

# 林業試験場における森林防災研究を振り返る

佐藤 創

## はじめに

林業試験場に初めて防災関係のセクションができたのは、林業試験場の前身である岩見沢林務署光珠内林木育種事業所が設立されてから10年が経過した1967年で、防災林科と命名されました。それから、現在まで54年間、森林防災に関する研究が行われています。私が林業試験場に採用されたのが1988年で、その時あった防災科は最初の防災林科発足から21年が経過していたので、その間は文献によって振り返り、その後33年間は肌で感じた存在として振り返らせていただきます。

防災林科が林業試験場にできた背景としては、高度経済成長による生活環境の悪化がクローズアップされ、防災林を含む生活環境の向上に関心が集まったことが挙げられます。それ以降、生活環境の向上に関する研究を行ってきたわけですが、森林防災に関する研究は大きく2つに分けられます。1つ目は山地災害の防止と復旧に関する研究で、2つ目は防災林に関する研究です。前者のうち山地災害の防止は、例えば斜面崩壊の予測や治山施設による崩壊防止技術に関するもので、山地災害の復旧は崩壊地や火山噴火跡地の森林造成技術に関するものです。後者の防災林に関する研究は、防風林、防雪林、海岸林などの森林が生活環境を保全する機能とそれらの造成・管理に関する研究です。以下、1つ目の分野を山地災害、2つ目の分野を防災林と呼ぶことにします。また、森林防災に関わるセクションの名称も防災林科、防災科、環境グループなど時代とともに変化してきたので、以下では防災セクションと呼ぶことにします。

## 黎明期（1967～1976）

防災セクションができてからは主に防災林の分野の研究が行われてきました。当時は防災林の造成時期からあまり時間が経過しておらず、造成がうまくいっていないケースも多かったことから、造成に関する研究が行われました。対象は海岸林、防風林、防雪林などです。海岸林は塩風の強い場所や泥炭地や低湿地などの悪条件下で造成されることが多かったことから、特に集中的に研究が行われました。その結果、造成に関してはひとまず技術が確立されたと言えます。代表的な成果としては犠牲林帯を作ったうえで、主林帯を造成する技術です。これは主林帯よりも汀線側に特に塩風に強い樹種を植えて塩風に対する防御壁とした上で、主林帯を造成するというものです。内陸の経済林では用いない防災林特有の造成方法と言えます。

## 研究分野の拡大期（1977～1993）

山地災害の復旧に関する研究として山腹植生工に関するものが行われ、既存の山腹植生工施工地の成績調査により、山腹工に適した樹種、適した植生工法を検討するというものでした。

山地災害の防止に関する研究は、1981年の日高地方での豪雨による斜面災害以降に行われるようになりました。斜面崩壊がどのような場所で発生しているかを地形発達過程から明らかにする研究が行われました。具体的には斜面の形成年代を表層に堆積した火山灰から推定し、斜面下部では繰り返し崩壊が起きたことにより形成年代が新しく傾斜が急で、斜面上部の年代の古い安定した緩斜面と遷急線というラインで区別されることを明らかにしました。遷急線より下部で崩壊が起こりやすいという予測を行いました。予測ができると対策工や土地利用などを効率よく行えるようになるため、災害防止への第一歩となります。また、樹木の根系が崩壊を抑制する効果についても、樹種間比較が行われました。

### 防災セクションの組織分割，防災機能の研究スタート（1994～）

1994年には防災セクションから流域保全セクションが独立し，防災セクションは従来通りの分野を担当し，流域保全セクションでは主に森林が河川や海の魚類に及ぼす影響について研究することになりました。砂防系の研究者はその頃，そのような防災から河川の物質循環の研究にシフトするということが世界的に起きており，林業試験場でもその流れに沿った組織改編となったわけです。それだけではなく，当時道庁の組織も林務部と水産部が統合され，水産林務部ができたことも森林と魚類の関係の研究が重要性を増した一因となったと思われます。

