

沿岸域干潟底質の熱環境の観測

Observations of the Thermal Environment of Bottom Sediment in Tidal Flat Estuaries

林 文 慶
田 中 昌 宏

要 約

干潟の保全・造成に関する研究の一環として、干潟生物の営みにとって大切な要素の一つである底質の熱環境特性を把握するために、三浦半島の小網代干潟と江奈干潟を対象に、干潟温度の観察と底質の物性の調査を季節ごとに実施した。干潟底質温度は、昼間干出時には底質が熱せられ、特に夏の表層温度は最高 35℃まで達し、冠水されると海水に放熱し、海水温に近づく。一方、夜間干出時には底質が冷却され、特に冬の表層温度は最低 1℃まで低下し、冠水されると海水より受熱して暖かくなる。深層の温度変化は深くなるにつれて次第に遅れ、温度の変動幅も小さくなる。砂質の小網代干潟と泥質の江奈干潟の底質熱環境を比較すると、日中及び夜間における干出時の干潟底質の放射収支量も底質下層の温度拡散率も、小網代干潟の方で大きい値が観測された。

目 次

- I. はじめに
- II. 観測場所及び観測方法
- III. 観測結果
- IV. おわりに

I. はじめに

近年、ウェットランドの一つである干潟の保全、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ェッチングなどの場所を提供し、また、水質浄化、大気中の 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。

実は、干潟に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、さらに太陽熱が干潟の多様な生物（変温動物）の生育と繁殖を活発にさせたためである。そのため、多くの生物が生息できる干潟の保全、再生を行うに当たって、干潟底質の熱環境の特性を把握することは重要な課題の一つである。

本研究では、三浦半島の小網代湾に現存する砂質干潟と江奈湾に現存する泥質干潟を対象に、底質の粒度分布、含水率、強熱減量の測定、春夏秋冬各季節の底質地中温度測定及び現地の気象観測を実施し、両干潟の底質の物性及び熱環境特性を明らかにした結果を以下に報告する。

II. 観測場所及び観測方法

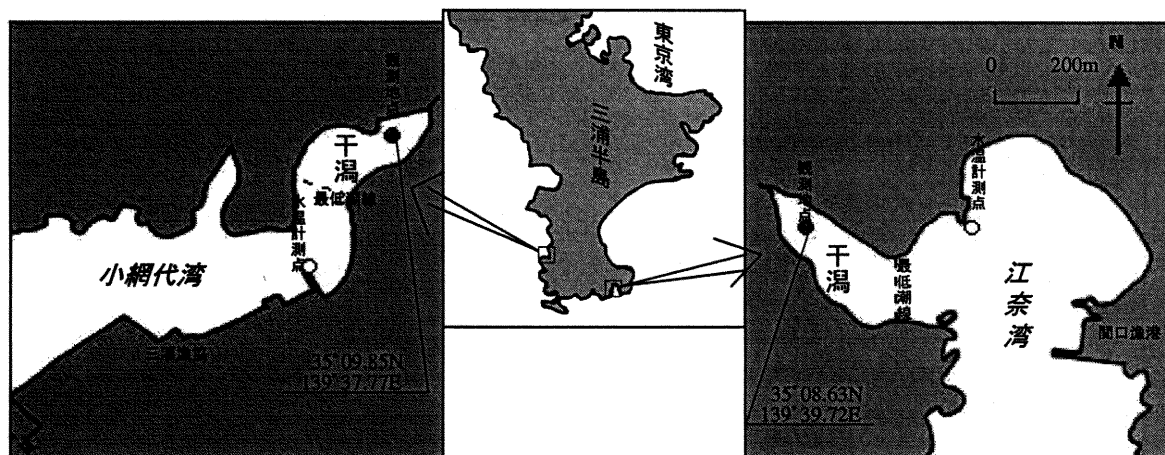


Fig. 1 小網代干潟及び江奈干潟での観測地点
(Location of Kowajiro and Ena Tidal Flat)

キーワード: 干潟, 観測, 底質, 粒度, 温度, 放射収支量

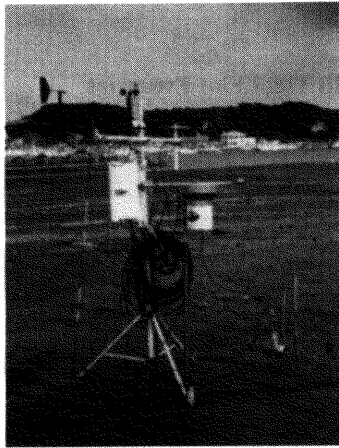


Photo1 干潟熱環境観測機器
(Tidal Flat Heat Measuring System)

