



# HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	積雪寒冷地域の傾斜農地における融凍期の侵食問題
Author(s)	長沢, 徹明; NAGASAWA, Tetuaki; 梅田, 安治 他
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 15(3), 282-292
Issue Date	1987-03-26
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/12071">https://hdl.handle.net/2115/12071</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	15(3)_p282-292.pdf



# 積雪寒冷地域の傾斜農地における融凍期の侵食問題

長 沢 徹 明 ・ 梅 田 安 治 ・ 水 谷 環

(北海道大学農学部農業工学科土地改良学教室)

(昭和61年12月3日受理)

## Soil Erosion in the Thawing Period on Agricultural Sloping Land of Snowy, Cold Region

Tetuaki NAGASAWA, Yasuharu UMEDA  
and Tamaki MIZUTANI

(Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,  
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

### I. ま え が き

北海道では、春先の融雪・融凍期に傾斜農地で侵食・崩壊が生じるなど、積雪寒冷地域特有ともいえる農地保全上の問題が存在する。このことは、とくに地盤凍結地域で顕著であるが、その他の地域でも融雪時の圃場・気象条件次第では問題となる場合がある。

農地の土壌侵食は、有機分や作土自体を運び去るほか、土壌の有効水分保持容量が低下する<sup>1)</sup>など土壌構造をも改変するとされており、作物生育に及ぼす影響は大きい。また、ガリ侵食が発生した場合には作付面積が減少するほか、圃場が分断されることにより作業効率が低下する。さらに圃場の安定性も低下し、補修には多大な労力と経費を要する。このような農地侵食は圃場内だけの問題にとどまらず、流亡土砂が排水系統に流入した場合には、排水施設の機能低下や河川汚濁等の広範囲な問題にまで発展する可能性がある。

いま、北海道東部の農業流域小河川における、融雪・融凍期の観測事例をFig. 1に示す<sup>2)</sup>。観測は、1986年4月10日12時～16時30分に上・下流2観測地点で、流量・浮流土砂濃度測定を同時に行った。上・下流観測地点での集水面積はそれぞれ約29 km<sup>2</sup>, 100 km<sup>2</sup>であり、観測地点間の流路長は約27 kmである。上流観測地点の集水域は99%が林地・原野等であり、2観測地点間の流域の土地利用状況は81%が林地・原野等、19%が農用地である。2観測地点における浮流土砂流送挙動は非常に異なり、下流観測地点で高く推移している。これには、開発地域からの土砂流入が影響しているであろう。

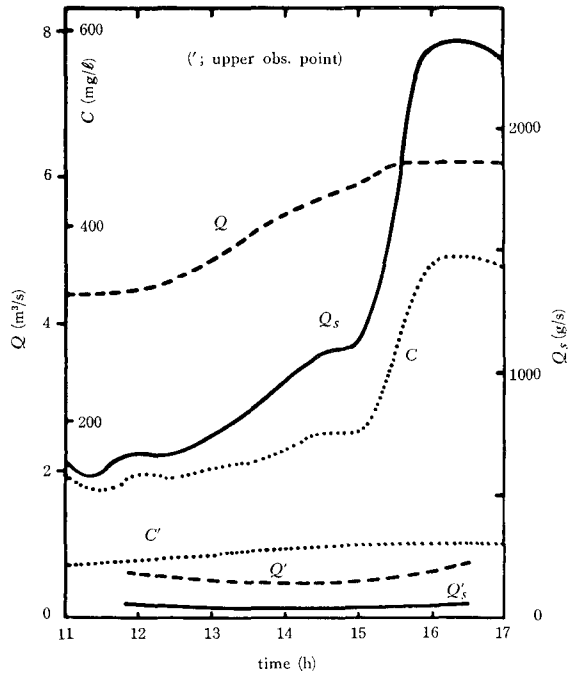


Fig. 1. Behaviors of fluvial discharge ( $Q$ ) and suspended sediment (concentration;  $C$ , load;  $Q_s$ ) in the agricultural small basin at snowmelt period (1986. 4. 10).

融雪・融凍期の河川浮流土砂流送挙動については、既にいくつかの知見<sup>3)</sup>が報告されているが、北海道の積雪寒冷地域では毎年起こる現象であり、また降雨時に比べ時間が長いと、とくに注目されている。すなわち融雪・

融凍期の河川浮流土砂流送挙動は、豪雨時のように鋭いピークを伴う短期的なものでなく、浮流土砂濃度の高い出水が長時間継続するため量的には大きなウェイトを占めることになる。このような融雪・融凍期の河川流送土砂の発生源の一つである農地侵食は、融雪に伴う流出量の増大や凍結融解作用による圃場表面・種々法面等の不安定化、土自体の耐水食性低下などが原因になっていると考えられる。本報告では、大量の土工を伴う改良山成畑の土壤保全に関して現地調査と室内実験を行い、融雪・融凍期の侵食問題について検討を加えた。

## II. 調査事例

融雪・融凍期における傾斜農地の侵食実態を検討するため、北海道内の2地区で現地調査を行った。調査対象地区は、気象・土壌条件の異なる斜里山麓地区と南後志地区であり、両地区とも改良山成畑が造成されている。

### 1. 斜里山麓地区

#### (1) 調査地区概要

斜里山麓地区は、清里町南東部に位置し、標高35~350mの改良山成畑造成地区である。年平均降水量は822mmであり、土質は火山灰質砂(SV, 日本統一土質分類)である。また、冬期には約20cm地盤凍結する<sup>5)</sup>とされている。調査圃場は約6haの凹型形状の改良山成畑で、Fig. 2に示すように3区画に分けられた中央が裸地、その両側には秋蒔き小麦が栽培されていた。圃場形状、

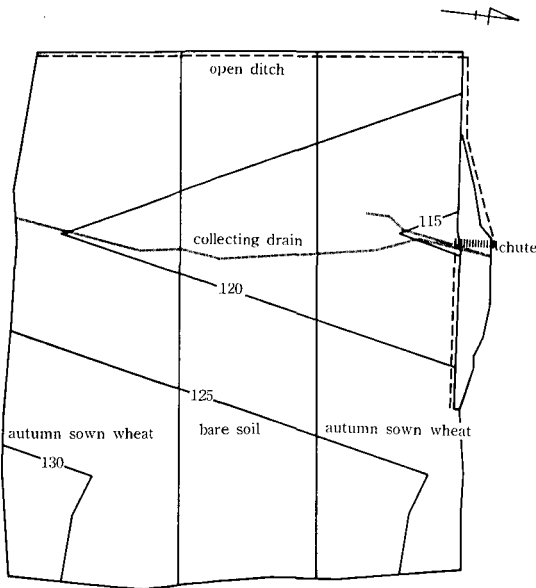


Fig. 2. Illustration of the investigated arable land.

