

## 出雲平野第四紀層中の地下水

山内靖喜\*<sup>1</sup>・三梨 昂\*<sup>1</sup>・小林治郎\*<sup>2</sup>・  
甲斐国臣\*<sup>2</sup>・酒井紀士夫\*<sup>2</sup>・増井 貴\*<sup>3</sup>・浜崎 晃\*<sup>1</sup>

Ground water in the subsurface Quaternary  
sediments in the Izumo Plain, Shimane Prefecture, Japan.

Seiki YAMAUCHI, Takashi MITSUNASHI, Haruo  
KOBAYASHI, Kuniomi KAI, Kishio SAKAI, Takashi MASUI  
and Akira HAMASAKI

### I. はじめに

出雲平野(別名 簸川平野)への人口の集中, 工業団地の建設, 中海・宍道湖淡水化中断などによって, 今後, 水の需要が増加することが考えられる。これに伴って, 経済的に安価に, しかも比較的容易な工法でおこなえる地下水の利用の増加が予想される。しかし, 無秩序に地下水を利用すれば地盤沈下などの被害が生じるのは関東平野などでの経験から明らかである。そのため, 関東平野や新潟平野をはじめ全国の多くの平野では, 地下水の実態を調査・観測し, 積極的に地下水を管理している。

他方, 出雲平野地下の地質についてまだ不明な点も多く, ましてや地質条件に大きく規制される地下水の実態についてはこれから調査すべき問題が多く残されている。近い将来に地下水の利用が増加することが予想される現時点において, 出雲平野における地下水に関して, 地下の地質をはじめ, 帯水層, その通り道, 流量, 水質などを調査・観測することは, 回り道のように見えるが, 合理的に地下水を管理し, 利用するために必要なことであり, それによって, 利用可能な地下水量も把握される。このために, 各自自治体や公共団体だけでなく, 民間企業などが保有する地下水に関する資料を, 系統的に集約することも必要である。

このような立場にたつて, 最近, 筆者らは出雲平野中央部の地下水に関する2つの調査に関与した。一つ

は, 島根県による試掘, 既存の井戸水の水質調査, および既存資料の収集である。2番目は, 筆者らが行なった電気探査である。これらの調査結果に筆者らが収集してきたボーリング資料を加えて, まとめたものを以下に報告する。

本論をまとめるにあたって, 島根県企画課, 同出雲農林事務所, 建設省出雲工事事務所および同斐伊川管理事務所は資料を提供下さった。島根大学理学部化学教室の橋谷教授は水質分析について御教示下さった。また, 地質教室の坂 靖範・湊 浩一郎・卜部厚志・木村 忍・橋尾宣弘・鬼頭 剛・佐目元昭・永島嗣治・山田将史の諸氏は電気探査をお手伝い下さった。

なお, 本研究を進めるに当たって, 文部省科学研究補助金「中海・宍道湖の環境変化に関する研究」(一般研究A, 課題番号60400009, 代表:三梨 昂)の研究費を使ったことを明記し, 関係者に謝意を表する。

### II. 出雲平野地下の地質

第四紀層の入れ物をなす新第三紀層は, 地表では出雲平野と宍道湖の南北両側の山地と丘陵に広く分布し, 平野の地下では2,000m以上の厚さをもつものと推定される。直江より西方の出雲平野地下では, 新第三紀層は一つの大きな向斜構造を作っており, 第四紀層の直下には厚さ300~1,000mの砂岩と泥岩~シルト岩の互層があるものと推定される。

他方, 直江より東方では, 新第三紀層は小さな向斜褶曲と背斜褶曲を伴いながら全体として大きな向斜構造をなしている。直江~宍道湖西岸の出雲平野東部の地下では, 第四紀層の直下の新第三紀層は泥岩~シルト岩からなる。

\*1 島根大学理学部地質学教室

\*2 地質計測株式会社

\*3 シマダ技術コンサルタント株式会社

第四紀層は、平野中央で30~80mの厚さをもつ(山内ほか, 1988)。南北両側はやや急な斜面で境され、幅広い底をもち、ほぼ東西に細長く延びた鍋状の器を埋め立てている。しかし、この器の底は、凹凸に富み(山内ほか, 1989)、宍道湖西岸で標高-30m(以下、標高は略する)、大社湾岸部で-80m前後と、西に向かって緩く傾斜している。

既存のボーリング資料に今回新たに入手した資料を加えて出雲平野中央部における第四紀層基底面の構造を再検討した(第1図)。それによると、基盤の高まりが出雲市今市町本町付近から北西に張り出しており、その北側に深い谷地形が東西に延びている。この基盤の高まりにはいくつもの小さな谷がみられるが、大塚町から一畑電鉄大和紡前駅付近に向けて深い谷が切り込んでいる。また、出雲市萩野町程原付近には基盤の高まりが北西-南東に延びている。

第四紀層は、上部の完新統と下部の更新統からなる。本地域の更新統は弓ヶ浜層と安来層からなる。弓ヶ浜層は基底面の谷部に厚く分布するが、安来層は-20~-25mと-10~-15mにみられる平坦面上にだけ分布する(山内ほか, 1988)。弓ヶ浜層は、直江以東の出雲平野東部では、一般に10m以下の厚さをもち、大部分は粘土層からなるが、しばしば上位の完新統に侵食されて存在しないことがある。他方、直江以西の出雲平野西部では、弓ヶ浜層は25~50mの厚さをもち、斐伊川が西流していたときの河道跡と神戸川沿いでは、厚さ20m以上の砂礫層からなると予想されている。

