

# 道路防雪林の土壌基盤と生育状況の関係について

上田真代<sup>※1</sup>，松澤勝<sup>※1</sup>，伊東靖彦<sup>※1</sup>，高玉波夫<sup>※2</sup>，下道純<sup>※2</sup>

## 1. はじめに

道路防雪林とは、風速を軽減し林内に雪を積もらせ、道路上の吹きだまりや視程障害を緩和するために道路沿いに植栽される林帯である。植栽される樹種は、積雪寒冷地であることや要求される機能から、冬季も密な枝葉が必要と考えられるため、主に常緑針葉樹が用いられており、防風、防雪、視程改善の効果を発揮している<sup>1)</sup>。

しかし近年、防雪林の造成が進むにつれ、いくつかの課題が顕在化してきている<sup>2) 3)</sup>。特に防雪林は幼木で植栽されるため、防雪効果を発揮するためには、早い樹木の生長が必要であるが<sup>4)</sup>、植栽後初期の生育の遅れが指摘されている。その原因として、強風や堆雪、堅固な土壌など、防雪林の生育環境が厳しいためと考えられているが<sup>5)</sup>、十分な調査事例が無く、明確な原因判定手法や基準が存在しない。そこで、防雪林の生育不良の原因判定手法の確立に向けた基礎的資料として、生育基盤である土壌の物理性に着目し、まず防雪林の初期生長期における生育不良の要因を把握するため、調査を実施したので報告する。

## 2. 調査方法

### 2.1 調査箇所

北海道において比較的防雪林の多い道北圏から、一部の樹木が枯死状態にあるなど生育の不良な A 防雪林（写真－1）、比較箇所として良好に生育している B 防雪林（写真－2）、および生育状態が不揃いである C 防雪林（写真－3）の3箇所を調査対象とした。表－1に防雪林の樹種、植栽年等を示す。何れも人工的に造成された地盤上に植栽されている。

表－1 調査対象防雪林の状況

|      | 樹種             | 樹高                | 植栽年     | 生育状況             |
|------|----------------|-------------------|---------|------------------|
| A防雪林 | アカエゾマツ<br>トドマツ | 0.4～1.1m<br>(幼木)  | H17     | 生育不良<br>(一部枯死あり) |
| B防雪林 | ヨーロッパトウヒ       | 3.4～7.5m<br>(成長木) | S63～H13 | おおむね良好           |
| C防雪林 | アカエゾマツ         | 1.5～4.1m<br>(成長木) | H4      | 生育に<br>バラツキあり    |

なお、調査は平成20年10月下旬にA防雪林およびB防雪林の一部、平成21年8月下旬にB防雪林、9月中旬にC防雪林で実施した。



写真－1 A防雪林の現況



写真－2 B防雪林の現況



写真－3 C防雪林の現況

※1 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地道路研究グループ 雪氷チーム

※2 独立行政法人 土木研究所 寒地土木研究所 道北支所

## 2. 2 調査内容

造成地の区割りを基にA防雪林を8区画、B防雪林を4区画、C防雪林を8区画に分け、各区画から1箇所、合計20箇所を無作為に抽出し、土壌の形態的特徴を調べるため、1m四方、深さ80cm程度の試坑を掘削して土壌断面調査を行った(写真-4)。また、試坑周辺の樹木の生長量や枯死本数などの生育状況調査を実施した。更に、生育阻害の要因として植生基盤の物性に着目し、現場調査として土壌硬度、室内試験として深さ10cm、20cm、40cmで採取した土壌について土壌密度および三相分布(土の固体、水、空気の体積比)を測定した。以降、各防雪林の調査箇所については、A-1~A-8、B-1~B-4、C-1~C-8と表記する。



写真-4 土壌断面調査の状況

## 3. 調査結果

### 3. 1 生育状況

#### (1) A防雪林

一般的に樹木の生育状況調査においては、樹高や幹周等の計測を行うが、A防雪林は植栽時から樹高に殆ど変化が見られぬ幼木であることから、植栽された全ての樹木に対し、生育不良の程度により枯死、半枯死、良好の3段階に区分して、各区画全本数に対する枯死と半枯死の割合を不良率と定義し、生育状況の指標とした。