1. 観測地

小網代湾は、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 1.2km 奥にあり、大潮の低潮時には約 6000m²の砂質干潟が干出する。一方、江奈湾は、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江にあり、大潮の低潮時には約 6600m²の干出した泥質干潟である (Fig. 1)。

2. 観測方法

両干潟の観測地点を干潟の小潮時最低潮線境のところ (図. 1) に設けて、Photo 1 に示すような観測機器 (Campbell Scientific 社製) を設置した。観測項目は風向、風速、気温、湿度、日射量、放射収支量、雨量と干潟地温である。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 6 月 (春季)、8 月 (夏季)、12 月 (秋季)、2000 年 2 月 (冬季) においてそれぞれ 2 週間ほど 1 分間隔の連続計測記録で実施した。それと同時に、湾内の水温を Fig. 1 に示す地点で 10 分間隔連続計測を行った。また、6 月と 2 月の現地観測を行う際に、干潟表層 (0~5cm)、-10±5cm、-20±5cm、-30±5cm および -40±5cm 地層の底質砂泥を採集して、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。

Table 1 両干潟底質の物性

(Characteristics of The Tidal Flat Sediments)

観測地点	底質色彩	深度 cm	含水率 %	強熱減量 %	50%粒径 mm
小網代干潟	黒灰色	0~5	20.7	3.6	0.247
		-10±5	29.2	3.9	0.268
		-20±5	30.2	3.5	0.318
		-30±5	27.1	3.1	0.459
		-40±5	27.8	3.0	0.537
江奈干潟	茶色	0~5	41.2	10.2	0.121
		-10±5	47.4	13.1	0.028
		-20±5	49.8	12.9	0.027
		-30±5	49.9	12.9	0.025
		-40±5	50.5	12.6	0.023

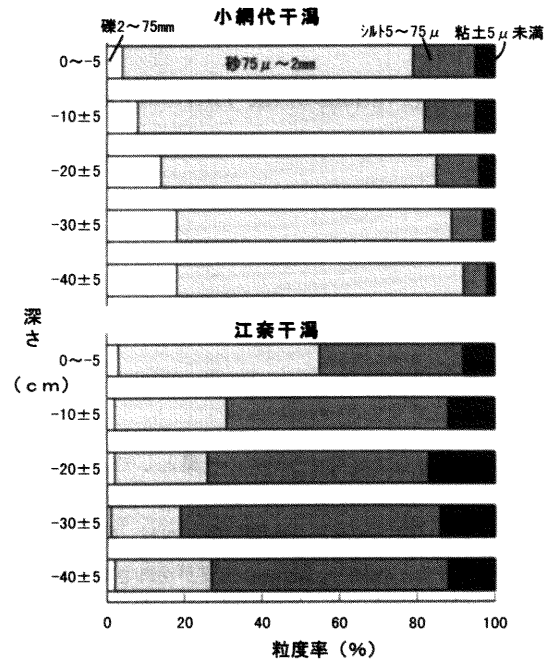


Fig. 2 干潟底質の粒度分布

(Sediment Composition of The Tidal Flats)

III. 観測結果

1. 底質層の物性

両干潟における深度別の粒度分布と底質条件をそれぞれ Fig. 2 と Table 1 とに示す。砂底質の小網代干潟では、砂分 (2mm~75μ) が 70%以上占め、50%粒径は表層から -40±5cm 層まで深くなるにつれて大きくなる。一方、泥底質の江奈干潟では、表層を除いて各深度においてシルト分 (75μ~5μ) が約 60%占め、50%粒径は深くなるにつれて小さくなった。両干潟における底質の含水率及び強熱減量を比較すると、底質粒径が小さい江奈干潟の方が大きな値が得られた。江奈干潟底質の強熱減量が高い値を示したのは、現地観察より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判明した。なお、両干潟では季節間、各深度間において、含水率も強熱減量も顕著な差が見られなかった。

2. 干潟底質の熱環境特性

Fig. 3 は両干潟における地温変化を観測期間中、干潟の干出時間が比較的に長い日 (大潮時)、また日中が晴れた 2 日間の観測データで示す。干潟の冠水干出状況は、6 月 12 日~13 日と 2 月 24 日~25 日では昼間と夜間の干出時間はほぼ同等であるが、8 月 30 日~31 日では昼間干出時間の方が長く、12 月 7 日~8 日では夜間干出時間の方が長かった。表層地温は、6 月 12 日~13 日と 8 月 30 日~31 日では昼間干出中 (日射量約 900w/m²) 12 時ごろに最高温度 (33℃前後) となった。逆に 12 月 7 日~8 日と 2 月 24 日~25 日では夜間干出中に表層の最低温度が満ち潮直前に記録され、12 月 7 日~8 日では約 4℃、2 月 24 日~25 日では約 1℃であった。-5cm 層以下では、深度が大きくなるにつれて最高温度と最低温度を示す時間が表層における時間より次第に遅れ、温度振幅も小さくなった。-40cm 層には温度の振幅がほとんど無くなり、小網代干潟では 1℃以内、江奈干潟では 0.2℃以内の日間変動となった。また、-40cm 層の温度が常に海水温に近い値を示している (Fig. 3)。