分割後の防災セクションではそれまで手掛けてこなかった防災林の機能に関する研究が行われ始めました。森林の防災機能を測ろうとすると，例えば防風林では風速の測定・解析が必要になりますし，海岸防災林では津波の流れを流体力学で解明しなくてはならないなど，異分野の学問が必要となるため，なかなかハードルが高いものです。そのため，森林科学以外の分野の人材を採用したり，共同研究を行ってきました。まずは，防風，防雪，防霧機能の測定が行われ，どのような林分の条件が機能と関係しているかを明らかにしました。それらの機能は風の流れをコントロールする機能と密接にかかわっているので，風の障害物となる葉面積に注目することで機能を予測することができました。最近では防風林が風を弱め，地温を高めることにより，作物の収量を増加させることを明らかにしました。

山地災害の防止に関する研究としては，樹木根系の斜面崩壊防止機能の研究があります。この機能の把握には根っここの分布形態を明らかにするしかないのですが，根っこを掘る仕事はキツイ，キタナイ等あまりやりたがらない分野なので，研究の余地が残されていました。方法は①現場で根を掘り，持ち帰って根の分布形態を計測する，②現場で根を土から引き抜くのに必要な抵抗力を測定する，③現場で簡易貫入試験によりすべり面の深さを推定する，④土質試験により，土の強度を測定する，⑤斜面の安全率（崩壊抵抗力／滑動力）を根がある場合と無いと仮定した場合で計算する，という手順で行いました。土質試験など土質力学の知識は林業試験場にはなかったため，コンサルタント会社との共同研究の形で研究を行いました。これらの研究成果は，根系の崩壊防止機能を安全率の増加分として定量化することができたことですが，それまで定説とされた「根系の崩壊抵抗力＝根の引き抜き抵抗力」を覆し，「根系の崩壊抵抗力＝根の引き抜き抵抗力／2」を発見したことが研究としての価値のあることでした（写真-1）。



写真-1 根系を含む土の原位置せん断試験（光珠内実験林）

ハンノキ類の地上部を伐採し，根系を含む土塊にせん断箱をかぶせて水平に引く際の力を測定しました。これを根系を含まない土塊と比較することにより，根系が土のせん断抵抗力を補強する力を推定しました。

2011年3月11日の東日本大震災は衝撃的な出来事でしたが、海岸林の津波減勢効果がクローズアップされることにもなりました。東北3県の太平洋岸にはクロマツの海岸林が各所にみられたことも、効果が変わりやすく表れたことの原因でしょう。私もテレビに映る津波映像で家が流されるほどの津波が襲っても、クロマツ海岸林が倒されずに残るのを見て、減勢効果は別にしても森林が津波に耐える力はずいぶん強いと実感しました。早速、防災林関係者で青森県のクロマツ海岸林調査に向かいました。ここでは海側の樹木は津波に倒され、葉が褐変していましたが、内陸側の樹木はそのまま立っていました。津波は海岸林を越えて内陸まで達した痕跡がありました。これだけの障害物があれば、津波の勢いを弱めたことは間違いないと実感することができました。北海道の海岸林でも今後襲来が予測される津波の減勢のために整備をしようという動きが高まり、研究面でそれをバックアップしようという津波減勢効果の定量化のプロジェクトが始まりました。海岸林の津波減勢効果の定量化とそれを高める間伐技術についての研究でしたが、前者については流体力学の知識が必要なため、埼玉大学の専門家の先生の助けを借りることとしましたが、それ以外の部分はそれまでの防災セクションの研究蓄積により研究を走らせることができました。すなわち、津波に耐える力についてはのちに述べる風倒被害への耐性の研究を応用し、間伐効果についてはのちに述べる密度管理の研究を応用しました。これらの研究成果は、白糠町と釧路市音別町の海岸林の津波減勢のための改良計画に活用され、既存海岸林に隣接して、効果を高めるための「減勢堀」と「減勢盛土」が設置されています。「白糠モデル」として水産林務部治山課とともにPRしているところです。

