正味放射量は、日中の変動に最も大きな要

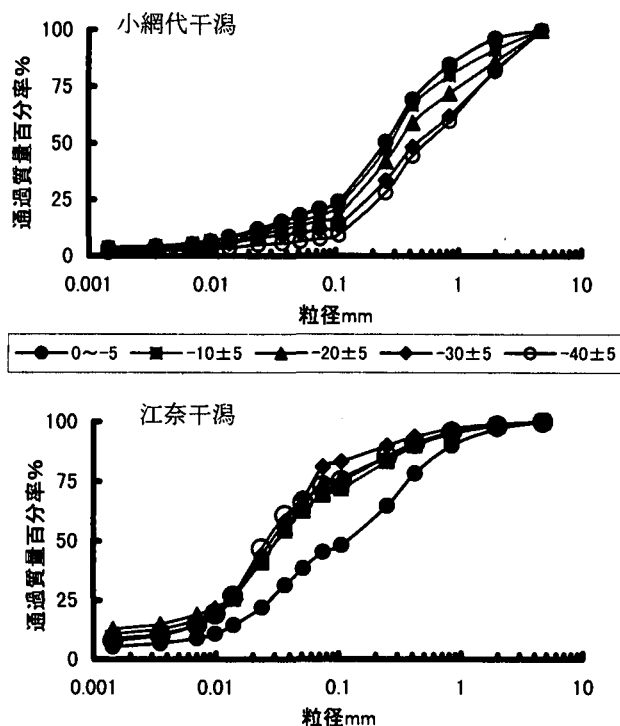


図-2 干潟底質における各深度の粒径加積曲線

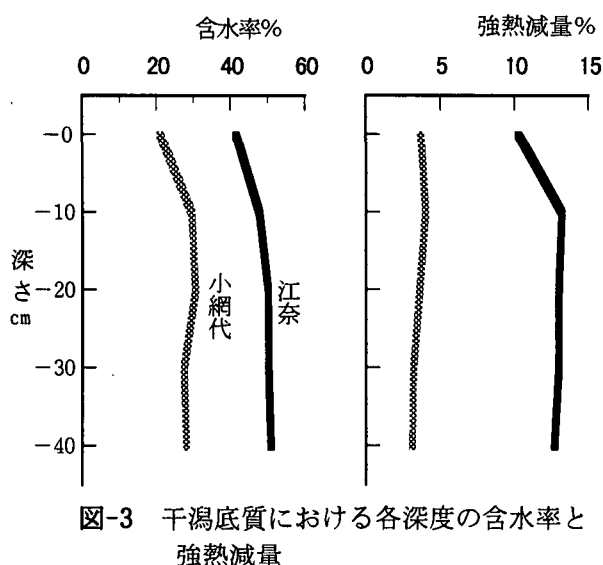


図-3 干潟底質における各深度の含水率と強熱減量

因となる全天日射量に左右されて追従して変動した。最大正味放射量は、6月と8月では $800\text{W}/\text{m}^2$ 前後、12月では $400\text{W}/\text{m}^2$ 前後、2月では $600\text{W}/\text{m}^2$ 前後で、最大全天日射量の約8割合であった。夜間の正味放射量は日射量（短波放射量）が無く、地表から天空に向かう放射量のほうが大きいため、負の値となった。夜間の正味放射量は気温変動幅、湿度、風速等によって左右される。両干潟の観測では、12月の正味放射量が最も大きく（約 $100\text{W}/\text{m}^2$ ）、続いて2月、6月そして、夏の8月が最も小さい値（約 $50\text{W}/\text{m}^2$ ）となった。両干潟の冠水・干出状況について、8月と2月では昼間と夜間の干出時間はほぼ同等であるが、6