上部の完新統をなす中海層の厚さは、宍道湖西岸で約30m、直江北方から大社湾沿岸にかけての地域で40~50mである。中海層は、直江以東の出雲平野東部では、地表下0~2mに厚さ数~10m以上の砂層を伴い、その下位は厚さ10~30mの粘土層からなる。直江以西では、中海層は主に厚さ40m前後の砂層からなるが、平野の南北両縁近くでは、厚さ10m以上の粘土層が分布する。また、斐伊川が西流していたときの河道沿いの地域では、厚さ数mの泥炭層と粘土層が分布することがあり、出雲市平野町付近の菱根池跡に広くみられる。

### Ⅲ. 地質状況からみた地下水

一般に、平野部の地下水としては、上位の第四紀層中のものと、下位の岩盤の裂か中のものとが考えられるが、出雲平野中央部では、地下数100mの岩盤は主に泥岩ないし砂岩泥岩互層からなると推定されるので(山内ほか, 1988)、地下数100mの範囲内では優良な

裂か水は期待できない。そのため、今回は第四紀層中の地下水について検討する。

第四紀層中の地下水には、上部の完新統中のものと下部の更新統中のものがある。良い帯水層となる厚い砂層あるいは砂礫層が更新統中に期待できるのは斐伊川町神立付近より西方である。神立以西の出雲平野中~西部の地下には、第四紀層下部の更新統は25~50mの厚さをもち、斐伊川が西流していたときの河道跡と神戸川の河道沿いの地下では、岩盤の直上に厚い砂~砂礫層が分布する可能性が大きく、優良な帯水層が期待される(山内ほか, 1988)。とくに、出雲市萩野町から高岡町・矢野町をへて白枝町に至る地域には、更新統の砂礫層が厚く分布すると推定されるので、平野町南部の新内藤川北岸で試掘井\*が掘られた。その結果については、地質断面図(第2図)に基づいてのべる。

この地域では、第四紀層は70m前後の厚さをもち、優良な帯水層が地表下8~20m以浅と約38~46m以深とに2層確認された。浅い帯水層は、地表下2~6mから8~20mの間に広く分布する更新統の砂層である。この砂層は、しばしば下位の粘土~シルト層を谷状に侵食しているため、その厚さは5~20mと変化する。また、出雲平野の北縁をなす北山山塊に近づくるとシルト~粘土層を多く含むようになる。この砂層は、約350年前以前に斐伊川が西に向かって流れていたときの堆積物であり、含まれる地下水は伏流水の一種と考えられる。

深い方の帯水層は、更新統の砂層と砂礫層からなり、-55m以深に分布し、10~10数mの厚さをもつ。この砂・砂礫層は第四紀層が岩盤を谷状に侵食している部分に厚く発達しており(第2図)、試掘井付近ではほぼ東西に延びているものと推測される。

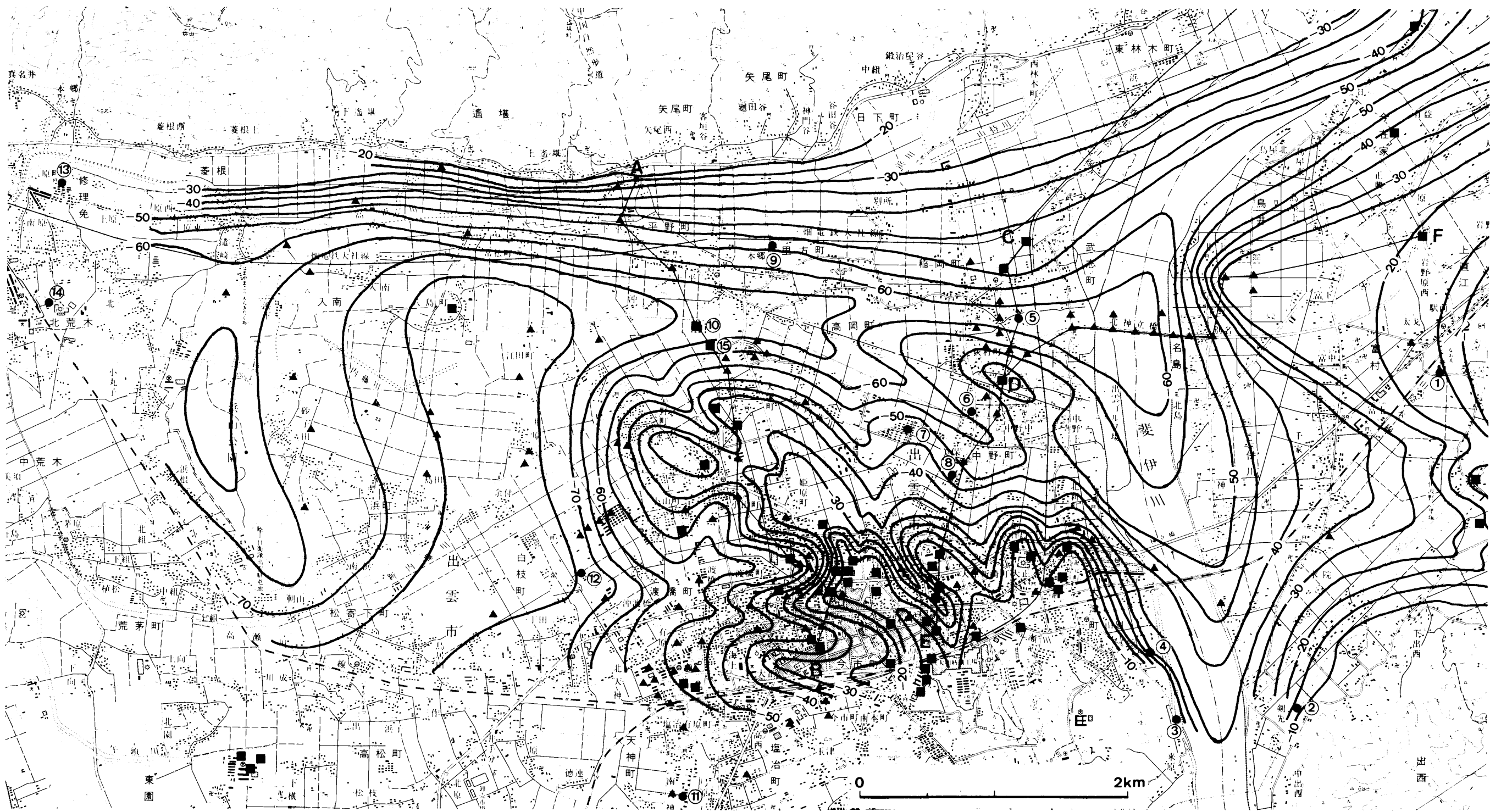
この地下水は試掘孔で自噴していることから、明らかに被圧されており、電気検層の結果も、完新統の砂層と更新統の砂礫層がともに良い帯水層であることを示している(第1表)。

