

# 野辺山原南部の水文環境（2）

## 一 渇水期の地下水と河川流量 一

田中 正<sup>1)</sup>、安原正也<sup>2)</sup>、海上道雄<sup>3)</sup>、黒田吉雄<sup>3)</sup>、大坪輝夫<sup>3)</sup>、  
丸井敦尚<sup>4)</sup>、杉田倫明<sup>4)</sup>、市川 当<sup>4)</sup>、石井秀樹<sup>5)</sup>

Hydrological environment in the southern parts of the Nobeyama-hara (2)

—Groundwater and streamflow in a dry season—

Tadashi Tanaka,<sup>1)</sup> Masaya Yasuhara,<sup>2)</sup> Michio Kaijo,<sup>3)</sup>  
Yoshio Kuroda,<sup>3)</sup> Teruo Otsubo,<sup>3)</sup> Atsunao Marui,<sup>4)</sup>  
Michiaki Sugita,<sup>4)</sup> Ataru Ichikawa,<sup>4)</sup> and Hideki Ishii<sup>5)</sup>

### 論 文 目 次

1. はじめに	41	5. おわりに	49
2. 地下水の性状	42	• 謝 辞	49
2-1. 地下水の流動	42	• 注 記	49
2-2. 地下水の水質	45	• 引用文献	50
3. 河川流量	46	• Summary	50
4. 地下水による河川水の涵養	47		

### 1. は じ め に

前報<sup>1)</sup>では、野辺山原南部の水文地形・地質に関して述べた。野辺山原層を主体とする厚さ

- 
- 1) 筑波大学地球科学系
  - 2) 筑波大学地球科学系（現 通産省工業技術院地質調査所）
  - 3) 筑波大学農林技術センター
  - 4) 筑波大学地球科学研究科
  - 5) 筑波大学環境科学研究科

100 m程度の研究地域の第四紀層は、単一の帯水層とみなしてさしつかえないこと、また、広大な八ヶ岳山麓からもたらされた地下水が地表に大量に湧出するため、研究地域の南部は特に水に恵まれた地帯となっていること、などがその主たる点であった。

本論文では、地域の水文学的環境を解明するために上述の知見に基づき計画・実施された、地下水ならびに河川水に関する調査結果を議論する。観測は、1984年11月下旬（地下水位測定）と1985年2月下旬～3月初旬（地下水位測定ならびに河川流量測定）の2回、いずれも渇水期に行われた。なお、地下水位と河川流量測定の他に、地下水（湧水を含む）の一部サンプルについては水質分析を実施した。

## 2. 地下水の性状

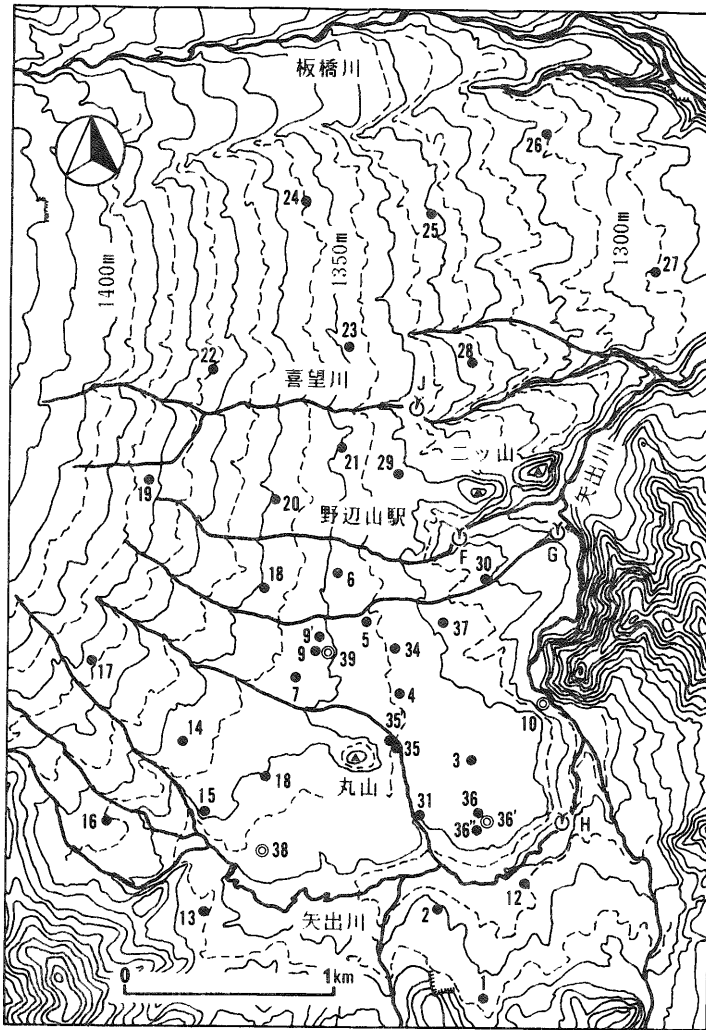
地下水位の測定ならびに地下水のサンプリングを行った井戸の位置を図-1に示す。浅井戸(●)は地域全体にほぼ均等に分布している。浅井戸の深度は一般に5～10 m（湛水深；数m程度）、深井戸(◎)のそれは、地点10；不明，地点36'；80 m，地点38；100 m，地点39；70 mである。なお、図中には、サンプリングを行った湧水地点(∨)も同時に示してある。

