HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ゴルフ場による水系への影響について
Author(s)	丸谷, 薫
Description	第1回衛生工学シンポジウム（平成5年11月17日（水）-18日（木） 北海道大学学術交流会館） . 9 都市・水・室内等の環境 . 9-8
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 1, 369-373
Issue Date	1993-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7483
Type	departmental bulletin paper
File Information	1-9-8_p369-373.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

9 － 8

ゴルフ場による水系への影響について

丸谷　薫（北海道立地下資源調査所）

1．はじめに

1987年 6月に施行された「総合保養地域整備法」により開発規制が緩和され、ゴルフ場ブームがおこって以来、それらが周辺環境に与える影響が懸念されている。水系に限って考えても、土地の大規模な改変にともなう水文特性の変化や農薬や肥料などによる水質汚染が考えられる。本報告では、後者のテーマのうち農薬による影響について札幌近郊で行った調査を中心に述べる。

ゴルフ場からの農薬流出は、北海道では1989年11月に広島町の養魚場で養殖魚が大量死する事故が発生し、社会問題として大きく注目を浴びるようになった。そこで散布された農薬の水系における影響を把握するために、使用量の多い雪腐病防除の殺菌剤と、水に溶けやすい除草剤を対象に、ゴルフ場調整池およびゴルフ場周辺の地下水の調査を実施した。その結果（丸谷・石丸(1993)）を述べるとともに、地下水への影響調査に関する文献調査から得られた結果を合わせて整理した。

なお農薬名は、富澤ほか(1989)に従い、記載されていない農薬は片仮名で表記した。

2．調査地の概要

調査地は、恵庭市西方に位置する漁川沿いの火砕流台地および扇状地で、上流部の火砕流台地上に２カ所のゴルフ場が位置する。この地域に分布する地質は、山口・小原(1974)によると、下位から中・下部洪積層、支笏火山噴出物、恵庭火山および樽前火山噴出物、沖積層である。図１に地質断面概念図を示した。

中・下部洪積層は、未固結の容水地盤で、シルト、粘土、砂、礫などの互層からなる。支笏火山噴出物は、岩相上で下位のものから降下軽石層、流下軽石層、溶結凝灰岩、流下軽石層にわけられる。最下位の降下軽石層は厚さ２ｍ以内で、粗粒の軽石礫からなり、高い透水性をもった帯水層となっている。溶結凝灰岩はかなり硬質であるが、上部と下部は比較的軟らかい。上部には板状節理、下部には柱状節理が発達する傾向があり、水脈となっているが、こうした水脈は帯水層のように普遍的ではない。流下軽石層は、溶結凝灰岩をサンドイッチ状に挟んで上下２層に分かれる。どちらも無層理、多孔質で保水能は絶大だが、透水性はあまり高くない。恵庭火山および樽前火山噴出物（図１では省略）は、火砕流台地上に分布しており、現地調査によると、腐植土壌、ローム層および軽石からなる。この地域に分布する沖積層は、砂、礫などで構成される堆積物で、扇状地を形成している。