第1表 電気検層の結果

(単位 Ωm)

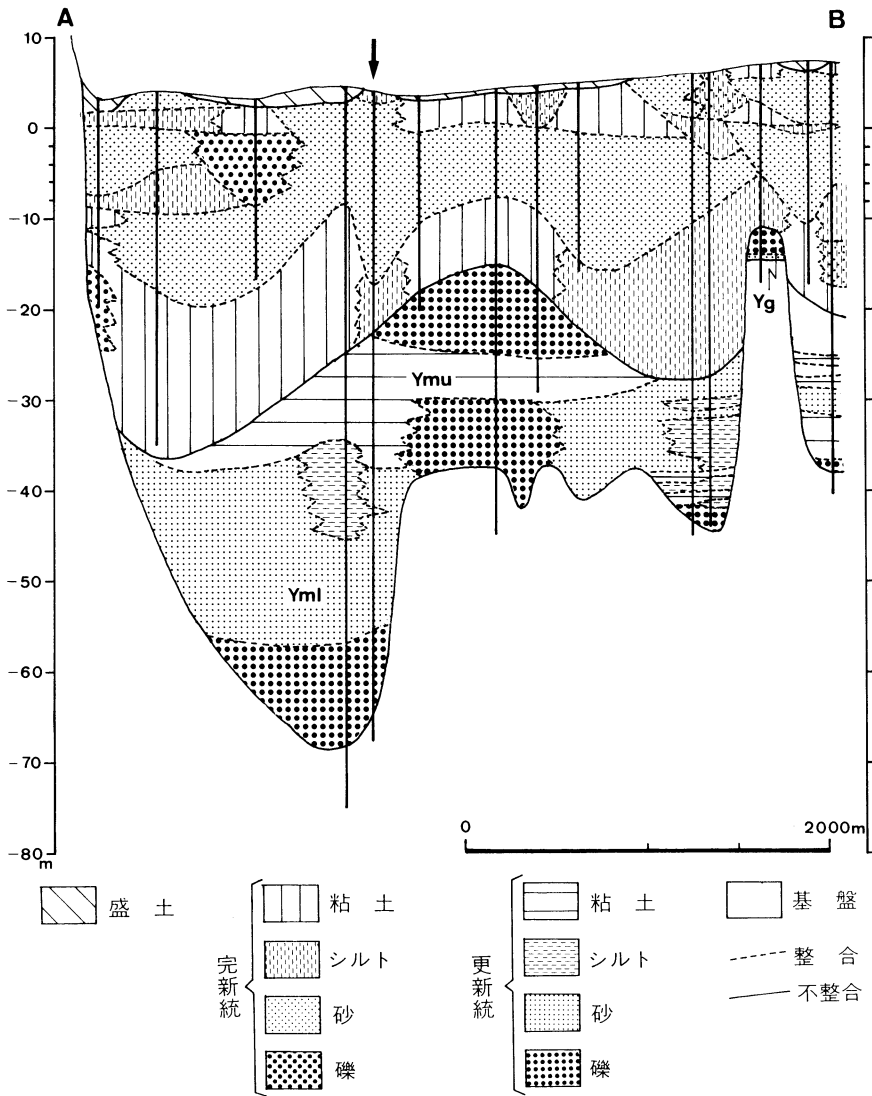
時代	堆積物	short	long
完新統	砂	2~30	6~150
	粘土	0.05~8	0.1~30
更新統	砂・砂礫	20~80	100~350

\*このコアは島根大学地質教室に保管されている。



第1図 出雲平野中央部の第四系基底等深線図

■：基盤に達したボーリング資料，▲：基盤に達しないボーリング資料，●：更新統の地下水を水質分析した井戸（⑮は今回、島根県による試掘井）  
 本図を作成するにあたって、建設省中国地方建設局出雲工事事務所（1975）、松田（1985）、米子工業高等専門学校（1985）、および山内ほか（1988）を参考にした。