### 2-1. 地下水の流動

図-2の③および④に、それぞれ1984年11月下旬および1985年3月初旬（積雪期）における渇水期の地下水面図を示す。この地下水面は、地域に広く分布し地表面下約3～5 mにその上限を有する礫層中に位置している。3月初旬における地下水位は、水位低下の著しい渇水期に相当するため、11月下旬のそれに比べて全体的に数10 cmから1 m前後低下している。しかし、地下水面の全体的な形状は11月下旬のそれとほとんど変化していない。これらの図から、渇水期における地域の浅層部の地下水の平面（二次元）的な流動に関して、いくつかの特徴的な現象を読み取ることができる。まず、地下水の流動方向が地表面の最大傾斜方向とほぼ一致することである。浅層部の地下水は、扇状地面を刻む小河川を涵養しながら流下し、最終的には矢出川に流出している。丸山の北側付近に、顕著な地下水分水界が形成されていることも注目される。この分水界を境にして、地下水の流動は東～北東方向および南～南東方向に二分されている。また、地下水面の勾配が地表面の勾配と対応していることも、地下水面等高線の間隔から明らかである。地表面の勾配が減少する標高1360～1355 m付近において、地下水面もその勾配を減ずる。この傾向は研究地域の南部において顕著である。さらに、地表面がほぼ平坦となる丸山を中心とする地域においては、周辺部を除いて地下水面の勾配は極めて小さくなり、地下水の停滞域とも考えられる地帯を形成している。これらは、図-2の④中のA-A'断面における地下水面の縦断形を示した図-3によって、より明確となる<sup>注1)</sup>。

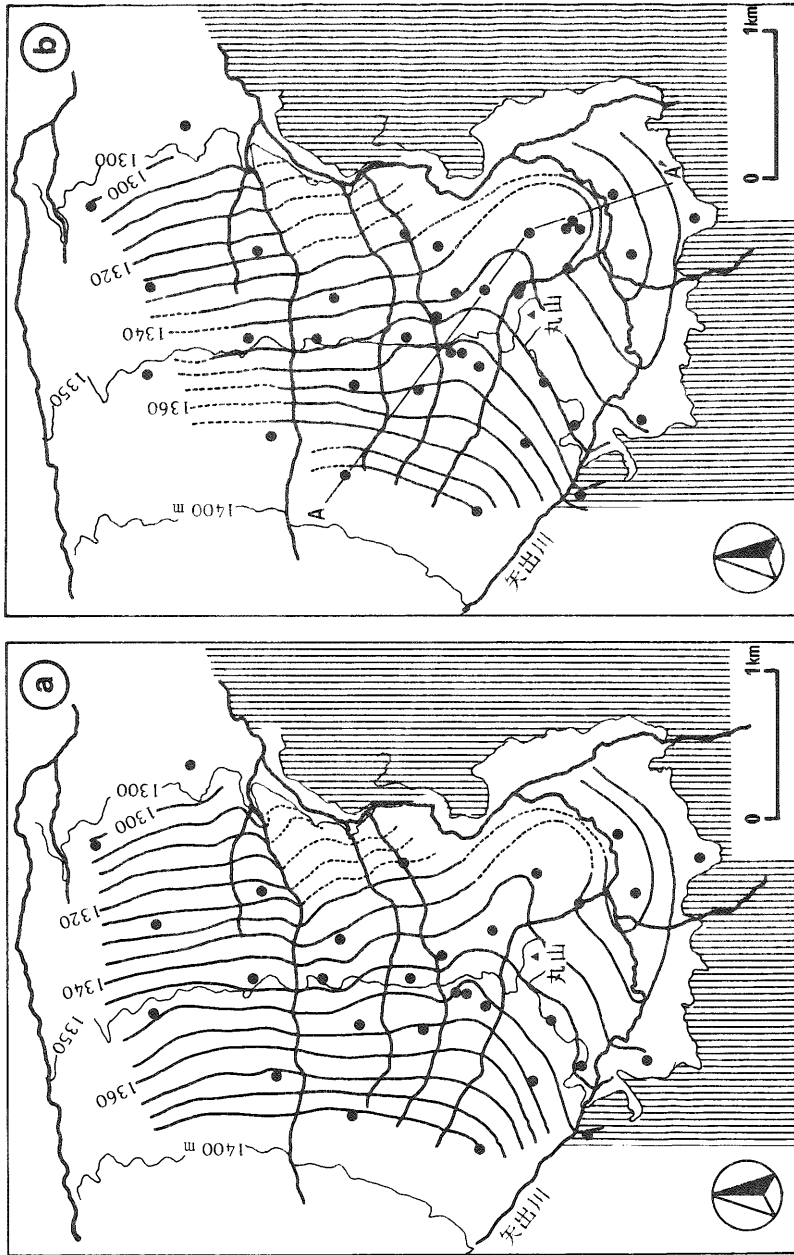
一方、深層部の地下水の流動については、圧力水頭を観測できる深井戸が地点10の井戸を除いては存在しないため、その詳細については不明である。しかし、地点10の深井戸は自噴して

