

寒冷地における土の 凍結凍上と寒さ利用

帯広畜産大学最終講義

地域環境研究部門

土谷 富士夫

2010.3.4

畜大の昭和46年



土壌と土 SOILS

■ 土壌とは媒体 土壌物理学

- 植物への水分や養分の補給
- 根茎を支える
- 凍結とは 熱と水分輸送の現象

■ 土とは 材料 地盤工学

- アースダム 堤防 盛土の築堤材
- 道路 滑走路 駐車場 歩道など
構造物
- 地盤 支持基盤 斜面安定
- 凍上 基礎破壊 寒冷地工学

土の凍結・融解による影響例

農業的 問題

凍結害.....植物の細胞死（庭木、越冬性作物）
地下水位低下（井戸の枯渇）

凍上害..... 幼苗の浮上・抜根

融解遅延.....春期の耕起・播種作業の遅延
融雪水の湛水（越冬性作物の窒息死）

土壌侵食.....傾斜地で肥沃な表土流亡

工学的 問題

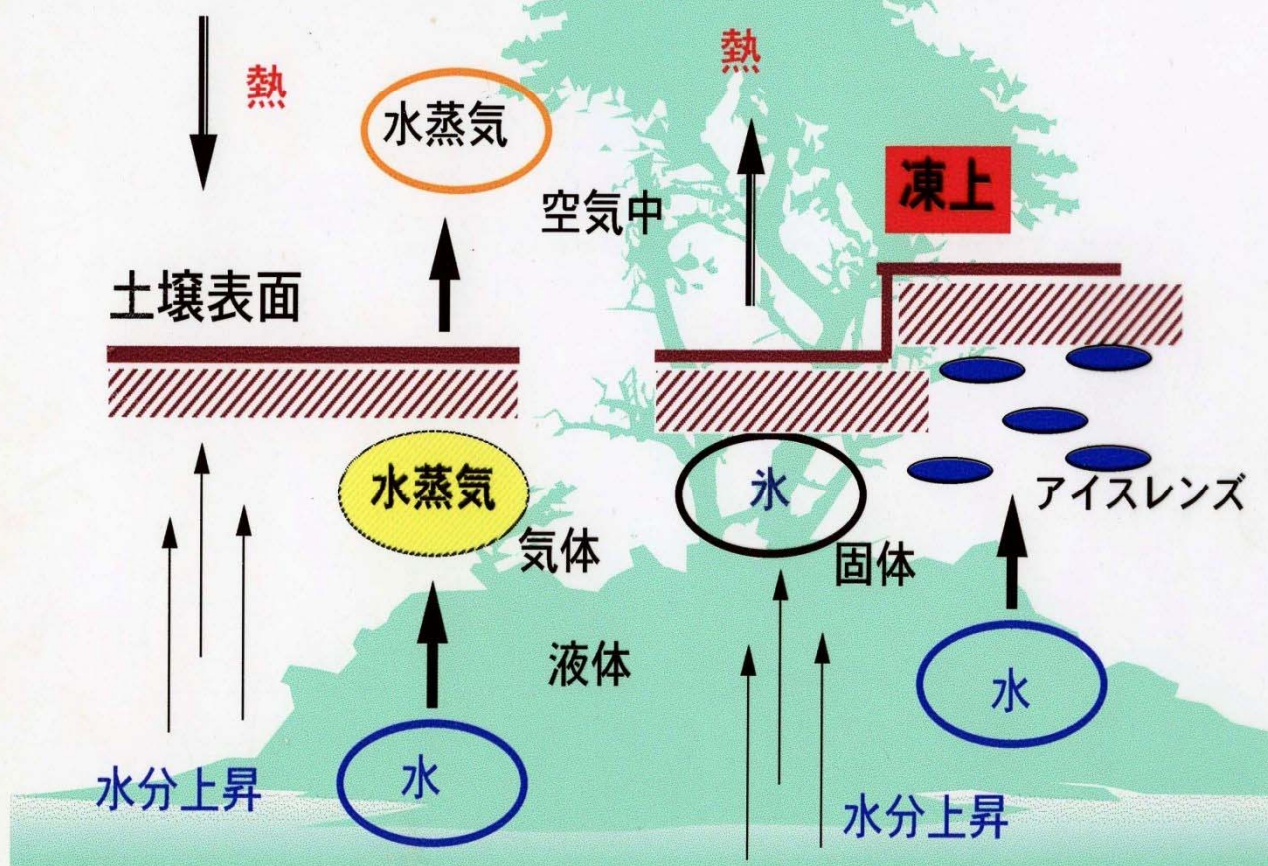
凍上 融解 沈下	交通施設	自動車道、歩道、農道、 滑走路、駐車場
	水利施設	用・排水路、道路側溝
	生活施設	ガス管、水道管
	送電施設	鉄塔、電柱
	建造物	擁壁、斜面、住宅、