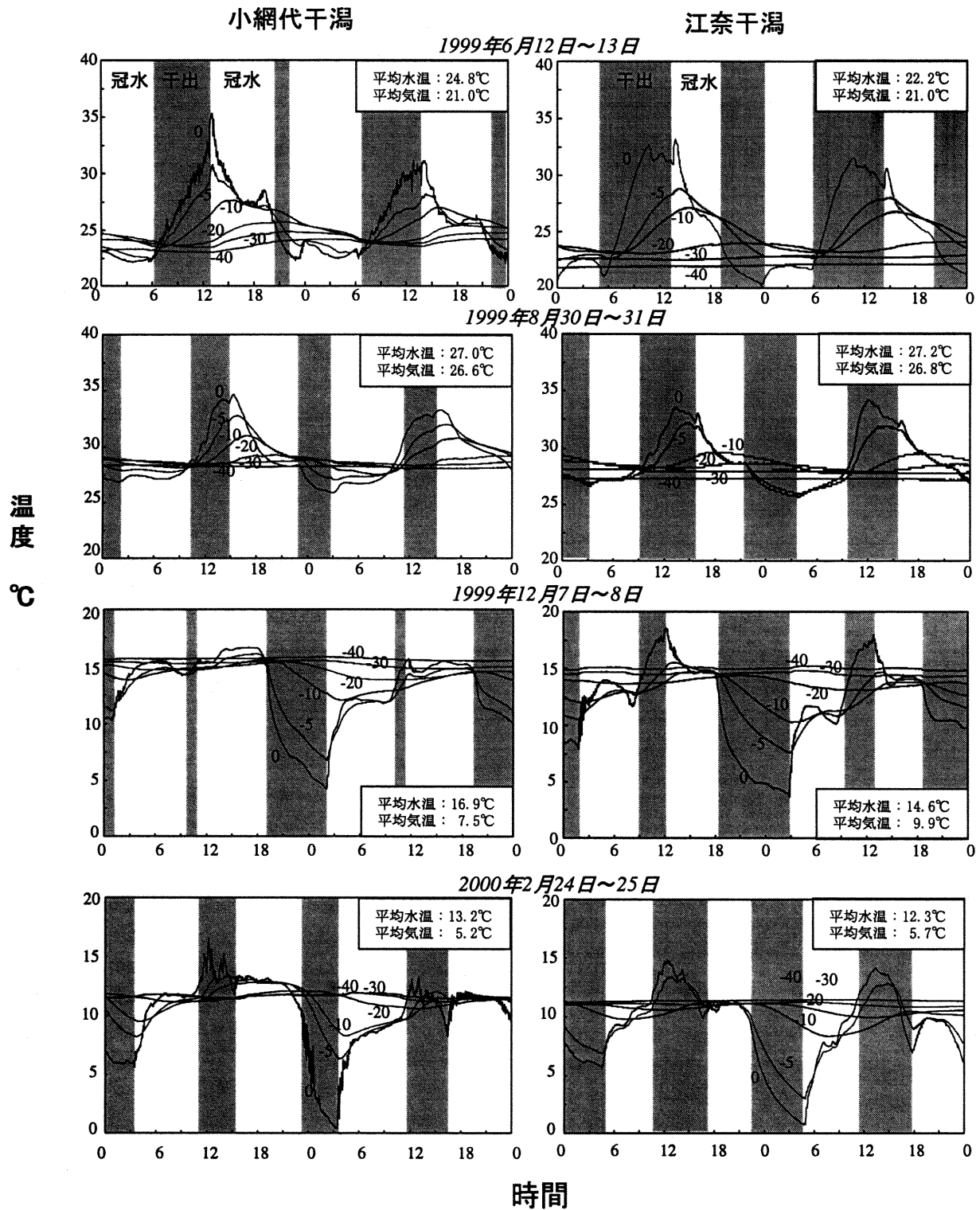


Fig. 3 各季節における両干潟底質温度の2日間の経時変化

(Seasonal Fluctuation of Soil Temperature in The Tidal Flats)

干潟底質の温度が、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り、夜間は干出底質が冷却されて降下し、冠水されると海水に吸熱して変化は緩やかになる。実は、ここに生息する底生生物が上述した干潟底質の温度変化に応じて、底質の上層と下層の間に往来して生活している。このことによって、底質が攪拌されて常に底質内が好気状態にある

