

ゴルフ場周辺に位置する水道水源の水質

小林 浩 深澤喜延

Water Quality of Water Work Resources Located
around Golf Resort

Hiroshi KOBAYASHI and Yoshinobu FUKASAWA

近年、ゴルフ場で使用される農薬による水道水の汚染に、社会の高い関心がよせられている。平成2年と3年の2回にわたり、「ゴルフ場使用農薬に係わる水道水の安全対策について」の通知^{1,2)}(以下「厚生省通知」と略す)が厚生省生活衛生局水道環境部水道整備課よりされ、30成分について暫定水質基準値が設定された。

本県では営業中や計画段階中のものを含めて50あまりのゴルフ場があり、これらゴルフ場周辺に位置する水道水源への農薬汚染が危惧されている。

また、近年では農薬だけでなく施肥や人為活動による硝酸イオンや塩素イオンなどの汚染が指摘されるようになり、特に農村地帯に位置する水道水源が農業活動により、水質悪化をきたしているという報告³⁾がある。

今回我々は、平成元年度から平成4年度までの4年間にわたり、ゴルフ場周辺に位置する水道水源について農薬、総りん、総窒素、電気伝導度(以下「導電率」と略す)及びpHについて調査する機会を得たので報告する。

調査方法

1. 調査対象及び調査回数

調査対象とした水道水源を図1に示した。このうち、水源Oは平成3年度までの調査であり、水源Bは平成2年1月から調査地点に加えた。また、調査回数は農薬の使用量の多い6月及び9月頃の各1回と、使用量の少ない1月頃の1回の計年3回実施し、延べ180検体について試験を行なった。

2. 試料の採取

当研究所が用意したガラス製採水ビンに、管轄の保健所職員や水道事業体職員が浄水処理前の原水を採取し直

ちに搬入した。搬入された試料はその一部を採り、すみやかにpH値及び導電率を測定し、試験まで暗所に冷蔵保存した。

3. 試験方法

(1) 農薬

対象とした農薬を表1に示した。殺虫剤24種26成分、殺菌剤17種、除草剤17種の計58種60成分について分析を行なった。また、検出下限値はすべての農薬について0.001 mg/ℓとした。

前処理は厚生省通知で示された方法により抽出を行ない、ガスクロマトグラフと高速液体クロマトグラフにより試験を行なった。ガスクロマトグラフで農薬標準品と保持時間の近いピークを認めた場合はガスクロマトグラフ質量分析計により更に確認試験を行なった。農薬分析

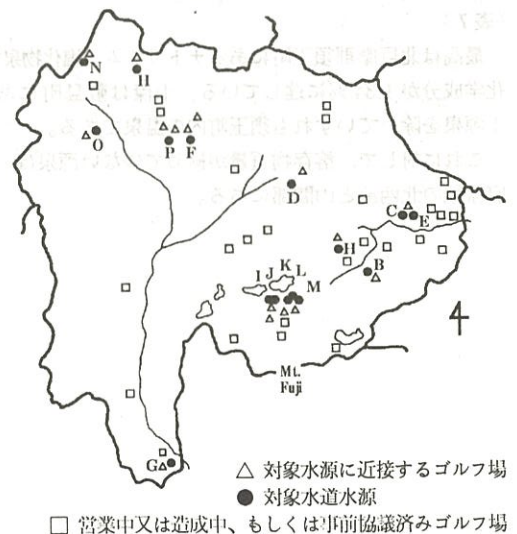


図1 調査対象とした水源地点

に使用した装置の概要を表2に示した。

なお試薬はすべて残留農薬試験用もしくは試薬特級を使用した。

(2) その他の項目

農薬分析に合せて行なった総りん、総窒素、pH値、導電率の測定は次の方法により行なった。また、平成元年9月期に行なった主要成分(陽イオン: Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ 陰イオン: Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, HCO₃⁻)は前報⁴⁾の方法により分析した。