凍結と乾燥との類似性

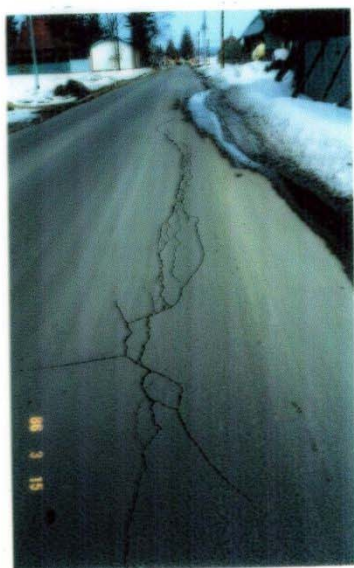
土壌の凍結と乾燥プロセス

乾燥プロセス

凍結プロセス



道路・歩道の 凍上被害



70%の置換工法では凍上は
防げない

舗装のクラック

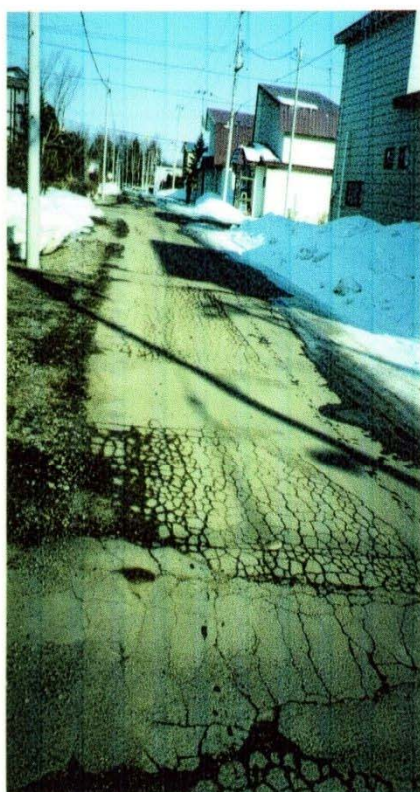


写真-2.3 融解による支持力低下で亀甲状に割れた舗装

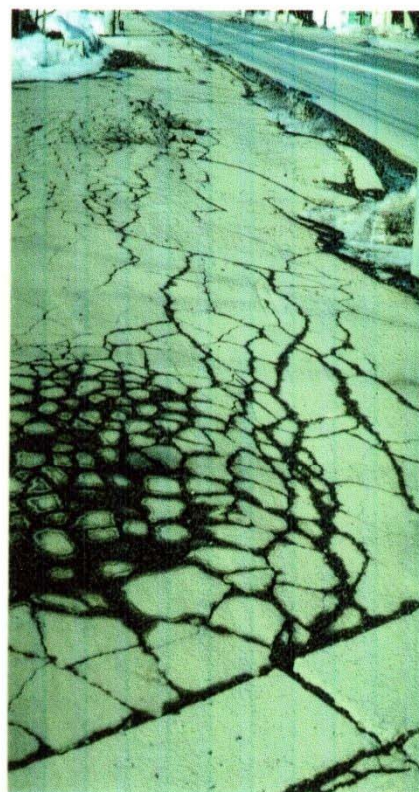
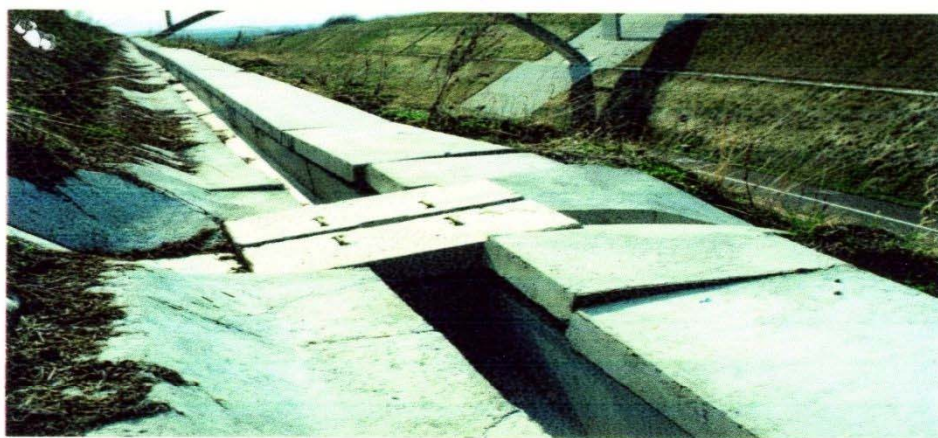


写真-2.4 融解による支持力低下で亀甲状に割れた歩道

**置換率が不足するとアスファルト
舗装は破損**

長大斜面の小段 排水溝の破壊



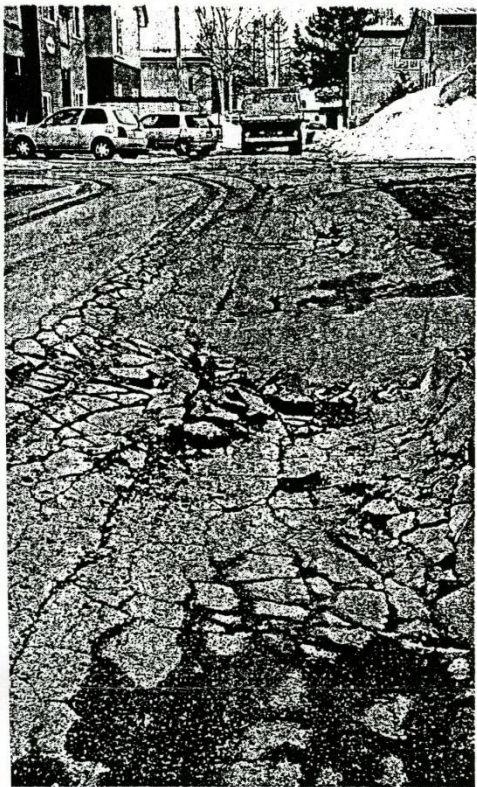
写真—2. 5 凍上により破壊された法面小段の排水溝



写真—2. 6 凍上と融解によって破壊された法面排水溝

厳寒の傷跡

毎日新聞 2001.3.26



道路に穴あちこち

厳寒の傷跡：例年より増加

走行に危険な所も

市維持課 巡回し応急処置

厳しい寒さがやっと和らいだ市街市内では、簡易舗装の道路に穴が開いたり、盛り上がるなどの破損箇所が例年より目立っている。厳寒時に地下深くまで凍結したのが原因とみられ、道路にできた段差や穴は車や自転車の走行に危険なところも。市道路維持課では砂や砂利を積んだトラックでパトロールしながら補修作業に追われている。

