

# 壮齡トドマツ人工林枯損被害 の緊急実態調査と原因の解明

# 壮齡トドマツ人工林枯損被害の緊急実態調査と原因の解明

## 研 究 の 要 約

### I 研究年次及び予算区分

研究年次：平成15～16年（2か年）

予算区分：運営交付金（交付金プロジェクトⅡ）

### II 主任研究者

北海道支所 丸山 温

### III 研究場所

森林総合研究所北海道支所

### IV 研究目的

1999年から2002年にかけて、道東地方において樹齢60年以上のトドマツ人工林で大規模な枯損被害が発生した。植栽後十数年程度までの若いトドマツ林では冬季の凍害や乾燥害でこのような被害が発生する場合があるが、壮齡林で今回のような枯損被害が発生したことは記録にない。本研究では、被害のメカニズムを明らかにし、被害林分の取り扱いなど対応策を提案することを目的とした。

### V 研究方法

帯広分局（当時）管内の壮齡トドマツ人工林について、枯損被害発生の有無を調べ、被害マップを作成した。主要被害林分に調査地を設定し、個体別被害状況を調べるとともに、被害の推移を継続調査して枯損被害からの回復の可能性を検討した。被害林分の個体について過去の成長経過を調べ、枯損被害との関連を検討した。枯損被害木について樹幹内部情報を調べ、腐朽など樹幹内の状態と枯損被害の関連を検討した。被害発生林分から最寄りの地点での過去の気象要因（積雪深、気温、飽差、日照時間など）を調べ、被害発生の引き金になった気象要因を抽出した。

### VI 研究結果

1999年に被害が発生した阿寒町仁仁志別では、枯損が急速に進んだ結果およそ8割がすでに枯死しており、生存している個体も全て着葉率40%以下であった。2001年以降に被害が顕在化した他の3林分では枯死は1割～2割程度だが、この1年間で枯損が急速に進んでおり、今後仁仁志別同様に枯死個体が増加するおそれがある。いずれの林分でも成長は極度に低下しており、被害発生前にすでに樹勢が著しく衰退していたことがわかった。しかし、土壌断面の形態的な特徴からは、トドマツ造林木の生育を衰退させるような要因は認められなかった。部分的に枯れが発生した個体では幹内部の水分分布に異常が見られ、さらに幹や枝の水分通導機能が極度に低下していた。いずれの林分も、被害発生前の冬季に土壌が平年と比べて著しく深くまで凍結しており、土壌凍結条件下での乾燥による水分通導機能の低下が被害発生の主要因と推定された。以上の結果、枯損の回復や今後の成長は期待できないため、被害林分は伐採して更新を図る必要がある。

### VII 今後の問題点

更新を図る場合、立地環境条件に応じた適切な方法の適用と樹種の選定が必要となる。

#### Ⅶ 研究発表

丸山温・石橋聡・尾崎研一・中井裕一郎・山口岳広・飛田博順・黒田慶子（2003）トドマツ人工林が枯れる？－阿寒町に発生した大規模枯損被害－，北方林業，55，8-12

丸山温・石橋聡・山口岳広・北尾光俊・飛田博順・松井崇史・高橋邦秀（2004）壮齡トドマツ人工林に発生した枯損被害（Ⅰ）被害発生林分と被害の特徴，日林北支論，52，205-106.

松井崇史・丸山温・石橋聡・山口岳広・北尾光俊・飛田博順・高橋邦秀（2004）壮齡トドマツ人工林に発生した枯損被害（Ⅱ）過去の成長経過，日林北支論，52，107-108.

丸山温・石橋聡・山口岳広・中井裕一郎・北尾光俊・飛田博順・松井崇史・高橋邦秀（2005）壮齡トドマツ人工林に発生した枯損被害（Ⅲ）被害要因と林分の取扱，日林北支論，53，36-37.

