

地球一括計上

課題名	温暖化条件下の積雪・土壌凍結地帯の長期変動傾向の予測と農業に及ぼす影響評価		
担当研究機関	独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター 独立行政法人農業環境技術研究所		
研究期間	平成17-19年度	合計予算額 (当初予算額 へース)	58,121千円(うち19年度 17,619千円)
研究体制	<p>(1)道東地方の積雪・土壌凍結の長期・広域データベースの作成(独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター)</p> <p>(2)大気-積雪-土壌凍結系水分動態観測システムの長期モニタリング化および凍結土壌下の水フラックスの定量化(独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター、一部国立大学法人 北海道大学へ研究委託)</p> <p>(3)道東地方の土壌凍結深減少の気候学的要因の解明および冬の気候変動予測可能性の検討(独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター)</p> <p>(4)温暖化条件下における農業や農地環境に与える影響評価(独立行政法人農業環境技術研究所)</p>		
研究概要	<p>1. 序(研究背景等)</p> <p>北海道・道東地方(十勝、釧路、根室地方)は我が国の畑地面積の20%、牧草地面積の40%を占める大規模農業地帯である。冬の気候は少雪・厳寒で土壌凍結が発達するため、農作物の品種の選択や生育期間が暖地と比べて制限されている。しかし、当課題担当機関による道東・十勝地方での20年に及ぶ長期観測結果によると、土壌凍結深は近年、顕著な減少傾向にある。すなわち、1980年代中頃までは、0.5m以上の土壌凍結深を記録することもあったが、2003/04年と04/05年の両年には土壌凍結を生じず、土壌凍結地帯と呼ばれる十勝では異例の事態となった。IPCC第4次報告では、寒冷気候帯の農業は、温暖化により、当面生産性の向上が望めるという楽観的な見方をしている。しかし、当地域では、土壌凍結によって抑制されていた雑草やこれに伴う病虫害の発生、融雪水の浸透形態の変化に伴う物質循環の変化等、当初は予想されなかった農業環境への負の影響の兆候が現れはじめており、今後の気候変動の動向および農業への影響が懸念される。土壌凍結深の減少傾向は地球温暖化の影響も考えられるが、原因は明確ではなく、また土壌凍結深の減少傾向が今後も続くか否かも不明である。また、積雪・土壌凍結条件下での観測の困難性もあり、農地生態系や物質循環に大きく影響する土壌水分移動について不明な点が多く、土壌凍結深の変動による農業への影響は明らかではない。したがって、同地域における土壌凍結深の長期変動傾向を解明するとともに、温暖化条件下での土壌凍結深変動の予測、冬期間の土壌水分動態の長期観測手法の確立、気象条件が変化したときの農地における水循環の変化等を解析し、積雪・土壌凍結地帯における環境変化が農業に与える影響について、早急に解明する必要がある。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>本研究は、これまでの土壌凍結深の変化を解析し、現状を的確に評価するために、道東地方の農業現場で蓄積されている土壌凍結深データを収集し、統合的なデータベースを構築する{研究の内容・成果で述べる課題(1)で対応}。加えて、気象庁でも長期観測されている気温や積雪深等の気象データから土壌凍結深を推定できる手法を開発し、このデータベースを用いて検証する。そして、ここで構築したデータベースと時空間分布特性を拡張できる土壌凍結深推定モデルによる数値計算により、道東における土壌凍結深の長期変動傾向の時空間分布特性を明らかにする{課題(1)}。さらに、得られた土壌凍結深データの時空間分布特性の気候学的要因を解析することで、土壌凍結深の減少傾向が現在、なぜ起きているのかを解明し、さらに、比較的近い将来、例えば数ヶ月間～数年～10数年程度の中長期的な時間スケールでの土壌凍結深変動の予測可能性を検討する{課題(3)}。また、土壌凍結深の違いが農地の水移動に与える影響を解明するため、北海道農業研究センターでの数年に渡る自然積雪条件下の詳細な気象と土壌物理性の観測から、農地の水循環等の年々変動の解析をする。また、除雪処理の有無により土壌凍結深の発達程度を変化させる試験区を新たに設置し、そこで土壌物理性の観測を詳細に行い、土壌凍結深の違いが農地水循環等に与える影響について比較解析を行う{課題(2)}。また、ここで得られた観測データは課題(1)の土壌凍結深モデル開発用としても提供する。さらに将来の地球温暖化条件の気温と</p>		

