II－14

# 積雪中から検出された雪腐病防除用殺菌剤の挙動

北海道立地下資源調査所　正員　丸谷　薫
遠藤祐司　黒沢邦彦　石丸　聡
北海道立衛生研究所　小川　広　桂　英二　小島弘幸

## 1．はじめに

1990年から筆者らは札幌近郊において，ゴルフ場で散布した農薬の流出や地下水への影響などを調査してきた．その結果，排出水の基準値以下で農薬が流出するものの，現在まで地下水への影響は見られなかった．

そこで，実際のゴルフ場においてグリーンに散布された農薬がどの程度浸透しているのか，また残留しているのか，これらの状況を把握する目的で調査を開始したところ，グリーン上の積雪中からも殺菌剤が検出されるという興味深い結果を得たので報告する．なお，土壌への浸透・残留に関しては，今後の調査結果と合わせて後日報告する予定である．

## 2．調査内容

調査を行った練習グリーンは，札幌から南東へ約25kmの火砕流台地に位置するゴルフ場に造成されている．地質は，恵庭火山および樽前火山噴出物が分布し，腐植土壌，ローム層および軽石からなる．練習グリーンの構造は，地表から 2～ 3cmが砂，50～60cmまでが火山灰質砂，それ以深は元の地盤である．

この練習グリーンにおいて，殺菌剤のトルクロホスメチル（水溶解度：0.3～0.4mg/l）およびオキシン銅（水溶解度：水に不溶）の散布後，積雪を上部から順に層別に採取し，溶解後分析した．農薬の散布はそれぞれ，トルクロホスメチルが1994年の11月26日（製剤として 1.2g/m²），オキシン銅が12月 7日（製剤として 2.8g/m²）に，ゴルフ場の協力により行われた．農薬の分析結果は，積雪を溶解した状態で検出限界をトルクロホスメチルが 0.1μg/l，オキシン銅が 0.2μg/lとして整理した．なお，農薬の水溶解度は，富澤ほか[1]に従った．

積雪の採取は，一度採取した箇所ではそれ以後の調査で再度採取しないように，位置を移動しながら積雪が消失するまで継続した．積雪は Fig.1に示すように積雪の垂直断面を出し，上から順に厚さ数cmのブロック状に採取し，上から第 1層とした．また同時に断面観測を行い，雪質を調査した．

## 3．調査結果

調査は，1994年12月13日から1995年 3月23日までの間に合計 7回行った．この間の積雪の深さ及び雪質の変化を Fig.2に，採取した各層ごとの雪密度の変化を Tab.1に示した．採取した各層の高さは，それぞれの

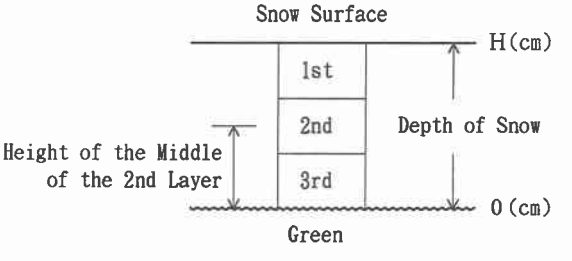


Fig.1　Method of snow sampling is showed by closs section. Depth of snow is defined as H(cm).

図1　積雪の採取法（断面図）

Behavior of Fungicide for Prevention of Snow Molds Detected in Snow
by Kaoru MARUTANI, Yuuji ENDOU, Kunihiko KUROSAWA, Satoshi ISHIMARU, Hiroshi OGAWA, Eiji KATSURA, and Hiroyuki KOJIMA

層の中心の高さ（基準面は地表面）で表現した．なお，雪質の調査には技術的に未熟な点があり，主に雪の粒の大きさに着目して分類した．したがって「しもざらめ」などの表現は行わなかった．

積雪の深さは1994年12月13日の 2.5cmから観測され始め，1995年 2月から 3月初旬にかけて40cm以上を記録した． 3月 9日の最大値56cmから，それ以後急激に減少し， 4月初旬には消失した．雪密度の全層平均値は，12月には約0.1g/cm³と小さく， 1～ 3月前半には，雪質のざらめ化，氷板の形成などにより約0.3g/cm³となった． 3月後半には大部分の雪質が粗粒なざらめとなり，23日に最大の 0.36g/cm³となった．

次に各農薬の検出量の変化を Fig.3に示した．農薬の検出量は，どちらの農薬とも調査時ごとに不規則に大きく変化した．散布は単位面積当たりの散布量が一様となるように行われたが，散布むら，及びグリーン表面のわずかな起伏の影響を受け，積雪採取箇所により大きく変化したものと考えられる．したがって，各農薬の積雪中における垂直分布は，各調査ごとの全検出量に対する存在割合で表現した．

