

千葉県蓮沼海浜公園における地下水流動と塩水・淡水境界に関する研究

その3; 海底湧出地下水調査

丸井 敦尚¹⁾・林 武司²⁾・内田 洋平¹⁾

1. はじめに

山岳地域に始まる地下水流動の末端は海洋であり、海水の水質までも左右するほど大量の地下水が流出していると考えるのが近年の定説である(Church, 1996)。本邦においては至るところで降水量が蒸発量を上回ることから、日本列島の周囲ではほぼ全域で海中に地下水が流出していると考えられており、数々の海底地下水流出に関する研究が報告されている(丸井, 1997など)。

地下水が海底に流出する際に、その位置を決定する要因に塩水地下水と淡水地下水の境界面の存在が挙げられる(丸井・安原, 1999)。本研究ではこれまでにない新しい試みとして、この塩淡境界の形状を把握するのに、これまでのようにシミュレーションに頼らず実測することを最大の目的とした。実際には、陸部において観測井を掘削し塩淡境界の深度を観測し、さらに海部において淡水地下水の湧出位置を確定することで、塩淡境界形状を3次元的に把握するものである。研究対象地域における陸部の塩淡境界深度は、丸井ほか(1999a)や木山・丸井(1999)において観測されている。今回はその陸部の調査に対応する海部の調査として、淡水湧出地下水位置の観測を実施した。

2. 研究の概要

塩淡境界の形状を正確にとらえ、塩淡境界面上を流動する地下水の流動速度を観測するために、本研究では最もシンプルな塩淡境界が存在する地域として九十九里浜北部の蓮沼海浜公園を選定した。当該地域は、海岸線が平坦なばかりでなく沼

岸より内陸に幅約5kmの平坦地(標高5m以下の低地)が続き、さらに地質的に見てもほぼ水平に堆積した層状構造を呈する堆積物(砂層と粘土層)が広い範囲で存在する。周辺の地質状況については丸井ほか(1999a)ならびに木山・丸井(1999)を参照されたい。これらの状況から、当該地域では教科書的なガイベン-ヘルツベルグの法則に従った塩淡境界が各層に存在すると考えた。

蓮沼海浜公園は千葉県の九十九里浜北部に位置する。公園施設の概要ならびに研究サイトの状況を第1図に示す。テニスコート脇に設けた深度200mの1号観測井から、本地域では深度30m(砂層)と深度170m(粘土層)にそれぞれの堆積物の違いにあわせて2層の塩淡境界が存在した。そこでこの1号観測井の沖合に観測線を設けて海低砂中の塩分濃度と水温を測定することにした。

筆者らはこれまでに北海道の利尻島などで海底湧出地下水に関する研究を実施しており、海底に淡水地下水が流出する場合には流出位置付近の砂中の塩分濃度がきわめて低くしかも水温が地下水の水温とほぼ等しいことを観測している(林ほか, 1999)。従って蓮沼海浜公園沖の海底に地下水が湧出する場合、利尻島と同様に海底砂中の塩分濃度や水温に何らかの変化があらわれるものと期待された。

3. 海部における調査の方法とその結果

1号観測井の沖に設けた観測線の状況と観測の概要を第2図に示す。観測を実施したのは1999年7月であり、当日は気象庁から梅雨明け宣言が出された日でもあった。前日までの5日間の降水量は

1) 環境地質部

2) 千葉大学大学院:

