

論文

大根島淡水レンズの動態観測とトリチウム濃度

三瓶 良和\*・徳岡 隆夫\*\*・上野 博芳\*\*\*・吹田 歩\*\*\*\*  
井上 卓彦\*\*\*\*\*・西村 清和\*\*\*\*\*・鈴木 重教\*\*\*\*\*

Long-term observation of the behavior of the freshwater-lens in Daikonjima Island  
and tritium concentration in the groundwater

Yoshikazu Sampei\*, Takao Tokuoka\*\*, Hiroyoshi Ueno\*\*\*, Ayumi Fukita\*\*\*\*,  
Takuhiko Inoue\*\*\*\*\*, Kiyokazu Nishimura\*\*\*\*\* and Shigenori Suzuki\*\*\*\*\*

Abstract

The groundwater in Daikonjima island in Shimane prefecture, southwest Japan were investigated for salinity and temperature using the long-term observation system "CT-sensor". Tritium concentrations of the groundwater supported the interpretation of the freshwater-lens behavior. Bottom fluctuation of the freshwater-lens was compared with tidal variation in Lake Nakaumi. Tidal effect was recognized in the intermediate zone below the freshwater-lens and above the high saline water. High tritium concentrations in the intermediate zone suggest the advection of new saline water from Lake Nakaumi.

**Key words:** groundwater, profiles of salinity and temperature, tidal effect, CT sensor, tritium concentration

はじめに

1998 年に八束町入江地区で島根大学による大根島玄武岩のボーリング調査が行われた(地質学的記載については本誌中の澤田ほかを参照)。本報告では、そのボーリング孔を利用して、地下水位と地下水中の淡水/塩水境界の経時変化を連続観測し、また、地下水のトリチウム濃度を測定したので、その結果に基づいて大根島地下水の動態について考察する。

大根島では玄武岩は TP-60 m までは分布すること、また、そこには典型的な淡水レンズが存在し、その下底(淡塩境界)は最も深いところ(島の中央部)で-10 数 m 程度であることが農水省による中海干拓淡水化事業(2000 年 8 月に中止決定)に関して知られていて、それらの結果については島根県(1985)、和田(1986)、中海干拓堤防施工管理研究委員会(1992)などで一部が報告されている。また、1998 年度には大根島の地下水についての再度の詳細な調査がなされ、その結果の一部が中国四国農政局(1999)によって報告されている。さらに、本誌中には大阪市立大学の熊井久雄教授による大根島

の淡水レンズについての講演内容が掲載されており、これらの結果も参照した記述がなされている。このように大根島の淡水レンズについては地下水利用に関して詳しい観測がなされているが、公表されたデータは少なく、また淡塩境界の挙動や地下水の年代についての検討はなされていない。

淡水レンズの動態観測

1. 観測機器と観測方法

今回行われたボーリング(径 66 mm)は、標高約 6.3 m の地点で深度 GL-60.10 m までオールコア掘削された(第 1 図)。その上で GL-26.3 m (TP-20 m)までは地下水の観測のために外径 90 mm、内径 75 mm で掘削し、適当な間隔に穴を開けたケーシングを入れて仕上げられた。

観測井は 1998 年 9 月に完成し、温度・塩分の垂直分布の測定を何回か行った。その結果、地下水面は TP+20~30 cm の高さにあること、深度約 16 m (TP 約-9.3 m)から約 26 m (TP 約-19.3 m)までの約 10 m 間で塩分はゼロから約 24 PSU まで急激に上昇し、それより深いところでは緩やかに塩分が上昇するかあまり変化はしないこと、また、このように淡水から塩水への移行部(塩分漸移層)での塩分の変化に比べると、水温は塩分漸移層でも大きな変化はしないことがわかった。なお、この掘削では玄武岩層を貫いてその下位の砂礫層にまで達したが、井戸の仕上げの段階で底がやや埋まったために、玄武岩層より下位の水質については測定することができなかった。その後、著者らのグループは島根県西部の江の

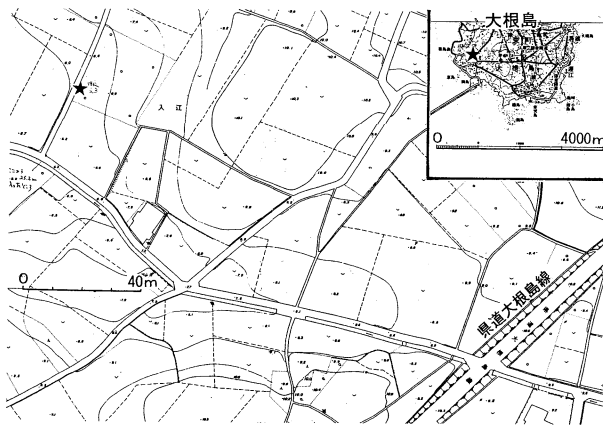
\* 島根大学総合理工学部地球資源環境学教室  
\*\* 島根大学名誉教授、徳岡汽水環境研究所  
\*\*\* 北陸先端科学技術大学院大学情報科学専攻博士課程  
\*\*\*\* 徳岡汽水環境研究所(平成 12 年度島根大学総合理工学部地球資源環境学科卒業)  
\*\*\*\*\* 愛媛大学大学院理学研究科修士課程(平成 12 年度島根大学総合理工学部地球資源環境学科卒業)  
\*\*\*\*\* 産業技術総合研究所海洋資源環境研究部門  
\*\*\*\*\* 鶴見精機株式会社



写真1 観測用に仕上げられたボーリング孔と水位センサ



写真2 マルチCTセンサーの設置作業



第1図 大根島におけるボーリング位置

川において塩水湖上の観測とともに、地下に貯留された塩水とその上位の淡水との間の淡塩境界についても観測井を設置して長期連続観測を行うようになった。そのために井戸用の観測機器（井戸用マルチCTセンサ：温度・塩分、および地下水位を連続測定）の開発がおこなわれ、観測がなされた（徳岡ほか、2001）。