積雪深の予測気候値を、課題(1)で開発した土壤凍結深モデルに入力し、土壤凍結深の将来予測を行う。そして、これらの結果を踏まえて、温暖化時の気候条件が農地環境や農業に及ぼす影響を評価する〔課題(4)〕。

### 3. 研究の内容・成果

#### (1) 道東地方の積雪・土壤凍結の長期・広域データベースの作成

##### ① 道東地方の農業関係機関の積雪・土壤凍結深の観測概要

これまで農業関係者の一部にしか存在の知られていなかった積雪・土壤凍結深の観測地点が道東地方で90カ所以上あることがわかった。十勝管内で60地点、根釧管内で33地点のデータを入手した。中には20年以上の長期観測を続けている箇所が複数あった。積雪・土壤凍結深観測地点数は、同地域内において気象庁のアメダスで積雪深(24地点)を観測している点数の4倍近くに相当する。

##### ② 道東地方における土壤凍結深の長期変動傾向

道東地方全体の土壤凍結深の長期変動傾向を、農業関係機関で20年以上の長期観測をしている21地点と、道東地方のアメダスデータ(アメダス観測以前は区内観測所)のデータ24地点の過去30~50年分の年最大土壤凍結深に相当するインデックスである土壤凍結指数を計算して調べたところ、道東地方では、釧路・根室地方の沿岸部を除き、1980年代後半から全般的に土壤凍結深の減少傾向が広く認められた。土壤凍結深減少は気温の上昇が直接の要因ではなく、初冬における積雪深の増加が早まり、土壤が断熱される時期が早まったことによる。

##### ③ 土壤凍結深推定モデルの開発と検証

土壤凍結深の数十年~百年スケールの長期計算や温暖化時の将来予測が可能となる土壤凍結深モデルを開発した。北海道十勝地方の芽室試験地の観測データ〔課題(2)〕によりパラメータを同定、根釧農業試験場での長期観測データよりモデルを検証した。開発したモデルは、入力する気象データを日々の気温と積雪深のみとし、且つ入力データ数を必要最低限とすることで、温暖化将来予測の計算も実行可能とし、推定精度も融雪期までの土壤凍結深の変化と最大土壤凍結深の長期変動傾向の推定を、誤差数cm以内で計算できることが明らかとなった。

##### ④ 土壤凍結深の長期推定結果

開発したモデルを用いて、1978年から2007年までの道東地方のアメダスデータ24地点の30年分、さらに十勝地方の帯広測候所については1892年から2007年までの115年分の気温と積雪深データを用いて、年最大土壤凍結深の長期傾向を計算した。道東の十勝、釧路、根室のいずれの地方においても、また道東地方全体の平均値でも土壤凍結深は減少傾向にあることが明らかとなった。帯広での長期推定結果から、北海道開拓時の19世紀後半から1980年代中頃までは、年最大土壤凍結深は平均して30-50cm以上であった。すなわち、1980年代後半以降の年最大土壤凍結深が20cm以下になることが多くなる土壤凍結深の顕著な減少は、北海道開拓以来、初めての現象であることが明らかとなった(図1)。