Fig.4と5に，各調査時における，対象農薬の垂直分布を全検出量に対する存在割合で示した．どちらの農薬とも，地表付近の存在割合が非常に大きく，上方へいくに従って存在割合は小さくなった．トルクロホスメチルは徐々に上方へ移動し， 3月 9日には16cmまで上昇した．その後， 3月23日にも11cmの高さから検出

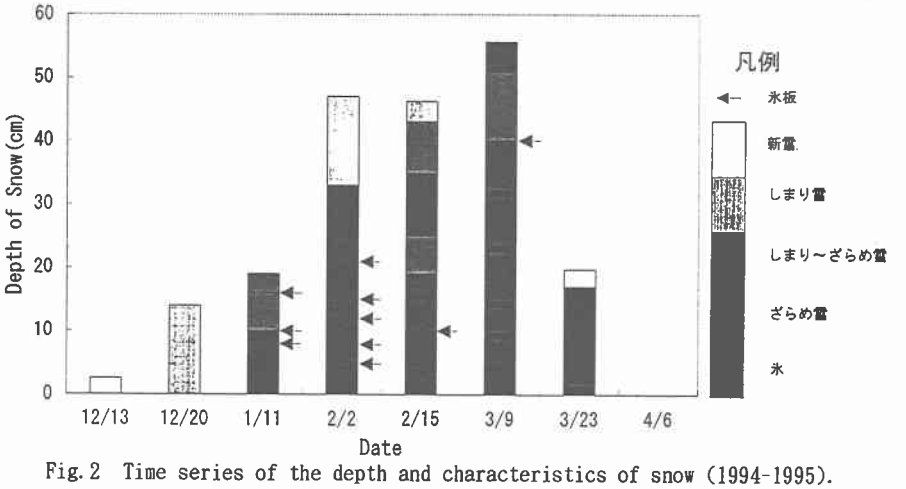


Fig.2 Time series of the depth and characteristics of snow (1994-1995).

図２　積雪の深さおよび雪質の変化（1994-1995）

表１　雪密度の変化
Tab.1 Valiation of snow density

| layer | 13 Dec 94 interval (cm) | 13 Dec 94 height* (cm) | 13 Dec 94 density (g/cm³) | 20 Dec 94 interval (cm) | 20 Dec 94 height* (cm) | 20 Dec 94 density (g/cm³) | 11 Jan 95 interval (cm) | 11 Jan 95 height* (cm) | 11 Jan 95 density (g/cm³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1st | 0.0-2.5 | 1.3 | 0.11 | 7.0-14.0 | 10.5 | 0.10 | 10.0-19.0 | 14.5 | 0.30 |
| 2nd | | | | 0.0- 7.0 | 3.5 | 0.16 | 4.0-10.0 | 7.0 | 0.38 |
| 3rd | | | | | | | 0.0- 4.0 | 2.0 | 0.28 |
| mean | | | 0.11 | | | 0.13 | | | 0.31 |

* height of the middle of the layer

| layer | 2 Feb 95 interval (cm) | 2 Feb 95 height* (cm) | 2 Feb 95 density (g/cm³) | 15 Feb 95 interval (cm) | 15 Feb 95 height* (cm) | 15 Feb 95 density (g/cm³) | 9 Mar 95 interval (cm) | 9 Mar 95 height* (cm) | 9 Mar 95 density (g/cm³) | 23 Mar 95 interval (cm) | 23 Mar 95 height* (cm) | 23 Mar 95 density (g/cm³) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1st | 36.0-47.0 | 41.5 | 0.13 | 35.3-46.3 | 40.8 | 0.19 | 45.3-55.8 | 50.6 | 0.36 | 14.4-19.8 | 17.1 | 0.24 |
| 2nd | 25.8-36.0 | 30.9 | 0.30 | 27.3-35.3 | 31.3 | 0.33 | 35.5-45.3 | 40.4 | 0.30 | 8.4-14.4 | 11.4 | 0.40 |
| 3rd | 19.4-25.8 | 22.6 | 0.26 | 18.0-27.3 | 22.7 | 0.32 | 27.5-35.5 | 31.5 | 0.30 | 4.0- 8.4 | 6.2 | 0.45 |
| 4th | 13.5-19.4 | 16.4 | 0.30 | 8.8-18.0 | 13.4 | 0.26? | 20.4-27.5 | 24.0 | 0.36 | 0.0- 4.0 | 2.0 | 0.36 |
| 5th | 9.5-13.5 | 11.5 | 0.36 | 5.0- 8.8 | 6.9 | 0.61? | 11.0-20.4 | 15.7 | 0.25 | | | |
| 6th | 3.8- 9.5 | 6.7 | 0.37 | 0.0- 5.0 | 2.5 | 0.39 | 4.3-11.0 | 7.7 | 0.35 | | | |
| 7th | 0.0- 3.8 | 1.9 | 0.38 | | | | 0.0- 4.3 | 2.2 | 0.35 | | | |
| mean | | | 0.28 | | | 0.31 | | | 0.32 | | | 0.36 |