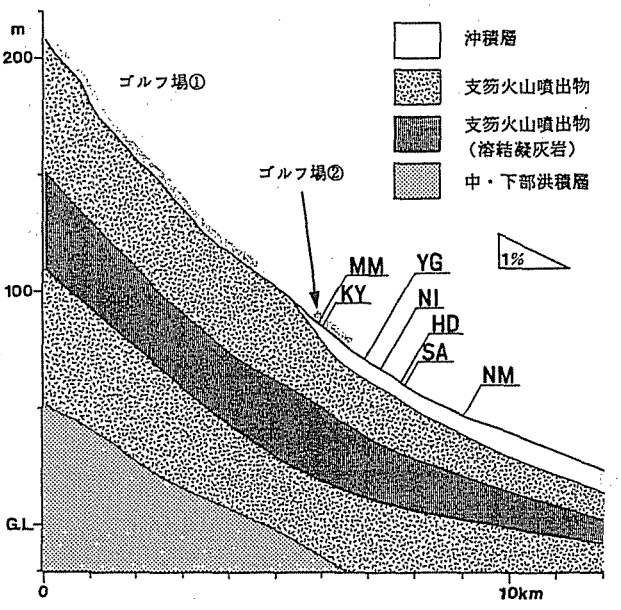


図１　地質断面概念図

表1　調査対象井戸の諸元

井戸名	MM	KY	YG	NI	HD	SA	NM
深度	266m	160m	80m	10.5m	3m	12m	43m
口径	250-200mm	125-50mm		125mm	約50mm*	50mm	100mm
採水対象層	洪積層	洪積層		沖積層	沖積層	沖積層	支笏（？）
採水深度	244-255m	115-135m	75m付近*	9m付近			3.6m以深*
静水位 6月	GL-16.240m	GL-2.840m	GL-4.497m	GL-1.103m	測定不能	測定不能	測定不能
静水位10月	GL-15.140m	GL-3.010m	GL-6.270m	GL-1.068m	測定不能	測定不能	測定不能

・「*」は聞き取りによる
「洪積層」は中・下部洪積層の略
・口径の「oo-oo mm」は、途中で口径が変更されている
・静水位の「測定不能」は、井戸の構造上の理由による

3．調査内容（農薬の分析は道立衛生研究所）

調査は、①農薬散布後の水系における殺菌剤の追跡調査と②周辺の地下水へ与える影響調査から成る。

①殺菌剤の追跡調査　　調査項目は、2つのゴルフ場の内、上流側のゴルフ場において、複数個ある調整池の一つ、およびゴルフ場最下流の排出口における雪腐病農薬の Oxin-Copper濃度、Tolclofos-methyl濃度、調整池流出口水位、河川水位である。調整池の水は、池の流出口で採水し、排出水とともに、持ち帰り分析した。

②地下水への影響調査　　表1に諸元を示したゴルフ場周辺に位置する既存の井戸から採水し、持ち帰り分析した。採水対象層は、中・下部洪積層と扇状地の沖積層に大別される。調査対象の農薬は、水に溶けやすく浸透性の高い除草剤（Mecoprop、Dicamba）と大量に使用される殺菌剤（Oxin-Copper、Tolclofos-methyl）とした。調査時期は、前者は夏季に散布されるので92年10月、後者は降雪前に散布されるので雪解け後の92年 6月とした。

4．調査結果

①殺菌剤の追跡調査　　92年11月～93年1月の調査結果を図2に示した。降水量は札幌管区気象台(1991、1992)の恵庭島松気象観測所のデータを用いた。91年11月～92年1月は、Oxin-Copper、Tolclofos-methylともに調整池、排出口のいずれからも検出されなかったが、92年はOxin-Copperが調整池から、Tolclofos-methylは調整池、排出口のいずれからも検出された。フェアウェイ全面に散布した（11月25日）後の流出の特徴として、流出水量の少ないときにはTolclofos-methyl濃度も低く、流出水量の多いときにはTolclofos-methyl濃度も高くなる傾向が見られるようである。