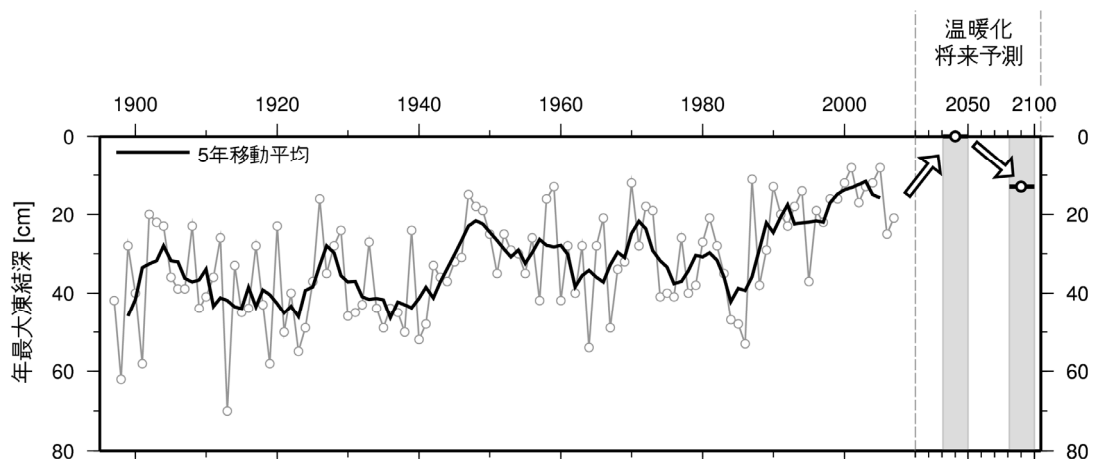


図1 帯広市における年最大土壤凍結深の過去100年以上前~現在の推定結果、および将来の温暖化時における予測(2031-50と2081-2100の平均値) 課題1と課題4の成果

#### (2) 大気-積雪-土壤凍結系水分動態観測システムの長期モニタリング化および凍結土壤下の水フラックスの定量化

##### ① 長期観測サイトの水フラックスの定量化

北海道の十勝平野の中央部に位置する北海道農業研究センター芽室研究拠点の試験圃場内で2001

ー07年に計測した土壌水分移動データを定量的に解析するため、観測期間中最大の土壌凍結深に相当する深さ20cmの水フラックスを現場の観測データから高精度に推定することに成功した。推定した水フラックスを用いて長期的な土壌水分移動を解析した結果、以下のことが明らかになった。

- 年最大凍結深が20cm以下の場合、融雪期に凍結層が存在しても融雪水の土壌中への浸透が全く抑制されず、多量の融雪水が土壌中に浸透すると考えてよい。
- 土壌凍結が発達する年には、土壌凍結が発達するときに生じる鉛直上向きの水フラックスの積算値が、最大凍結深に相当する深さ20cmにおいて40mm程度であることから、下層から表層に向かって無視できない量の水が移動する。
- 雪による断熱効果により土壌凍結層がほとんど形成されない年には、積雪底面からの融雪によって深さ1mまでの土層で10～70mmの土壌水分が表層から下層に向かって移動する。

#### ②除雪処理による過去の農地環境の再現

同研究センター内の試験圃場に試験区を設置し、除雪により土壌凍結を発達させることで過去の土壌凍結条件の再現を試みた。除雪処理区(以下、除雪区)ならびに隣接する自然積雪状態の試験区(以下、対照区)で地温の測定をおこなった結果、冬の3シーズン中に最大凍結深が対照区の11～27cmに対し、除雪区では43～52cmとなり、除雪をすることで土壌凍結が発達した過去の条件を再現できた。