第2図 試掘井を通る地質断面図

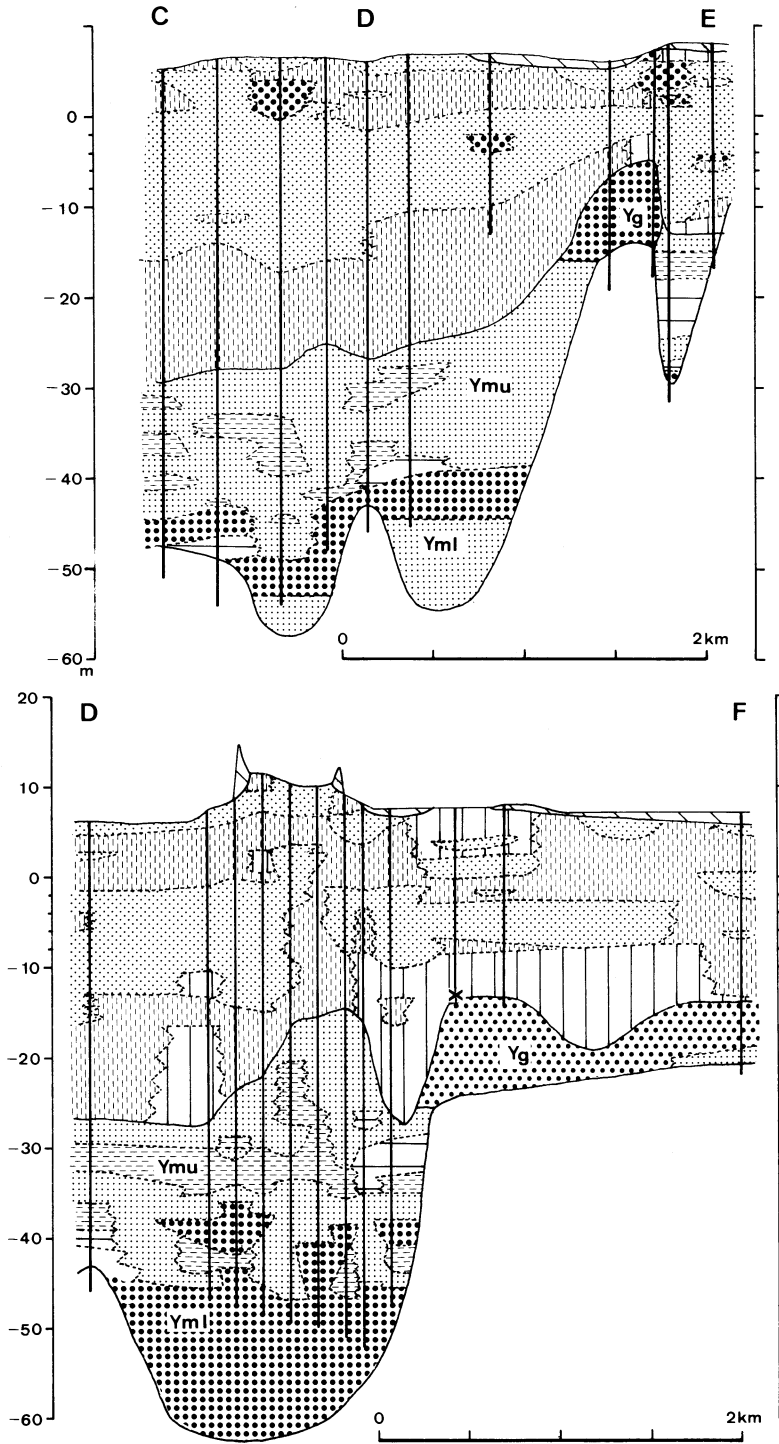
矢印は試掘井を示す。断面図の位置は第1図中に示してある。

更新統の砂・砂礫層について行った揚水試験の結果では、試掘井の口径がφ66mmと小さいために、本試掘井限界揚水量は606.0l/min (872.6m<sup>3</sup>/day) 以上であることしか判明しなかった。また、606.0l/minで7日間の揚水試験を行った際に、上位の完新統中の地下水位は変化しなかったことから、試掘井付近では2層の帯水層の地下水は明瞭に区別されているといえよう。