このマルチCTセンサは海洋での水温・塩分測定用の投下式測器であるXCTDをベースに開発された温度・電気伝導度（塩分）を連続測定するシステムで、XCTDプローブを改造したセンサ5つをケーブルでつなぎ、5分間隔で測定できるようにしたものである。この機器を用いて、上記の観測井で連続観測を2000年3月1日～4月4日に行った（写真1および2）。データの収録は井戸の囲いに近接してパソコンをおいて行った。この観測に先立って、水質の垂直分布を知るためにYSIナノテック社XL600を用いて2000年2月4日に、また観測終了後の同年5月26日と6月9日にも測定を行った。後の2回は後述するトリチウム濃度測定の水採取に係って行ったものである。

## 2. 水質の垂直分布

YSI水質計を用いて深度1mごとの温度・塩分についての観測を2000年2月4日、5月26日、6月9日に行った。結

果をそれぞれ第2, 3, 4a, 4b図に示す。

1998年度の水質観測結果でも認められたように淡水の厚さは約10mで、それより下位では塩分が急に増加する帯が厚さ約10mで存在している。それより下位では塩分は緩やかに下位に向かって上昇している。また、水温の変化は塩分の変化と比較すると著しく小さい。このような傾向は3回の観測とも共通している。

## 3. 淡水レンズと下位の塩水層との境界部の動態についての連続観測

井戸用マルチCTセンサを2000年3月1日に設置して4月4日まで連続観測を行った。水位計（圧力センサ）と温度・電気伝導度センサ5個をケーブルで繋いだ装置を第5図の位置に設置した。設置位置を決める際に、潮汐による変動が最大数10cmまでであることを考慮し、塩分漸移層中に各センサが位置するようにした（第2図参照）。

2000年3月1日～4月4日のマルチCTセンサによる5層準での温度・塩分および地下水位の連続観測結果を中海湖心観測所における水位データ（国土交通省出雲工務事務所による）と合わせて第6-1～6-4図に示し、その特徴を以下に述べる。

### (1) 月単位でみた変動

a. 中海湖心観測所における水位変動（国土交通省出雲工務事務所による；第6-1図）

潮汐による規則的な変化が記録されている。水位変動の日変化の幅は約20cm程度である。またこの1ヶ月間での変動幅は最大で50cm程度である。

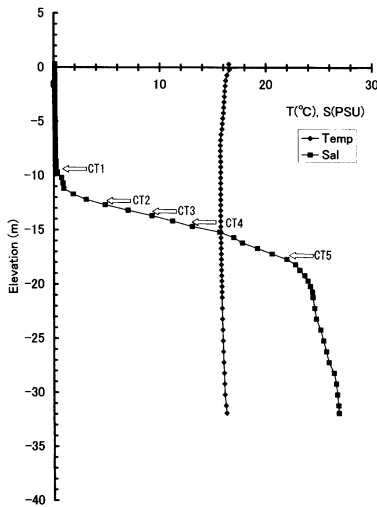
b. 地下水位の変動（第6-2a図）

日変化は認められない。しかし、1ヶ月単位で見ると、全体として中海湖心における水位変動と調和的で、その変位幅もほぼ同じ程度であることがわかる。この地点での地下水位は中海の水位変動と連動している。この間の雨量は、多い時で20mm程度であり（第6-2b図）水位変化への影響は見られない。

c. CTセンサ1～5における井戸内水温変化（第6-3図）

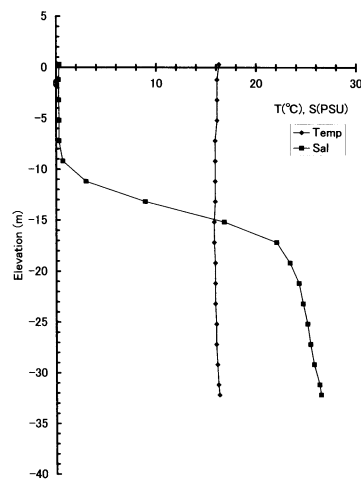
淡塩境界部に5つのセンサT1～T5が上から3, 1, 1, 3 m (TP-9.24 m, -12.24 m, -13.24 m, -14.24 m, -17.24 m)の間隔で設置されていて、温度変化を記録している。温度分

大根島入江 T 井戸 (2000.02.04)



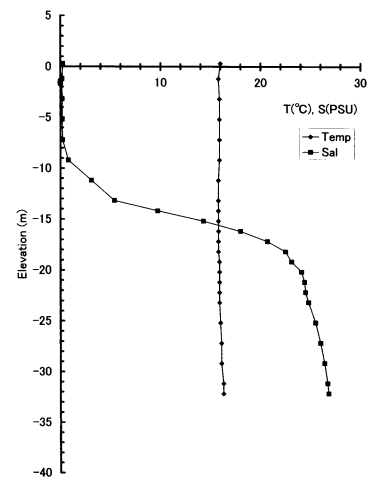
第 2 図 観測井における温度・塩分の垂直分布 (2000 年 2 月 4 日, CT 1~CT 5 は連続観測用に設置したセンサの深度を示す. 第 5 図を参照)

大根島入江 T 井戸 (2000.05.26)



第 3 図 観測井における温度・塩分の垂直分布 (2000 年 5 月 26 日)

大根島入江 T 井戸 (2000.06.09)



第 4 a 図 観測井における温度・塩分の垂直分布 (2000 年 6 月 9 日)

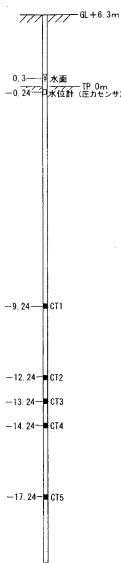
解能は  $0.01^{\circ}\text{C}$  であるが, センサ毎のこの精度での絶対値比較はできない. 全体として深くなる(塩分が大きくなる)にしたがって水温が僅かに上昇していると言えるのみである. T 3 と T 4 で水温が逆転している(下位のほうが温度が低く記録されている)のは, 上に述べた標準値校正の差によるものと判断される. 淡塩境界部 (T 1 は淡水中であるので除く) では上部 (T 2) で変動幅が大きく, 下部 (T 5) がこれに次ぎ, 中部 (T 3 と T 4) では変化が小さい傾向が認められる.

d. CT センサ 1~5 における井戸内塩分変化 (第 6-4 図)

この CT センサでは, 塩分測定は水温と同時にされる. 塩分分解能は  $0.01 \text{ PSU}$  である. 観測された塩分変化幅は  $0 \sim 20 \text{ PSU}$  と大きく, 全体として深くなるにしたがって塩分が上昇している. 淡塩境界部 (S 1 は淡水中であるので除く) では上部 (S 2) で変動幅が大きく, 下部 (S 5) がこれに次ぎ, 中部 (S 3 と S 4) では変化が殆どないことが認められる. これは上記の水温変化と同じ傾向である.