(成田融)

降った雪が地面に積もれば、その雪が断熱材の役割を果たし、地下深くまでは凍結しないが、道路だけの簡易舗装は、特に路上は除雪されるため、地下凍結の影響を受けやすいため、防塵（ぼうじん）しやすい。

砂利道を平たんにならねば、その雪が断熱材の役割を果たし、地下深くまでは凍結しないが、道路だけの簡易舗装は、特に路上は除雪されるため、地下凍結の影響を受けやすいため、防塵（ぼうじん）しやすい。

処理などを目的としたところ、砂利道を平たんにならねば、その雪が断熱材の役割を果たし、地下深くまでは凍結しないが、道路だけの簡易舗装は、特に路上は除雪されるため、地下凍結の影響を受けやすいため、防塵（ぼうじん）しやすい。

マンホールの周辺が盛り上がり、マンホールそのものが大きな穴になっている場合や、路面が三十センチほどへこんだため、深いわたちのようにになり、車高の低い車が車体

住宅街では例年以上に道路の破損が目立っている。市維持課は巡回し、砂や砂利を平たんにするなどの応急処置を施し、破損がひどい箇所は五月ごろに本格的に補修工事をする。

を地面につけるケースもあるという。

同課では「厳寒に何件破損したかの集計はないが、例年よりかなり多い

のは確かだ、今後も増えるのは間違いない」とみており、「車底が壊れた

という情報もあるので運転には注意を」と呼び掛けている。



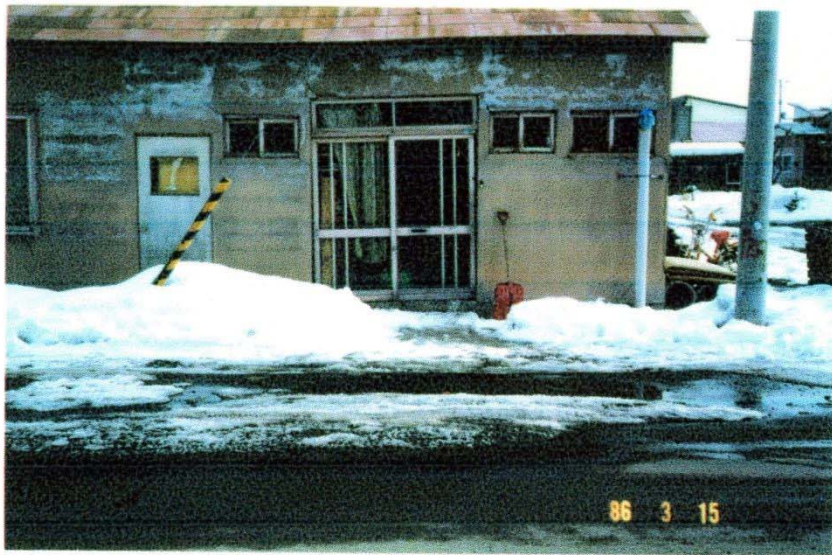
図-6.3.6 凍上した路面とマンホール鉄蓋の段差

マンホール周辺の凍上



斜面の法枠の凍上と滑落

図-6.3.7 表型が雪の融解時の斜面被害



家屋の凍上



橋脚の凍上



初冬の霜柱



凍上対策としての道路置換法

牧草の女王 アルファルファ



アルファアルファの 浮上抜根





写真 7・9 主根型のアルファルファ根の例

牧草アルファルファの断根

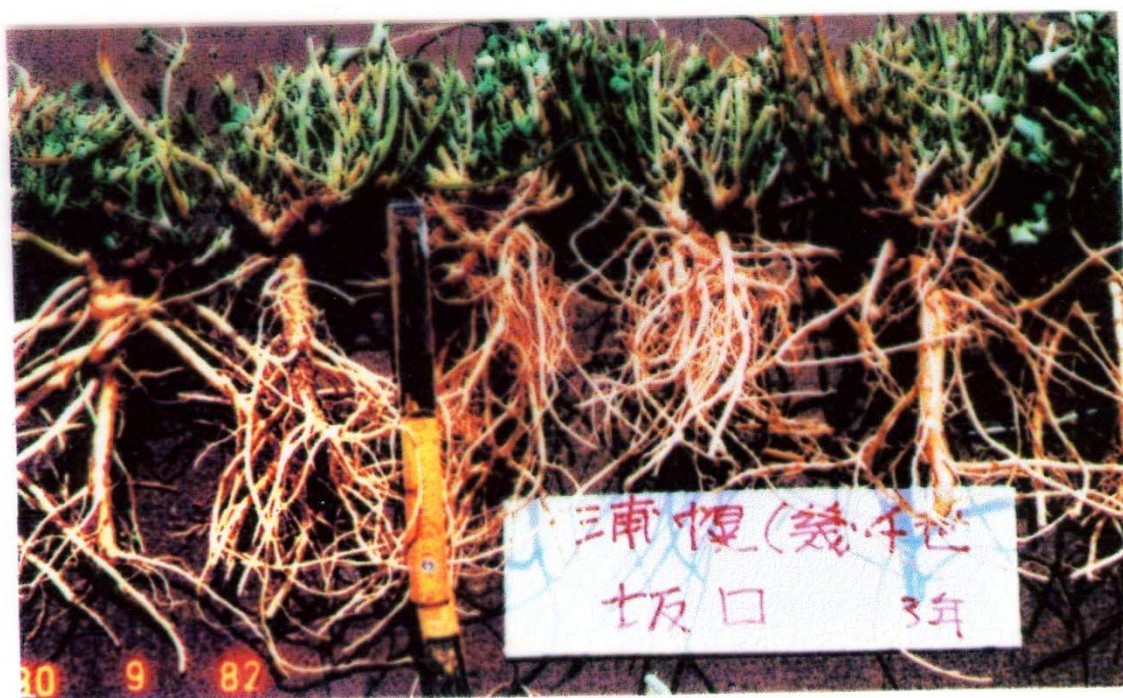
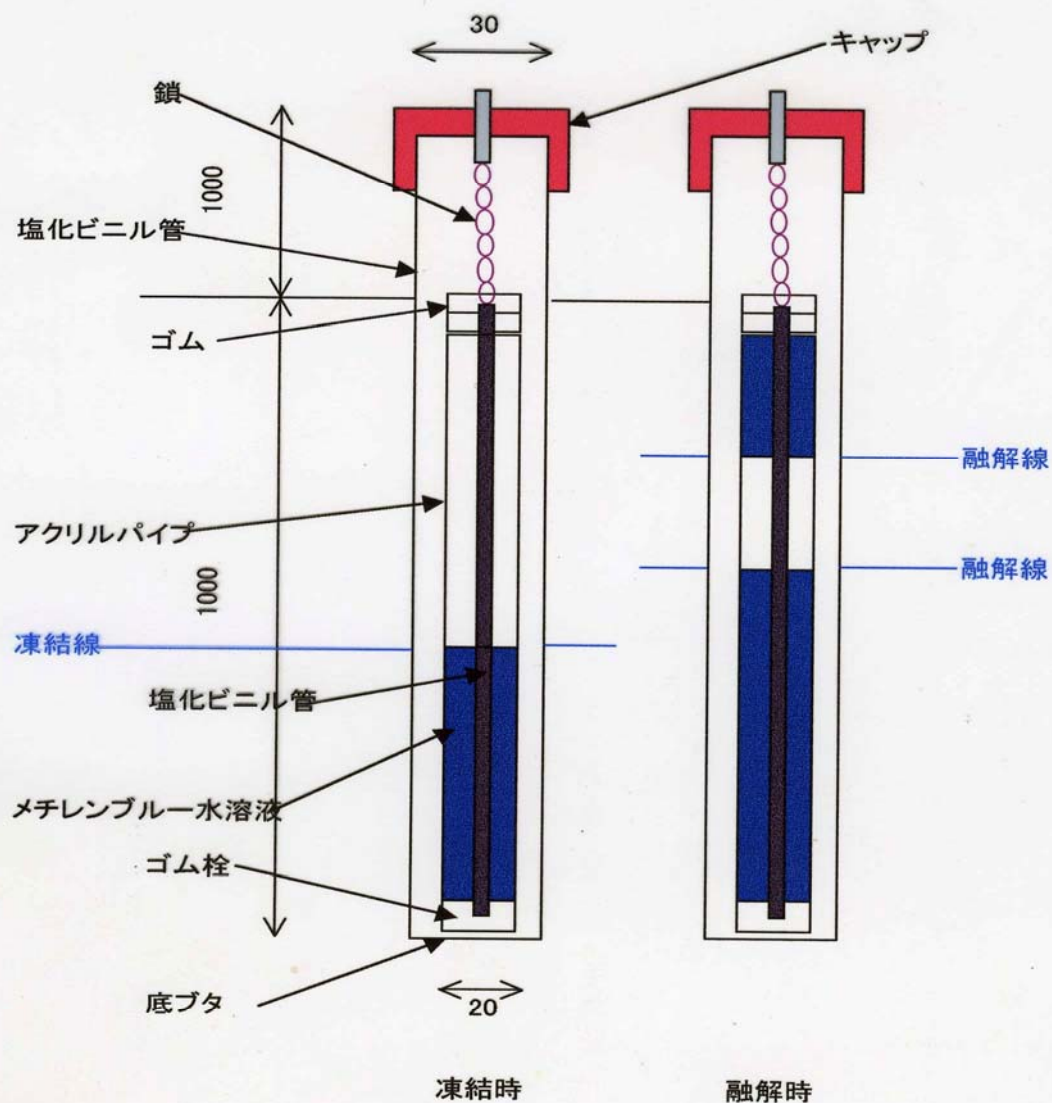