月では昼間干出時間のほうが長く、一方、12月では夜間干出時間のほうが長かった。

(3) 干潟底質の熱環境

以上の気象条件を受けた両干潟の表層および地中の温度変化を図-4と図-5に合せて示す。両干潟の表層地温は、6月と8月の昼間干出中（全天日射量約 $1000\text{W}/\text{m}^2$ ）12時ごろに最高温度（ 33°C 前後）を記録したが、逆に12月と2月では夜間干出中の表層温度が満ち潮直前まで低下し、最低表層温度は12月の観測日では約 4°C 、2月の観測日では約 1°C であった。各下層の温度変化は、深くなるにつれて最高温度と最低温度を記録する時刻が表層から次第に遅れる。表層の温度上昇・下降の伝播は 40cm 層で最も小さく、小網代干潟では 1°C 以内、江奈干潟では 0.2°C 以内の日間変動となった（図-6）。両干潟において各下層の温度とも1日周期の変動を示していた。干潟底質温度の変化は、全般として昼間は干出底質が熱せられて上昇し、冠水されると海水に放熱して変化は緩やかになる。一方、夜間は干出底質が冷却されて地温は降下し、冠水されると、海水に吸熱して変化は緩やかになる。なお、栗原らの指摘するように、ここに生息する底生生物が上述した日間、季節による温度変化に応じて底質の上層と下層の間に往来して生活し、底質が攪拌されて常に底質内が好気状態

