

地球規模の環境変動のもとでの名水環境の変動に関する研究 －福井県大野の名水を例として－

宇治橋 康 行*・須 見 大二郎**

How does the change of global environment affect the fine regional water environment?
－ A case study at Ohno City, Fukui Prefecture －

Yasuyuki Ujihashi and Daijiro Sumi

Ohno City, Fukui Prefecture is famous for the fine groundwater. The groundwater is utilized for living as well as for a tourist spot. However, a decreasing tendency of the groundwater level is seen and the groundwater pollution comes to a head in these two decades. The authors investigate to focus how global warming and acid rain affect the groundwater environment at Ohno city. Firstly, the correlation between the decrease of groundwater level and climate change, especially the decrease of precipitation, is analyzed. Secondary, we investigate the water quality of rainfall at Ohno city and the next city Katuyama and the quality of groundwater at 42 points in Ohno city. The results as follows: 1) Precipitation in Fukui Prefecture shows the decreasing tendency from mid 1950's. The annual precipitation at Ohno City decreases about 450mm these 24 years. This reduction is one of major cause of the drop of groundwater level. 2) Precipitation both at Ohno and Katuyama are made acid by H_2SO_4 and mean pH from May to October are 5.51 and 5.23 respectively. 3) Average pH of groundwater at 42 points ranges 6.50－7.22. It shows that there is no severe effect of acid rain.

1. はじめに

福井県大野市は、環境庁の名水 100 選に「御清水」が選ばれているように従来、良質で豊富な湧水や地下水に恵まれ、ほとんどの市民の生活用水として利用されてきただけでなく、風情あふれる城下町の町並みと周辺の美しい景観とともに重要な観光資源となっている。しかしながら、近年、地下水位の低下が著しく水質も低下している。市民、行政一体となった取り組みも行なわれているが名水環境が次第に破壊されつつある。この原因として融雪水、工業用水の過剰くみ上げ、家庭、工場廃水など種々の要因が考えられるが、大野市およびその周地域の問題だけでなく地球規模の環境変動も原因となっている可能性、あるいは将来なる可能性がある。

本研究では、地球温暖化などの気候変動および酸性雨という地球規模の環境問題が大野の名水環境、特に地下水の水質、水量にどのような影響を与えているかあるいは将来どのような影響を与えるかについてルーチン観測データおよび現地調査によって検討を行なった。

* 建設工学科地球環境工学専攻 ** 建設工学専攻大学院生

2. 近年の地下水位の変動傾向と気候変動傾向

大野市では 1977 年以後市民、行政の相互協力により地下水位の観測をはじめ、現在大野市が市内に精査観測井 3 ヶ所、標準観測井 2 ヶ所を設けさらに、住民の協力により 13 ヶ所の簡易観測井で 1 年を通した地下水の観測を続けている。大野市内の地下水位観測井の位置を図-1 に示す。図-2, 3 に大野市の南部に位置し地盤高、地下水位ともに高い春日公園および大野市の西北部にあり地盤高、地下水位の低い水落の 2 箇所の観測井における 1977 年～2000 年までの 24 年間の地下水位の変動を示す。図には 13 ヶ月移動平均および移動平均に対する線形近似曲線を合わせて示してある。春日公園は、地下水位の低下の最も激しい観測井のひとつであり、水落は低下