総りん: 高圧分解法⁵⁾

総窒素: 紫外線吸光度法⁶⁾

導電率: 電極法

pH値: ガラス電極法

表2 農薬分析装置の概要

ガスクロマトグラフ: HP 5890 A 型 (ECD または NPD)
データ処理装置: HP 3396 A 型
オートインジェクター: 7673型
カラム: DB-1 または DB-5 (0.53 mm i.d. × 15 m)

高速液体クロマトグラフ: 島津 LC-6 A (UV 検出器)
カラム: ODS系

ガスクロマトグラフ質量分析計:
HP 5890 A および 日本電子 JMS-AX 505 W
カラム: DB-1 または DB-5 (0.23 mm i.d. × 30 m)

結果及び考察

1. 農薬について

殺虫剤 26 成分, 殺菌剤 17 成分, 除草剤 17 成分の計 60 成分について分析を実施したが, いずれも検出限界を下回っていた。基準値を設定した 30 種類の農薬につ

表1 分析対象農薬一覧

殺虫剤 (24種, 26成分)	殺菌剤 (17種)	除草剤 (17種)
* イソキサチオン	* イソプロチオラン	* アシュラム
* イソフェンホス	* イプロジオン	* シマジン(CAT)
* クロルピリホス	* オキシニ銅(有機銅)	* ナプロバミド
* ダイアジノン	* キャプタン	* ブタミホス
* トリクロロホン (DEP)	* クロロタロニル (TPN)	* プロピサミド
* フェニトロチオン (MEP)	* チウラム(チラム)	* ベンスリド (SAP)
* ビリダフェンチオン	* トルクロホスメチル	* ベンディメタリン
α-CVP	* フルトラニル	* テルブカルブ (MBPMC)
β-CVP	* エトリジアゾール (エクロメゾール)	* ベンフルラリン (ベスロジン)
CYAP(シアノホス)	* クロネブ	* メコプロップ (MCPP)
CYP(シアノフェンホス)	* ペンシクロン	* メチルダイムロン
DDVP	* メプロニル	CNP
EPN	EDDP(エジフェンホス)	DBN
MPP(フェンチオン)	PCNB	DCPA(プロバニル)
NAC	ダイホルタン	アトラジン
PAP(フェントエート)	トリアジメホン	ジュディロン
アセフェート	プロシミドン	ニトラリン
エチルチオメトン		
サリチオン		
パラチオン		
α-ベンゾエピン		
β-ベンゾエピン		
ホルモチオン		
マラチオン(マラソン)		
メチルジメトン		
メチルパラチオン		

注: * は厚生省通知により暫定水質基準値が設定された農薬。

いて, 厚生省が平成3年にまとめた結果²⁾では22,412検体中, 基準値未満ではあるが約1.5%に相当する331検体から農薬が検出されている。この結果を考慮しても県内のゴルフ場周辺の水道水源は, 現時点で問題となるような事態はほとんどないと推定される。

2. 総りん濃度について

水源種別総りん濃度の概要を図2に示し, また平均値及び変動係数を表3に示した。対象とした水道水源の全データの平均値は0.071 mg/lであった。深度50m以内の井戸を含む湧水, 表流水及び浅井戸の群(以下「浅井戸の群」と略す)と深度100mを超える深井戸の群との比較を行なった。前者の群は比較的低濃度で安定であり, 全体の平均値0.071 mg/lを超える検体はなかった。しかし, 後者の深井戸の群では水源によって濃度は非常に異なっていた。富士北麓に位置する水源(I~M)の平均は0.181 mg/lと全体平均より高い値を示した。このことはすでに堤ら⁹⁾により報告され, 地質的要因が示唆されている。山梨県が昭和45年にまとめた深井戸調査資料⁷⁾によると, この地域の地質は富士山の火山活動による火成岩が層をなしているとされる。火成岩には一般にりん化合物として, 難溶性のフッ素アパタイト Ca₅(PO₄)₃Fなどの形で0.1~0.5%程度含まれ⁸⁾, わずかづつ溶けだしているものと推定される。他方, 水源Nは八ヶ岳山麓に掘削され, 火成岩を基としている井戸であるにもかかわらず, 総りんの濃度平均は0.059 mg/lと低く, 高橋ら⁹⁾が小淵沢周辺の湧水について行なった結果(平均値0.085 mg/l (n=4))に近似した値であった。これは八ヶ岳の地下水は富士山の地下水に比較し地中を流下する速度が速いため, 難溶性の物質を溶かしだす前に湧出するものと推定される。