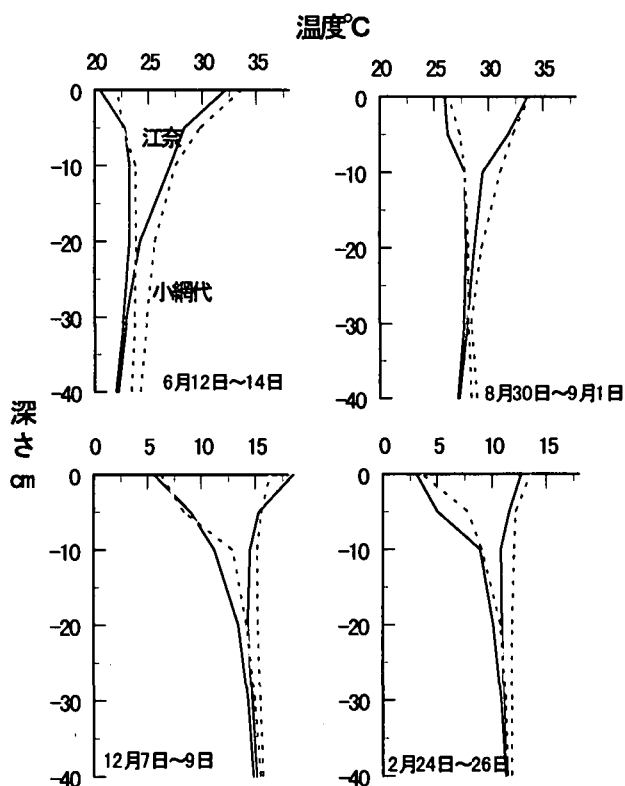


図-6 干潟の最高・最低平均地温の鉛直分布

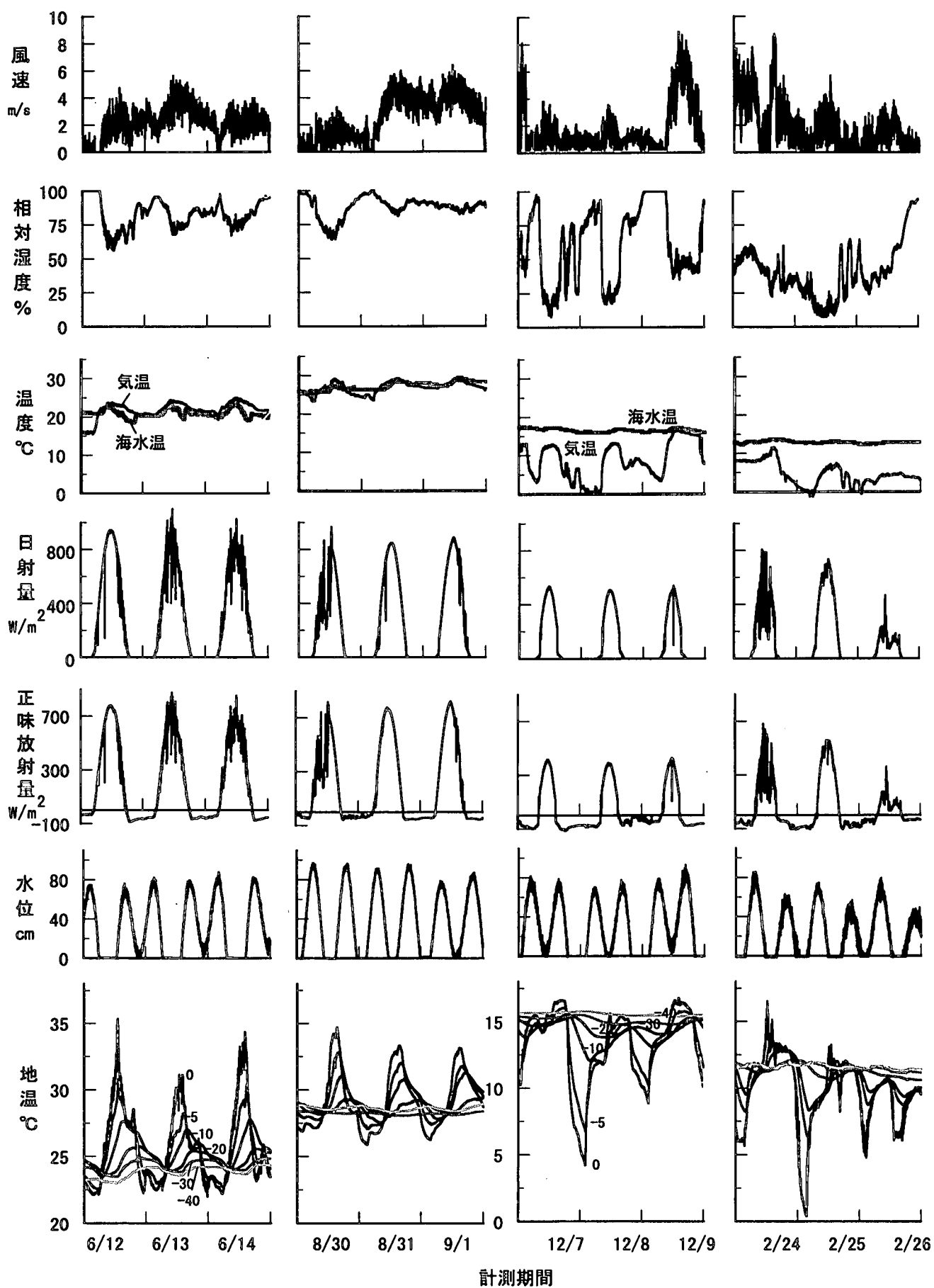


図-4 小網代干潟における観測結果

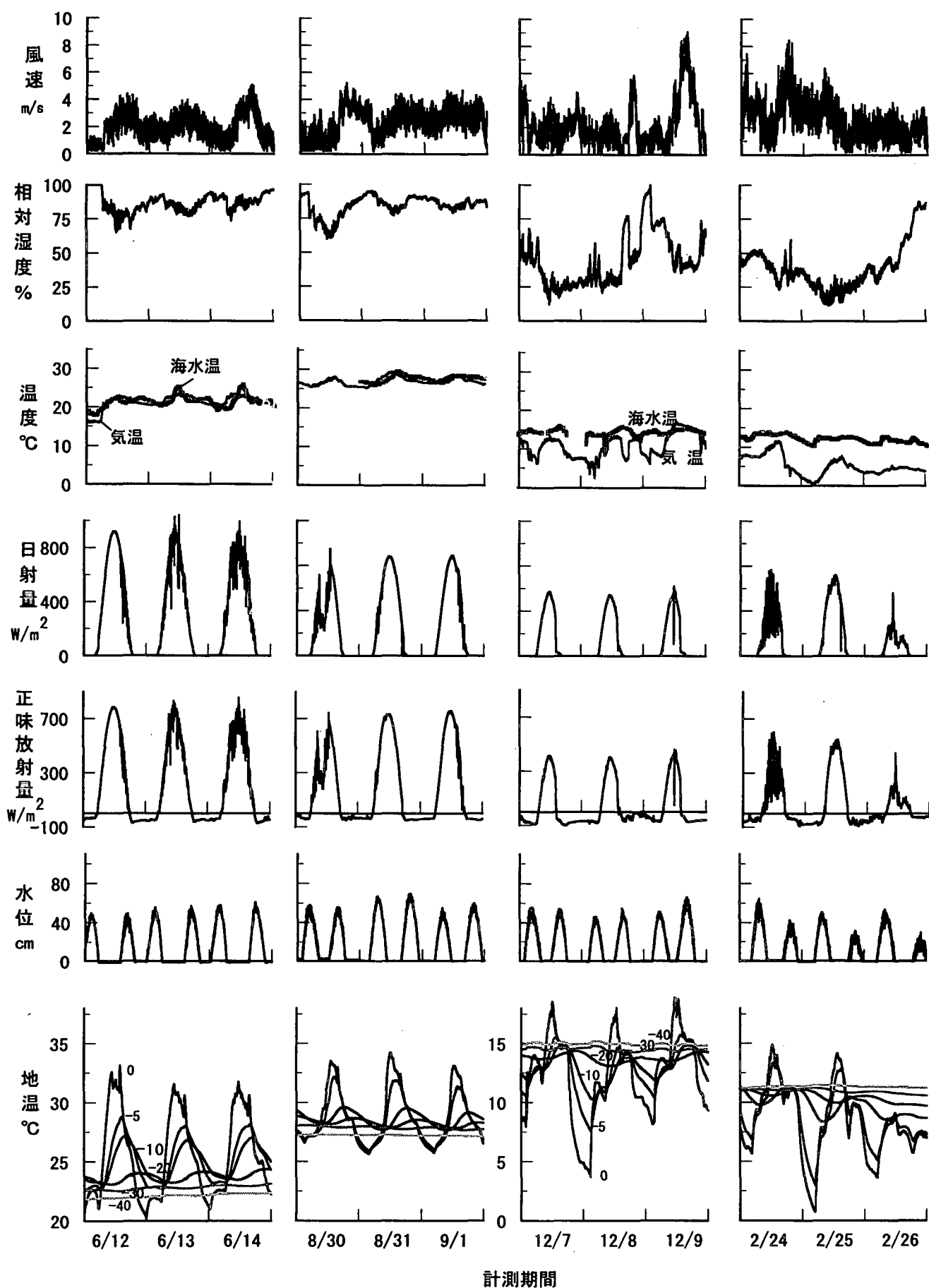


図-5 江奈干潟における観測結果

にあることを作り出し（バイオターベーション），底質のヘドロ化を防ぐことになると考えられる⁴⁾。

干潟地中の温度分布または熱の輸送については，地中の温度拡散率が重要な因子である。地中各層の温度の拡散は，地表近くでは水平方向の一様性を仮定して次式の一次元熱伝導の式で表わされる。

$$\frac{\partial T_{z1}}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T_{z1}}{\partial z^2} \quad (1)$$

