

(1) 酸性雨の地下水への影響

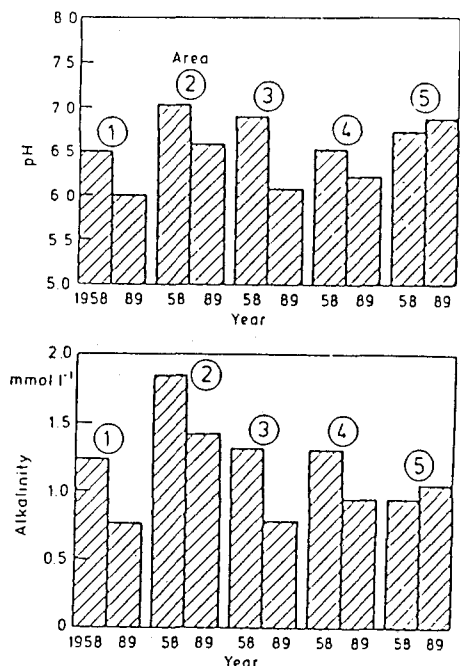
京都大学 井上 頼輝

1. はじめに

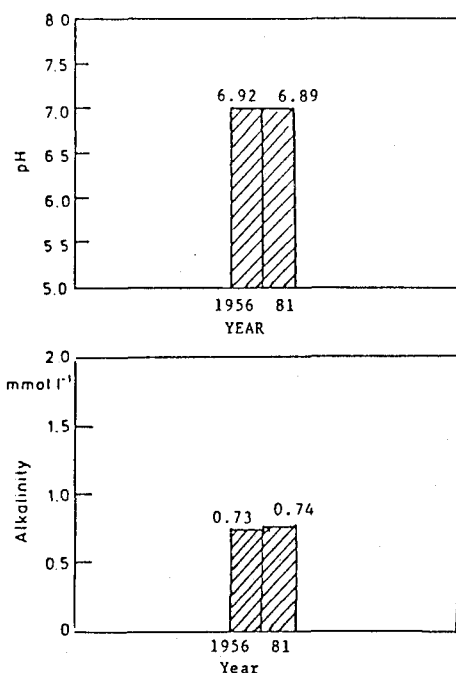
1990年8月、京都国際会議場で開かれた第15回国際水質汚濁会議において、フィンランドの Lankari 氏が発表した地下水酸性化に関する論文¹⁾の討議者に指名された。地下水の汚染を研究して来たが、酸性化まで起こるとは予想しなかったもので、この機会に種々調査し実験もしてみた。以下はその結果の要約である。

2. 地下水の酸性化

フィンランドでは、人口の20%にあたる35万戸、100万人が飲料水を地下水に頼っており、酸性雨による地下水の酸性化が心配されているので、5つの地区の井戸について行った1958～59年と1989年の水質調査結果を比較している。酸性雨全般について見ると、硫黄酸化物の降下量はフィンランドが0.4～1.8 g/m²/y の間に分布しているのに対し、わが国は玉置²⁾が1.2～4.6



(a) フィンランド 地区 ① ～ ⑤ の
1958年と1989年の水質



(b) 日本 全国 の
1956年と1981年の水質

図-1 地下水のpHとアルカリ度の比較

$\text{g}/\text{m}^2/\text{y}$ の間に分布すると報告しており、わが国のほうが少し高いようである。フィンランドの地下水は 図-1 (a) に示すようにこの30年間でpHもアルカリ度も有意に低下している。ことに KMnO_4 消費量が増加し、電導度の低下した井戸は表流水によって汚染があったものとして除外すると残りの井戸には顕著なpHの低下が見られる。

これに対して日本水道協会の水道統計³⁾で、地下水を利用している9つの小規模水道につきその水質の変化を調査してみると、pHとアルカリ度は図-1 (b) に見られるようにこの30年間で殆ど変化していない。

3. 京都の地下水が酸性化するに要する時間の推定

両国間のこのような差の原因を調べるために、簡単な実験を試みた。京都大学農学部グラウンドの土と京都市岩倉の土とを採取する。いずれもシルトである。交換容量は双方共に $0.2 \text{ eq/Kg of soil}$, pH は京都大学の土が7.1と中性を示したのに対し、岩倉土は4.8と酸性であった。カ