おり、その圧力水頭は地表面上1 m付近にまで達している。したがって、少なくとも三沢川河道周辺においては、深層からのかなり強い上向きの地下水流動が生じていることが推定される。



- ; 浅井戸
- ◎; 深井戸
- ♁; 湧水(1985年3月初旬)

図-1 観測井位置図



a ; 1984年11月下旬, b ; 1985年3月初旬

图一2 地下水面图

野辺山原南部の水文環境(2)(田中ほか)

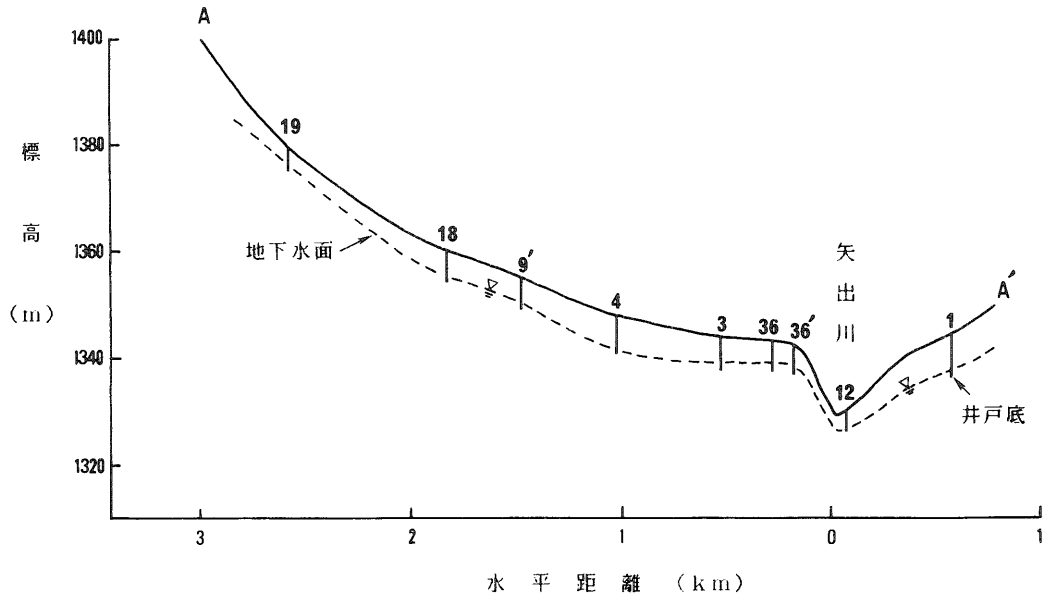


図-3 地下水面断面図(1985年3月初旬)

2-2. 地下水の水質

代表的な地点における、湧水を含む地下水の水質分析結果を表-1に示す。サンプリングは1985年2月28日～3月2日にかけて実施した。地点4, 6, 17, 23, 36は扇状地上