すべての検水について季節的な変動を検討したが明確な関係を導くことはできなかった。

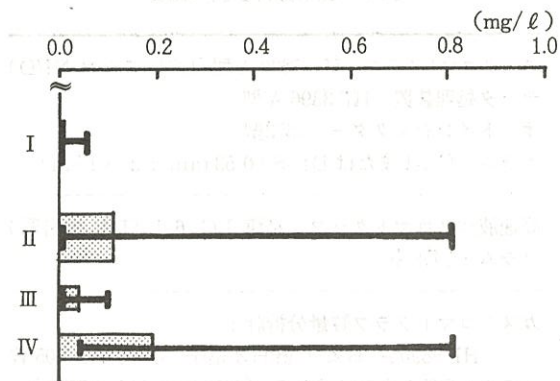


図2 水源種類別 T-P 濃度の概要

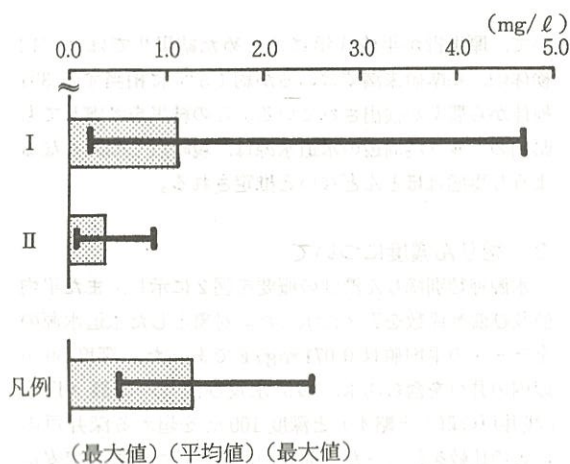


図3 水源種類別 T-N 濃度の概要

3. 総窒素濃度について

水源種類別総窒素濃度の概要を図3に示し、また平均値及び変動係数を表3に示した。全データの平均は0.74 mg/lであった。先の総りんと同様に浅井戸の群と深井戸の群とに分けて検討した。

先の総りんとは対照的に浅井戸の群で変化が大きく、深井戸の群で変化は小さかった。

川西ら³⁾は耕作地などに使用される窒素肥料が、地下水に影響を与えることを指摘している。また衛生試験法注解¹⁰⁾には水中の硝酸イオンが人為的汚染の指標になることが記載されている。湧水、表流水、浅井戸などはその付近に施肥が行なわれた場合、肥料成分が混入する可能性が十分考えられる。しかし、窒素肥料はゴルフ場だけでなく田畑でも使用されるため、これら検水の変化が一概にゴルフ場由来とは考えにくい。

水道法に基づく水質基準¹¹⁾ではNO₃、NO₂-Nの基準値が10 mg/l以下と定められている。今回得られたデータを硝酸イオンとして計算しても最高値が水源Hの4.7 mg/lであったことから、この物質による飲用不適となる可能性はないと考えられる。

季節的な変動を検討したが必ずしも春や夏に増加するとは限らなかった。

注

記号	群	水源数	データ数
I	浅井戸	8	90
II	深井戸	8	90
III	富士北麓を除く 深井戸 (N, O, P)	3	31
IV	富士北麓のみの 深井戸 (I~M)	5	59