丸山温・北尾光俊・飛田順博・中井裕一郎・石橋聡・山口岳広（2005）少雪でトドマツが枯れる，平成16年度研究成果選集，40-41，森林総合研究所

山口岳広・丸山温（2006）道東のトドマツ枯損衰退林分におけるレーダー波非破壊測定装置を用いた水分通導阻害と腐朽被害の探査，日林北支論，54，

#### Ⅸ 研究担当者

丸山温、石橋聡、山口岳広、中井裕一郎、北尾光俊、飛田博順、高橋邦秀（北海道大学）

## 壮齡トドマツ人工林枯損被害の緊急実態調査と原因の解明

### ア 研究目的

1999年初夏に帯広分局（当時）管内阿寒町仁仁志別のトドマツ人工林約200haで針葉が大量に褐色変するという被害が報告された。激害地では90%以上の個体に何らかの被害が認められ、枯死のおそれがあるものは50%近くにも達した。当該人工林は植栽後70年以上を経過しているが、このような壮齡林の大量枯死は北海道でも例がなかった。

1999年秋に帯広分局（当時）が管内トドマツ人工林の状況を調べた結果では、枯損被害は仁仁志別周辺に限られており、地域的・特異的な現象と判断された。ところが、2001年ごろから同様の枯損被害が釧路周辺の壮齡トドマツ人工林に発生しはじめた。当初は軽微な被害であったが、2002年には枯損が急速に進行し、大量の被害木が発生した。また、2002年には十勝西部森林管理署管内のやはり壮齡トドマツ人工林にも枯損被害が発生し、広域的な衰退枯損被害の様相を呈しはじめた。帯広分局（当時）から要請を受けて2002年9月に現地を調査したところ、着葉率の著しい低下から枝枯れ、枯死に至る特徴がいずれの林分でも共通していることがわかった。今回の広域枯損被害には、2000、2001年と夏季の気温が高かったことによる蒸散の増大が影響していると考えられ、今後温暖化による蒸散の増大が進むと更に被害が拡大するおそれがある。仁仁志別における調査から、冬季の水ストレスによる通導機能阻害が要因の一つと推定されたが、原因の詳細な解明には至っていない。帯広分局森林整備課（当時）担当者から、早急に被害要因を解明し対応策を策定することを求められている。

本研究は、壮齡トドマツ枯損被害のメカニズムを明らかにし、今後の推移を予測するとともに、被害林分の取り扱いなど具体的対応を策定することを目的とする。そのために、被害地を含む周辺の枯損実態、被害地の微気象や過去の気象データ、被害木の過去の成長経過などを調べる。

### イ 研究方法

調査は根釧西部森林管理署2152林班い小班（阿寒町仁仁志別、昭和3年植栽、以下仁仁志別）、同61林班い小班（厚岸町上尾幌、大正8年植栽、以下上尾幌）、同293林班い小班（標茶町雷別、昭和6年植栽、以下雷別）、十勝西部森林管理署381林班い、ろ小班（中札内村元更別、昭和12年植栽、以下元更別）、計4林分で行った（図1）。仁仁志別については、被害が軽微だった2152林班つ小班（昭和3年植栽、以下仁仁志別下）においても調査を行った。

20m×50mの方形プロットを、平坦な上尾幌では1箇所（31個体）、尾根状の元更別では傾斜15度の東南東斜面1箇所と平坦な尾根筋3箇所の計4箇所（計183個体）、それぞれ設定した。仁仁志別で