写真 7・10 分根型のアルファルファ根の例

畜大式土壤凍結深計



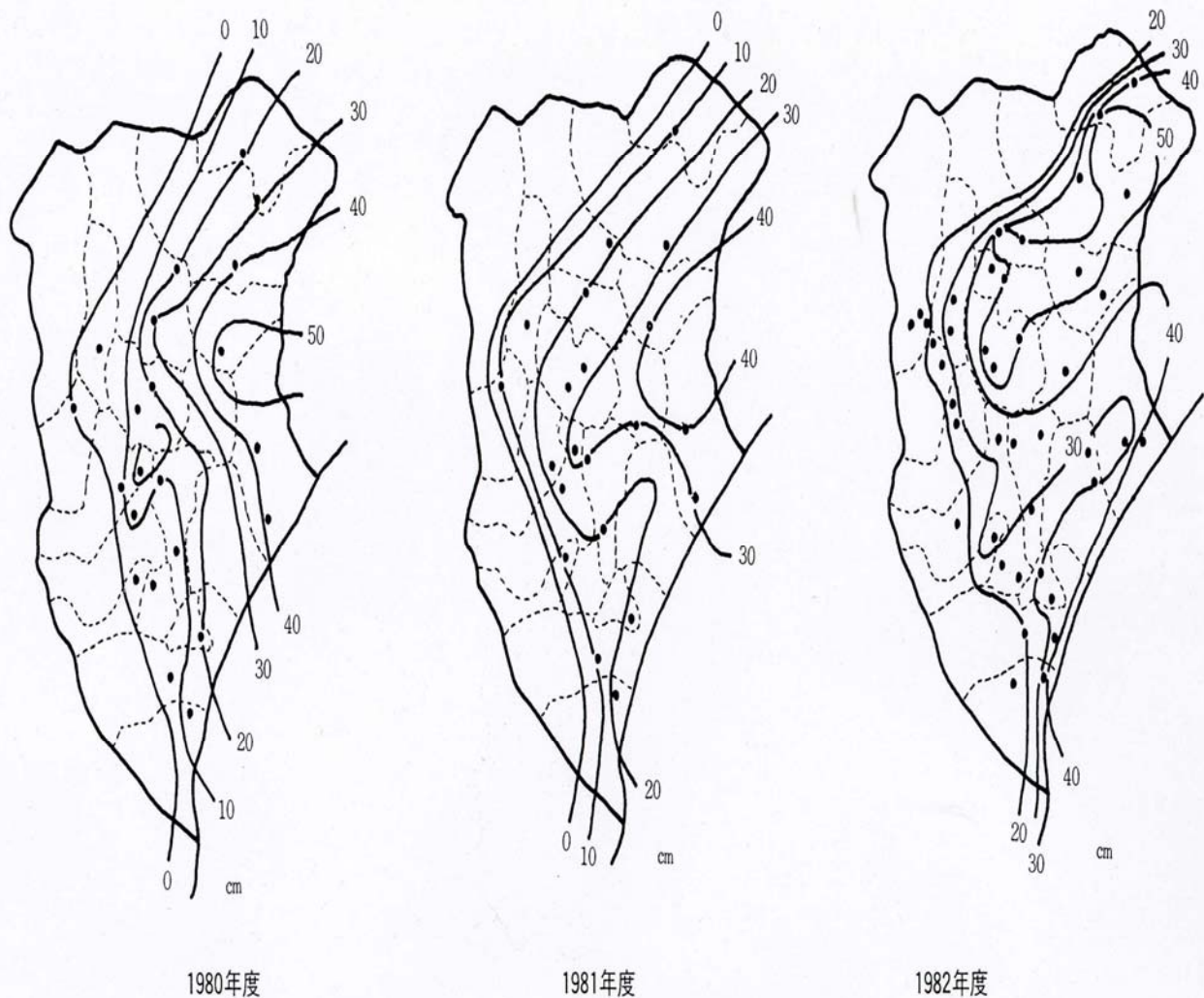
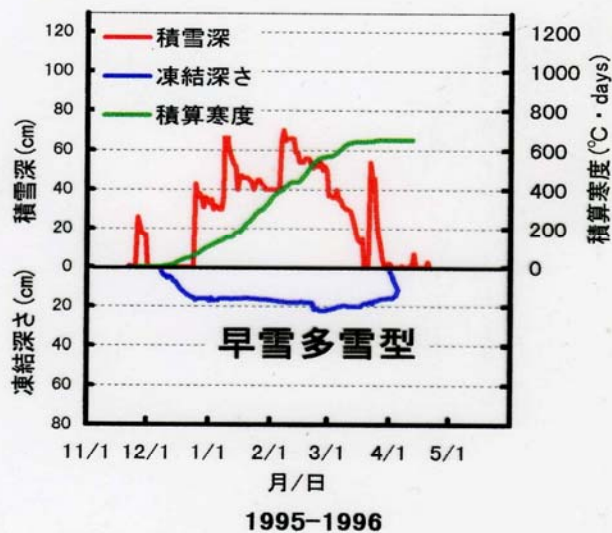
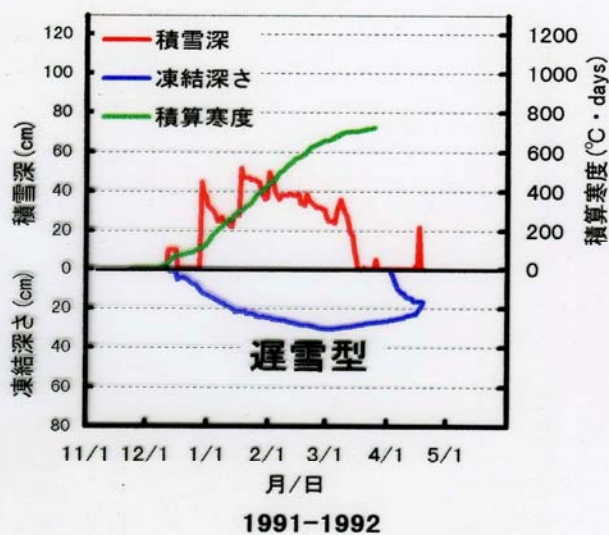
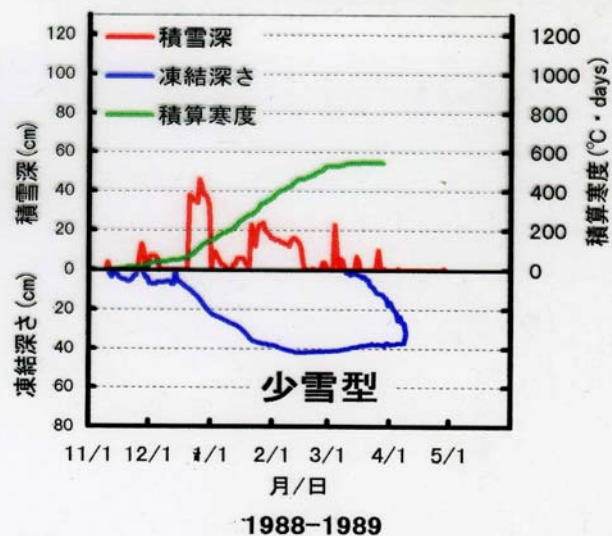
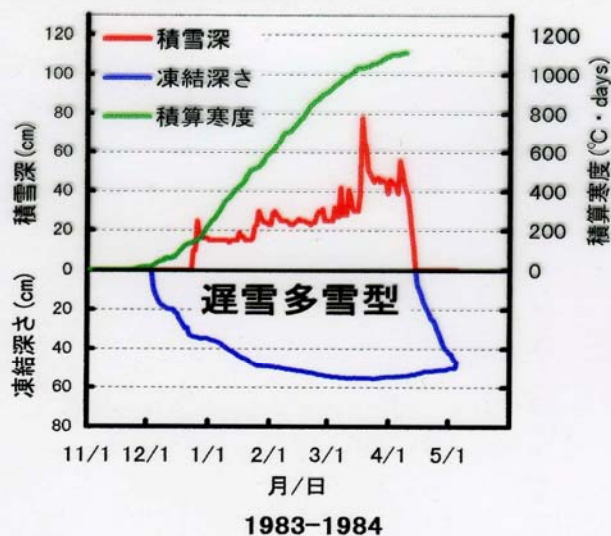