図-1に示す通りA防雪林全体の不良率は42.6%であった。各調査箇所においては、A-2が87.0%と最も不良率が高く、次いでA-4の75.9%であった。なお、A-1、A-2、A-4、A-6の4箇所からは、写真-5のように滞水が確認されており、これらの水位を図-1内に記した。

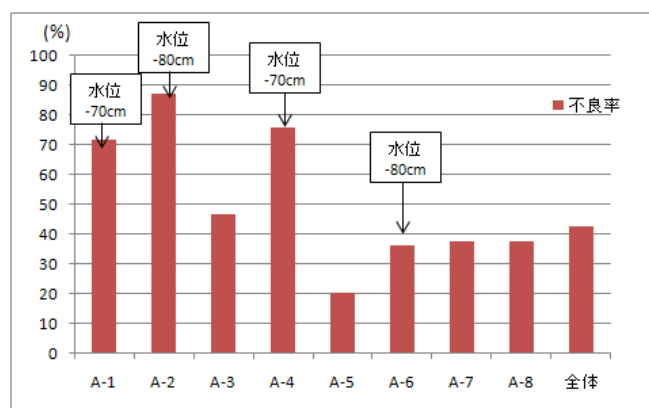


図-1 A防雪林の不良率

#### (2) B防雪林

B防雪林およびC防雪林においては、各土壌断面調査箇所を中心とした周辺の樹木3~5本について、樹高を調査した。また、B防雪林は、植栽年や植栽時の樹高が異なるため、生育状況の指標として年平均生長量を次式で求めた。なお、以降の分析には年平均生長量を用いることとする。



写真-5 滞水箇所の状況 (A防雪林)

年平均生長量 [m/年] =

(調査時の樹高 - 植栽時の樹高) / (植栽からの経過年)

B防雪林の年平均生長量を図-2に示す。年平均生長量は、B-2周辺の樹木が0.55m/年と他の箇所の値よりも大きい。B-1およびB-2周辺樹木の平均樹高は共に7.5mであるが、植栽年や植栽時の樹高を考慮するとB-2周辺の方が生育良好である。また、B-1の掘削孔のみ僅かに滞水が確認されている。

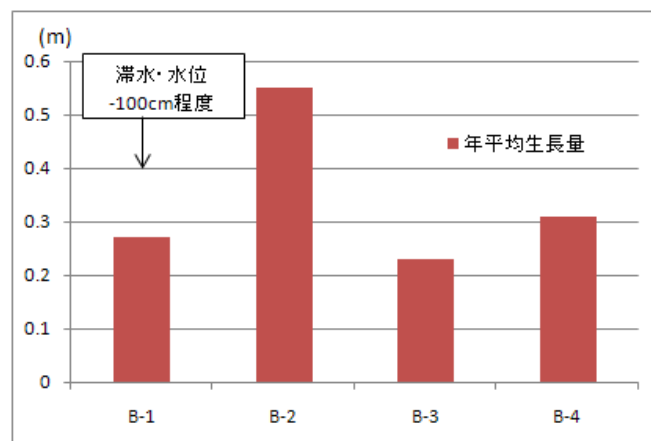


図-2 年平均生長量 (B防雪林)

### (3) C防雪林

C防雪林は調査箇所全てにおいて、平成4年に樹高0.8mのアカエゾマツが植栽されているが、**図-3**に示すように樹高1.5~4.1mと生育状態に差違が見られる。年平均生長量は、最大でC-1周辺樹木の0.2m/年であり、C-2、C-3、C-4周辺の樹木は0.1m/年以下で、特にC-3は0.04m/年と殆ど生長していない。また、樹種は異なるものの、年平均生長量はB防雪林に比して全体的に小さい。以降、B防雪林、およびC防雪林については、樹種は異なるが共に針葉樹であることから、併せて分析を行った。