排水施設は、Fig. 2のごとくである。

#### (2) 調査結果

調査時点(1986. 4. 11~12)の圃場には積雪が残存し、融雪水の流出状況・侵食状況を全体的に捉えることは困難であった。このため、確認できた局所的な状況と、その後融雪が完了した時点で得られた全体的な状況とを併せて融雪時の圃場状況を検討した。

積雪状況；調査時点での積雪状況を Fig. 3 に示す。残雪は、融雪剤が散布されていたこともあり不均一であったが、凹部と圃場上方の法面付近は積雪深が大きかった。圃場全面の積雪量は、水量換算すると約6,760 m<sup>3</sup>(水深115 mm)である。また、地盤は表層約20 cm程度凍結していた。

侵食状況；融雪水によるガリの発生箇所を、Fig. 4 に示す。ガリは、とくに裸地部に集中している。シュート工直前の圃場末端に発生したガリの断面略図を、Fig. 5 に示す。ガリ内部に表土が崩落した跡があること、ガリ内に流入する濁水が圃場中央部の地中から湧出していることから、ガリはトンネル侵食の発達したものであることがわかる。表層の凍結層には侵食を受けたようすはなく、それより下層部が深く洗掘されていた。圃場中央部からガリに湧出している濁水は、圃場凹部に集った地表

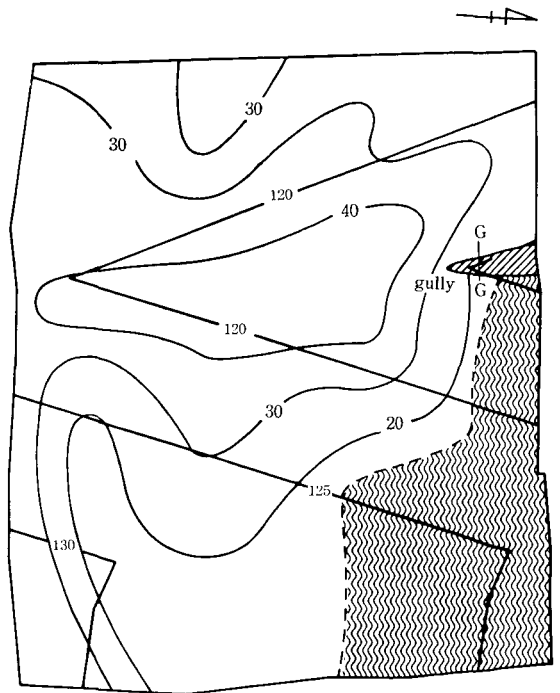


Fig. 3. Contour map of snow depth (cm, 1986. 4. 12).

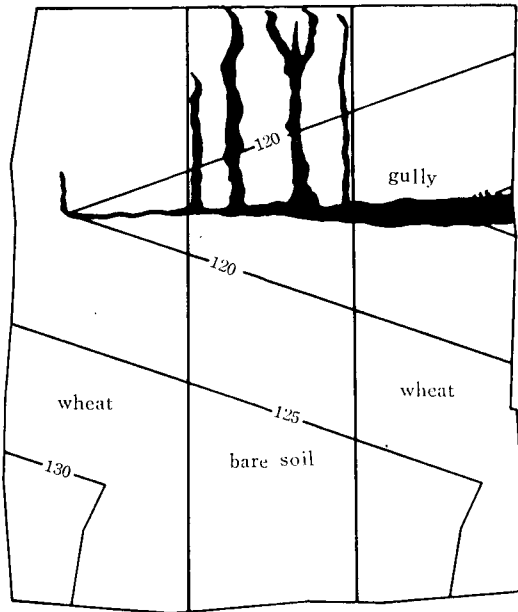


Fig. 4. Location of gully from snowmelt runoff.

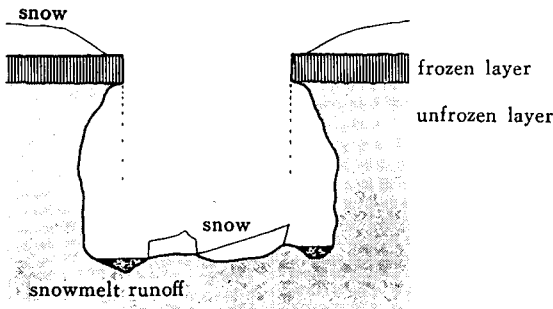


Fig. 5. Cross section (G-G) of the gully (1986. 4. 12).

流出水が圃場面を洗掘し、次第にトンネル状に地中を通してガリに流れ込んだものである。ガリに到達している融雪水流の流路の深さと浮流土砂濃度の変化を、Fig. 6に示す。この図は、融雪水の集中による流水エネルギーの増大が、地盤を削り取る機械的な侵食作用の主因となっていることを示唆している。

融雪水の水土流出状況；Fig. 7は、圃場面の融雪水が集中流下するシュート工直下で観測した水土流出状況を示している。測定時間は10時～13時30分までであり、この時間内に約0.7 tonの浮流土砂が運び去られたことになる。

以上の結果より、融雪・融凍時における本地区傾斜圃場の侵食発生原因として、以下のことが考えられる。

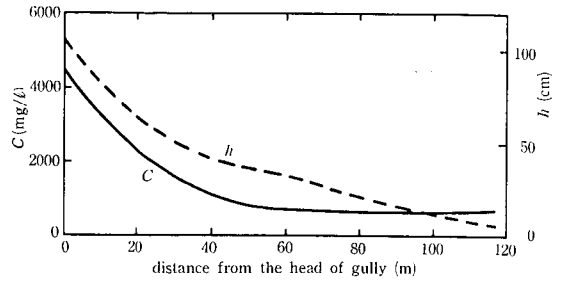


Fig. 6. Suspended sediment concentration ( $C$ ) of snowmelt runoff and depth ( $h$ ) of the watercourse.