なお、水質検査の結果では、本試掘井の地下水は鉄

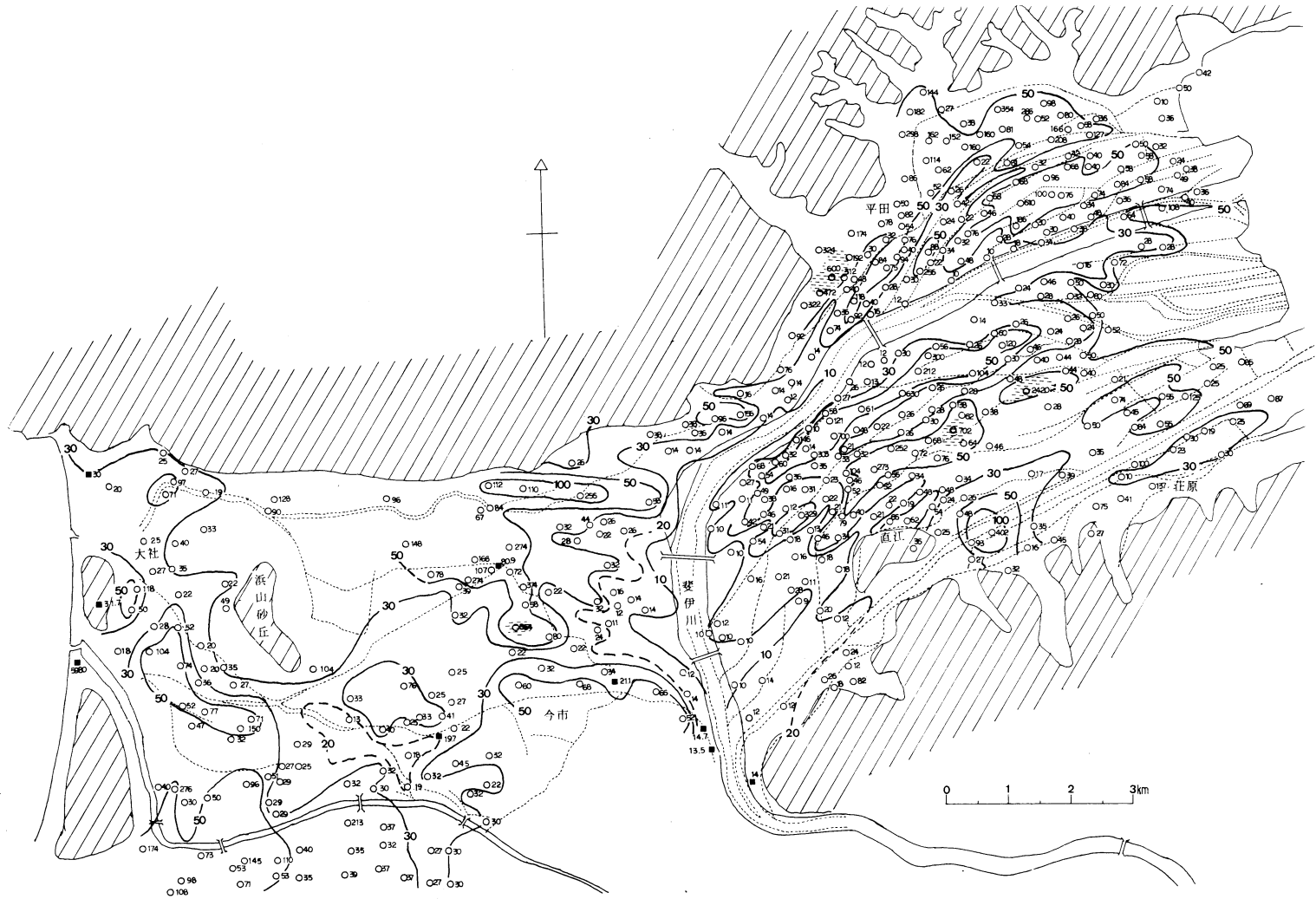
の含有量が多いためこのままでは、飲料水には適さないことを示している。この鉄の問題については、他の井戸水の水質検査の結果と比較して述べる。

更新統の砂礫層の東方への延長をボーリング資料でみると、北神立橋東500m付近で砂礫層は基盤にアバットしている(第3図DF)。本層は、北神立橋の北方にも厚く分布しているが、武志駅北側ではシルト層を多く挟むようになる(第3図CDE)。さらに、直江



第3図 更新統下部の砂礫層の分布形態を示す断面図

断面図の位置は第1図中に示してある。凡例は第2図に従う。断面図DF中のX印は、 $6920 \pm 90$  B. P. Y. の放射年代値（林, 1982）が報告されている層準。



第4図 完新統の地下水の塩素イオン濃度分布図

●：本島（1962）の基礎資料，■：今回の分析値。

点線は明治32年測図の「今市」と「杵築」にみられる河川を，横細破線の部分は著しく濃度の高い地域を示す。

一平田間の断面図(山内ほか, 1989)では, 砂礫層は厚さ2~3m以下になり, 更新統は厚さ10~20mの粘土層からなるので, 更新統下部の厚い砂礫層は斐川町鳥井付近で粘土層に漸移するものと考えられる。

#### IV. 第四紀層中の地下水の化学的性質

##### 1. 塩素イオン濃度分布からみた地下水

更新世と完新世において, 出雲平野は海水域ないし汽水域になった時期が幾度もあり(大西, 1985), この第四紀層は海水ないし汽水性の環境に堆積した地層を多く伴なう。そのため, この第四紀層中の化石水は塩素イオンを多く含んでいると考えられる。また, メタンガスが多く溶存していることから, この第四紀層はかなり有機物に富むものであることが推定される。

今回, 現在使用されている井戸について, 島根県環境公社で水質検査を行なった。また, かつて, この地域で天然ガス鉱床の調査に伴って井戸水の分析がなされ(本島, 1962), その分析の基礎資料が地質調査所に残されていた。この分析の測点数が非常に多いため, この資料を入手して, 両方の資料に基づいて出雲平野の地下水の化学的性質を検討した。