C-8以外の7箇所の掘削孔では、地表から深さ25~95cmにおいて滞水が確認されており、各々の水位を図中に記した。最も水位が高かったのはC-2(地表-25cm)であり、最も低かったのはC-1(地表-95cm)であった。地表からの水位が深いほど年平均生長量は大きくなる傾向が見られるが、水位は季節や天候により変動するため、調査時期によって傾向が変化する可能性がある。

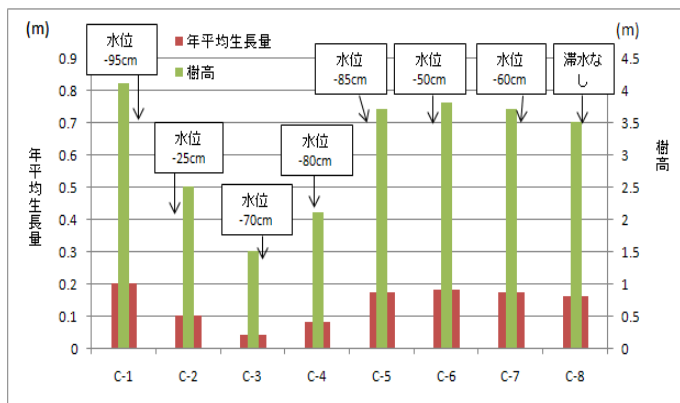


図-3 年平均生長量と樹高 (C防雪林)

全体では両者に強い関連性は認められないが、滞水の無い箇所に限ると、土壌硬度が高いほど生長量が大きくなる傾向があった。

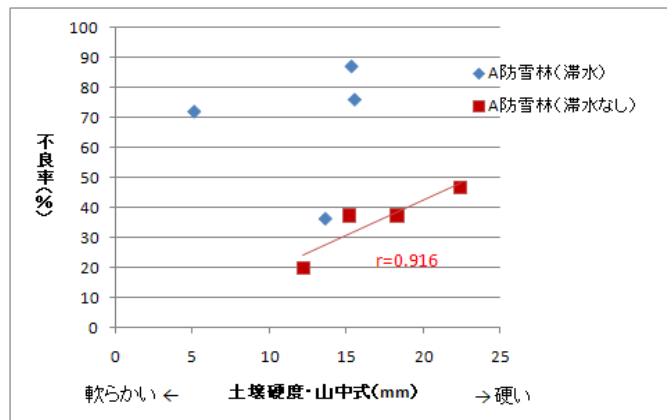


図-4 土壌硬度 (山中式) と不良率の関係 (A防雪林)

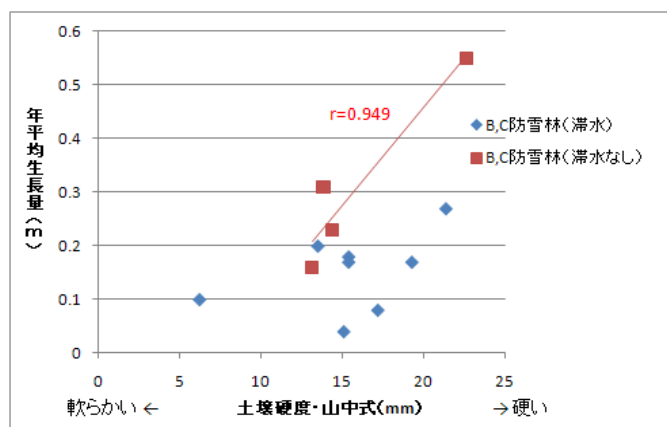


図-5 土壌硬度 (山中式) と年平均生長量の関係 (B, C防雪林)

## 3. 2 土壌硬度と生育状況の関係

土壌硬度の測定には、穴を掘り土壌断面の硬度を測る山中式土壌硬度計 (以降、山中式) と穴を掘らずにコーンを打ち込んで測定する長谷川式土壌貫入計 (以降、長谷川式) による方法<sup>6) 7)</sup> が一般的に用いられるが、今回の調査では両方の計測を行った。