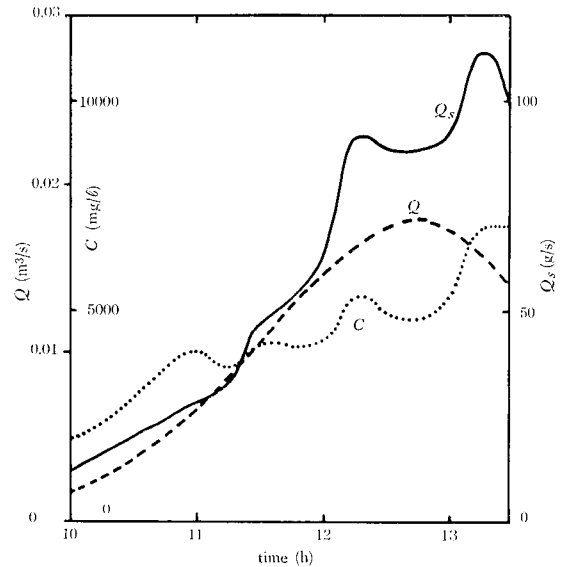


Fig. 7. Behavior of surface drainage discharge and suspended sediment from the agricultural sloping land at snowmelt period (1986. 4. 12).

- ① 地表が凍結していることとあいまって、圃場形状が凹型であるため融雪流出水が集中する。
- ② 地表面が凍結しているため暗渠が効果を発揮し得ず、また承水路やシュート工には雪が充填しているため機能が著しく低下している。
- ③ 未風化の火山灰質土壌であるため比重が小さく、侵食率が高い。
- ④ 融雪剤を散布しているため単位時間当たりの融雪水量が増し、流水の侵食力が増大する。
- ⑤ 前年の縦うね栽培の跡が地表流出水の流路の端緒となり、リル・ガリの発生が促進される。
- ⑥ 裸地で越冬～融雪期を迎えることは、土壌の耐食

性を低下させる。植生は地表流出水の流速を低下させるほか、土壌の安定性を高める働きがある（実際、秋蒔き小麦栽培区は耐食性が高かった）。

2. 南後志地区

(1) 調査地区概要

南後志地区は寿都町と黒松内町、烏牧村にまたがる月越原野にあり、平均標高は330 mである。年平均降水量は1,253 mmであり、土質は粘土（CH、日本統一土質分類）である。地盤凍結は、吹きさらし状態となる法肩を除いてほとんど生じない。調査圃場の形状と排水施設の配置を、Fig. 8 に示す。

(2) 調査結果

調査は1986. 5. 6~8に行った。積雪は、圃場の法面付近以外には認められなかった。

調査時点での侵食状況は、以下のごとくである。

ガリ侵食；大きなガリの発生はなかった。しかし、A-5圃場の最高部から最低部に向かって圃場を斜に筋状のガリが発生していた。このガリの発生は、上部圃場の地表流出水を流下させるシュート工と下部水路との接合部分で流水がオーバーフローし、圃場に流入したことが一因と考えられる。

リル侵食；Fig. 9 は、A-4圃場内に設定した試験区内

での、積雪前と融雪後における地表形状を示している。両者に大差はなく、融雪流出水によってリルが拡大する様子は認められなかった。Photo. は、融雪水がリルに沿って流出している状況を示している。

法面侵食；法面についても、大きな侵食・崩壊の発生

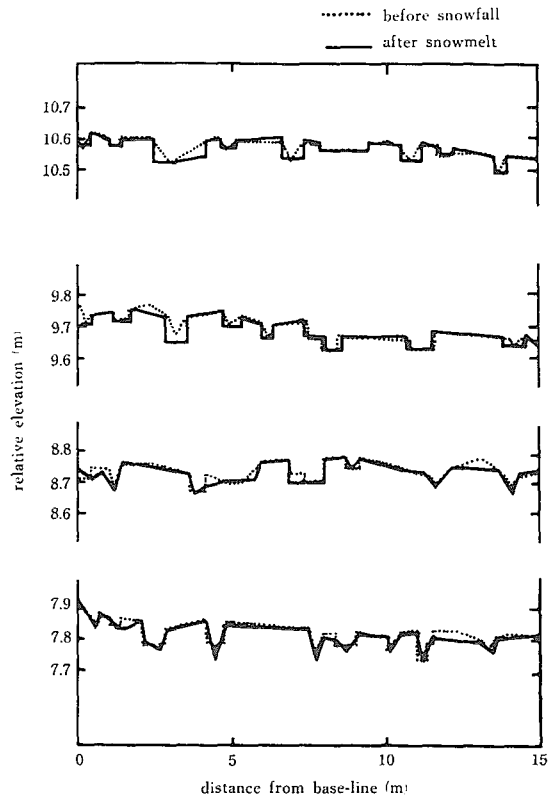


Fig. 9. Profiles of the sloping field before and after winter.

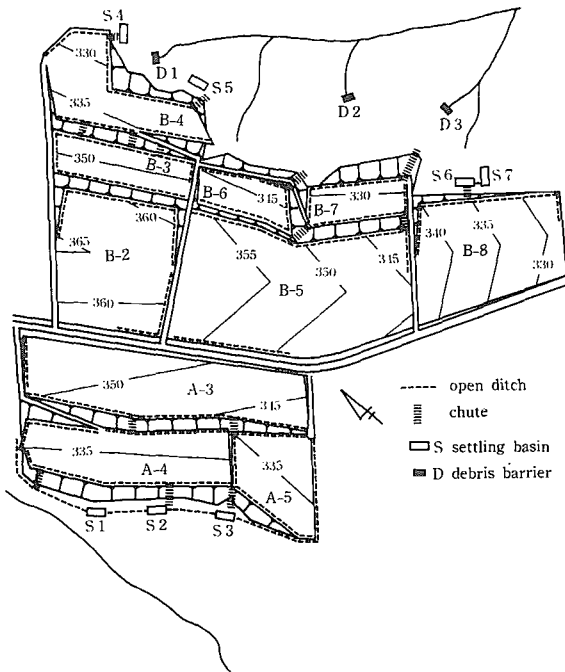


Fig. 8. Form of investigated field and situation of the sediment control constructions.