②地下水への影響調査　　分析の結果、いずれの調査時期においても、どの農薬も

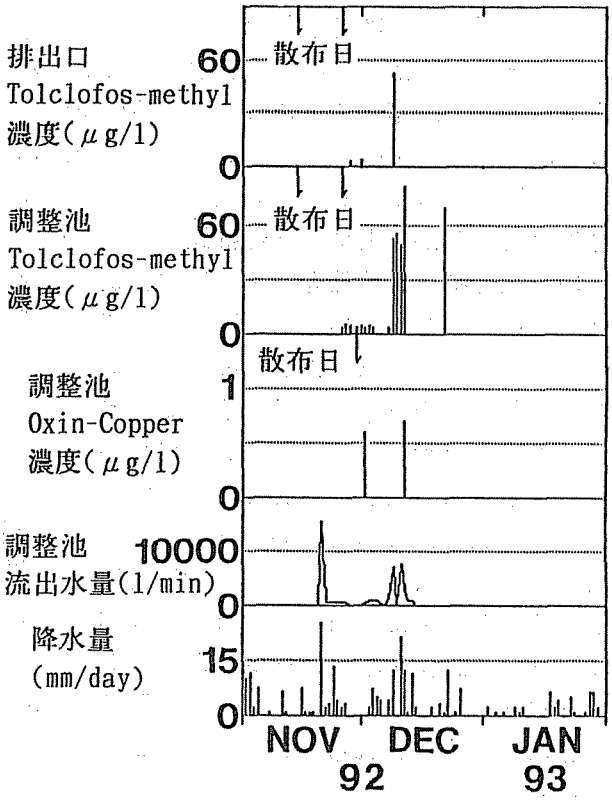


図2　殺菌剤の追跡調査結果

検出されなかった。

5．ゴルフ場農薬による地下水汚染事例

以上のように、本調査地では地下水から農薬が検出されなかったので、この結果と比較検討するために文献調査を行った。ゴルフ場農薬による水質汚染の調査報告は、ここ４～５年の間に数多く公表されているが、その多くは調整池や排出水を対象としており、地下水を対象にした調査は最近（ここ１～２年）報告され始めているにすぎない。

飯塚ほか(1991)、(1992)は1990年 7月～10月および1991年 3月～12月に不透水性基盤岩類上に第四紀更新世中期の火山岩類が分布する地域で調査を実施した。ゴルフ場周辺（ゴルフ場より100～2500m）の地下水（深度4.8m）・湧水への影響について主な結果を要約すると以下のようであった。

①Chloronebは90年にはいつも検出されていたが91年には検出されなかった。

②Diazinon、Pyridaphenthion、Pencycuron、Mepronil は散発的に検出され、低濃度であった（91年の調査）。

③Napropamid、Simetryn、Terbucarb は低濃度だが全期間を通して排水、湧水、地下水から検出された（91年の調査）。

④Flutolanilは排水と湧水から検出され、比較的高濃度で検出されることがあった（90、91年の調査）。

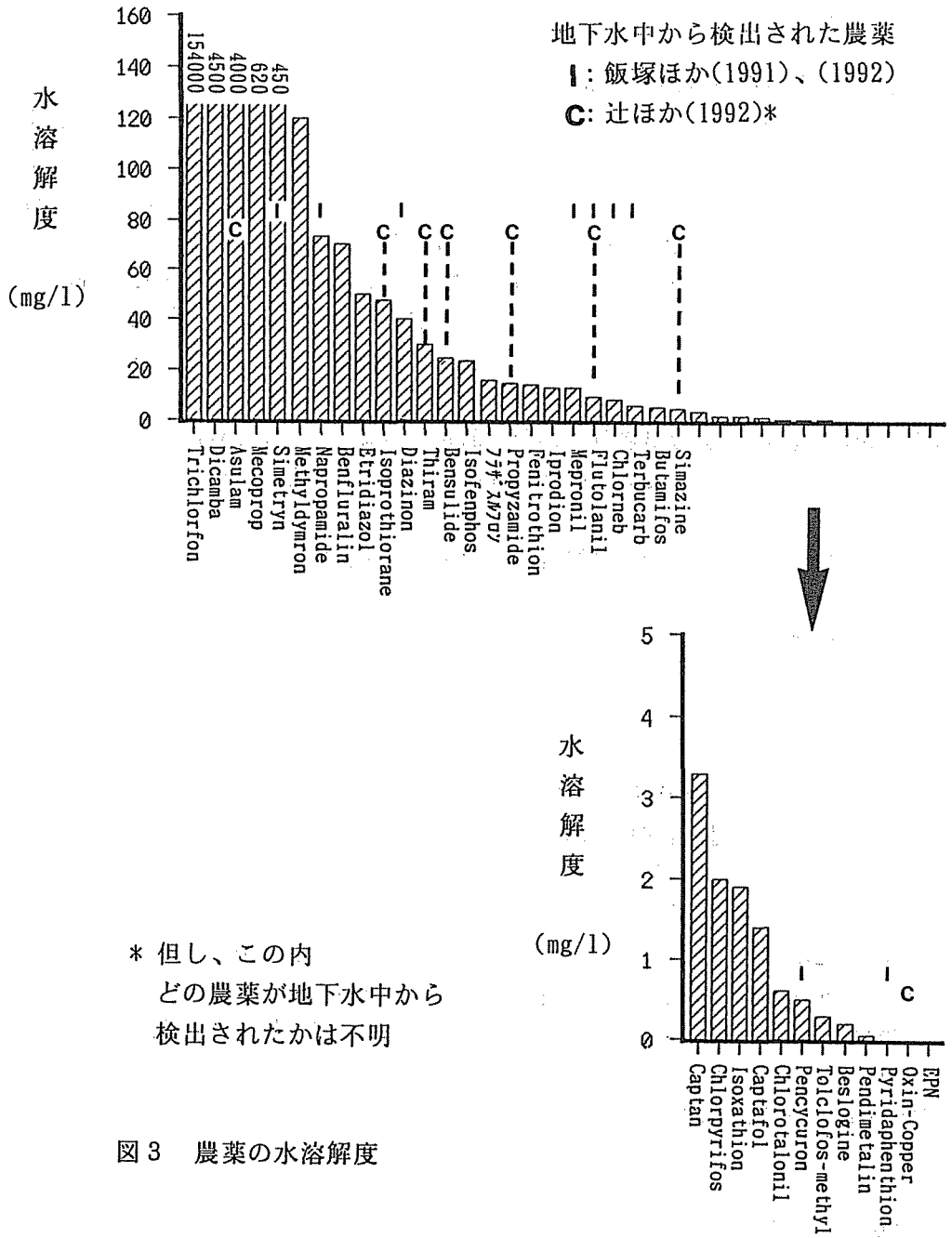
吉柳ほか(1992)は1990年 7月～10月、1991年 8月～12月に福岡県内の丘陵に位置するゴルフ場で、調整池および場内の観測井（深度40m）と水源井（深度75m）の調査を実施した。調査の結果、対象農薬のDiazinon、フラザスルフロンは地下水から全く検出されなかった。