〒263-0022 千葉市稲毛区弥生町1-33

キーワード: 地下水流動, 塩淡境界, 海底湧出地下水

4.5mmであり、周辺の河川などは若干増水していた。従って、海底に湧出する地下水も発見しやすいものと予想された。

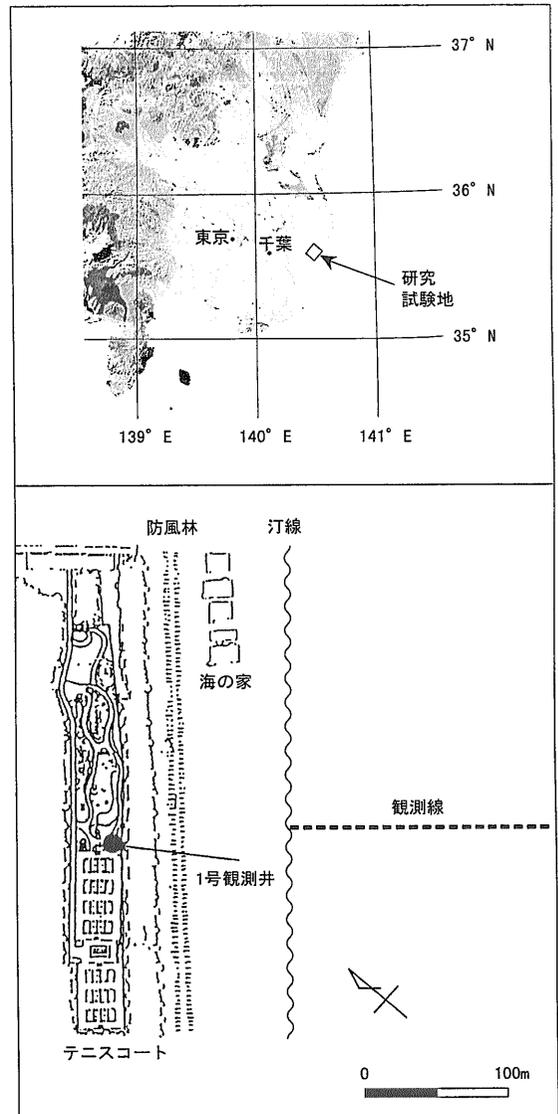
砂の堆積した海底に淡水地下水が湧出する場合、砂中での水温や電気伝導度は湧出地下水の影響を受け地下水に酷似しているのがこれまでの調査より分かっている。そこで、対象地域において以下の要領で観測を実施した。

- (1) 汀線より沖に向かって沈子ロープを張り観測線とする。
- (2) 沈子ロープには10mおきにマーカ―を、100mおきにブイとアンカーをつける。
- (3) この沈子ロープに沿ってダイバーが泳ぎ、マーカ―の位置で湧出地下水の観測を行う。
- (4) 観測項目は砂中の水温と電気伝導度である。
- (5) 具体的には、ダイバーが各ポイントで表面のルーズな砂をはぎ、下の比較的しまった砂にセンサーを10cm程度挿入し、さらにセンサー挿入後にセンサーに砂をかけて観測値が安定した状態の水温と電気伝導度の値を読みとる。

この観測の結果を第3図に示す。ダイバーが水圧計を用いて観測した水深を第3図の下段に示す。これより、本地域は汀線より538mの沖合でも水深7.4mと遠浅であることが判明した。また、水深の増加率もほぼ一様であった。本研究では、汀線からの距離が120～316m(水深2.4～4.2m)の間に沈子ロープを張り、集中的な観測を実施した。また参考データとして汀線部分と沖合538mの位置での観測も実施している。