### (1) 山中式土壌硬度と生育状況

山中式によるA防雪林の土壌硬度と不良率の関係を**図-4**に示す。図中の土壌硬度は深度50cmまで10cm毎に計測した平均値であり、値が高いほど土壌は硬い。全体では硬度と生育状況との関連性は認められない。しかし、滞水の無い箇所では、土壌硬度が高いほど不良率は高くなる傾向が認められた。

また、**図-5**はB防雪林およびC防雪林の山中式土壌硬度と年平均生長量の関係であり、図中の土壌硬度は、深度10cm、20cm、40cmの平均値である。A防雪林同様、

### (2) 長谷川式土壌硬度と生育状況

長谷川式土壌硬度の数値表現は、数種存在するが、ここでは土壌硬度として1回の打撃で貫入した深さであるS値 (cm/drop) を用いた。S値は軟らか度を表し、高いほど土壌は軟らかい。

**図-6**はA防雪林のS値と不良率の関係を図示したものである。全体ではS値と生育状態の関連は見受けられない。これは(1)の山中式と同様である。また、滞水の無い箇所では、S値が高くなるに従い(つまり土壌硬度が小さくなる程)、不良率が小さい傾向が見られた。

**図-7**は、BおよびC防雪林のS値と年平均生育量との関係である。滞水箇所および非滞水箇所を含め、全体的にS値が高いほど生長量が大きい傾向がうかがえる。



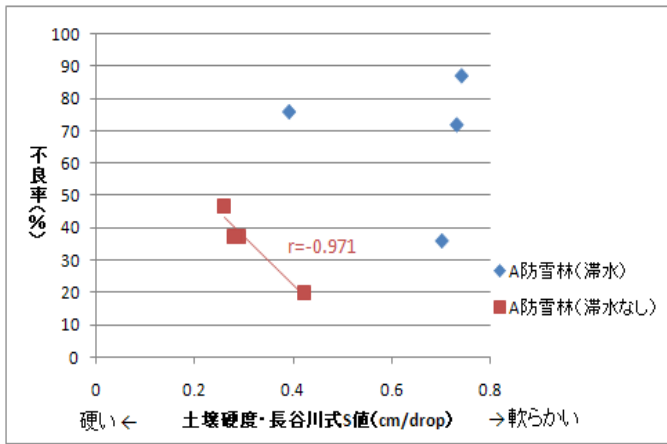


図-6 土壌硬度（長谷川式）と不良率の関係（A防雪林）

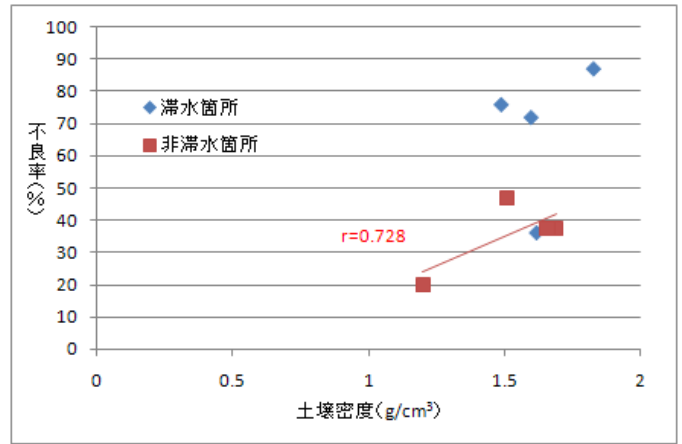


図-8 土壌密度と不良率の関係（A防雪林・深度10cm）

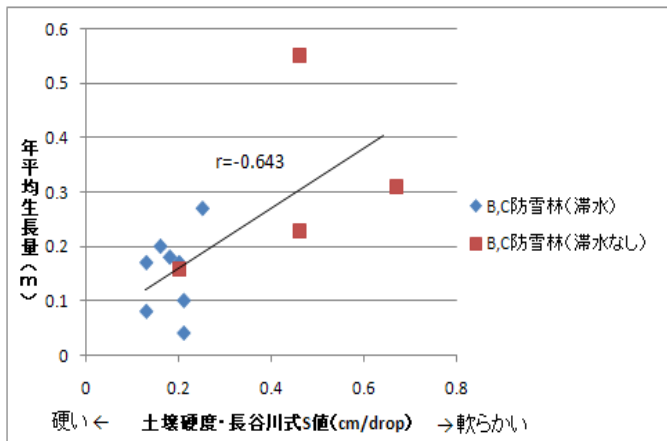


図-7 土壌硬度（長谷川式）と年平均生長量の関係（B, C防雪林）