#### ③土壌凍結が発達した過去とあまり発達しない現在の冬期土壌水分移動量の比較

凍結層が発達するときに深さ40～50cmで生じた鉛直上向きの水フラックスの積算値は、除雪区の値が対照区や長期観測サイトの値の2倍程度であったことから、過去には現在よりも多量の土壌水分が下層から地表面に向かって移動していたと考えられる。FY2005年の対照区と長期観測サイトの結果から対象地域では最大凍結深が20cm以下の年が多く、近年はほとんどの年で全ての融雪水が融雪期間中に下層に浸透すると考えてよい。一方、融雪期における融雪水量に対する下層への融雪水の浸透量の割合と融雪期直前の土壌凍結深の間には負の相関関係が認められ、30cm以上土壌凍結層が発達した過去には融雪期間中に凍結層より下層へと浸透した土壌水分量は融雪水量の0～40%程度であり、凍結層が融雪水の浸透を大きく抑制したことが明らかになった(図2)。

#### ④凍結層が融雪水の浸透を抑制したときの水移動の形態

凍結層が融雪水の浸透を抑制したときにどのように土壌水分が移動するかを調査するため、土壌表面にトレーサー(CaCl<sub>2</sub>)を散布し、融雪後に土壌を採取することで融雪水の浸透経路を調査した。その結果、除雪区・対照区とも

に凍結層が融雪水の浸透を抑制したFY2006年において、陰イオンがほとんど含まれない地点と、濃度のピークが表層付近(深さ35cm)にある地点とがあり、局所的に凍結層が融解することで不均一な融雪水の浸透が生じていることが明らかになった。

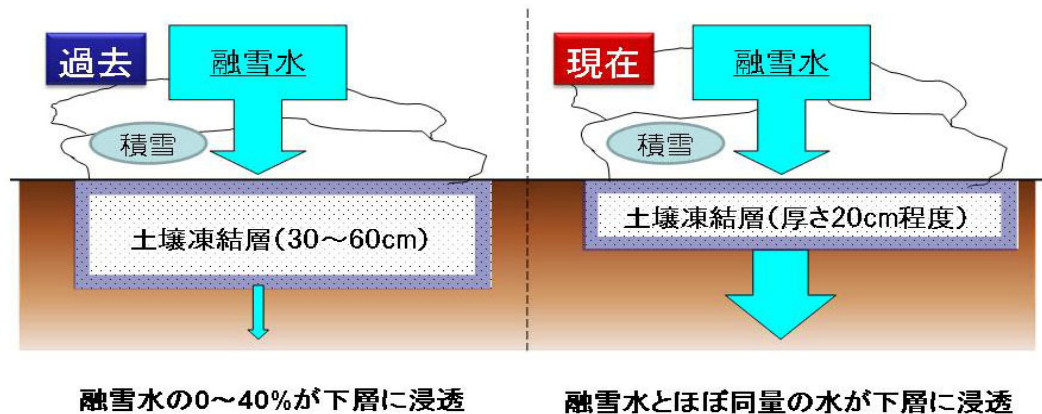


図 2 過去と現在における融雪開始から消雪までの融雪水量に対する凍結層の下層への浸透量の割合と土壌凍結深の関係

#### (3)道東地方の土壌凍結深減少の気候学的要因の解明および冬の気候変動予測可能性の検討

##### ①道東地方の土壌凍結深減少と他の国内の雪氷現象の長期変動との関連および降雪変動要因

北海道・道東地方の土壌凍結深の減少傾向は1980年代の後半から生じており、この時期は北陸地方平野部の積雪深の減少傾向を示す時期やオホーツク海沿岸部の流水量の減少傾向を示す時期とも一致した。また、北海道・道東地方の土壌凍結深変動に影響する同地方の積雪の変動要因を解析した。同地方の降雪は北海道中央部の脊梁山脈の存在により、日本海側のように冬の寒気の吹き出しによる季節風がもたらす降雪ではなく、西高東低の冬型の気圧配置が崩れて温帯低気圧の通過する際に生じる降雪が支配的である。そこで、冬季の温帯低気圧の道東地方への冬の進入回数を調べたところ、進入回数は土壌凍結深の発達に影響する12月に増加傾向であった。これらのことから道東地方の土壌凍結深の減少は1980年後半からの冬の東アジアモンスーンの弱体化傾向に伴い、温帯低気圧の初冬の時期の進入回数の