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⁾。

両干潟の日中及び夜間の干出時干潟底質の平均放射収支量を Fig. 4 に示した。放射収支とは、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を現すことである。日中の干出時底質の平均放射収支量は、6月12日~13日と8月30日~

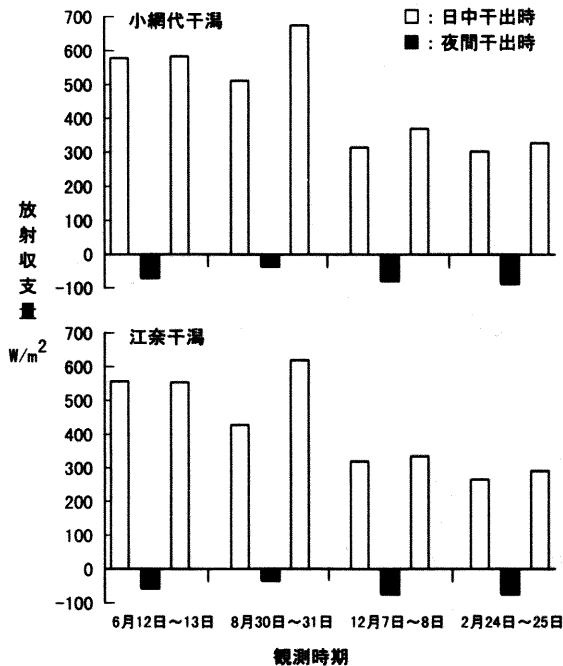


Fig. 4 日中及び夜間における干潟干出底質の平均放射収支量の変化

(Average Net Radiation of Tidal Flat Surface During Emersion of Daytime and Nighttime)

31日では約600W/m², 12月7日～8日と2月24日～25日では約300W/m², 日中の放射収支量では日射量が最も大きな要因である。両干潟の放射収支量を比較すると, 底質が砂質, 黒灰色及び低含水率の小網代干潟ではより大きい値が観測された。夜間の干出時底質の放射収支量は地表から天空に向かう放射量のほうが大きいため, 放射収支量が負となる。放射収支量の変動は, 気温と大気中の水蒸気量に大いに関係する。なお, 小網代干潟では日中と同様な観測が得られ, 夜間の放射収支も比較的に値が大きかった。

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。地中の鉛直方向の熱伝導は次式で表される。

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

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。ここで温度拡散係数が未知量であり, 土粒子と水が混在する土壌について, 値をどのように設定するかが問題となる。(1)式は, 地表面での温度が正弦的に振動する場合に解析解が存在し, 次式で表される。

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

(2)式から, 2点の温度振幅が与えられれば, 温度拡散係数を次式から逆算することができる。

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

なお, P は温度振幅の周期で, ここでは1日(86400秒)とする。(3)式を用いて, 現地観測データから温度拡散率を評価した。ここでは, 深さ方向に隣合う2点から各深さ(2点間の中点)の温度拡散率を求めた。Fig. 5は小網代干潟と江奈干潟における全観測データ

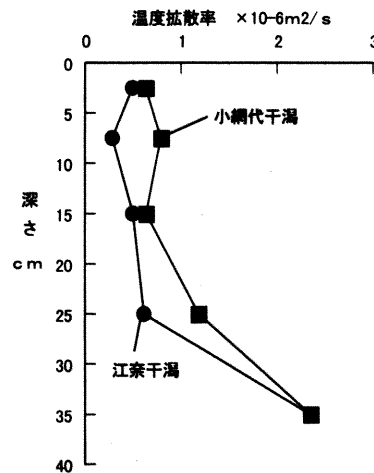


Fig. 5 干潟底質における各下層の温度拡散率の鉛直分布
(Thermal Diffusivity of The Inter-sediments)

より平均化した深さごとの温度拡散率である。 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, -25cm層までは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Fig. 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。一方, 江奈干潟の-35cm層の値については他層と違う物が混入していたのであろう。-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。この値は鷺見⁶⁾が示した値と近く, すなわち, 底質粒度が荒いほど温度拡散率は大きくなるのである。

IV. 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現した。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技術の開発を進める予定である。

参考文献

- 1) 棚瀬信夫; 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, 1994, pp. 58-73.
- 2) 小野勇一; 干潟のカニの自然誌, 平凡社, 自然叢書 29(1995), pp. 47-55.
- 3) 栗原 連; 浅海堆積物における強熱減量測定法の検討, 水産増殖, 35巻1号(1987), pp. 61-76.
- 4) 栗原 康 編著; 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, 1991, pp. 65-66.
- 5) 朴鐘和, 中山哲蔵, 瀬口昌洋; 沿岸干潟域における底泥の環境特性, 水工研研報 18(1997), pp. 1-19.
- 6) 鷺見栄一; 干潟における底質温度変動, 公害 25(4)(1990), pp. 61-70.