

武蔵野台地の段丘崖に分布する著名湧水の湧出機構の
解明とその保全ならびに環境モニターとしての機能の検討

1 9 9 3 年

新 藤 静 夫
太 田 和 寿
千葉大学 理学部

目次

I	序論	1
II	武蔵野台地の地形・地質・地下水環境	1
	1. 武蔵野台地の地形環境	1
	(1) 多摩川の河道変遷	1
	(2) 台地河川の河川地形と湧水	2
	2. 武蔵野台地の地質環境	4
	(1) 関東ローム層の水理的特性	4
	(2) 関東ローム層の間隙水の水質	5
	(3) 武蔵野礫層	9
	(4) 武蔵野礫層とその下位層との関係	10
	3. 武蔵野台地の地下水環境	10
	(1) 地下水位の変動特性	10
	(2) 不圧地下水と被圧地下水の関係	14
III	地下水環境にかかわる人為的背景	15
	1. 都市化による不浸透地域の増大	15
	2. 浅層地下水の低減要因	15
	3. 玉川上水	16
	4. 地表流出量	16
	5. 雨水浸透施設	17
	6. 湧水に關与する地下水	17
IV	流域地下水	18
	1. 調査概要	18
	2. 地下水面	19
	3. 地下水の水質	19
V	玉川上水の水質	29
VI	湧水調査	30
	1. 調査概要	30
	2. 湧水地点の地形的特徴と湧水タイプ	30
	3. 湧水量	30
	4. 湧水の水質	38
	5. 湧水の滞留時間	55
	6. 湧水の地域性	55
VII	安定同位体分析	55

1. 分析結果の概要	55
2. 湧水中に占める生活雑排水の割合	57
VII 湧水の湧出機構	58
1. 上流部湧水群	58
2. 中・下流部湧水群	59
IX 結論	63
X 参考文献	65

付表1 地下水調査結果

付表2 湧水調査結果

付表3 玉川上水調査結果

武蔵野台地の段丘崖に分布する著名湧水の湧出機構の解明と
その保全ならびに環境モニターとしての機能の検討

I 序論

この研究の対象としている湧水は課題にあるように地理的に限られた地域に分布しているが、その特質を明らかにするためには、その存在にかかわる後背の武蔵野台地の地質・地形・地下水環境について広く把握しておくことが必要である。そこでこの報告書では前半でこれまでの知見を整理するとともに、今回の調査で明らかになった次の諸点についてまとめておくこととする。

(1) 自然的背景

- ①地形環境－多摩川の河道変遷、台地河川の河川地形と湧水
- ②地質環境－降水の受け皿としての関東ローム層の特質、不圧地下水の帯水層としての武蔵野礫層、武蔵野礫層とその下位層との関係
- ③地下水環境－不圧地下水位の年間変動と経年変化、不圧地下水と被圧地下水の関係

(2) 人為的背景

- ①土地利用－都市化による不浸透地の変遷
- ②玉川上水－導水量と漏出量、水質
- ③地下水利用

II 武蔵野台地の地形・地質・地下水環境

1. 武蔵野台地の地形環境

(1) 多摩川の河道変遷

後に述べるように、武蔵野台地の地下地質は更新統中・下部から段丘礫層の直下にいたる地層群まで、概ね北北東ないし北東に向かって傾斜し、かつその方向に層厚を増している。さらに層準を異にする谷地形、つまり形成時代を異にする埋没谷も複数認められる。(新藤、1968)一方、武蔵野台地の北半部から入間台地にかけての地域には段丘礫層の下位に厚い礫層が分布している。このようなことから、これらの地層を堆積させた河川、すなわちかつての多摩川や秋川などは関東平野の中心部に向かって流れていたことが推定される。淀橋台、荏原台、所沢台、日野台などの武蔵野面より一段高い地形面をつくる地層の堆積も上記の傾向の延長として捉えられる。

これらの古多摩川などの河川群は、武蔵野礫層の堆積と軌を一つにしつつ南

遷し、さらに立川面、拜島面などの若い段丘をつくりながら現在の河道をとるに至ったものである。武蔵野台地の北部にあって北東に流れる柳瀬川、黒目川はその名残川としてよく知られているが、これらは一挙に河道を南に移したわけではなく、ある時期には複数の河川が台地上を網状に乱流していたものであろう。そのような痕跡は台地面にみる地形的特徴によく残されている。たとえば図1は本研究の対象地域の全体図であるが、図中にもそれを示唆する微地形が認められる。（国分寺市恋が窪一日立研究所構内の谷－国分寺駅南の谷は現在は湧水による谷頭侵食によって分断されているが、かつては一続きの河川地形であった可能性がある）

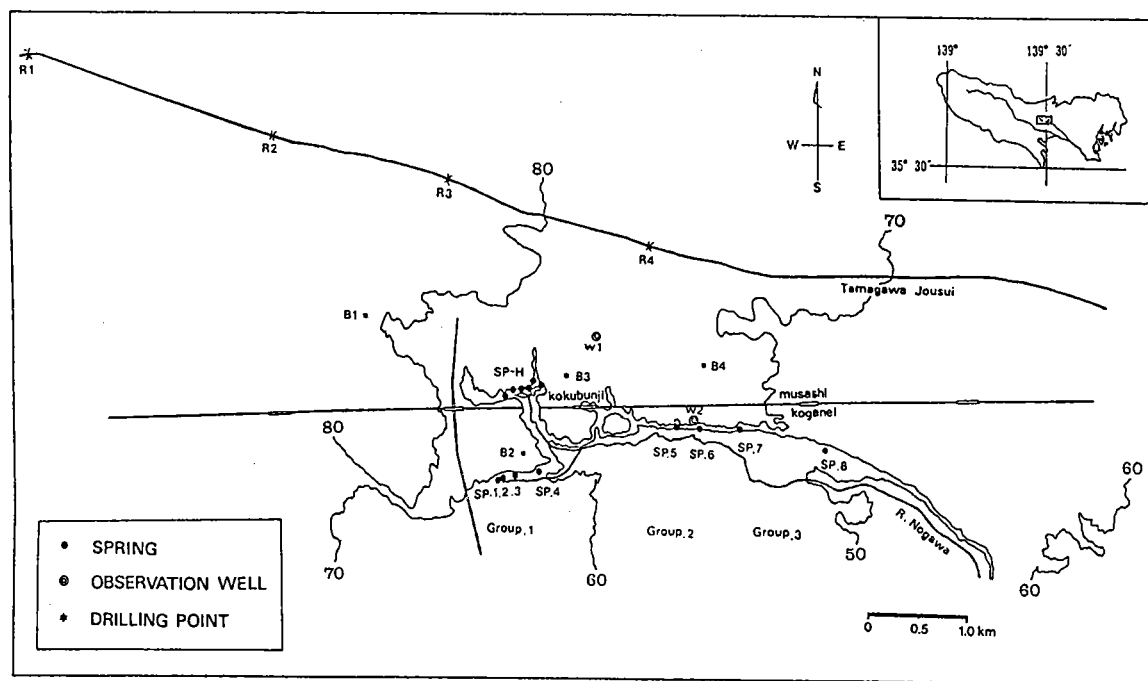


図1 研究対象地域

(2) 台地河川の河川地形と湧水

台地に水源を有する河川を台地河川と呼ぶことにする。このような河川は元々地下水の排出という役割をもって発達したわけであるから、地下水の露頭と

もいえる湧水と台地河川との関係は密接である。このような観点から武蔵野台地における台地河川を発達史的に分類するとすれば、大きく次のように分けることができる。

① 現地形対応型

現在の台地地形を初期条件としてスタートしたと考えられるもの。谷は主として湧水による谷頭侵食の後退によって伸長する。……国分寺崖線、府中崖線にみる小谷がこれにあたる。

② 古地形対応型河川

a. 扇端湧水を起源とするもの

武蔵野台地がかつては青梅市付近を扇頂部とする扇状地であったことは大方の認めるところであるが、この時期に扇状地末端部に存在していた湧水河川はその後の関東ローム層の堆積に埋もれることなく、河川であり続けた。……神田川（井之頭池）、善福寺川（善福寺池）、石神井川（富士見池、三宝寺池など）

b. 古多摩川

武蔵野台地北半部の地下には段丘礫層の下位に厚さ10メートル以上の、やや粘土質な礫層が分布している。筆者はかつてこれにA8層（Aquifer 8の略）の名を与え、その下底部の地形を図2のように画いた。ここには地下谷といえるような顕著な谷地形が認められ、かつての多摩川の流路が推定される。筆者は現在の柳瀬川、黒目川などはこれらの地形を踏襲したものと考えている。

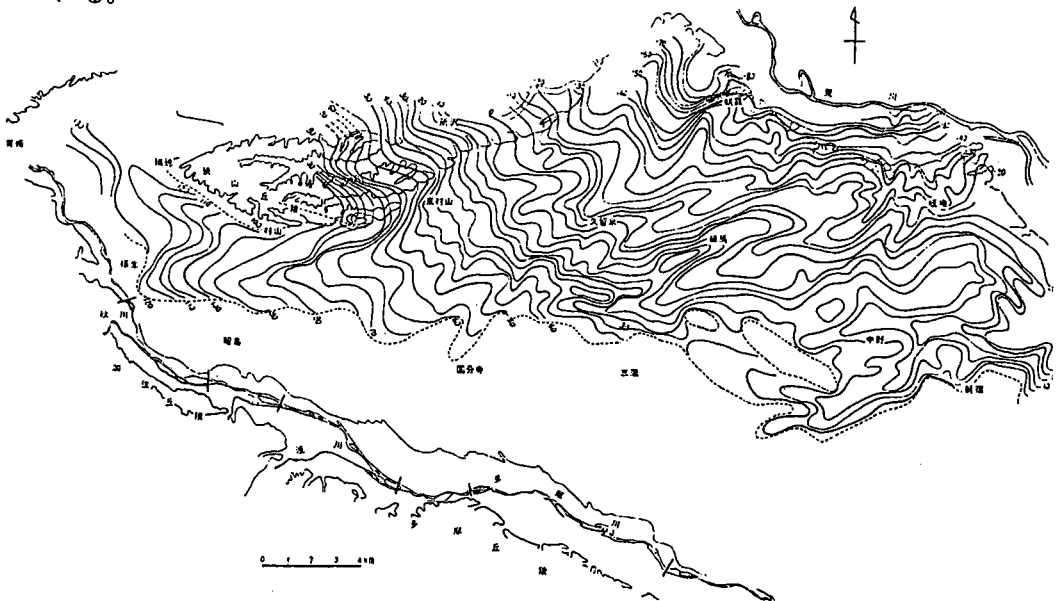


図2 武蔵野礫層下の地下地質（A8層下底部の地形）

2. 武蔵野台地の地質環境

(1) 関東ローム層の水理的特性

この地域の関東ローム層は10m前後の層厚で武蔵野台地上、ほぼ一様に分布している。地質学的には堆積時代を異にする新旧2層準のローム層、すなわち立川ローム層（上位）と、武蔵野ローム層（下位）を区分しているが、水理的性質には大きな差はないので、一括して取り扱っても問題はない。

関東ローム研究グループ(1965)、竹中(1968)などによれば、その間隙率は一般に80%と大きく、含水率も極く表層部を除いて常時44~64%の値を示し、保水性に優れた地層である。また小前(1990)は相模台地の関東ローム層について深度別に土壤水を抽出し、そのトリチウムを測定して図3の濃度プロファイルを得ている。図の右側には水爆実験開始時からの降水のトリチウム濃度も示されている。土壤水の濃度ピークは深度10m前後のところに認められ、それは1963年時の降水の濃度ピークとよく一致している。さらに土壤水の濃度プロファイルは降水のトリチウム濃度の経年変化がそのまま地中に固定されたかたちとなっている。これらの結果から降水の浸透速度を単純に計算すると100cm/year程度となり、きわめて遅いという結果が示される。

一方平田(1971)による本郷台、白山における観測によれば約8日間の降雨が地下水位に最も強く影響しているとし、比較的早い浸透成分が存在することを指摘している。

これらの一見相反する事実を矛盾なく説明するとすれば、関東ローム層は”降水の浸透に都合の良い大間隙”(Preferred pass way)と”降水の保留に都合の良い小間隙”(Matorix)からなる構造を有し、十分に湿潤な状態では前者が降水の素早い地下浸透のために機能し、乾燥状態では後者が地中水の長期間にわたる保留

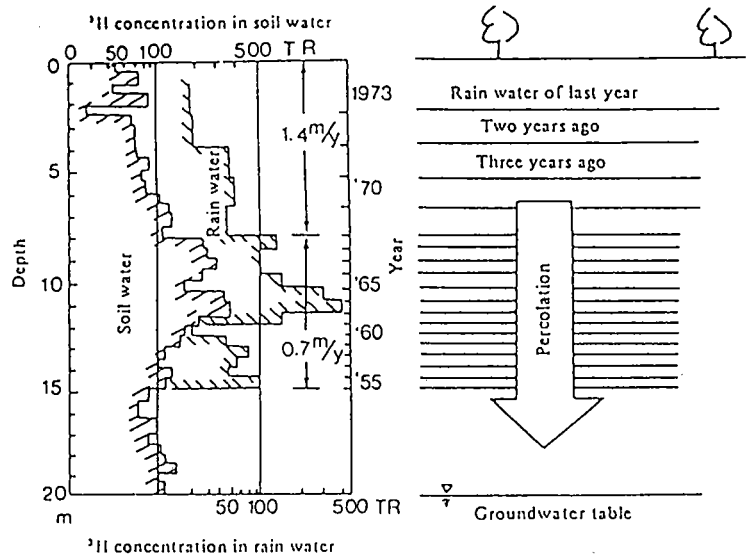


図3 地中水中のトリチウム濃度プロファイルと降水のトリチウム濃度の経年変化との関係

のために機能していると考えるのが妥当である。このような関東ローム層の特性は流域の地下水には当然のこと、崖線部の湧水の湧水機構にも重要なかわりを有している。

そこで今回の調査では図1に示した4地点においてハンドボーリングをおこない、容積100ccの採土円筒を用いて深度1mごとに不攪乱試料を採取し、透水試験をおこなった。

表1に示したように、透水係数は、 10^{-3} cm/secから 10^{-5} cm/secと概ね深さ方向に減少しているようである。

自然含水比は図4に示したように各地点とも表層部で100~140と高く、深度5~6mまでは徐々に低下している。ただし粘土分が多いところでは6~7mのところ認められるように部分的に高い含水比を示す。

表1 関東ローム層の飽和透水係数

DEPTH	B1	B2	B3	B4
1m	1.84×10^{-3}	1.01×10^{-3}	1.37×10^{-2}	9.20×10^{-4}
2	6.85×10^{-4}	2.51×10^{-3}	9.43×10^{-5}	1.20×10^{-2}
3	9.22×10^{-5}	2.10×10^{-6}	1.18×10^{-5}	1.11×10^{-5}
4	5.77×10^{-6}	1.33×10^{-3}	1.52×10^{-5}	3.23×10^{-5}
5	2.18×10^{-6}	1.00×10^{-4}	5.06×10^{-6}	3.37×10^{-5}
6	—	1.09×10^{-5}	1.09×10^{-5}	1.38×10^{-5}
7	—	1.31×10^{-5}	3.83×10^{-6}	4.29×10^{-5}

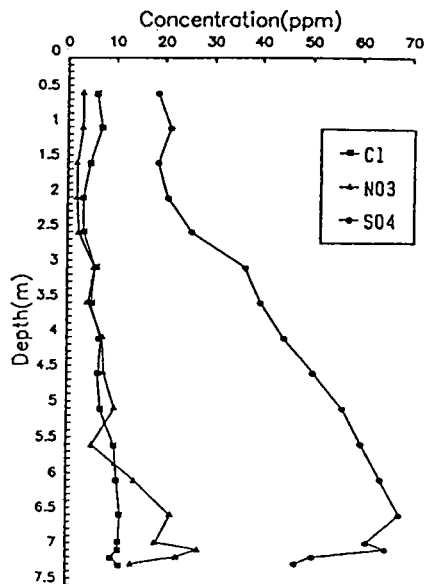
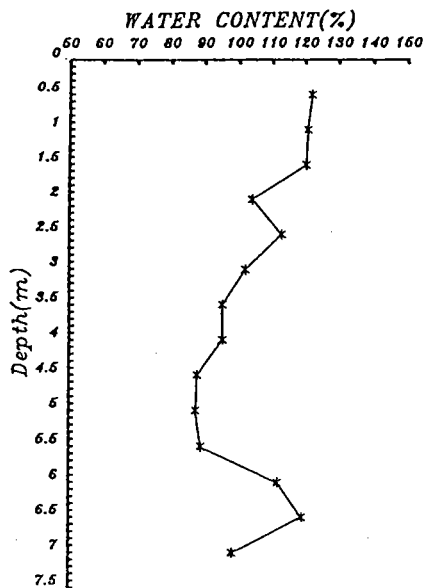
[cm/sec]

(2) 関東ローム層の間隙水の水質

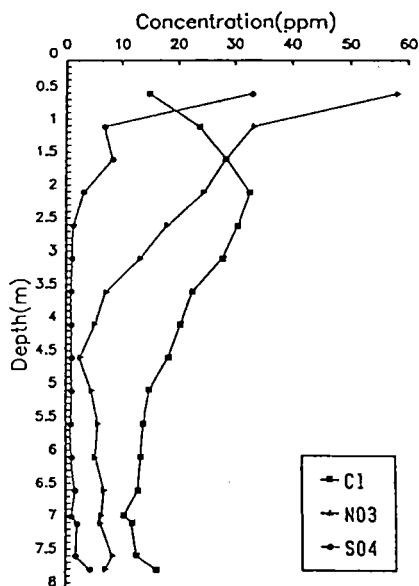
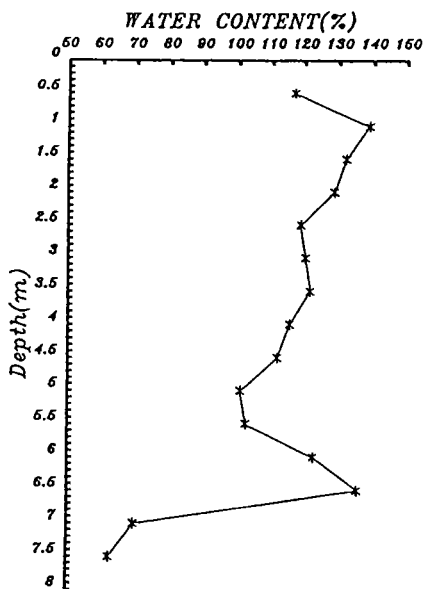
後に述べるように、台地地域の地下水は程度の差はあるものの、人為的な汚染の影響を受けた水質を示す。武蔵野台地では昔から“逆さ井戸”と称する竪穴によって生活雑排水を吸い込ませて来たが、現在でも下水道の完備していないところでは、このようなかたちの人為汚染が続いているものと思われる。勿論農地からの汚染物質の浸透も無視できない。

降水とともに浸透した物質が粘性土などの部分で滞留・集積する傾向があることについては、かつて筆者が報告したことがある。(新藤、唐(1989)など)当地域の関東ローム層についてもこのことが予想される。そこで上述のボーリング地点(B1~B4)と国際キリスト教大学構内ボーリング(東京都環境保全局によって実施されたもの、B5~B7)の試料から吸引法によって間隙水を抽出し、水質のプロファイルを求めた。図4、図5にその結果を示す。

調査地点が限られているため、面的な広がりには把握できないが、地点によってかなり異なる結果が示されている。すなわち国際キリスト教大学構内のように自然状態が保たれているところでは低濃度であるが(B5~B7)、農地や吸い込み井戸周辺などのように、人間活動の影響を強く受けていると思われる場所では汚染傾向が認められる。この場合上層部が汚染されている例(B1、B4)、

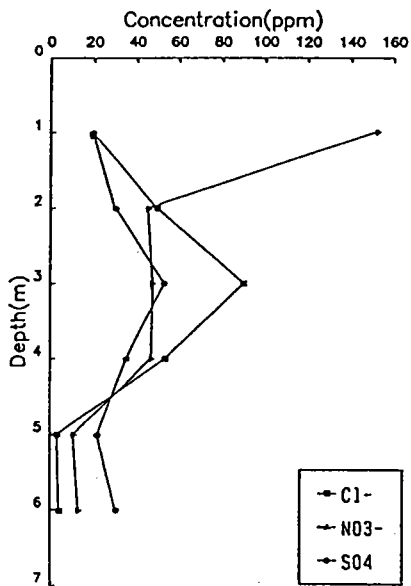
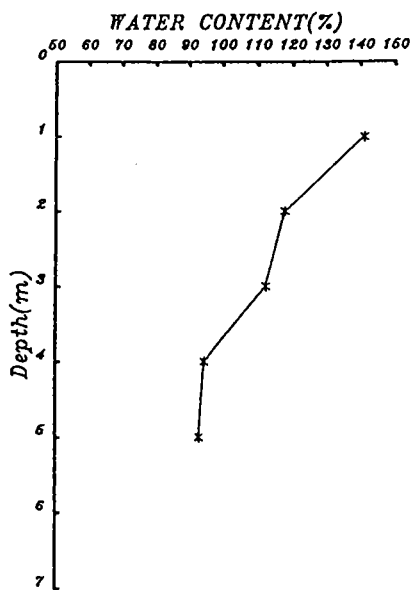


(B3)

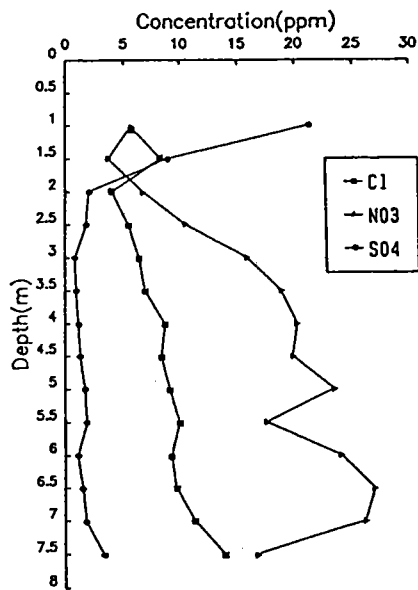
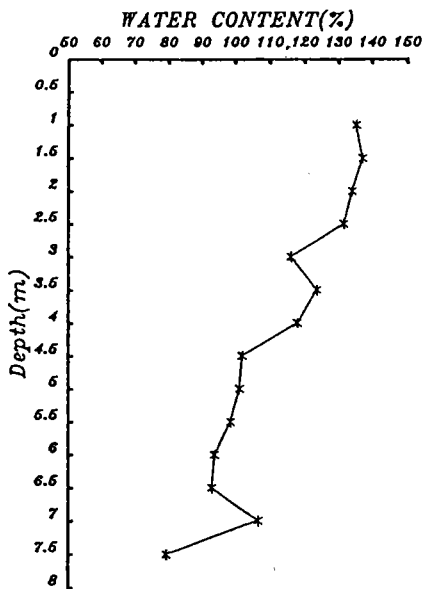


(B4)

図4 関東ローム層の自然含水比と間隙水の水質 (1)



(B1)



(B2)

図4 関東ローム層の自然含水比と間隙水の水質 (2)

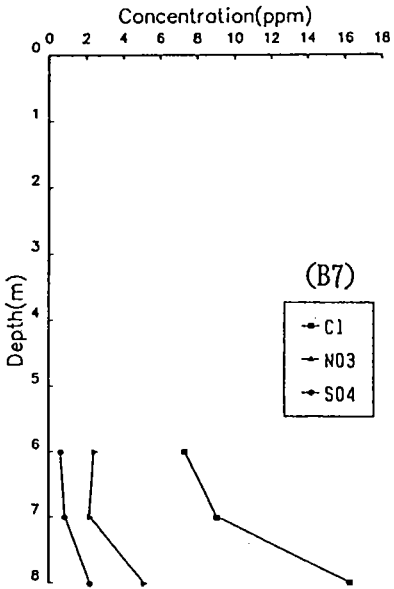
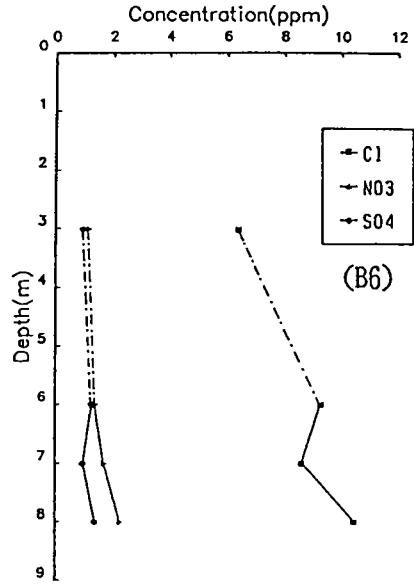
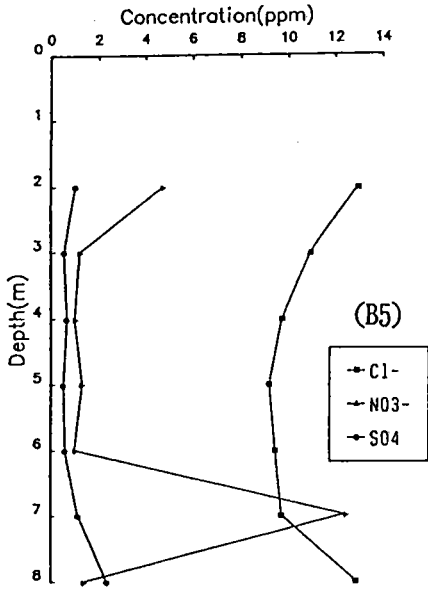


図5 関東ローム層の間隙水の水質

下層部ほど汚染されている例 (B2、B3) が認められ多様である。大雨時に地下水水面が上昇して、それまで不飽和帯に集積・滞留していた汚染物質が地下水に溶出し、地下水の水質に影響を与えることは充分考えられる。このことについては後に詳述される。

(3) 武蔵野礫層

武蔵野台地を構成する段丘礫層を一括して武蔵野礫層と呼んでいる。武蔵野ローム層の下にあって、ほぼ一様の層厚で分布しているとされているが、詳細にみると必ずしもそうではない。図6に示した武蔵野台地を南北に切る方向の地質断面図によれば、その下底部は不規則に波状を呈しているのが認められる。すなわち平均的な層厚は10m前後であるが、厚いところでは20m以上に達する。

透水係数は $1\sim 2 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 程度で、立川礫層の平均的な透水係数に比べて1桁近く低い。また多摩川低地の沖積層の1/20程度である。

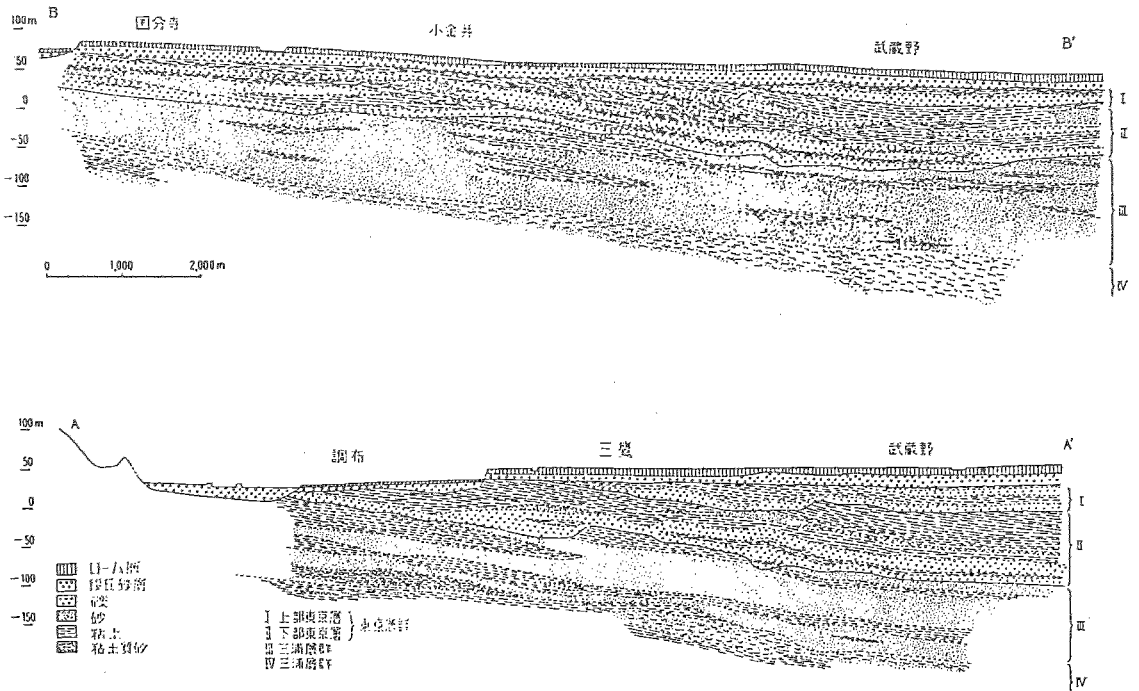


図6 武蔵野台地の東西、南北方向の地質断面図

(4) 武蔵野礫層とその下位層との関係

武蔵野礫層の下位には礫、砂、粘土の互層からなる第四系更新統の東京層群（下総層群）が分布している。これらの地層は先に述べたように、北東ないし北北東に傾斜している。武蔵野礫層は図6に示したようにこれらの地層を不整合に覆って堆積している。下位の地層中には連続性のよい帯水層が数層準に発達しているが、その分布の南限では図7に模式的に示したように武蔵野礫層と直接接している。このような部分は被圧地下水の涵養域として水文地質的に重要な位置を占めている。

3. 武蔵野台地の地下水環境

(1) 地下水位の変動特性

武蔵野礫層中に存在する地下水は一般に不圧地下水として捉えられる。夏期の豊水期と冬期の渇水期では平均2～3mの水位差にとどまるが、地域によっては図8に示したように水位差が10m以上に及ぶところがある。

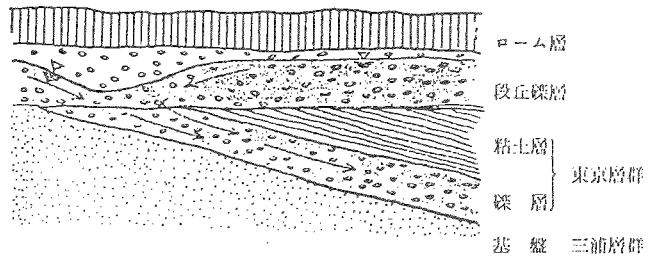


図7 深層地下水の涵養を示す模式図

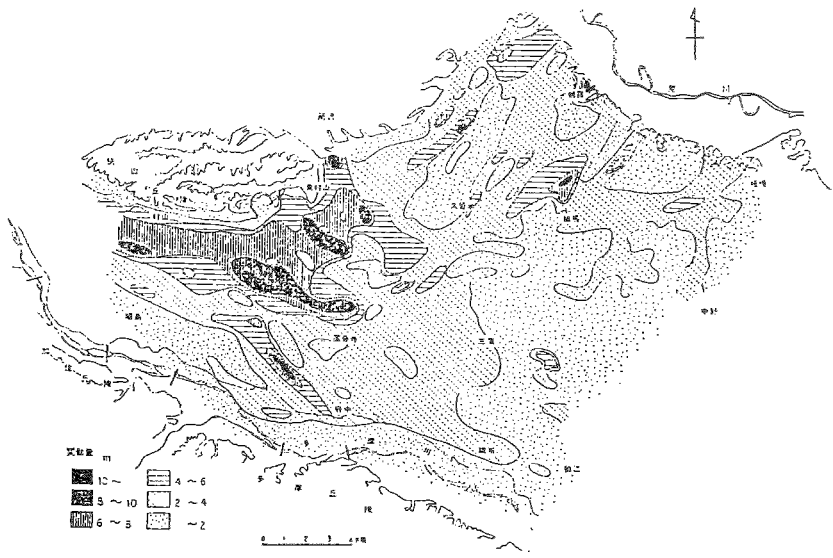


図8 不圧地下水の年間変動量の分布

このような地域は上述のように、不圧地下水から被圧地下水への涵養がおこなわれているところと一致する場合が多い。

地下水面は多くの場合、武蔵野礫層と関東ローム層の境界付近に位置していて、降雨条件によってこの間を上下変動している場合が多い。しかし地域によっては地下水面が常時関東ローム層にある場合、また武蔵野礫層中にある場合もある。往時に比べて最近は地下水面が低下し、地下水面が武蔵野礫層に存在するケースが多くなった。本研究地域の地質断面図を図9に、また地質と地下水面の関係を図10に示す。

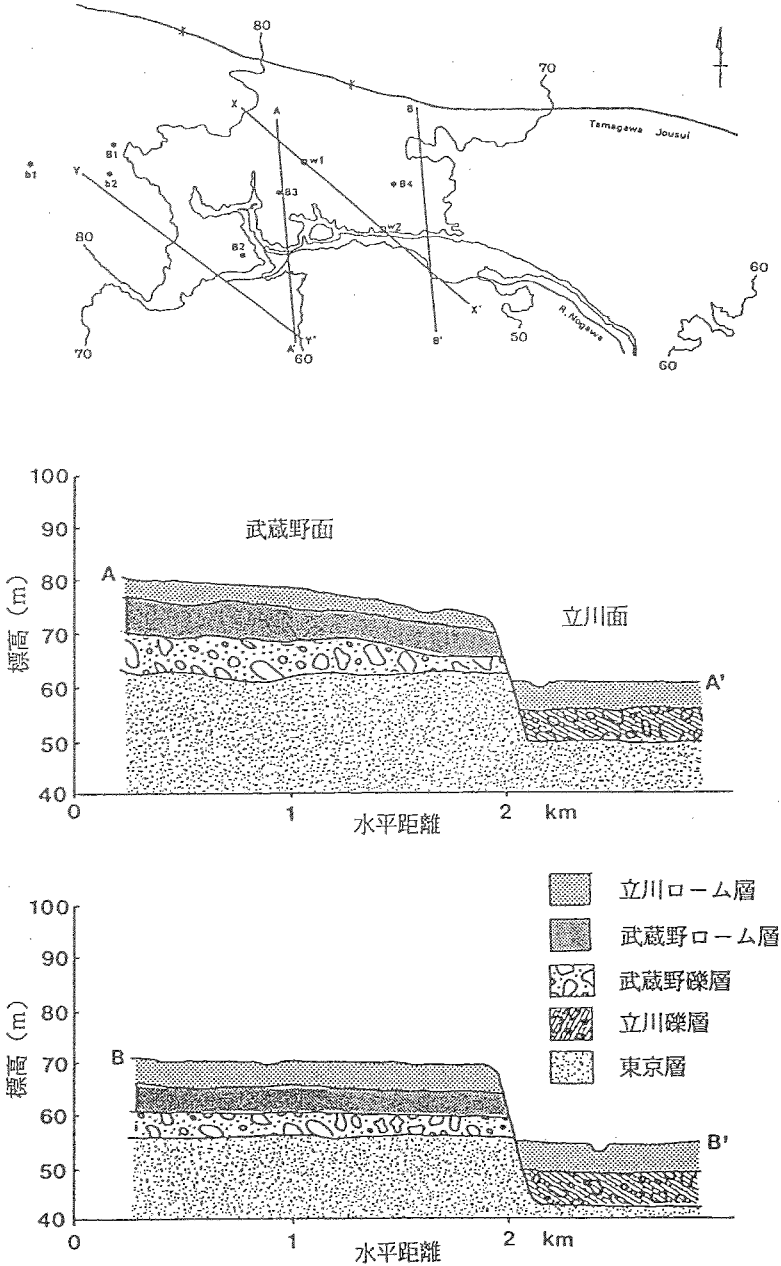


図9 調査地域の地質断面図

全体では図に示したように、西部地区では前者のタイプに属し、東部地域では後者のタイプに属する。なお参考までに図11に小金井市近傍における地層と地下水位の関係を示しておく。図示のように、ここでは地下水面の位置はほぼ常時武蔵野礫層中に存在する。