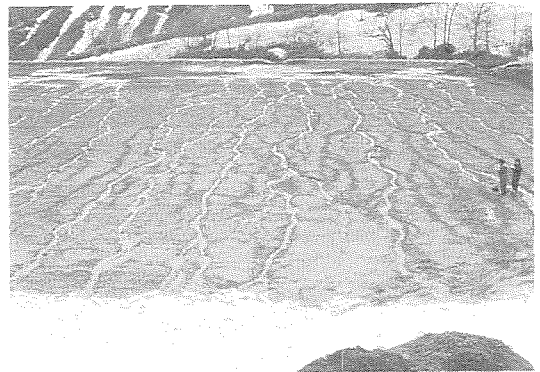


Photo. Snowmelt runoff in the agricultural sloping land.

はなかつた。しかし、A-5 圃場法面のシュート工周辺に、幅 6 m 高さ 9 m の浸透破壊が生じていた。この場所は、圃場内の地表水が集中するところであり、豪雨時にもたびたび被害を受けている。破壊部の周りは過飽和状態にあり、歩くと張芝が剥がれるほど不安定な状態であった。

以上の結果より、南後志地区は前述の斜里山麓地区に比べて融雪期の侵食の軽微なことがわかるが、その理由としては以下の諸点が考えられる。

- ① 粘土質の土壌で比重が比較的大きく、侵食率が小さい。
- ② 地盤が凍結していないため融雪水の浸入性が良好である。
- ③ 排水路、承水路、暗渠がそれぞれ有効に機能している。
- ④ 圃場の勾配が緩やかであり、融雪水が一点に集中する形状の圃場が少ない。

土壌侵食は、水の侵食ポテンシャルと土壌の耐食性のバランスのくずれから生じる。上記 2 地区における侵食程度の差には、土壌や圃場形状の違いのほか、融雪状況と地盤凍結の有無が重要な影響因子になっているであろう。とくに、地盤の凍結・融解は、融雪水の浸入性に影響を及ぼすほか、土壌の耐食性にも影響を与えられられる。

### III. 春季における農地の浸入性

水の侵食ポテンシャルは、水量と流速によって決定される。つまり地表を流れる水量が多いほど、また流速が大きいほどそのポテンシャルが大きくなる。すなわち地盤の浸入性が高いほど侵食ポテンシャルは小さくなるということであり、侵食にとって地盤の浸入性は極めて重要な因子である。春季には、地盤が地域によって、また気候条件によっては凍結していることがあるが、このことは浸入性に対して重大な影響を及ぼすであろう。そこで、地盤状況を未凍結、凍結、凍結融解後の 3 条件に設定した融雪モデル実験を試み、春季における浸入性について検討を加えた。

#### 1. 融雪モデル実験

##### (1) 実験方法

供試土には、改良山成畑造成中の南後志地区から採取した生土を用いた。供試土 (Mi) の物理的性質を Table 1 に示す。内容積=縦 27 cm×横 25 cm×高さ 20 cm の土壌槽に供試土を充填し、一旦飽和させた後重力水を排除した。凍結処理は  $-10^{\circ}\text{C}$  の低温恒温槽で行った。土壌槽の側方と下方には断熱材をはめ込み、冷却はモデル

Table 1. Soil properties

Soil sample	Mi	Sy	So	Wa
Gs	2.64	2.65	2.71	2.70
sand (%)	50	62	34	34
slit (%)	34	28	34	35
clay (%)	16	10	32	31
LL (%)	68	NP	51	89
PL (%)	53		31	54
unified soil classification	CH	SV	CH	VH <sub>2</sub>

地盤表面からのみとした。恒温槽から取り出した土壌槽の上部に断熱材をセットし、その中に雪を締め固め充填した。その後すみやかに土壌槽を  $18^{\circ}$  の傾斜台に載せ、ランプ照射により融雪させた。土壌表面から流出する地表流出水と、浸入によって流出する地中浸透水はそれぞれ別の採水ビーカーに捕集し、流出水量を 30 分毎に測定した。さらに、未凍結の土壌と凍結融解後の土壌についても、同じように融雪実験を行った。

#### (2) 結果

未凍結・凍結・凍結融解後のそれぞれの地表流出率(地表流出水量/全流出水量)は、0.85, 1.00, 0.71 であった(凍結モデル地盤については時間経過により土壌が融解するため、土壌温度が  $0^{\circ}$  以下で凍結状態を保持していることが確認できる範囲での結果を示している)。ここでの結果によれば、地盤が凍結しているときには、融雪水はまったく浸入しないことを示している。これは、凍結により水みちである間隙に氷晶が生成されるため、水の移動が阻止されることによると考えられる。さらに、融雪現象では積雪表面でとけた融雪水が、雪中を浸透するあたりの冷却によって氷粒子の表面で再凍結する<sup>9)</sup>と指摘されていることから、凍結地盤についても移動中の水分が氷晶に取り込まれて再凍結し、水分移動を阻止することも考えられる。

また凍結融解後の地盤の浸入性については、未凍結地盤よりも高い結果を得た。このことは、凍結融解作用によって地盤の構造性が変化したことを示唆している。

#### 2. 凍結融解による土壌構造性的変化

凍結融解作用を受けることによって生じる土壌の構造変化を検討するため、透水性と保水性について室内実験を行った。凍結融解作用による土壌構造変化に対しては、土の種類、締め固め密度、凍結融解履歴、凍結時水分、凍結温度、凍結温度勾配等の多くの影響因子が挙げ

られるが、ここでは施工時の条件によって締固め程度が大きく変化することが避けられない改良山成畑工による造成圃場を対象に、土の締固め密度を因子として検討を行った。

(1) 実験方法

供試土には、改良山成畑が造成されているワイス地区より採取した凍結融解履歴のない火山灰質粘性土 (VH<sub>2</sub>, 日本統一土質分類) を用いた。供試土 (Wa) の基本的な物理性を、Table 1 に示す。

① 供試体作製；生土の 4,760 μm フレイ通過分を 100 cm<sup>3</sup> コアに充填し、乾燥密度の異なる供試体を作製した (0.57~0.97 g/cm<sup>3</sup>)。