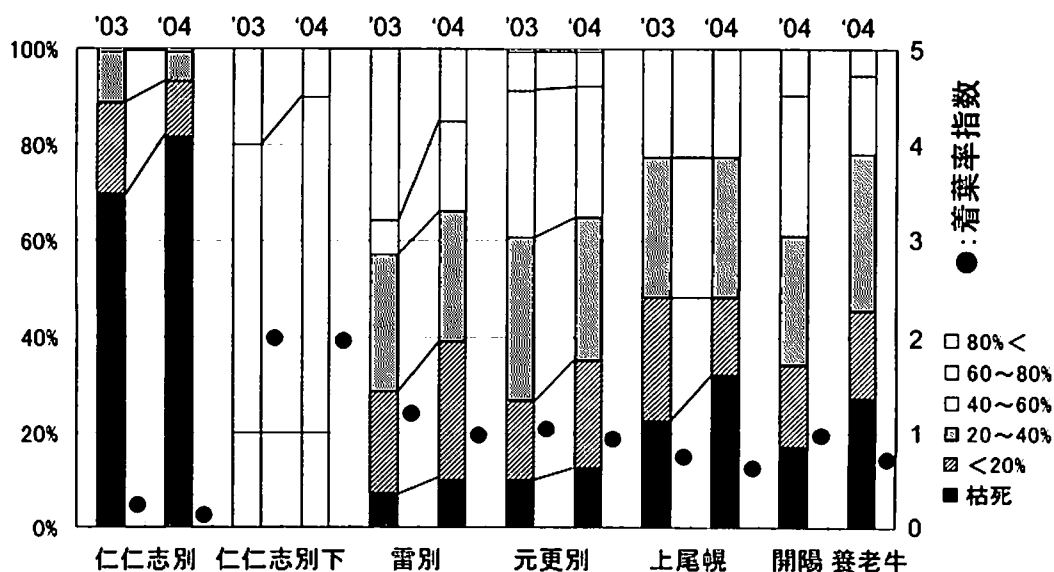
図ー1 調査地の位置と被害発生年

はトドマツ人工林収獲試験地（傾斜15度の南西斜面）(3)内の標準地（40m×50m、134個体）をそのまま調査プロットとした。雷別、仁仁志別下では枯損被害木の伐採が予定されており調査地が設定できなかったため、無作為に前者では20個体、後者では10個体を選んで調査の対象とした。なお、元更別では2002年調査前にhaあたり162本、雷別では2002年調査後にhaあたり108本、それぞれ枯損被害木の伐採が行われた。対象とした個体全てについて、樹冠部の着葉率を20%刻みの5段階（1：20%未満、2：20～40%、3：40～60%、4：60～80%、5：80%以上）で評価した。枯死個体には0をあて、枯死個体を含む平均値を林分の着葉率指数とした。調査は2003年10月と2004年10月に行った。2004年10月には、根釧東部森林管理署601林班ほ小班（中標津町開陽、昭和6年植栽、以下開陽）、同621林班り小班（中標津町養老牛、昭和7年植栽、以下養老牛）の2箇所でも同様の調査を行った。また仁仁志別、仁仁志別下、上尾幌、元更別では、2004年10月に土壌断面調査も合わせて行った。

各被害林分から無作為に20個体（仁仁志別下は10個体）を選び、2003年10月に成長錐を用いて幹からコアを抜き、過去の成長経過を調べた。2003年9月と2004年10月に一部の個体を伐倒し、幹から高さ別に円盤試料を採集して樹幹解析を行った。また、レーダー波による非破壊測定装置を用い枯損被害発生の有無および衰退程度と水分通導阻害、腐朽病害との関連を調べた。この調査に用いた非破壊測定用の機器はImRa System（ポータブルイムパルスラダー：フィンランド TOIKKA社製）で、1GHzのアンテナを装備し、レーダーと同じ原理により非破壊で物体内の状態を画像表示する機器である。電磁波をアンテナから発射し、反射波の強弱を画像で示すもので、不均質あるいは密度の違う部分や含まれる水分の違う部分が捉えられる（6,7）。調査本数は阿寒町仁々志別で24本、仁仁志別下で10本、標茶町雷別で19本、厚岸町上尾幌で30本、中札内村元更別で15本、合計97本である。対照として被害が全く見られない弟子屈町の林分についても同様に、過去の成長経過と樹幹内部情報の調査を行った。

枯損の原因の一つと推定される土壌凍結深については、元更別最寄りの上札内、雷別最寄りの標茶、上尾幌最寄りの太田の各アメダス気象データの日平均気温と積雪深から既報の推定方法(5)に従って求めた。

#### ウ 結果と考察



図－2 着葉率別個体割合と着葉率指数

各林分の着葉率別個体割合と着葉率指数を図2に示す。仁仁志別では、枯死個体の占める割合は2003年の7割強から2004年は8割以上と増加した。着葉率指数も同じく2003年の0.42から2004年は0.26と低下しており、全体的に枯損の進行が続いていた。生存している個体も着葉率は全て40%以下で、林分としては壊滅状態と言える。一方、被害が軽微だった仁仁志別下では全ての個体が着葉率40%以上で、着葉率指数にも変化は見られなかった。雷別でも着葉率に大きな変化は見られなかったが、元更別、上尾幌では仁仁志別と同様に、2003年と比べて2004年は枯損がさらに進行していた。2004年に調査した開陽と養老牛の枯損被害状況を他の林分と比較すると、開陽は雷別および元更別と、養老牛は上尾幌と、それぞれ同程度であった。仁仁志別下を除く林分の2004年の着葉率指数は2未満であったが、これは平均着葉率30%未満に相当し、枯損被害がかなり進行していることを示している。