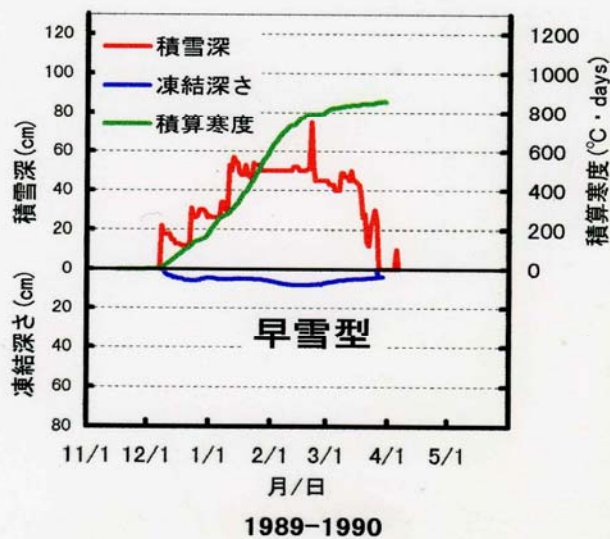
図6・2 十勝地方の最大凍結深さの分布図 (cm) (●印 測定点)

十勝地方の土壤凍結深の分布

日高山脈・大雪山系の山麓で浅く、
足寄・上士幌の 内陸で深い



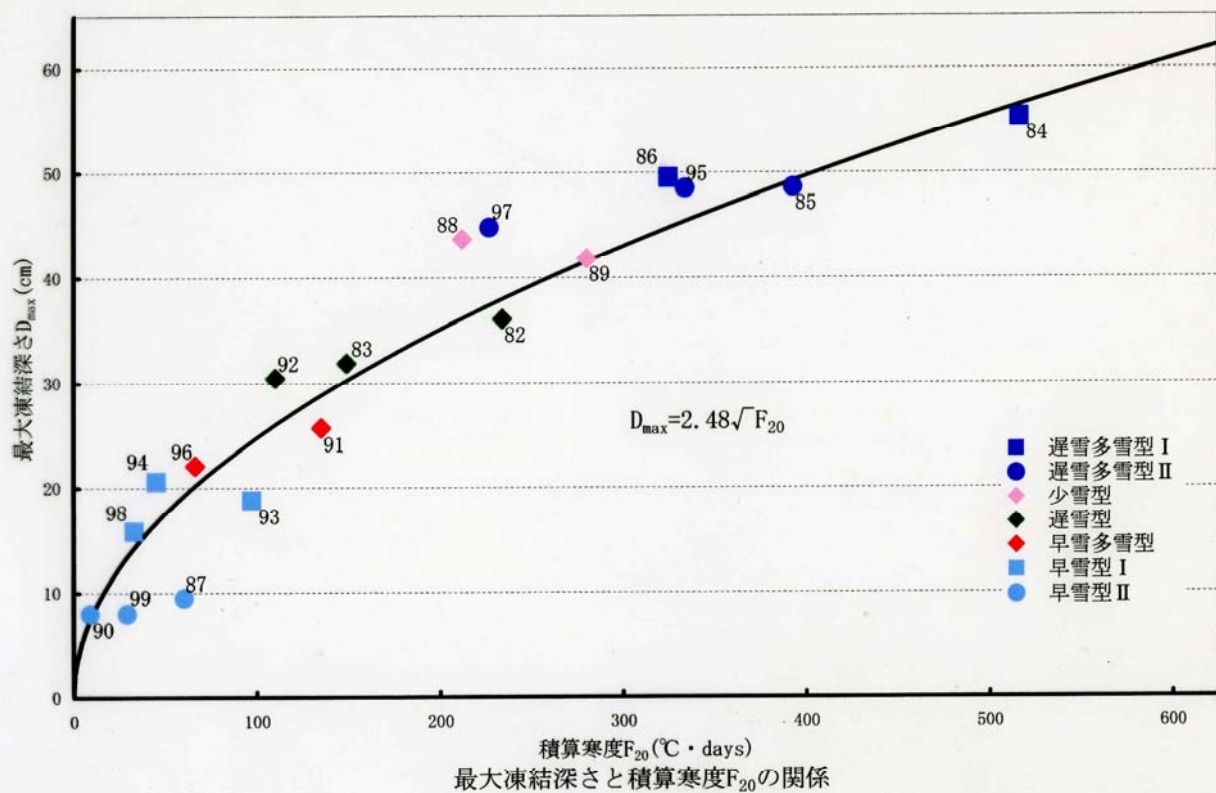
- ・ 凍結開始時の積雪深
→ 凍結の進行を左右
- ・ 多積雪
→ 凍結を維持
- ・ 早期の融雪
→ 融解を促進