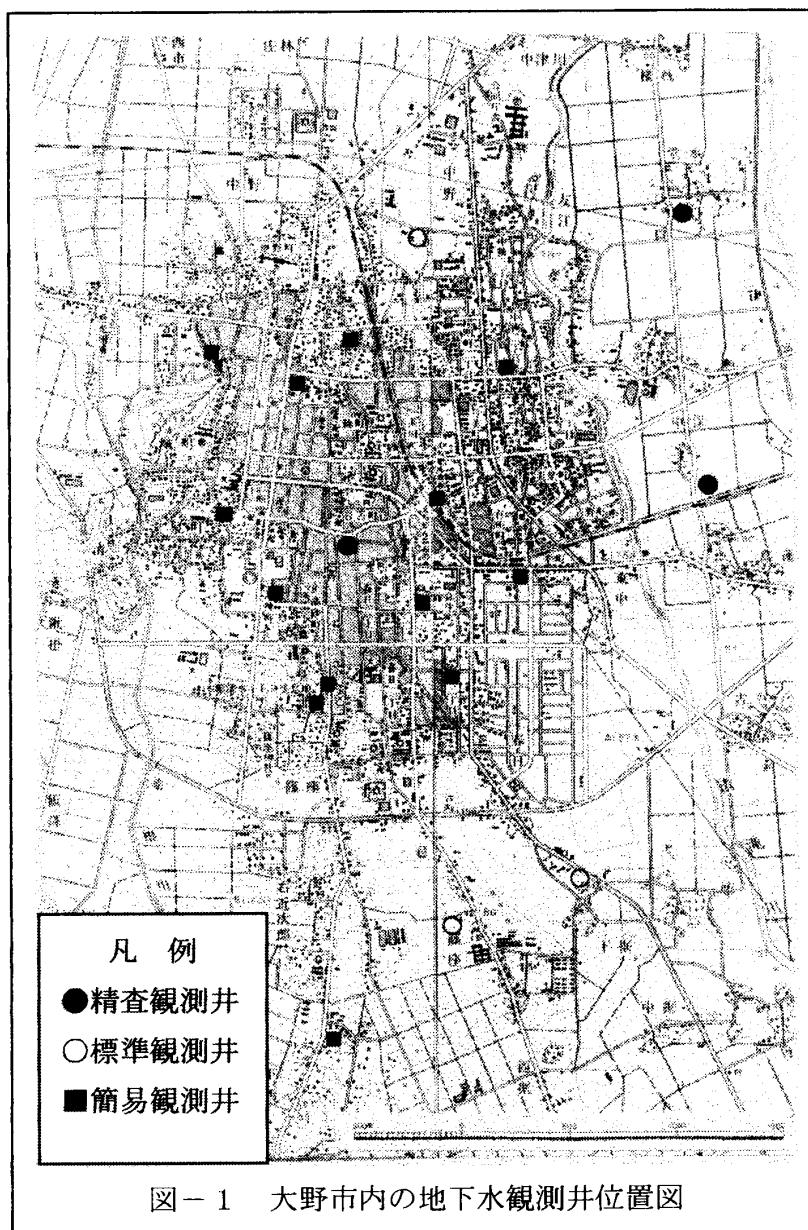


図-1 大野市内の地下水観測井位置図

量の最も少ない観測井である。春日公園ではこの 24 年間で約 2.3m 地下水位が低下している。低下量の最も少ない水落では 39cm の低下量であった。低下量に差異はあるものの図-1 に示した全ての観測井戸で地下水位が低下しており、市南部の地下水の高い井戸ほど低下量が大きい傾向がある。この理由は不明である。市全体の地下水位の低下の原因として融雪水、工業用水の過剰汲み上げ等、色々のことが言われているが決定的な原因は明らかではない。複合的な要因と考えられるが、ここでは近年の気候変動との関連について検討した。

図-4, 5 は大野市および隣接する勝山市における最近 20 年間の月降水量の変動を示したものであり、図-4, 5 から明らかなように、最近 24 年間、奥越の大野、勝山では降水