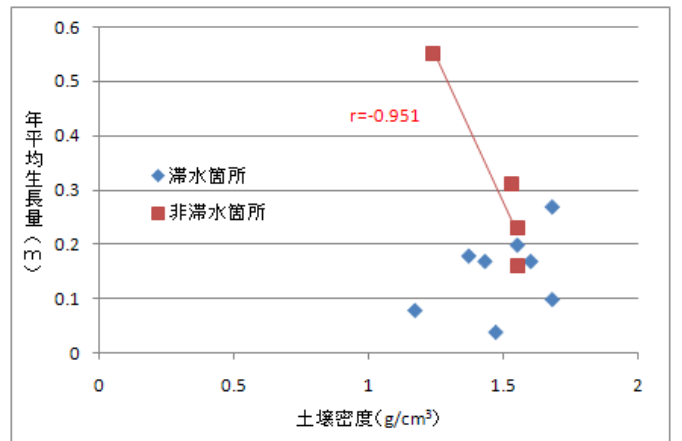


図-9 土壌密度と年平均生長量の関係（B, C防雪林）

### 3. 3 土壌密度と生育状況の関係

土壌密度は、採土器を用いて現場の土壌を乱さずに採取し、室内試験で求める方法<sup>5)</sup>で測定した。

A防雪林およびB、C防雪林共に、調査箇所全体の生育状況と土壌密度に関連性は見られなかった。そこで、滞水の有無によって分け、整理した。なお、A防雪林は幼木であることから、特に深度10cmの基盤に着目し、分析を行った。

図-8は採土器により深度10cmから採取した土壌密度とA防雪林の非滞水箇所における不良率との関係である。土壌密度と不良率の関係は、密度が大きいくほど不良率が大きくなる。

図-9はB、C防雪林の非滞水箇所における年平均生長量と採土器による土壌密度の関係を図示したものである。土壌密度が大きくなるほど年平均生長量は減少しており、採土器による土壌密度と年平均生長量の関係においては、各深度でその傾向が見られた（図-10）。

以上、3箇所の防雪林（A～C）を通じて、土壌密度が大きいくほど生育不良となる傾向が見られる結果となった。

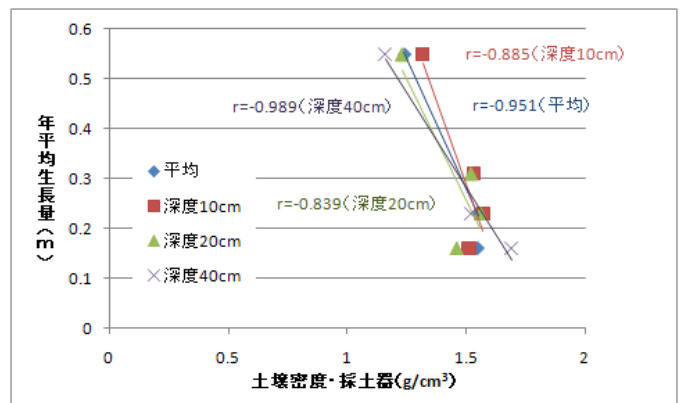


図-10 各深度における土壌密度と年平均生長量の関係（B, C防雪林・非滞水箇所）

### 3. 4 三相分布と生育状況の関係

三相分布は、土粒子とその他固体（固相）、水（液相）、空気（気相）の三成分の体積割合であり、「植栽基盤整備ハンドブック」<sup>6)</sup>によれば、畑や果樹園では、固相50%、液相25%、気相25%程度が作物の生育が最も良いとされている。この三相と生育状況との関係を明確にするため、深度10cm、20cm、40cmから採取した土壌について三相分布を求めた。