表3 各水道水源の概要と総りん、総窒素濃度の平均値及び変動係数

水源記号	検水概要	井戸の深度 (m)	ゴルフ場からの 最短距離(km)	データ数	平均値 (CV%)	
					総りん(mg/l)	総窒素(mg/l)
A	ダム水	—	2.0	12	0.013 (94.6)	1.04 (29.4)
B	湧水	—	0.1	7	0.012 (29.9)	0.55 (24.7)
C	湧水	—	0.5	12	0.016 (28.0)	0.73 (16.2)
D	表流水	—	0.1	12	0.003 (69.0)	0.48 (34.9)
E	表流水	—	0.2	12	0.006 (23.7)	1.48 (30.7)
F	浅井戸	5	0.6	11	0.035 (32.4)	2.03 (51.3)
G	浅井戸	21	0.4	12	0.010 (65.1)	0.64 (24.8)
H	浅井戸	40	0.2	12	0.008 (29.4)	1.87 (51.2)
I	深井戸	120	0.6	11	0.146 (27.0)	0.44 (23.3)
J	深井戸	170	隣接	12	0.140 (15.4)	0.53 (21.2)
K	深井戸	170	0.3	12	0.191 (12.9)	0.35 (24.3)
L	深井戸	150	0.3	12	0.216 (25.0)	0.68 (25.0)
M	深井戸	130	0.1	12	0.212 (86.8)	0.39 (27.3)
N	深井戸	220	0.1	12	0.059 (31.8)	0.10 (94.0)
O	深井戸	230	0.1	8	0.005 (115.0)	0.40 (55.2)
P	深井戸	300	0.6	11	0.059 (23.6)	0.05 (96.4)

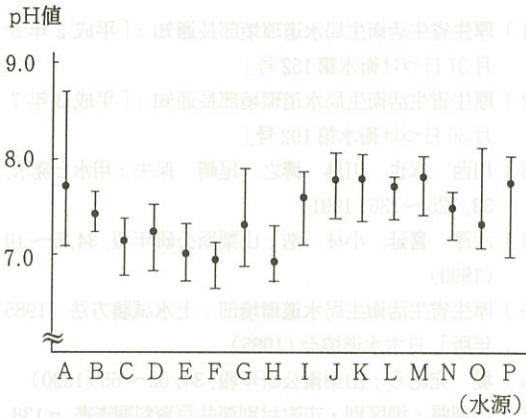


図4 pH値の最大、最小、平均値の概要

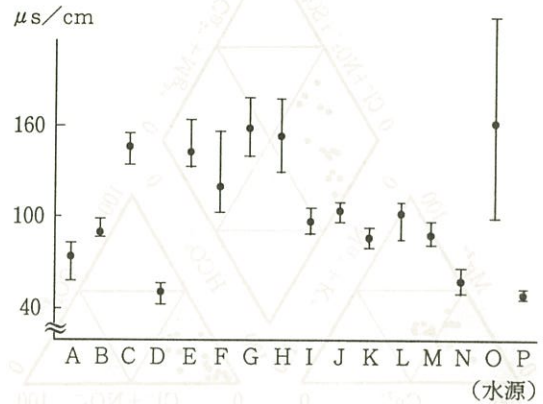


図5 導電率の最大、最小、平均値の概要

4. pH値及び導電率について

pH値及び導電率の概要を図4及び図5に、また変動係数を表4に示した。pH値が最も高い値を示したのは水源Aの9.69であり、最大値と最小値の差は2.5以上であった。この検水はダム水（貯留水）である。石橋¹²⁾は湖水中の藻類の炭酸同化作用などによりpH値が上昇することを指摘しているが、最大値を示した時期は初夏であり水温の上昇とともに藻類などの生育が活発になったためと推定される。

この他の検水ではおおむねpH値6.5～8.5の範囲にあり、pH値と他のデータに相関等を見出すことは出来なかった。

また水中の溶解性物質量を捕らえる最も簡単な方法⁹⁾である導電率についてみると、水源F及び水源Oで変動係数が10%を超えていたが他の検水では10%以内と安定していた。

5. 本検水の概要

先の4つの項目の4年間の測定値などから、今回調査（水源Bを除く）を行なった検水は極端な水質変化はないものと推定された。主要成分（陽イオン：Na⁺、K⁺、Mg²⁺、Ca²⁺ 陰イオン：Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻）について当量%値によるキーダイヤグラム及び三角座標を作成した（図6）。