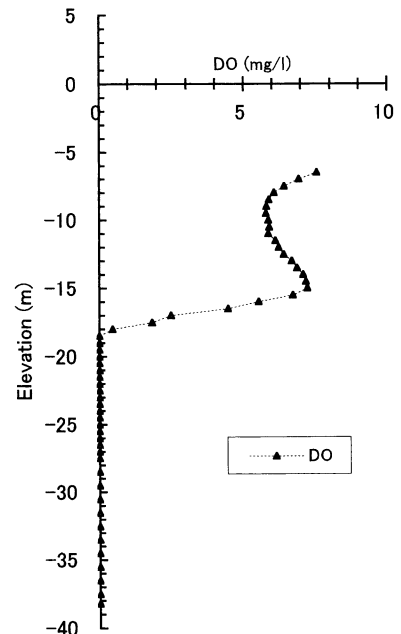
(2) 日単位でみた変動

前述したように第 6-1 図と第 6-2 a 図を比較すると, 月単位での地下水位変化は中海の潮位変動と調和的であったので, 潮位変化が大きい記録を選んで, 日単位の変動について検討した. その代表的なものは, 3 月 3~5 日, 15~17 日, 23~25 日 (いずれも潮位が上昇する時) および 4 月 1~3 日 (潮位が下降する時) に記録されており, その変化の特徴を以下に



第 5 図 観測井における水位計と CT センサの設置位置

大根島入江 T 井戸 (2000.02.04)

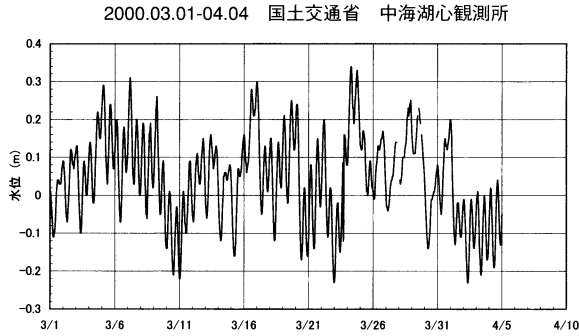


第 4 b 図 観測井における DO の垂直分布 (2000 年 2 月 4 日)

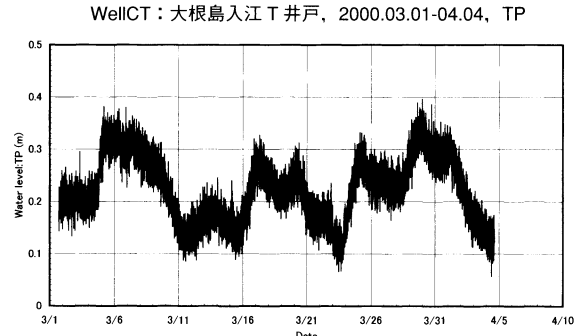
示す. なお, 温度・塩分の変化については, CT 1 は常に淡水中にあること, また CT 3 と CT 4 の変化は小さいことから除外し, CT 2 と CT 5 についてのみを図示する.

a. 2000 年 3 月 3~6 日 (潮位が上昇; 第 7-1, 7-2, 7-3, 7-4 図)

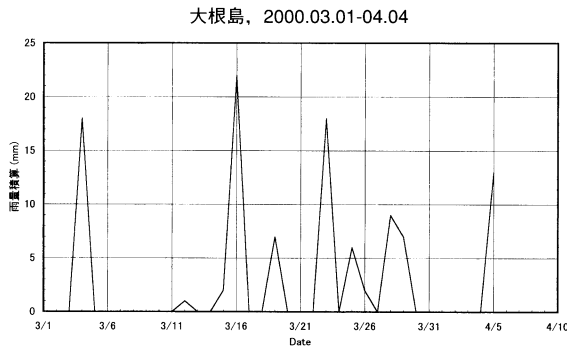
3 日午前から 5 日早朝にかけての中海での水位の上昇 (第 7-1 図) は地下水位の上昇 (第 7-2 図) と全体的に調和的であるが, 1 日 2 回の潮汐は地下水位には表れていない. 3 月 4



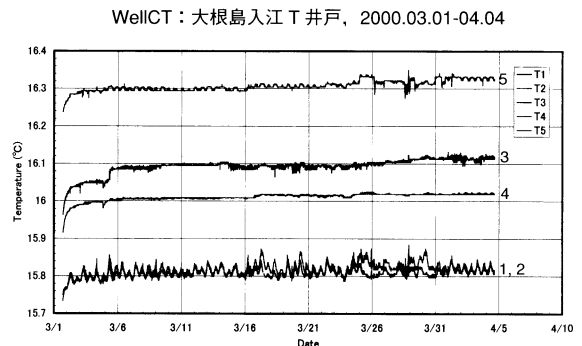
第6-1図 中海湖心観測所における中海の水位変動(2000年3月1日~4月4日, 国土交通省出雲工事事務所の資料による)



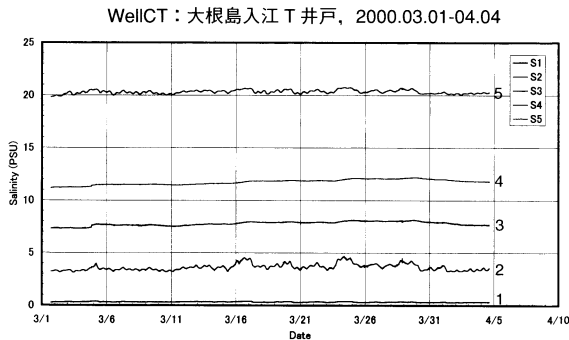
第6-2a図 観測井における地下水位の変動(2000年3月1日~4月4日)



第6-2b図 大根島における降水量(2000年3月1日~4月5日, 八束町の資料による)



第6-3図 観測井における5層準での温度の変動(2000年3月1日~4月4日)



第6-4図 観測井における5層準での塩分の変動(2000年3月1日~4月4日)

