

長崎県における沿岸海底湧出地下水の実測調査

湯 藤 義 文* ・ 草 野 和 郎**
武 政 剛 弘*** ・ 後 藤 恵之輔***Surveys for Submarine Springs Carried Out *in situ*
in Nagasaki Prefecture

by

Yoshifumi YUTOH*, Kazuo KUSANO**, Takehiro TAKEMASA***
and Keinosuke GOTOH***

Recently, the development of industry and improvement of standard living is increasing the water demand. For preventing expected water shortage, it is important to plant an effective way in utilization of water resources from now.

We concerned the water shortage in the future at Shimabara district and central Nagasaki Prefecture. In this area there are few suitable places for dam sites. Rainwater fallen on the ground are easily permeated into underground because of well permeability geological futures. The ground water then flushed out to the coast or to the sea as submarine springs. It seems that it is more effective to collect these submarine springs than to develop dam sites for water resources.

This paper discussed the results of survey carried out *in situ* in Simabara Peninsula, Taradake/Ariake Bay and Omura Bay, in which the ground water has tendency to flow out to the coast or to the sea by comparing them with those of analyzing remote sensing data.

1. まえがき

我が国はアジアモンスーン地帯に属し、年平均降水量は約1750mmと世界でも有数の多雨地帯¹⁾である。しかしながら、毎年のようにどこかで渇水が起こっている。最近の代表的な例では、1987年の関東一帯の渇水、1989年の沖縄渇水である。これには、異常気象の影響等も考えられるが、その他に考えられることは、降水の有効利用が行われていないため²⁾である。すなわち、地上に降った雨はそのまま地下に浸透して地下水とな

り、海に面している地域では、この地下水が海岸から海に無効流失していると考えられる。

長崎県県央および島原地区は、将来の水不足が懸念されている反面、地形上ダムサイトに適した場所が少なく、水を透しやすい地質のため降雨はそのまま地下に浸透してしまい、河川も水無し川が多い状況にある。地下水は被圧され海岸付近で自噴したり、海に流れ込んだりしている。このため、ダムによる水資源開発を行うよりも、海岸部で湧き出した地下水を利用した方

平成2年4月28日受理

*大学院博士課程海洋生産開発学専攻 (Graduate School of Marine Science and Engineering, Division of Marine Production Research and Development)

**大学院修士課程土木工学専攻 (Graduate School of Engineering, Division of Civil Engineering)

***土木工学科 (Department of Civil Engineering)

が効果的³⁾であると思われる。

本研究では、長崎県島原半島沿岸、多良岳有明海沿岸、大村湾沿岸を対象として、リモートセンシングのデータを解析した結果、地下水が湧出している傾向が現われた海岸を、現地地実測調査することによって、湧水箇所であるかどうかを確認していくものである。それぞれの現地地測定した項目は、塩分濃度と水温である。

2. リモートセンシングによる解析

リモートセンシングによる解析は、1985年8月29日、1987年9月4日、1987年10月6日観測のランドサットTMデータによった。ランドサットTMセンサーは、バンド1～7の7つの電磁波の観測波長域を持ち、近赤外域であるバンド4 ($0.76\sim 0.90\mu\text{m}$)を用いれば陸域と海域の境界の水際線を決定でき、熱赤外域であるバンド6 ($10.40\sim 12.50\mu\text{m}$)を用いれば地表面の温度を測定できる。

一般に、海水の温度が季節ごとに変動しているのに対し、地下水は年間を通じてほぼ一定の温度を保っている。また、地下水は海水よりも密度が小さいため、海岸から海に放出された地下水は海面に浮上する。

解析に使用したランドサットデータの時期はいずれも、地下水の方が海水よりも温度が低いことが分かっている。このため、バンド6を用いて海面の温度が低い箇所を探査することによって、海岸から地下水が湧出している場所を発見できるものと考えられる。そこで、島原半島沿岸、多良岳有明海沿岸、大村湾沿岸をバンド4で陸域と海域に分離し、バンド6で海域の低水温域である所を探査して、両者を照合することにより低水温域が地図上でどの地域にあるかを調べた。