各林分における成長特性を図3に示す。定期的に間伐が入っているにも関わらず、全ての被害林分において樹幹肥大成長は長期的な減少傾向にあることが明らかになった。しかし、土壌断面の形態的な特徴からは、トドマツ造林木の生育を衰退させるような要因は認められなかった。なお仁仁志別は収穫試験地であることから、十分な間伐が行われていたことが明らかになっている(3)。一方、被害の見られなかった弟子屈では同様の減少傾向は見られなかった。これらのことから、被害林分の成長量の減少が枯損被害に対して副次的な要因として関与している可能性が示された。

図4にトドマツ枯損木・衰退木の非破壊測定プロファイル例を示す。樹幹内部の情報との関連では、着葉量が減少している個体では、非破壊レーダー波測定装置による画像でも通導部位に異常が見られるものが多かった(図5)。

また、着葉量がそれほど減少していない個体でも、通導部位に異常が生じていると判定できる個体も散見され、これらの個体が次年度以降衰退していく可能性が予見された。

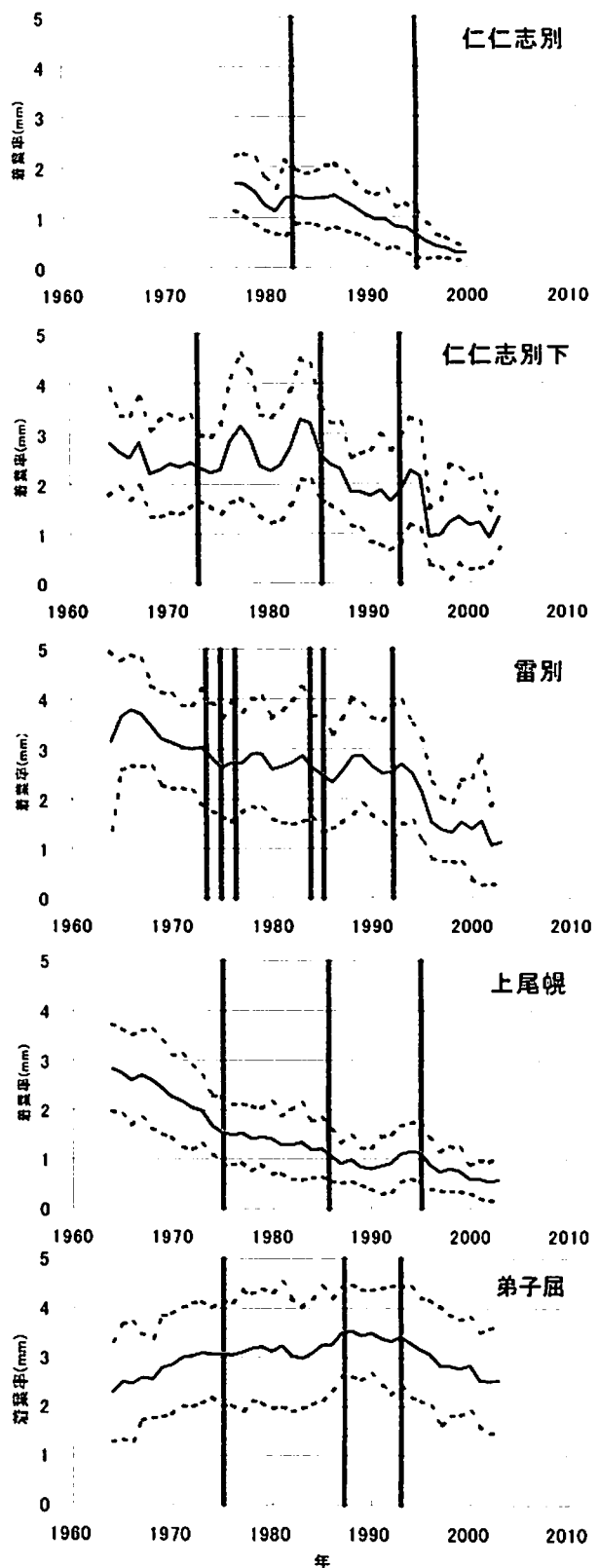


図-3 各林分の成長特性  
実線は平均値、破線は標準偏差、  
縦線は間伐の入った年を示す



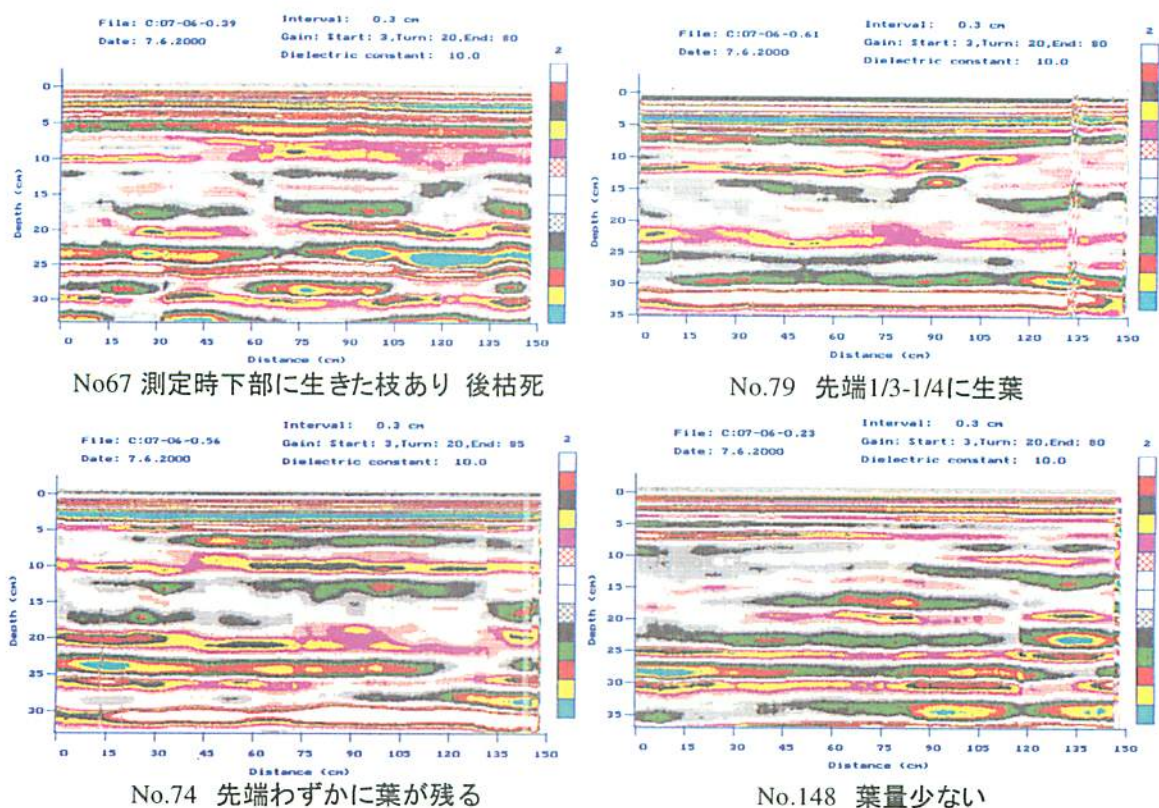


図-4 トドマツ枯損木・衰退木の非破壊測定プロファイル (仁々志別)

対照林分である弟子屈のトドマツ人工林は着葉量も多く、外見上異常な個体は見あたらなかったが、非破壊レーダー波測定装置による画像でも通導部位に異常が見られる個体はほとんどなかった。調査した地域ではモミサルノコシカケによるトドマツ溝腐病（トドマツ辺材腐朽）がわずかに数例見られたのみで、非破壊レーダー波測定装置では他の腐朽病害の徴候はなかったことから、このトドマツ衰退枯損と腐朽被害には直接の関連はないと考えられた。

雷別、上尾幌、元更別それぞれ

最寄りの標茶、太田、上札内とも、2000-2001年、2001-2002年の冬は過去14年の中で土壌凍結が著しく深くまで進行していたことが推定された（図6）。仁々志別最寄りの中徹別