日における全体的な地下水位上昇は、中海の水位上昇よりも数時間遅れている。一方、塩分変化(第7-4図)は、中海の水位変化と調和的で細かな形状もよく似ており、ピーク位置のずれは塩分変化が約2時間遅れていることを示している。温度変化(第7-3図)も塩分と同様に変化傾向は似ており、約6時間遅れて連動している。

b. 2000年3月15~17日(潮位が上昇; 第8-1, 8-2, 8-3, 8-4図)

15日午前から17日0時にかけての中海での水位の上昇(第8-1図)は地下水位の上昇(第8-2図)と全体的には調和的であるが、上記と同様に細かな潮汐は表れていない。塩分

変化(第8-4図)は、上記と同様に中海の水位変化と連動して約2時間遅れている。温度変化(第8-3図)も同様に約6時間遅れて連動している。

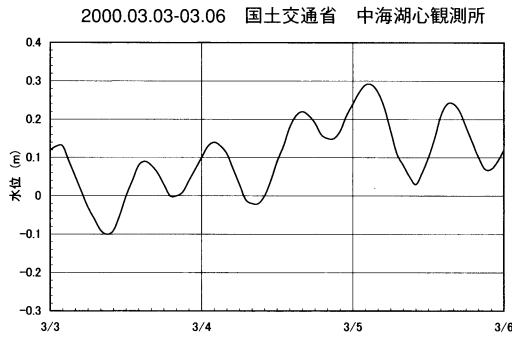
c. 2000年3月23~25日(潮位が上昇; 第9-1, 9-2, 9-3, 9-4図)

23日昼から24日昼にかけての中海での水位の上昇(第9-1図)は地下水位の上昇(第9-2図)と全体的には調和的で、上記と同様に細かな潮汐は表れておらず、24日から25日にかけての上昇は、中海水位の全体の上昇よりも10時間程度遅れているように見える。塩分変化(第9-4図)および温度変化(第9-3図)は、24日の最も大きなピークで見ればそれぞれ約2時間および約6時間遅れて連動している。

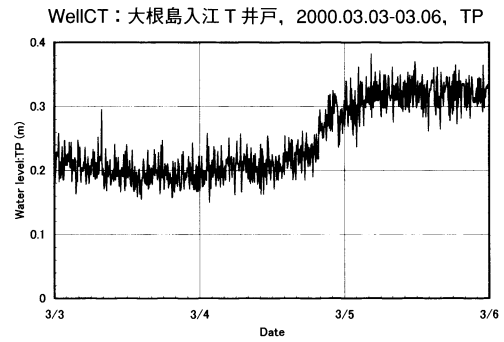
d. 2000年4月1~3日(潮位が下降; 第10-1, 10-2, 10-3, 10-4図)

地下水位(第10-2図)は1日未明から4日にかけて単調に低下しているが、中海の水位が1日未明に急激に低下していることとは一致していない(第10-1図)。しかし、塩分(第10-4図)と温度(第10-3図)は、1日未明の中海水位ピークからそれぞれ約2時間および約6時間遅れて連動している。

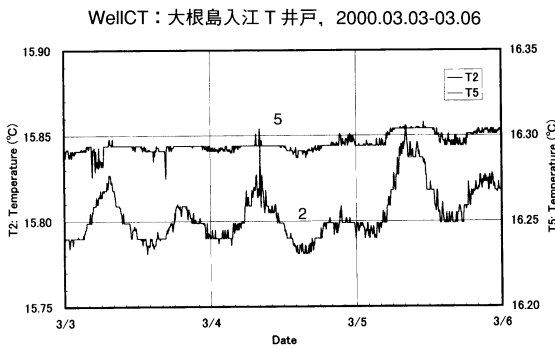
以上、a~d.で共通している特徴は、「大根島地下水(ここでは島の縁辺から約400m離れた位置であり、中心ではない: 第1図)の淡水/塩水境界付近の塩分および水温は、中海の水位変化に連動してそれぞれ約2時間および約6時間遅れて変化する。中海の水位が上がると塩分と水温はいずれも増加する」ことである。地下水位に1日2回の潮汐変化が表



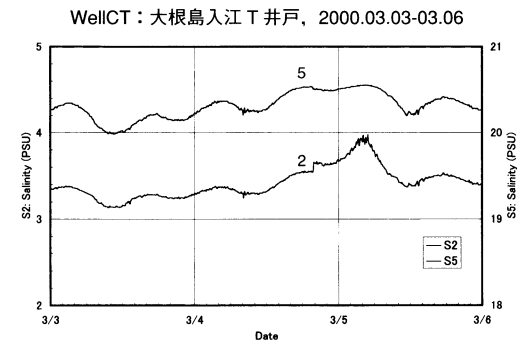
第7-1図 中海湖心観測所における中海の水位変動(2000年3月3日~5日, 国土交通省出雲工事事務所の資料による)



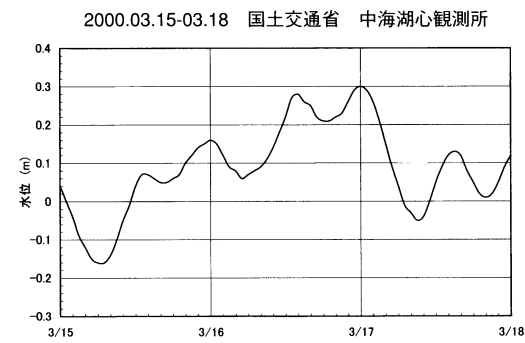
第7-2図 観測井における地下水位の変動(2000年3月3日~5日)



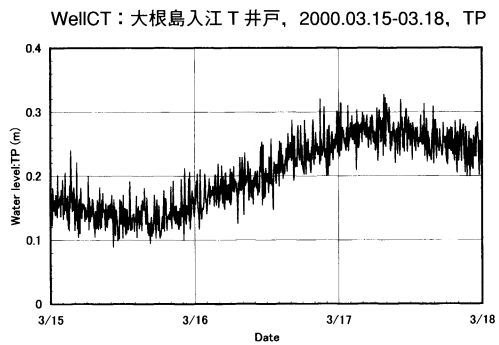
第7-3図 観測井における2層準での温度の変動(2000年3月3日~5日)