図-11にA防雪林の三相分布と不良率との関係を示す。

気相率が高くなると不良率は減少する傾向が見られた。特に深度 10cm では、図-12 に示す通り、その傾向が強く、また液相率が高くなるほど不良率が增加する傾向も確認されている。

図-13 は、BおよびC防雪林の三相分布と年平均生長量の関係である。固相率が高いほど生育不良の傾向が見られるものの相関は弱い。

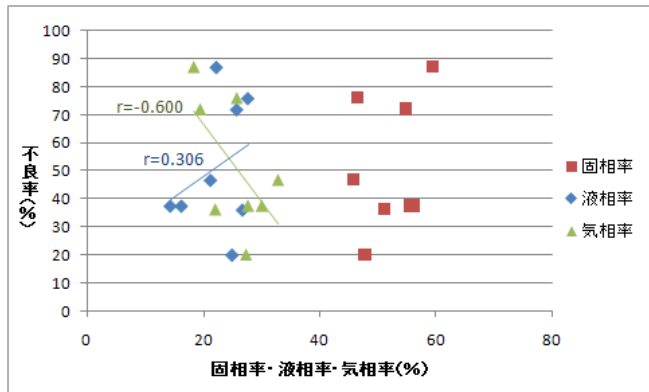


図-11 三相分布と不良率の関係 (A 防雪林・全層)

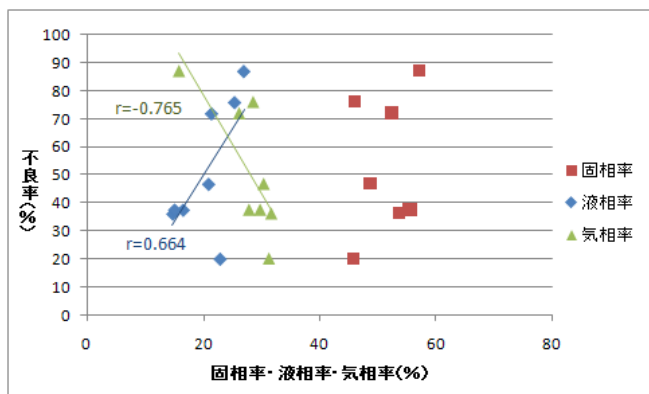


図-12 三相分布と不良率の関係 (A 防雪林・深度 10cm)

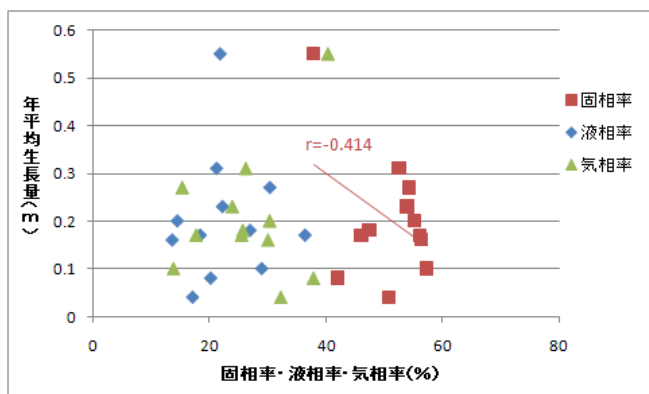


図-13 三相分布と年平均生長量の関係 (B, C 防雪林・全層)