辻ほか(1992)は1990年10月～1991年 8月に兵庫県内のゴルフ場についてゴルフ場農薬の水道水源（表流水、地下水）への影響を調査した。全調査対象水源のうち、地下水は（深井戸 3箇所、浅井戸・伏流水17箇所）20箇所、湧水は 1箇所であった。対象農薬は、平成 2年 5月に厚生省が水道水の暫定水質目標値を設定した21項目およびＥＰＮ、Captafol、Beslogine の24項目で、このうちIsoprothiolane、Oxin-Copper、Thiram、Flutolanil、Asulam、Simazine、 Propyzamide、Bensulideの 8種が検出された。地下水からの検出（検出された農薬の種類は明示されていない）は、ゴルフ場からの距離が 2km以内に位置する浅井戸・伏流水の 4箇所で、深井戸と湧水からは検出されなかった。

6．考察

図２で流出水量の変動を見ると、11月中旬以降の池流出口水位は降雨とほぼ調和的な変動を示すが、それ以前は降雨と調和的な変動を示さない。その理由は、きわめて透水性が高いという水理地質的特徴に起因すると考えられる。また両農薬の流出の特徴は、丸谷・石丸(1992)で「両農薬とも、降雨後に流出する。」と報告されている。したがって91年に検出されなかった農薬が92年に検出された理由は次のように考えられる。 Oxin-Copperの検出は、91年は農薬の散布日が特定できなかったので明言できないが、おそらく92年の方が散布してからまもなく雨が降るという条件であったためと推測できる。一方Tolclofos-methylは、昨年よりも農薬使用量が約３倍（農薬原体として昨年42kg、今年131 kg）に増加したためと考えられる。

次に地下水への影響を検討するために、前出の農薬36種の水溶解度を図３に示し、地下水から検出された農薬には、報告された文献の記号を付した。また水溶解度は、富澤ほか(1989)および化学工業日報社(1992)によった。この結果、検出された農薬は水溶解度の高い種類に偏ら



＊但し、この内
どの農薬が地下水中から
検出されたかは不明

図３　農薬の水溶解度

ないことが明かとなった。水溶解度の高い農薬は、溶液として地下へ浸透していくと解釈できるが、溶解度の低い農薬は、水に溶解することなく輸送される機構も検討する必要がある。そこで溶解度を比較するための基準として試みに、環境庁の暫定指導指針値を用いることにし、表２にその値と水溶解度を示した。すると、水溶解度 5mg/l以上の農薬には「水溶解度は指針値より大きい」の関係があり、比の値が最も小さいIprodionで 4.3倍であった。一方、水溶解度 1mg/l以下の農薬には「水溶解度は指針値より小さいか、同じくらい」の関係があり、最も比の大きいChlo- rotalonilで1.5倍であった。これらの農薬は、飽和溶解した時にやっと指針値に近い値に達するのみならず、全く水に溶解しない種類も含んでいる。したがって、指針値が検出される可能性のある値であるとすれば、懸濁態での輸送などを重視する必要がある。