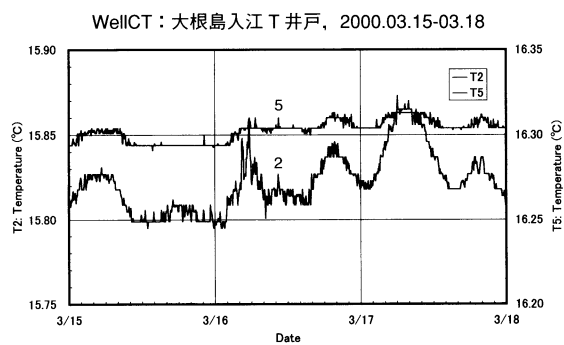
第7-4図 観測井における2層準での塩分の変動(2000年3月3日~5日)



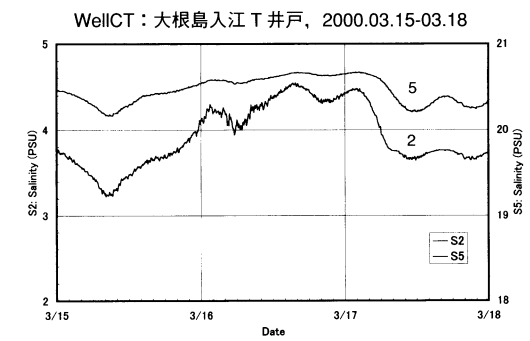
第8-1図 中海湖心観測所における中海の水位変動(2000年3月15日~17日, 国土交通省出雲工事事務所の資料による)



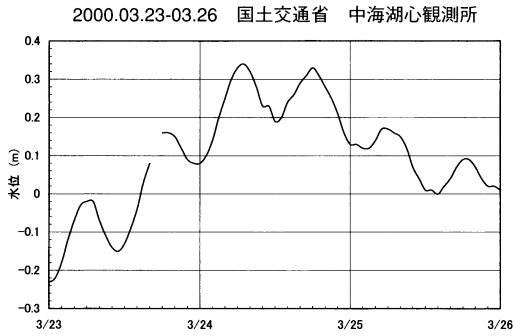
第8-2図 観測井における地下水位の変動(2000年3月15日~17日)



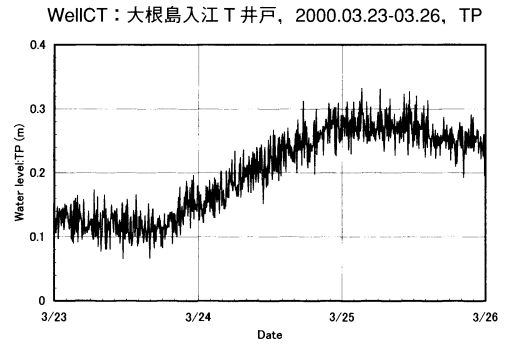
第8-3図 観測井における2層準での温度の変動(2000年3月15日~17日)



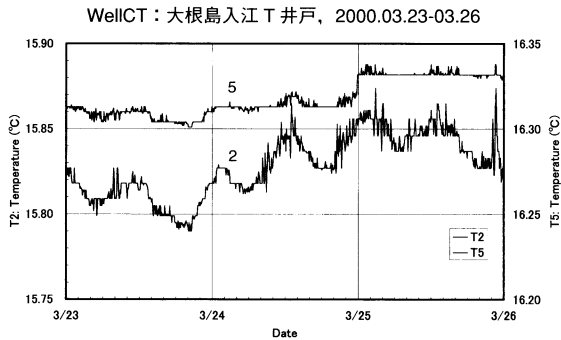
第8-4図 観測井における2層準での塩分の変動(2000年3月15日~17日)



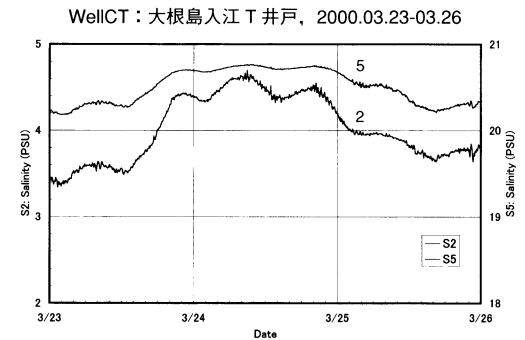
第9-1図 中海湖心観測所における中海の水位変動(2000年3月23日~25日, 国土交通省出雲工事事務所の資料による)



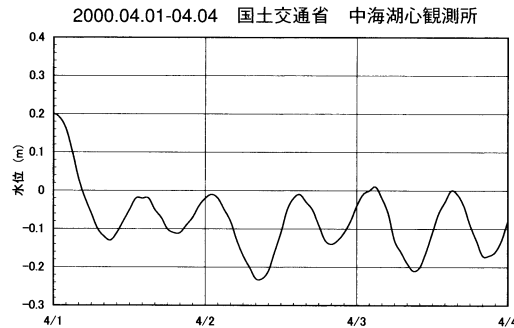
第9-2図 観測井における地下水位の変動(2000年3月23日~25日)



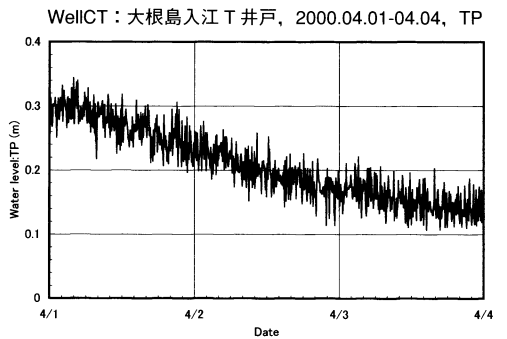
第9-3図 観測井における2層準での温度の変動(2000年3月23日~25日)



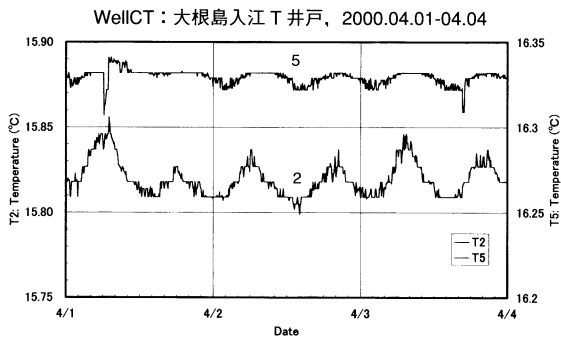
第9-4図 観測井における2層準での塩分の変動(2000年3月23日~25日)