#### 4. 考察

##### 4. 1 滞水と生育状況の関係

滞水箇所は、非滞水箇所と比べ生育不良の傾向にあった。透水性の悪い土壌では根腐れにより植栽が枯死する<sup>7)</sup>こと

から、滞水の確認された箇所の生育不良の原因は、透水性不良であると考えられる。

##### 4. 2 土壌硬度と生育状況の関係

全体的に土壌硬度が大きいほど生育不良の傾向が見られた(図-4, 6, 7)。しかし、BおよびC防雪林の非滞水箇所においては、山中式土壌硬度が大きいほど年平均生長量が増加する傾向も確認されている(図-5)。これらの土壌硬度が大きい箇所では、調査時に滞水は確認されていないが、近傍の調査孔では滞水が見られることから、土壌が軟らかいほど水を含みやすいことも考えられ、滞水による透水性不良の影響が疑われる。

##### 4. 3 土壌密度と生育状況

全体的に土壌密度が大きいほど生育不良となる傾向が確認された。今回の調査では、最も生育良好な B-2 で土壌密度 1.24g/cm<sup>3</sup>であり、この結果に基づけば、良好な生育にはそれ以下の土壌密度が望ましいと考えられる。

また、特に幼木であるA防雪林では、深度 10cm において、滞水箇所を除く土壌密度と生育状況に関係性が見られ、土壌密度が大きいほど生育不良となる傾向がより強く示されていた(図-8)。写真-6 に示すようにほぼ枯死状態の樹木の根が深さ 10~15cm であったことを鑑みると、初期の生育に影響を与えているのは深度 10cm 程度の生育基盤であると考えられる。なお、BおよびC防雪林は深度 40cm の土壌密度(図-10)と相関が強く、生長するに従い、より深い箇所の土壌が生育に影響を与えていると考えられる。

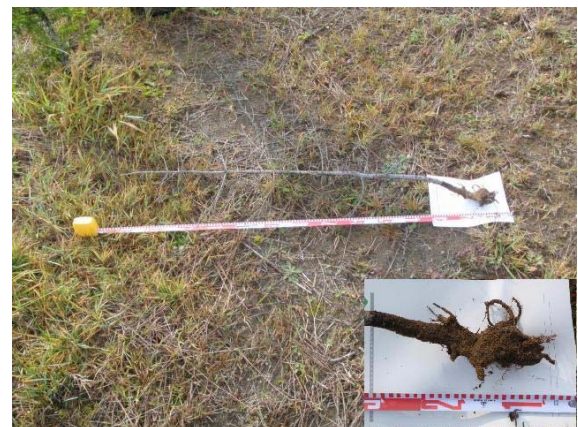


写真-6 生育不良樹木の根の状況 (A 防雪林)

##### 4. 4 三相分布と生育状況

A防雪林においては、三相分布と生育状況の相関が強く液相率が高いほど、また気相率が低いほど生育は不良となり(図-11, 12)、三相分布が生育に影響を及ぼす状況が読み取れる。

三相分布と生育の関係については、3. 4で示した「植栽基盤整備ハンドブック」<sup>6)</sup>の他、日本造園学会の報告<sup>9)</sup>がある。これによると、鉍質土壌（火山性土壌以外）<sup>10)</sup>の場合には固相率40%以下を「優」、40～50%を「良」、50～60%を「不良」、そして60%以上を「極不良」と評価している。ここでは、この指標に従い各調査箇所を判別した。図-14はその診断結果である。比較的生育状況の良いB防雪林に着目すると、B-2を除いて固相率50～60%で「不良」、最も生育良好なB-2は深度10cmで「良」、20cm以深は「優」と判断される。一方で、A-4やC-4のように生育不良箇所であっても、固相率では「優」または「良」と判断されるものもある。

以上の結果より、防雪林の土壌基盤では畑や果樹園が望ましいとされている三相分布とは異なる可能性がある。また、土壌診断を行う際に固相率を指標とする場合が多いが、A防雪林においては不良率と液相率および気相率との相関の方が高く、この結果からは、三相全てを評価する必要があるといえる。