解析の結果、低水温域が見つかった地域を以下に記

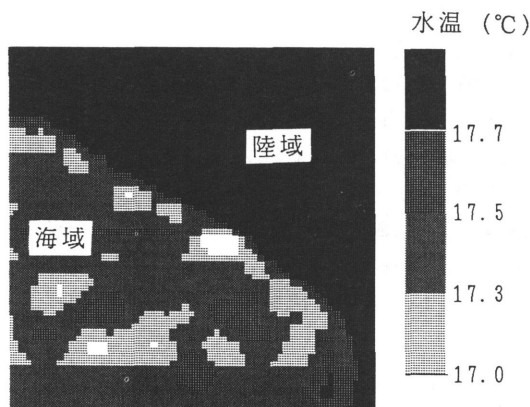


Fig. 1 Distribution of Seasurface Temperature off Tijiwa Coast.

す。

(1) 島原半島

島原半島沿岸では、千々石海岸海域に低水温域が見つかった。千々石町一帯の地層⁴⁾は、被圧地下水を豊富に涵養している愛野層が千々石断層によって断ち切られて断層沿いに地表面に露出しており、断層沿いに湧水群が点在している。千々石海岸はその延長線上にあり、地下水が海岸から湧出している可能性が極めて高い所である。

(2) 多良岳有明海沿岸

多良岳有明海沿岸部での低水温域は、長崎県小長井町の築切沖付近と佐賀県藤津郡太良町の道越付近の沿岸であった。多良岳山麓⁵⁾は、比較的地下水が豊富な地域であり、海岸部では被圧された地下水が一部自噴している所もある。低水温域が発見されたこれらの地域では、有明海特有の干潟が他の地域と比べて少ないため、地下水が不透水層の切れ間から湧出していると思われる。

(3) 大村湾

大村湾沿岸では、西彼杵半島の尾戸郷周辺沿岸で低水温域が見つかった。西彼杵半島は、地表の大部分が結晶片岩に覆われ、地下水が豊富であるとはいえない所だが、結晶片岩の風化部などに涵養している裂か水を取水している所もあり⁶⁾、地下水が海岸から湧出している可能性がある。

Fig. 1, Fig. 2に一例として、千々石海岸および多良岳沿岸における1987年10月6日観測のTMバンド6による海域の温度分布を示す。白色の点在域が低水温域である。

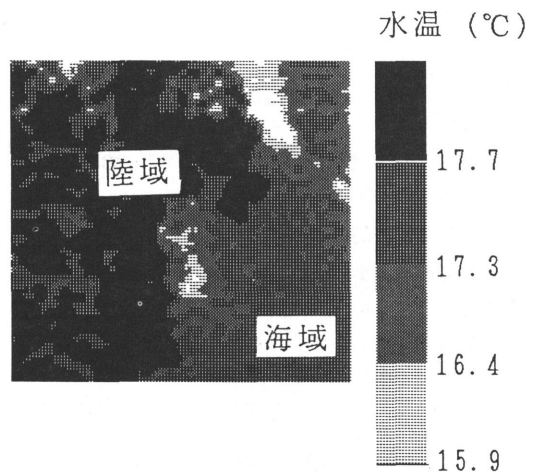


Fig. 2 Distribution of Seasurface Temperature off Taradake Coast.