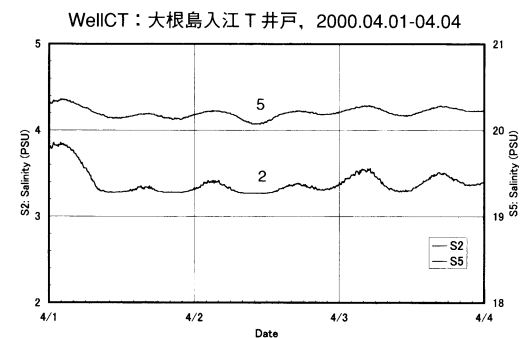
第10-1図 中海湖心観測所における中海の水位変動(2000年4月1日~3日, 国土交通省出雲工事事務所の資料による)



第10-2図 観測井における地下水位の変動(2000年4月1日~3日)



第10-3図 観測井における2層準での温度の変動(2000年4月1日~3日)



第10-4図 観測井における2層準での塩分の変動(2000年4月1日~3日)

れず平滑化されてしまうのは、淡水レンズ内の鉛直流動がスムーズではなく、淡水レンズの側方への変形によって吸収されてしまうからかもしれない。また、水温よりも塩分の運動遅れが短いのは、淡水レンズの下の塩分漸移層内に側方の流れが伴うためと考えられる。このことはトリチウム濃度と併せて考察する。

地下水のトリチウム濃度

1. 観測井戸におけるトリチウム濃度測定用水試料の採取

観測井における水試料の採取は離合社製井戸用採水器を用いて2000年5月26日および6月9日に行った。水試料の採取は11層準で行い、採取試料の一部を用いて、その場で水

第1表 大根島地下水トリチウム濃度測定用採水試料の水質データ(2000.6.9)

深度 (m)GL	Temp. (°C)	Sal. (PSU)	COND (mS/cm)	DO (mg/l)
7.0	16.9	0.14	0.27	9.7
11.0	16.9	0.16	0.27	8.2
16.0	16.6	0.24	0.42	7.2
20.0	16.3	7.77	11.20	-
22.0	16.3	13.90	19.40	5.1
24.0	16.2	21.00	27.80	3.7
26.0	16.2	22.40	29.60	1.1
30.0	16.4	23.80	31.40	0.9
34.0	16.4	24.90	32.70	1.8
38.0	16.4	25.70	33.50	2.0
38.7	16.3	25.80	33.60	1.3

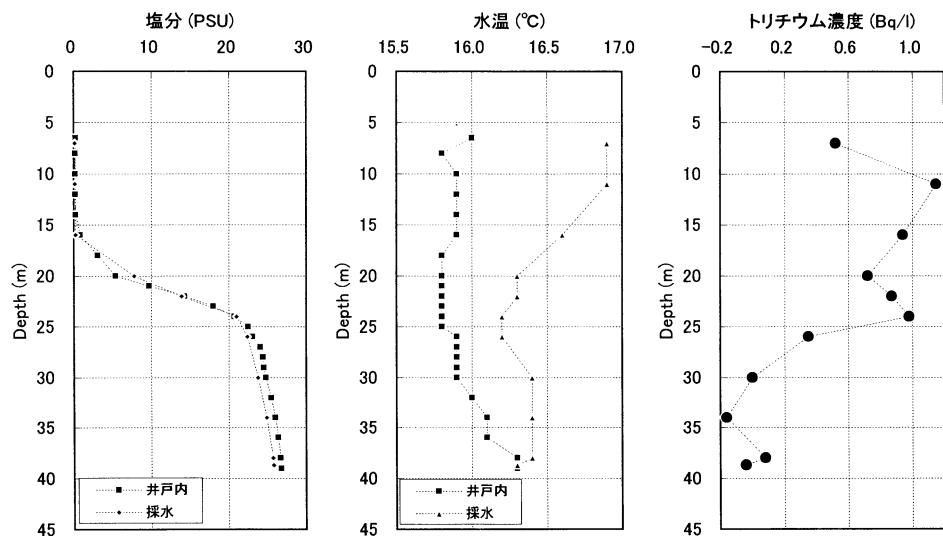
第2b表 大根島井戸水質の直接測定結果(2000.2.4)

深度 (m)GL	Temp. (°C)	Sal. (PSU)	COND (mS/cm)	DO (mg/l)
6.0	16.5	0.12	0.21	7.6
6.5	16.6	0.11	0.19	6.9
7.0	16.4	0.12	0.21	6.4
7.5	16.2	0.12	0.21	6.1
8.0	16.2	0.12	0.21	5.9
8.5	16.1	0.12	0.21	5.8
9.0	16.1	0.12	0.21	5.8
9.5	16.1	0.12	0.22	5.9
10.0	16.0	0.13	0.22	5.9
10.5	16.0	0.13	0.23	5.9
11.0	16.0	0.14	0.24	6.1
11.5	15.9	0.14	0.25	6.2
12.0	15.9	0.14	0.25	6.7
12.5	15.8	0.15	0.26	6.7
13.0	15.7	0.17	0.29	6.9
13.5	15.7	0.17	0.29	7.1
14.0	15.7	0.17	0.29	7.2
14.5	15.7	0.17	0.29	7.2
15.0	15.7	0.22	0.37	6.7
15.5	15.8	0.22	0.38	5.5
16.0	15.8	0.34	0.57	4.5
16.5	15.7	0.74	1.20	2.5
17.0	15.7	0.87	1.41	1.8
17.5	15.7	0.94	1.52	0.5
18.0	15.7	1.84	2.86	-
18.5	15.7	3.06	4.62	-
19.0	15.7	4.86	7.12	-
19.5	15.7	7.01	10.04	-
20.0	15.7	9.27	12.95	-
20.5	15.8	11.21	15.44	-
21.0	15.8	13.08	17.83	-
21.5	15.8	15.65	21.00	-
22.0	15.8	16.97	22.68	-
22.5	15.8	17.79	23.68	-
23.0	15.8	19.22	25.39	-
23.5	15.8	20.59	27.07	-
24.0	15.8	21.99	28.24	-
24.5	15.8	22.81	29.70	-
25.0	15.8	23.21	30.14	-
25.5	15.8	23.67	30.75	-
26.0	15.8	23.97	31.10	-
26.5	15.9	24.20	31.37	-
27.0	15.9	24.39	31.61	-
27.5	15.9	24.44	31.69	-
28.5	15.9	24.60	31.91	-
29.5	15.9	24.76	32.10	-
30.5	15.9	25.16	32.56	-
31.5	16.0	25.44	32.92	-
32.5	16.0	25.70	33.24	-
33.5	16.0	25.95	33.58	-
34.5	16.1	26.43	34.18	-
35.5	16.1	26.64	34.44	-
36.5	16.1	26.74	34.60	-
37.5	16.2	26.85	34.81	-
38.2	16.3	26.89	34.89	-