なお、三相分布の判断基準や生育環境は各々の文献<sup>6) 9)</sup><sup>11) 12)</sup>により異なり、人工基盤上に造成される道路防雪林においては既存の判断基準での評価が困難である。このため、データの蓄積を経て将来的には新たな基準を設ける必要があると考えられる。

| 深度   | A |   | A |   | A |   | A |   | A |   | B |   | B |   | C |   | C |   | C |   | C |   |
|------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|      | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |   |   |
| 10cm | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 20cm | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
| 40cm | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ |
|      | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * | * |

\* 滞水箇所

■ : 固相率60%以上(極不良)      ■ : 固相率40～50%(良)  
 ■ : 固相率50～60%(不良)      ■ : 固相率40%以下(優)

図-14 固相率による土壌の診断

(日本造園学会 緑化環境工学研究委員会<sup>9)</sup>の報告を参考)

## 5. おわりに

防雪林の生育不良要因として植栽基盤の物理性に着目し調査を実施した。その結果、土壌の堅固さと滞水の有無が樹木の生育に影響していると推測された。特に滞水については生育阻害要因であることが明らかとなった。しかし、土壌密度や三相分布については、調査箇所が少なく、およその傾向は捉えられたが、定量的な分析には至っていない。今後も調査を継続し、データを蓄積したうえで更に分析を進め、防雪林の生育不良に関する簡便な判定手法の確立を目指したい。

## 謝辞

本調査を実施するにあたり、地方独立行政法人 北海道立総合研究機構 林業試験場（旧 北海道立林業試験場）に協力をいただいた。ここに記して厚くお礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) 雪氷チーム：道路防雪林の視程障害緩和効果について、寒地土木試験所月報 No.664、pp34-39、(独) 土木研究所 寒地土木研究所、2008.
- 2) 伊東靖彦：北海道における道路防雪林の現状、日本雪工学会誌 25(1)、pp.12-16、日本雪工学会、2009.
- 3) 伊東靖彦：[技術報告]防雪林の課題について—雪氷研究大会(2009・札幌)の企画セッションにおける討議を基に—、日本雪工学会誌 26(1)、pp.9-15、日本雪工学会、2010.
- 4) 鎌田将慶、斎藤秀敏、飯田茂：稚内管内における道路防雪林規模の検討—防雪効果の側面から—、第51回(平成19年度)北海道開発技術研究発表会、2008.
- 5) 伊東靖彦：道路防雪林の生育阻害要因に関する調査、寒地技術論文・報告集 20、(社)北海道開発技術センター、2006.
- 6) (社)日本造園建設業協会：植栽基盤整備ハンドブック、(社)日本造園建設業協会、2005.
- 7) 国土交通省都市・地域整備局公園緑地・景観課緑地環境室 監修：植栽基盤整備技術マニュアル、pp.107-111、(財)日本緑化センター、2009.
- 8) 地盤工学会「土質試験の方法と解説」改訂編集委員会：土質試験の方法と解説 第一回改訂版、pp146-153、(社)地盤工学会、2000.
- 9) (社)日本造園学会 緑化環境工学研究委員会：緑化事業における植栽基盤整備マニュアル、ランドスケープ研究 63(3)、(社)日本造園学会、pp224-241、2000
- 10) 高橋和司：強酸性鉍質土壌、植物栄養・土壌・肥料大事典、植物栄養・土壌・肥料大事典編集委員会、pp647-649、(株)養賢堂、1976.
- 11) 増田拓朗：自然土壌と造成地土壌、緑を創る植栽基盤—その整備手法と適応事例—、興水肇・吉田博宣編、(株)ソフトサイエンス社、pp29-37、1998.
- 12) 丹原一寛：愛媛県における柑橘園土壌の物理性に関する研究、愛媛県農業試験場報告、9、pp1-108、1969。(文献11に記載)