3. 現地実測調査の過程と結果

人工衛星のデータで低水温域があることが確認された、島原半島の千々石海岸, 多良岳有明海沿岸の道越・築切付近の海岸, 西彼杵半島の古泊・小口沿岸で, それぞれ現地実測調査を実施した。以下に, 各地域ごとの現地実測調査の過程と結果を記す。

(1) 島原半島の千々石海岸⁶⁾

千々石海岸では, 現地調査を2回に分けて行った。第1回目の観測は1989年10月27日の午前中, 海域をFig. 3に示すように300m四方の13個のブロックに分けて船上から行った。測定した項目は水表面から50cmごとの水温(°C)と塩分濃度(‰)である。

このときの調査対象海域の各ブロックごとの塩分濃度と水温の分布を, Fig. 4, Fig. 5に示す。塩分濃度でブロック(4), (5)の水表面付近とブロック(1)の海中の中層付近で, 水温はブロック(5)の水表面付近で低くなっている。ブロック(4), (5)は河川の河口近くに当たるため, 河川の影響がないブロック(1)の近くの海岸を1990年1月12日の午後, 第2回現地調査を行った。この時間帯は干潮時に当たり, 潮が引いた後の砂浜に湧水があるのを数箇所発見した。このため, これらの湧水とその近くの海水との塩分濃度と水温を測定したところ, Fig. 6の地点に, Table 1に示すように, 塩分濃度が海水よりも低い湧水地点を2箇所発見した。

(2) 多良岳沿岸の道越付近

多良岳沿岸では, 1989年12月21日, Fig. 7に示す道越, 築切の海岸部の5箇所ポイントで水深50cmごとの海水の塩分濃度と水温を海岸で陸上から水深方向に

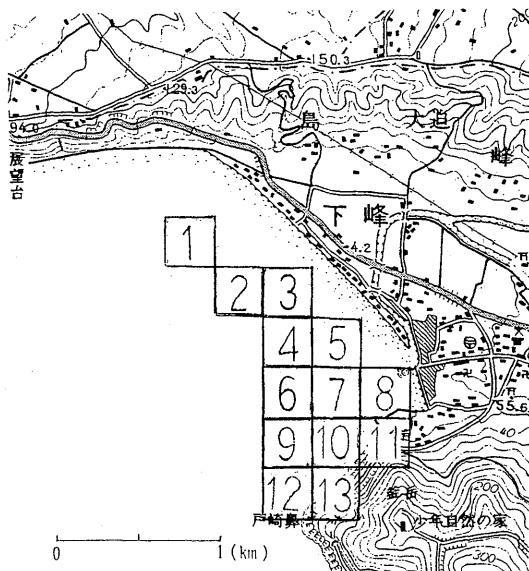


Fig. 3 Block diagram for survey carried out *in situ* along Tijiwa Coast.