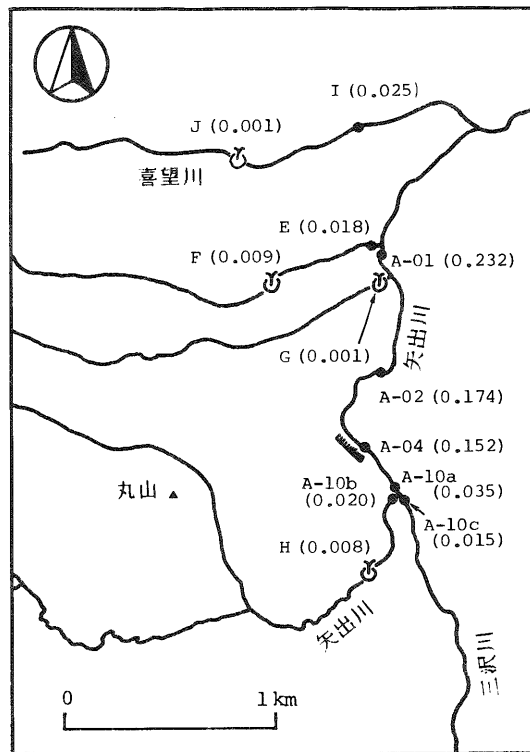
表-1 水質分析結果(mg/l)

地点名	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>-</sup>	Si	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
4	13.2	6.2	3.3	1.8	5.1	14.2	52.5	7.8
6	20.7	6.7	3.8	0.5	5.8	28.0	50.2	11.8
17	20.3	6.9	5.7	1.4	4.6	18.0	72.8	17.2
23	7.3	3.1	2.0	0.4	4.8	8.2	43.2	2.1
36	3.4	1.3	3.5	0.7	6.6	3.2	6.7	5.2
10	7.3	1.5	5.2	0.9	13.2	1.3	0.7	7.0
36'	4.5	1.4	4.3	0.6	15.6	0.3	1.4	0.6
F	19.4	6.5	4.9	0.9	12.1	23.2	54.7	1.5
G	14.5	4.3	4.4	1.2	12.9	14.4	54.1	0.7
H	14.8	5.7	3.9	0.8	13.0	9.4	15.6	1.9
J	9.4	2.6	7.2	1.0	9.9	6.8	14.0	3.6

の浅井戸，すなわち浅層部の地下水の水質を示し，地点 10， 36'は深井戸，すなわち深層部の地下水の水質を示している。また，地点 F， G， H， Jは扇状地面を刻む河川の水flow源流部の湧水の水質を示している（図-1）。表-1から明らかなように，浅層部の地下水の水質は  $Ca^{2+}$ ，  $Mg^{2+}$ ，  $Cl^-$ ，  $NO_3^-$  濃度がかかなり高く，かつ水質組織が地点によって大幅に異なる。これは，家畜の糞尿や化学肥料に起因する栄養塩類の地下水への浸透が，土地利用に対応して地点ごとに異なるためと考えられる。程度の差こそあれ，浅層部の地下水の水質は人為的汚染の影響を受けているものと思われる。この浅層部の地下水とは対照的に，深層部の地下水の水質は極めて良好であり，両地点（10， 36'）での水質組成も似かよっている。浅層部の地下水の水質組成と比較すると，深層部の地下水は地表からの汚染物質の負荷を受けていないことが明らかである。地点 F， G， H， Jの湧水については，地点によって水質組成はまちまちであるが， $Ca^{2+}$ ，  $Mg^{2+}$ ，  $Cl^-$ ，  $NO_3^-$  の含有量が比較的多く，一見したところ浅層部の地下水の水質組成と類似したものとなっている。