増加が要因と考えられた。

## ② 道東の土壤凍結深と ENSO (エルニーニョ・南方振動) との関係

さらに、道東の土壤凍結深の変動、異常気象や気候変動と密接な関連があるとされている ENSO (エルニーニョ・南方振動) との関係について解析した。エルニーニョ現象を示す良い指標となる南方振動数 (SOI) と道東地方の年最大土壤凍結深の平均値と年々変動の関係を調べたところ、両者の関係は土壤凍結深が減少しはじめる時期あるいは冬の東アジアモンスーンが弱体化傾向となる 1980 年代後半から有意な関係 ( $p < 0.05$ ) にあった。また、道東の土壤凍結深と海水面温度の関係では、インドネシア北部の海域 ( $N 2^{\circ}N-2S^{\circ}$ ,  $122^{\circ}E-137^{\circ}E$ ) と有意な関係であり ( $p < 0.01$ ; 1978-2004)、さらに、1993 年以降になると (1993-2004) 道東の土壤凍結深と海水面温度の関係では、予測可能 ( $r^2=0.68$ ) といえるほど非常に高い相関関係があることがわかった。つまり、インドネシア北部の海域海水温度を監視することで、初冬の 12 月の時点において道東地方の冬の最大土壤凍結深を予測できる可能性が示された。

## (4) 温暖化条件下における農業や農地環境に与える影響評価

### ① 温暖化時の降積雪予測値の評価

気象庁/気象研気候統一シナリオ Ver.2 (SRES-A2 シナリオ) に基づく温暖化時の予測された月平均気温と月降水量を入力データとし、Inoue and Yokoyama (2003) の手法を用いて、月最深積雪を推定した。さらに、月平均気温、月最深積雪からスプライン補間を用いて日別データを作成し、温暖化時の予測値とした。予測値は年々変動ではなく 20 年間の平均的な気候変化を表すもので 1981 年から 2000 年の平均値 (以後、現在と呼ぶ)、2031 年から 2050 年の平均値 (以後、近未来)、2081 年から 2100 年 (以後、将来) である。十勝平野において、気温は単調に増加が予測されているが、現在、少ない積雪が、近未来に大きく増加する可能性があることが分かった。そして、その後は、降水量の減少と気温上昇より降雨が卓越するため再び積雪深が少なくと予測されている。具体例として、帯広では、3 時期の 12 月平均気温が  $-4^{\circ}C$  から  $-2.7^{\circ}C$  を経て  $-1^{\circ}C$  に上昇した。2031-2050 年に最深積雪が増えるのは、気温が上昇しつつ氷点下であることから、降水量の増加が原因である。特に、12 月降水量では 39 mm から 91 mm、12 月降雪深では 49 cm から 114 cm と約 2.3 倍に大きく増加と予測された。

### ② 温暖化時の道東・十勝地方の土壤凍結深予測

土壤凍結深推定モデルを用いて、十勝平野の将来の土壤凍結深分布を面的 (空間分解能 1 辺約 10km) に予測した。2031 年～2050 年 (近未来) にかけては、断熱作用のある積雪深が大きく増加するので結果として、土壤凍結深は大きく減少し、土壤凍結は全く生じない状態となる。その後 2081 年～2100 年 (将来) では、気温上昇より積雪深が減少するため、2031 年～2050 年時と比べると、土壤凍結深はやや増加することが予測された。これは、断熱作用のある積雪深が再び減少するためである。しかし、現在と比較すると、土壤凍結深は小さい (図 1)。これは、温暖化に伴う気温上昇によって、大気からの冷却効果が弱まるためである。