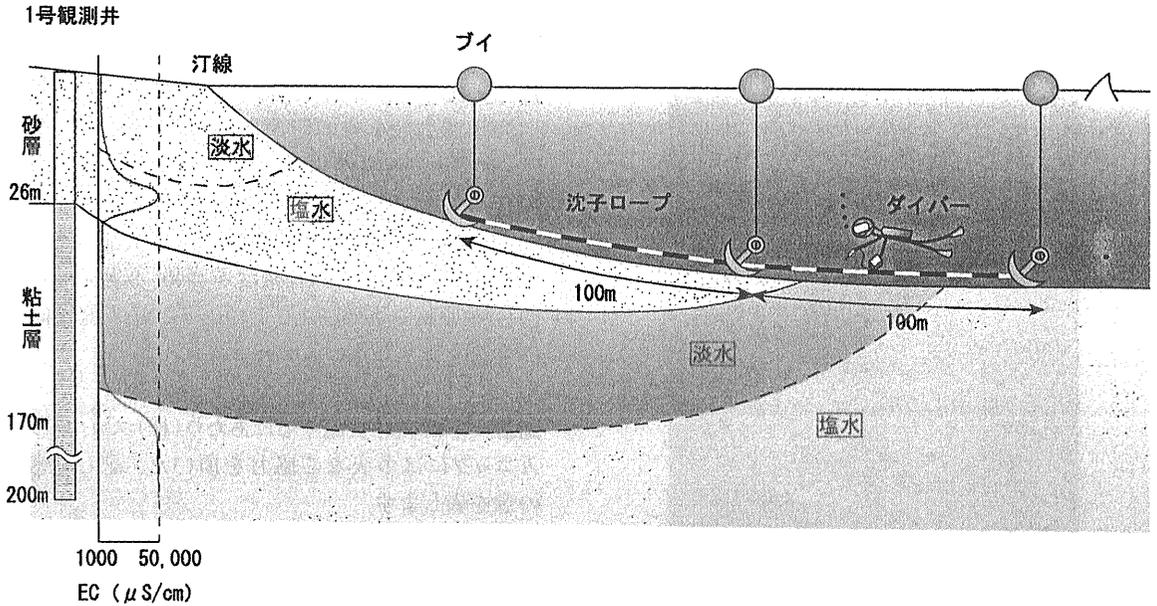
水温の変化(中段)をみると、深度とともに水温が低下しているのがわかる。沖合538mでは水中温度(海底から20cm)と砂中の温度が0.8℃異なっていた。3月23日に観測した1号観測井の温度分布は15.8(深度4m)～17.9(深度200m)℃であり深部ほど高温になっていた。通常、深度20m以深の地下水温は年間を通して変化の無いのが定説である。この地下水が海中に湧き出している場合、今回の観測時の表面海水温が28.8℃であることから、砂中の水温が周辺よりも低い値を示すことが予想される。今回の観測結果を見ると、沖合190～210mと290mより先の範囲で局所的に水温が低下していることが分かる。

また、電気伝導度の観測結果(上段)によれば、



第1図 研究試験地の概要。試験地は九十九里海岸の北に位置する蓮沼海浜公園内に設定した1号観測井の沖に海底調査用の観測線を設置した。観測線は沖合120mの位置より沖に向けて沈子ロープを張った。

海水の電気伝導度は汀線部分から沖合538mまで48～49mS/cmの安定した値を呈していた。しかし、砂中の電気伝導度は15～30mS/cmの低い値を呈した。これも海底に湧出する地下水の影響と考えられるが、特に沖合130mと190mの位置での電気伝導度の低下が著しく、先の水温観測の結果と比較すると沖合190mの位置においては海底に

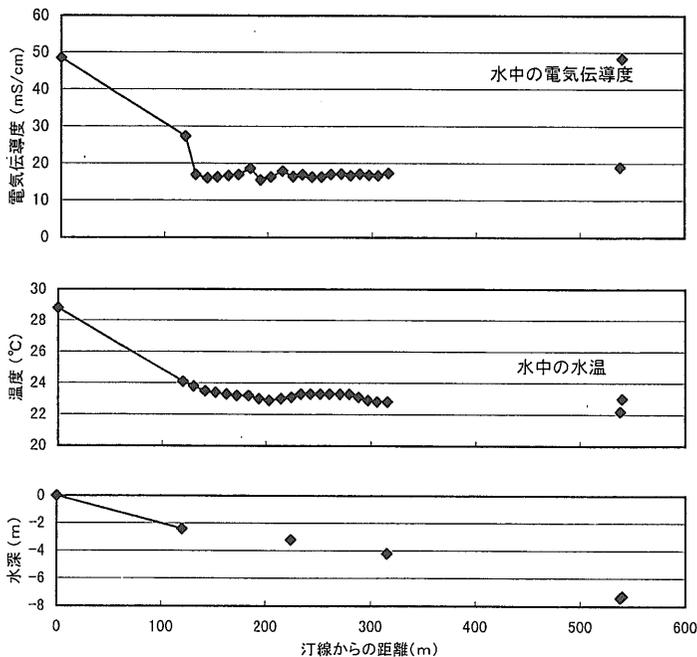


第2図 海底湧水調査のイメージ図。ダイバーが水温と電気伝導度を同時に測れる測器を持って海中に入り、ロープ沿いに砂中の観測を実施する。

地下水が湧出していることが考えられる。

この海底湧出地下水は第4図に示すような筆者らが他の地域で観測したプルームを形成するような湧出形態(丸井ほか, 1999b)をとってはいないが、ある程度の広い範囲でじわっとしみ出している