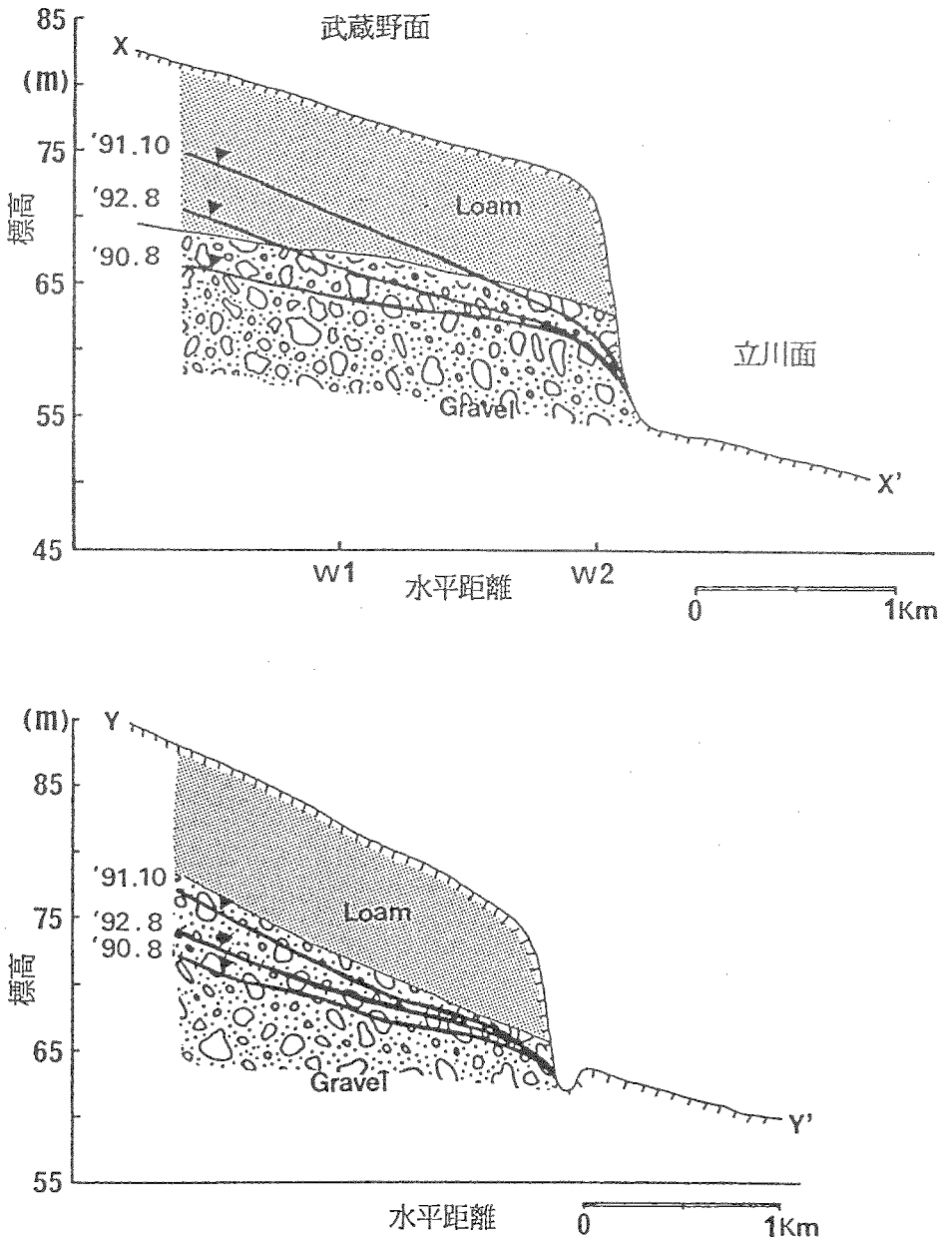


図10 研究地域における地質と地下水位の関係

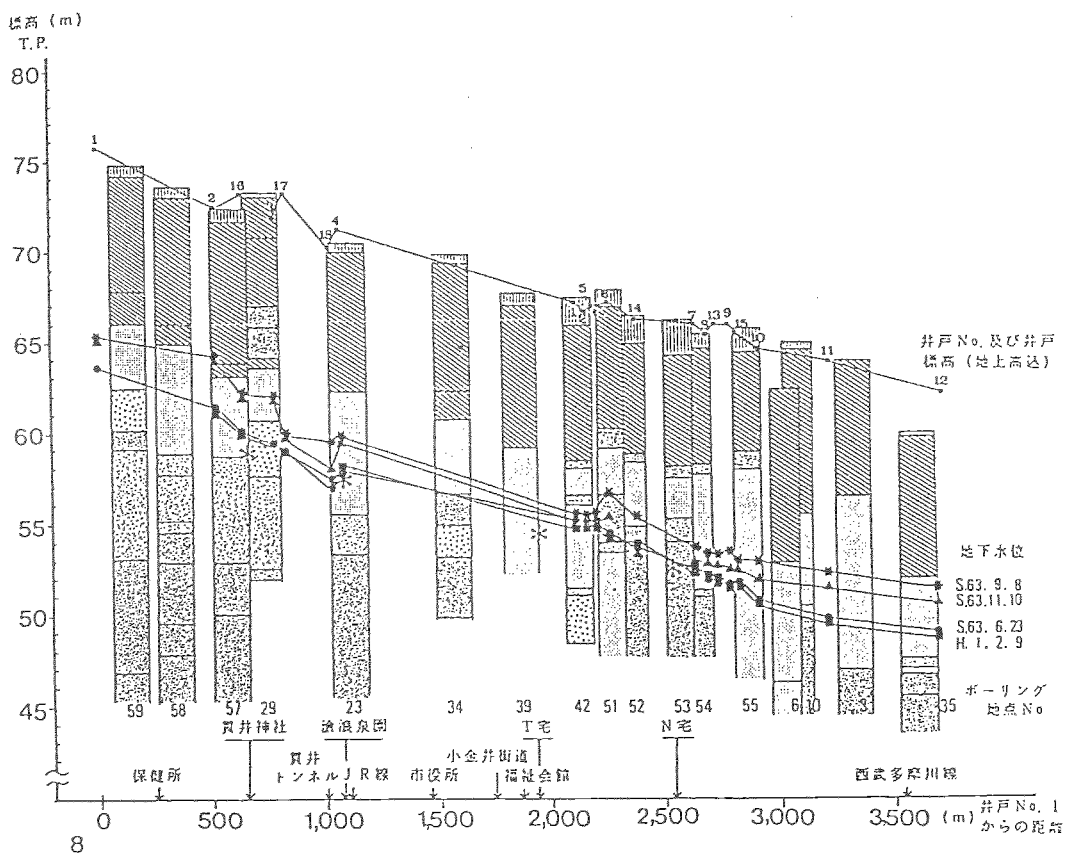


図 1 1 地層と地下水位 (小金井市付近)
(小金井市、1989による)

(2) 不圧地下水と被圧地下水の関係

一般に武蔵野礫層中に存在する地下水を不圧地下水とし、それ以下の地層中の地下水を被圧地下水としていることが多いが、大降雨によって地下水位が上昇して関東ローム層にいたると前者の地下水も被圧状態になる。1991年9月から11月の間にもたらされた異常降雨時には、多くの地区でこのような状態になった。一方地下水位が低下して武蔵野礫層より下位の地層中に至ると、被圧地下水の不圧化が起こる。最近ではこのような状態になった地域が多い。

多くの場合、被圧地下水の水位は夏期の地下水揚水量増大期に低下し、秋期以降に上昇するが、不圧地下水はこの期間中低下を続ける。図12にその例を示す。これらの記録を用いて、浅層地下水による深層地下水への涵養の状況を概略示したのが図13である。かなり大ざっぱな推定であるが、本調査地域の後背地の武蔵野台地では夏期から冬期にかけて、少なく見積っても一日平均、0.8mm程度の水柱高に相当する浅層地下水が深部に涵養されているといえる。このことは蒸発散、表面流出による損失を加えると、台地表面に供給された降水のうち湧水として我々が目にすることのできる量は全体のごく一部であることを示唆している。

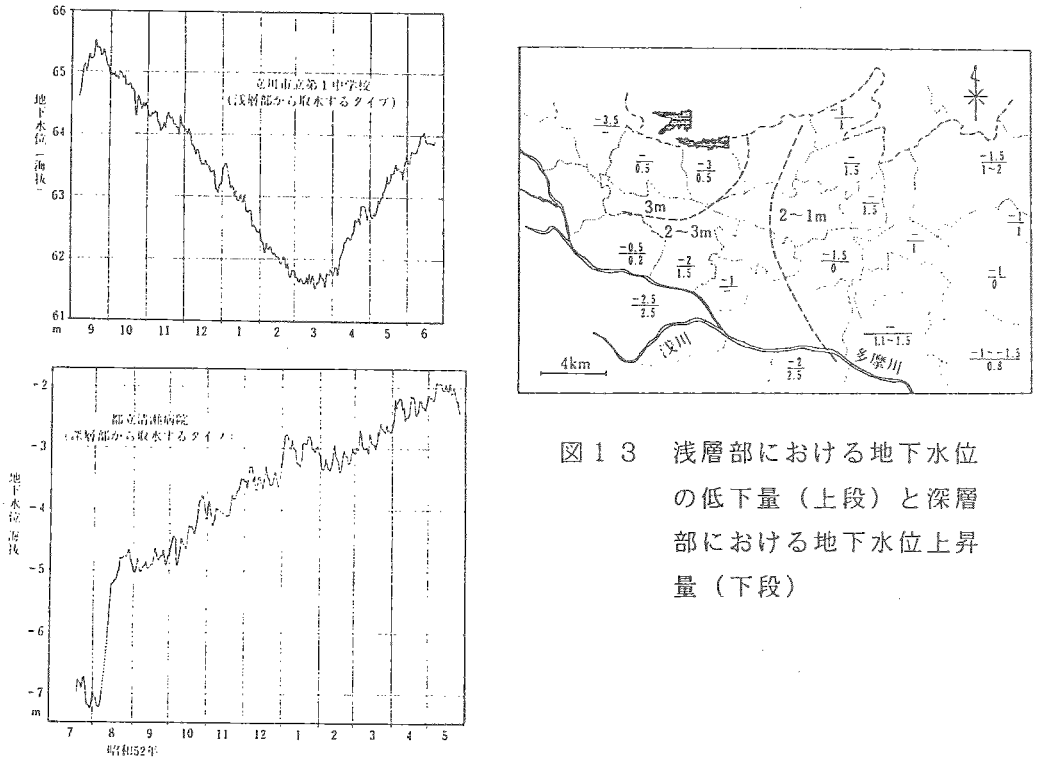


図12 浅層部地下水と深層部地下水の年間変動パターン

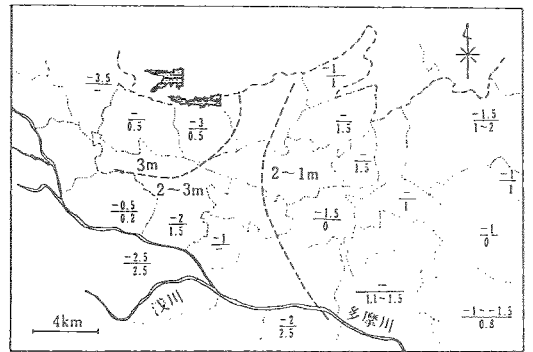


図13 浅層部における地下水位の低下量(上段)と深層部における地下水位上昇量(下段)

Ⅲ 地下水環境にかかわる人為的背景

1. 都市化による不浸透地域の増大

都市化による不浸透地域の増大は、“水循環の切断”あるいは“水循環の短絡”をもたらす。調査地域の湧水流域である国分寺市、小金井市、三鷹市一帯の被覆率は図14に示したように60～80%である。これらの地域のうち、経年的に被覆率の増大傾向の大きいのは小金井市で、1974年から1984年の10年間に5～10%の増大を示している。このような地域での浸透能はほとんど0と考えられるので、全体の地下水の涵養量は著しく制約を受けることになる。表2に小金井市環境保全課が試算した水収支を引用しておく。

2. 浅層地下水の低減要因

最近では浅層地下水を飲用水として利用するケースはなくなってきたが、いわゆる雑用水としての利用は続いているようである。しかしこれは地下水位の低下をもたらすほどの量ではない。そのほかの要因としては、工事排水によるもの、下水道管への漏出、深井戸の揚水による深層部への誘発涵養の加速化等が考えられる。

表2 小金井市の現在の水収支

	割合(%)
表面流出	34
地下浸透	10
蒸発散	56
合計	100

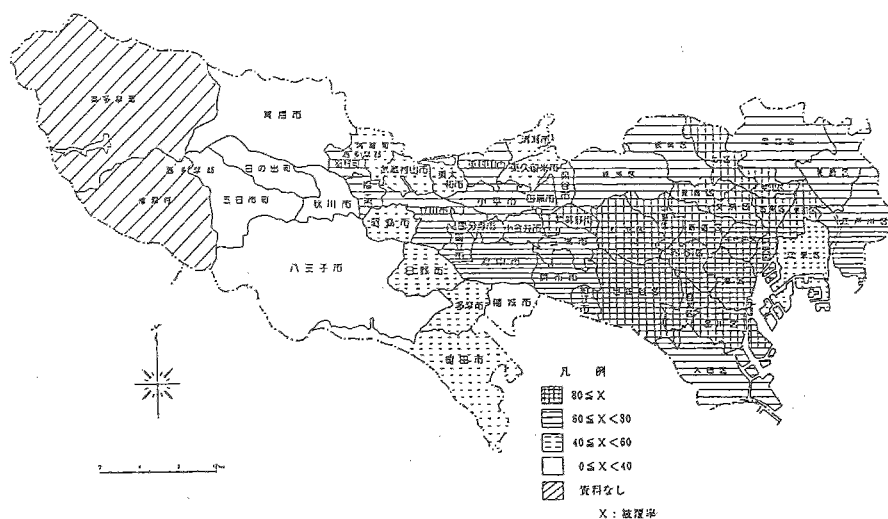


図14 行政区別被覆率分布図(1984年)

工事排水は時にはかなりの量に達するものと思われるが、一時的なのでこれを除けば後の2者が主なものであろう。下水道管への漏出については、晴天時の汚水発生量と下水処理量の差から推定することが出来る。多摩地区では、三鷹市、立川市、日野市の各下水処理場流域でこれが求められているので、これを引用して示すと次のようになる。

三鷹市東部処理場流域	53,309m ³ /d	(0.41mm/d)
立川市錦町処理場流域	90,763m ³ /d	(1.09mm/d)
日野市多摩平処理場流域	5,212m ³ /d	(0.16mm/d)

下水道管への漏出量は下水道の普及に伴って増加する傾向がある。多摩地区の年間降水量は1,450mm程度であるから、そのほぼ10%に相当する量が下水道を通して、地下水として留まることなく地域外に排出されていることになる。

3. 玉川上水

玉川上水は武蔵野台地面上にあって地形的に周辺よりやや高いところを流れている。コンクリートなどの護岸工事が施されていないのと、地下水位が年間を通じてその河床面より低いため、上水路の表流水が周辺地下水を涵養している可能性は大きい。すなわちこの地域の地下水の存在状態に対して玉川上水は重要な関わりを有していることが予想される。そこで1992年4、7、8、9月の各月に図1に示した地点において採水し、水質分析をおこなった。なお7月と8月には併せて流量観測もおこなった。(R1は下水処理水の放流口、R2はそれより2.7km、R3は4.5km、R4は6.7km下流である)

なお玉川上水は1965年に淀橋浄水場が廃止されるとともに用水路としての機能を停止し、空ら堀同然の姿になってしまったが、その復活を求める市民の声に答えるため1986年に下水処理後の再生水を放流し初め、現在に至っている。

さて玉川上水からの涵養量を推定するため、1992年7月と8月の2回にわたって流量観測を行なった。これによると放流口から6.7km下流、図1中のR4地点までの間に日量約25,000m³と実測された放流水のうち、20~25%に相当する5,000~6,000m³の量が地下に浸透しているものと推定される。なお田瀬他(1989)によれば、放流口から17km下流までの間に、その34%が浸透しているとしている。これを地域面積で割って水柱高で示せば、約0.23mm/dになる。

4. 地表流出量

被覆率と地表流出率はほぼ直線的に関係するとみてよい。東京都(1992)によれば、その関係は図15のようである。本地域の被覆率をどのように取るかによって流出率に大きな差が生じるが、図の野川流域の値を参考として平均30%とすると流出率は約20%となる。

5. 雨水浸透施設

小金井市、国分寺市など、国分寺崖線の湧水の背後地域の都市では雨水浸透設備の設置を積極的にすすめ、地下水涵養を図っている。小金井市（1991）によれば、浸透ますの設置箇所は1990年で7,400余に達し図16のようにほぼ全市に分布している。雨水浸透にかかわる屋根面積は市全体の面積の2%にあたり、これより年間252,000m³の水量が地下に涵養されるとしている。

国分寺市のデータは入手できなかったが、多めにみてこれと同量とすると、地域全体で水柱高にして0.13mm/dになる。

6. 湧水に關与する地下水

1年をサイクルとして地下水位、土壤水分量に変化がないものとする、降水量のうち、表面流出量、蒸発散量、下水管への漏出、深層地下水への涵養を引いた残りが余剰として崖線湧水にまわり得る水量になる。

蒸発散量をいくつかの資料を参考にして年間600mmとすると、その量は122mmになる。さらに玉川上水からの浸透、雨水浸透も崖線湧水の涵養源に考えると両者で年間130mmになる。

以上に述べた数値には、かなり大胆な仮定が入っており、なお検討を要するところが多いが、湧水などによって流出し、野川の流水

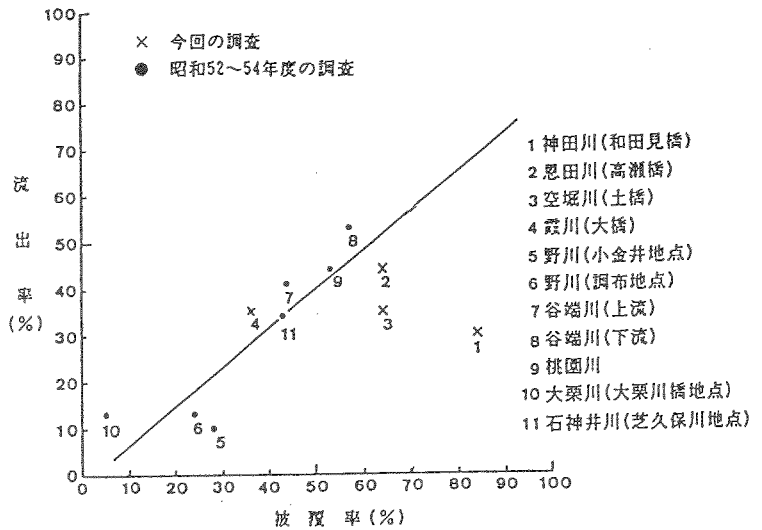


図15 被覆率と表面流出率の関係

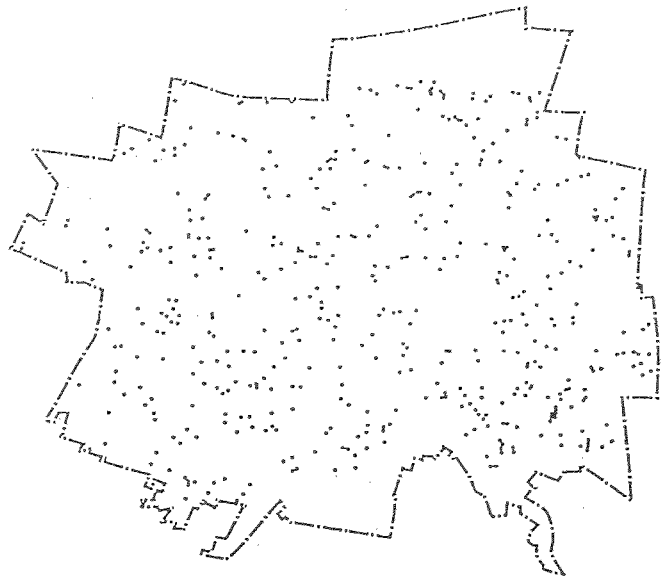


図16 小金井市における雨水浸透マス設置箇所

を維持している台地地下水には、人為的な涵養にかかわるものが予想以上に大きな割合を占めている可能性があることは云い得る。

IV 流域地下水

1. 調査概要

地下水調査は低水位時の1990年8月、1991年7月、1992年8月と高水位時の1991年10月の計4回行なった。初年度の1990年には図17に示した95地点の井戸を調査し、その中から地下水面の経時変化を追うのに都合がよい井戸46箇所を抽出した。付表1にこれを示す。これ以降はこれらの井戸を中心に水位観測、水質分析を行なった。

現地では地下水位のほか、電気伝導度、pH、水温を測定し、他の水質については採水器またはポンプ揚水によって試料を採取し、実験室に持ち帰って分析をした。その他1991年7月からW1井戸、1991年6月からW2井戸に自記水位計を設置し、地下水位の連続観測を行なった。

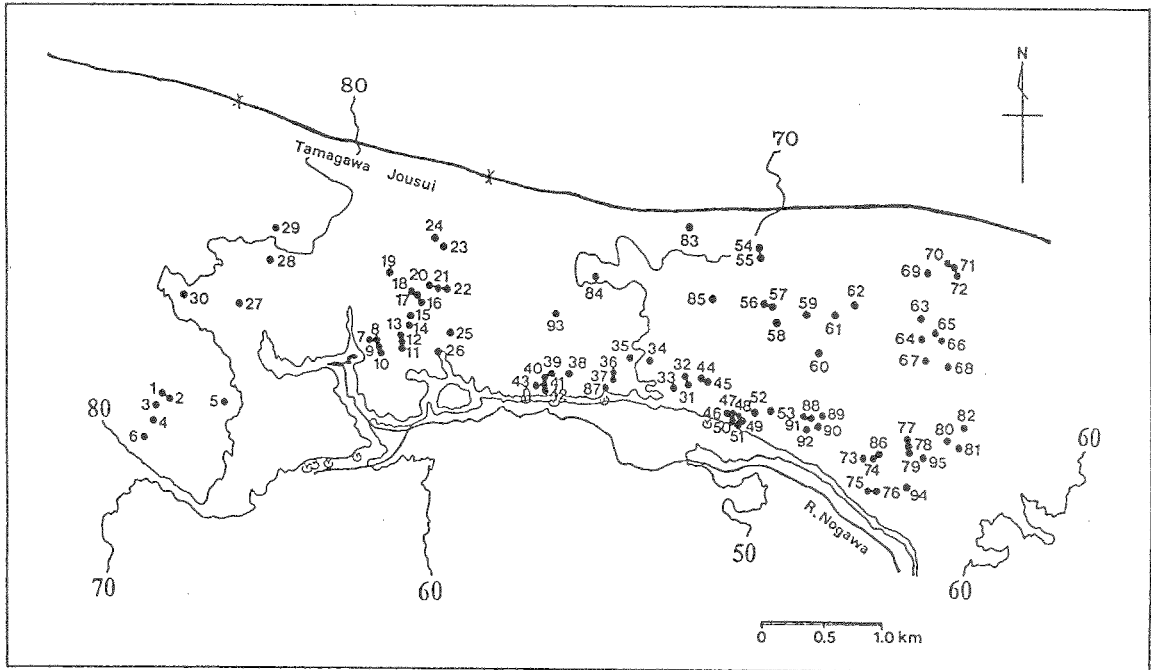


図17 地下水観測地点

2. 地下水面

図18に時期別の地下水面を、また図19に高水位時と低水位時の差を分布図として示す。地下水面図から推定される流線は、高水位時には全体として崖線部に向かう方向にあるが、低水位時には北東方向の流向を示す台地内部の地下水と、南東方向の流向をとる崖線部地域の地下水が分離する傾向が認められる。

地下水位変動量は当然のことながら、台地内部のものほど大きく、その差は7m以上に達している。高水位時には先にも述べたように、地下水位は関東ローム層中にあり、その部分の水質の影響が地下水に及ぶこととなる。これらの事実は高水位時と、低水位時では湧水量、質ともに、このような背景の影響を大きく受ける可能性のあることを示唆している。

図20は観測井W1、W2の地下水位の連続記録である。年間での浅層地下水の一般的な変動パターンの通り、夏期から秋期にかけて高水位、春期に低水位を示す。1991年10～11月の高水位は最近には例のない量の降水によってもたらされたもので、台地内部では地下水位が一挙に8m近く上昇している。(この期間の最大日降水量は273mm、9月の総降水量521.5mm、10月の総降水量473.5mmが記録されている)

W1とW2を結ぶ方向は地下水の流動方向とほぼ一致しているので、その動水勾配を求めると図20の下に示したように、高水位時では7/1000、低水位時では3/1000と倍増する。これは降雨時の湧水量の増加をもたらす要因となるのはいうまでもない。

3. 地下水の水質

地下水中には水道基準を上回る40～50mg/lあるいはそれ以上の高濃度の NO_3^- が存在する地点が多くなっているのが注目される。電気伝導度も図21に示したように一般に高く、240～255 $\mu\text{s/cm}$ のものが多い。これらは湧水に比べてやや高い値である。

電気伝導度と NO_3^- 、 Cl^- との関係、 NO_3^- と Cl^- の関係は図22に示したように、相関係数0.52～0.77と比較的高い相関が認められる。パイパー・トリリニア・ダイアグラムでは図23に示したように、ほとんどのものが河川水や浅い地下水に相当する $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ 型に分類される。

図21、図24、図25、図26に示した電気伝導度、 NO_3^- 、パターンダイアグラムの分布図に認められるように、どの時期においても低い値を示すのは崖線部近傍に集中している。また図27に示した溶存成分の総量の分布図においても、低濃度ものは崖線部に集中し、台地内部のものは相対的に高濃度の地点が多くなっていることが指摘される。

地下水の高水位時には湧水の NO_3^- 、 Cl^- などの成分濃度は後に述べるように明らかに上昇傾向を示すが、この事実は平常時と降雨時には湧水に関する地下水が異なること、つまり降雨時には台地内部の地下水の影響を強く受けていることを示唆している。

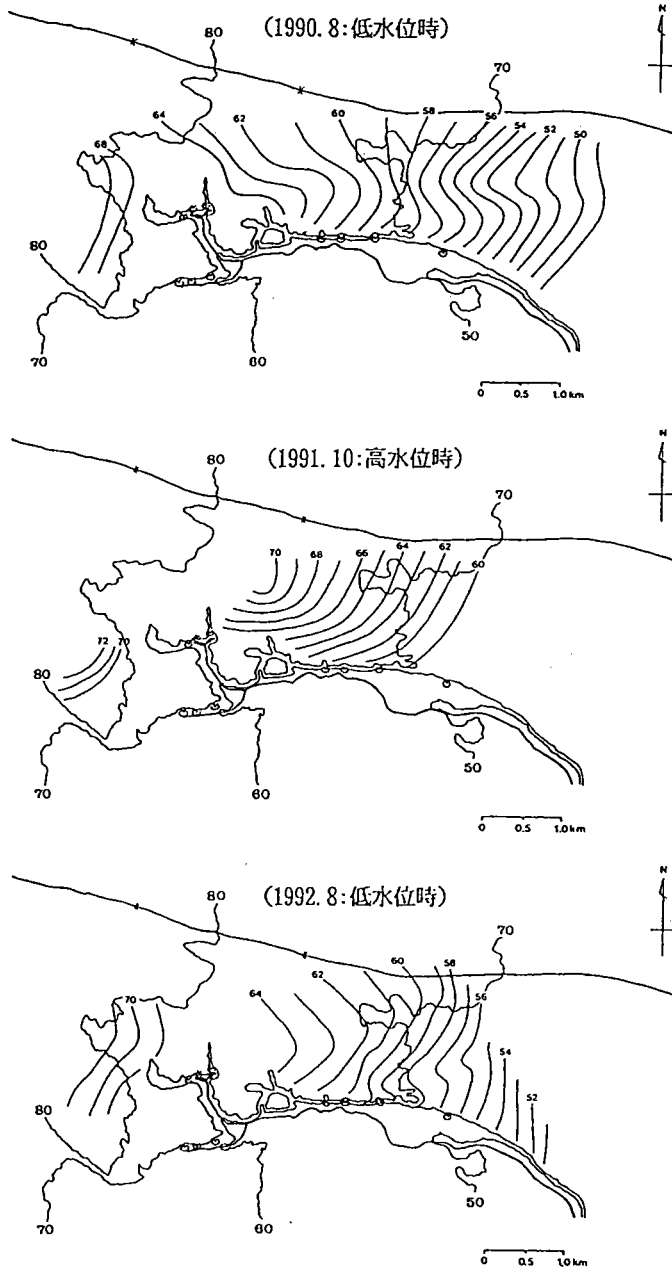


図 18 季節別地下水面図

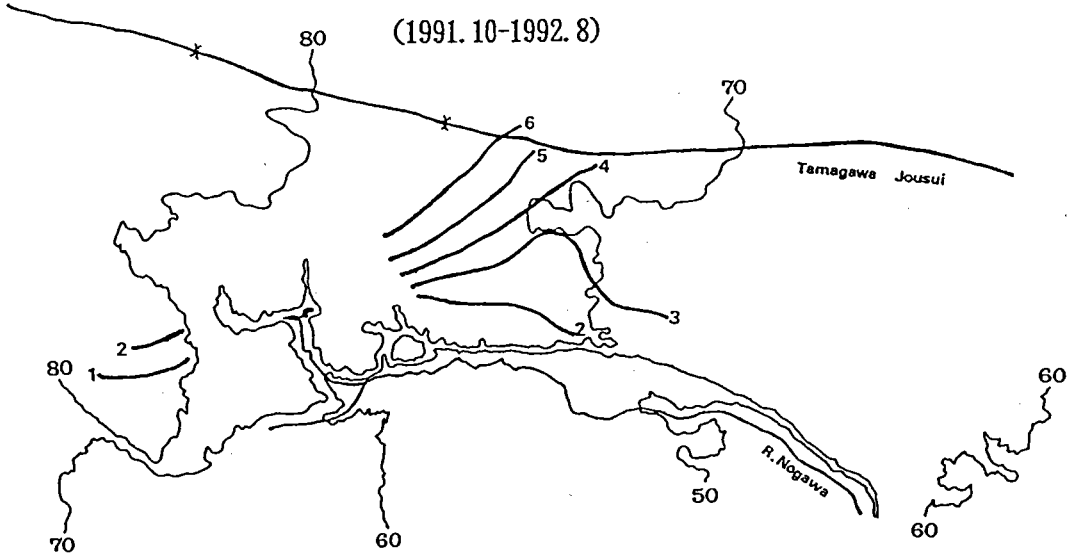
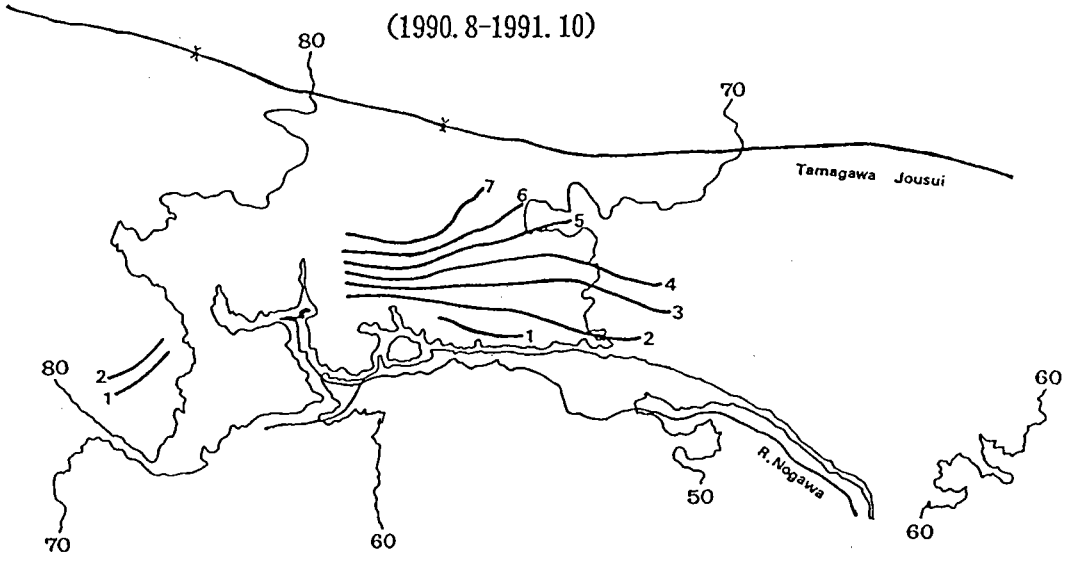


図19 地下水位変動量の分布図 (単位: m)