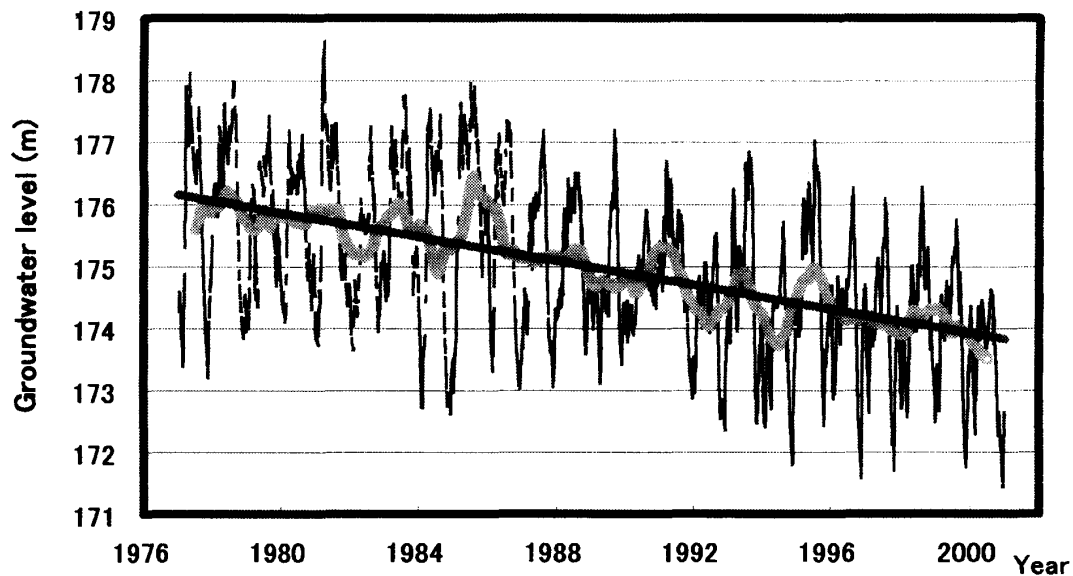


図-2 春日公園における地下水位の変動

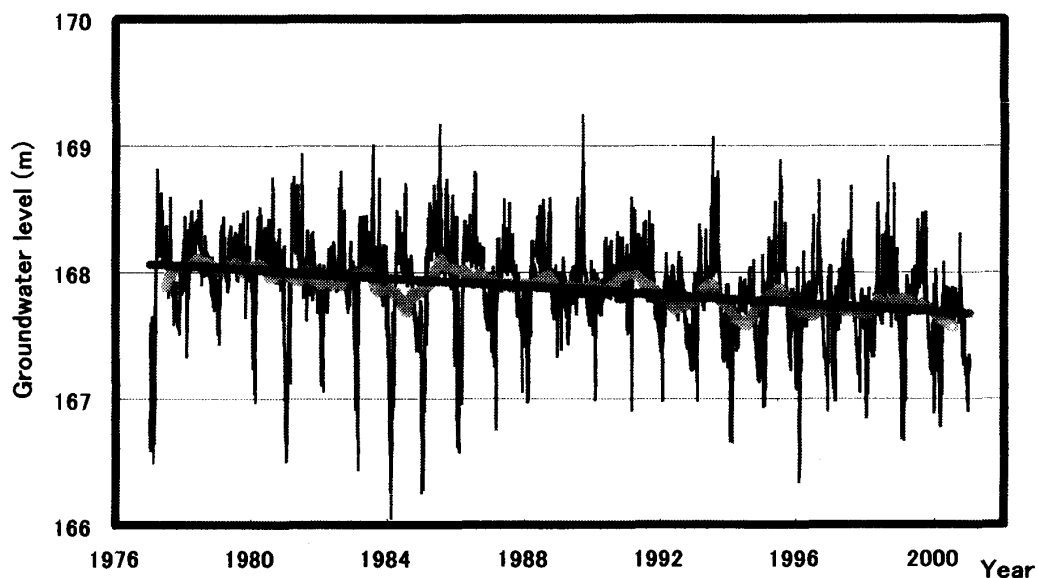


図-3 水落観測井における地下水位の変動

量は減少傾向にあることが分かる。大野では1970年代の終わりに比べ20世紀末では、月降水量でおよそ40mm、年降水量ではおよそ450mm減少していることになる。勝山ではおよそ520mmと減少量がやや多く、傾向はほぼ同様である。図-6に福井のこの100年間の年降水量の変動を示す。図中の移動平均に対する線形近似式に見られるように減少傾向がわずかであるが、1950年代半ば以後で見ると減少率は大幅に増加しており、大野市と同じ期間で見ると年降水量で約250mmの減少となっている。敦賀市においても最近100