② 凍結時水分調整；供試体を一旦飽和させた後、脱水過程において pF 1.0 に調整した。

③ 凍結融解処理；断熱材により側方断熱を行った供試体を -35°C で 24 時間凍結させた後、室内で 24 時間放置した。凍結、融解とも外部との水分の出入りのない閉鎖系で行った。

④ 土壌物理実験；〔透水試験〕凍結融解処理後の供試体を一旦飽和させた後、簡易透水試験器を用いて飽和条件での定水位、変水位透水試験を行った。〔pF 試験〕凍結融解処理後の供試体を一旦飽和させた後、脱水過程において pF 0.6, 1.0 は砂柱法、また pF 1.5, 2.0 は吸引法、pF 2.5, 3.0, 3.5 は遠心法を用いて試験を行った。

(2) 結果

透水試験結果を Fig. 10 に示す。乾燥密度により程度に差はあるものの、凍結融解作用により透水性は増大することがわかる。これは、透水性の決定因子である粗大間隙が、凍結融解過程で増加したためであると考えられる。つまり、凍結時に〔土～水〕系の間隙に氷晶が形成され、これが周囲の間隙水を取り込みながら成長するために土壌構造が変化し、融解後も元の状態に復元せず、氷晶跡が粗大間隙として残存するためである<sup>7)</sup>。透水性の変化に対する乾燥密度の影響をみると Fig. 11 のようになり、乾燥密度が大きい供試体ほど相対的变化率は大きいことが明らかである。

Fig. 12~14 は、それぞれ pF 0.6, 2.0, 3.5 についての pF 試験結果である。凍結融解作用により低 pF 領域では保水性が増大し、高 pF 領域では低下することがわかる。凍結融解作用による保水性の増減の境界は、乾燥密度により多少違うが、実験した範囲内ではほぼ pF 2.0 となった。高 pF 領域での保水性は土粒子表面の吸着力が支配的であり、低 pF 領域では次第に毛管作用による保

水が主になってくる。凍結融解作用による低 pF 領域での保水性増大は、氷晶の生成・成長により土中に粗大間隙が形成され、毛管力による保水が増大したことによる。また高 pF 領域での保水性減少は、氷晶の生成・成

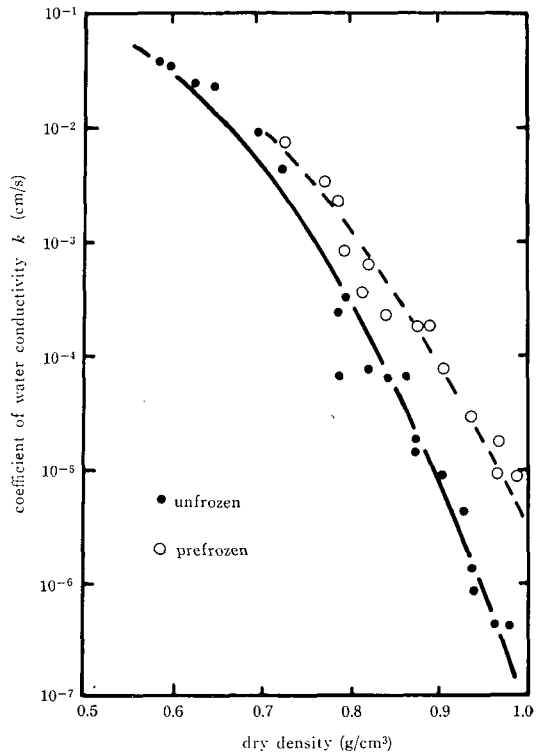


Fig. 10. Change of permeability by freezing and thawing.

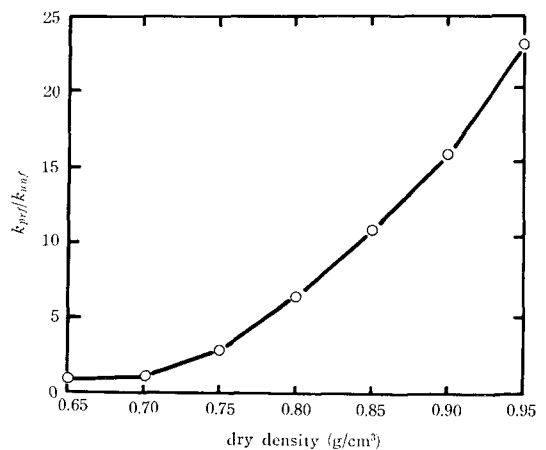


Fig. 11. Relative change of permeability by freezing and thawing.

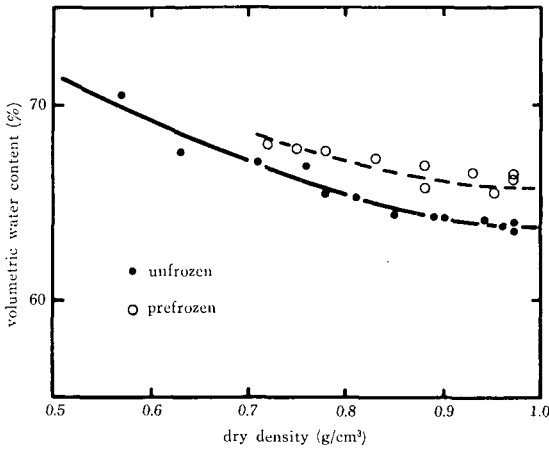


Fig. 12. Change of water retentivity by freezing and thawing (pF 0.6).

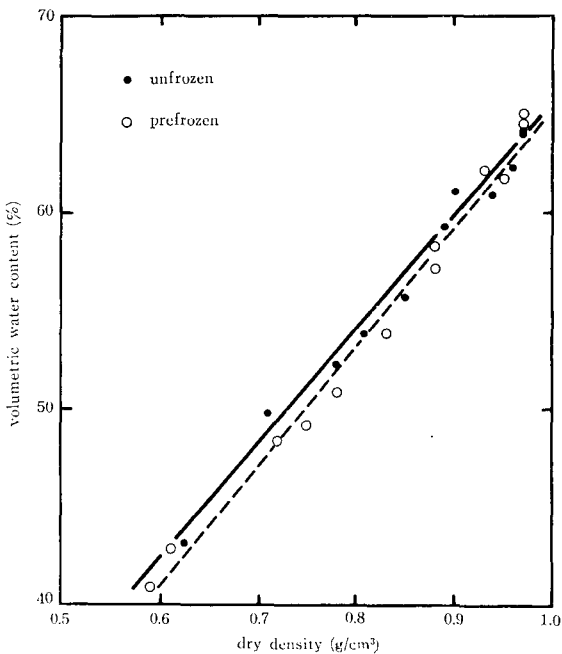


Fig. 13. Change of water retentivity by freezing and thawing (pF 2.0).