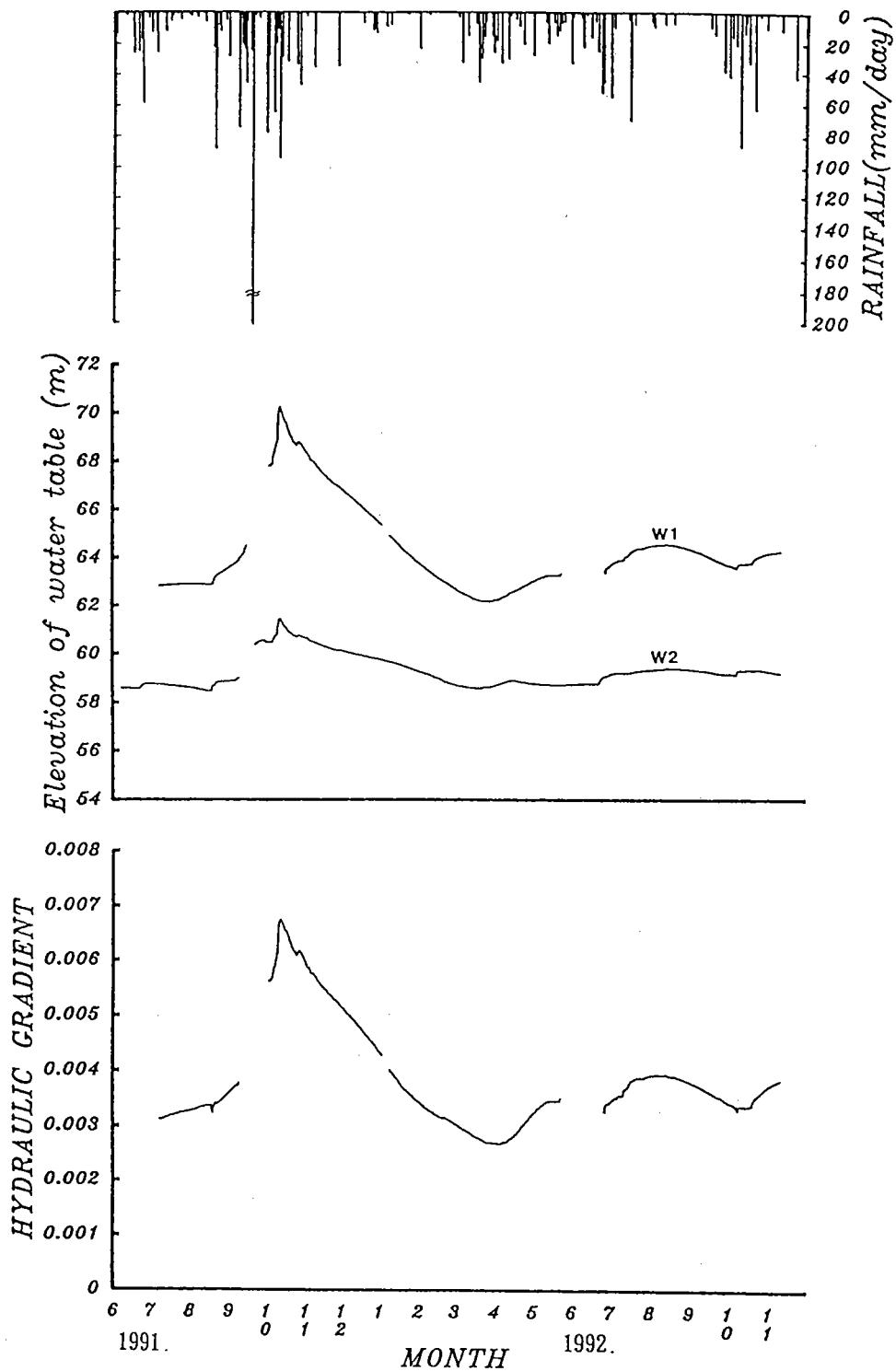


図 20 地下水位記録、及び崖線に向かう方向の動水勾配の変化

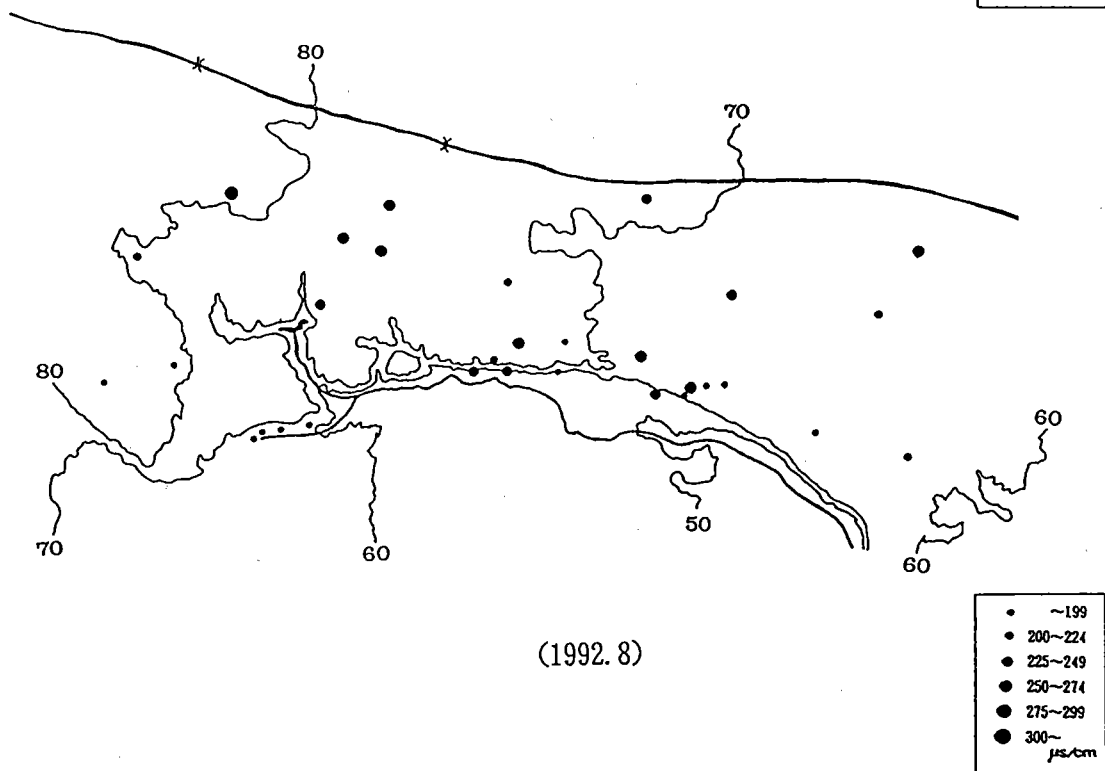
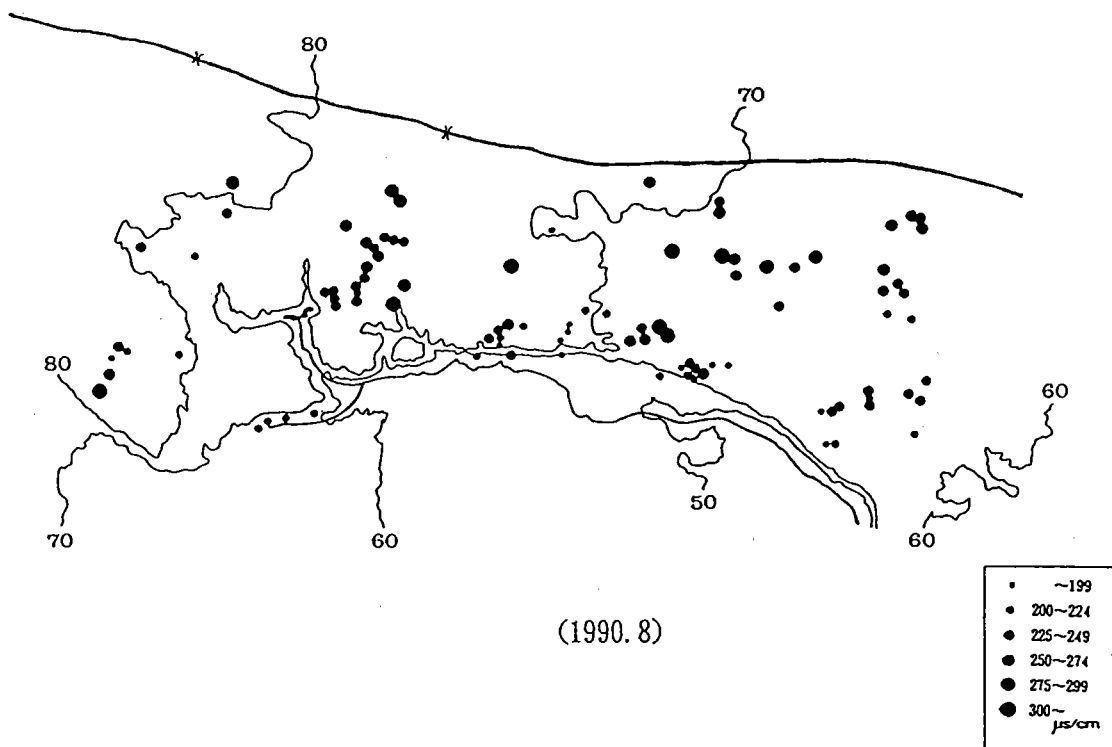


図 2 1 電気伝導度の分布図

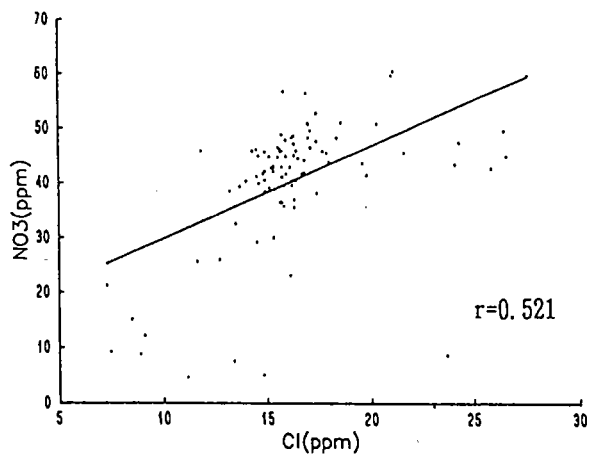
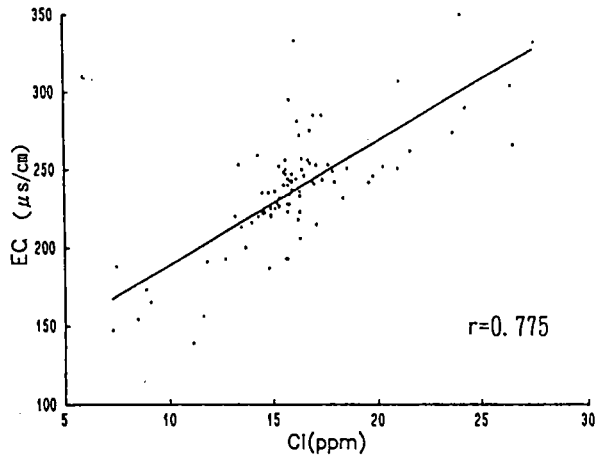
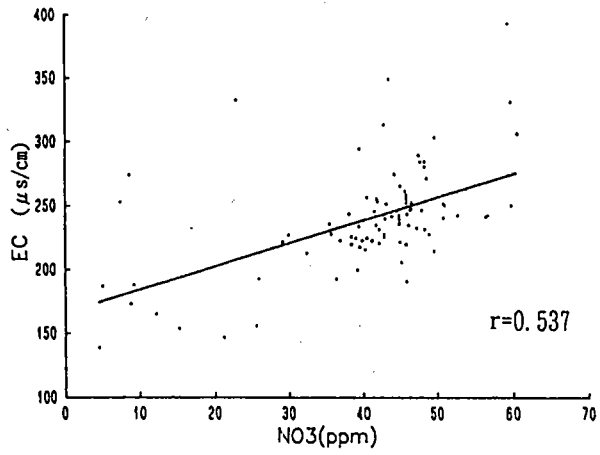
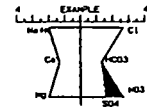
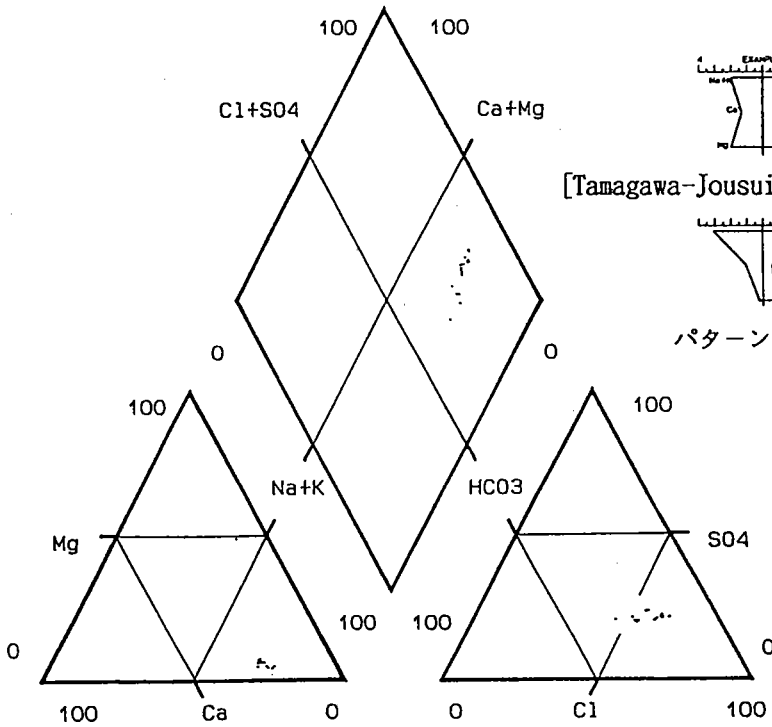
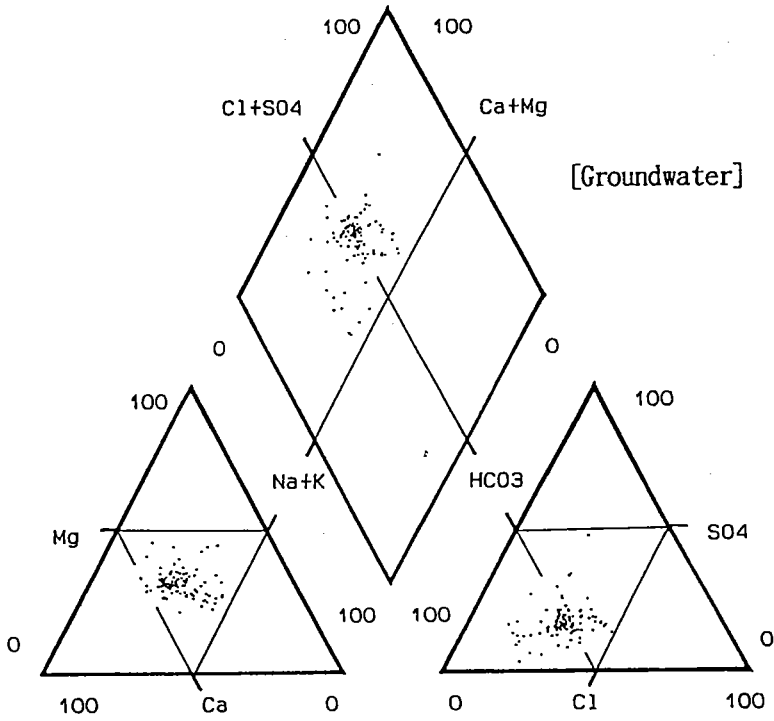


図 2 2 地下水における電気伝導度と NO_3^- 、 Cl^- 、及び NO_3^- と Cl^- の相関



パターン・ダイアグラム

図 2 3 パイパー・トリリニア・ダイアグラム

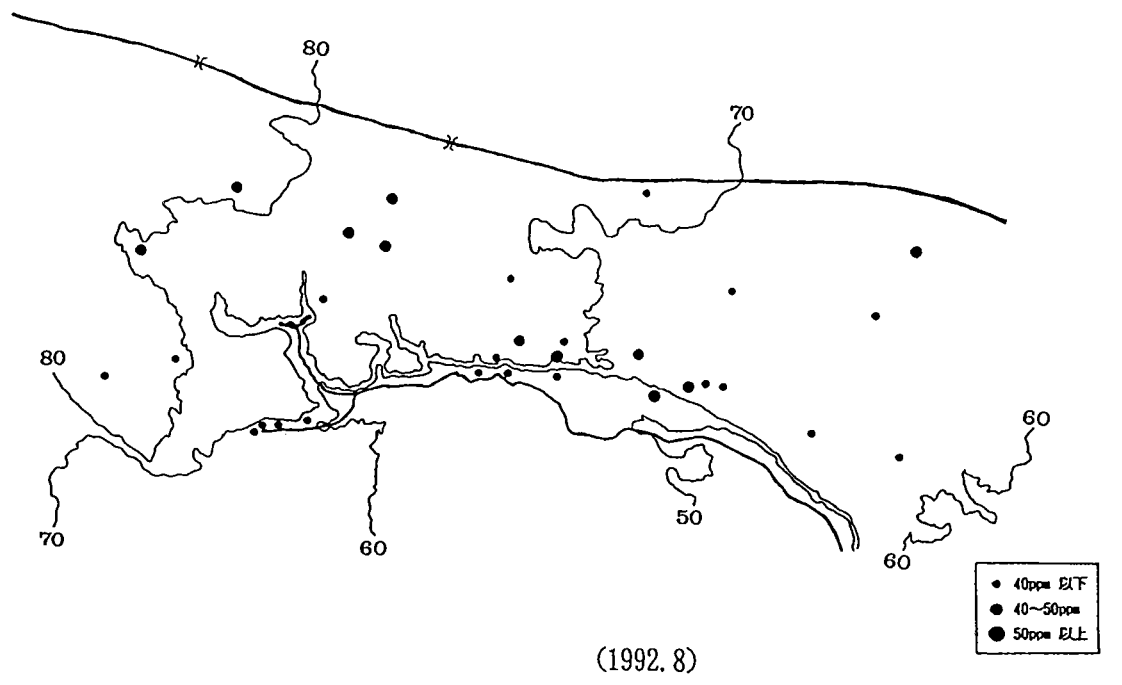
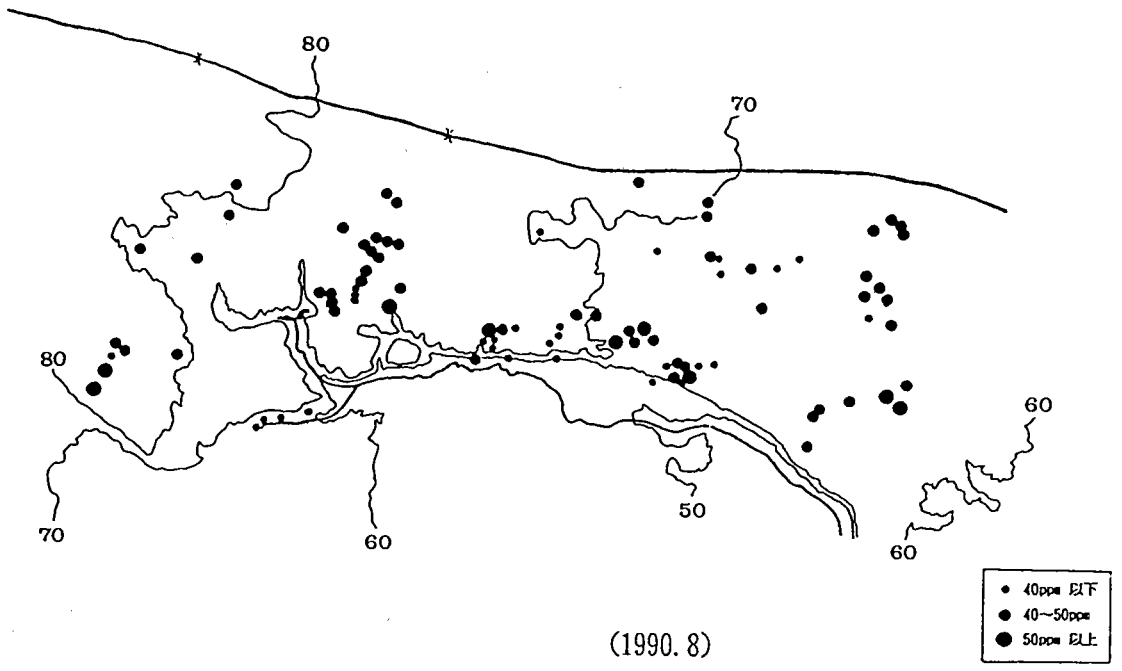


図 2 4 硝酸イオン濃度の分布図

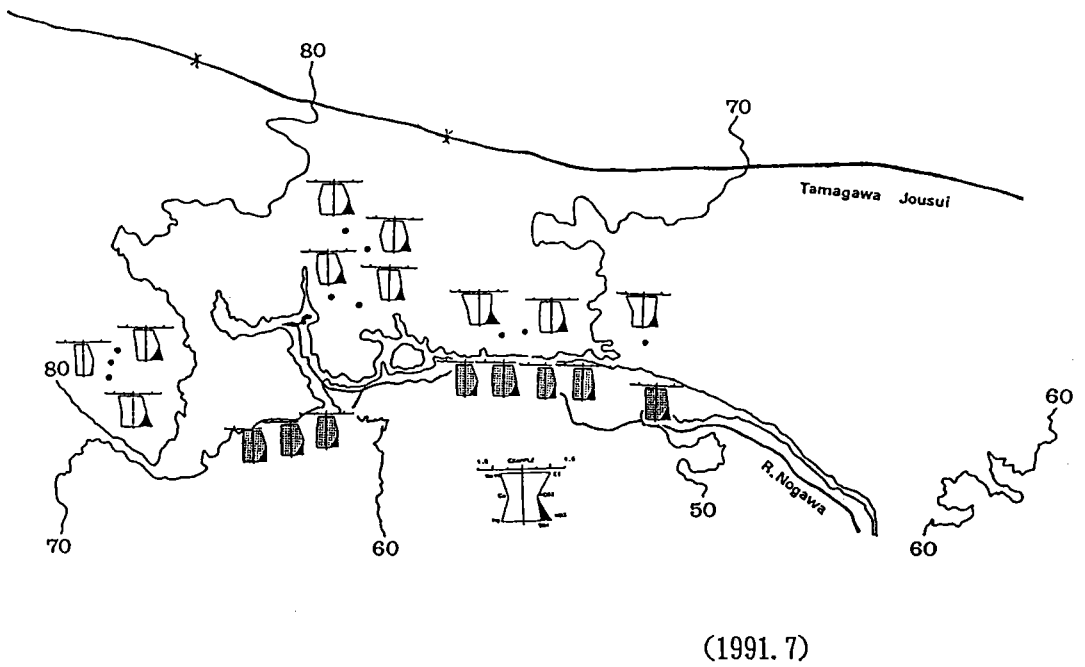
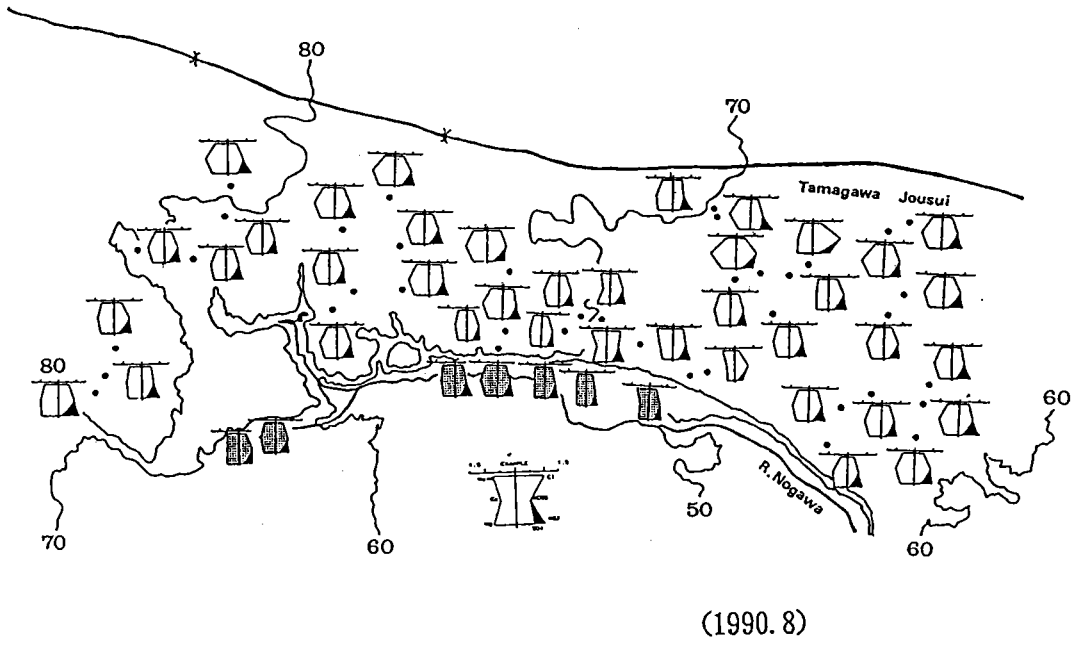
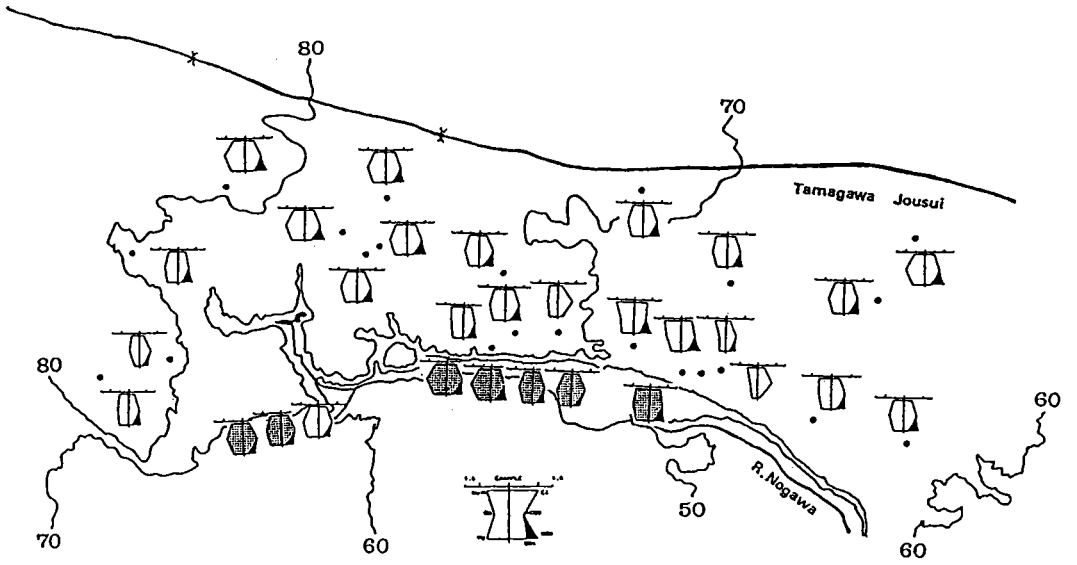
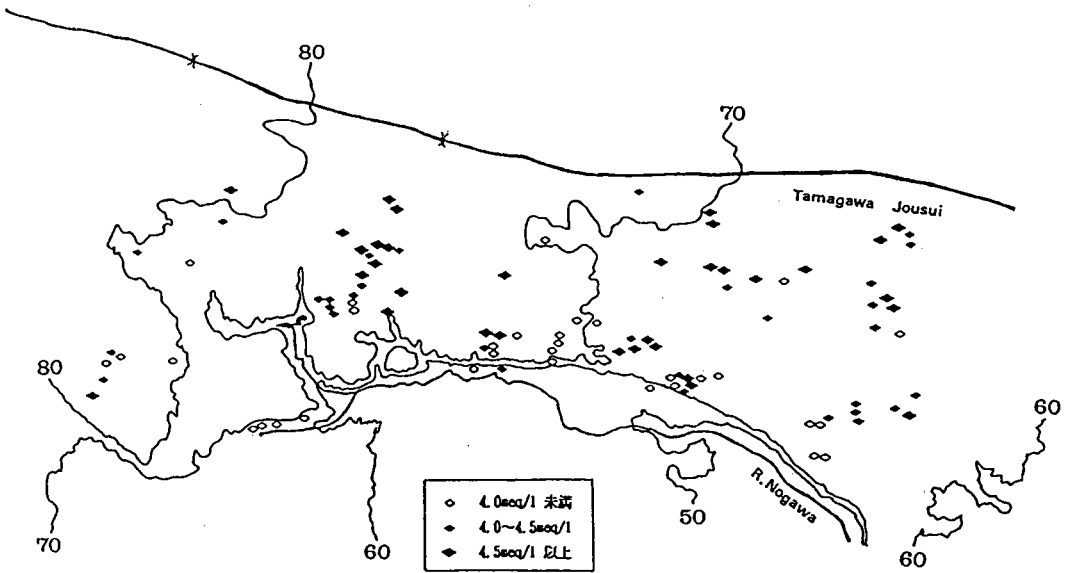


図25 パターン・ダイアグラム分布図(1)
 (薄墨部分は湧水、その他は地下水)



(1992.7)

図26 パターン・ダイアグラム分布図(2)
(薄墨部分は湧水、その他は地下水)



(1990.8)

図27 溶存成分濃度総量分布図

V 玉川上水の水質

玉川上水の水は陽イオンでは Na^+ 、陰イオンでは Cl^- の濃度が高く、図 2 3 に示したパターンダイアグラムではおちょこ型の海水に近い形を示す。

Na^+ や Cl^- などは付表 2、図 2 8 に示したように、それぞれ 60~70ppm、65~80ppm、また NO_3^- も 1992 年 4 月にはおよそ 70ppm、1992 年 7 月以降の観測では 40~55ppm と周辺地下水や湧水に比べ、非常に高い値となっている。なお図 2 3 の下には玉川上水のパイパー・トリリニア・ダイアグラムが示されているが、周辺地下水や湧水とはかなり違った水質組成を示している。

電気伝導度は放流口 (R1) で 480~520 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 、R4 で 510~530 $\mu\text{s}/\text{cm}$ と流下にもなると上昇する傾向が見られる。また NO_3^- 、 Cl^- 、 Na^+ についても下流ほど高濃度になっている。このように玉川上水は周辺地下水に比べ、常に溶存成分濃度が高いため、そこからの浸透水が地下水の水質に大きな影響を与えていることは容易に推察される。なお玉川上水に下水の 2 次処理水が再通水されてから 6 年以上経過している。

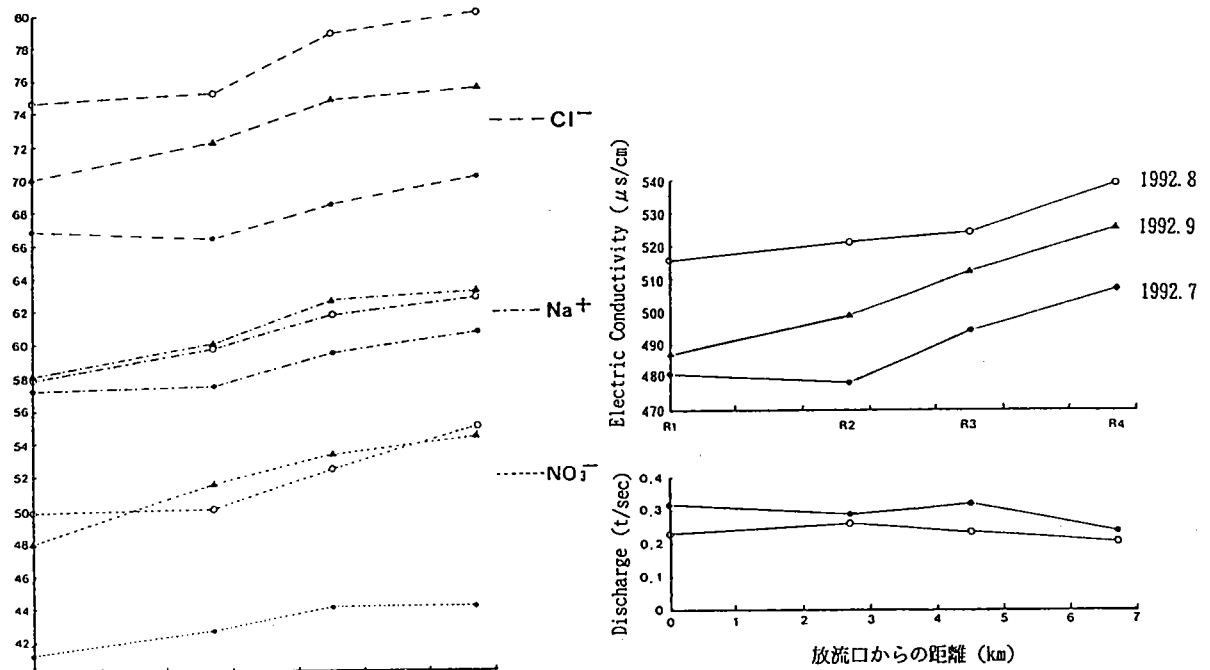


図 2 8 玉川上水の流下にもなう流量・電気伝導度・成分濃度の変化

VI 湧水調査

1. 調査概要

湧水調査は下記、および図29に示した湧水を対象とした。1990年6月より1992年11月までの期間において、月に1～2度の頻度で現地調査を行ない、電気伝導度、pH、水温、湧水量を観測した。また月に1度の割合で採水し、実験室に持ち帰って、主要8成分の水質分析を行なった。湧水量はSP1、SP4-1の2箇所についてはパーシャルフリュームを設置して連続観測をしたが、他は現地調査の都度、直接計量した。

なお当初計画していた野川公園と深大寺の湧水群は涸渇したものが多く、また湧水量が少量である上、分散しているため、計測が難しく、継続調査から除外した。

SP1	真姿の池湧水群	SP5-1. SP5-2	東京経済大学構内湧水
SP2	〃	SP6	貫井神社湧水
SP3	〃	SP7-1. SP7-2	滄浪泉園湧水群
SP4-1. SP4-2	小林理研構内湧水	SP8	中町4丁目民家湧水

2. 湧水地点の地形的特徴と湧水タイプ

湧水地点はいずれも図29に示されているように、台地に向かって小さく入り込んだ湾入部に位置する。この湾入は湧水に起因する谷頭侵食によって伸長したものと見えるが、初生的にはこれらの湧水は武蔵野扇状地堆積物中の透水帯（埋没チャネル）が段丘崖の形成によってカットされ、地表に露出した点に位置していると云える。

崖線部の湧水の性質は、台地地下水の不透水層が崖線脚部より上に位置しているか、脚部より下にあるかによって異なる。地下水水面が崖線脚部より上にあるとして、前者の場合は“落水”の形態をとり、後者の場合は“噴き出し”の形態をとる。東部地域の湧水（野川公園～深大寺湧水群）は後者の形態をとるものが多い。

3. 湧出量

図30に上流部に位置する湧水（SP.1、SP.4）の連続観測記録を示す。また図31にそれらの1降雨あたりの湧水量変化の特徴を示す。これらの図にみるように、降雨に対する応答は図20にある地下水水位の変動に比べて一般に顕著である。地域的には図32～34に示したように、上流部のものに比べて、中～下流部の湧水群は変動量が小さいといった傾向が認められる。

1991年秋には台風による大雨が記録され、（最大日降水量：273mm/day、9月の総降水量：521.5mm、10月の総降水量：473.5mm）この時、地下水位は一気に数m上昇し、湧水量は各地点で観測期間中の最大量に達した。（図32～図34）それらの量は通常の数十倍に達し、中でもSP.3（真姿の池）、SP.4（小林理研）、SP.6（貫井神社）では水路から水があふれ出すほどの異常なものであった。