-: under the detection limit

第2a表 大根島井戸水質の直接測定結果(2000.6.9)

深度 (m)GL	Temp. (°C)	Sal. (PSU)	COND (mS/cm)
6.5	16.0	0.24	0.40
8.0	15.8	0.17	0.29
10.0	15.9	0.18	0.29
12.0	15.9	0.18	0.31
14.0	15.9	0.23	0.39
16.0	15.9	0.80	1.31
18.0	15.8	3.10	4.76
20.0	15.8	5.40	7.91
21.0	15.8	9.73	14.00
22.0	15.8	14.30	19.50
23.0	15.8	18.00	24.00
24.0	15.8	20.70	27.20
25.0	15.8	22.50	29.30
26.0	15.9	23.10	30.70
27.0	15.9	24.10	30.30
28.0	15.9	24.40	31.60
29.0	15.9	24.50	31.70
30.0	15.9	24.80	32.20
32.0	16.0	25.50	33.00
34.0	16.1	26.00	33.00
36.0	16.1	26.40	34.20
38.0	16.3	26.70	34.70
39.0	16.3	26.80	34.30



第11図 観測井におけるトリチウム濃度測定用試料採取時の温度・塩分垂直分布およびトリチウム濃度(2000.6.9)

第3表 大根島地下水のトリチウム濃度

測定No.	試料名	採取日	深度 (mGL)	水温 (°C)	塩分 (PSU)	計測時間 (min.)	計数値 (cpm)	net計数値 (cpm)	誤差 (cpm)	<sup>3</sup> H濃度 (Bq/l)	誤差 (Bq/l)
1	DJ-1	2000/6/9	7.0	16.9	0.14	987	0.729	0.050 ± 0.038		0.524 ± 0.389	
2	DJ-2	2000/6/9	11.0	16.9	0.16	987	0.789	0.110 ± 0.039		1.152 ± 0.397	
3	DJ-3	2000/6/9	16.0	16.6	0.24	987	0.769	0.090 ± 0.039		0.943 ± 0.394	
4	DJ-4	2000/6/9	20.0	16.3	7.77	987	0.799	0.067 ± 0.039		0.723 ± 0.402	
5	DJ-5	2000/6/9	22.0	16.3	13.90	987	0.813	0.081 ± 0.040		0.874 ± 0.404	
6	DJ-6	2000/6/9	24.0	16.2	21.00	987	0.823	0.091 ± 0.040		0.982 ± 0.405	
7	DJ-7	2000/6/9	26.0	16.2	22.40	987	0.764	0.032 ± 0.039		0.345 ± 0.398	
8	DJ-8	2000/6/9	30.0	16.4	23.80	987	0.732	0.000 ± 0.039		0.000 ± 0.393	
9	DJ-9	2000/6/9	34.0	16.4	24.90	987	0.717	-0.015 ± 0.038		-0.162 ± 0.391	
10	DJ-10	2000/6/9	38.0	16.4	25.70	2964	0.752	0.007 ± 0.022		0.078 ± 0.230	
11	DJ-11	2000/6/9	38.7	16.3	25.80	2964	0.741	-0.004 ± 0.022		-0.044 ± 0.229	

質測定を行った。また各層準での採水のたびごとに、ただちにYSI水質計によってその層準の水質を測定した。また、採水によって乱れた水構造が回復するのに充分と考えられる時間(約6時間)において水質の垂直分布の測定を行った(第3, 4a図)。その結果, 5月26日の採水では一部に混合が起こった可能性があることから, 6月9日の採水のみについてトリチウム濃度の測定を行うこととした。6月9日の採水の水質データを第1, 2a表および第11図にまとめて示す。

## 2. トリチウム濃度測定

トリチウム(三重水素)は, 大気中で宇宙線により生成され水の形で存在する。半減期12.3年でベータ崩壊するため, 初期値が明らかであれば原理的にはトリチウム濃度から水の年代を知ることができる。しかし実際には, 水は新しいものと古いものが混合することが多く, また, 降水の初期値も変動があり, 加えて1960年代前半の核実験の影響がまだにあるため(1962-1965年のトリチウム濃度ピーク: Bomb tritium; 今泉ほか, 2000), よほど条件が良くなければ年代を決定することは難しい。したがって, 本報告ではトリチウムの濃度の相対的な差を中心に議論する。

トリチウム濃度の測定は以下の手順に従った。

- (1) 試料は, 冷暗所に静置して浮遊物を沈殿させた後, 上澄み液100mlを分取し, 蒸留管中で110°Cで全量を蒸留した。
- (2) 試料を良く振って混合した後, ホールピペットで8mlをWallac社製Quantulus 1220専用容器に分取し, これにシンチレータ(シンチゾールEXH: ㈱和光試薬)を12ml加えた。
- (3) 十分に混合させた後, トリチウムスタンダード水(社団法人日本アイソトープ協会より購入したものを14.9 Bq/l(2000.6.9)に希釈)およびバックグラウンド水(松江温泉新泉源・お湯かけ地蔵前から採取した。掘削深度は1250mで, お湯の大半は1160~1180mからとっている。貯水層は成相寺層の流紋岩である)とともに, 島根大学汽水域研究センターのWallac社製Quantulus 1220により, 一試料につき50分を20回繰り返して測定した(試料No.10と11は計数値が低かったため60回とした)。なお, 解析にあたっては<sup>14</sup>C等のベータ線の影響を除くため, 計数ウインドウは50-250 chとした。