ここに， T_{z1} は深さ z ，時間 t における温度， k は温度拡散率， z は底質表層からの深さである。底質 2 層（ z_1 と z_2 ）の温度振幅（ A_1 ， A_2 ）を（1）式の解より求める。

$$A_1 = A e^{-z_1 k \sqrt{\pi/P}} \quad A_2 = A e^{-z_2 k \sqrt{\pi/P}} \quad (2)$$

両者の関係から次の温度拡散率の式（3）が得られる。

$$k = \frac{\pi (z_1 - z_2)^2}{P (\ln A_1 / A_2)^2} \quad (3)$$

なお， P は1日の温度振幅時間（秒）である。

全観測データより平均化した両干潟の深さごとの温度拡散率を図-7に示す。 k は観測日，時期によって大きなバラツキが見られた。それは，潮汐作用や気象の変動の影響による干潟底質地中の水分量の変化などに起因するものと考えられる⁵⁾。平均値として検討すると，表層から-25cm層までは鉛直方向に大きな変化は見られなかったが，-35cm層では値が大きくなった。小網代干潟では図-2に示したように，底質が深くなるにつれて礫が多くなることによって上記の結果をもたらすと考えられる。-35cm層の値を除けば，平均温度拡散率は砂底質の小網代干潟では $0.81 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ で，泥底質の江奈干潟では $0.47 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ であった。この値は鷲見⁶⁾がまとめた値と近く，すなわち，底質粒度が荒いほど温度拡散率は大きくなると考えられる。なお，各季節において，-40cm層の温度は海水温に近い値を示している（図-4と図-5）。深い部分の地温は日射などの短期的な変動には影響されず，常に水没し，海水と同温度になっている沖側（図-1）の底質からの水平温度拡散の影響も受けて，長い時間スケールで変化するためと考えられる。

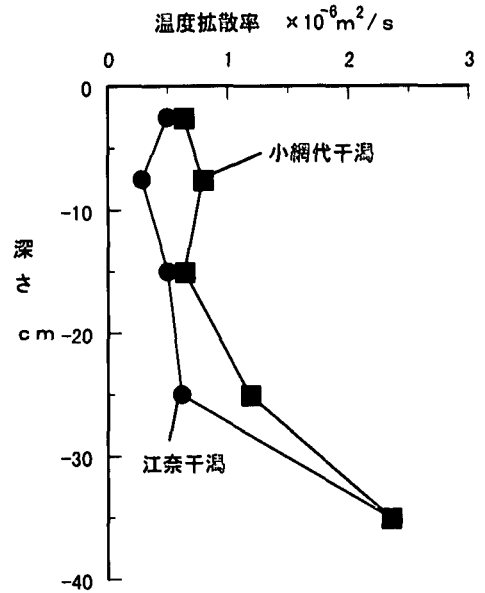


図-7 干潟底質における各下層の温度拡散率の鉛直分布

4. おわりに

本報告では，現地実測データで各季節における両干潟の底質温度特性を示した。今後，これらの現地観測気象データを用いて数値モデル解析により底質の温度変化を予測し，それによる干潟の生物生産量のシミュレーション開発を進め，造成される干潟の底質環境を評価し，改善する技術に寄与したいと考えている。

参考文献

- 1) 柵瀬信夫(1994)：干潟造成、海岸の環境創造，ウォーターフロント学入門（磯部雅彦編著），朝倉書店，pp. 58-73.
- 2) 小野勇一(1995)：干潟のカニの自然誌，平凡社，自然叢書 29，pp. 47-55.
- 3) 栗原 連(1987)：浅海堆積物における強熱減量測定の見直し，水産増殖，35 巻 1 号，pp. 61-76.
- 4) 栗原 康 編著(1991)：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，東海大学出版会，pp. 65-66.
- 5) 朴鐘和，中山哲蔵，瀬口昌洋(1997)：沿岸干潟域における底泥の環境特性，水工研研報 18，pp. 1-19.
- 6) 鷲見栄一(1990)：干潟における底質温度変動，公害 25 (4)，pp. 61-70.