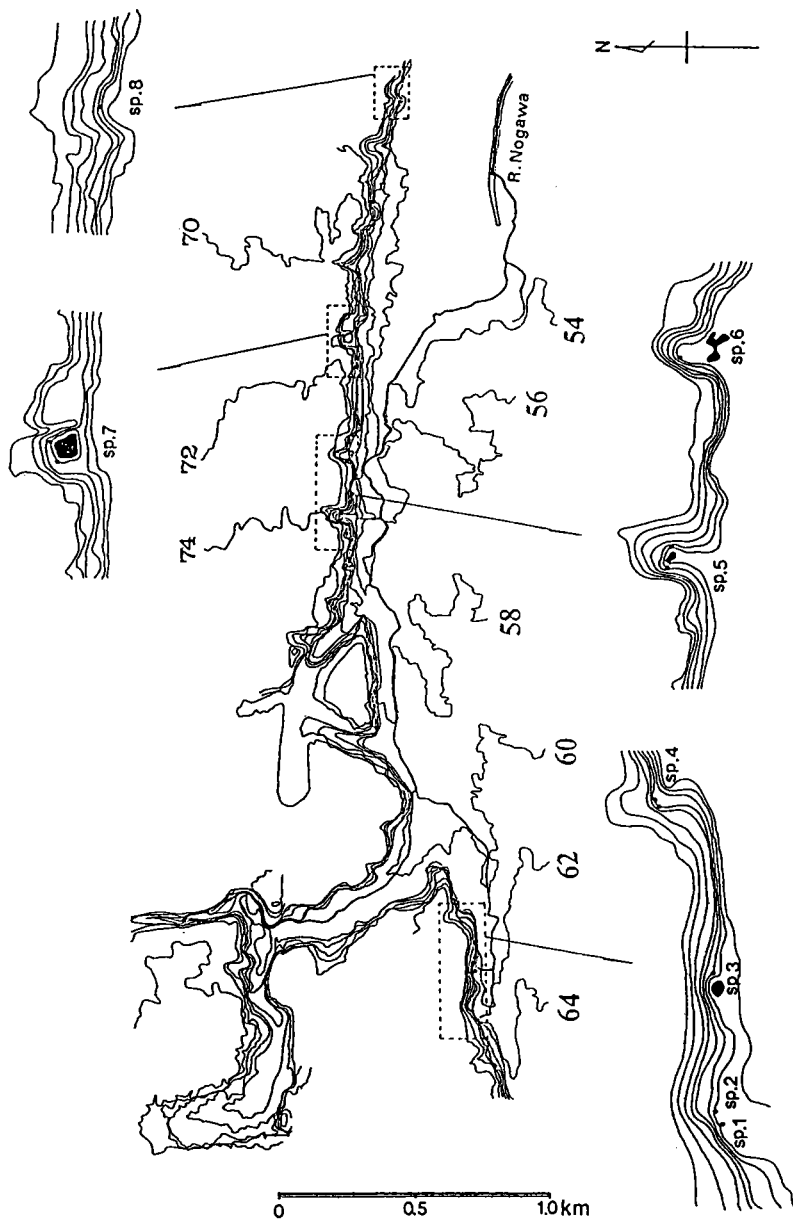


図29 研究対象湧水の地形環境

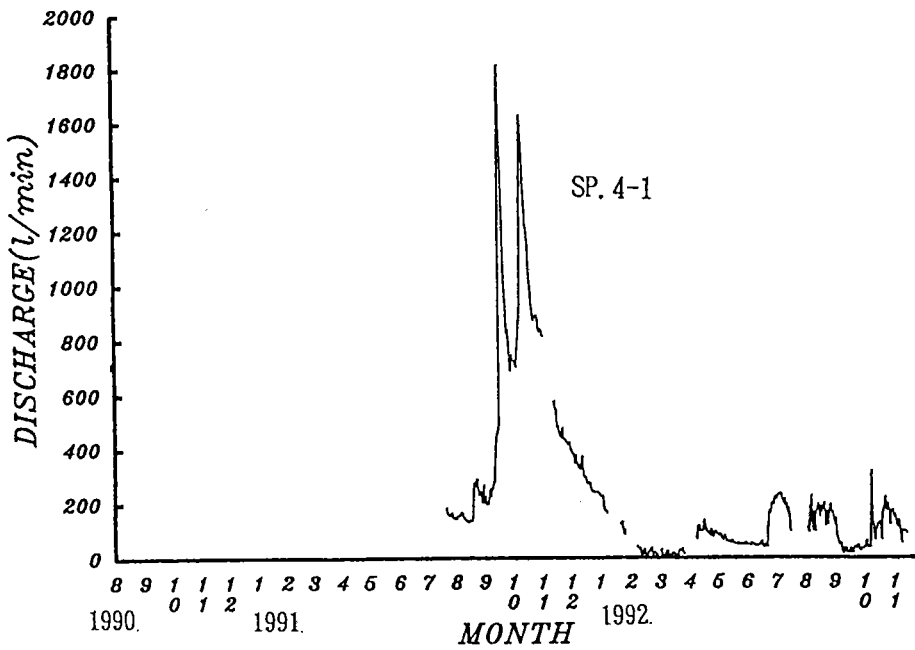
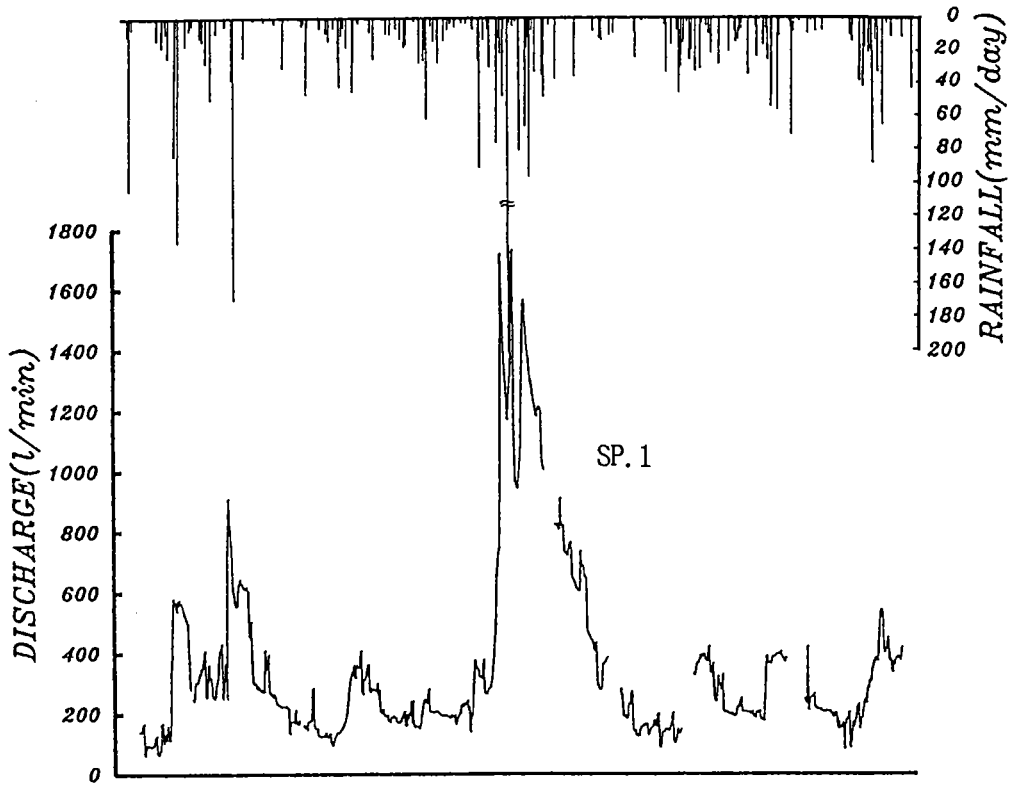


図 3 0 湧水量記録

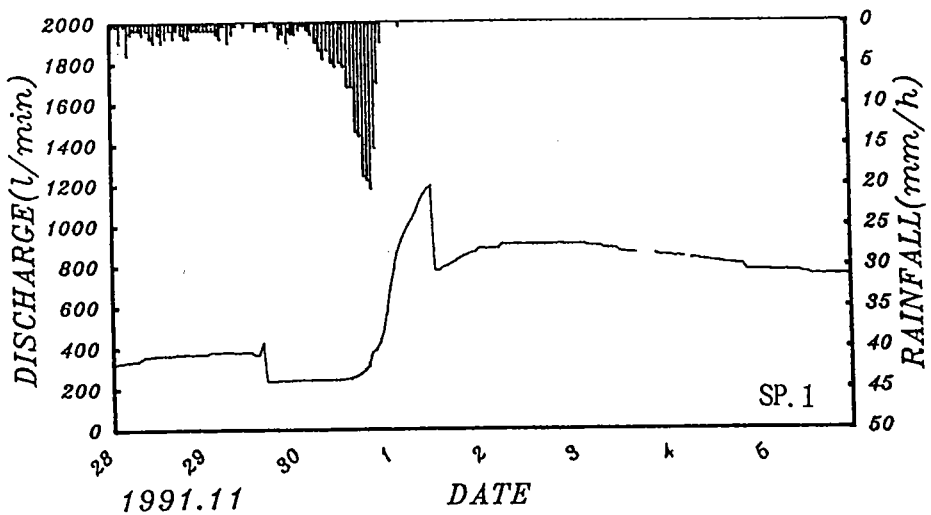
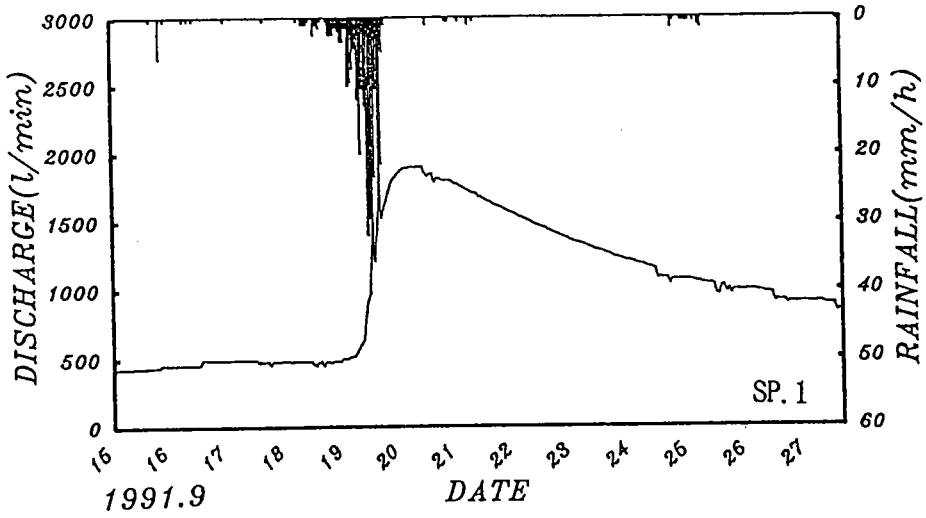
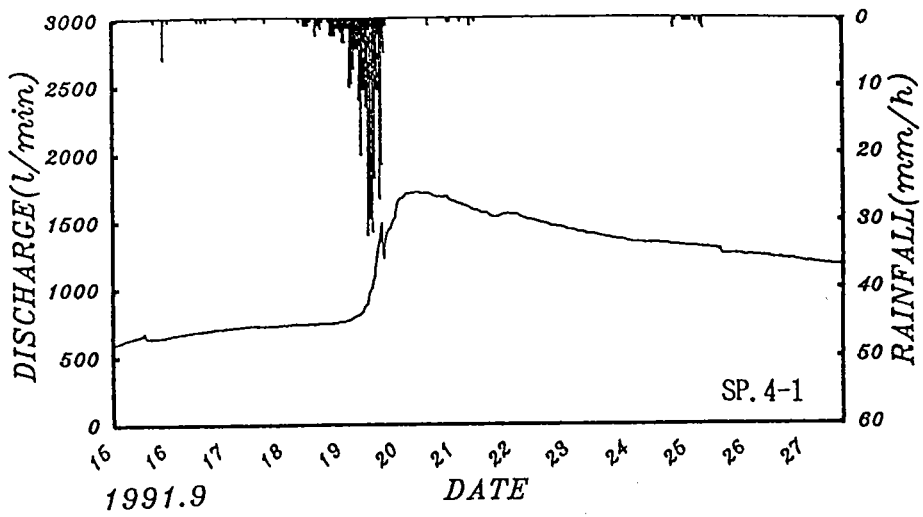


図 3 1 1 降雨あたりの湧水量の変化 (SP. 1、SP. 4)

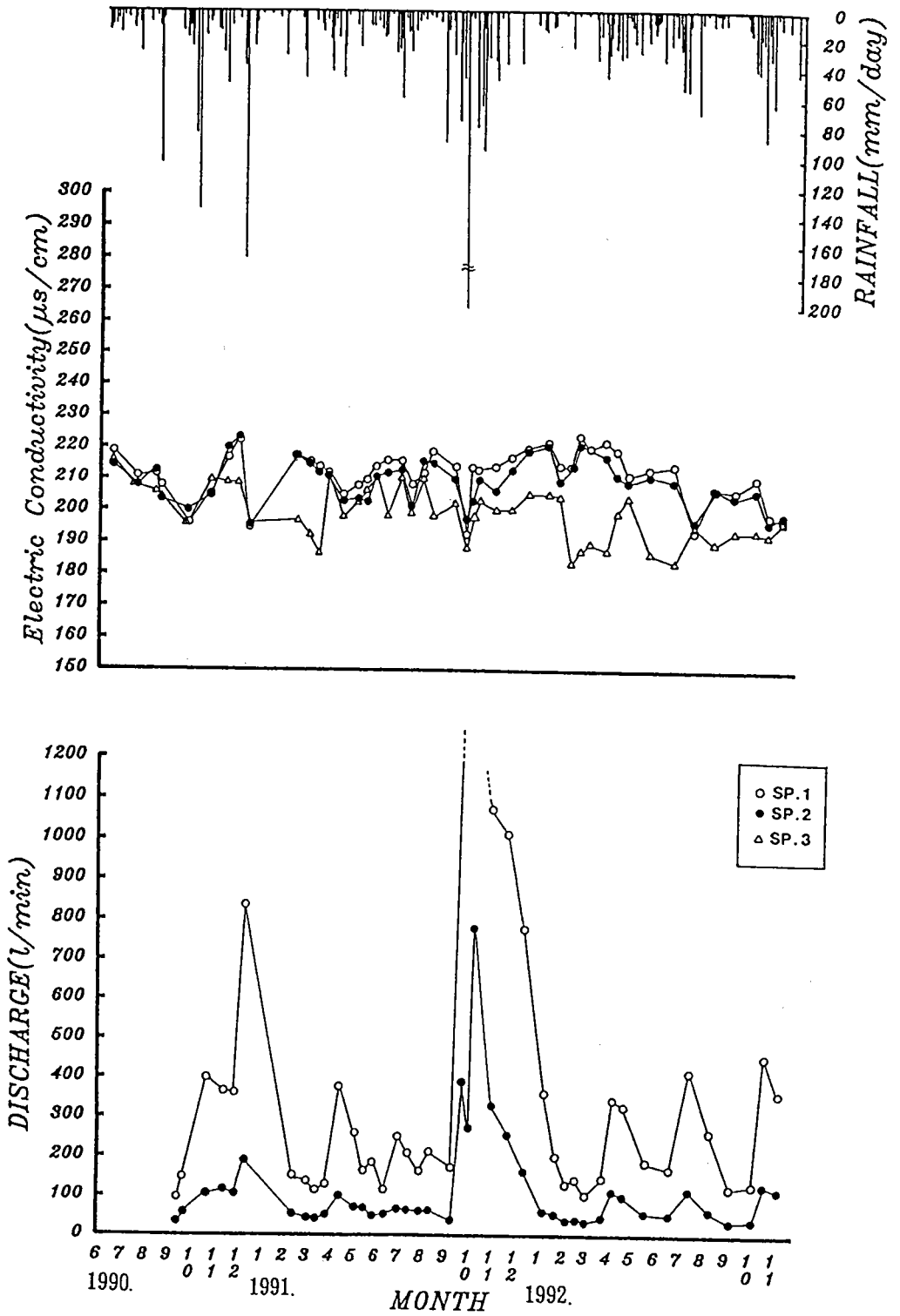


図 3.2 上流部湧水群 (Group. 1) の電気伝導度と湧水量変化

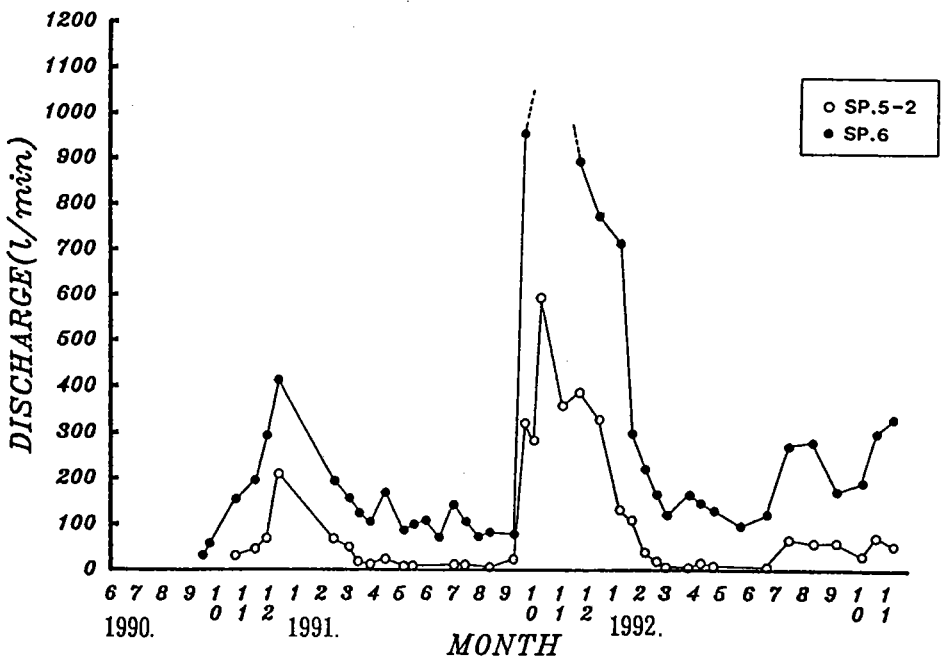
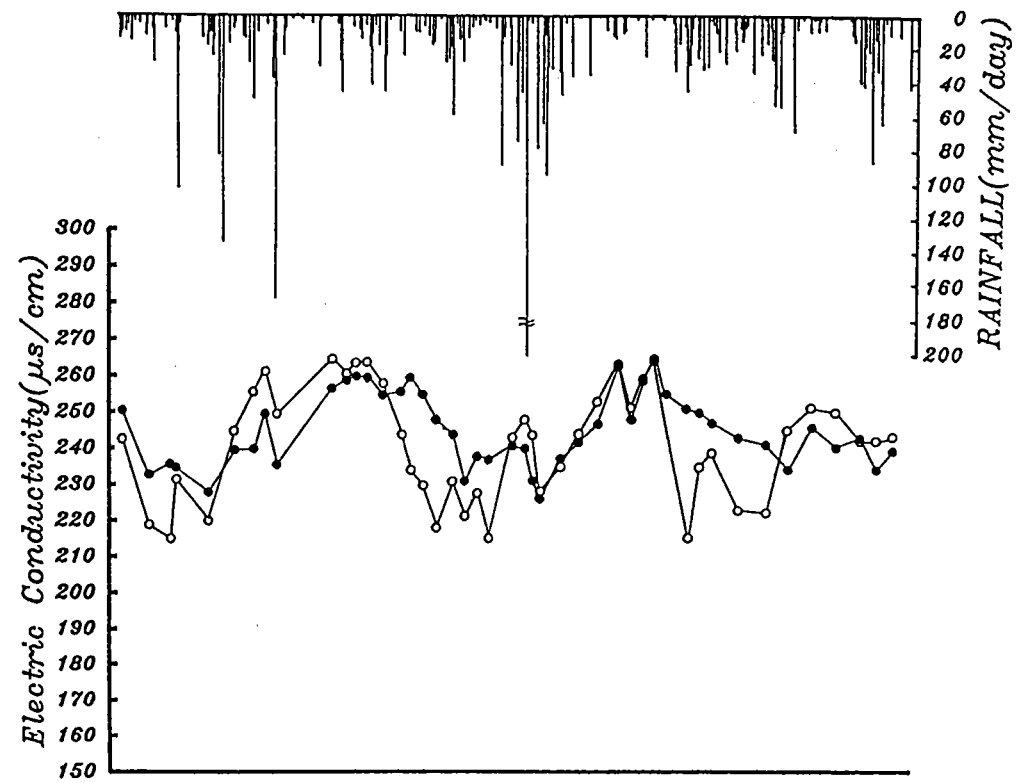


図 3 3 中流部湧水群 (Group. 2) の電気伝導度と湧水量変化

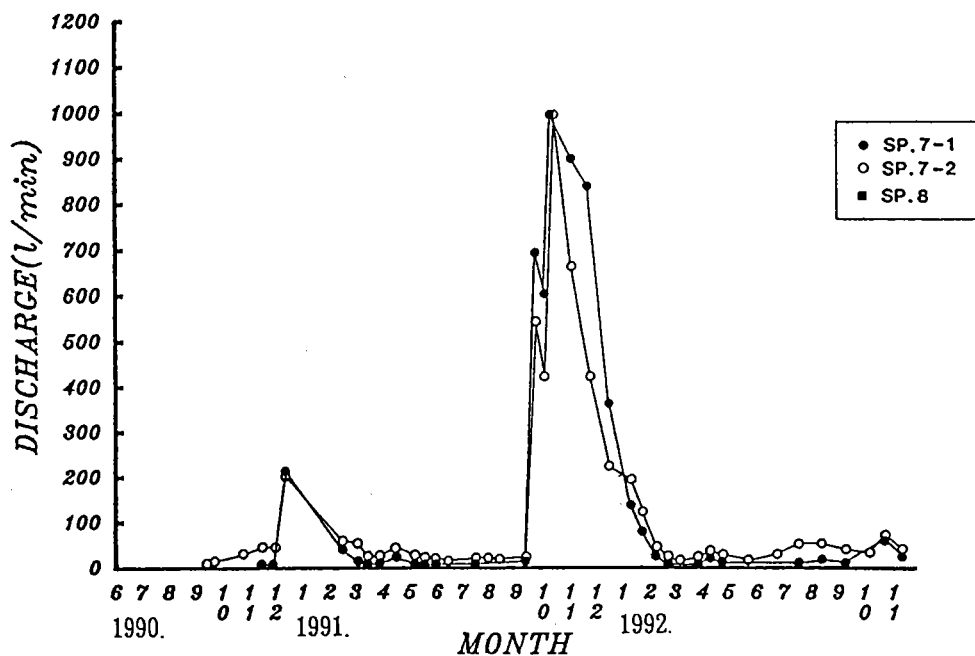
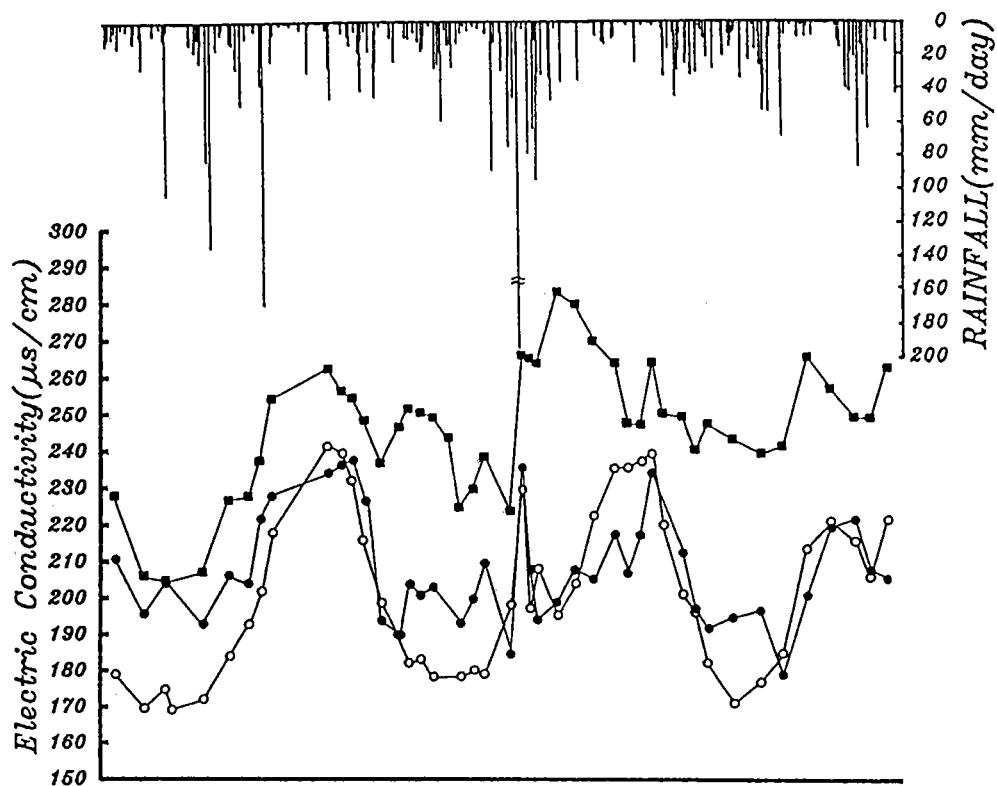


図 3 4 下流部湧水群 (Group. 3) の電気伝導度と湧水量の変化

上流部の湧水群は図3-1に示したように、降雨開始から半日程度でピーク湧出量を示し、翌日には徐々に減水を始めている。しかしその速度は一般に緩慢で、特に上記の大雨時では通常値にもどるのに数ヶ月を要した。このような例は特別としても、湧水量の増減幅は比較的顕著といえる。例えばSP.1では通常200l/min程度の湧水量が、多いときには900l/min、またSP.7では通常50l/minにも満たない湧水量が、多いときには1,000l/minを越える値を示す。このような湧水量の急増は、先にのべた流域地下水の降雨時における流向変化と密接な関係にあるといえる。この点については湧水の水質変化特性とともに後に詳しく考察する。

なお湧水量の変化と地下水位の変化との関係は図3-5にあるように、きわめてよい相関を示し、地下水位の観測値から湧水量をかなり正確に推定し得ることが分かる。

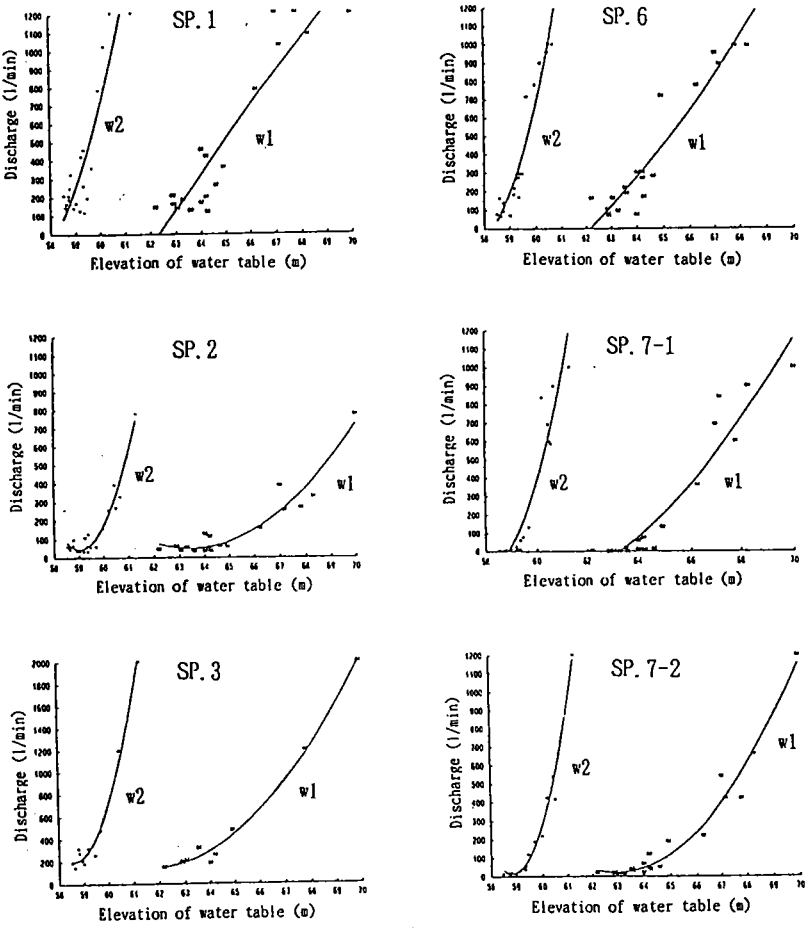


図3-5 地下水位と湧水量の関係

4. 湧水の水質

本調査地域の湧水や地下水の水質にみる大きな特徴は NO_3^- 成分が多いことである。図25、図26のパターンダイアグラム中の黒く塗りつぶした部分が、 NO_3^- -Nであるが、いずれも、またどの時期においても高い濃度が検出され、流域地下水がかなり広く汚染されていることを示唆している。

図32～図34には湧水量の変化とともに、電気伝導度の経時変化が示されている。この図にみる特徴から調査地域の湧水を上流部湧水群 (SP.1～SP.4)、中流部湧水群 (SP.5～SP.6)、下流部湧水群 (SP.7～SP.8) に区分することができる。(以下それぞれ、Group 1、Group 2、Group 3 と称することにする)

各グループごとに電気伝導度の変動をみると、Group 1 では $180\sim 220\mu\text{s}/\text{cm}$ と低い値で推移し、比較的安定している。しかしGroup 3 では湧水量の増減に対応して、 $170\sim 280\mu\text{s}/\text{cm}$ と大きく変動している。特に1990年12月、1991年10月などにみられたような湧水量の増加時では、高い値を示している。Group 2 でも $210\sim 260\mu\text{s}/\text{cm}$ と下流部ほどの大きな変動ではないが、湧水量の増加時に電気伝導度が高くなる傾向が認められる。

ここで湧水量の少ない期間 (1991.5～8) と多い期間 (1991.9～12) についてパイパー・トリリニア・ダイアグラムの特徴を比べると、図36に示したように、湧水量の少ない期間では水質成分組成が比較的安定しており、多い期間では、ややばらついた分布を示しているのが分かる。さらに図37、図38に示したパターン・ダイアグラムの経時変化では、湧水量の多い期間に各湧水とも、下流部に位置するSP.8の湧水のタイプに近づく傾向が認められる。

電気伝導度を支配している成分は NO_3^- や Cl^- などである。これらの成分と電気伝導度との相関係数は、図39～図46にあるように、それぞれ $0.58\sim 0.92$ 、 $0.54\sim 0.89$ とかなり高い値を示している。これらの成分が生活雑排水に起源を有することは明かで、本地域の湧水の汚染度がかなり高くなっていることを示している。その傾向は図47に示したpHの季節変化や、図48～図51に示した溶存成分の季節変化から分かるように、湧水量の多い時期に顕著になる。

陽イオンでは Ca^{2+} の変動が大きく、湧水量の増加時に低濃度になる傾向がみられる。また下流部の湧水群では Na^+ と Mg^{2+} の変動が大きく、やはり湧水量の増加時に高くなる傾向がみられる。

なお湧水観測資料を一括して付表3に示しておく。

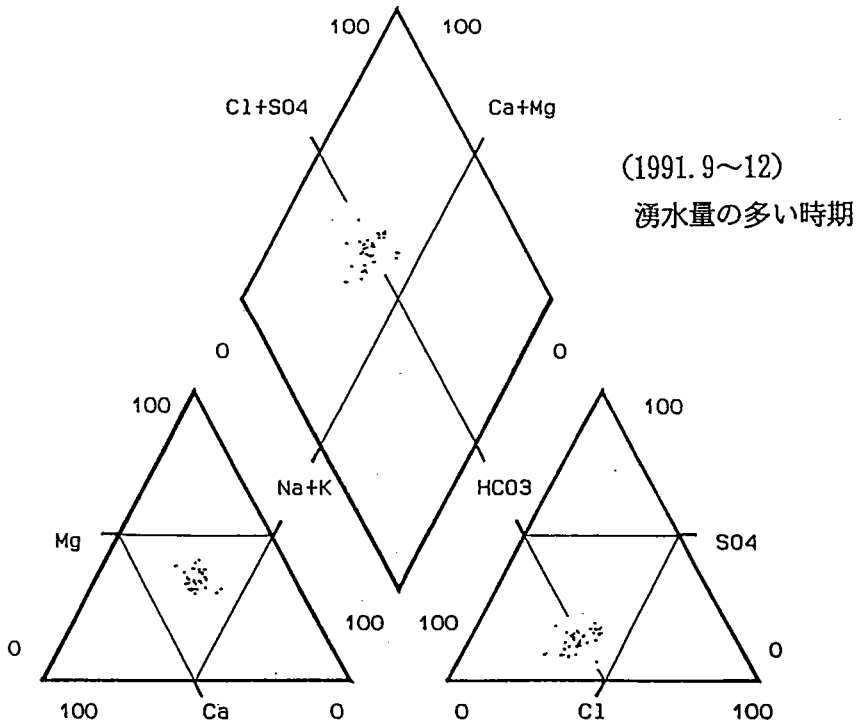
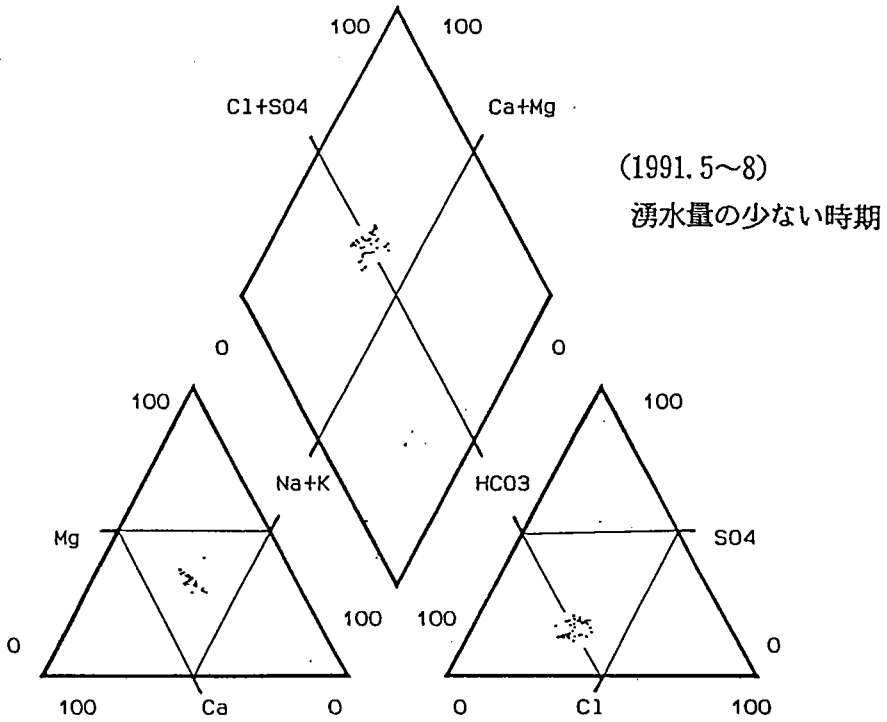