### ③ 温暖化条件下における道東地方の農地環境や農業に与える影響評価

道東地方の土壤凍結深の減少 (変動) が農業に与える影響を、正負の両面から本研究で得られた結果および現場で実際に生じている事例に基づき検討した。

#### A. 農業への正の影響

a) 課題 (2) での除雪区・対照区の観測結果に加え、2001 年から行った長期観測サイトの結果から、凍結層が発達した過去には融雪期に融雪水の浸透が大きく抑制され、平地では融雪後の地表湛水による春作業の遅れや秋撒き小麦の湿害、傾斜地では表面流出による土壤侵食や肥料成分の農地の外への流出、河川流量の増加の原因になっていたと考えられる。一方、凍結層が浅くなった近年では、融雪期に凍結層が若干存在しても、それが融雪水の浸透の遅延にほとんど寄与しないため、過去に比べて土壤凍結地帯に特有のこれらの問題は、かなり緩和されていると考えて良い。

b) 土壤凍結深の減少に伴う冬の厳しい気象条件の緩和から、越冬作物の作物生育環境には好影響があると考えられ、今後、品種の選択肢が拡大する可能性が高い。特に、現在起きつつある現象として、これまで道東地方の土壤凍結地帯では不適とされたアルファルファ栽培について、越冬性向上に向けた品種改良の効果と十勝地方における現地実証により栽培可能性が高まっており (北海道農研, 2004)、さらに土壤凍結深が減少傾向にあることで、栽培可能適地が拡大しつつある。

#### B. 農業への負の影響

a) 近年の土壤凍結深の減少は、ジャガイモ収穫跡畑において、前年度の収穫時にこぼれた小イモが翌年に芽を出し雑草化する「野良イモ」の多発を生じている。これは、かつては厳しい冬の土壤凍結環境で凍死したイモが、土壤凍結深が浅くなることで越冬可能になり雑草化する現象である (図 3)。現地調査の結果から野良イモの発生は、年最大土壤凍結深が 20cm 以下となると顕著になり、発生数は多いところで



は、2万株/1haに達することが明らかとなった。野良イモは後作の生育を阻害するほか、混種や各種病虫害発生要因となるため除草が不可欠である。現状では農薬処理も効果的ではなく、人力処理が主な対策であるため、数十時間/1haの除草時間を要し、1戸当たり平均5haのじゃがいも栽培面積を有する十勝では、新たな深刻な労働負担となっている。

b) 課題(2)の結果から、最大土壌凍結が20cm程度までしか発達しない条件では、融雪期に凍結層が存在しても融雪水の土壌中への浸透が抑制されないため、凍結深があまり発達しない近年では、多量の融雪水が土壌中に浸透すると考えて良い。したがって、農地の肥料成分などの物質移動も大きく影響を受け、凍結深が30-40cm以上と深い場合は農地に残っていた肥料成分が、最大凍結深20cm以下では融雪期に溶脱し、地下深くへと速やかに浸透すると考えられ、農業由来の地下水汚染の危険性が高まる可能性がある。つまり、土壌凍結深減少による融雪水の浸透形態の変化に伴い、農地の施肥管理の変更を検討する必要があると考える。

c) 2006/07年の冬に生じた12月末の記録的な暖冬により断熱作用のある積雪層が消失し、その後の気温低下で、土壌凍結の発達を却って助長した(芽室拠点で最大土壌凍結深26cm)。そして、凍結層に多量に含まれる氷により不凍水層が形成された。その後、1月上旬に再び例年のない正の気温となり、この時生じた高温時における、みぞれ交じりの多量(68.5mm)の降水は融雪し、凍結層による不凍水層が形成されていたことで融雪水の浸透が極端に抑制され、地表湛水を生じた。その後の低温により湛水面は氷結し、氷結した中に閉じこめられた小麦や牧草が枯死する凍害を生じた。温暖化によって30年後の十勝では凍結深が浅くなることが予測されており、そのような状況下では凍結層が融雪水の浸透を抑制する可能性は低い。しかし、そこに至る過程あるいは温暖化における将来予測(2081-2100年想定)では、2006/07年の暖冬の時のように逆に凍結層が発達して、融雪水の浸透を抑制し、越冬作物に凍害をもたらす可能性がある。