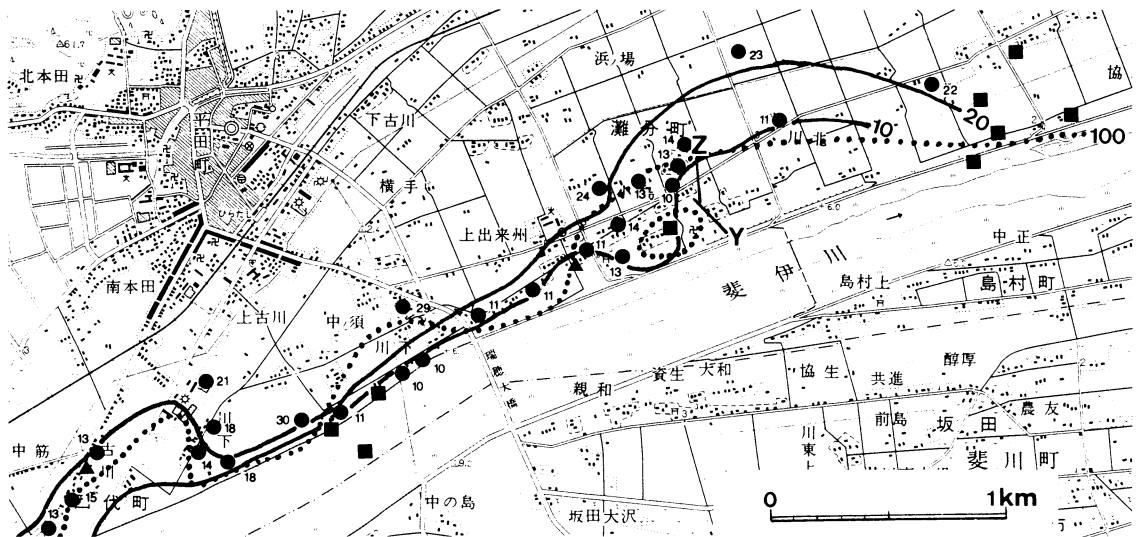
両者の分析は, 同じ地下水でも, その調査対象が新

鮮な水とメタンガスと異なるため, 分析項目にかなりの違いがみられる。一般に, 海水や汽水からなる化石水が, 地表から浸透してきた酸素を含む地表水によっておき換えられると, 塩素イオン濃度が低くなる。そこで, 良い水質の地下水の指標の一つとして, 地下水の塩素イオン濃度分布について述べる。

本島(1962)は井戸の深さを10mに分けて塩素イオン濃度のコンターを描いている。しかし, 先に述べたように滞水層は完新統中と更新統中に別かれて存在するので, 完新統と更新統に分けて塩素イオン濃度分布図を作成した。この区分は, 山内ほか(1988), 大西・松田(1985)の資料, および新たに作成した断面図に基づいて行った。

##### 1) 完新統中の地下水

現在の斐伊川流域では, 完新統中の井戸水の塩素イオン濃度は, 斐伊川沿いと斐伊川から枝状に延びた地域で低い値を示し, 高濃度の地域がそれらに挟まれて島状に分布する(第4図)。その典型が平田市と斐川町北部にみられる。これらの地域は, 斐伊川が東流した後の河道跡に当たり, それらに挟まれるように高濃度の地域が島状に分布する。また, 斐伊川西岸の中野町から高岡町にかけての地域は, 微高地の分布から,