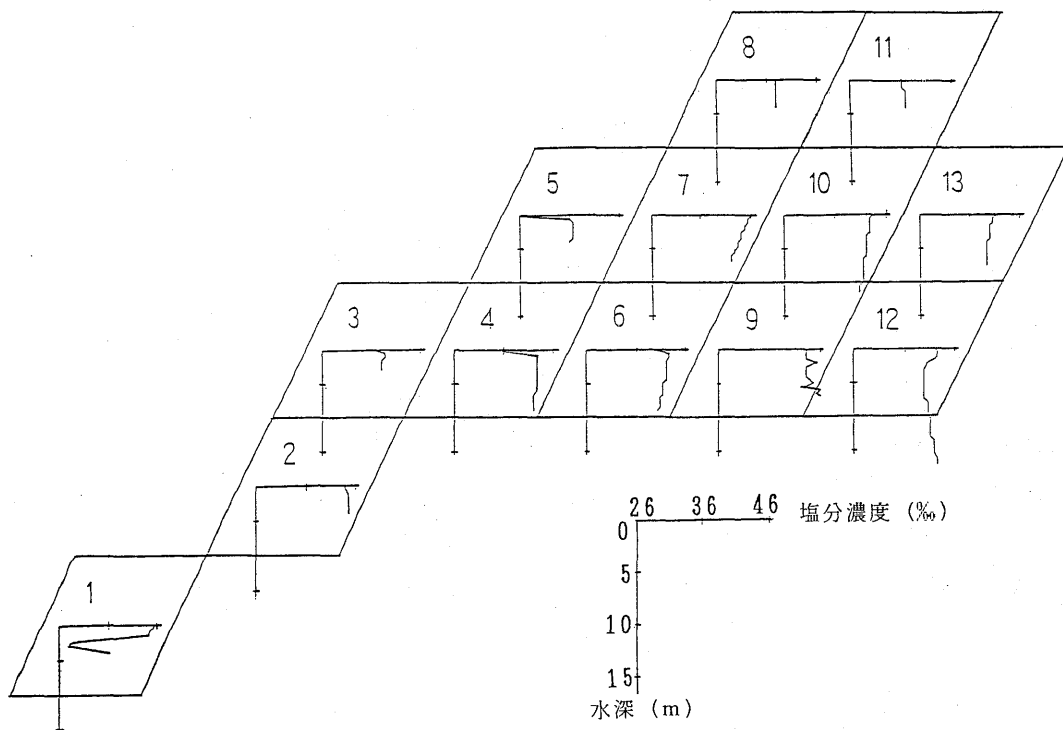


Fig. 4 Distribution of salt concentration in each blocks shown in Fig. 3.

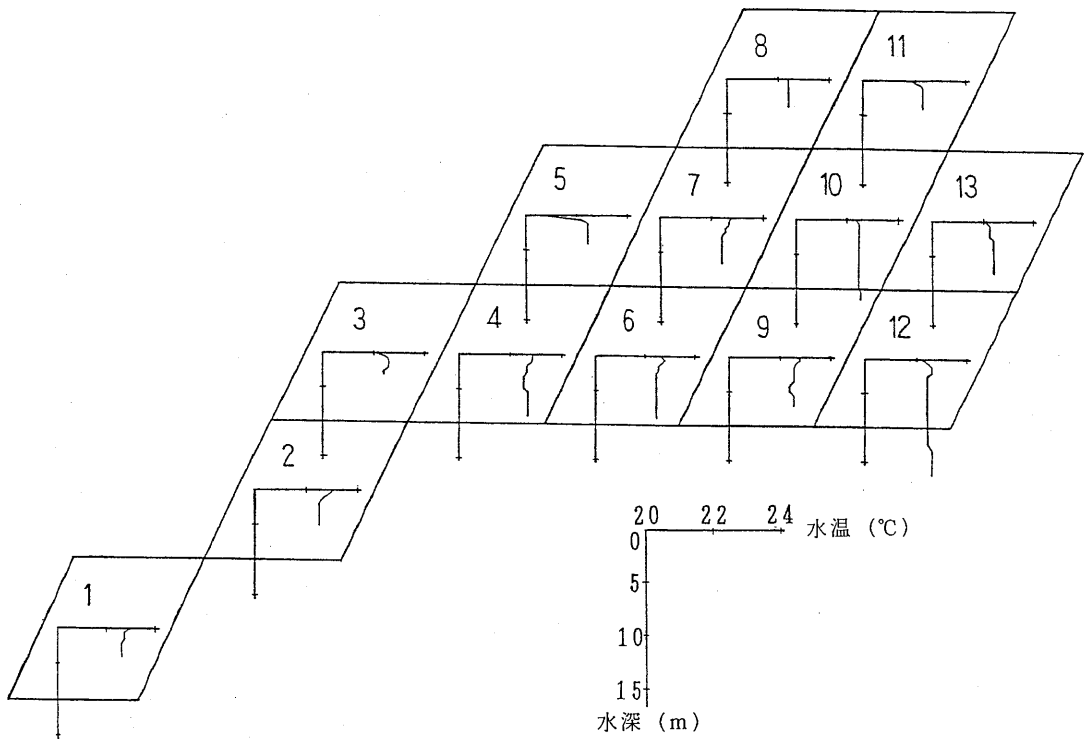


Fig. 5 Distribution of water temperature in each blocks shown in Fig. 3.