図 3 6 湧水におけるパイパー・トリリニア・ダイアグラム

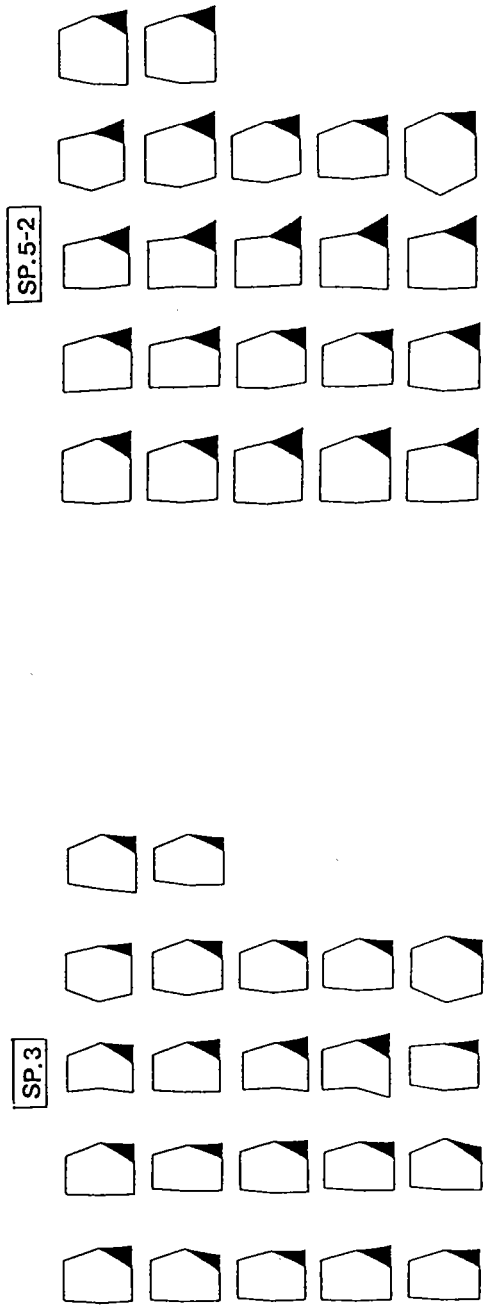
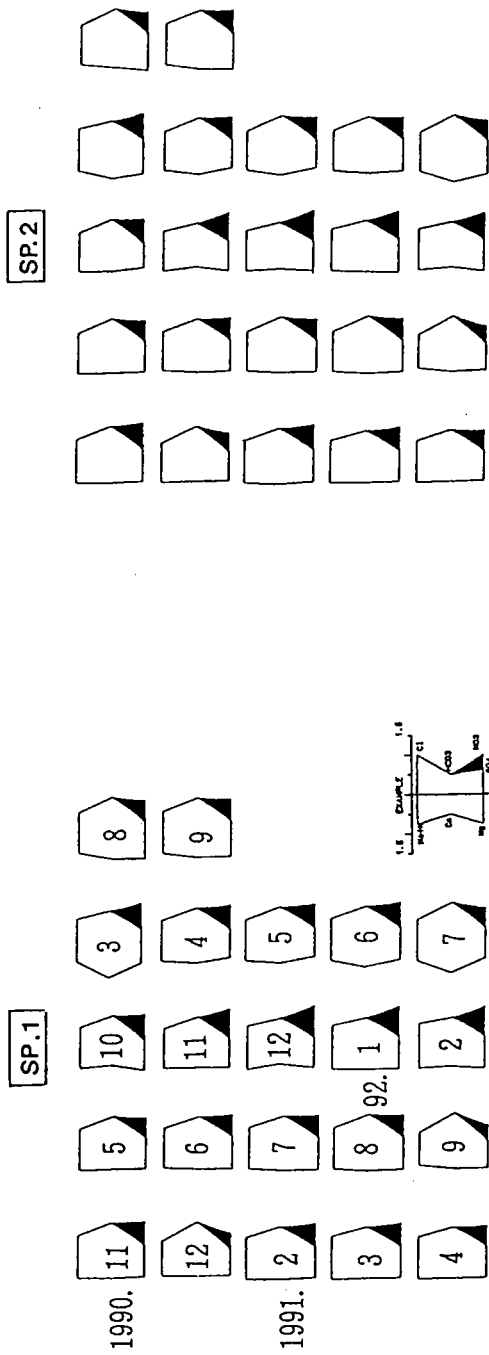


図 3 7 湧水におけるパターン・ダイアグラムの経時変化 (1)

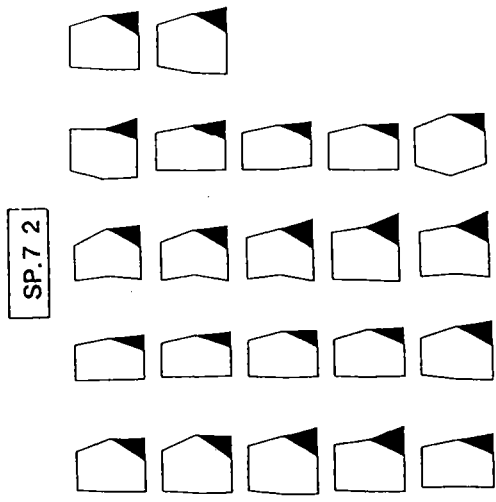
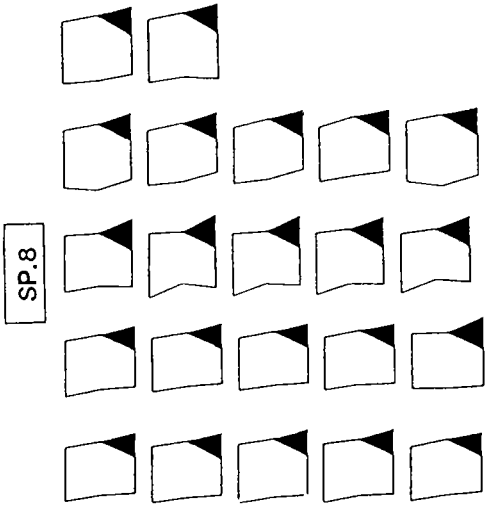
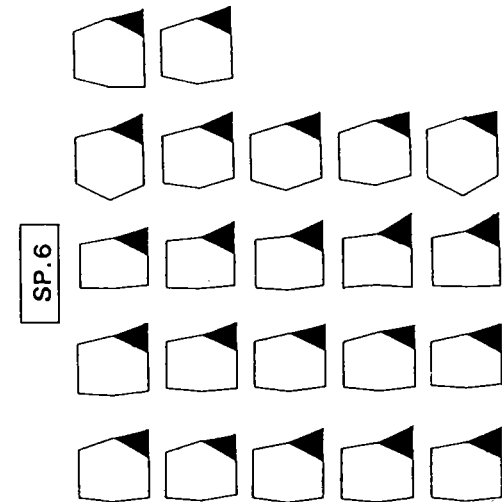
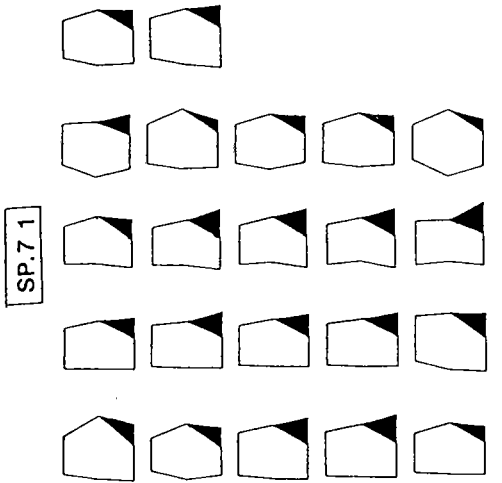


図 3 8 湧水におけるパターン・ダイアグラムの経時変化 (2)

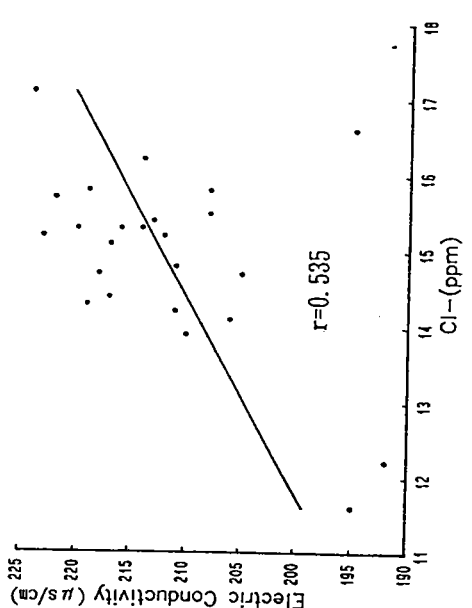
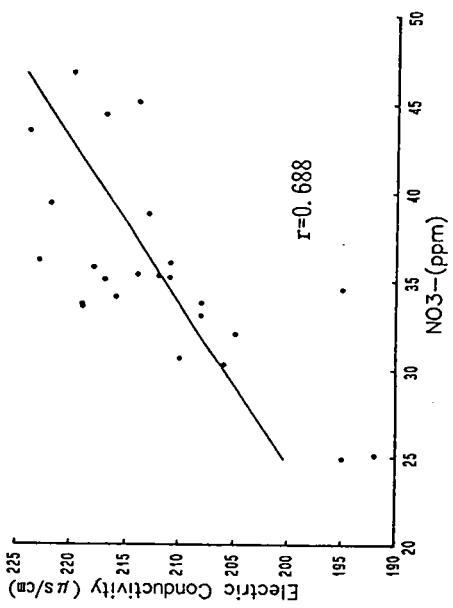
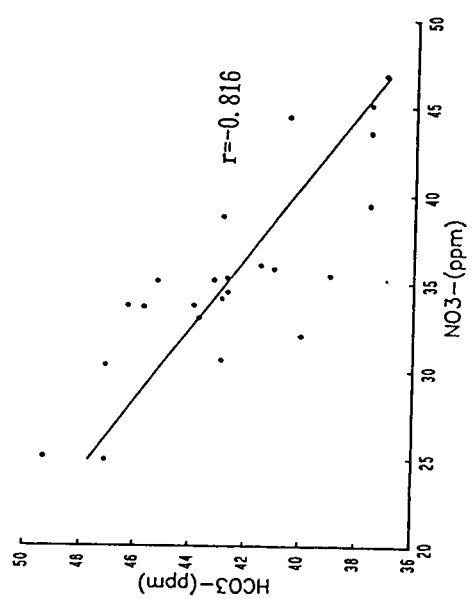
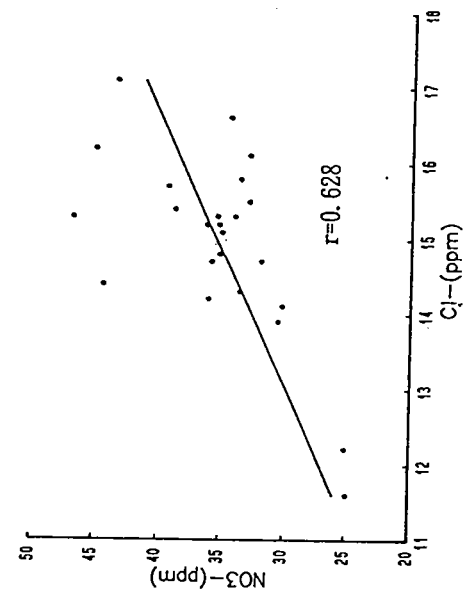


図 3 9 成分相関図 (S P . 1 .)

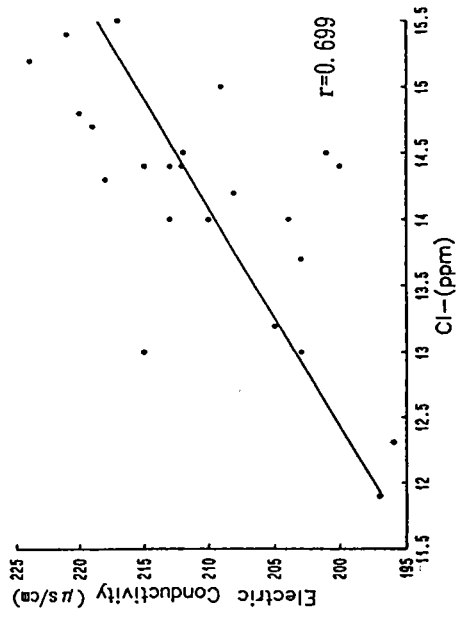
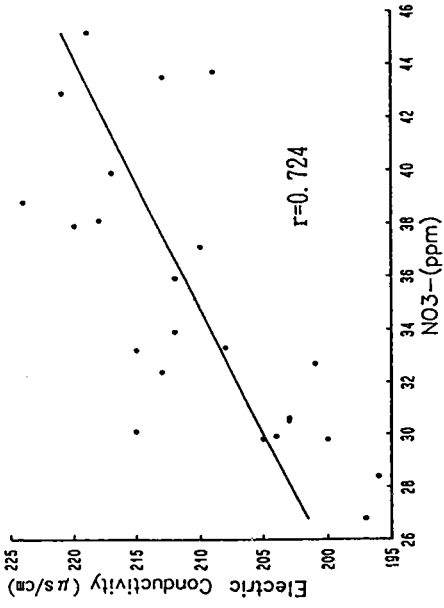
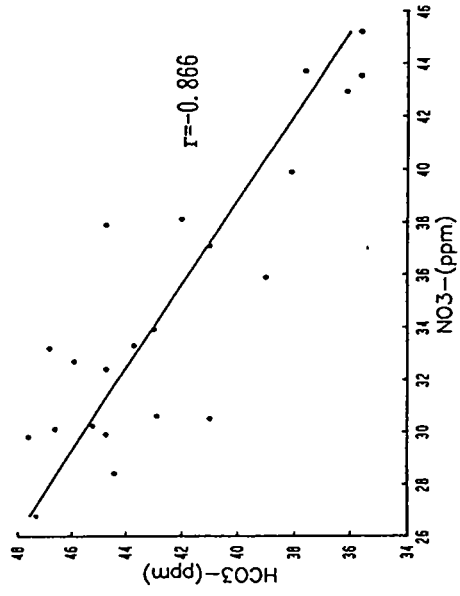
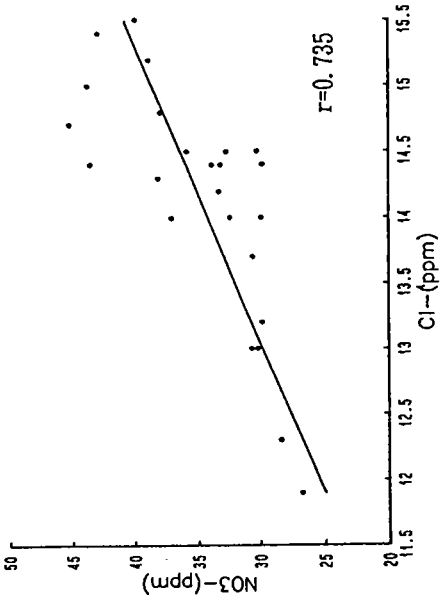


図 4 0 成分相関図 (S P . 2)

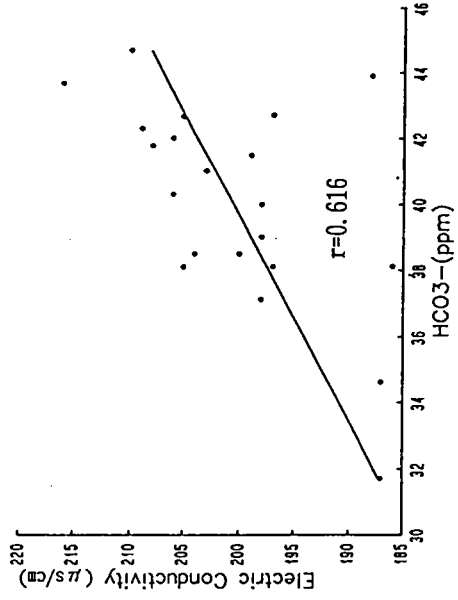
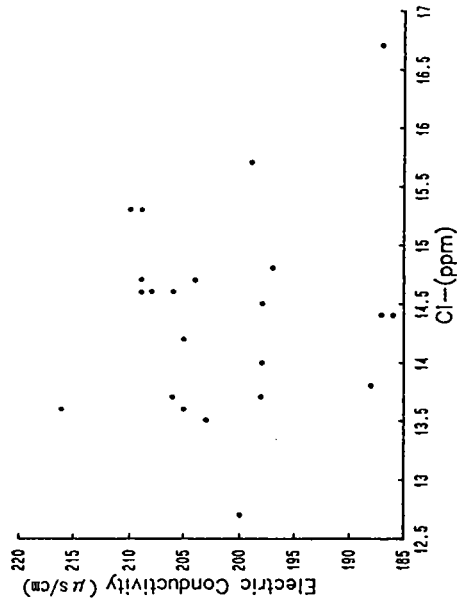
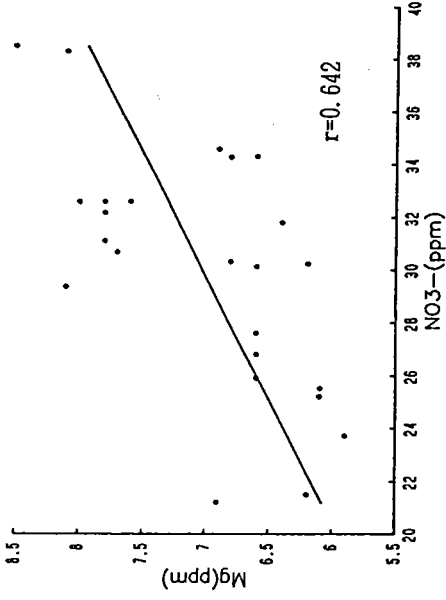
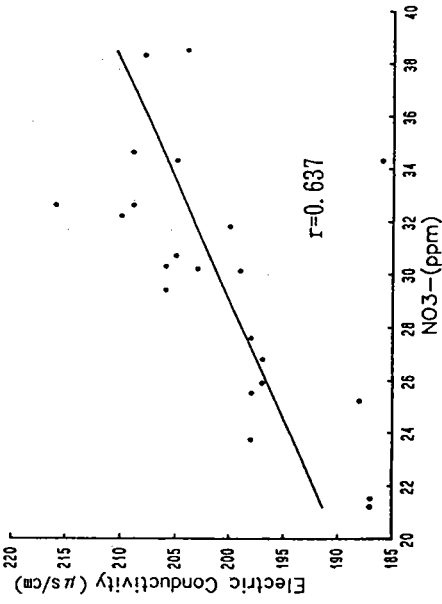


図 4 1 成分相関図 (S P . 3)

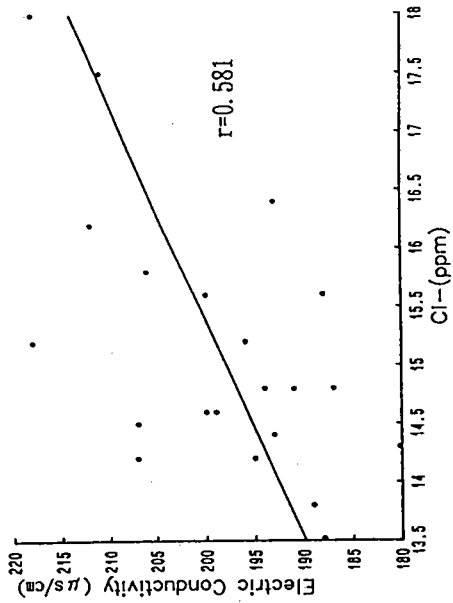
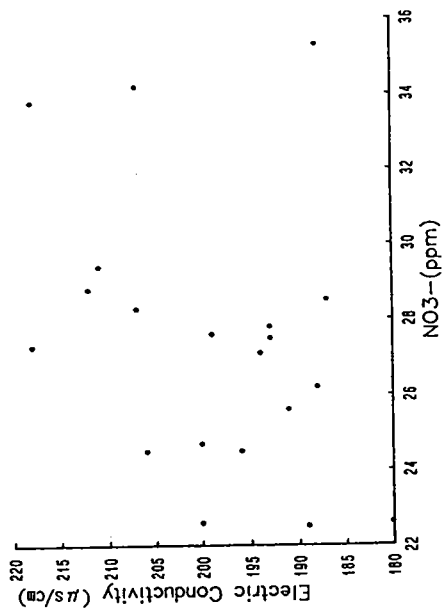
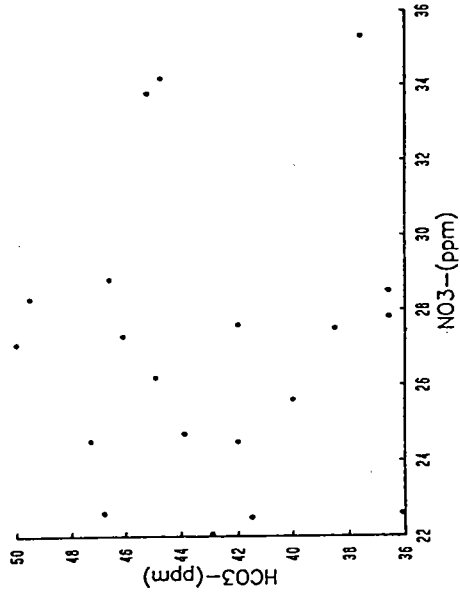
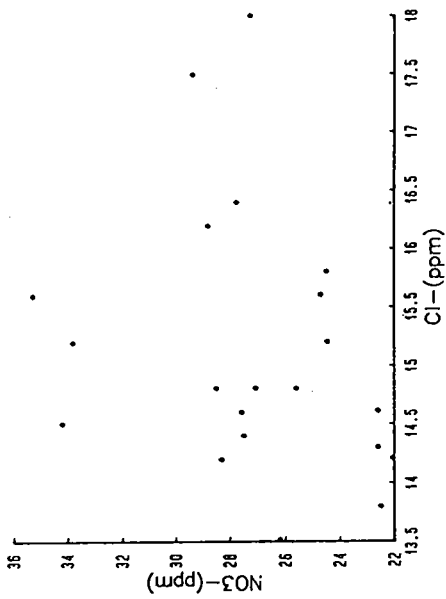


図 4 2 成分相関図 (S P . 4 - 1)

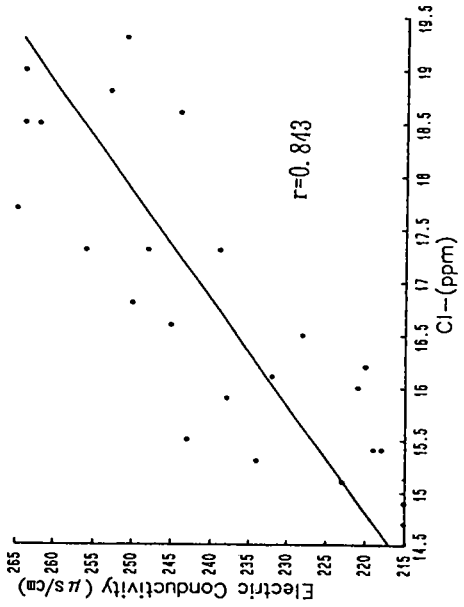
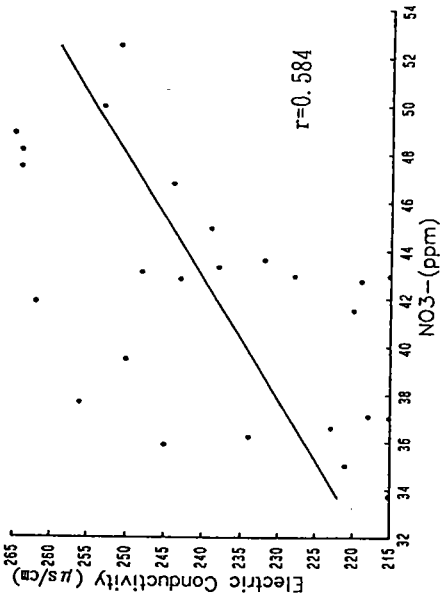
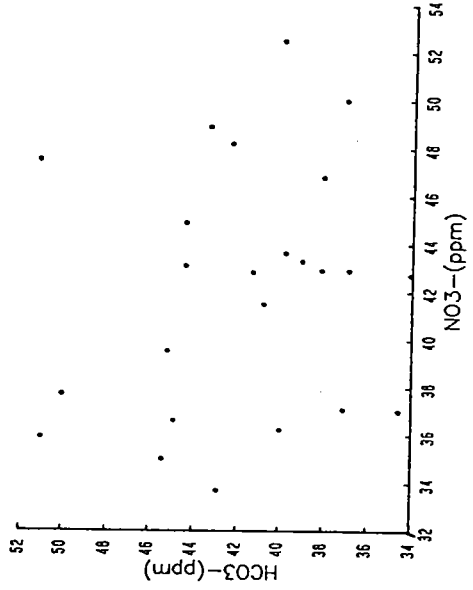
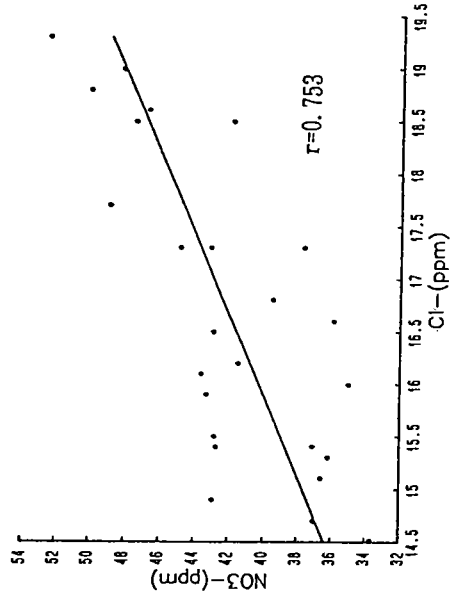


図 4 3 成分相関図 (S.P. 5 - 2)

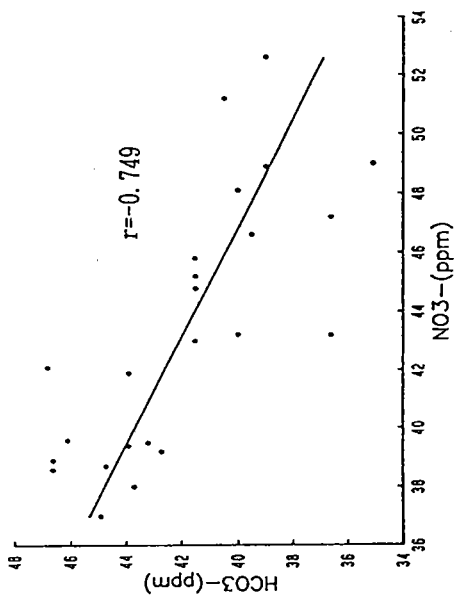
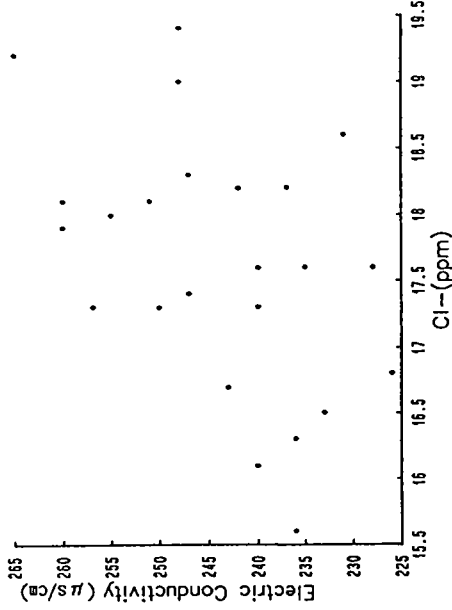
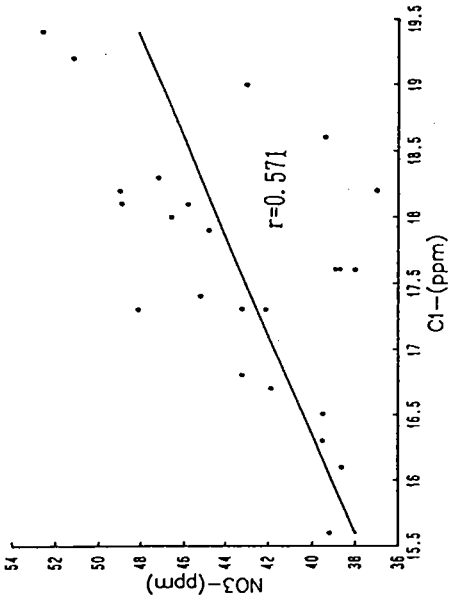
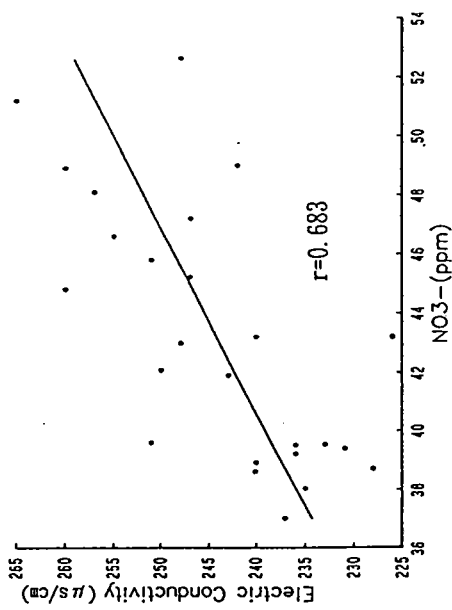


図 4 4 成分相関図 (S P . 6)

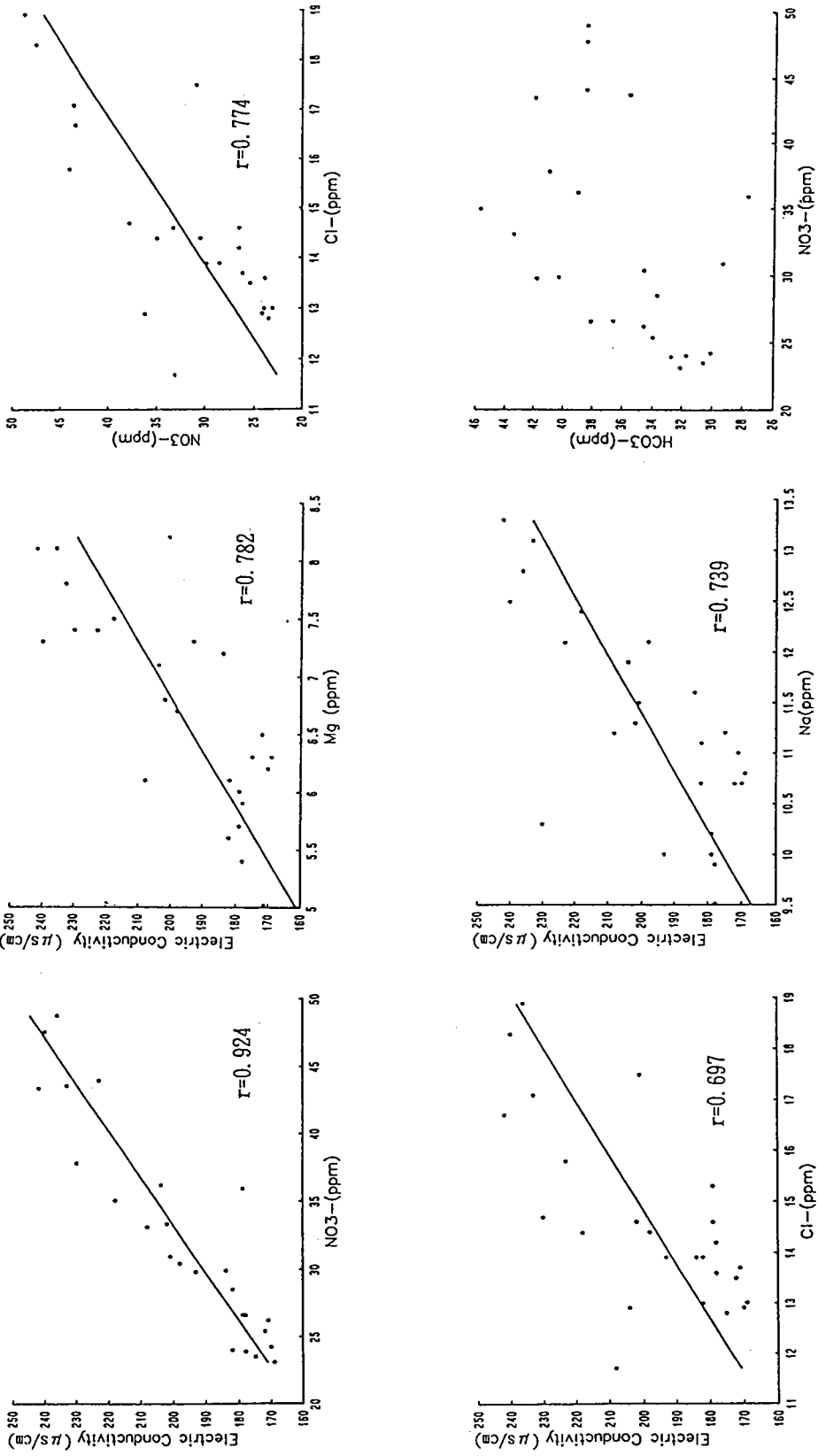


図 4 5 成分相関図 (S.P. 7 - 2)

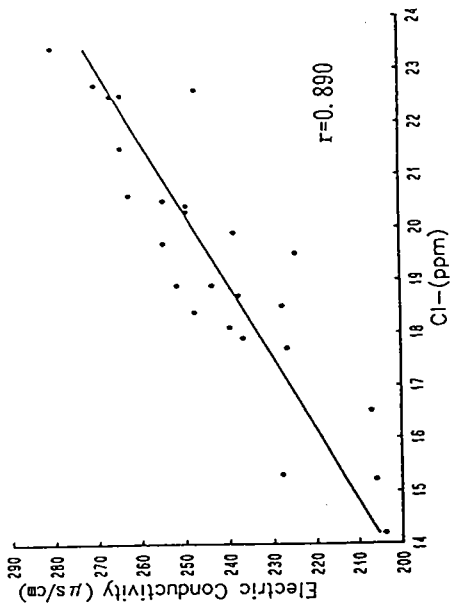
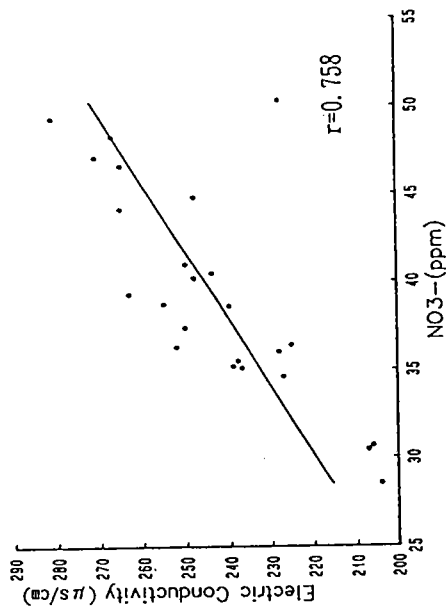
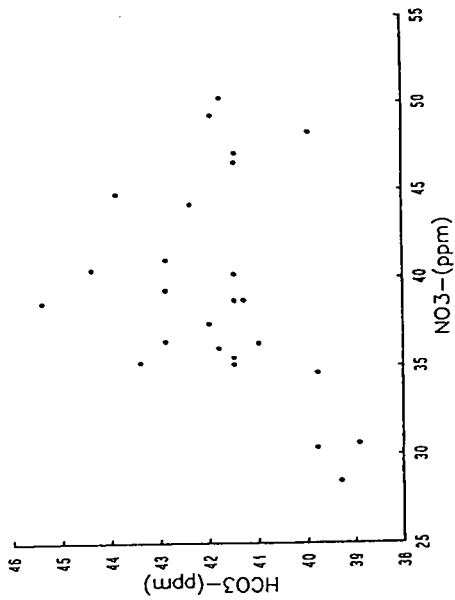
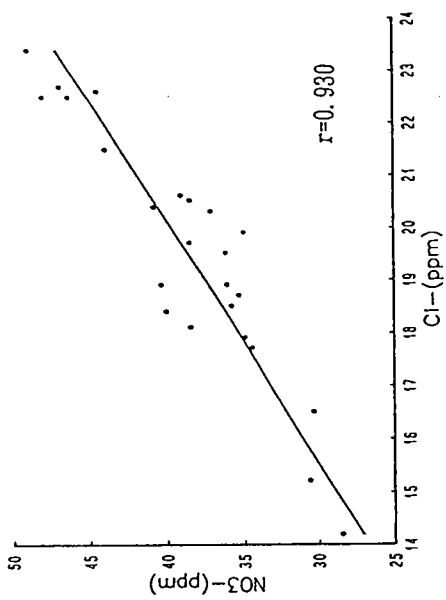