### 3. 河川流量

1985年2月28日と3月1日に，地域内を流れる各河川の流量を測定した（図-4）。流速



●印は流量観測地点，( )内は流量 ( $m^3/s$ ) を表す。

図-4 流量観測結果（1985年2月下旬～3月上旬）

の測定には浮子もしくはプライス型流速計を用いたが、時間的な制約から、板橋川および矢出川の最下流部付近の河川流量は測定できなかった。

観測期間は年間を通じて最も著しい渇水期に相当するため、扇状地面を刻む矢出川支流の小河川の河道の大部分において水流は存在していなかった。これらの河川では、矢出川への合流点近傍の河道中に観察される湧水点(図-1の地点F, G, J)より下流においてのみ水流が形成されている。これらの地点における湧水量は、 $0.009 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ であったが、流下するにつれて河床を通じての地下水からの涵養を受け、河川流量をますます増大する傾向にあった。一方、矢出川の流量は、湧水地点Hでは $0.008 \text{ m}^3/\text{s}$ であるが、地点A-01においては $0.232 \text{ m}^3/\text{s}$ まで急激に増大する。この流量の増大には、三沢川をはじめとする小河川からの流入や河床を通じての地下水による涵養のほか、地点10の深井戸直上の急崖からしみ出した地下水<sup>1)</sup>、さらには右岸の五光牧場内の湧水も大きく貢献しているものと考えられる。

#### 4. 地下水による河川水の涵養

以上の観測結果に基づき、研究地域における地下水と河川水の交流に関する若干の予察的考察を行う。

図-5は、河道100m当りの流量の増加量を、流量測定地点における河床と扇状地面の比高(簡易測量結果)とともに示したものである。河床と扇状地面の比高が小さい喜望川をはじめとする矢出川の小支流では、流量の増加量(そのほとんどが地下水からの涵養量に相当する)は、河道100m当り $2.7 \text{ l/s}$ ,  $1.0 \text{ l/s}$ ,  $1.9 \text{ l/s}$ と少ない。一方、矢出川においては、湧水地点Hから下流方向に、河道100m当り $3.0 \text{ l/s}$ ,  $46.8 \text{ l/s}$ ,  $4.4 \text{ l/s}$ ,  $8.5 \text{ l/s}$ と河川流量は増加しており、渇水期にもかかわらずこの区間において多量の地下水による涵養が生じている。現在の段階では明確でないが、現河床と扇状地面との比高と河川への地下水涵養量との間には、なんらかの関係が存在する可能性もあり、今後検討を加えてみたい。

また、扇状地面を刻む河道における水流の発生は湧水をその源としていることは前述した通りであるが、これらの湧水は、河床と地下水面が交差した地点に分布するものと考えられる。矢出川における湧水地点Hより上流での、河床と地下水面の位置関係を表わした図-3によっても、この考え方の妥当性が裏づけられる<sup>注1)</sup>。

では、この水流の源となる湧水は、厚さ100mにも及ぶ帯水層中のどの部分(深度)の地下水によって涵養されているのであろうか? この点について第1表に示した $\text{Si}$ 濃度の分析値を指標に考察してみる。

一般に $\text{Si}$ は人為的汚染の影響を受けることはなく、その起源は地層中に存在する。すなわち、地下水中の $\text{Si}$ 濃度は地下水と地層との接触時間、換言すれば、地下水の滞留時間に対応した濃度を有するものと考えられる<sup>2)</sup>。第1表に示した浅層部の地下水の $\text{Si}$ 濃度が他の栄養塩類と異な