土の凍結実験圃場



積雪下の最大 土壌凍結深



凍結土層による融雪水のプール化



アルファルファの凍害による枯死



暖冬に代わり…数年前からぶり返し

▲凍上V土の上層の凍結によって下層から凍結層に向かって毛管現象で水分が上昇し、アイスレンスと呼ばれる氷層をつくり、地表面を隆起させる。凍結の深



畜大構内で気温を観測する土谷教授

さを左右する要因は①気温②土質③水分供給 砂と粘土の中間粒径のシルト土壌が最も起きやすい。土壌を砂や砂利に置換すると防げる。

冬期間を通じた寒さは、が長く、ピークの八五年度畜大構内での測定をもとに、一三三七に達したが、氷点下となった年平均気温、翌八六年度からは指数が低下し、八八年度は五四六と最低を記録。九二年度から土谷教授によると、観測を始めた一九八一年度から八五年度にかけては、指数た。

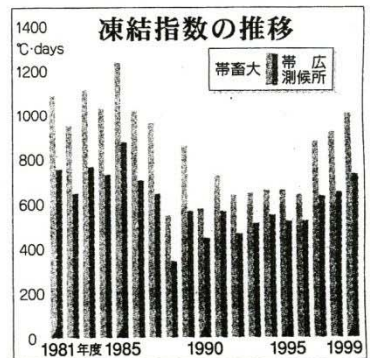
【社会部】平野明「この数年の冬は暖冬傾向に代わって、寒さがぶり返していることが畜大畜産大学の土谷博士教授（水雪工学）の観測と分析で明らかになった。今冬も畜大構内の観測で、九日に二月上旬としては異例の氷点下二〇度台に達した。土谷教授は「寒さが続けば、路面凍結が盛り上がる凍上被害が出る」とみている。

1月上旬異例の氷点下30度台

土谷帯畜大教授が分析

道路盛り上がる「凍上被害」も

厳しい寒さ 指数で実証



大台は珍しい」（同教授）

【土谷教授】「水点下三〇度は例年一月上旬から二月上旬が多く、一月上旬の大台は珍しい」（同教授）

寒さが再び目立ってきたのは九七年度から。昨シーズンの九七年度は、十三年ぶりに指数が一〇〇を突破、シーズン中の最低気温も八一年以降の観測で二番目に低い同四度（昨年一月二十七日）を記録した。今冬も九日に早くも氷点下三〇・四度に達した。帯畜大測候所の観測では、この日の最低気温は同三・二度。市街地との気温差は「アスファルトやコンクリートなどの放熱で都市部では気温が下らないため」（土谷教授）。

産廃不法投棄容疑 土壌汚染の食品会社

役場在職時、

公私混同

【土壌汚染】地方部 産廃物処理法違反（町有地への産業廃棄物不法投棄）の疑いで逮捕された町内の食品加工会社「ナリッシュ」

で、アスファルト路面が膨れ、亀裂が生じたり、側溝がブロックの損傷、マンホール周辺の路面の上昇などの被害が起きます。最近の住宅は基礎が深いため狂いは出ないが、除雪の徹底で歩道などは断熱効果を持つ雪が融け、凍上する例が見られる。「二ヶ月もこの寒さが続けば、被害が予想される」（土谷教授）としている。

氷点下29・1度

陸別で寒さ 今季一番

【社会部】十勝地方は十三日朝、一部で厳しく冷え込み、陸別で最低気温が氷点下二九・一度と今季一番の寒さとなった。帯畜大測候所によると、同日朝は犬吠をで同二五・七度、本別で同二二・二度、豊原町大津で同二二・〇度、浦幌で同二二・

ジオテキスタイルを用いた 遮水工法による凍上対策

(5) 1998年(平成10年)1月14日(水曜日) (第3種郵便物認可)

十 勝 毎

毎
勝
十

新産業めざして

8

帯広畜産大の研究から

道路の凍上を防ぐ

寒冷地域では舗装道やコンクリート製の高速・高規格道路が凍上によってひび割れたり、破損するケースがあるが、同教授はこれを防ぐため不織布シートを埋め込む研究を続けており、「道路建設では工事費に占める凍上対策の割合が増加しつつある中で経済的効果がある」と話している。