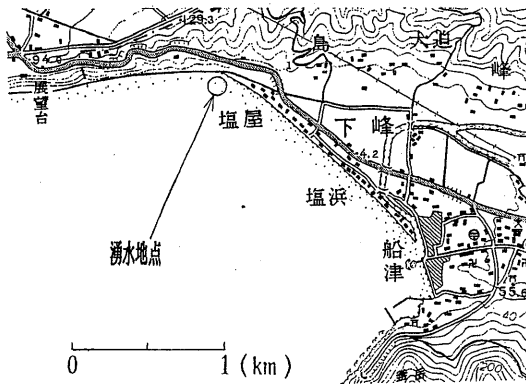


Fig. 6 Location of submarine springs found near Tijiwa Coast.

Table 1 Comparison of water temperature and salt concentration between submarine springs and sea water.

	水温 (°C)	塩分濃度 (‰)
海岸湧出水(1)	12.7	16.2
(2)	13.1	16.9
海水(1)	13.2	20.2
(2)	13.3	20.5

(注) 海水の(1), (2)はそれぞれ海岸湧出水の(1), (2)の近くで採取したものである。

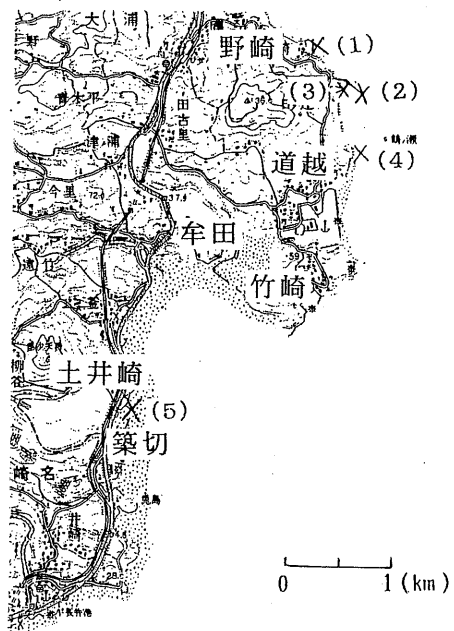


Fig. 7 Points for survey carried out *in situ* along Taradake Coast.

有
明
海

測定した。Fig. 8, Fig. 9にそれぞれ塩分濃度と水温の測定結果を示す。塩分濃度はポイント(1), (4)が全体的に、(5)が水表面付近で低くなっている。また、水温はポイント(2), (4), (5)の水表面付近、ポイント(3)の海中全体でそれぞれ高くなっている。

(3) 西彼杵半島の古泊・小口沿岸

西彼杵半島の沿岸でも、千々石海岸と同じく2回に分けて実測調査を行った。第1回目は1990年1月27日の午後、Fig. 10に示すように湧水箇所と思われる古泊沿岸の9ポイントと小口沿岸の2ポイントを測定した。このとき、ポイント(3), (4), (5), (9), (10), (11)の塩分濃度が低い値を示したので、第2回目は、1990年2月2日の午後、代表としてポイント(1), (2), (4), (10), (11)を測定し、その他に湧水箇所ではないA地点の海水の水温と塩分濃度を測定して、違いがみられるか比較した。

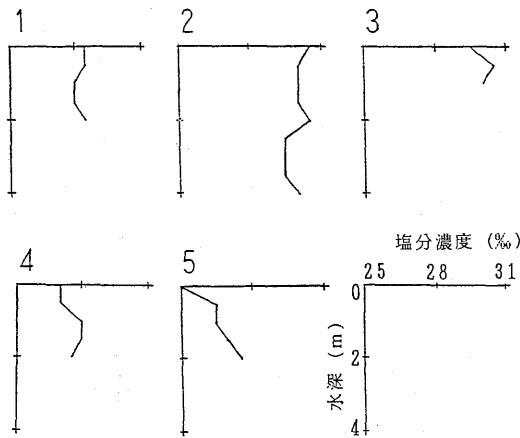


Fig. 8 Distribution of salt concentration in each points shown in Fig. 7.