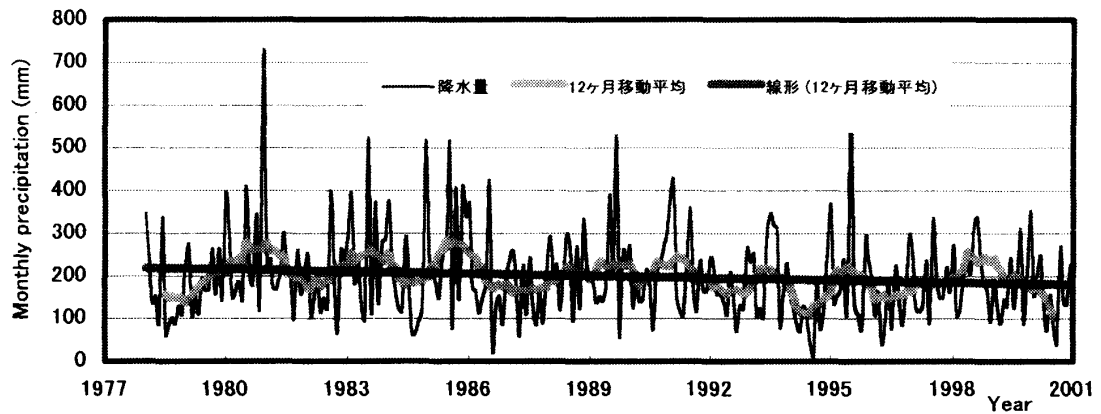


図-4 大野市の月降水量変動

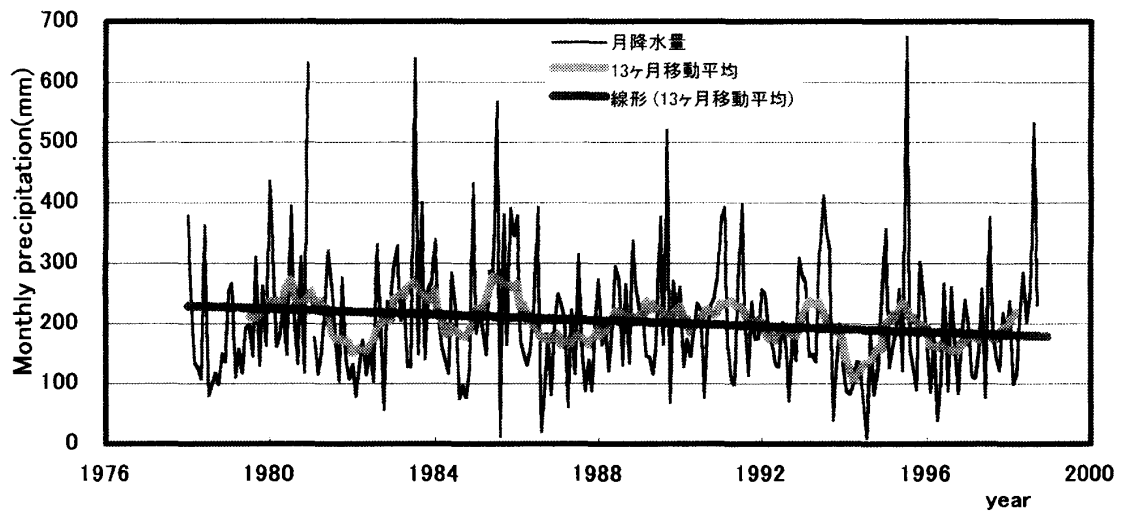


図-5 勝山市の月降水量の変動

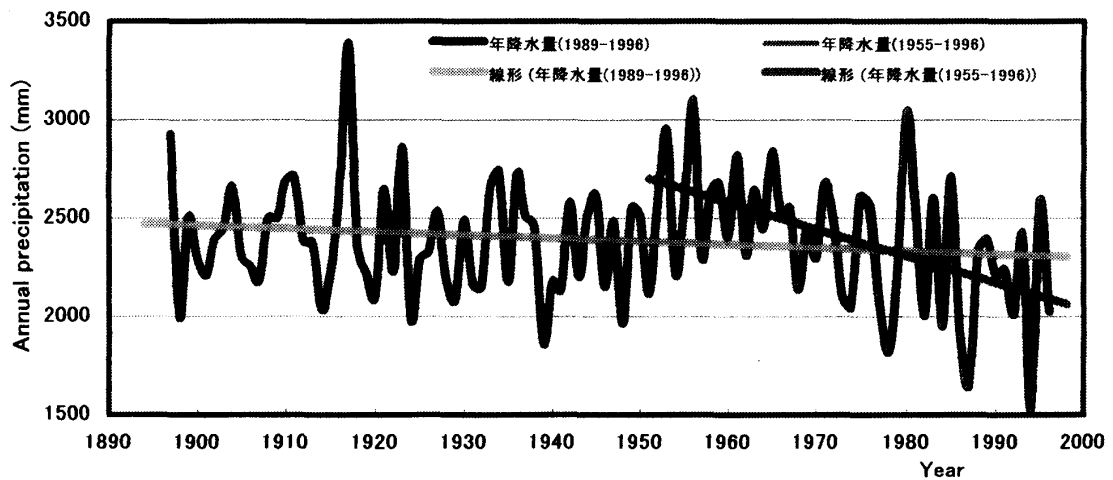


図-6 福井市の年降水量の変動

年間の降水変動にほぼ同様の傾向が見られた。また、データ期間の短い他の観測所においても大野、勝山同様の降水の減少傾向が見られた。これらの事実から、福井県全体で 1950 年代半ばから降水量の減少傾向が続いていると考えられる。大野市の場合、移動平均に対する線形近似式をもとに算定すると、24 年前の降水量が持続した場合に比べ、24 年間で 5400mm の降水量の減少になる。これは日本全体の年平均降水量のおよそ 3 年分に当たる量であり、これが近年の大野の地下水位低下の一因となっていると考えられる。

3. 降雨・地下水水質調査

3.1 調査方法

地球規模の環境問題の一つであり、わが国でもその影響が懸念されている酸性雨とその地下水への影響の現状把握を目的として大野市において降水および地下水の水質調査を行った。地下水の調査は、大野市市街地を 500m×500m の 24 ブロックに分け各ブロックで 1 ヶ所、郊外 18 箇所の合計 42 箇所で地下水のサンプリングを毎週 1 回行なった。採水地点を図-7 に示す。採水時に水温を測定し、研究室に持ち帰った後 pH、EC を測定し、化学分析用試料を作成した。化学成分の分析項目は、陰イオンは F^- 、 Cl^- 、 NO_2^- 、 Br^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 PO_4^{3-} の 7 種類、陽イオンは Li^+ 、 Na^+ 、 NH_4^+ 、 K^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の 6 種類の計 13 項目である。全ての化学成分の分析には Metrohm 社製イオンクロマトグラフを用いた。

降水については、大野市浄化センターに委託し、(株) HORIBA 製レインゴーランドを用いて降水事象ごとに試料を採取し、地下水と同様 pH、EC および 13 のイオンを分析した。



図-7 地下水採水地点位置図

また、同時に隣接する勝山市においても同様の降水のサンプリングと分析を行なった。調査は平成13年5月から始め、12月現在調査を継続中であるが、ここでは10月までの調査結果について述べる。

3.2 降水水質の調査結果

図-8に大野市で測定された降水のpHとECの事象ごとの変動を示す。10月に6.3~7.7の高い値を示すが、4~9月ではほとんどの降水でpH5.5以下の酸性雨となっている。全サンプルの平均は平均5.51であった。勝山でもほぼ同様の傾向を示すが全体として大野よりpH低く、その範囲は4.08~7.26、平均5.23であり、やはり降雨は酸性化している。