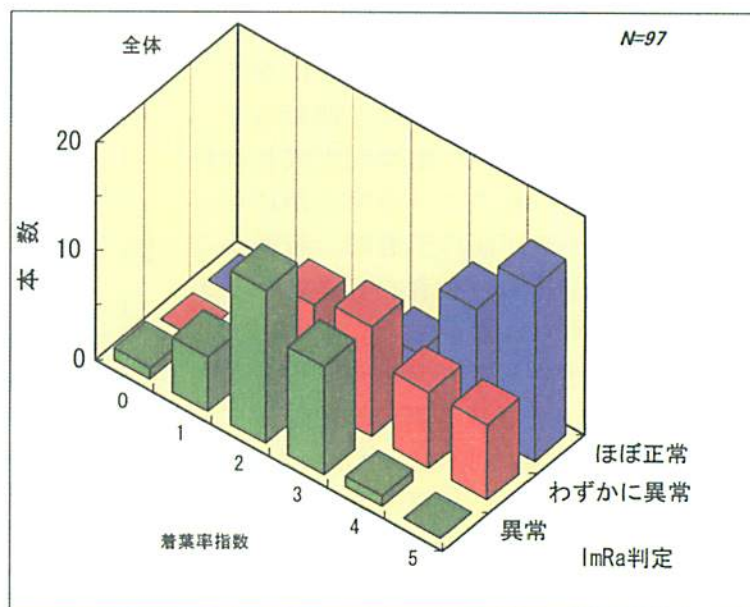


図-5 着葉率、ImRa判定ごとの個体数

でも、被害発生直前の冬季の土壤凍結が著しく深かったことがわかっている(4)。帯広分局

(当時)管内における枯損被害は雪の少ない地域に限られており、弟子屈など積雪が深い地域で被害が見られないこと(5)を考慮に入れると、これまでの報告(1、4)にあるとおり、土壤凍結が深い条件下での蒸散による樹冠部の乾燥が原因で水分通導機能が著しく低下したことが、枯損被害発生要因の一つである可能性が高い。仁仁志別下で被害が軽微だったのは、谷地形で雪が溜まりやすく、土壤凍結が深くまで進まなかったためと考えられる。

今回の大規模枯損被害は数十年に一度の異常気象が原因の可能性はあるが、温暖化などの環境変動により根雪が遅れるなど降雪のパターンが変化すれば、深い土壤凍結がより頻繁に起こるおそれがある。道東太平洋側地域一帯は根雪になるのが遅く、気温も低いことから土壤凍結が起こりやすい。昭和40年代にも造林地や苗畑で大規模な被害が発生しており、今回の被害を考慮すると、潜在的にトドマツの冬季乾燥害が発生しやすい危険地域として改めて認識する必要がある。

これら被害林分では直径成長が極度に低下しており、将来的な成長は期待できない。仁仁志別では2000年時点で3割程度だった枯死個体が2004年には8割以上まで増加しており、他の林分でも今後枯損が進行し続けるおそれがある。被害林分については継続して着葉率を調査し、枯損が進行するようであれば伐採して更新を図る必要があろう。2002年に被害木を伐採した雷別293林班の一部では、根釧西部森林管理署によってササ除去などの地表処理が試みられており、広葉樹の侵入による更新が期待される。植栽する場合、トドマツでは将来的に同じ枯損被害が発生するおそれがあり、回避するには他の針葉樹か落葉性の樹種が望ましい。しかしエゾマツ、アカエゾマツは成長が遅く、成林に長期を要するという短所がある。カラマツは野ネズミの食害が懸念されるが、グイマツとの雑種F1は野ネズミの食害を受けにくく、初期成長も早いという優れた造林特性を持ち、さし木による大量増殖も可能なことから(黒丸 2001)、候補樹種として期待される。