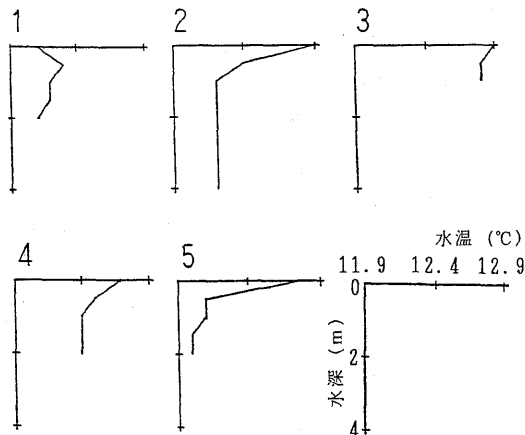


Fig. 9 Distribution of water temperature in each points shown in Fig. 7.

この結果、ポイント(4)が他と比べて水温が高く、塩分濃度が低くなった。第1回目と第2回目の実測調査の測定結果をTable 2に示す。

なお、これらの地域では海岸部の水深が浅く、水表面付近だけを測定した。

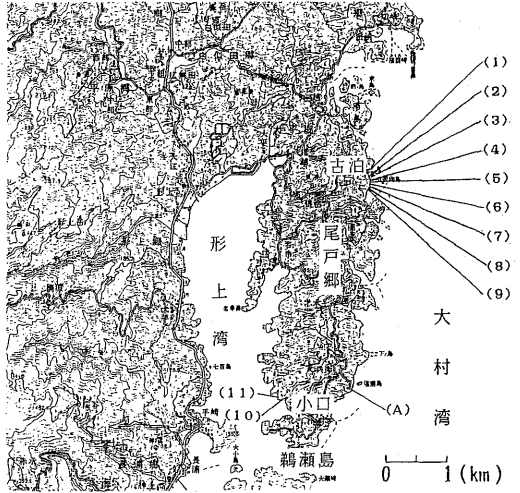


Fig. 10 Points for survey carried out *in situ* along Furudomari and Oguchi Coasts.

Table 2 Results of survey at each points shown in Fig. 10.

(a) 第1回

ポイント	水温 (°C)	塩分濃度 (%)
1	11.4	33.5
2	10.5	32.0
3	9.7	30.5
4	9.7	25.2
5	9.9	27.8
6	10.2	32.7
7	10.1	31.0
8	10.2	33.0
9	11.2	27.5
10	9.5	26.5
11	9.4	26.5

(b) 第2回

ポイント	水温 (°C)	塩分濃度 (%)
1	10.2	30.5
2	10.3	30.0
4	10.7	27.8
10	10.3	31.0
11	10.3	31.0
A	10.4	33.5

(注) Aは非湧水箇所のポイント

4. 考 察

現地調査を行った各地域ごとの考察を以下に記す。

(1) 島原半島の千々石海岸⁶⁾

千々石海岸での第1回目の調査において、ブロック(4)、(5)の水表面付近で塩分濃度および水温が低くなっているのは、河川水の流入の影響と考えられる。ブロック(1)の場所は河川の河口から離れており、海底から地下水が湧き出している可能性が高い。海中の中層付近のみ極端に塩分濃度が下がっているのは、海底の湧水口が測定した箇所と少し離れているため、海中で地下水が拡散し横に広がったためと考えられる。ブロック(1)の水温には特に変化が現われていないが、これは調査を行った10月下旬は地下水と海水の温度差がほとんどないためであると思われる。

第2回の現地調査では、見つかった湧水箇所の水温は、海水とほとんど変わらなかつたが、塩分濃度は海水が約20%程度であったのに対して、湧き水は約16%程度とわずかではあるが低い結果となっている。これは淡水である地下水が、海水と地中で混合し潮が引いた海岸線の近くで湧き出しているためと考えられる。塩分濃度が海水とほぼ同じ湧水箇所があるのに対して、このように海水よりもやや低い湧水箇所が存在することは、地中に地下水が流れる層があることを意味し、淡水湧出の可能性のある場所であることを示唆するものである。海水の塩分濃度自体がやや低かったのは、観測した少し前に雨が降っていたので、その影響のためであると思われる。