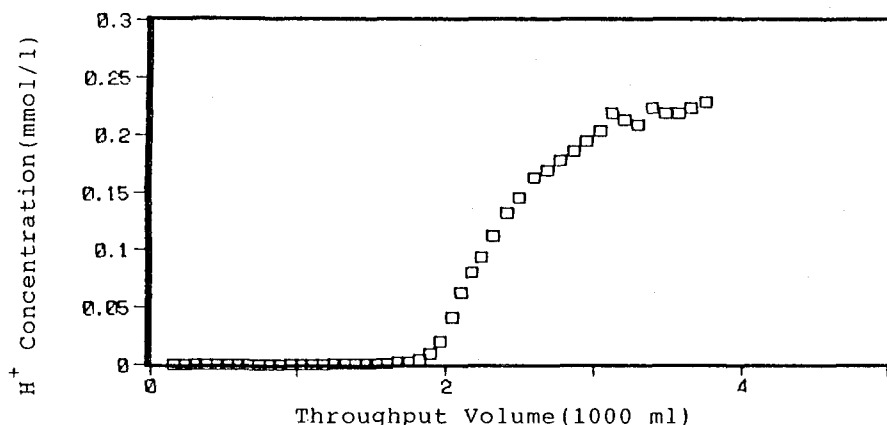


図-2 京都大学土の pH3.3 雨水に対する溶出曲線

ラムに15グラムの試料土を詰め、京都大学の屋上で集めた雨水を $\text{SO}_4^{--}:\text{NO}_3^-=1:1$ の酸で pH3.3 に調整して原水とし、流出水の pH とアルカリ度を調べた。京都大学の土の場合の溶出曲線を図-2にしめす。Ulrich⁴⁾は土の緩衝能として

	pH
Calcium carbonate buffer	6.2~8<
Silicate buffer	5.0~6.2
Cation exchange buffer	4.2~5.0
Aluminum buffer	2.8~4.2
Iron buffer	2.4~3.8

の5つを挙げているが、本実験の場合 主として Calcium carbonate buffer と Cation exchange buffer が起こっているのではないと思われる。この実験より 京都大学土は15グラムで2リッターの pH3.3 の雨水を中和する能力、即ち 0.0067 meq/g の緩衝能をもつ。現在京都の雨水の pH の平均は江坂・谷尾⁵⁾によると5.7、日本平均で玉置によると4.6²⁾であるが、かなり酸性の強い pH3 の雨が長くとして地下水が酸性化するに要する年月を

推定する。わが国の降雨量は年間約1800mmであるが、そのうち600mmは蒸発、800mmは表面流出、残りの400mmが地下に浸透する。酸性化するに要する年数は、地下水位より上の土が3m、土の bulk density が 1.5 g/cm^3 であるとして、

$$\frac{300 (\text{cm}^3) \times 1.5 (\text{g/cm}^3) \times 0.067 (\text{meq/g})}{40 (\text{ml/y}) \times 10^{-3} (\text{meq/ml})} = 754 \text{ years}$$

同様に岩倉のシルトは 0.097 meq/g の緩衝能を持っているので酸性化に1087年を要する。このように京都の地下水は安定で、よほど強い酸性雨が長期間にわたり降らない限り、酸性化されることは無いようである。フィンランドの地下水が酸性化の傾向を示すのは、同国の土壌が交換容量や緩衝能の低い氷河れきよりなるためと思われるが、論文に記載が無いので明らかではない。なお欧州ではすでに湖沼も酸性化を示し始めている。スウェーデン西岸における湖は1930、40年代のpH 平均7.2より1971年には平均5.3に低下している⁶⁾。これに対し琵琶湖、淀川および大阪府茨木市の井戸の水質の12ヶ月平均を表-1に比較すると有意の変化は見られず、河川や湖沼では富栄養化によると思われるpHの上昇さえ観測される。

表-1 地下水、河川水および湖水の水質の経年変化

地点	地下水		河川水		湖水	
	茨木		淀川柴島		琵琶湖三井寺沖	
年	1956	1981	1956	1986	1956	1986
pH	6.5	6.7	6.9	7.3	7.1	8.0
アルカリ度 (mmol/l)	0.52	0.65	0.29	0.35	0.23	0.29
Cl ⁻ (mg/l)	17.3	11.4	10.4	14.3	7.4	8.7
KMnO ₄ 消費量 (mg/l)	3.2	1.7	9.9	8.5	3.5	5.0

4) . 終わりに

フィンランドとわが国の酸性雨による地下水の酸性化を調査したが、京都の地層および地下水は安定で、酸性化するまでには時間的余裕があるように思われる。しかしアルカリ度の低下による水道鉄管腐食の問題や、Alの溶出による腎臓透析障害等が報告されているので、さらに研究を進める予定である。実験は堀内将人助手、4回生岸野宏君の助力によった。感謝の意を表する。

参考文献

- 1) . K.Korkka-Niemi, K and H.Lankari; Preliminary investigation on acidification of ground water in Finnish wells, Water Science and Technology vol.23 No.1 pp535-544(1990)
- 2) . 玉置 元則 「わが国の酸性雨問題の現状」 環境技術 17巻 696-703頁 (昭和63年)
- 3) . 水道統計 日本水道協会
- 4) . Ulrich, B. in B.Ulrich and J. Pankrath eds "Effects of Accumulation of Air Pollutants in Forest Environments", 127-146, Reidel (1983)
- 5) . 江坂・谷尾 「京都府における雨水調査」 環境技術 14巻 165-166頁 (昭和60年)
- 6) . 大喜多 三郎 「欧州における酸性雨問題の現状と動向」 公害と対策 23巻1号 15-21頁 (昭和62年)