#### 4. 考察

本研究課題の設定を要約すると以下の二つとなる。

- A) 近年20年では、道東地方の土壌凍結深の減少傾向が認められるが、より長期の時間スケールでも同様な傾向が認められるのか、また、土壌凍結深の減少傾向は今後も続くのか、否か。  
 B) 地球温暖化(あるいは気候変動)は土壌凍結深変動にどのような影響を及ぼすのか、ひいては道東あるいは寒冷地の農地環境や農業にどのような影響を与えるか。

両者の問いに対して、本研究で得た意義も含めてまとめると以下のようになる。

##### A)の土壌凍結深変動について

(a) 過去のデータの収集、土壌凍結深推定手法の開発と検証、温暖化時における将来予測によって、過去から未来まで最長200年以上に及ぶ土壌凍結深の長期変動データセットが作成できた。このデータセットから、現在、北海道・道東地方の大部分では1980年代の後半から生じている土壌凍結深が顕著な減少傾向は、少なくとも明治時代以降の北海道開拓以来、初めての現象であることを明らかにした。

(b) 道東地方の土壌凍結深の減少傾向がローカルな現象ではなく、寒冷圏と熱帯海洋の双方の気候

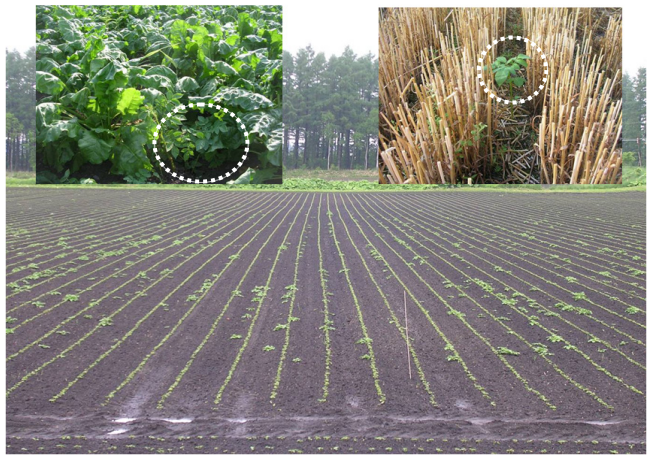


図3 土壌凍結深の減少が農業に及ぼす影響例(北海道・十勝地方) 野良イモの発生例  
 下: 列状に植わっているのは豆、その間にあるのが野良イモ、左上: ビート畑での野良イモ、右上: 小麦畑の野良イモ(いずれも丸印で囲んだところ)



図4 土壌凍結深減少影響に対する農業の適応対策事例 野良イモ退治のための雪割り(除雪)して土壌凍結促進をしている畑(十勝地方)

変動の相互作用を受けた結果として現れていると考えられる。さらに、近年、道東の土壤凍結深変動がインドネシア北部の海域とのテレコネクションがさらに強まり、予測可能といえるほど高い相関関係になったと解釈できる。したがって、今後、この手法の適用範囲や大気要因側からの気象学的根拠の追求を重ねることにより、道東地方の土壤凍結深の季節予報の可能性も十分にあると考える。

- (c) これまで一般的に温暖化が進行すると、寒冷圏では積雪深、土壤凍結深が単調に減少すると言われているが、道東地方は必ずしもそうなるとは限らないという予測結果が得られた。土壤凍結深の温暖化影響としては、長期的には減少傾向にあるが、近未来に向けては積雪深が増加して土壤凍結深がなくなる影響、その後、積雪が減少して土壤凍結が再度発生する影響という2つの事態を想定する必要がある。