長時の水分移動と氷圧により、土粒子の集合化や構造単位の圧縮が生じて比表面積が低下するためである<sup>7)</sup>と考えられる。

融雪・融凍期における地盤状況は地域によって、また気象条件によって様々である。地盤が凍結した状態での融雪は侵食にとって非常に危険なものとなり得る一方、融解後の状態では浸入性が高いため侵食の危険度は凍結

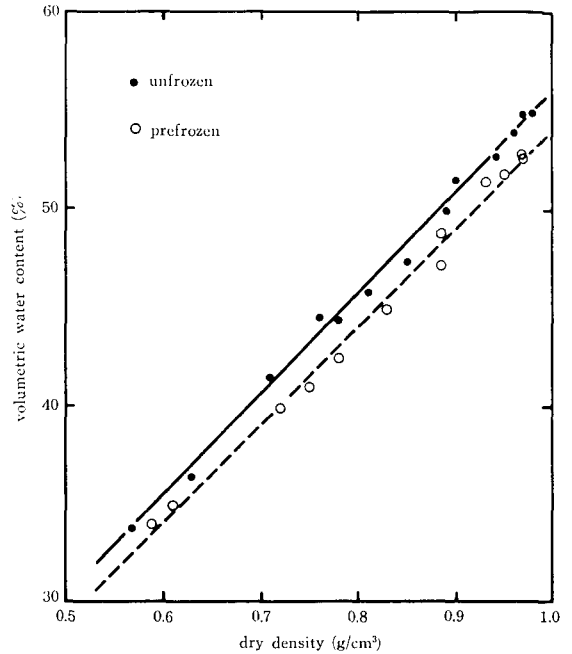


Fig. 14. Change of water retentivity by freezing and thawing (pF 3.5).

前より小さいと考えられる。

#### IV. 凍結融解作用と土壌の耐水食性<sup>2)</sup>

以上の検討では、水の侵食ポテンシャルを対象としているが、他方の重要因子である土壌の耐水食性変化についても検討する必要がある。凍結融解作用に伴う耐水食性の変化については、既にいくつかの報告<sup>8),9)</sup>が行われている。そのなかには、凍結時に発生する氷晶が土粒子系を結合させる効果を発揮し、耐水食性が向上したのものもある。ここでは、さらに多くの条件のもとで検討を加え、寒冷な傾斜農地における土壌保全について考察する。

##### (1) 実験方法

供試土は北海道内の農地造成地区より採取した攪乱生土であり、それらの基本的な物理性を Table 1 に示す。これらの土を粒度調整した後、凍結時水分、凍結～融解サイクル数の2項目を軸にして耐水性団粒試験を行った。

① 粒度調整；各試料とも生土の状態では篩別し、2.0 mm～4.8 mm 団粒 70 g を供試した。

② 凍結時水分調整；粒度調整後の供試体を生、浸潤、風乾の3つの水分状態に調整した。〔生〕篩別時の水分状態。〔浸潤〕供試体を10分間吸水させた後重力水を排除した状態。〔風乾〕室内で20日間放置した状態。なお、

1 試料については水分条件をさらに細かく変えて実験を行った。

③ 凍結～融解サイクル数；水分調整した供試体を $-21^{\circ}\text{C}$ で24時間凍結させた後、室温で24時間放置する(閉鎖系)ことを凍結～融解1サイクルとし、1, 3, 10サイクルの処理を行った。

④ 耐水性団粒試験；2, 1, 0.5, 0.25 および0.1 mm 孔径の組みフルイによる Yoder 型水中篩別器を用いた。供試体を組みフルイ最上部にのせ、10分間浸水させた後、振幅3 cm, 20回/分で10分間振とうさせ、各フルイ残留分を烘乾～秤量した。なお、同一条件の試験を4回行い、結果はそれらの平均値をとった。

## (2) 実験結果

Fig. 15 は、Mi (生土) の耐水性団粒試験結果である。凍結融解作用により団粒径が減少していることがわかる。また、その傾向は凍結～融解サイクル数の増加に伴い顕著にあらわれている。凍結融解作用によって団粒径が減少する原因は、団粒内あるいは団粒間で氷晶が形成・成長するためである<sup>10)</sup>。

Fig. 16 は、凍結時水分条件の異なる Mi について、各供試体の平均質量直径 (MMD) の変化を示している。生土と浸潤土については、凍結融解作用により平均質量直径の低下していることが明かである。そして浸潤土の低下率が大きいのは、水分量が多いために氷晶成長が相対的に増大するためと考えられる。平均質量直径の減少は、団粒の破壊を意味し、同時に土の耐水食性が低下す

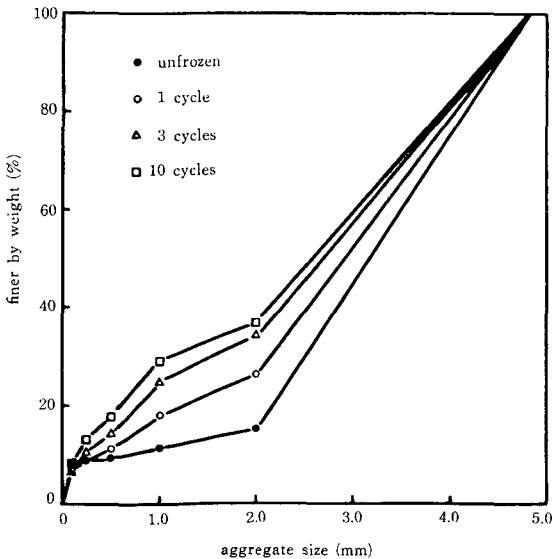


Fig. 15. Water stability of soil aggregate (sample Mi, fresh).