(2) 多良岳沿岸の道越付近

多良岳沿岸の現地観測を行った12月は、地下水の方が海水よりも温度が高い。したがって、地下水が海岸から湧出していれば、水温は高く、塩分濃度は低くなる。以下、各観測点について考察する。

ポイント(1)は全体的に塩分濃度が低くなっているが、水温も低くなっている。これは地下水の湧出の影響というよりも、海流によって濃度差が生じたためと考えられる。

ポイント(2)、(3)については、塩分濃度も低くないため、地下水が湧出している可能性は薄いと考えられる。ポイント(2)の水表面付近とポイント(3)で全体的にそれぞれ水温が高くなっているのは、観測した時間帯が正午頃で、海面に日光が当たったため、ポイント(2)では水表面近くで温度が高くなり、ポイント(3)では水深が浅いことから海底も暖められ全体的に水温が高くなつたと推測される。

ポイント(4)は海面との海中の温度差がそれほど小さくなく、河川も近くになくことから、塩分濃度が低く

なっているのは、地下水湧出の影響の可能性が高いと思われる。

ポイント(5)は近くに河川があり、また海面と海中の温度差が著しいことから、塩分濃度が低くなっているのは、この河川水が拡散しているためと考えられる。

(3) 西彼杵半島の古泊・小口沿岸

西彼杵半島沿岸の現地観測を行った1月および2月は、地下水の方が海水よりも温度が高い。

第1回目、第2回目の測定で総合していえることは、古泊のポイント(4)の箇所付近が湧水のある可能性が高いということである。第1回目の測定では、ポイント(3)、(4)、(5)の付近において塩分濃度が低くなっているが、水温は高くなっている。これは、測定時にその付近が日陰になっていたためである。これに対し、第2回目の測定では、ポイント(4)は他と比べ塩分濃度が低いのにに対し、温度は高くなっている。この2回目の測定した時刻はほぼ正午頃で、日光がどの測定点にも均等に当たっており、このような差が現われたということは、ポイント(4)が湧水箇所である可能性が高いといえる。

小口のポイント(10)、(11)では近くに小さな河川があり、この河川水の流量および拡散の程度により、水温、塩分濃度が変わり得る。したがって現時点では、このところの湧水の可能性は低いといえる。

5. むすび

今回の実測調査で、島原半島では千々石海岸のポイント(1)、多良岳有明海沿岸では道越のポイント(4)、西彼杵半島では古泊のポイント(4)で、海底から地下水が湧出している可能性が高いことがいえた。

今後、千々石海岸については正確な地下水湧水口が見つかるようさらに詳細な観測を続け、道越、古泊沿岸では海洋実測調査を行う必要がある。

参考文献

- 1) 国土庁長官官房水資源部：日本の水資源（昭和62年版水資源白書），大蔵省印刷局，p. 4, 1987.
- 2) 後藤恵之輔，湯藤義文，七條哲彰，草野和郎：水資源としての雪・氷・地下水の利用について，長崎大学工学部研究報告，第20巻，第34号，pp. 33～42, 1990. 1.
- 3) 川内清明，後藤恵之輔，中山比佐雄，後藤正考：衛星データによる島原半島海岸湧水の遠隔探査，昭和62年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp. 160～161, 1988. 3.
- 4) 古川博恭：九州・沖縄の地下水，九州大学出版会，

- pp. 193～194, 1981.
- 5) 農業用地下水研究グループ：日本の地下水，地球社，p. 697, pp. 813～816, 1986.
 - 6) 草野和郎，後藤恵之輔，湯藤義文，武政剛弘：水資源開発のための海岸湧出地下水の海洋実測調査，平成元年度土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp. 232～233, 1990. 3.