これらの予測結果と過去から現在起きている現象を比較すると、現在、すでに初冬における積雪深の増加による土壤凍結深の減少傾向が生じており、また、2006/07年の冬は、初冬における高温で積雪が消雪したため、その後の気温の低下で土壤凍結の発達が却って助長される現象を観測した。したがって予測は現象トレンドの延長上にあるといえるか、むしろ現象は予測結果を先取りしている、あるいは予測を上回る速度で進行していると解釈できる。

#### B)の農業に与える影響について

土壤凍結深の減少は、寒さの厳しい冬の農地環境が緩和されることで、農業生産の向上に関しては正の効果をもたらすことが期待される反面、土壤凍結で抑制されていた雑草や病虫害の発生、融雪水の地下浸透の増加に伴う農業由来の地下水汚染へのリスクの増大等、当初の想定外の農業環境への負の影響が現れた。野良イモ発生や融雪水浸透が顕著となる土壤凍結深が20cmで共通する点は特筆される。つまり、環境に及ぼす影響が大きく現れる土壤凍結深の臨界点は、凍結がなくなってから(凍結深0cm)ではなく、凍結層が作土層と同程度の厚さである20cmから生じることが明らかになった。

以上の気候変動(温暖化)に伴う土壤凍結深の減少が農業に及ぼす影響に対する適応対策として、次のような方策が考えられる。

- a) アルファルファ栽培の例のように近年の気候変動条件の下で土壤凍結深の減少傾向に伴い従来の適地区分が変わることが示唆される。したがって、今後の温暖化予測も踏まえた気候学的手法に基づく適地分布の見直しが必要と考えられる。
- b) また、この地域はこれまで少雪厳寒であったため越冬作物である小麦や牧草の品種育成では植物体が氷点下での凍結に耐える耐凍性の強い品種育成が重視されていた。しかし、土壤凍結深が減少し、積雪に覆われる時期が早くなっているため、越年生作物が積雪下で越冬する能力の高い耐雪性の強い品種の導入や育成の検討等、育種戦略の再考時期と考えられる。
- c) 同時進行的に生産現場では新たな適応対策技術の取り組みが着手されている。土壤凍結深減少に伴う野良イモ発生に対して、一部の農家で凍結の抑制要因である断熱作用のある雪の除雪や、断熱効果を低減できる圧雪を作業機械で行い、人為的に土壤凍結を促進して野良イモを凍死処理する試みが始まり、実際に効果を挙げつつある(図4)。つまり、土が凍らなくなることで、一部の農家は土壤凍結の価値を新たに認識した。

一方で、現状では農家の勘と経験の作業のため1)凍結促進の行き過ぎで農地への悪影響を与える例(播種期の遅延や春先以降の作物の生育抑制など)や、逆に2)凍結促進不足により野良イモ防除効果を十分に発揮しない例等、営農上の悪影響を与える問題も生じている。そこで、この現場の問題にも対応し、課題1で開発した土壤凍結深推定モデルを基に積雪管理により凍結深を制御することにより、科学的に野良イモ防除に有効でかつ、土壤凍結促進が作物や農地に悪影響を残さないことを両立する対策技術が確立できる見通しを得た。

この土壤凍結深促進による野良イモ対策は、これまで、1)手取り除草で、数十時間/ha要していたのが、作業競合の生じない冬の農閑期での作業機械による農地の除雪でわずか1-2時間/haの作業となり、大幅な効率化と省力化を実現し、2)しかも、土壤凍結の活用により、無農薬による雑草(野良イモ)防除技術となった。さらに、本プロジェクト成果を応用した雪の管理による土壤凍結深制御技術は、大面積処理が可能な作業機械により、これまで不可能とされていた大規模土地利用型農業での環境制御が実現可能になることを意味する。つまり、世界の寒冷気候帯の南端にあり、気候変動の影響が現れやすい北海道・道東地方でのこれらの適応対策の動きは、気候変動を契機にこれまでの技術の延長上ではなかった新しい発想の農業技術が世界に先駆けて誕生し始めたことを示す。