ることを示唆している。一方風乾土については、スレーキング現象により全般的に団粒径は小さくなるものの、凍結～融解に伴う平均質量直径の変化は認められず、凍結融解作用による団粒破壊は生じていない。これは、団粒中の水分量が少なく、氷晶の形成・成長が小さいためであろう。Fig. 17 は、さらに細かく含水比を変えて凍結融解作用による平均質量直径の変化をみたものであるが、含水比50%付近を境として、その前後で平均質量直径が低下することが明かである。これは、低含水比ではスレーキング現象の影響が、高含水比では凍結融解の影響が大きく発現していることを示す。このように、耐水性団粒径の変化に対して、凍結時の水分条件は重要な影響を及ぼすことがわかる。

Fig. 18 は、Mi, So, Wa, Sy の浸潤土についての結果である。土の種類によって程度に差はあるものの、類似の傾向を示している。Table 2 には、それぞれの風乾土の平均質量直径と、浸潤土の凍結融解作用による平均

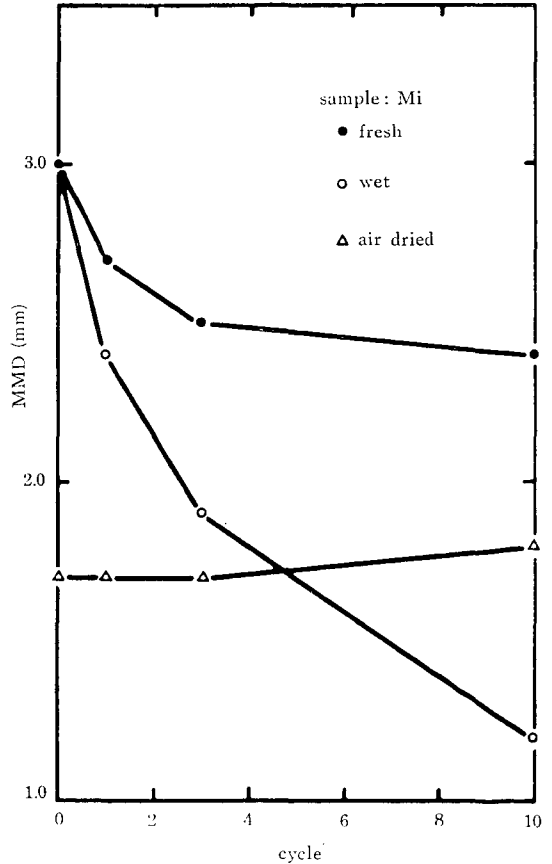


Fig. 16. Change of mean mass diameter (MMD) by freezing and thawing.

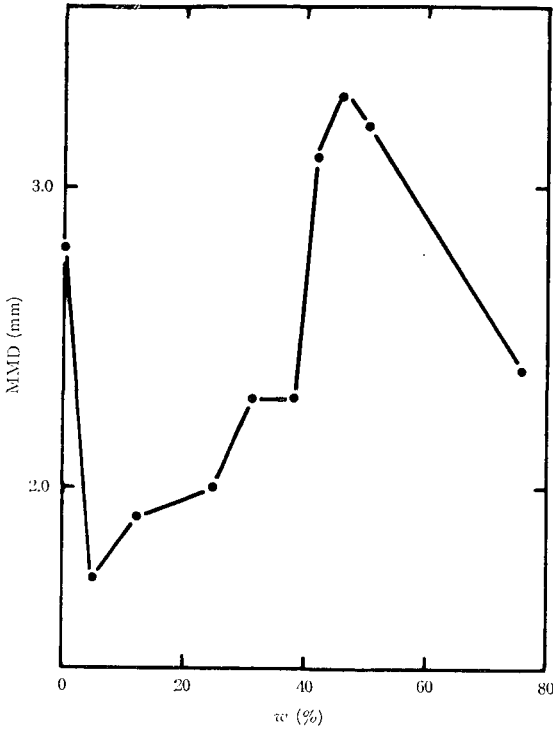


Fig. 17. Change of MMD by water content at freezing (sample: Mi, freeze-thaw: 1 cycle).

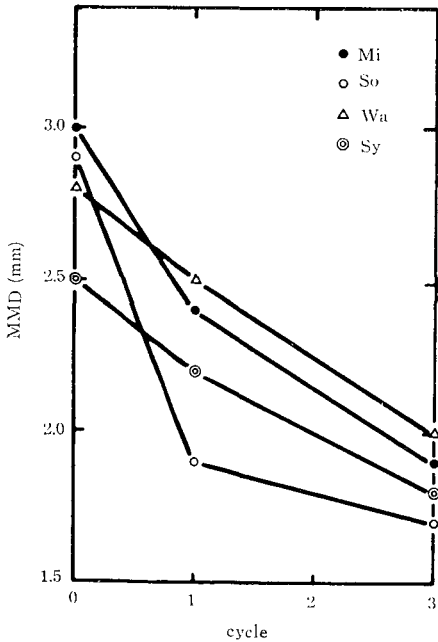


Fig. 18. Change of MMD by freezing and thawing (moisture condition: wet).

Table 2. MMD of air dried soil and change rate of MMD of wet soil by freezing and thawing

Soil sample	MMD of air dried soil (mm)	wet~prefrozen soil change rate of MMD (%)	
		1 cycle	3 cycles
So	0.8	36	44
Mi	1.7	20	37
Sy	2.4	12	24
Wa	2.5	10	24

質量直径の変化率を示したが、両者の間には反比例的な関係がある。このことは、風乾に伴う耐水性団粒の変化を検討することにより、凍結融解作用の影響程度が推定できることを示唆している。

以上の結果から、凍結融解作用による耐水性団粒径の減少傾向が明らかになり、その減少程度は条件により変化することが確認された。そして、春先における融解直後の傾斜圃場表土の耐水性は低下し、融雪流出に伴って表土の流亡を助長する可能性のあることが示唆された。

V. 摘 要

融雪・融凍期における農地侵食の機構について、現地調査、種々の実験により検討を加えた。現地調査の結果によると、春季の侵食は地盤凍結地域で顕著であった。その主因は地盤凍結と融雪流出であり、間接的には圃場形状、土の性質、排水施設、地表被覆等が影響している。