された．一方オキシン銅は 3月23日を除き，99%以上が最下層（中心高さ 2～ 3cm）から検出された． 3月23日には中心高さ 6cmの層から6.2%が検出され，最下層（中心高さ 2cm）の存在割合は93.4%に減少した．その後の経過は，次の調査を行った 4月 6日には積雪が無くなってしまったため，把握できなかった．

4．考察

経時的な変化を見ると，両農薬とも 3月に入ると上方への移動が顕著であった．また，両農薬を比較すると，トルクロホスメチルの方が上方へ移動しやすい傾向があり，この現象は積雪中の水分移動により生じている可能性がある．地熱による融雪と水分の移動機構は，次のように経時的に変化すると考えられる．①厳冬期で地表付近の雪の温度が 0℃以下であれば，地熱は雪の温度上昇にもちいられる．②地表付近の雪の温度が 0℃以上になれば，地表付近では地熱により融雪が生じ，毛管現象により水分が上方へ移動する．③気温の高い日もしくは融雪期に入ると，積雪表面付近で融雪が生じ，下方へ水分が移動する．

これらのことからトルクロホスメチルは，融雪期前までは地温融雪による融雪水の毛管現象により上方へ移動し，融雪期には積雪表面付近の融雪水により徐々に下方へ移動したと解釈できる．一方オキシン銅も同様の現象により移動したが水に不溶なため，変化の程度が小さかったと考えられる．しかし，オキシン銅は微粒子の形態であるため，異なる挙動を示した可能性もある．

本調査結果より，地表に散布されたトルクロホスメチルは積雪中に拡散し，融雪時に流出していると考えられる．この時の流出経路は，融雪期に下方へ移動し，地表から浸透，または斜面を流下する場合のほかに，積雪内を流下して河道もしくは排水施設に到達する場合も考えられる．これらの現象は，経時的な雪質の変化や，融雪が流域内で不均一に生じることに支配される．したがって同様に，積雪内へ移動したトルクロホスメチルが融雪流出に与える影響も，それらに支配されると考えられる．

一方オキシン銅は，大部分が最下層から検出されたことから，主に地表へ到達すると考えられる．本農薬は，芝草表面に散布した表面流出実験においても土壌に吸着されやすく，流出しにくい[2]ので，融雪時にも土壌に吸着され，流出しにくいと考えられる．

5．おわりに

今回の調査結果を要約すると，以下のようである．

①経時的には，両農薬とも 3月に上方への移動が顕著であり，トルクロホスメチルの方が移動しやすい．

②トルクロホスメチルは，融雪期前までは地温融雪による融雪水の毛管現象により上方へ移動し，融雪期には積雪表面付近の融雪水により徐々に下方へ移動したと解釈できる．

③水溶解度の大きい農薬は積雪への移動現象を介し，融雪流出により広く水系へ拡散する可能性がある．

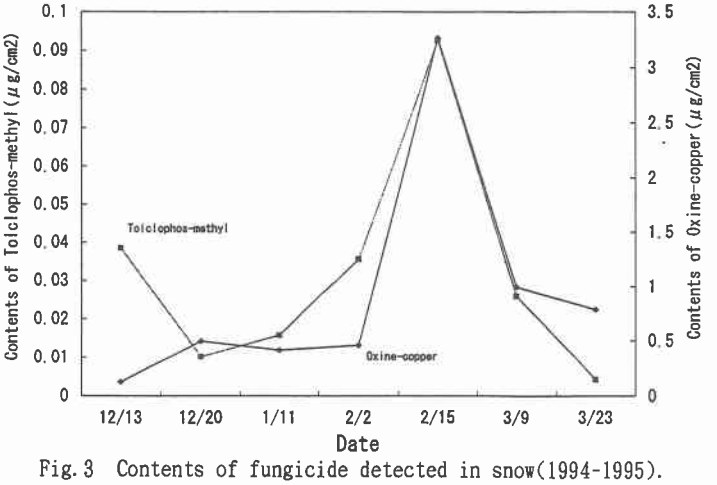


Fig.3 Contents of fungicide detected in snow(1994-1995).