## 3. 大根島地下水のトリチウム濃度

トリチウム濃度測定結果を第3表に示す。全体に計数誤差

が0.022~0.040 cpmと大きく, 試料の正味計数値が-0.162~0.110 cpmで3σを越えたものがないが, 全体の傾向について議論したい。この井戸の塩分・水温プロファイルと共にトリチウム濃度プロファイルを第11図に示した。GL-7.0m(0.14 PSU)から-16.0m(0.24 PSU)間の淡水層でのトリチウム濃度は, 0.52~1.15 Bq/lとバラついており, -7.0mで最も低く-11.0mで最も高い。またGL-20.0m(7.77 PSU)から-24.0m(21.00 PSU)の塩分漸移層では, 0.72~0.98 Bq/lの狭い範囲にある。さらにGL-26.0m(22.40 PSU)から-38.7m(25.80 PSU)の高塩分層では, 下位に向かってほぼゼロにまで減少する。

淡水層中でトリチウム濃度に変化があることは淡水レンズ内の鉛直混合があまり速くないことを示唆している。また, 下位の高塩分層内でGL-30.0mから-38.7m間の濃度がゼロ付近にあることは, この高塩分層が安定して古いことを示唆している。一方, 中位の塩分漸移層では塩分の混合によるトリチウム濃度の低下が見られないので, 塩水が下方の古い塩水層から来ているのではなく, 新しい塩水が側方から混入して来ている可能性を示す。第4b図で, 塩分漸移層内においてDOが減少することは, この側方からの塩水が中海中~下層の貧酸素水であることを示唆する。なお, 松江市の降水トリチウム濃度年平均値は, 1980年の2.3 Bq/kgから1984年の1 Bq/kgまで単調に減少しており, その後は0.7 Bq/kg程度の値となっている(江角, 1988, 1989, 1991)。

これらトリチウム濃度測定結果と前述の中海水位変化・井戸内水位変化・井戸内水温/塩分変化とはつじつまがほぼ合っている。すなわち, 井戸内水位変化に1日2回の潮汐変化が表れず, 平滑化された全体的な水位変化が潮汐から数時間遅れて表れることは, 淡水層(淡水レンズ)内での上下移動速度がそれほど速くないことを示し, トリチウム濃度が均一でないことと調和的である。また, 塩分漸移層内の塩分変化が中海水位変化に約2時間遅れて明瞭に連動することは側方移動を伴って塩分が変化することを示唆し, 新しい塩水が混合している(トリチウム濃度がそれほど低くない)ことと合致する。さらに, 水温が中海水位変化から約6時間遅れて連動することは, 大根島地下水の側方の水温変化はあまり大きくなく鉛直変化のほうが大きいため, 側方の流れの後に鉛直の流れの影響が大きくなる時間帯に水温が明瞭に変化するのではないかと推察される。さらに, 塩分・水温が2~6時間の遅れで連動することは, 大根島の地下構造が全体に高い



透水性を有することを示す。

### ま と め

- (1) 井戸内の塩分は、GL-6.5 m～-16.0 mでは0.17～0.80 PSUであり淡水層を示し、-18.0 m～-25.0 mでは3.10 PSUから22.5 PSUまで下位に向かって急勾配で増加し(塩水漸移層)、-26.0 m～-39.0 mでは23.1 PSUから26.8 PSUまで緩やかに増加する(高塩分層)。一方、水温は、淡水層から塩水漸移層内では、15.8～16.0℃のほぼ一定の値をとるが、高塩分層では下位に向かって15.9℃から16.3℃まで緩やかに増加する。
- (2) 井戸内の水位は、月単位で見れば中海水位変動と同様の傾向を示すが、数時間以上遅れて変化する。日単位で見れば、井戸内の水位変化には1日2回の潮汐は表れない。一方、塩分・水温には1日2回の潮汐変化が明瞭に表れ、それぞれ約2時間および約6時間遅れて中海水位変化に連動する。
- (3) トリチウム濃度は、淡水層では0.52 B～1.15 Bq/l間でバラついており、塩水漸移層では0.72～0.98 Bq/lの狭い範囲にある。高塩分層では下位に向かってほぼゼロにまで減少する。塩水漸移層のトリチウム濃度が高いことは、側方から新しい塩水が混入したことを示唆する。

### 謝 辞

この観測にあたって、場所を提供していただいた橋 房男・橋 祥朗の両氏にはその後の地下水観測においても多大の御協力をいただいた。津森邦昭氏には地下水用の井戸を仕上げ

るのに大変お世話になった。1998年度の観測においては岩田昭夫氏(当時、株式会社シマダ技術コンサルタント)にはいろいろと御教示をいただいた。トリチウム濃度の測定にあたっては鳥根大学汽水域研究センター長の高安克巳教授にクワンタラスの使用を許可していただき、同センターの吉田洋子氏には水試料の蒸留および同機による計測をしていただいた。また、国土交通省出雲工事事務所には中海湖心観測所の水位データの提供を受け、八束町からは、大根島での雨量観測データの提供を受けた。

これらの方々・機関に記してお礼申し上げます。

### 文 献

- 今泉眞之・小前隆美・二平 聡, 2000, 東京都における被圧地下水の涵養機能—長期間のトリチウム濃度変化による涵養機能評価—, 応用地質, **41** (2), 87-102.
- 江角周一, 1988, 鳥根県下のトリチウム濃度(1988年度)鳥根県衛生公害研究所報, **30**, 109-113.
- 江角周一, 1989, 鳥根県下のトリチウム濃度(1989年度)鳥根県衛生公害研究所報, **31**, 117-119.
- 江角周一, 1991, 鳥根県下のトリチウム濃度(1991年度)鳥根県衛生公害研究所報, **33**, 101-103.
- 中国四国農政局, 1999, 「農業利用に係わる技術的事項の調査結果(地下水対策編)」, 53 p.
- 中海干拓堤防施工管理研究委員会, 1992, 中海干拓堤防施工管理研究委員会報告書, 農業土木学会, 193 p.
- 鳥根県, 1985, 鳥根県の地質, 646 p.
- 徳岡隆夫・三瓶良和・上野博芳・西村清和・須崎 聡・松田滋夫・久保田俊輔・鈴木重教・池田龍彦, 2001, 江の川の塩水楔—塩水湖上とその上流の地下塩水との関係—(1999年12月～2000年2月). LAGUNA(汽水域研究, 鳥根大学汽水域研究センター), 8号, 67-78.
- 和田温之, 1986, 大根島, 「日本の地下水」(地球社), 641-643.

(受付: 2001年12月10日, 受理: 2001年12月17日)