図 4 6 成分相関図 (S P . 8)

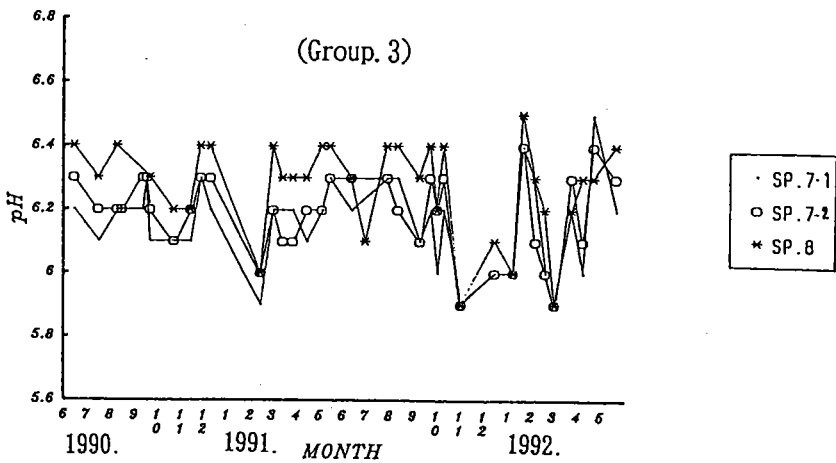
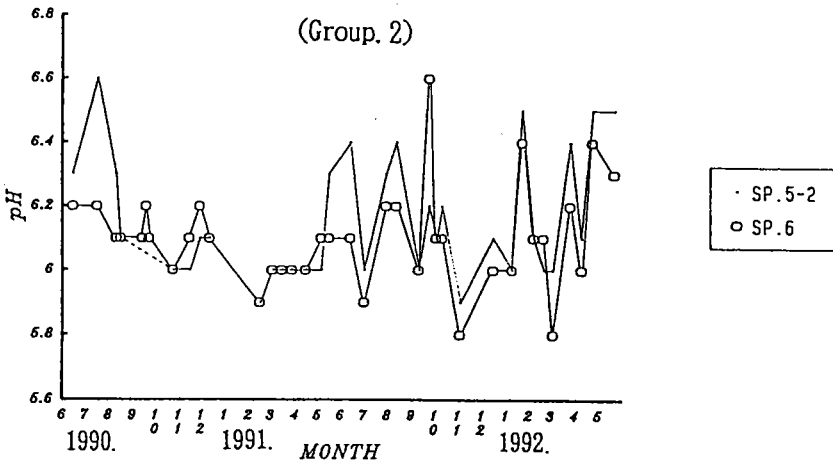
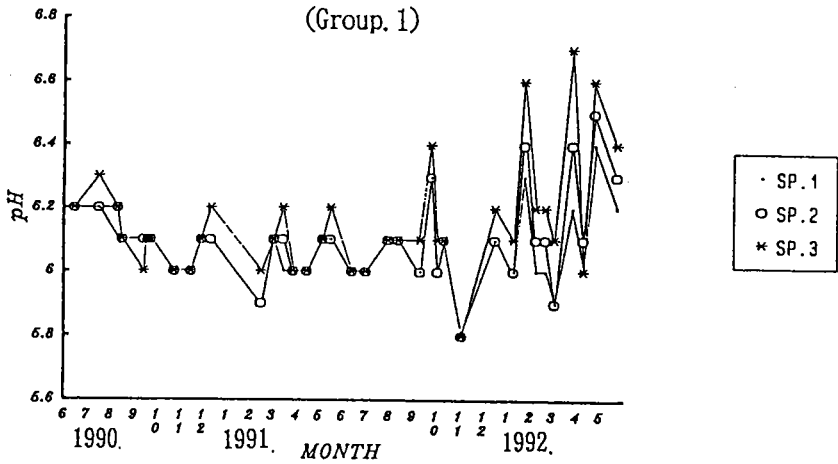
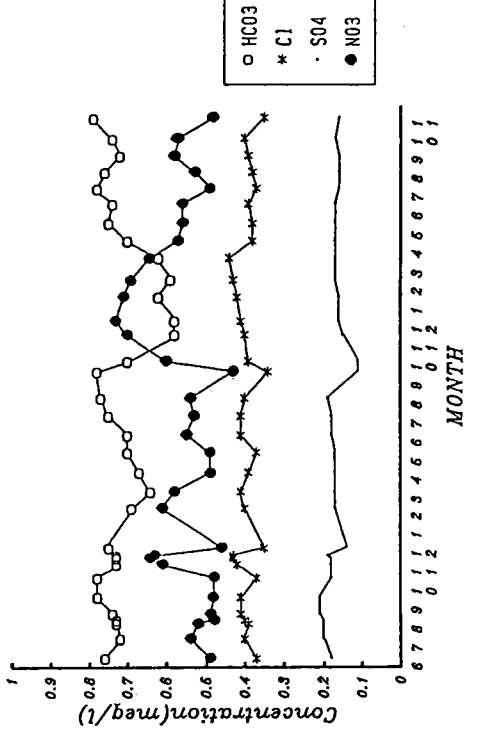
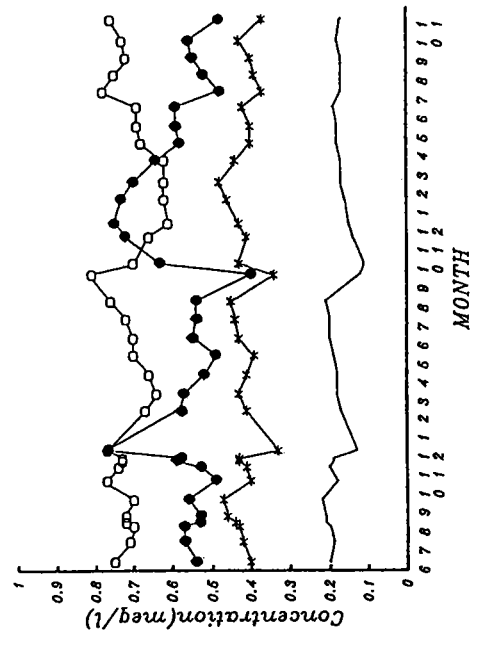
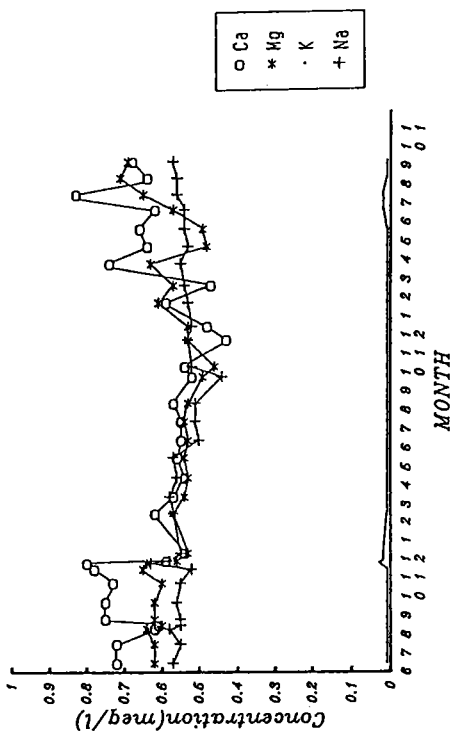
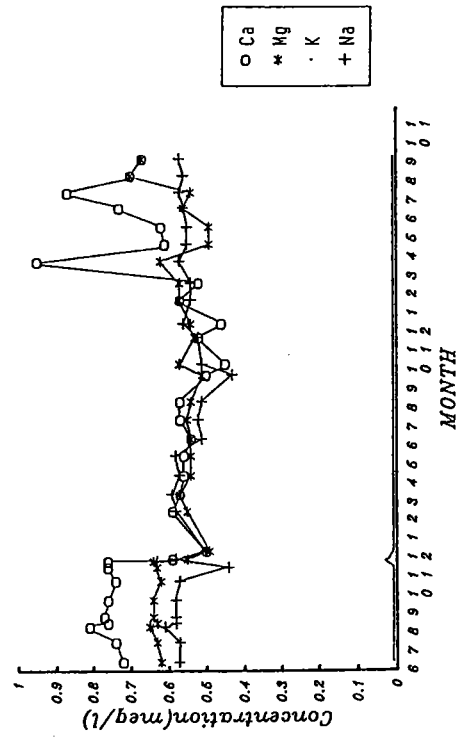


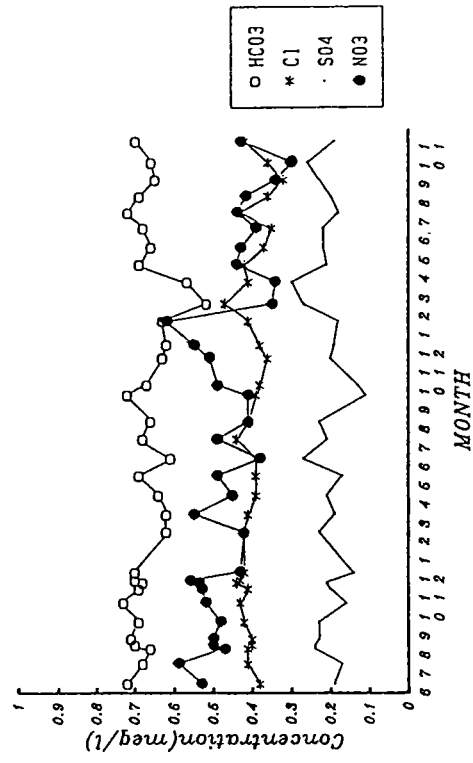
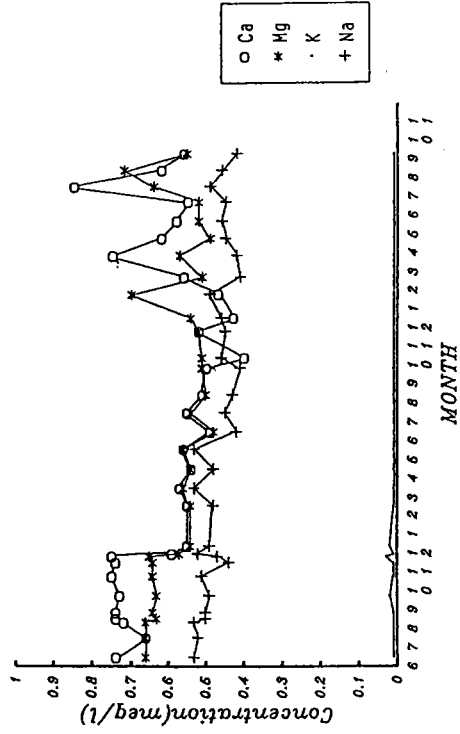
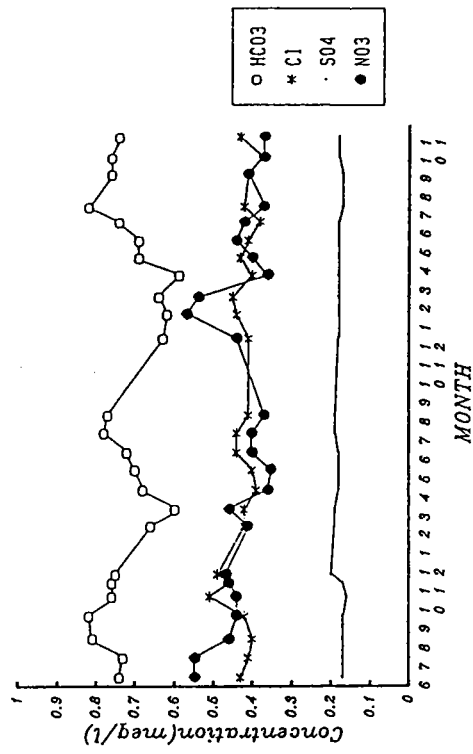
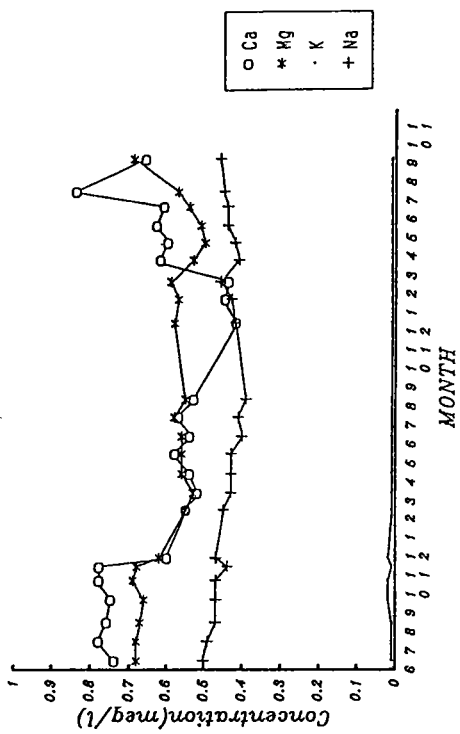
図 4 7 湧水における pH の経時変化



(SP.1)

(SP.2)

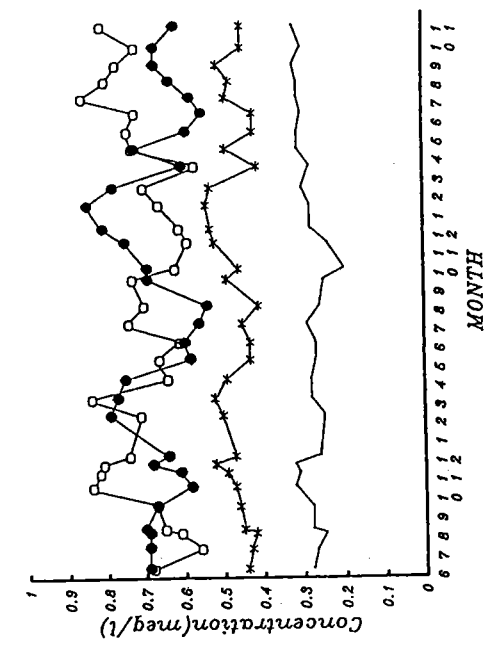
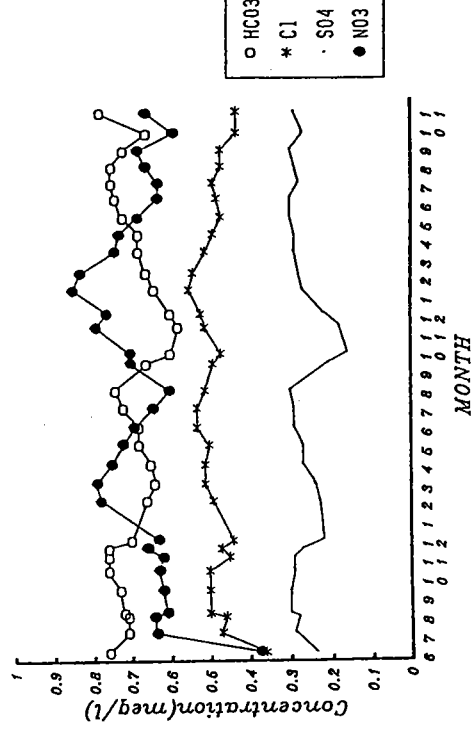
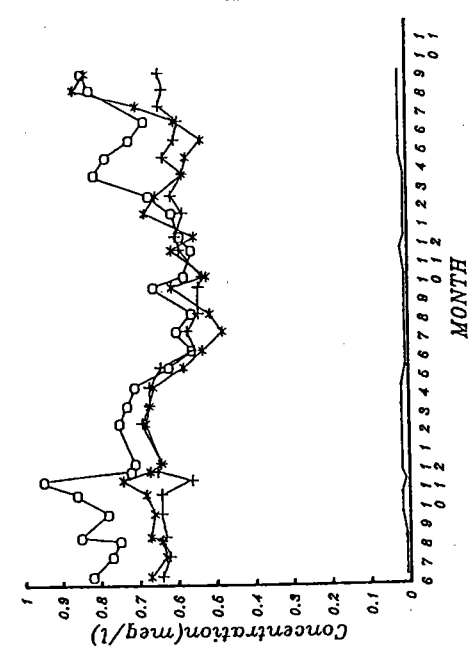
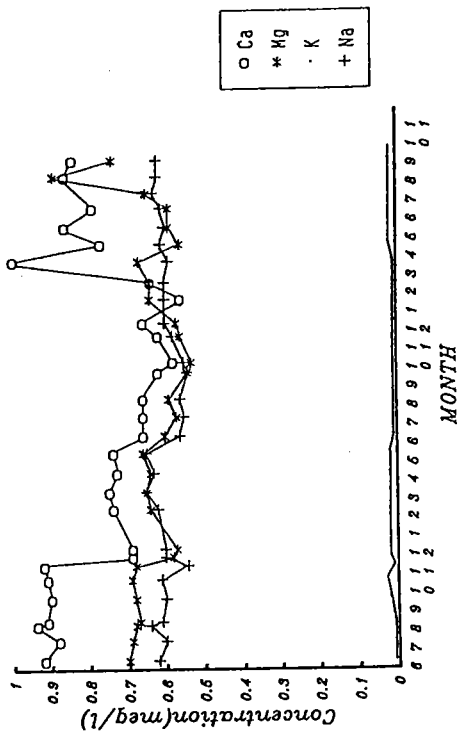
図 4 8 湧水における成分濃度の経時変化 (1)



(SP. 4-1)

(SP. 3)

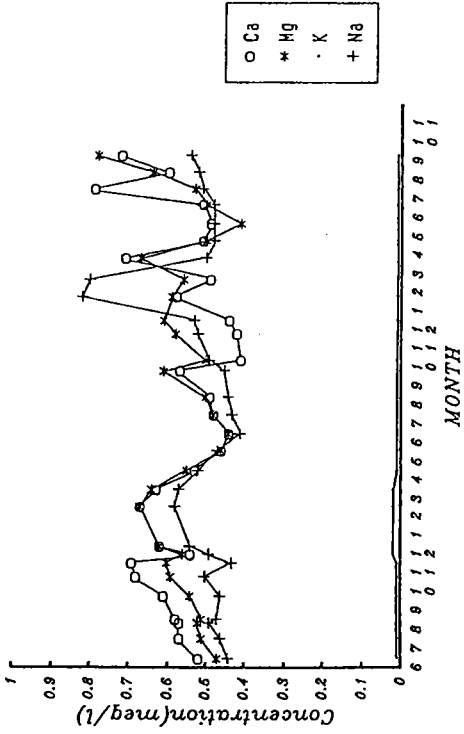
図 4 9 湧水における成分濃度の経時変化 (2)



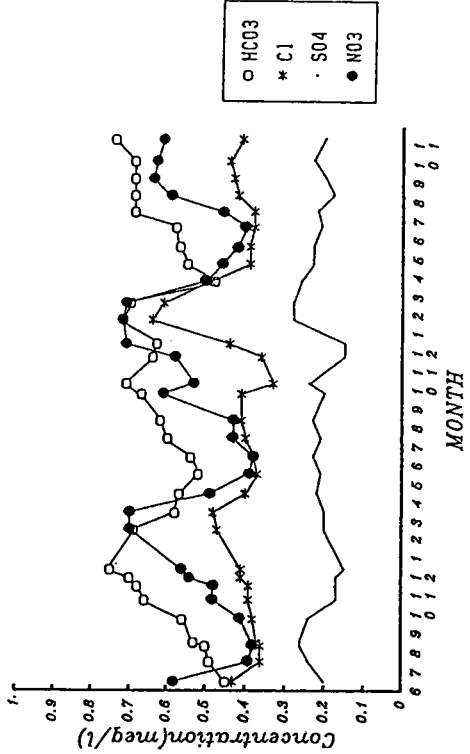
(SP.6)

(SP.5)

図 50 湧水における成分濃度の経時変化 (3)



(SP. 7-2)



(SP. 8)

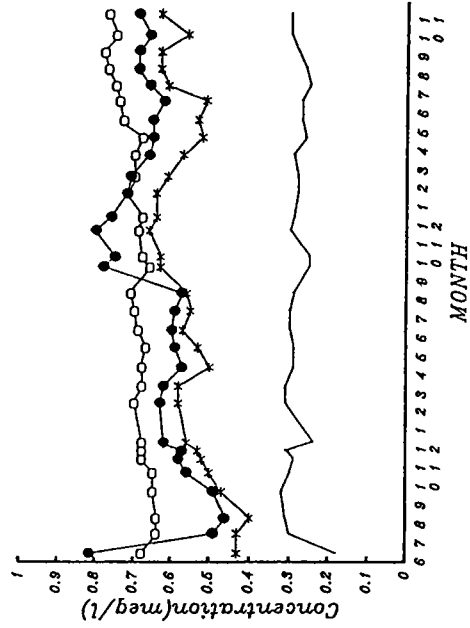
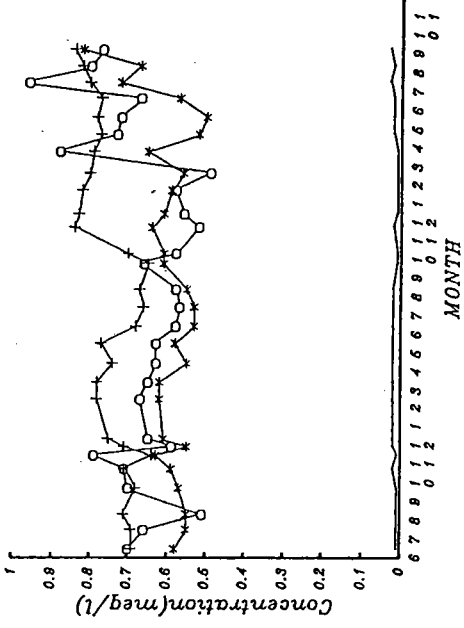
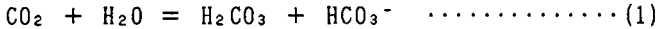


図 5 1 湧水における成分濃度の経時変化 (4)

5. 湧水の滞留時間

湧水の滞留時間については HCO_3^- 濃度と pH から推定することができる。地下水中では HCO_3^- と pH つまり H^+ との間には次の関係が成り立っている。



HCO_3^- はさらに ($\text{HCO}_3^- = \text{CO}_3^{2-} + \text{H}^+$) に解離する。

一般に HCO_3^- と pH は滞留時間が長いほどその値は高くなるものと考えられている。上流部では特に SP.1 と SP.2 で湧水量の増加時で、図 39、図 40 にあるように HCO_3^- の低下、及び NO_3^- の増加が観測された。その相関係数は、-0.82、-0.87 と高いものである。このことは降雨後、新しい水の供給が比較的速やかに行なわれていることを示している。

一方下流部では図 45、図 46 に示したように、 NO_3^- の増加とともに HCO_3^- の上昇傾向が認められ、湧水量の増加時に比較的古い水の供給が生じている可能性のあることを示唆している。

6. 湧水の地域性

以上のようにグループ毎に、基本的な水質変動特性が示されているが、隣あった湧水でも水質的に性格の異なるものもある。たとえば上流部の SP.1,2 に比べ、SP.3 では NO_3^- 濃度が相対的に低く、湧水量の多いときでも HCO_3^- 濃度の低下が見られない。(図 41) また下流部の SP.7-1 と SP.7-2 のように、距離にして 10 数 m しか離れていないものでも、湧水量の少ない時には電気伝導度で 20~30 $\mu\text{s}/\text{cm}$ の差があり、(図 34) さらに SP.8 では周辺の地下水を含めて Na^+ 濃度が高く、他の湧水と多少異なった水質を示す。(図 38)

つまり、湧水は地域的な水質特性を有するとともに、個々の特性をも有しており、各湧水がそれぞれのごく周辺に独自の集水域を形成していることが予想される。ただし、湧水量の増加時には上述の通り、各湧水ともに下流部に位置する SP.8 の組成に類似するようになることから、各湧水が独自の集水域を形成するのは、湧水量の少ない時に限られ、増加時には互いに連続するものと推測される。

VII 安定同位体分析

1. 分析結果の概要

野川流域湧水の安定同位体による研究例としては松尾 (1981、1983) がある。本研究でも 1992 年 1 月に湧水、地下水、土壌水の安定同位体の分析を行ない、

同位体比 δD 、 δO を求め、松尾の結果と比較した。なお安定同位体の分析は岡山大学地球内部研究センターの施設を利用させて頂いた。

図52に示したように、松尾の結果と比較して大きく異なる点はLocal meteoric lineからズレが生じていることである。単純に蒸発による影響であれば同じライン上にのるはずであるから、この10年間に降雨組成の変化、あるいは涵養源の変化などが生じた可能性が考えられる。後者に関して注目すべき点は、土壌水の同位体比が湧水や地下水に比べて、はるかに大きく（重く）しかもラインからズレていることなどを考慮すると、台地での降雨による涵養量は最近の10年間で都市化による不浸透面積の増加などの影響により、かなり減少してきたことが推測される。

1992年10月には湧水、地下水、土壌水に加えて玉川上水、降水、多摩川河川水の δD を求めた。（表3）しかし $\delta^{18}O$ については機械の故障で分析を行なうことができなかつたために降雨データから近年におけるLocal meteoric lineは明らかにすることができなかつた。

湧水、地下水の δD は地点による違いや季節による変動は殆ど認められず、比較的安定しており、ほぼ同じ値を示した。それぞれの平均値は湧水で、 -51.36‰ 、地下水で -52.03‰ であった。また玉川上水の δD は湧水や地下水に比べてはるかに小さく、その平均値は -61.20‰ で、やはり地点や季節による違いは認められなかつた。

降雨の同位体組成には季節による温度効果や、降雨効果が影響することが明らかにされているが、本調査地域における降水の δD にも $-36\sim-47\text{‰}$ （平均値 -44.97‰ ）と若干のばらつきが生じており、温度や雨量の影響を反映したものと思われる。

土壌水は深度7mにおいても、ほぼ降水の同位体組成と同じ値を示し、（平均値 -43.49‰ ）関東ローム層の特性上、蒸

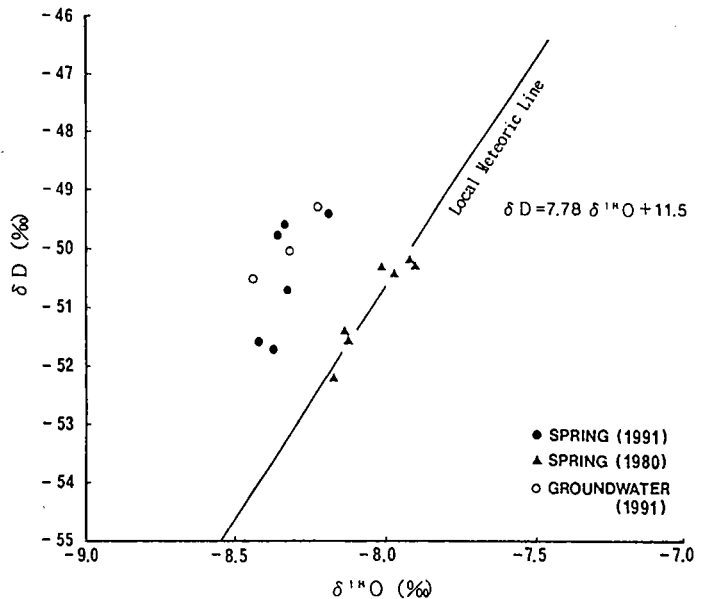


図52 酸素と水素の安定同位体比

発の影響をほとんど受けることなく、速やかに浸透していることが推測された。

一般に地下水の同位体組成はこれを涵養している降水の同位対比によって決定されるが、上述のとおり、本調査地域では降水や土壌水の同位体組成と地下水、湧水の同位体組成の間に大きな差が認められる。このことから本調査地域の地下水や湧水は降水以外に、大きな涵養源をもつものと考えざるを得ない。

その主体は水道の漏水を含む生活雑排水（玉川上水からの浸透水を含む）にあるものと考え、地下水、湧水中に占める割合を推定した。

2. 湧水中に占める生活雑排水の割合

水素の安定同位体比（ δD ）を用いて地下水（湧水）中に占める生活雑排水（ここでは玉川上水を流れる下水の2次処理水、吸い込み井戸からの浸透水、水道管からの漏水を一括する）の割合を推定する。

安定同位体比は蒸発などの影響により、多少変動するものと考えられるが、ここでは複数のサンプルの分析結果を平均化することで、以下の混合方程式の適用を試みた。

$$Q_g = Q_s + Q_p \dots\dots\dots(2)$$

$$C_{gx}Q_g = C_{sx}Q_s + C_{px}Q_p \dots\dots\dots(3)$$

表3 安定同位体分析結果

SAMPLE	DATE	ANALYSIS	δD	$\delta^{18}O$
<u>SPRING</u>				
SP.1	91/03/15	92/01	-51.59	-8.42
	91/10/12	92/01	-49.59	-8.33
	91/07/15	92/10	-50.32	—
	91/10/12	92/10	-49.51	—
SP.6	91/01/24	92/10	-52.73	—
	91/03/15	92/01	-49.79	-8.35
SP.7	91/10/12	92/01	-49.39	-8.18
	91/03/15	92/01	-51.72	-8.37
	91/10/12	92/01	-50.68	-8.32
	90/11/29	92/10	-52.72	—
	92/01/24	92/10	-52.06	—
	92/07/17	92/10	-51.42	—
<u>GW.</u>				
NO.1	91/07/11	92/01	-49.29	-8.21
NO.20	91/10/12	92/10	-54.99	—
	92/07/17	92/10	-52.57	—
NO.31	91/07/11	92/01	-50.51	-8.43
NO.42	91/09/25	92/10	-49.50	—
	91/10/12	92/10	-51.04	—
NO.55	91/07/09	92/01	-50.04	-8.31
<u>SOIL</u>				
B1(3m)	91/11/22	92/01	-40.66	-6.05
		92/10	-39.36	—
B1(6m)	91/11/22	92/01	-37.46	-5.99
B4(5m)	92/01/17	92/10	-43.25	—
B4(7m)	92/01/17	92/10	-45.87	—
<u>WATER</u>				
R1	92/04/24	92/10	-63.36	—
	92/08/13	92/10	-60.54	—
	92/09/16	92/10	-61.78	—
	92/04/24	92/10	-59.13	—
R4	92/07/10	92/10	-61.52	—
	92/08/13	92/10	-60.08	—
	92/09/16	92/10	-62.00	—
<u>TAMAGAWA</u>				
HAKURA	92/04/02	92/10	-65.26	—
<u>RAINF</u>				
	92/03/05	92/10	-46.80	—
	92/06/22	92/10	-41.09	—
	92/08/05	92/10	-36.63	—
	92/10/07	92/10	-35.89	—

[δD (‰), $\delta^{18}O$ (‰)]

ここで Q_g : 地下水総量	C_g : 地下水の δD
Q_s : 生活雑排水による涵養量	C_s : 生活雑排水の δD
Q_p : 降水による涵養量	C_p : 降水の δD

ここで Q_g 、 Q_s 、 Q_p は未知量であるが、(2)式の各項を Q_g で除し、これを用いて (3)式を次のように書き換える。

$$C_g = C_s (Q_s / Q_g) + C_p (1 - Q_s / Q_g) \dots\dots\dots (4)$$

C_g 、 C_s 、 C_p はそれぞれ測定可能であるから、地下水（湧水）中に占める生活雑排水の割合 (Q_s / Q_g) を求めることができる。

地下水の δD は、地下水位観測井 W1 (91/10、92/7)、W2 (91/9、10) の計4回のサンプルの平均値 $C_g = -52.03\text{‰}$ 、生活雑排水としては、玉川上水 R1 (92/4、8、9)、R4 (92/4、7、8、9) の計7回のサンプルの平均値 $C_s = -61.20\text{‰}$ 、降水は (92/3、4、8、10) 4回のサンプルの平均値 $C_p = -44.97\text{‰}$ を採用した。

これらの値を(4)式に代入して (Q_s / Q_g) を求めると0.43となる。つまり地下水（湧水）中の約4割が生活雑排水によって涵養されているという結果となる。

なお計算では生活雑排水を代表するものとして、玉川上水の値 (-61.20‰) を用いたが、今回多摩川羽村取水地点で採取した河川水の δD は -62.26‰ 、一方松尾 (1981) による、本調査地域における水道水の δD の平均値は -57.3‰ であり、上述の仮定に大きな誤りはないといえる。

同様の研究として安藤ほか (1983) がある。ここでは塩化物イオン濃度を用いた混合方程式から地下水中に含まれる生活雑排水の割合を計算し、47%という値を求めている。この値は上記の結果と比べて大きな差はないといえる。

VIII 湧水の湧出機構

1. 上流部湧水群 (Group 1)

このグループにおける湧出モデルを図53に示した。この図の上には示したのは国分寺崖線を南北に切る方向での地下水環境を模式的に示したものであり、下の図は湧水に向かう地下水流動方向の季節変化パターンを示したものである。ここでは低水位時においても、湧水は比較的広域的な南東方向に向かう地下水流動に支配されている。さらに台地内部に向けて大きな谷が入り込んでいるた

め、地下水位の上昇が制御され、豊水期においても大幅な水位変動や流動方向の変化が起こりにくい。

低水位時では中・下流部の湧水に比べて HCO_3^- 濃度は高く、比較的滞留時間の長い、古い地下水が湧出しているものと思われるが、降雨後は湧水量の増加とともに、 HCO_3^- 濃度の減少がみられ、比較的滞留時間の短い新しい地下水の供給が生じているものと思われる。

この地域では図10に示した地質断面図にあるように、地下水面は高水位時においても、常に武蔵野礫層中に存在しており、地下水質にかかわる表層部からの影響を受けにくいことが推察される。

中・下流部の湧水に比べて降雨に対する応答が顕著であること、水質的に比較的濃度で安定していることなどの特徴は、上記のような周辺環境によるところが大きいといえる。

2. 中・下流部湧水群 (Group 2, 3)