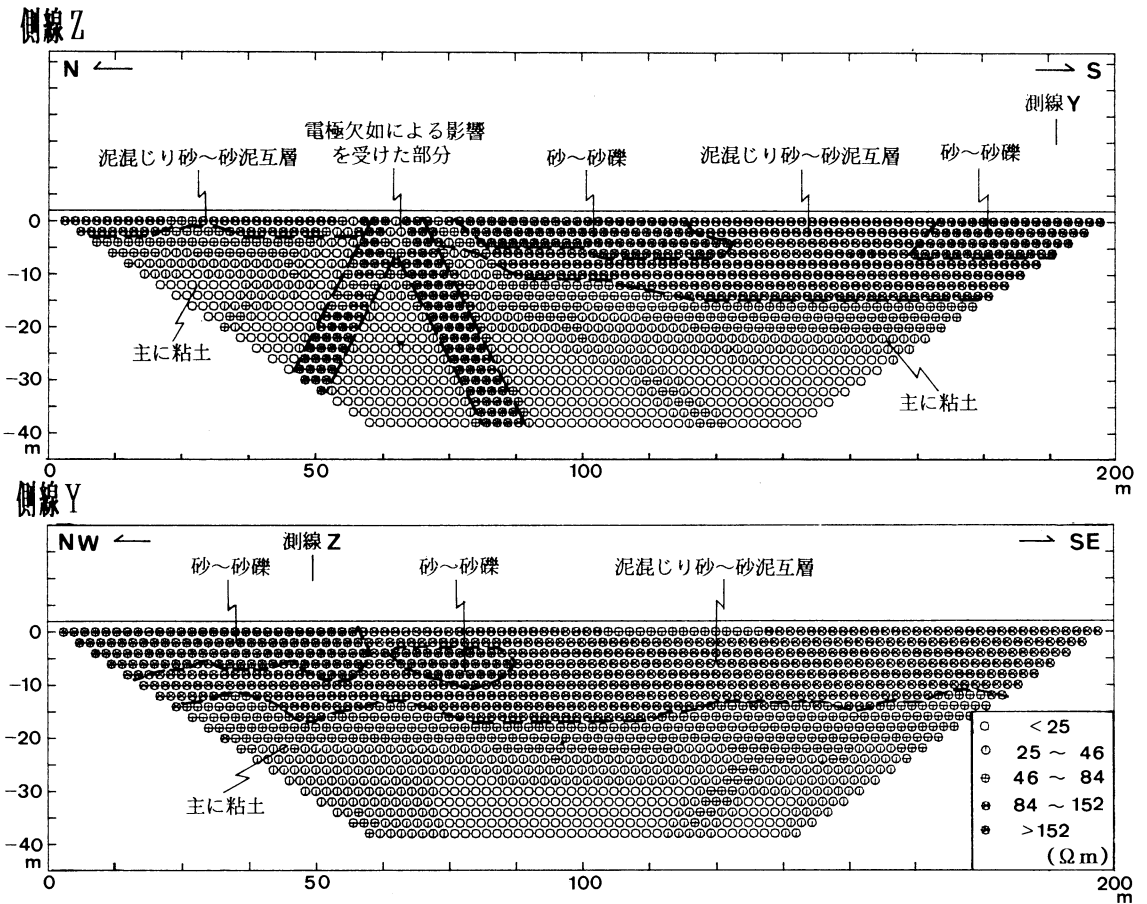


第5図 平田市小島地区周辺の井戸水の塩素イオン濃度と電気伝導度の分布図

実線は塩素イオン濃度のコンター(単位 mg/l), 破線は電気伝導度の100 $\mu$ S/cmのコンター。

- : 塩素イオン濃度と電気伝導度を測定した井戸。
- ▲: 塩素イオン濃度が微量な井戸。
- : 電気伝導度のみ測定した井戸。

調査した井戸はすべて完新統から地下水を汲み上げている。



第6図 平田市小島地区での高密度比抵抗電気探査による比抵抗階級分布断面図

電気探査の測線の位置は第5図中に示してある。電気探査は、電極配置ウエナー法、電極間隔2m、探査深度40mで行った。

1635年以前に斐伊川が西流していたときの河道の一部に当るものと考えられる。

河道跡の代表例を斐伊川北岸の平田市小島地区で詳細に調査した。明治32年測図の地形図によれば、この地域では斐伊川から小さな支流が分流しており、塩素イオン濃度の30mg/lのコンターの形は、この支流跡に沿って枝状に延びている(第4図)。今回、より多くの測点で井戸水の塩素イオン分析を簡易分析法で行い、本島(1962)の調査当時と同じ傾向が現在もみられることを確認した(第5図)。また、現在の井戸水について、水中の全イオン濃度を反映する電気伝導度の分布傾向をみると、100 $\mu$ S/cm(18℃)のコンターの形は塩素イオン濃度(第5図)の20mg/lのコンターの形とよく一致している。

塩素イオン濃度と電気伝導度が低い値を示す旧河道

を横断するように行なった高密度比抵抗電気探査の結果(第6図)では、河道沿いの地域には、厚さ8m以下の砂~砂礫層が地表付近にレンズ状に存在することが判明した。

神戸川流域では、斐伊川流域とやや異なった濃度分布を示している。すなわち、神戸川が出雲平野に流れ込む塩治町南町から妙見山にかけての神戸川沿岸では、塩素イオン濃度はむしろやや高い値を示す。他方、塩治町南町と出雲高松駅付近を結ぶ線に沿って低い塩素イオン濃度が分布する。この低い濃度の地域に沿って微高地が分布すること(林, 1982)と古文書(出雲市役所, 1951)から、神戸川がかつて流れていた河道跡と考えられる。

以上をまとめると、河道跡の地域には透水性の良い砂~砂礫層が分布し、塩素イオンを多く含んだ化石水





第7図 更新統の地下水の塩素イオン濃度分布図  
 ●：本島（1962）の基礎資料，■：今回の分析値  
 直江以東は分析値が少ないためコンターを入れない。

は、浸透してきた新鮮な地下水あるいは伏流水によって置き換わっている。しかし、それ以外の地域では、未だ多くの化石水が残っていると考えられる。とくに、平田市と斐川町の地域では、河道跡に挟まれた地域の完新統は粘土～シルト層からなるので（山内ほか、1988）、残っている化石水の割合は高いものと考えられる。

## 2) 更新統中の地下水

更新統中の井戸水の塩素イオン濃度分布で極めて特徴的なことは、直江より東側の地域には、最高9500mg/lと現在の海水に近い濃度がみられるように、全体に非常に高い値がみられることである（第7図）。この原因としては、この地域の更新統が厚さ20m前後のシルト～粘土層からなるためと考えられる（山内ほか、1988）。粘土層は透水性が極めて悪いので、一部では地下水はほとんど流動しないで、化石水が初生的な状態で残されていると考えられる。他方、低濃度を示す井戸が直江町美南付近にみられるが、この付近には更新統の安来層が分布している可能性が大きいと考えられる（山内ほか、1988）。安来層は、下部に礫層を伴っており、新鮮な地下水の流入があるためと推定される。

直江より西側の地域では、塩素イオン濃度分布は基盤の構造に規制されている。すなわち、著しく低い濃度がみられるのは、斐伊川が出雲平野に流入する斐川町出西から出雲市川跡にかけての斐伊川沿いにみられる。この地域の第四紀層の基底面上には、斐伊川上流から続く深い谷があり（第1図）、その谷は厚い砂～砂礫層で埋積されていて、斐伊川上流から多量の地下水が流入してくるためと考えられる（第3図）。

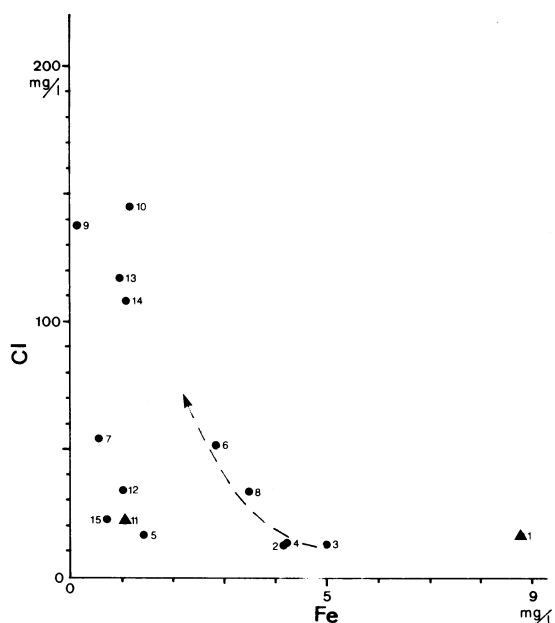
この他に、大津町から小山町にかけての地域でも、低い濃度がみられるが、この地域は出雲市市街地南部の山地から続く基盤の高まりに当たり、そこに分布する更新統は砂～砂礫層に富むので（第2図）、新鮮な地下水が比較的流入しやすい状況にあるものと考えられる。

