

地下水の富栄養化に関する研究

山口大学工学部

○浮田正夫、関根雅彦、中西 弘

1. はじめに

硝酸性窒素の高濃度汚染や、有機塩素溶剤による地下水の汚染が世界的に問題になっている。地下水の水質保全是健全な環境の維持にとって、非常に重要な課題である。本研究では浅井戸を中心として、硝酸性窒素等の富栄養化成分による地下水汚染をとり上げ、以下のような目的で調査研究を行った成果について報告する。

1) 歴史的な状況や地形的な条件の似たタイのチェンマイ市と山口市の地下水汚染状況を比較し、人為的な条件による相違を明らかにする。

2) わが国における地下水汚染の状況を、土地利用と季節変化、あるいは深度による違いに着目して実態を把握する。

3) 降雨前後の地下水水質の変化から面源の栄養塩流出特性との関連を考察する。

2. 研究方法

調査対象地域は図1に示す通り、タイのチェンマイ市とわが国の山口市周辺である。両市は13C~14C頃から地方の中心都市として栄えたという歴史的な状況や地図に示されるように地形的な条件が似通っている。浅井戸については、現在でも使われている寺院の井戸を中心に選んだ。深井戸についてはチェンマイではホテルの井戸を中心に選んだが、山口市では水道の普及のため深度の大きい井戸は比較的少なく、深度の小さい寺院の掘り抜き井戸を中心に調べた。目的1については、山口市の寺院を中心とした1988年夏季のデータ(26箇所)と1986年2月および5月に行ったチェンマイ市のデータ(一部については1985年10、11月にも行う)を比較した。目的2に関しては、宇部山口周辺の土地利用別に各々2-3箇所の井戸につき、1988年7月から1989年6月の毎月1年間の調査、深度別については8箇所2回(1989年9、12月)の調査を行った。目的3に関しては1989年9月1日の200mm程度の大雨后、5日間農業地帯の井戸について調査を行った。

まず、現場において井戸の水位を測定し、次いで水温の測定を行いながら、蛇口より水をしばらく流した後、D0ビン、滅菌ビン、ポリビンにそれぞれ採水する。ただし、タイでは原則としてバケツを用いて採水した。金属イオンの測定用には採水直後に現場でGPC吸引ろ過を行い、予め6N塩酸25mlを入れたポリビンに250mlのろ液をとった。

分析項目は水温、D0、pH、Cl⁻、糞便性大腸菌群数、Kj-N、TP、NH₄-N、NO₂,3-N、PO₄-P、過マンガン酸が消費量、Fe、Mn、Ca等である。分析方法はN、Pについては著者らの方法、金属イオンについては加熱濃縮後原子吸光法、大腸菌については環境基準の測定法(BGLB、44.5℃)、その他は水道試験法によった。

3. 研究結果及び考察

(1) 山口、チェンマイ両地区の地下水水質の相違 表1に両地区の地下水水質の平均値を比較して示す。

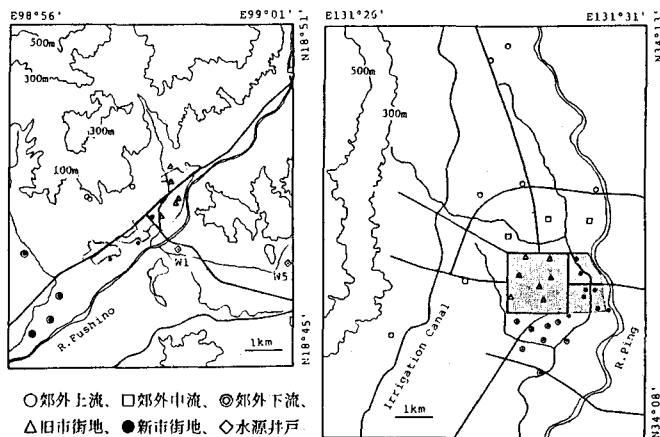


図1 地下水調査対象地域および対象井戸の位置

図2は地域別に主な水質項目の比較を示したものである。概して、チェンマイ地区の方が汚染度が大きく、浸透式簡易水洗便所の普及の関係でとくに旧市街部のPの濃度レベルが高い。また、NH₄-N、大腸菌群による汚染が認められ、DOレベルも低い。NO₃-Nについては顕著な差はないが、一部季節的に非常に高濃度の井戸が見られ、チェンマイ地区では最高49mg/l、宇部の畑作地域で42mg/lが検出されている。その後1987年に行われたチェンマイ大学の調査ではNO₂-Nの高濃度が数多く測定されており、確認が必要である。