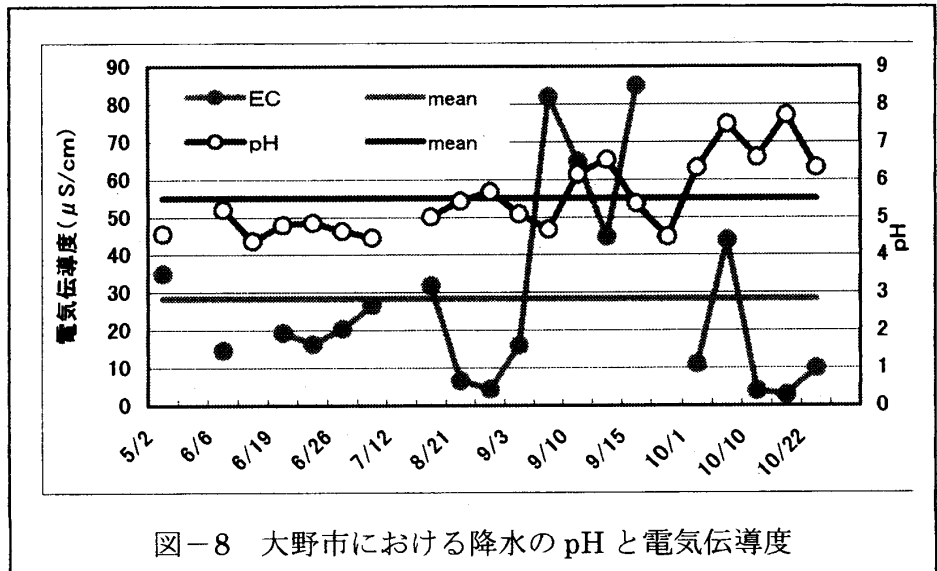


図-8 大野市における降水のpHと電気伝導度

図-9に大野、勝山で観測された降

雨の科学成分の組成を示す。両地点の降水のイオン組成にほとんど差はなく、陰イオンの主成分は海塩起源の Cl^- で全体の6割を占めるが、酸性化にもっとも大きく寄与している陰イオン非海塩起源の SO_4^{2-} であり、 NO_3^- の寄与はほとんどない。陽イオンでは K^+ が最も多く、次いで nss-Ca^{2+} 、 Na^+ 、 Mg^{2+} である。