このグループの湧水群の湧出モデルを図54、図55に示す。前者は低水位時、後者は高水位時のものである。まず低水位時では、地下水は大きく東南東方向へ流動しており、湧水流出に関与する地下水は図54の下段に示したように、各湧水の近傍のものに限られる。つまり局地的な流動系の一部に限られる。しかし高水位時には、すでに述べたように、全体として台地内部から崖線に向かう方向、つまり南東方向に地下水の流れを変化させる。図55の下段にその様子が示されている。この時の動水勾配は平常時の3/1000程度から7/1000以上へと増加し、これとともに湧出量も急増する。なお、この地域の地下水は豊水期には、図55の上段に示したように、関東ローム層中の地中水と連絡するかたちになるため、地表からの汚染の影響を受け易い状況に置かれる。湧水量の増加に対応して、生活雑排水起源と考えられる NO_3^- や Cl^- 濃度が上昇する事実は、このことと無縁ではないと考えている。

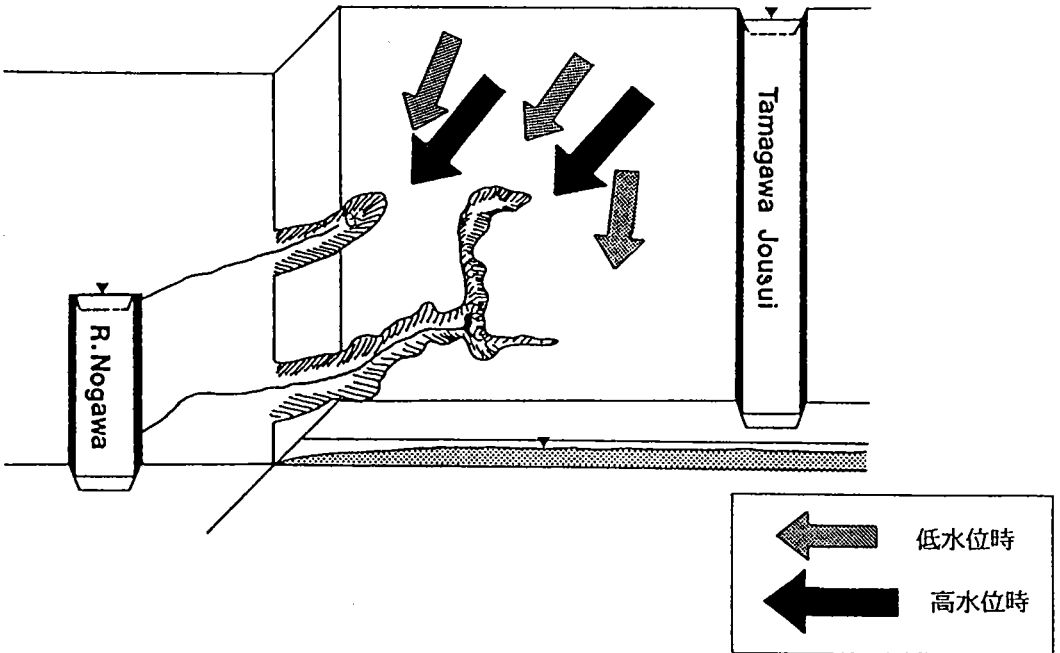
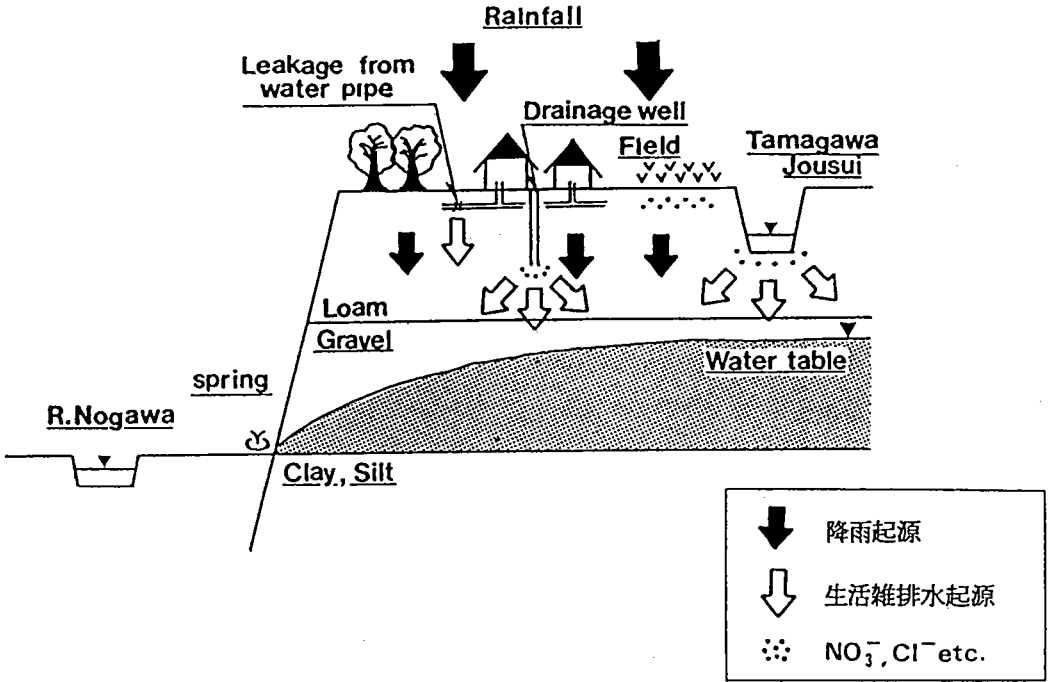


図 5 3 上流部湧水群の湧出モデル

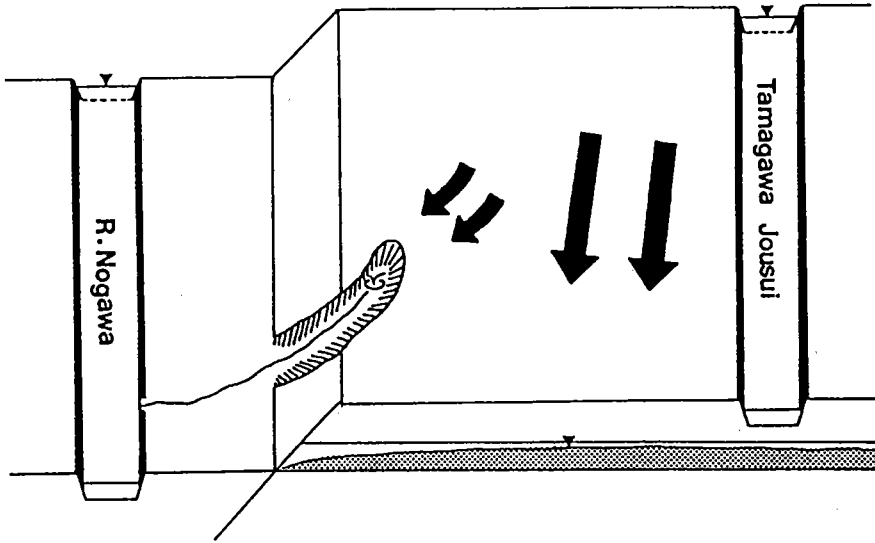
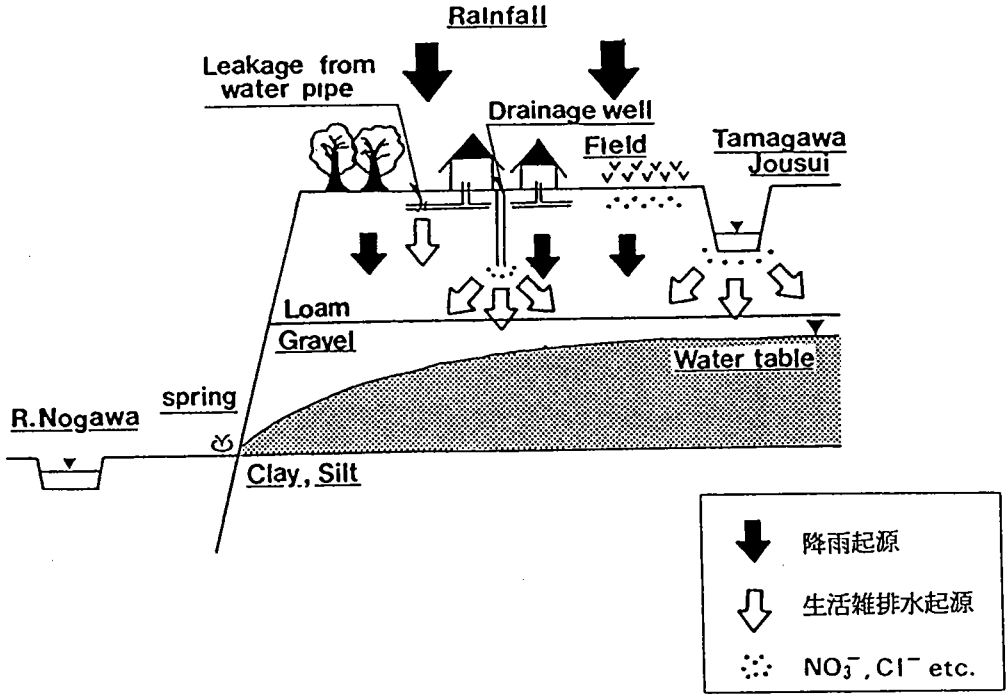


図 5 4 中・下流部湧水群の低水位時における湧出モデル

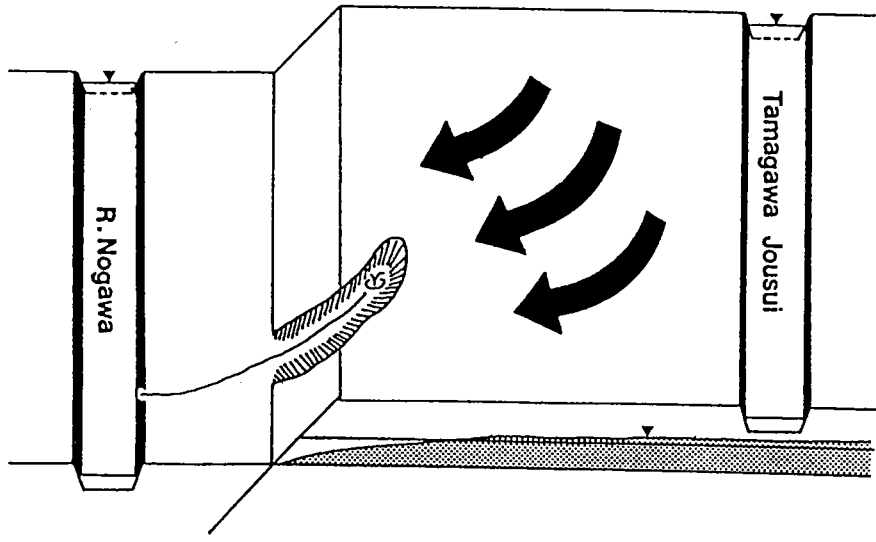
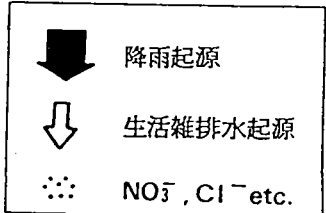
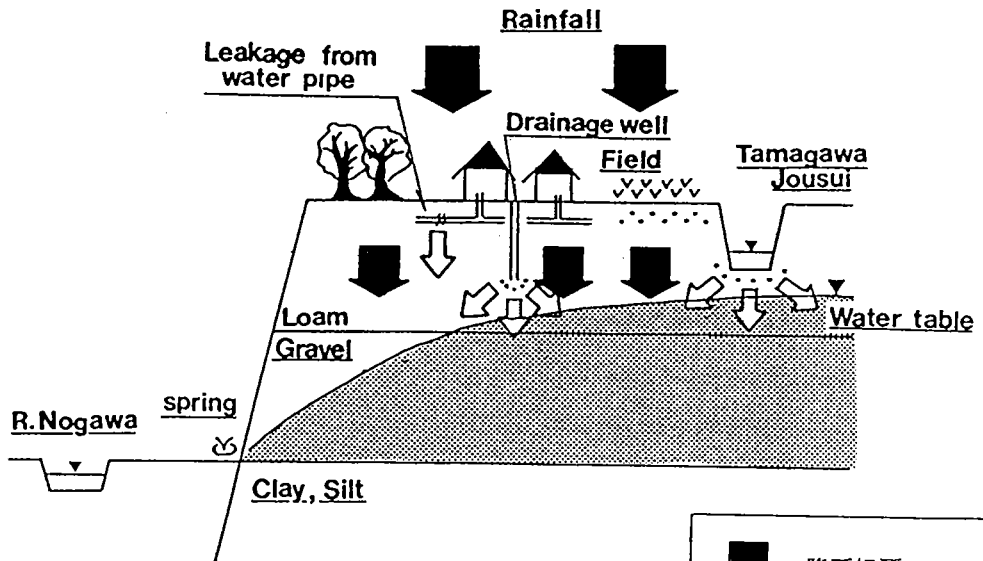


図 5 5 中・下流部湧水群の高水位時における湧出モデル

IX 結論

以上の調査結果を要約して本研究の結論とする。

- 1) 湧水の水質はCa(HCO₃)²⁻型で、どれもほぼ同じ組成をしているが、電気伝導度の平均的な値や季節変動パターンから、上・中・下流部湧水群に区分することが出来る。電気伝導度の季節変動は上流部では比較的低い値で、年間を通じて安定している一方、下流部では比較的高い値で、しかも湧水量の増減に対応して大きく変動する。すなわち湧水量の増加時に高くなる傾向が認められる。

中流部の湧水でも下流部のものほどではないが、同様の傾向が指摘される。電気伝導度を支配している成分は、NO₃⁻やCl⁻など生活雑排水起源によるものであり、これらの成分と電気伝導度は高い相関を示すことが認められた。

- 2) 地下水の水質も湧水と同様に、Ca(HCO₃)²⁻型で、地域による違いはあまり認められない。しかし湧水に比べて溶存成分濃度やpHが高くなっているのが注目される。とくに台地の内部では崖線部の地下水に比べて成分濃度が高くなっていて、人為的な汚染の影響が大きいことが示唆される。

これらのことは土壌水の分析結果からも裏付けられる。すなわち一般に林地や公園など、自然状態に近いところでは土壌水の成分濃度は低いが、農地や吸い込み井戸周辺などでは高い値を示す。

- 3) 下水の処理水によって維持されている玉川上水は、当然のことながらNO₃⁻やCl⁻濃度は非常に高く、地下水や湧水の水質に影響を及ぼしている可能性は極めて大きいといえる。

- 4) 中・下流部の台地地域内部での地下水位変動は崖線に近い地域のものに比べて常に大きく、高水位時には関東ローム層にまで達する。また低水位時には東南東方向へ向かっていた滞留時間の比較的長い地下水は、高水位時には南東方向、つまり崖線部に向かって主流動方向を変え、湧水量を増加させる。このような状態変化に呼応して、NO₃⁻やCl⁻など生活排水起源による成分濃度の上昇がみられる。

一方、上流部では台地内部に向かって深く削り込まれた谷（恋が窪の谷など）の存在によって、台地地下水の排出が比較的急速に行なわれるため、地下水面の位置は関東ローム層にまで達することは殆どなく、ほぼ常に武蔵野礫層中に存在している。湧水流域の地下水流動系にも大きな変化は認められず、全体として常時南東方向に向かって流動している。地下水質は年間を通して比較的低濃度で安定している。

- 5) 湧水量の年間変動は、どの湧水においても顕著である。またその増減は地

下水位の変動によく対応し、地下水位から湧水量を推定することが可能である。もちろんその逆も可能といえる。

- 6) 玉川上水については、放流口から 6.7km 下流地点までの間に、放流水の約 25% にあたる $5000\text{m}^3/\text{day}$ が素掘りの河床から流下に伴い、地下に浸透していることが明らかにされた。この量は水柱高にして $0.2\text{mm}/\text{day}$ 以上になり、流域の地下水の涵養源として無視し得ないものといえる。
- 7) 上記と水道管からの漏水、また水道水に起源を有する生活雑排水の浸透水は、水素の安定同位体比の値からほぼ同じグループに入るとして、混合方程式により、これらの地下水（湧水）に占める割合を計算すると、およそ 40% という値になる。

最後に湧水保全対策に関する問題点を指摘しておきたい。まず湧水量の減少や、涸渇を防ぐために人工的に地下水涵養を行なうことは、湧水量の増加をもたらす一方、地下水や湧水の水質を悪化させる可能性を大きくすることに留意する必要がある。このような傾向が認められることについては本文で述べたとおりである。

さらにまた玉川上水の通水は人工涵養を目的としたものではないにしても、実際にはかなりの量が地下に浸透しており、地下水質に影響を及ぼす結果になっている。

最近では雨水浸透マスなどによる地下水涵養が、積極的に行なわれるようになり、湧水の回復への貢献が期待されている。しかしその実施の仕様によっては土壤の浄化機能を損なうことになる恐れが無いとはいえない。

地下水や、湧水の量と質の保全を同時に満足させるような対策は、果して可能であろうか。これは一方で、自然の水循環機構を阻害するような都市開発を許している状況では極めて難しいと云わざるを得ない。今後の課題である。

いずれにしても、本研究の成果をもととし、地下水環境のモニターとしての湧水を注意深く観測して行くことが今後とも必要である。

謝辞

本研究は平成 2 年度より同 4 年度にかけて、とうきゅう環境浄化財団から頂いた研究助成金によって進められたものである。最終報告をまとめるに際して、研究の機会を与えていただいた財団に心から御礼申し上げる。

また現地調査に際しては、小金井市、国分寺市両市の環境保全課から資料の提供や井戸調査時の各家庭への連絡等、多大の便宜をいただいた。さらに東京都環境保全部水質保全部からもご支援をいただいた。あわせて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 新井秀子, 田瀬則雄 (1992) : 玉川上水における流下に伴う水質の変化, 筑波大学水理実験センター報告, No. 16, P. 39-43.
- 2) 安藤義久, 大隅多加志, 高橋 裕, 松尾禎士 (1983) : 都市河川の環境維持流量としての地下水流出の形態と涵養源に関する研究-野川における事例的研究-第11回環境問題シンポジウム講演論文集.
- 3) 榎根 勇, 田中 正, 嶋田 純 (1980) : 環境トリチウムで追跡した関東ローム層中の土壌水の移動, 地理学評論, Vol. 53, No. 4, 225-237.
- 4) 関東ローム研究グループ (1965) : 『関東ローム-その起源と性状-』, 築地書館.
- 5) 国分寺市都市整備部 (1987) : 『野川関連清流復活に関する親水調査委託報告書』.
- 6) 国分寺市 (1988) : 『水と緑の実態調査報告書』.
- 7) 国分寺市建設部 (1988) : 『湧水群等調査委託報告書』.
- 8) 国分寺市建設部 (1989) : 『湧水群保全対策調査概要報告書』.
- 9) 国分寺市建設部 (1989) : 『国分寺市湧水源台帳』.
- 10) 小金井市環境保全課 (1986, 87, 88) : 『野川水域環境調査業務結果報告書』
- 11) 小金井市環境保全課 (1989, 90, 91) : 『小金井市水域環境保全調査』.
- 12) 消防研究所 (1968) : 『武蔵野台地における地表水および地下水の測水資料』, 消防研究所技術資料, 第1号.
- 13) 消防研究所 (1970) : 『武蔵野台地における帯水層の性状に関する調査資料』, 消防研究所技術資料, 第3号.
- 14) 新藤静夫 (1968) : 武蔵野台地の水文地質, 地学雑誌, Vol. 77, P. 223-246.
- 15) 新藤静夫 (1970) : 武蔵野台地の地下地質, 地学雑誌, Vol. 78, P. 449-470.
- 17) 新藤静夫 (1980) : 武蔵野台地における深層地下水の動態, Vol. 89, P. 336-347.
- 18) 高橋 裕 (1983) : 野川流域における水循環機構に関する試験流域による研究, とうきゅう環境浄化財団.
- 19) 高村弘毅 (1985) : 多摩川における湧水の涵養機構に関する研究, とうきゅう環境浄化財団.
- 20) 田瀬則雄, 秋山 聡, 小林 師, 細野義純 (1989) : 玉川上水における再通水の環境科学的評価-地下水への影響-, 筑波大学水理実験センター報告, No. 13, P. 55-61.
- 21) 東京都土木技術研究所 (1968) : 『北多摩幹線排水路流域地下水調査報告書』

- 22) 東京都環境保全部水質保全部 (1990) : 『東京の湧水』.
- 23) 中井信之 (1986) : 地下水研究への同位体の利用, 地学雑誌, Vol. 95, No. 7
- 24) 平野晃章, 小倉紀雄 (1985) : 水質変動からみた湧水の湧出機構推定の試み
水利科学, 1992, No. 6.
- 25) 細野義純 (1971) : 自由地下水面の変動の性状について—とくに武蔵野台地の場合—, 71IAH国内シンポジウム論文集, P. 54-61.
- 26) 松尾禎士 (1981) : 野川に関する水収支および水溶存物質の涵養源の研究
—安定同位体比測定手法の導入—, とうきゅう環境浄化財団.
- 27) 松尾禎士 (1983) : 多摩川流域の都市河川の地下水流出の涵養源に関する
同位体水文学的研究, とうきゅう環境浄化財団.
- 28) 水谷 淳, 虫明功臣 (1981) : 武蔵野台地における水循環機構に関する研究
第25回水理講演会論文集, P. 153-160.
- 29) 水みち研究会 (1992) : 水みちを探る—井戸と湧泉と地下水の保存のため
に—, けやき出版.
- 30) 吉田和広, 小倉紀雄 (1978) 野川湧水中の硝酸塩濃度とその起源, 地球化学
Vol. 12, P. 44-51.

付表1 地下水調査記録

1 地下水調査結果

NO.	DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	W.L
1	900731	17.5	8.5	49.5	0.8	14.8	14.5	9.3	46.1	6.1	235	18	12.02
2	900725	15.6	8.1	36.4	0.7	10.8	14.3	8.9	45.8	6.1	220	17	
3	900731	11.4	5.6	37.9	0.4	10.8	9.1	17.4	12.1	6.2	165	16.3	11.7
4	900725	16.5	9.2	39.8	0.6	14.9	18.6	9.6	51.1	6.2	251	21.9	11.8
5	900731	16.2	7.6	38.9	0.4	13.2	14.6	9	44.9	6.3	222	16.8	13.45
6	900725	20.2	11.7	54.4	0.9	17.2	21.1	6.7	60.6	6.2	307	19.6	12.5
7	900727	19.5	8.7	46.1	1.2	11.5	16.5	10.6	44.5	6.3	246	17	11.53
8	900727	19	8.7	46.6	0.6	11.6	15.9	10.1	44.8		243	17.3	11.46
9	900727	19	8.5	44.7	0.9	12.4	15.7	10.9	42.9	6.8	240	16.7	
10	900727	19	8.4	44.7	1.2	11.5	15.9	11.5	41.6	6.8	242	20.3	
11	900727	16.2	7.4	43.7	0.7	13.6	15.3	16.4	30	6.6	227	18.2	11
12	900727	16.6	7.5	44.7	1	12.4	14.5	15.2	29.2	6.8	222		
13	900727	18	8.1	45.7	0.8	12.4	16.3	14.6	35.6	6.5	236	19	
14	900731	19.2	8.5	43.2	1	11.6	15.5	12.3	44.8	6.3	240	18.9	
15	900731	20.5	9	49.5	0.9	12.2	16.7	12.3	41.8	6.2	256	17.5	
16	900727	20.6	8.8	49.5	1.5	13.1	15.6	14.4	45.8	6.4	256	18.4	
17	900731	20.5	8.3	44.7	1.2	11.8	15.1	12.5	44.8	6.3	236	18.2	14.15
18	900727	21.2	8.7	46.1	1.2	12.4	15.6	12	46.3	6.6	250	18.6	11.3
19	900731	22.5	9.5	49.5	1.1	14	16.3	16.9	48.6	6.2	272	17.5	14.89
20	900731	20.5	8.6	46.6	1.2	12.4	15.7	12.8	45.9	6.2	244	17.4	13.76
21	900731	20.5	8.7	46.6	0.8	12.4	15.6	12.7	46.3	6.2	247	17	13.2
22	900731	20.1	8.7	45.2	1	12.5	15.5	12.9	46.5	6.3	248	20.8	
23	900727	23.4	10.5	53.4	1.2	12.8	17	16.9	48.3	6.7	285	17.7	
24	900731	24.7	10.6	55.9	0.8	13.2	17.4	17.9	47.7	6.3	285	18.9	15.5
25	900731	23	10.3	48.1	0.6	16	24.3	16.1	47.5	6.2	290	17	
26	900731	23.7	10.7	48.1	0.8	21.4	27.5	18.3	59.8	6.1	332	19.2	
27	900731	16.9	8.1	40.3	0.7	10.9	14.9	7.9	45.7	6.2	220	18.7	
28	900731	18.6	8	42.3	0.7	10.8	14.9	10.5	40.5	6	225	17.3	
29	900731	23.8	10.1	48.6	1.1	14.4	16.2	23.6	48.3	6.2	281	18.4	15.9
30	900725	18.1	8.2	45.7	0.9	11	14.8	8.3	41.7	6.5	235	17.2	10.35
31	900807	10.7	8.8	38.9	0.7	19.2	26.5	13.3	45	6.2	266		11.45
32	900807	16.3	8.4	38.4	0.4	12.5	15.3	10.3	42.8	6.1	226	18.1	
33	900807	17.6	9.6	37.9	0.5	17.4	21	9.9	59.8	6.5	251	19.4	

ppm=mg/l、EC.(μs/cm)、W.T(°C)、W.L(m)

2 地下水調査結果

NO.	DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	W.L
34	900807	7.3	8.4	42.7	0.5	11.6	14.5	10.2	41.2	6.4	223	21.3	
35	900807	17.1	8.3	42.3	0.5	11.1	14	9.6	40.3	6.3	216	21.5	
36	900913	13.3	6.8	38.9	0.8	10.8	12.7	16.5	26	6.4	193	16.6	12.72
37	900913	13.4	6.9	63.1	1	10.7	8.9	9.8	8.8	6.5	173	16.1	13.11
38	900811	12.6	7.6	44.2	0.5	13.1	13.5	14.7	32.5	6.2	213	18.4	11.88
39	900913	21.7	9.1	46.6	0.7	14.8	21.6	16	45.6	6.6	262	17.1	12.83
40	900811	20.4	9.1	53.9	0.7	14.8	17.4	16.2	52.8	6.1	243	18.4	12.8
41	900811	12.3	7.9	42.7	0.5	14.2	16.3	12.5	37	6.1	223	18.3	12.6
42	900811	12.3	5.9	36.4	0.6	10	11.6	12.2	25.6	6.5	156	17.1	12.41
43	900807	11.5	8.3	46.1	0.5	14	17.4	14.3	38.2	6.3	244	23.1	12.87
44	900807	27.7	11.8	67	1	31.1	38.8	22.2	59.5	6.3	394	19.5	
45	900807	21.4	9.5	47.6	0.6	20.6	26.4	17.4	49.7	6.2	304	21.8	
46	900807	15.8	7.3	34	0.6	9.2	15.6	6.4	36.5	6.8	193	18.5	
47	900809	14.5	7.3	31.6	0.4	17.5	18.4	11.7	48.3	6.3	232	19	
48	900913	15.4	7	42.7	0.6	20.8	19.8	14.6	41.5	6.6	246	19.5	12.6
49	900913	20.2	9.7	49.5	0.9	14.9	20.3	12.7	50.9	6.6	252	16.4	12.86
50	900913	14.2	6.6	30.1	0.6	15.3	16.3	12.7	45.1	6.6	206	16	12.28
51	900807	14.1	11	47.6	0.3	10.2	13.2	9.1	38.5	6.3	220	22.2	9.37
52	900913	8.2	4.5	42.7	0.5	13.9	7.3	5.2	21.2	6.5	147	16.1	12.96
53	900913	9.5	4.3	50	1	10.4	11.1	3.9	4.5	6.1	139	16	12.5
54	900809	18.3	10.1	35.5	0.5	13.2	17.9	17.9	45.5	6	249	20.5	11.89
55	900809	23.1	7.9	40.8	0.4	15	14.3	26	45.8	6.3	259	21.9	
56	900913	27.9	10.4	126.3	1.4	11.6	24.1	5.1	43.5	7.7	350	20.4	
57	900913	25.2	10.1	80.6	2	8.1	13.4	30.5	7.5	7.4	253	18.8	
58	900913	16.7	7.6	42.7	0.6	13.2	15.8	15.3	35.8	6.1	228	16.6	14.25
59	900809	27.4	9.4	69	0.8	12.2	16.8	12.1	44.2	6.4	275	22	
60	900913	17.6	8.2	44.2	0.9	14.4	18	12.1	43.9	6	242	17.5	14.52
61	900811	12.9	7.9	46.1	0.5	12.7	15.8	13.6	39.5	6.2	234	26.5	
62	900811	15.7	9.8	86.5	1	11.6	15.3	12.8	39.6	6.9	295	26.1	
63	900808	13.5	9.4	55.4	0.5	11.2	15.3	12	43.1	6.3	252	23	
64	900808	19.4	8.5	55.9	0.6	11.6	15.3	11.7	42.1	6.3	232	18.3	14.29
65	900808	20.7	9.4	52.9	0.8	12.5	16.1	12	42.9	6.2	244	22.8	
66	900208	20.9	9.4	50	0.8	12.7	15.9	11.1	47.9	6.1	247	22.3	

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、W.T(°C)、W.L(m)

3 地下水調査結果

NO.	DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HC03(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	S04(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	W.L
67	900808	18.7	8.3	47.1	1	12.2	14.6	12	39.9	6.3	223	20.5	
68	900808	6.1	8.4	45.7	0.8	12.4	14.9	11.9	42.1	6.2	221	22	
69	900808	23.7	8.5	51.5	0.6	11.5	16.4	14.5	40.5	6.3	257	26.9	
70	900808	21	8.3	48.1	0.6	11.8	17.1	14.8	46.5	6.1	253	23.1	
71	900808	15.2	8.7	47.1	0.6	12.1	16.4	14.7	45.9	6.1	250	22.1	
72	900808	13	8.4	49.5	0.6	11.8	16.8	14.6	41.9	6.1	254	25.8	15.79
73	900913	14.4	7.1	35	0.7	13.2	15.7	12.9	36.5	6.3	193	20	13.88
74	900809	17.6	7.9	33.5	0.6	12.2	15.2	9.5	42.8	6.2	228	24.8	
75	900809	15.2	8.1	35	0.4	8.4	11.8	4.4	45.8	6.3	191	19.7	
76	900809	16.6	8	41.3	0.5	9.3	13.7	6.7	39.3	6.5	200	21.8	
77	900809	17.6	7.6	41.3	0.5	13	14.9	11.5	38.5	6.2	226	20	
78	900809	17.7	7.5	40.8	0.5	13	15.7	11.4	41.1	6.1	223	21.4	
79	900809	17.7	7.4	42.3	0.5	12.9	15.1	12	39.1	6.2	225	22.7	
80	900809	19.9	8.6	38.9	0.7	12.4	15.8	8.4	56.8	6.1	243	20	
81	900808	20.7	8.8	42.3	0.6	13.2	16.9	8.7	56.5	6.1	242	16.7	
82	900808	18.7	7.9	38.4	0.9	13	15.7	10.2	48.9	6.2	228	22.8	
83	900807	9.2	9.1	49.5	0.6	12.6	17.7	11.8	45.8	6.3	253	24	14.26
84	900807	4.7	3.6	63.6	2.1	8.1	7.5	12.1	9.2	8.1	188		
85	900807	26.7	14.7	111.2	1.7	8.9	16.1	23.4	23.1	7.5	333		
86	900809	17.9	8.2	42.3	0.8	13.2	15.9	9.6	44.9	6.1	237	25.6	
87	900913	15.8	10.7	58.8	0.5	6	14.8	18.2	5	6.3	187	17.2	13.18
88	900913	15.5	8.9	40.8	0.7	13.3	16.3	9.8	47.2	6.1	233	16.3	13.53
89	900913	11.8	5	52	0.5	11.7	8.5	5.5	15.1	6.4	154	16.5	14.05
90	900913	15.4	9.1	39.3	0.7	14.2	17	9.3	50.9	6	241	16.3	13.68
91	900913	14.2	8	36.9	0.6	14	17.1	5.8	49.6	6	215	16.3	13.07
92	900913	16.7	8.9	48.6	0.8	15.4	19.6	8.1	43.7	6.1	242	16.3	13.12
93	900913	22.7	9.1	63.1	1	17	25.8	14	42.8	6	314	16.6	11.41
94	900913	27	12	47.6	0.5	15.4	23.7	62.5	8.7	6.4	274	19.8	15.35
95	900913	16.4	7.8	42.3	0.4	13.2	16.2	12.8	39.6	6.3	218	18	13.25
1	910711	10.5	5.6	45.4	1.2	14.6	14.5	9.4	50.7	6	224	16.8	12
3	910711	8.4	4.9	35.6	0.5	11	10.2	17.4	11.4	6.4	152	15.8	11.8
4	910711	11.9	7.7	41	0.6	17	16.5	13	47.9	6	250	17.3	12.1

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、W.T(°C)、W.L(m)

4 地下水調査結果

NO.	DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HC03(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	S04(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	W.L
8	910711	12.2	5.4	45.9	0.8	12.2	16.6	11.7	46.2	6.1	228	16.6	11.64
11	910711	10.3	4.8	41	0.7	14.7	18.6	15.6	36.5	6.3	220	17.1	11.19
18	910711	14.9	6.5	44.4	0.6	12.7	16.9	13.8	42.9	6.2	237	16.6	14.33
19	910711	16.3	8.6	49.3	0.7	13.8	17.4	18.8	46.2	6.3	243	18.2	14.73
31	910711	11.4	7.2	42.4	1.1	21.9	26.8	14.2	38.1	6.2	235	17.2	11.3
38	910711	13.5	7.6	44.4	0.6	13.6	17	12.7	42.2	6.1	211	18	12.46
40	910711	12.1	6	36.1	0.4	20.2	23.9	11.4	52.2	6.3	230	16.6	12.87
4	920729	11.7	6.2	37.1	0.5	11.5	11.6	8.7	32.9	6	186	17.4	11.63
5	920729	11.3	3.4	39	0.5	10.2	8.2	6.1	22.1	6.3	150	16.9	12.83
7	920729	17.5	7.7	46.3	0.7	12.8	14.5	12.2	39.9	6	229	16.5	10.15
19	920729	21	9	50.7	0.9	13.8	17.4	15.9	48.4	6.2	273	18.2	
20	920729	19.4	8.5	50.3	0.9	14.1	17.3	14.8	47.2	6.1	259	17	11.5
24	920729	20.1	8.8	50.7	0.8	14.4	19	17.6	41.5	6.1	267	17	12.85
29	920729	21.5	9.1	52.2	0.9	13.8	16.7	22.9	43.9	6	275	22.4	
30	920729	14.4	7.1	36.6	0.7	11.4	15.3	8.1	42	5.9	214	16.7	8.25
31	920729	15.2	8.1	41.5	1.9	22.1	26.4	14.5	45.3	6.2	267	18.8	11.35
36	920729	10.7	5.4	51.2	0.8	10.2	8.3	7.4	13.2	6.3	153	16.4	12.25
38	920729	17.1	8.1	46.8	0.9	13.7	17.3	11.7	41.3	6	253	17.5	11.25
42	920729	12.9	6.6	39	0.7	15	15.7	9.8	35	6.1	205	17.1	11.69
48	920728	16.1	6.5	45.9	0.6	21	21	14.9	46	6.3	259	18.4	
50	920728									6.7	193	16.6	11.39
52	920728	7	4.2	32.7	0.9	13	7.8	7.7	23.7	6.2	139	15.9	11.5
53	920728	8.3	3.5	47.3	2	12	12.8	3.5	5.7	6.1	135	16	11
58	920728	15.2	6.5	42.4	0.9	13.4	14.9	12	36.6	6.1	231	16.9	12.2
64	920728	15.7	6.9	42.9	0.7	11.2	14.8	10.9	36.2	6.1	220	18.7	
72	920728	20.1	7.8	46.3	0.7	12.7	17.7	13.6	46.1	6	254	17.2	
73	920728	12.6	5.8	41	0.7	13.7	14.2	11.3	29.2	5.9	190	17.5	12.25
83	920728	16.8	7.7	45.9	0.7	12.5	15.7	14.3	39	6	248	17.8	12.52
88	920728	13.9	7.4	41.5	0.7	13.6	15.3	9.2	41.6	6	219	18.3	
93	920729	15.3	6.5	46.3	0.9	12.4	14	7.9	38.6	6.3	203	16.9	9.27
95	920728	15.4	6.6	41	0.6	12.8	15	10.7	36.6	6	208	18.6	