凍結に伴う土の凍上対策では、路盤下の土を凍上しない物質に置き換える置換工法はじめ、断熱工法、遮水工法などがあるが、経済コストが高いことが指摘されている。地域によって寒冷環境は大きく異なり、例えば凍上しない土を使う場合で

キスタイル(不織布)が、での一部利用を始めてい上部は透水しやすく、下部は毛管移動する水の遮断効果があることに注目。各寒冷環境に応じた繊維素材(ジオテキスタイル)を使用することによって、コストは削減できるとしている。

すでに、日本道路公団との共同研究で高速道路の土の投棄場所がなくて

繊維素材使用でコスト削減

環境問題にも影響。ジオテキスタイルによる凍上対策は、こうした面でもメリットがある」と強調している。

(政経部道下恵次)



畜産環境科学科
土谷富士夫教授



最大凍結深度に不織布を入れ込む実験風景

道の補助制度メモ
【中小企業新分野進出事業費補助金】▽対象者Ⅱ中小企業新分野進出等円滑化法に基づいて新分野進出等計画の承認を受けた中小企業者▽対象事業Ⅱ新商品・新技術開発など▽補助内容Ⅱ対象経費の三分の二以内、六百七十五万円程度。



土の凍結・凍上現象

- 寒冷地域での世界的な問題
- 現地での現象の把握
- メカニズムの探求
- 凍上試験法の確立
- 気象変動と経年変化
- 経済的対策と工法の開発
- 寒さ利用と自然エネルギー
- 自然との共生
- 凍結地盤と地震災害



土の凍上対策

- 置換工法
- 断熱工法
- 遮水工法
- 安定処理工法
- 氷点降下法

土の凍上対策工法

1. 置換工法

非凍上性材料
置換深さ

2. 断熱工法

施工効率
強度

3. 遮水工法

排水法 持続性
ジオテキスタイル

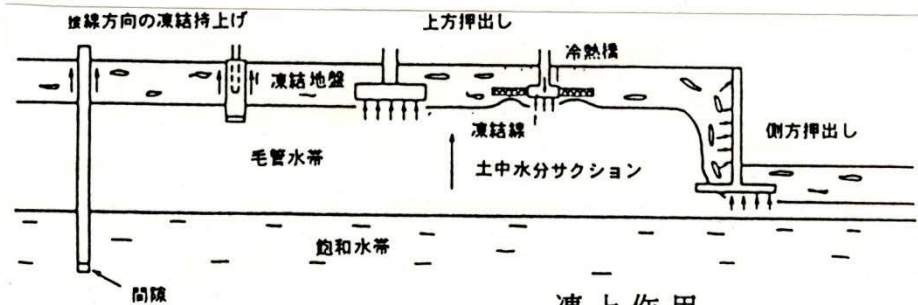
4. 安定処理工法

持続性
混合割合

5. 氷点降下工法

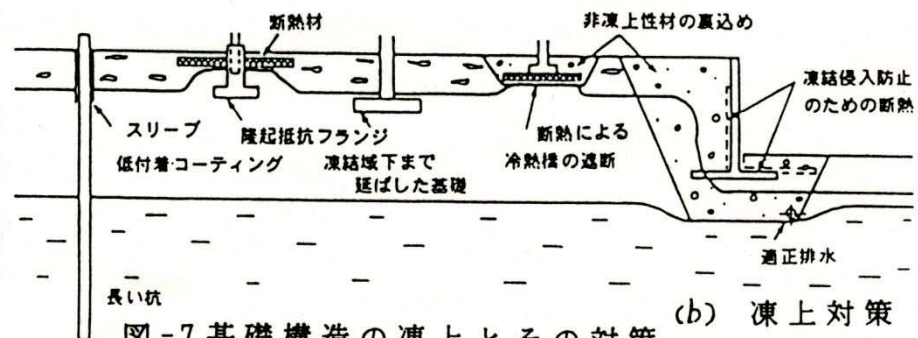
土の凍上対策工法

種類
持続性



(a)

凍上作用



(b) 凍上対策

図-7 基礎構造の凍上とその対策

凍 土 利 用

1. 地盤凍結工法
2. 凍結サンプリング
3. 汚泥の凍結融解脱水処理
4. 人工永久凍土食糧貯蔵庫
5. 凍結アンカー
6. 凍結運搬路
7. 凍土止水壁

地球温暖化と土の凍結

十勝地方は積雪量が増加？

雪腐れ病の心配

野良イモ対策

ドカ雪によるハウス等の農業
施設の倒壊

農作業の開始時期の遅れ



食糧長期備蓄の必要性

- 世界の食糧危機に備える
- 日本の食料自給率を上げる
- 付加価値を付けた品質向上
をめざす(ブランド化)
- 自然冷熱エネルギーの利用
を推進
- 凍土利用型のHP凍土低温貯蔵
- 道路等除排雪の雪利用型
農産物低温貯蔵

1987年12月建設完了



**建設から23年
貯蔵庫周辺の土は
人工永久凍土化**

貯蔵庫内部と凍土壁



八千代地区・HP低温 貯蔵庫の建設





**大型実用HP凍土貯蔵庫
バレイシヨ70tを貯蔵
(帯広八千代地区)**



**中古鉄道輸送コンテナ
を利用した凍土低温貯蔵
(帯広農業高校)**

夏の凍土低温貯蔵庫 2009年9月






冷熱源を外部に持つ 雪山利用型の低温 貯蔵施設(音更町)

貯蔵庫と冷風導入装置





ご清聴有難うございました。
39年間、お世話になりました。

最終講義 終了
土谷 富士夫