図３　積雪層内から検出された殺菌剤量（1994-1995）

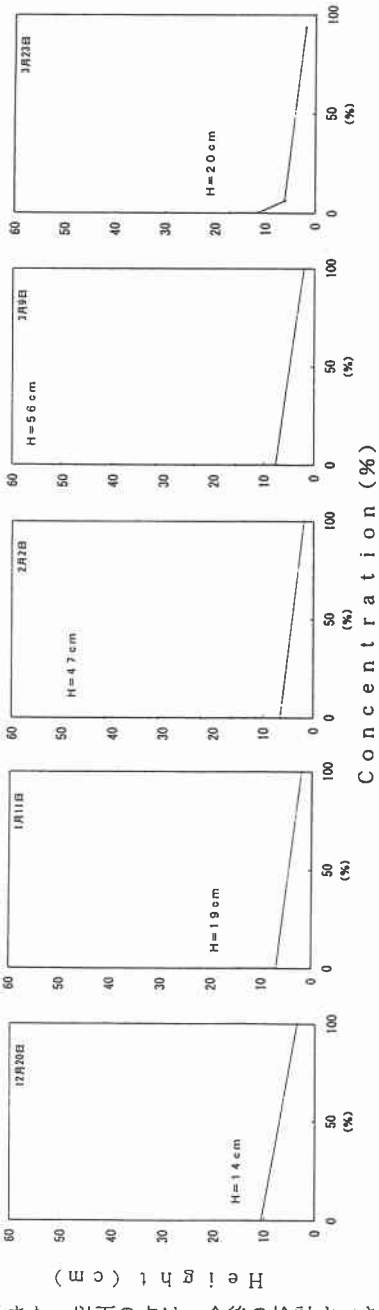


Fig. 4 Vertical distributions of an Oxine-copper concentration(%). Depth of snow is defined as H(cm).

図4 オキシン銅濃度（%）の垂直分布の経時変化

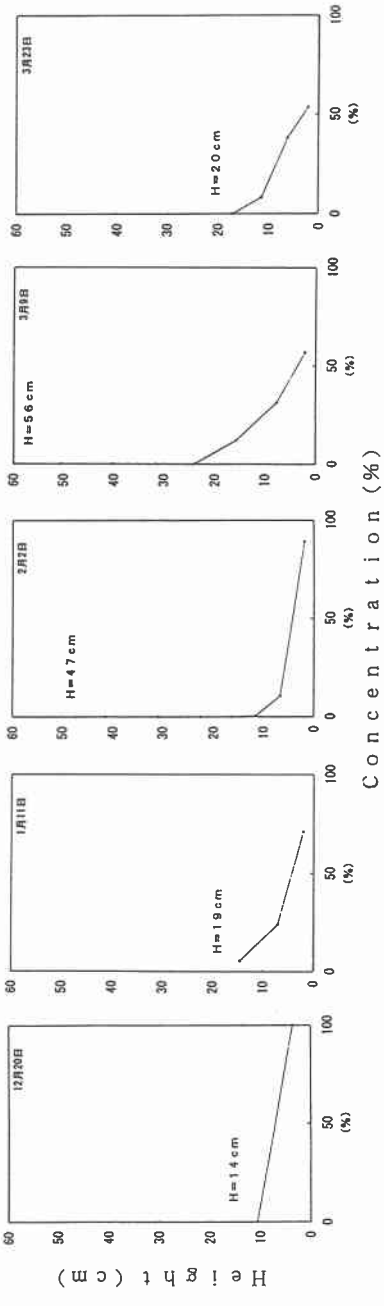


Fig. 5 Vertical distributions of a Tolclophos-methyl concentration(%). Depth ofsnow is defined as H(cm).

図5 トルクロホスメチル濃度（%）の垂直分布の経時変化

また，以下の点は，今後の検討すべき課題と考えられる．

①最も水分移動の激しい融雪期の変化を十分把握できなかったので，この時期の積雪採取間隔を短くする．

②トルクロホスメチルの融雪流出において，芝草・土壌からの洗い出し，土壌への吸着，および積雪からの寄与の相互関係を検討する必要がある．

参考文献

1)北海道:ゴルフ場の環境保全対策技術に関する研究開発,平成 6年度共同研究（重点）報告書,23-25,1995.

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