#### エ 今後の問題点

更新を図る場合、立地環境条件に応じた適切な方法の適用と樹種の選定が必要となる。

#### オ 要約

本研究は、1999年から2002年にかけて道東で発生した壮齢トドマツ枯損被害のメカニズ

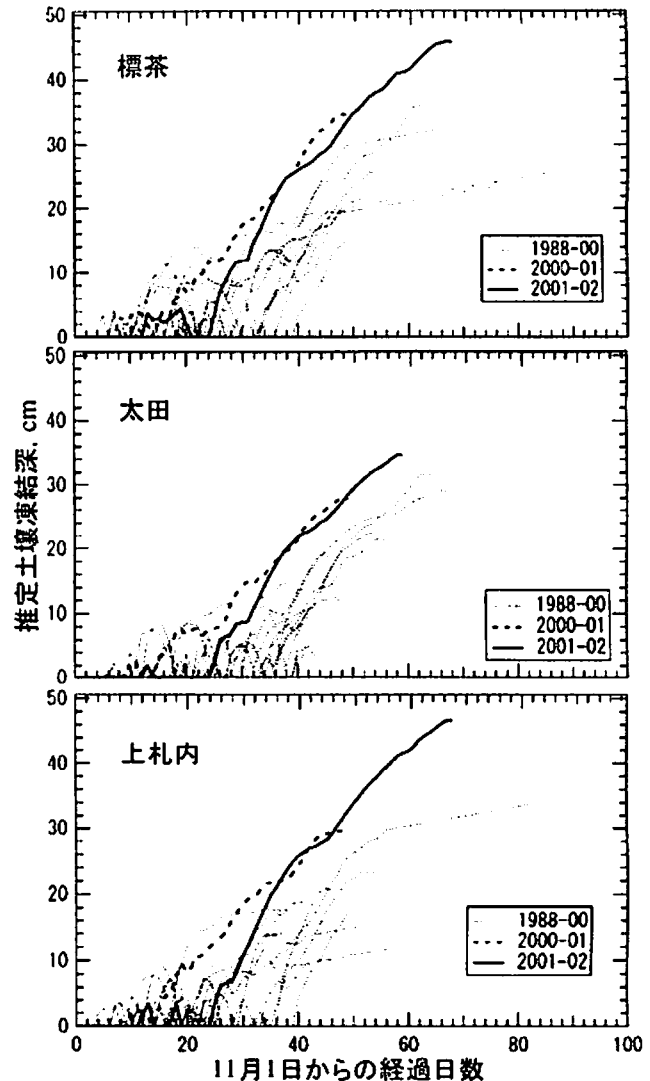


図-6 アメダスの積雪深と日平均気温から推定した土壌凍結深の推移



ムを明らかにし、今後の推移を予測するとともに、被害林分の取り扱いなど具体的対応を策定することを目的とした。

帯広分局（当時）管内のすべての壮齢トドマツ人工林について、枯損被害発生の有無を調べた。また、主要被害林分に試験地を設定して土壌調査を行うとともに、個体別被害状況、樹幹内部情報、過去の成長経過を調べた。被害発生林分から最寄りの地点での過去の気象要因（積雪深、気温、飽差、日照時間など）を調べ、土壌凍結深を推定した。枯損被害は積雪の少ない太平洋寄りの地域に集中しており、積雪の多い地域では被害は見られなかった。1999年に被害が発生した阿寒町仁仁志別では、枯損が急速に進んだ結果およそ8割がすでに枯死しており、生存している個体も全て着葉率40%以下であった。いずれの林分でも成長は極度に低下しており、被害発生前にすでに樹勢が著しく衰退していたことがわかった。しかし、土壌断面の形態的な特徴からは、トドマツ造林木の生育を衰退させるような要因は認められなかった。部分的に枯れが発生した個体では幹内部の水分分布に異常が見られ、さらに幹や枝の水分通導性が極度に低下していた。被害発生前の冬季に土壌が平年と比べて著しく深くまで凍結していたことから、土壌凍結条件下での冬季の乾燥により樹体の水分状態が極度に悪化して水分通導機能が低下したことが、被害発生の主要因と推定された。2001年以降に被害が顕在化した他の3林分では枯死は1割～2割程度だが、この1年間で枯損が急速に進んでおり、今後仁仁志別同様に枯死個体が増加するおそれがある。以上の結果、枯損の回復や今後の成長は期待できないため、被害林分は伐採して更新を図る必要がある。

#### カ 引用文献

- (1) 黒田慶子(2000)道東トドマツ壮齢人工林に発生した集団枯損－水分通導阻害がなぜ起こったのか－, 森林保護276, 12-14
- (2) 黒丸 亮(2001)グイマツ雑種F1の幼苗からのさし木増殖法, 光珠内季報122, 1-6
- (3) 森林総合研究所北海道支所・道内5営林(支)局(1995)収穫試験地報告第19号「森林の構造と成長の関係解析に関する研究」, 90-91
- (4) 丸山 温他(2003)トドマツ人工林が枯れる?－阿寒町に発生した大規模枯損被害, 北方林業55(2), 8-12
- (5) 竹内典之(1980)東北海道における火山灰土の凍結と融解. I. 畑地土壌の凍結状況の季節変化, 京大農演報52, 112-129
- (6) 山口岳広(2000)レーダー波による立木腐朽等の非破壊検知の試み, 第112回日本林学会大会学術講演集, 291
- (7) 山口岳広(2002)レーダー波探査装置による生立木腐朽等の樹幹内情報把握の試み, 樹木医学研究6(1), 57