また凍結融解作用が土壌構造に及ぼす影響については、浸入性、透水性、保水性、耐水性をとおして実験的に検討した。その結果より、以下の諸点が明らかになった。

① 凍結地盤では、融雪水の浸入はほとんど認められないが、凍結融解後の地盤の浸入性は未凍結地盤より高い。

② 凍結融解作用により透水性は増大する。また、凍結融解作用による透水性の変化率は、土の乾燥密度が大きいほど高い。

③ 凍結融解土の保水性は、高 pF 領域で低くなり、低 pF 領域で高くなる。この増減の境界は土の乾燥密度によりある程度差があるが、ほぼ pF 2.0 である。

④ 凍結融解作用により団粒の耐水性は低下する。その程度については、凍結時の水分条件が重要な影響因子となる。

⑤ 風乾土のスレーキング現象による耐水性団粒径減少状況は、凍結融解作用による耐水食性低下の程度をはかる目安となる。

## VI. あとがき

傾斜農地の水食にとっては、地盤凍結の有無、あるいは凍結融解の前後によって重要な影響を受けることを明らかにした。そして、春先の水食にかかわる凍結融解の影響は単純なものではなく、積雪と凍結地盤の融解状況や圃場形態などによって様々に発現すると考えられる。すなわち、地盤の凍結融解前後における農地保全の問題は、次のようにまとめることができよう。

① 凍結期；融雪の開始以前については、とくに問題の発生はみられない。しかし、融雪流出が始ると、凍土層が難透水性であることから侵食の危険性がでてくる。この場合、圃場形状や土壌の性質が重要な因子となる。

② 地中に凍土層の残存する融解期；この時期は、水食にとって最も危険性の高い状態にある。表層地盤が凍った状態での融雪は、融雪水のほとんどが地表流出するため、その量は非常に大きく、高い水食エネルギーを持つことになる。一方、表層部が融解している場合には、下層の凍結土層によって浸入性は低く、表層の融解層は融凍水と融雪水で過飽和となっているほか、土壌自体も凍結融解作用により耐水食性が低下しているため、侵食を受けやすい状態にある。したがって緩傾斜圃場といえども、傾斜に沿って表土の流亡が発生しやすい。また、急傾斜圃場や改良山成畑にみられる法面などでは、融凍・融雪水による強い侵食を受けやすく、張芝の滑落・法面の表層滑り等が多発する。

③ 融解後；改良山成畑のような緩傾斜圃場面では、浸入性が増大していることから水食問題は相対的に小さくなっている。しかし、草地においては、放牧牛による蹄傷が発生しやすく、これが原因となって大規模な侵食状況を呈する場合もある。また、盛土法面等の急傾斜部では、土自体の強さ低下による崩落や張芝の滑落現象が発生しやすくなる。

地盤凍結が著しく、しかも春先に降～融雪の発生しがちな道東地域などでは、傾斜圃場全面を一律に裸地化して越冬することは保全上好ましいことではない。牧草や秋蒔き小麦などの計画的栽培、あるいは作物残渣によるマルチングなどによって表面の保全に配慮すべきであろう。いずれにしても、融雪・融凍時の水食問題への対応は、対象地区のおかれている諸条件を的確に把握したうえでなされる必要がある。

## 謝 辞

本研究を進めるに当たり、調査の実施に際して御便宜と御協力をいただいた関係諸機関の各位、ならびに現地調査で多くの労をとっていただいた土地改良学教室専攻学生諸氏に対し厚くお礼申し上げる。

また本報告は、南後志地区・国営農地開発事業専門委員会における討議からも多くの示唆を得た。記して謝意を表す。

## 引用文献

1. FRYE, W. W., EBELHAR, S. A., MURDOCK, L. W. and BLEVINS, R. L.: Soil Erosion Effects on Properties and Productivity of Two Kentucky Soils, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, **46** (5): 1051-1055, 1982
2. 長沢徹明・梅田安治・水谷 環：寒冷地域の農地における土壌の耐水食性について、農土学会北海道支部研究発表講演要旨集：88-91, 1986
3. たとえば堂腰 純：河川の流送浮泥について、農土研, **21** (1): 21-30, 1953
4. 長沢徹明：草地開発小流域における浮流土砂流送挙動、農土論集, **125**: 89-94, 1986
5. 石川政幸・鈴木孝雄：北海道における1964-65年冬の最深凍結深の分布、林試北海道支場年報：238-248, 1965
6. 藤野和夫：融雪水の積雪内部への滲透、日本気象学会気象研究ノート, **136**: 49-62, 1979
7. 長沢徹明・梅田安治：凍結融解条件による土の構造変化への影響 一凍結・融解土の特性に関する研究 (VII)一、農土論集, **123**: 49-55, 1986
8. 長沢徹明・梅田安治：土の耐水食性に及ぼす凍結融解作用の影響 一凍結・融解土の特性に関する研究 (V)一、農土論集, **94**: 48-54, 1981
9. CHEPIL, W. S.: Seasonal Fluctuation in Soil Structure and Erodibility of Soil by Wind, *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **18**: 13-16, 1954
10. 長沢徹明・梅田安治：土の初期条件による凍結融解土の構造への影響 一凍結・融解土の特性に関する研究 (VIII)一、農土論集, **123**: 57-64, 1986

## Summary

Mechanisms of soil erosion in the thawing period on agricultural sloping land were investigated by field surveys and experiments. The field surveys indicate that damage by soil erosion was considerable in frozen arable land. The principal cause is increase in surface runoff with snowmelting be-

cause of the limited infiltration into ground. The form of the arable land, soil properties, drainage facilities, and ground surface conditions are also indirectly influencing factors.

In the experiments, the influence of soil structure by freezing and thawing were investigated with considerations of infiltration, permeability, retentivity, and water stability. The following results were obtained :

(1) There is little infiltration of snowmelt water into freezing ground. However infiltration into thawed ground is higher than that into prefrozen ground.

(2) Water permeability of soil increases with

freezing and thawing, and the increases in the rate of water permeability is influenced by the dry density of the soil.

(3) Water retentivity in prefrozen soil increases in the low pF range and decreases in the high pF range, and the limit is about pF 2.

(4) Water stability of soil aggregates decrease by freezing and thawing. The degree of this change is dominately influenced by moisture conditions at freezing.

(5) The changes in the aggregate size of air dried soil by slaking suggests a decrease in the water stability of fresh soil by the freezing and thawing.