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、W.T(°C)、W.L(m)

付表2 湧水調査記録

1 湧水調査結果 (SP.1)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	14.5	7.6	45.7	0.4	13.2	14.3	9.4	33.6	6.2	219	15.8	
900717	14.9	7.7	43.2	0.4	13	14.8	9.2	35.2	6.2	211	15.7	
900811	16.2	7.9	42.7	0.4	14	15.2	9.5	35.3	6.1	212	15.8	
900817	15.3	7.6	43.7	0.4	13.4	15.5	10	33	6.1	208	16.1	
900827	15.5	7.8	43.7	0.4	13.3	16.1	10.1	33				
900923	15.2	7.8	42.7	0.5	13.3	16.6	10.5	34.5	6.1	195	15.9	142.8
901024	14.8	7.5	47.1	0.4	13.1	14.1	8.8	30.3	6	206	15.9	400
901115	15.1	7.7	45.2	0.3	12	15.1	8.8	35.1	6	217	15.9	366
901129	11.8	6.7	44.4	0.6	13.4	15.2	9.3	36.2	6.1	223	16	360
901212	10	5.8	47.1	0.5	11.4	11.6	6.5	24.9	6.2	195	16	840
910215	11.8	6.7	41	0.6	13.3	14.7	8.3	35.8	6	218	15.9	148.6
910315	11.5	6.9	39	0.5	13.6	15.3	8.7	35.4	6	214	15.9	113.4
910415	11.2	6.5	40	0.5	13.1	14.7	8.5	32	6	205	15.9	376.8
910517	11.2	6.6	42.9	0.5	13.3	13.9	9	30.6	6.1	210	15.9	162.6
910614	10.9	6.5	42.9	0.5	11.7	15.3	9.6	34.1	6	216	15.8	114
910715	11.3	6.7	43.9	0.5	12	15.8	9.5	33.7		208		208
910813	11.4	6.5	46.3	0.4	11.8	15.8	10	33.7	6.1	219	15.9	210
910925	10.1	6.2	49.3	0.5	9.9	12.2	5.6	25.1	6.3	192	16.1	1200
911012	9.1	6.9	42.9	0.5	11.8	15.4	5.2	38.8	6.1	213	16.1	1200
911124	10.5	6.4	40.5	0.4	12	14.4	6.8	44.4	6.1	217	16.2	1020
911216	9.2	6.6	37.1	0.4	12.8	15.3	7.4	46.8	6.1	220	16.1	780
920124	11.4	6.9	37.6	0.5	12.5	16.2	7.8	45.1	6.3	214	16	200
920221	10.4	7	37.6	0.5	12.4	17.1	8.2	43.5	5.9	224	15.9	140.4
920327	19	7.5	37.6	0.5	13	15.7	8.2	39.4	6.2	222	16	346
920424	12.3	6	41.5	0.5	12.7	14.2	8.7	36	6.4	211	15.9	328
920522	12.5	5.9	42	0.5	12.8	14.3	8.7	36.5	6.2	213	16	186
920622	14.6	6.8	42	0.6	12.8	15	9.1	36.8		214		168.4
920717	17.4	6.6	47.3	0.5	13.2	13.1	8.2	29.9		193		420
920813	14	8.5	45.9	0.5	12.8	13.8	8.1	32.3		207		264
920909	13.5	8.1	43.9	0.5	13	14.4	8.1	33.9		206		120.8
921007					15.4	15.4	8.6	34.6		210		129.2
921111					13.2	13.2	8.2	29.6		197		360

ppm=mg/l、EC.(μ s/cm)、W.T(°C)、DISCHARGE(l/min)

2 湧水調査結果 (SP.2)

DATE	Ca (ppm)	Mg (ppm)	HCO3 (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Cl (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARGE
900615	14.5	7.5	46.6	0.5	13.1	13	8.6	30.1	6.2	215	15.8	
900717	14.4	7.5	43.7	0.4	12.6	14.2	9.5	33.3	6.2	208	15.8	
900811	12.5	7.8	44.7	0.4	13.3	14	9.5	32.4	6.2	213	15.8	
900817	12.3	7.3	44.7	0.4	12.6	14	9.6	29.9	6.1	204	15.9	
900827	15	7.5	45.2	0.4	12.6	14.5	9.9	30.2				
900923	15	7.5	47.6	0.5	12.8	14.4	10.2	29.8	6.1	200	15.9	49.8
901024	14.7	7.3	47.6	0.4	12.6	13.2	8.8	29.8	6	205	15.9	103.2
901115	15.6	7.9	44.7	0.3	11.9	14.6	8.7	37.9	6	220	15.9	114
901129	11.9	6.8	44.4	0.7	13.3	15.2	9.1	38.8	6.1	224	15.9	102
901212	10.9	6.5	44.4	0.6	12.8	12.3	6.5	28.4	6.1	196	16	190
910215	12.4	6.9	42	0.6	13.2	14.3	8	38.1	5.9	218	15.8	52.2
910315	11.5	6.6	39	0.5	13.2	14.5	8.3	35.9	6.1	212	15.7	39.6
910415	10.9	6.4	41	0.5	12.8	13.7	8.2	30.5	6	203	15.8	88.4
910517	11.3	6.6	42.9	0.5	13	13	8.1	30.6	6.1	203	15.8	68.4
910614	11	6.4	43	0.4	11.6	14.4	8.8	33.9	6	212	15.8	51
910715	11	6.5	45.9	0.6	11.6	14.5	8.8	32.7		201		61.2
910813	11.4	6.5	46.8	0.6	11.7	14.4	9.2	33.2	6.1	215	16	61.2
910925	10.4	5.9	47.3	0.5	10.1	11.9	5.5	26.8	6.3	197	16.2	390
911012	10.8	5.6	41	0.5	12.1	14	5.1	37.1	6.1	210	16	780
911124	8.6	6.5	35.6	0.5	12.1	14.4	7	43.5	6	213	16.2	255
911216	9.6	6.4	35.6	0.5	12	14.7	7.7	45.2	6.1	219	16	160
920124	11.7	7.4	37.6	0.5	12.3	15	7.8	43.7	6.4	209	16	54
920221	9.4	6.9	36.1	0.5	12.4	15.4	8	42.9	6.1	221	15.8	38.4
920327	14.9	7.7	38.1	0.4	12.7	15.5	8.2	39.9	6.4	217	15.8	43.8
920424	12.3	6	41.5	0.5	12.7	14.2	8.7	36	6.5	209	15.9	99.6
920522	13.2	6	45.9	0.5	12.3	13.3	8.1	34.7	6.3	211	15.9	55.2
920622	12.4	6.9	44.9	0.6	12.5	13.7	8	34.9		209		50.4
920717	16.6	7.9	47.3	0.6	12.9	13.2	7.7	30.2		196		115.2
920813	12.9	8.7	46.3	0.5	12.9	13.3	7.5	33.1		207		63
920909	13.6	8.4	43.9	0.5	13.1	14	7.6	36.1		204		34.8
921007						14.1	8.2	35.5		206		36
921111						12.3	7.8	30.1		198		114

ppm=mg/l, EC. ($\mu\text{s/cm}$)、W.T($^{\circ}\text{C}$)、DISCHARGE(l/min)

3 湧水調査結果 (SP.3)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	14.8	8	43.7	0.4	12.1	13.6	9.1	32.6	6.2	216	15.9	
900717	13.2	8.1	41.8	0.3	11.9	14.6	8.1	38.3	6.3	208	16	
900811	14.4	8.1	40.3	0.4	12.2	14.6	11.8	29.4	6.2	206	16	
900817	14.9	7.7	42.7	0.4	11.6	14.2	11.3	30.7	6.1	205	16	
900827	14.8	7.8	43.2	0.5	11.6	14.3	10.8	31.1				
900923	14.5	7.6	42.3	0.7	11.2	14.7	11.1	32.6	6	209	15.9	142.8
901023	15	7.8	44.7	0.6	11.8	15.3	7.5	32.2	6	210	16.1	
901115	14.9	7.8	42.3	0.3	10	14.6	9.7	32.5	6	209	16.3	
901129	11.9	6.9	42.9	0.5	11.9	15.3	9.6	34.6	6.1	203	16.1	
901212	11.1	6.6	42.7	0.6	11.4	14.8	6.5	26.8	6.2	197	16.1	
910215	11.1	6.6	38.1	0.6	11	14.8	11	25.9	6	197	16	184
910315	11.4	6.8	38.1	0.5	12.1	14.4	9.3	34.3	6.2	186	15.9	102.5
910415	10.9	6.6	39	0.5	11	13.7	10.1	27.6	6	198	15.7	
910517	11.2	6.8	42	0.5	12.2	13.7	8.2	30.3	6.2	206	16	310
910614	9.7	5.9	37.1	0.4	9.6	14	13	23.7	6	188	15.9	
910715	11	6.6	41.5	0.5	10.4	15.7	10.1	30.1		199		
910813	10.2	6.1	40	0.5	9.9	14.5	11.1	25.5	6.1	198	16.2	190
910925	9.9	6.1	43.9	0.4	9.5	13.8	5.2	25.2	6.4	188	16.2	
911012	8	6.2	41	0.3	10.6	13.5	6.2	30.2	6.1	203	16.1	
911124	10.4	6.4	38.5	0.5	10.3	12.7	9.5	31.8	6.2	200	16.3	
911216	8.7	6.6	38.1	0.5	10.6	13.6	9	34.3	6.2	205	16.2	
920124	9.4	8.5	38.5	0.5	11.4	14.7	8.5	38.5	6.6	204	15.9	258
920221	11.1	6.2	31.7	0.5	9.4	16.7	12.9	21.5	6.2	187	15.2	210
920327	15	6.9	34.6	0.5	9.8	14.4	14.2	21.2	6.7	187	14.4	150
920424	12.4	5.9	42	0.6	10.4	14.8	10.2	27.4	6.6	204	15.8	
920522	11.6	6.3	40.5	0.5	10.5	13.1	10.7	26.5	6.4	186	15.7	
920622	11.1	6.3	41.5	0.4	10.5	12.5	10.8	24.5		183		282
920717	17.1	7.8	43.9	0.5	11.2	15.2	8.8	27.2		195		
920813	12.4	8.7	42	0.5	10.7	12.9	9.8	25.8		189		
920909	11.2	6.7	39.5	0.5	9.8	11.5	11	20.9		193		
921007						12.9	12.6	18.4		193		
921111						15	9.3	26.4		196		

ppm=mg/l、EC.(μ s/cm)、W.T($^{\circ}$ C)、DISCHARGE(l/min)

4 湧水調査結果 (SP. 4-1)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO ₃ (ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO ₄ (ppm)	NO ₃ (ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	14.9	8.3	45.2	0.4	11.6	15.2	8.3	33.8	6.3	218	16.5	
900717	15.7	8.3	44.7	0.4	11.3	14.5	8.4	34.2	6.4	207	17.3	
900817	15.3	8.2	49.5	0.4	10.9	14.2	8.2	28.3	6.2	207	18.7	
900923	15.1	8	50	0.8	10.8	14.8	8	27.1	6.1	194	16.6	
901024	15.7	8.4	46.1	1	10.8	18	7.7	27.3	6	218	16.4	
901115	15.5	8.3	46.6	0.3	10.1	16.2	8.3	28.8	6.1	212	16.3	
901129	12.1	7.5	45.9	0.8	10.9	17.5	9.4	29.4	6.2	211	16	
910215	11	6.7	40	0.5	10.3	14.8	9	25.6	6.1	191	15.5	
910315	10.4	6.4	36.6	0.5	9.9	14.8	9	28.5	6.3	187	15.3	
910415	10.9	6.8	41.5	0.5	9.8	13.8	8.6	22.5	6.1	189	16.1	
910517	11.6	6.8	42.9	0.5	10	14.2	8.6	22	6.2	195	16.7	
910614	10.8	6.8	43.9	0.6	9.3	15.6	8.9	24.7	6.1	200	16.5	
910722	11.4	7	47.3	0.4	9.4	15.8	9	24.5	6	206		
910813	10.7	6.7	46.8	0.4	9	14.6	9.1	22.6	6.1	200	16.6	
911216	8.5	7	38.5	0.3	9.7	14.4	8.8	27.5	6.2	193	16.2	
920124	9	7	37.6	0.5	9.8	15.6	8.6	35.3	6.8	188	15.8	
920221	9.1	6.2	36.6	0.5	9.5	16.4	8.4	27.8	6.3	193	15.7	
920327	12.4	6.5	36.1	0.5	9.4	14.3	8.7	22.6	6.5	180	14.2	
920424	12.1	6.1	42	0.5	9.7	15.2	8.7	24.5	6.6	196	16.2	
920522	10.1	6.2	42	0.5	10.1	14.6	8.4	27.6	6.5	199	16.4	
920622	12.2	6.6	44.9	0.6	10.1	13.5	8.5	26.2		188		
920717	16.9	6.9	49.8	0.5	10.3	14.8	8	23		188		
920909	13.2	8.4	46.3	0.5	10.5	14.5	8.2	25.2		195		
921007						13.2	8.5	22.9		187		
921111						15.3	8.6	23.1		195		

ppm=mg/l、FC (μs/cm)、W.T(°C)、DISCHARGE(l/min)

5 湧水調査結果 (SP. 4-2)

DATE	Ca (ppm)	Mg (ppm)	HCO3 (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Cl (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	15.2	8.5	46.1	0.4	11.9	15.1	8.2	34.7	6.2	225	16.5	
900717	15.8	8.7	43.7	0.3	11.8	14.8	9.3	36.5	6.3	212	17.4	
900817	15.6	8.3	45.7	0.4	11.6	14.5	9.2	33.4	6.2	207	16.2	
900923	15.3	8.2	47.6	0.7	11.6	14.9	8.9	32.4	6.1	203	16.5	12.6
901024	16.4	8.7	47.1	0.6	11.6	18.8	7.3	30.3	6	227	16.4	57
901115	16.3	8.7	46.1	0.3	9.3	17.2	8.5	33.8	6	226	16.4	63.6
901129	12.6	7.9	46.3	0.5	11.8	18.4	9.1	34.3	6.1	228	16.3	36
901212	11.8	7.2	46.3	0.5	10.6	16.5	7.2	26.8	6.2	208	16.2	230
910215	11.7	7.2	41	0.6	11.3	15.3	9	29.9	6	209	16.1	1.8
910315	11.2	7	38.5	0.5	11.4	15.6	9.3	28.9	6.1	203	15.9	0.75
910415	11.5	7.2	41	0.5	11.2	14.6	8.7	26.5	6.1	203	16.2	84
910517	11.6	7.2	43.9	0.5	11.4	15.8	8.7	27.7	6.2	216	16.1	7.6
910614	11.3	7	43.9	0.5	10.3	17.4	9.4	31	6.1	214	16.1	
910722	7.6	7.2	45.9	0.6	10.7	17.9	8.6	29.3	6	212		
910813	11.7	7.2	47.8	0.5	10.6	17.5	9.4	31.2	6.1	214	16.2	25.8
910925	10.6	7	43.9	0.5	7.9	15.7	5	27.4	7.3	201	16.6	
911216	8.6	7.7	40.5	0.5	10.5	15.2	8.6	34.3	6.1	209	16.3	150
910124	9.4	7	40.5	0.2	10.7	15.5	6.5	29	6.6	204	16.3	
920221	8.9	7.1	39	0.5	10.5	16	8.8	33.7	6.3	170	15.5	
920327	15.9	7.7	41	0.5	10.6	15.4	9.2	30.1	6.4	205	16.3	33.6
920424	12.9	6.5	46.3	0.5	11	16	8.5	30.6	6.5	209	16.2	39
920522	13.6	6.7	44.9	0.5	11.2	16.4	9.1	34.5	6.4	212	16.2	
920622	12.9	7.5	44.9	0.5	11.3	14.7	8.9	32.1		208		
920717	18.8	7.4	47.3	0.5	11	16.2	7.8	27.8		201		78
920909	14	9.2	45.9	0.5	11.6	17.3	8.5	32.8		219		
921007						15.2	9.3	30.9		207		
921111						17.6	8.4	29.3		206		

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、P. T(°C)、DISCHARGE(l/min)

6 湧水調査結果 (SP.5-2)

DATE	Ca (ppm)	Mg (ppm)	HCO3 (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Cl (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	16.4	8.2	41.3	0.5	14.8	15.5	13.7	42.8	6.3	243	16.2	
900717	15.4	7.7	34	0.2	14.3	15.4	12.9	42.7	6.6	219	17.1	
900811	15.1	7.8	36.9	0.4	14.8	14.9	12	42.9	6.3	215	17.3	
900817	17	8.1	39.8	0.5	14.5	16.1	13.6	43.6	6.1	232	17	
900923	15.7	8	40.8	0.6	14.8	16.2	13.7	41.5	7	220	18.6	
901024	17.3	8.3	51	0.9	14.8	16.6	15.1	35.9	6	245	16.4	78
901115	19	8.9	50	0.5	12.8	17.3	14.9	37.7	6	256	16.3	
901129	14.5	8.2	49.3	0.7	14.9	18.5	15.2	41.9	6.1	262	16.3	
901212	14.3	7.8	45.2	0.7	14.6	16.8	12.7	39.5	6.1	250	16.2	
910215	15.1	8.3	43.4	0.8	15.9	17.7	12	48.9	5.9	265	16.2	
910315	14.7	8.1	51.2	0.7	15.5	18.5	13.4	47.5	6	264	16.2	
910415	12.8	7.4	39	0.6	14.5	15.9	12.3	43.3	6.1	238	16.1	
910517	12.5	7	40	0.6	14.8	15.3	13	36.2	6.3	234	16.1	
910614	11.2	6.4	37.1	0.6	12.7	15.4	13	37.1	6.4	218	16.3	
910715	11.9	5.8	45.4	0.5	13	16	13.9	35		221		
910813	11.2	6.2	42.9	0.4	12.4	14.5	12.5	33.7	6.4	215	17	
910925	13.3	7.4	44.4	0.5	12.4	17.3	12.2	43.1	6.2	248	16.4	
911012	11.7	6.4	38.1	0.5	12.2	16.5	9.6	42.9	6.2	228	16.2	
911124	11.2	7.4	38.1	0.6	13.5	18.6	11.5	46.8	6.1	244	16.3	
911216	11.7	6.7	37.1	0.5	13.8	18.8	13.6	50	6.1	253	16.2	
920124	12.3	8.2	40	0.3	13.4	19.3	13.2	52.5	6.5	251	16.3	
920221	13.4	7.9	42.4	0.5	14.1	19	14.3	48.2	6	264	16.2	
920327	16.3	7.1	34.6	0.5	13.3	14.7	13.5	37	6.4	215	16.3	
920424	15.6	7	44.4	0.7	14.6	17.3	14.4	44.9	6.5	239	16.2	
920522	14.4	6.5	44.9	0.6	13.7	15.1	14.8	36.6	6.5	223	16.2	
920622	13.6	7.3	43.9	0.6	13.6	14.8	14.4	34.1		222		
920717	22.3	8.5	52.7	0.7	14.8	17.4	14.8	36		245		
920813	16.5	10.5	48.8	0.8	14.6	17.1	15	38.8		251		
920909	16.9	10.1	46.8	0.7	14.8	18.1	15.4	41.6		250		
921007					16.1	14.5	14.5	41.4		251		
921111					16	15.2	38.4			243		

ppm=mg/l, EC. (μs/cm), W.T(°C), DISCHARGE(l/min)

7 湧水調査結果 (SP.6)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HC03(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	DTSCHARG
900615	18.5	8.6	46.1	0.5	14.2	12.6	11.5	39.6	6.2	251	15.6	
900717	17.7	8.4	43.2	0.5	13.9	16.5	13.9	39.5	6.2	233	15.5	
900811	18.9	8.3	43.2	0.5	14.8	16.3	13.6	39.5	6.1	236	15.6	
900817	18.2	8.2	43.7	0.5	14	17.6	14.3	38	6.1	235	15.7	
900923	18	8.3	44.7	0.9	13.9	17.6	14.6	38.7	6.1	228	16	46.2
901024	18.3	8.3	46.6	1	14	17.6	13.8	38.9	6	240	15.8	156
901115	18.4	8.3	46.6	0.5	12.3	16.1	13.8	38.6	6	240	15.8	196
901129	14.6	7.7	46.8	0.7	14.3	17.3	13.9	42.1	6.2	250	15.9	296
901212	13.8	7	42.7	0.8	13.9	15.6	10.4	39.2	6.1	236	15.9	420
910215	14.9	7.8	40	0.7	14.2	17.3	10.9	48.1	5.9	257	16	194
910315	15.1	8	39	0.8	14.9	18.1	11.6	48.9	6	260	16	123.6
910415	14.7	7.8	39.5	0.7	14.4	18	13.1	46.6	6	255	15.9	169.2
910517	14.8	8	41.5	0.7	14.9	17.9	12.8	44.8	6.1	260	16	96
910614	13.2	7.3	41.5	0.6	12.9	19	13.9	43	6.1	248	16	70.8
910715	13.3	6.9	43.9	0.5	12.6	18.6	14	39.4		231		105.6
910813	13.3	7.2	44.9	0.6	12.8	18.2	14.2	37	6.2	237	16	80.4
910925	12.4	6.6	40	0.5	12.4	17.3	9.9	43.2	6.6	240	16.2	960
911012	11.7	6.4	36.6	0.5	12.6	16.8	7.7	43.2	6.1	226	16.1	1000
911124	12.4	6.8	35.1	0.5	13.4	18.2	8.5	49	6.1	242	16.3	900
911216	13.2	7	36.6	0.5	13.8	18.3	10.5	47.2	6	247	16.2	780
920124	11.3	7.8	39	0.5	13.8	19.4	12.9	52.6	6.4	248	16.2	300
920221	12.9	7.7	40.5	0.5	13.7	19.2	13.3	51.2	6.1	265	16.2	165
920327	20	8.2	41.5	0.5	13.5	18.1	14.1	45.8	6.2	251		
920424	15.4	6.8	41.5	0.7	14	17.4	14.2	45.2	6.4	247	16.1	129.6
920522	17.3	7.2	43.9	0.7	13.9	16.7	14.3	41.9	6.3	243	16.1	96
920622	15.8	7.2	45.4	0.9	14	17	14.4	38.8		241		120
920717	22	7.9	45.9	0.7	14.5	17.4	13.3	39.2		234		270
920813	17.3	10.8	45.9	0.8	14.3	16.7	13.7	40.9		246		280
920909	16.9	9.1	43.9	0.6	14.2	16.5	14.4	42.2		240		170
921007					16.9	15.3	15.3	41.5		243		190
921111					15.3	14	40.6			239		332

ppm=mg/l, EC. (μ s/cm), W.T($^{\circ}$ C), DISCHARGE(l/min)

8 湧水調査結果 (SP. 7-1)

DATE	Ca (ppm)	Mg (ppm)	HCO3 (ppm)	K (ppm)	Na (ppm)	Cl (ppm)	SO4 (ppm)	NO3 (ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	13.4	7.6	36.4	0.4	12.4	16.1	14.7	33.3	6.2	211	15.6	
900718	13.8	7.9	44.7	0.4	11.5	14.9	8.2	27	6.1	196	16	
900811	11.9	7.8	36.9	0.4	13	15.5	9.9	35.5	6.2	205	16.3	
900817	11.6	6.3	32.1	0.4	10.8	13	12.5	36.7	6.2	204	16.3	
900923	14.1	7.5	36.4	0.9	11.7	16.2	9.4	35.9	6.1	193	16.7	
901024	14.1	7.5	35.5	0.9	12.2	16	8.7	38.5	6.1	206	16.6	
901115	15.2	8.4	57.3	0.8	10	12.4	8.5	23.6	6.1	204	16.4	3.8
901129	12.6	8	53.2	0.7	11.4	14	7.9	31.5	6.3	222	16.4	5.4
901212	12.7	6.7	41.8	0.5	9.5	17.3	5.1	29.8	6.2	228	15.9	210
910215	12.5	7.8	39	0.6	12.2	16.5	8.2	39.5	5.9	234	16.1	36
910315	11.8	7.4	39.5	0.6	12.8	17	9.1	42.5	6.2	238	15.5	3.1
910415	10.9	6.8	41	0.5	11.2	14.9	9.3	24.4	6.1	194	15.5	19.8
910517	10.7	6.7	36.6	0.5	11.9	15.5	8.4	30.6	6.3	204	15.5	5
910614	10.5	6.5	34.6	0.4	11.2	17.4	9.3	37.1	6.2	203	15.7	
910715	10.1	6.3	37.6	0.5	10.7	16.4	8.8	33.7		193		1.2
910813	10.6	6.5	36.6	0.5	11	17.2	8.4	35.5	6.3	210	16.5	
910925	12.6	8.2	43.9	0.5	9.1	23.2	4.6	37.8	6.2	236	16	690
911012	8.8	6.6	42.9	0.5	9.6	17.1	5.6	31.4	6.2	194	16	1000
911124	10.1	7.5	35.1	0.5	10.8	14.6	6.5	42.8	6.1	208		840
911216	9	7.1	39	0.5	11	15.5	6.9	42	6	205	16.3	360
920124	8.9	7.4	43.9	0.5	11.5	15.9	7.7	40.3	6.4	207	16.3	75
920221	9.4	6.9	31.7	0.5	12	18.2	9.3	45.7	6	235	15.7	2
920327	16	7.6	31.7	0.5	10.9	17.2	9	31.7	6.2	213	15.5	4
920424	12.4	7.3	49.3	0.6	10.9	16	11.1	19.7	6.5	192	15.6	7.2
920522	12.8	5.9	41.5	0.5	11.3	15.5	8.9	28	6.2	195	15.6	
920622	12.1	6.9	42	0.5	11.1	15.5	8.9	27.1		197		
920717	16.9	7.4	45.9	0.5	10.1	14.3	8.8	20.6		179		7.5
920813	13	7.6	41	0.5	10.5	15.5	7.2	30.7		201		14.4
920909	13.4	9.3	40	0.5	11.3	15.9	9	34		220		7.6
921007						15.8	10	33.8		222		
921111						16.6	7.4	31		206		21.6

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、T(°C)、DISCHARGE(l/min)

9 湧水調査結果 (SP. 7-2)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARG
900615	10.5	5.7	27.7	0.3	10.2	15.3	9.4	35.9	6.3	179	15.6	
900717	11.5	6.2	30.1	0.3	10.7	12.9	11.3	24.2	6.2	170	15.9	
900811	11.4	6.3	30.6	0.3	11.2	12.8	12.4	23.5	6.2	175	16.1	
900817	11.6	6.3	32.1	0.4	10.8	13	12.5	23.1	6.2	169	16.2	
900923	12.2	6.5	34	0.3	10.7	13.5	11.5	25.4	6.2	172	16.6	13.8
901024	13.6	7.2	40.3	0.5	11.6	13.9	8.3	29.9	6.1	184	16.3	28.8
901115	13.8	7.3	41.8	0.6	10	13.9	8.2	29.8	6.1	193	16.2	43.2
901129	10.8	6.8	42.4	0.7	11.3	14.6	8	33.3	6.3	202	16.3	40.2
901212	12.4	7.5	45.7	0.6	12.4	14.4	7.4	35	6.3	218	16	200
910215	13.3	8.1	42	0.6	13.3	16.7	9.5	43.4	6	242	15.9	52.2
910315	12.5	7.8	35.6	0.6	13.1	17.1	9.8	43.6	6.1	233	15.7	20
910415	10.6	6.7	34.6	0.5	12.1	14.4	10.5	30.4	6.2	198	15.6	39.6
910517	9.2	5.6	31.7	0.5	10.7	13	10.2	24	6.3	182	15.6	19.8
910614	8.8	5.4	32.7	0.4	9.5	13.6	10.9	23.9	6.3	178	15.8	13.8
910715	9.6	5.9	36.6	0.5	9.9	14.2	9.9	26.6	6.3	178		19.8
910813	9.8	6	38.1	0.4	10	14.6	11.1	26.6	6.2	179	16.2	16.2
910925	11.3	7.4	41	0.4	10.3	14.7	9.4	37.8	6.3	230	16.3	540
911012	8.2	6.1	43.4	0.5	11.2	11.7	11.7	33.1	6.3	208	16.3	1200
911124	8.4	7.1	39	0.4	11.9	12.9	7.3	36.2	6.2	204	16.3	420
911216	8.9	7.4	38.5	0.5	12.1	15.8	7.4	44	6	223	16.4	220
920124	12.2	8.1	38.5	0.5	12.8	18.9	8.3	48.8	6.4	236	16.3	120
920221	10.1	7.3	38.5	0.5	12.5	18.3	10	47.6	6	240	16	14.4
920327	14.2	8.2	29.3	0.5	11.5	17.5	12.3	30.9	6.3	201	15.8	21
920424	10.2	6.1	33.7	0.5	11.1	13.9	10.9	28.5	6.4	182	15.8	22.2
920522	9.9	5	34.6	0.4	11	13.7	11	26.2	6.3	171	15.8	12.8
920622	10.2	6.1	35.1	0.5	11	13.6	10.3	24.9		177		27
920717	15.7	6.5	42	0.6	11.7	13.3	10.7	28.8		185		49.2
920813	12.1	7.7	42	0.5	12	14.9	8.7	36.5		214		50.4
920909	14.4	9.4	42	0.6	12.5	15.4	9.7	39.9		221		37.8
921007						15.5	11	39.2		216		31.6
921111						14.7	9.7	38.1		222		39

ppm=mg/l、EC. (μs/cm)、W.T(°C)、DISCHARGE(l/min)

10 湧水調査結果 (SP. 8)

DATE	Ca(ppm)	Mg(ppm)	HCO3(ppm)	K(ppm)	Na(ppm)	Cl(ppm)	SO4(ppm)	NO3(ppm)	pH	EC	W.T	DISCHARGE
900615	13.9	7.1	41.8	0.5	16	15.3	8.6	50.3	6.4	228	16.1	
900717	13.3	6.7	38.9	0.4	15.8	15.2	14.4	30.6	6.3	206	16.1	
900811	10.2	6.7	39.3	0.4	16.4	14.2	14.9	28.5	6.4	204	16.2	
900923	14	7	39.8	0.5	15.6	16.5	15.2	30.4	6.3	207	16.9	
901024	14.3	7.2	39.8	0.8	16.3	17.7	14.4	34.6	6.2	227	16.2	
901115	15.9	7.6	41.8	0.6	14.8	18.5	14.1	36	6.2	228	16.2	
901129	11.9	6.7	41.5	0.7	16.4	18.7	14.8	35.5	6.4	238	16.2	
901212	13.1	7.4	41.3	0.6	17.2	19.7	11.7	38.7	6.4	255	16.3	
910215	13.5	7.6	42.9	0.7	17.9	20.6	14.7	39.3	6	263	16.1	
910315	13	7.5	41.5	0.8	18	20.5	14.7	38.7	6.3	255	16	
910415	12.7	6.7	41.5	0.7	17.1	17.9	13.7	35.1	6.3	237	16.2	
910517	12.6	7.1	41	0.8	17.8	18.9	13.9	36.3	6.4	252	16.1	
910614	11.7	6.5	42	0.8	15.6	20.3	14.6	37.4	6.3	250	16.1	
910715	11.5	6.4	42.9	0.6	15.1	19.5	14.5	36.4		225		
910813	11.5	6.7	43.4	0.6	15.4	19.3	14	35.2	6.4	239	16.2	
910925	13.2	7.4	40	0.6	14.9	22.5	12.2	48.3	6.4	267	16.5	
911012	11.7	7.4	41.5	0.5	16.1	22.5	11.9	46.6	6.4	265	16.4	
911124	10.5	7.8	42	0.6	19.4	23.4	14.6	49.3	6.2	281		
911216	11.3	7.4	41.5	0.6	19	22.7	13.8	47.1	6.1	271	16.4	
920124	11.7	7.2	43.9	0.5	18.8	22.6	13.3	44.8	6.5	248	16.3	
920221	9.9	6.8	42.4	0.6	18.3	21.5	13.5	44.2	6.2	265	16	
920327	17.7	7.9	42.9	0.5	18.3	20.4	13.8	41	6.2	250		
920424	14.6	6.3	41.5	0.9	17.8	18.4	12.6	40.2	6.3	248	16.4	
920522	14.4	6.1	44.4	0.7	18	18.9	13.2	40.5	6.4	244	16.4	
920622	13.4	7	45.4	0.7	17.8	18.1	13	38.6		240		
920717	19.3	8.8	45.9	1.2	18.4	21.6	12	41.1		242		
920813	16	8.2	46.8	0.9	18.8	22.3	12.5	42.6		267		
920909	15.4	10	47.3	1.1	19.4	22.5	13.3	42.5		258		
921007						19.9	14.2	41		250		
921111						22.2	14.2	42.7		264		

ppm=mg/l、EC. (μ s/cm)、W.T(°C)、DISCHARGE(l/min)

付表3 玉川上水調査記録

SITE	DATE	Na(ppm)	Cl(ppm)	NO3(ppm)	EC(μs/cm)	Dis(l/sec)
R1	92/07/10	57.2	66.8	41.2	481	317
R2	92/07/10	57.4	66.3	42.6	478	291
R3	92/07/10	59.4	68.4	44	494	315
R4	92/07/10	60.6	70	44	507	244
R1	92/08/13	57.9	74.6	49.8	516	226
R2	92/08/13	59.7	75.2	49.9	521	260
R3	92/08/13	61.7	78.8	52.4	524	236
R4	92/08/13	62.7	80	54.9	539	207
R1	92/09/16	58	70.1	47.9	487	—
R2	92/09/16	59.9	72.2	51.5	498	—
R3	92/09/16	62.5	74.7	53.3	512	—
R4	92/09/16	63.1	75.4	54.3	520	—