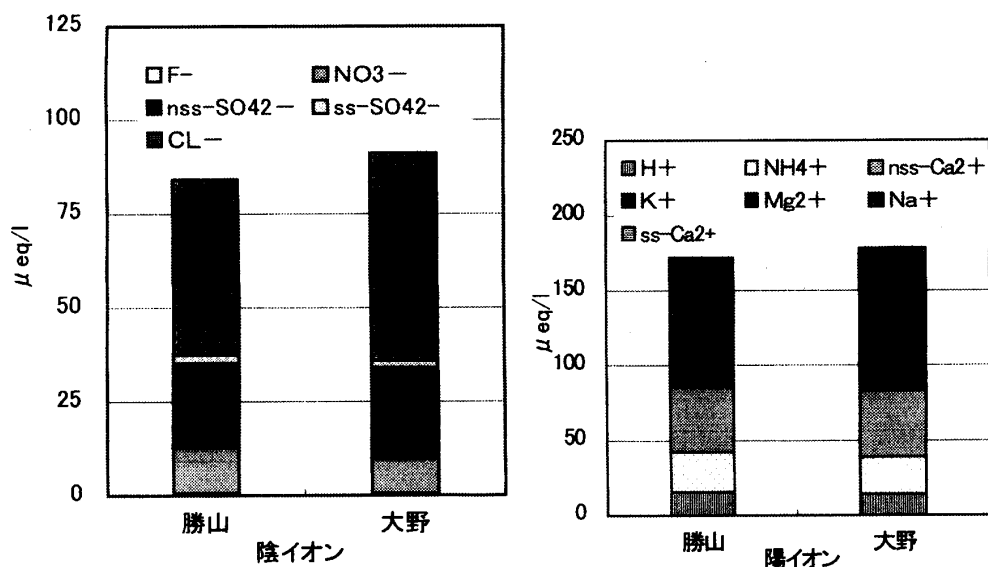


図-9 大野および勝山における降雨のイオン組成

3.3 地下水水質調査結果

市街地 24ヶ所と郊外 18ヶ所でサンプリングされた地下水の化学成分に大きな差は見られなかった。以下では 42 地点の平均値を用いて議論する。図-10 は調査開始から 10 月までの地下水の pH および EC の変化を示したものである。pH は 6.5～7.22 の範囲にあり大きな変動はなく平均値は 6.73 である。降水に比較して高い pH を示し、酸性化した降雨も現在のところ土中で中和されている。EC は pH に比べるとやや変動が大きく 114～159 $\mu\text{S}/\text{cm}$ で、夏に大きく春、秋に小さいように見える。平均値は 138 $\mu\text{S}/\text{cm}$ である。pH および EC の平均値はいずれも環境庁が選んだ名水 100 選の平均値 6.7, 138.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$ とほとんど同じであり、この点から見れば大野の地下水はまだ高い水質を保っているといえ、酸性雨の影響は顕著には現れていないと言える。

図-11 に地下水のイオン組成を示す。陰イオンは Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- の順であるが、その量は陽イオンのおよそ 1/4 と少ない。これは今回分析に用いたイオンクロマトグラフでは地下水中に多量に含まれていると考えられる炭酸成分が検出されていないからである。

陽イオンの主成分は Ca^{2+} と Mg^{2+} で全体のおよそ 80% を占めている。

図-12 に地下水のイオン組成の変動を示す。含有量の突出して大きい Ca^{2+} はサンプリングごとにやや大きな変

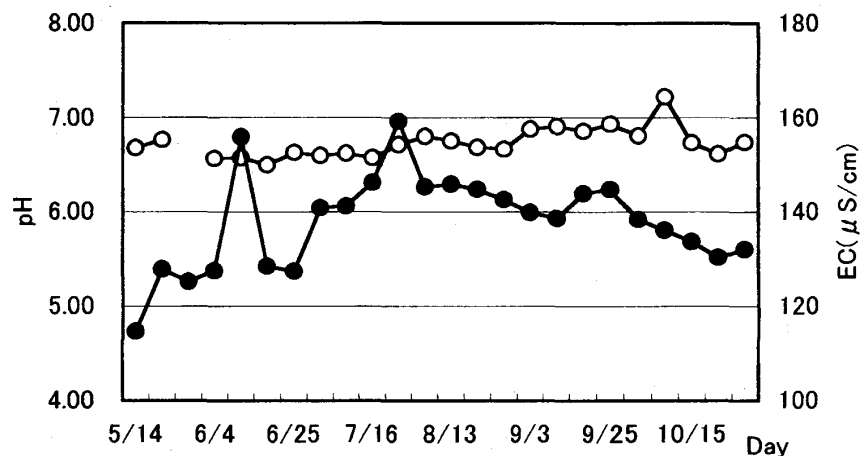


図-10 地下水の pH と EC の変動

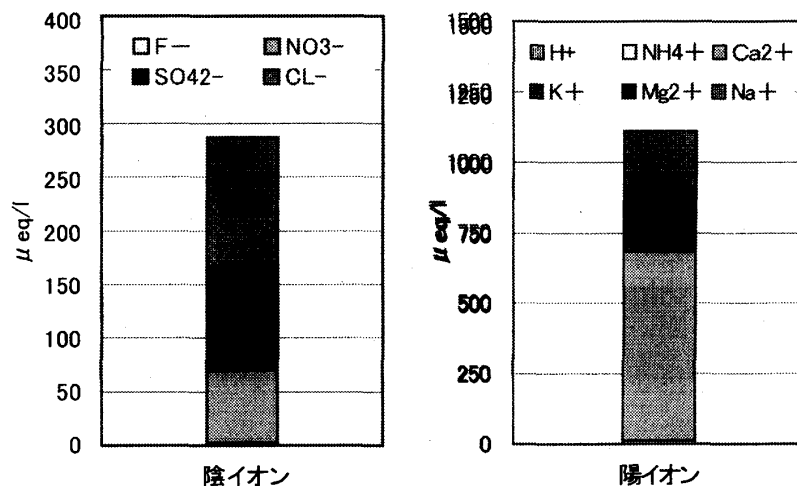


図-11 地下水のイオン組成

動を示すが、他のイオンは値の小さいこともあるがその変動は小さいことがわかる。また、イオン組成もほとんど変化しておらず、イオン量の変化が図-10 の pH の変動が小さいことおよび EC の変化に対応している。