三角座標でみると、陽イオンでは水源Gを除きほぼ1つの群になった。陰イオンでは2つの群に分れ、塩素イオン及び硝酸イオンの合計が20%前後の群と10%もしくはそれ以下の群とに分れた。20%を超える群はいずれも浅井戸群に含まれ、人為的汚染や自然界の物質循環、雨水等の様々な影響を受けやすいものと考えられる。

キーダイヤグラムからこれら検水はいずれも陽イオン

ではMg²⁺やCa²⁺を多く含み、陰イオンではHCO₃⁻を多く含むアルカリ土類炭酸塩型の水であった。

ま と め

今回の調査により次のことを知ることができた。

1. 県内のゴルフ場周辺に位置する水道水源は、調査した60成分の農薬についていずれも0.001 mg/l未満であった。
2. 総りんは富士山麓の水源（I～M）で高い値を示し、他の水源は低い値であることがわかった。
3. 総窒素は周囲の変化を受けやすい湧水、表流水、浅井戸などの井戸では変化が大きく、施肥などにより急激に増加する可能性が示唆され、継続した監視が必要である。

表4 導電率及びpH値の変動係数（%）

水源記号	導電率	pH値
A	8.9	9.5
B	4.4	1.8
C	4.2	2.2
D	7.3	3.0
E	5.5	2.1
F	15.2	3.7
G	9.1	3.9
H	8.7	2.3
I	6.0	2.7
J	3.4	2.6
K	4.6	2.2
L	6.0	1.5
M	4.2	2.7
N	8.5	1.9
O	25.4	4.9
P	1.5	3.6

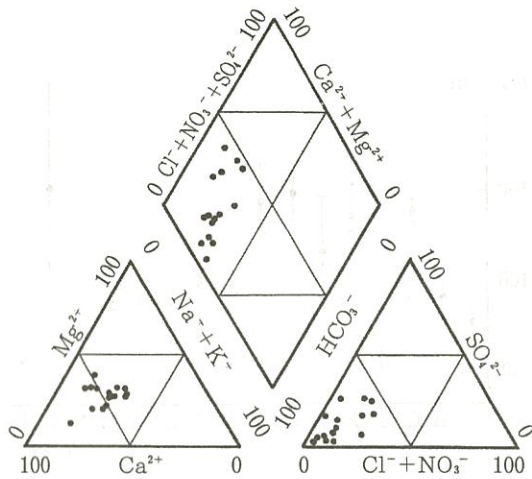


図6 当量%値による三角座標及びキーダイヤグラム

4. pH 値や導電率は変化も小さく、水質成分の濃度変化は小さいと考えられた。

謝 辞

採水を担当した保健所の職員及び各水道事業体の職員に感謝いたします。

- 1) 厚生省生活衛生局水道環境部長通知：「平成2年5月31日づけ衛水第152号」
- 2) 厚生省生活衛生局水道環境部長通知：「平成3年7月30日づけ衛水第192号」
- 3) 川西 啄也, 川島 博之, 尾崎 保夫：用水と廃水, 33, 725~736 (1991)
- 4) 深澤 喜延, 小林 浩：山梨衛公研年報, 34, 6~10 (1990)
- 5) 厚生省生活衛生局水道環境部：上水試験方法 [1985年版], 日本水道協会 (1985)
- 6) 堤 充紀ら：山梨衛公研年報, 34, 62~65 (1990)
- 7) 山梨県：地区別・市町村別深井戸資料調査書, p 138, 139, 151 (1970)
- 8) 農林水産省農業環境技術研究所：環境中の物質循環, p 91 (1987)
- 9) 高橋 照美ら：山梨衛公研年報, 31, 49~54, (1987)
- 10) 日本薬学会：衛生試験法・注解 1990 金原出版
- 11) 厚生省令第69号, 平成4年12月21日
- 12) 石橋 良信：水道協会誌, 57, (5), 9~15 (1988)