ように見える。今回の電気伝導度の観測結果も海中の砂中の電気伝導度としてはきわめて低いものであることから、梅雨末期の降水が塩淡水境界に沿った地下水流動に乗って流れ、海底砂中に封じ込められている可能性も大きい。これらのことを総合す



第3図 観測の結果、沖合200m付近で水温・電気伝導度とも変化があった。海底に淡水地下水が湧出する痕跡と考えられる。



第4図 筆者らが北海道利尻島において観測した海底湧出地下水(丸井ほか, 1999b). 道径は約30cm, 水深は約10m.

ると、本地域では特に沖合200m付近で淡水地下水が湧出している可能性が高く、ここが一つの塩淡水境界位置に相当すると考えられる。この塩淡水境界が1号観測井の深度30mと連結するかまたは深度170mと連結するかは今後の調査(水質分析結果など)を待たねば分からないが、今回用いた観測手法(ダイバーによる電気伝導度と水温の観測)はプルーム状に勢い良く地下水が流出しない堆積物地域でも十分に塩淡水境界位置を推定することができるものとして高く評価できる。

4. まとめ

本研究は、塩淡水境界形状を把握し最終的にはその場での地下水の流速成分を観測するために実施した。先に行った研究の結果、地下200mまでの間

に2枚の塩淡水境界が観測された。これに相当する海底湧出地下水があるとの仮説のもとに海部の調査を実施したところ、汀線から約200mの海底砂中に海底湧出地下水の影響を確認した。これによって、今のところ塩淡水境界の海底内での位置が把握できるようになった。今後は観測井の掘削や地下水の分析、さらに沖合の調査などを実施することで、陸部・海部とも調査密度を高め、3次元的な塩淡水境界形状を明確にし、このような塩淡水境界研究の手法を確立したい。

謝辞：本研究を実施するにあたり(株)スガマリネカニクには多大なご協力を頂いた。記して感謝の意を表します。

参考文献

- Church, T. M. (1996) : An groundwater route for the water cycle, *Nature*, 380, 579-580.
- 木山保・丸井敦尚(1999) : 千葉県蓮沼海浜公園における地下水流動と塩水・淡水境界に関する研究～その2 : 1号観測井コアサンプルによる塩淡水境界深度の確認～, *地質ニュース*, no.539, p55-59.
- 林武司・丸井敦尚・安原正也(1999) : 北海道利尻島における陸部および海底湧出地下水の水質特性, *ハイドロロジー*, 29(3), 印刷中.
- 丸井敦尚(1997) : 海底湧出地下水-新たな資源としての可能性-, *ハイドロロジー*, 27(2), 85-94.
- 丸井敦尚・安原正也(1999) : 塩水-淡水境界に関わる地下水流動研究, *ハイドロロジー*, 29(1), 1-12.
- 丸井敦尚・石井武政・内田洋平・林武司(1999a) : 千葉県蓮沼海浜公園における地下水流動と塩水・淡水境界に関する研究～その1 : 研究方針と1号観測井の掘削状況～, *地質ニュース*, no.539, p47-54.
- 丸井敦尚・安原正也・林武司(1999b) : 北海道利尻島の名水-甘露泉と海底湧水-, *日本地下水学会*, 41(3), 印刷中.

MARUI Atsunao, HAYASHI Takeshi, UCHIDA Yohei (1999) : Study on Groundwater Flow and Sea-water and Fresh-water Interface in Hasunuma Parkland, Chiba - Part3; Research of Submarine Groundwater Discharge -.