4. 結 語

本研究では、気候変動や酸性雨といった地球規模の環境変動が近年の大野の地下水位の低下や水質変化にどのように影響しているかを調査・検討した。得られた結果を要約すれば以下のようなものである。

1) 福井県の降水量は 1950 年代の半ばから減少傾向にあり、大野、勝山の奥越ではこの 23 年間に年降水量でおよそ 450mm から 520mm 減少しており、このことが、地下水涵養量の低下につながり地下水位低下の一因となっていると考えられる。

2) 大野、勝山での降水の pH の平均は 5.51, 5.23 であり、酸性化して

おり、酸性化に寄与するイオン成分は nss-SO_4^{2-} である。

3) 地下水の水質は市街地と郊外でほとんど差がなく、また、顕著な季節変動もなく pH の平均値は 6.73 であり、全国の名水 100 選の平均値とほぼ同じであった。

降水の減少傾向はここ 50 年間の傾向であり、これがいわゆる温暖化の影響であるのかより長周期の気候変動の一環であるのかは不明である。いずれにせよ、地下水の利用にあたってはこの傾向を十分意識し、今後の降水量を注意深く見ていく必要がある。また、現在、降水が酸性化しているにもかかわらず地下水にその顕著な影響は表れていないが、酸性雨の原因となる大気汚染の原因は急速に取り除かれるとは考えられないので今後もモニタリングを続けていく必要がある。

最後に、データを提供して頂いた大野市生活環境化の各位および降水のサンプリングに協力して頂いた大野市浄化センター各位並びに現地調査に協力してくれた福井工業大学宇治橋研究室の学生諸氏に感謝いたします。また、本研究は平成 12 年度、13 年度福井工業大学特別研究費および北陸建設弘済会「北陸地方の活性化」に関する研究助成金の補助を受けて行なわれたものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

日本地下水学会編：地下水水質の基礎，理工図書，2000 年。

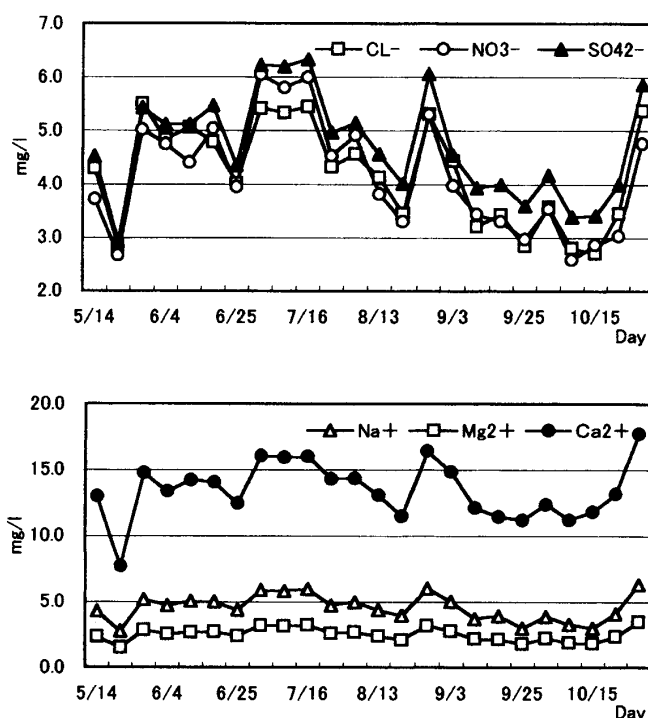


図-12 地下水のイオン組成の変化

(平成 13 年 12 月 6 日受理)