表1 山口およびチェンマイの地下水水質平均値の比較

	井戸数	水温 (℃)	DO (mg/l)	pH	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₂ -N (mg/l)	TN (mg/l)	PO ₄ -P (mg/l)	TP (mg/l)	Cl- (mg/l)	Ca (mg/l)	Fe (mg/l)	E.coli (cells/ml)
山口市													
88.7-89.6 浅井戸	12回測定 n=5	17.4	7.3	6.52	0.00	3.71	4.20	0.19	0.19	14.2	14.2	0.04	0.26
深井戸	12回測定 n=3	16.9	5.2	6.46	0.01	2.87	2.88	0.16	0.16	14.3	17.3	0.15	0.01
チェンマイ市													
1986.2 浅井戸	n=34	26.2	0.9	6.95	1.40	1.49	3.05	1.45	1.70	27.2	54.1	0.36	1.2
深井戸	n=29	27.7	2.0	6.14	0.51	0.07	0.73	0.11	0.14	21.7	15.1	8.1	0
1986.5 浅井戸	n=34	28.1	2.1		0.74	4.43		1.79					45
深井戸	n=13	27.9	1.5		0.97	0.05		0.08					0

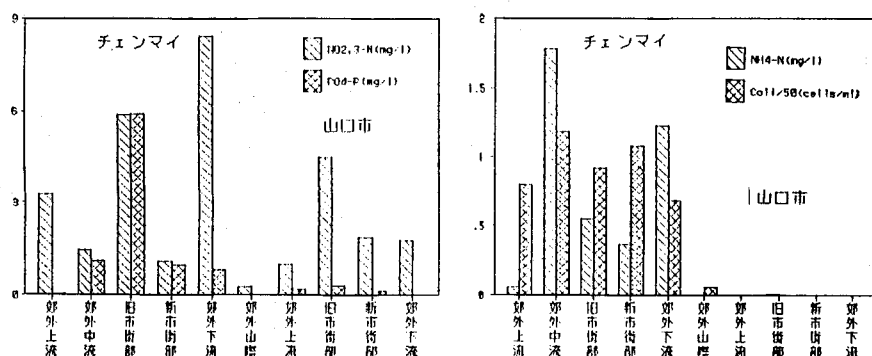


図2 チェンマイ市と山口市の浅井戸水質の地域別比較

(2) 土地利用と浅井戸水質の関係 山口宇部地区の山林地域(n=2)、畑作地域(n=2)、水田地域(n=3)、市街地(n=3)各々について、NO₂,3-N濃度の年平均値を見ると、0.33、11.5、2.8、4.1mg/lであり、TP濃度については同様に0.051、0.026、0.157、0.205mg/lである。

(3) 井戸の深度と水質の関係すでにチェンマイについては深度と水質の関係について、井戸が深くなるにつれて、NO₂,3-N、NH₄-N、PO₄-P濃度が減少することを示している。図3は同様の傾向を山口市の井戸について示したものである。NO₂,3-Nは浅い井戸ほど高い傾向があり、一方ケイ酸は深い井戸ほど高い傾向を示す。

(4) 浅井戸水質の季節変化及び水位変化との関係 図4にチェンマイ郊外下流部の井戸と山口市街部の井戸について、水質季節変化の一例を示した。Pの変動は、還元的な水田地域の井戸を除いて、一般に少なく、NO₂,3-Nの変動は大きく、単純ではない。農業地域の井戸においては施肥のパターンを