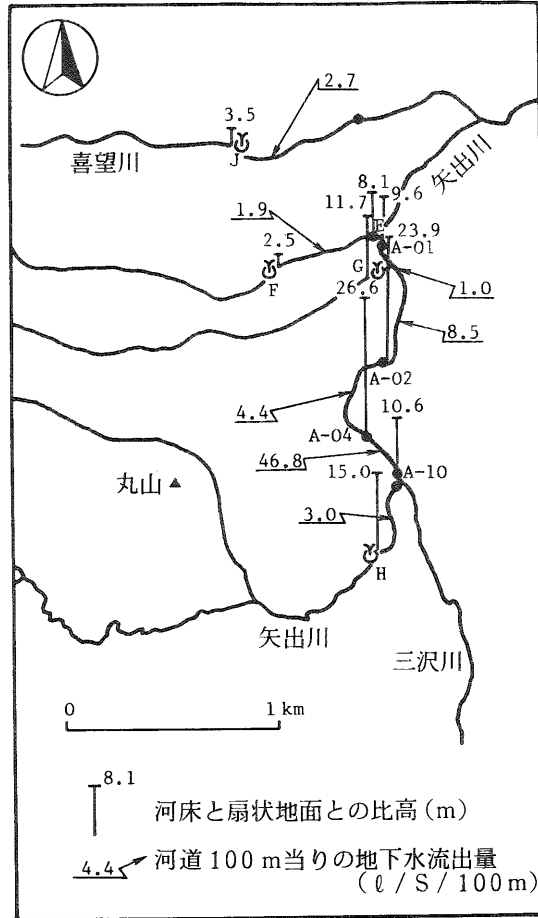


図-5 区間地下水流出量

り、地点に関係なくほぼ一定であること (4.6 ~ 6.6 mg/l), また、滞留時間が長いであろう深層部の地下水の Si 濃度に比較して低い値を示していることなどは、上述の考え方の妥当性を裏づけている。一方、八ヶ岳山麓上部にもたらされた降水にその涵養源が求められるであろう深層部の地下水は、当然、浅層部の地下水に比べてはるかにその滞留時間は長い。さらに、火山岩との接触によって特に高い Si 濃度が期待される<sup>2)</sup> こともあわせて考えると、深層部の地下水の Si 濃度が 13.2 mg/l, 15.6 mg/l と、浅層部の地下水のそれと比較して高い値を示していることが理解できる。

さて、地点 10 に隣接する矢出川左岸の急崖 (最大比高 25 m 以上) においては、種々の深度の地層から地下水のしみ出しが生じている<sup>1)</sup>。この内、中央部の礫層からの湧水 (扇状地面との比高約 12 m) の水質を分析したところ、Si 濃度は 16.5 mg/l とかなり高い値を示した。したがって、少なくとも地下水面下約 6 ~ 7 m から 80 m 前後までの地下水は、ほぼ同一の高い Si 濃



度を有するものと推定される。

以上の様に、本地域においては、地下水水面下約6～7mまでの浅層部の地下水と、それ以深の深層部の地下水との間には、Si濃度に明瞭な差異が存在する。一方、扇状地面を刻む河川の水流発生源となる湧水のSi濃度は9.9～13.0mg/lの範囲にあった。また、浅層部の地下水のSi濃度は前述の通り4.6～6.6mg/lと低い値を示している。これらの事実から、渇水期における扇状地面での湧水は、上向きの地下水流動成分によってもたらされるSi濃度の高いより深部からの地下水を大量に含んでいるものと判断することができる<sup>注2)</sup>。

今後、矢出川およびその支流での流量観測地点において採水した河川水に含まれるSi濃度を分析することにより、観測地点間の流量増加に果す浅層部と深層部の地下水の役割の相対的な重要性を評価することができるものと思われる。

## 5. お わ り に

現在までの3回の現地調査により、野辺山原南部の渇水期における水文環境の概要を把握することができた。今後は7～8月にかけて同様な調査を実施し、豊水期の水文環境を明らかにするとともに、渇水期のそれとの比較を試みる予定である。また、水質をトレーサーに用いた地下水流動系の解明を行うとともに、河川水の涵養に果す深層部の地下水の役割を物質収支の観点から定量的に評価することも試みる予定である。

## 謝 辞

本研究を進める上で、倉田 文女史(国立公衆衛生院・研究生)には水質分析を通じて多大な援助をいただいた。記して感謝いたします。

### 注 1)

この地点においては矢出川には水流が存在しなかった。河道のすぐ脇の地点12の井戸における地下水水面の位置と河床との高さ関係からも、矢出川に水流が形成されない理由が理解できよう。

### 注 2)

Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、Cl<sup>-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>の濃度が高い地点F、Gの湧水では、汚染された浅層部の地下水の寄与も無視できないものと考えられる。

## 引用文献

- 1) 田中 正, 安原正也, 海上道雄, 黒田吉雄, 大坪輝夫, 丸井敦尚, 杉田倫明, 市川 当, 石井秀樹(1985): 野辺山原南部の水文環境(1)ー水文地形・地質ー. 筑波大学農林技術センター演習林報告, No.2, p.31~40.
- 2) Haines, T.S. and Lloyd, J. W. (1985): Controls on silica in groundwater environments in the United Kingdom. *J. Hydrol.*, **81**, 277-295.
- 3) Bouwer, H.(1978): *Groundwater hydrology*. McGraw Hill, New York, 480p.  
(1985年5月31日受理)

## SUMMARY

The study area is situated on the south-eastern foot of the Yatsugatake Volcano in Nagano Prefecture. In order to make clear the interaction between surface water and groundwater, the authors measured groundwater levels, stream discharges and water qualities of springs and groundwater at two times in a dry period.

It was found that streams in the area are recharged by springs and increase their discharge rapidly along the reaches. The Si concentration of waters revealed to be a suitable tracer for the determination of groundwater flow systems in the study area. Judging from differences of the Si concentration of waters, it is considered that springs, which generate stream flow in the area, are largely fed by upward flow components of deep groundwater with high Si concentrations.