他方、出雲市荻野町南部の基盤の高まりに挟まれた凹部、浜山砂丘東方の旧河道の蛇行部、あるいは矢野町付近の基盤の高まりの下流側など、新鮮な地下水が流れにくい部分で相対的に濃度が高くなっている。これらの中で、浜山砂丘東方の高濃度部は浜山砂丘に向かってしだいに低くなっている。これは浜山砂丘から新鮮な地下水が流れ込んで化石水をしだいに破壊しているためと推定される。また、完新統中の地下水につ

いても同じことがいえる。

## 2. 更新統内地下水の鉄

本試掘井と出雲平野で現在更新統中の地下水を汲み上げている11本の井戸水の鉄の濃度について比較した（第8図）。斐伊川が出雲平野に流れ込む神立橋上流の地下水が約4mg/lと鉄を多く含んでいるのが特徴的である。ここ以外に鉄が多く含まれるのは、斐川町上直江の井戸水であるが、この井戸は近くの山地から流れ込んできた地下水を汲み上げている可能性が高い。しかし、その他の井戸水の鉄の含有量は低い。



第8図 更新統の地下水の鉄と塩素イオンの濃度

●：斐伊川上流からの地下水が流れ混んでいると推定される井戸。

▲：斐伊川上流からの地下水が流れ混んでいないと推定される井戸。

図中の破線は斐伊川上流から移動してきた地下水が化石水と混合したときの水質の変化傾向を示す。数字は第1図中の丸数字に対応し、各井戸の位置を示す。

このことは、塩素イオン濃度の変化と併せて、次のように考えられる。すなわち、斐伊川上流から移動してきた地下水はもともと鉄を多く含んでいるのに対して、出雲平野の地下の第四紀層が初生的に含んでいた化石水中の鉄の含有量は極めてわずかである。そのため、斐伊川上流から流れてきた鉄を多く含む新鮮な地

下水は、化石水と混合すると、鉄の濃度は低くなるものと考えられる。他方、化石水は塩素イオンを多く含むため、混合した地下水の塩素イオン濃度は高くなると考えられる(第8図)。また、平野の南北両側の山地から流れ込む地下水もある。斐伊川上流からの地下水はこれらの地下水と混合した場合には、鉄と塩素イオンの濃度はかならずしも単純な傾向をもって変化はしていない。

## V. 今後の問題

出雲平野中央部の第四系中の地下水について述べてきたことをまとめ、今後の問題について以下に簡単にのべる。

完新統中の地表近くの砂層からの地下水の汲み上げ、とくに、現在の斐伊川と神戸川近くでは、現河川沿いと河道跡の伏流水が期待できる。しかし、平田市小島地区の調査で明らかのように、斐伊川沿いでは地下水の量は比較的多いが、水質は必ずしも良くない。それは、河川からの伏流水が水質の悪い水と混入するためと考えられる。その点、河道跡の砂層の伏流水は流れが良く、水質の悪い化石水と混合しないため、その水質は良い。

しかし、このような地下水を多量に汲み上げると、砂層の下位にある軟弱な粘土層中の水も吸い取ってしまい、地盤沈下をおこす可能性がある。そのため、このような地下水を汲み上げる場合には、河道跡とその周辺の浅層の堆積物の分布状況と構造をすることが必要である。

最も経済的に効率良い地下水が期待できるのは、斐川町神立付近より西の斐伊川旧河道沿いの更新統基底近くの砂～砂礫層である。そこで、この地下水を利用するについて、さらに必要な調査を下記にのべる。

1) 今回の試掘井より西方において、更新統下部の厚い砂礫層の分布形態を明らかにすることが必要である。そのために何本かの試掘井が必要である。

2) 試掘はオールコアで行い、花粉と珪藻化石の分析を行なって、堆積環境の変化を調べる。

3) 地質調査ボーリングの結果をもとに、おもな帯水層を選び、各帯水層ごとの観測井を地質調査ボーリングの周囲に掘る。観測井での水質と水位の観測は長期間行い、今後の地下水管理の基礎資料とする。

4) 地質調査ボーリングのほか、電気探査などで砂礫層の分布を調べる。

なお、これらの問題のうち、地下水の水質に関しては、筆者らが本年もさらに調査研究を進めていく予定である。

## 文 献

- 林 正久, 1982: 出雲平野の地形とその形成過程. 地域—その文化と自然, 379~388, 福武書店.
- 出雲市役所, 1951: 出雲市誌, 1006 p. 出雲市.
- 建設省中国地方建設局出雲工事事務所, 1975: 斐伊川流域地下水調査報告書, 69p. 建設省中国地方建設局出雲工事事務所.
- 松田志朗, 1985: ボーリング資料. 島根県の地質, 280~289, 島根県.
- 本島公司, 1962: 島根県松江・出雲両市付近の天然ガスについて. 地調月報, 13, 861~891.
- 大西郁夫, 1985: 第四系. 島根県の地質, 25~28, 島根県.
- ・松田志朗, 1985: 出雲海岸平野下の第四紀堆積物. 山陰地域研究, no. 1, 51~60.
- 山内靖喜・稲原克哉・大西郁夫, 1988: 出雲平野地下の第四系とその基底面の構造. 島根大学地質研報, 7, 5~12.
- ・三梨 昂・蒲田文雄・甲斐国臣・小林次郎, 1989: 高密度比抵抗電気探査による出雲平野東部の第四系の構造. 山陰地域研究, no. 5, 55~66.
- 米子工業高等専門学校, 1985: 島根県地盤図および同解説・資料編. 米子工業高等専門学校. 441p.