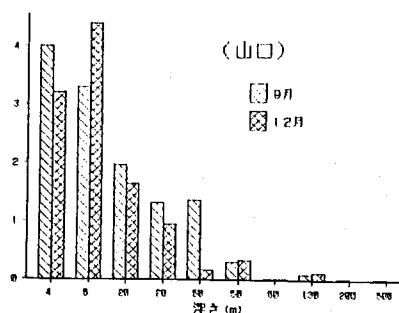


図3 井戸の深さによる硝酸性窒素濃度の違い

反映して、NO₂,3-Nの変動が見られるし、また晴天が続いたあとの降雨のあとには濃度が増加する傾向がある。その他に水位が上がれば希釈のために濃度が減少する傾向もしばしば認められる。図5は農業地域の水道原水井戸の水位とNO₂,3-N濃度の関係を示したものであるが、水位が大きい方がむしろ濃度が高い傾向が見られる。

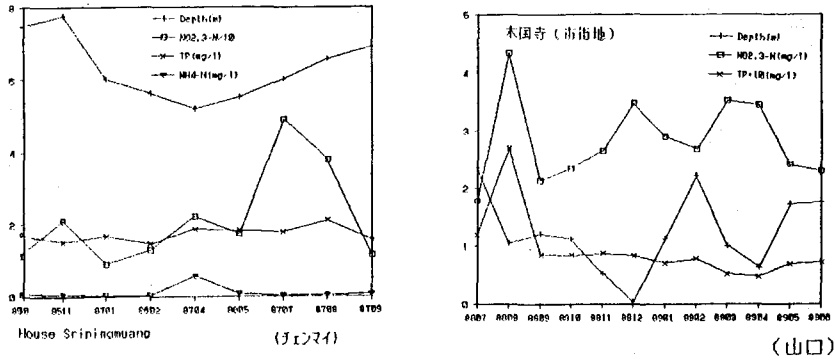


図4 浅井戸水質および水位（水深）の季節変化の一例

(5) 降雨と井戸水水質の関係 畑地と水田地域の浅井戸の水質を大雨の後に継続調査した結果を図6に示しているが、畑地では水位の上昇とともにNO₂,3-Nは増加し、P04-Pは減少する。一方、水田では逆に水位の上昇とともにNO₂,3-Nは減少し、P04-Pは増加する。供給源の近くでは水位の上昇につれ、濃度が増加、供給源から離れた場所や伏流水の近くでは水位の上昇とともに希釈される傾向があるといえる。

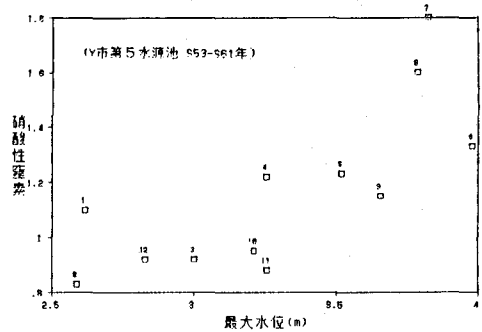


図5 浅井戸原水の水位と硝酸性窒素の関係

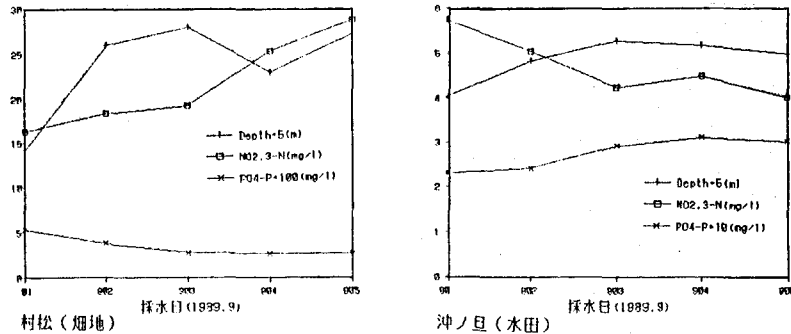


図6 大雨後の浅井戸水質および水位（水深）の変化

4. おわりに

これらのことから、チェンマイの地下水の汚染は浸透式簡易水洗トイレのために大きく、用排水システムの改善の検討が必要であること、山口市の地下水は良好でその保全利用が望ましいこと、井戸水のNO₂,3-Nは複雑な変動特性を有すること等が指摘される。今後の課題としてはNO₂-Nの高濃度の確認、降雨後の調査データの蓄積、シミュレーションモデルの検討などがある。おわりにチェンマイ大学環境工学科及び当研究室の関係者諸氏に感謝いたします。