次に、文献調査では調査地の水理地質が明かでないものを含むが、農薬が検出され得る水理

地質条件を概略的に次のように整理した。

①浸透性の高い地域で検出されやすい。

②浅井戸・伏流水など、浅い地下水から検出されやすい。

③地下に浸透した場合、農薬が検出され得る流下距離は数km程度と推定される。

①は溶存態、懸濁態いずれにしても、農薬を地下へ輸送する主な媒体が水であることから、水の移動しやすい浸透性の高い場所ほど検出されやすいと解釈できる。また、②と③は垂直方向では深部ほど、水平方向では流下距離が長いほど移動に時間を要し、生物分解、吸着などの影響を受けやすいためと解釈できる。ただし、流下距離は、より多くの調査事例を基にしなければ具体的なことは言えず、数kmというのは現状での目安と考えるべきである。

表2　農薬の指針値と水溶解度

農薬名	指針値 (mg/l)	水溶解度 (mg/l)	水溶解度 ÷指針値
EPN	----	不溶	0
Oxin-Copper	0.4	不溶	0
Pyridaphenthion	0.02	微溶	≒0
Pendimetalin	0.5	0.05	0.1
Beslogine	----	0.2-0.5	----
Tolclofos-methyl	0.8	0.3-0.4	0.375-0.5
Pencycuron	0.4	0.5	1.25
Chlorotalonil	0.4	0.6	1.5
Captafol	----	1.4	----
Isoxathion	0.08	1.9	13.75
Chlorpyrifos	0.04	2	50
Captan	3	3.3	1.1
Simazine	0.03	5	166.7
Butamifos	0.04	5.1	127.5
Terbucarb	0.2	6-7	30-35
Chlorneb	0.5	8	16
Flutolanil	2	9.6	4.8
Mepronil	1	12.7	12.7
Iprodion	3	13	4.3
Fenitrothion	0.1	14	140
Propyzamide	0.08	15	187.5
ﾌﾗｻﾞｽﾙﾌﾛﾝ	----	16.1	----
Isofenphos	0.01	23.8	2380
Bensulide	1	25	25
Thiram	0.06	30	500
Diazinon	0.05	40	800
Isoprothiorane	0.4	48	120
Etridiazol	0.04	50	1250
Benfluralin	0.8	70	87.5
Napropamide	0.3	73	243.3
Methyldymron	0.3	120	400
Simetryn	----	450	----
Mecoprop	0.05	620	12400
Asulam	2	4000	2000
Dicamba	----	4500	----
Trichlorfon	0.3	154000	513333

引用文献

飯塚宏栄・中野啓二・小林滋・満島裕直・本田誠・藤縄克之(1991)：「農薬の山地地下水への影響について」、地下水汚染とその防止対策に関する研究集会第1回講演集、122-125.

飯塚宏栄・藤縄克之・中野啓二・小林滋(1992)：「農薬の山地地下水への影響」、日本地下水学会1992年度春季講演会講演要旨、73-76.

化学工業日報社(1992)：ゴルフ場管理と農薬の手引、302,326-327.

丸谷薫・石丸聡(1992)：「ゴルフ場からの農薬流出特性－水理地質の相違から－」、土木学会第47回年次学術講演会講演概要集第2部、494-495.

丸谷薫・石丸聡(1993)：「ゴルフ場農薬による地下水汚染の可能性について－北海道における雪腐病農薬を中心に－」、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集第2部、1124-1125.

札幌管区気象台(1991、1992)：北海道気象月報　平成 3年11月～平成 4年 1月.

富澤長次郎・上路雅子・腰岡政二(1989)：1989年版最新農薬データブック、396P.

辻英高・逸見希子・市橋啓子・簗谷尚嗣(1992)：「ゴルフ場使用農薬に係る水道原水の水質調査」、用水と廃水、第34巻、第12号、32-35.

山口久之助・小原常弘(1974)：支笏周辺地下水源調査報告，39P.

吉柳隆行・東房建・白石直典(1992)：「ゴルフ場における農薬の流出率」、地下水汚染とその防止対策に関する研究集会第2回講演集、72-79.