### 防災林の管理の研究（1999～）

防災林が造成期から時間が経過し、密度管理の研究が必要な時期となりました。海岸林は厳しい環境下に植栽されるため、枯損などのリスクを考慮し早期成林をねらうために10,000本/haの高密度で植栽されるのが一般的でした。さらに、保安林の指定施業要件である間伐率30%以下という制約があったために、適正な密度に管理されずに過密になった林分が多くなりました。過密な状態では林分が脆弱で、防災機能も果たされないことが危惧されました。そこで、込み合いの程度が密度管理図上で適正になるように間伐をするのが望ましいのですが、元々の込み合い度が高いため適正な込み合い度に落とす間伐をすると間伐率が30%を超えてしまいます。そうすると指定施業要件をクリアできないことになってしまいます。もちろん、2回に分けて間伐を行えば適正な込み合い度にできますが、現場の予算がそれを許さない状況でした。そこで、30%を超える50～60%の間伐率を試験的に行い、樹木の生育に悪影響が無いかを検証することにしました。その結果、通常の30%の間伐では逆に間伐効果がなく、50～60%間伐で初めて成長に対する間伐効果が出るということが分かりました。これらの研究成果は道や国に対して、30%を超える間伐を行うべきである旨、提言することにつながりました。

以上のように防災林の密度管理と防災機能の定量化とに関する研究が行われてきましたが、今後はそれらを融合し、防災機能を最大化する密度管理技術を開発する必要があるでしょう。

### 山地災害研究のその後（2003～）

山地災害分野に流木災害研究があります。この研究は2003年台風10号の豪雨により日高地方の河川に大量の流木が発生したことをきっかけに始まりました。自主的に始めたのではなく、日高町、新冠町を流れる厚別川にかかる橋梁に大量に流木が集積し、橋脚が壊れたのですが、その時カラマツの伐採木が目立ち、それを現地視察した議員が林業のやり方に問題があるのではないかと発言したことがきっかけになりました。それを受けた水産林務部は流木流出の実態を明らかにするように林業試験場に要請し、林業試験場が現地調査を行いました。結論は単純で、伐採木はその橋のみで見えられ、ほとんどの流木は斜面崩壊や河畔林から流れた天然生木であることから、林業の影響は見られないということでした。その後も大雨が降るごとに各地で流木が発生し、社会問題となりましたが、流木の研究蓄積は全国的に

見ても少ない状況でした。流木の発生メカニズムとしては斜面崩壊によるものと河岸林の生育する河岸浸食によるものが大勢を占めますが、いずれにしても地盤工学や河川工学の知識が必要です。そこに切り込むのはハードルが高いので、統計学を用いてダム湖に流入した流木量と降水量、流域面積などとの関係を求めたり、河畔に堆積する流木にマーキングし、出水後の移動パターンを調べたりしました。最近ではドローンを使った計測技術が花盛りになっており、流木の堆積量把握にも応用することが期待されます。

### 風倒被害対策（2002～）

防災セクションの研究で山地災害分野にも防災林分野にも当てはまりませんが重要な分野があります。風倒被害対策です。洞爺丸台風は記録が残る中では北海道で最大の森林風倒被害を起こした災害ですが、その後も場所、強さを変えながら風倒被害は起きています。風倒被害研究は現在進行形ですが、そのきっかけとなったのが2002年台風21号や2004年台風18号です。風倒被害がそれまで時間をかけて育ててきた森林が一瞬にして倒れてしまうという規模の大きい被害であるため、防災セクションではその被害を少しでも減らすことを目的に研究を行ってきました。木が風により倒れる物理モデルを作り、ある木の条件を与え、風速を強めることにより、その木が倒れる風速を明らかにすることができました。この風速を限界風速と呼び、どの場所で被害が起きる風が吹くか、どのように管理すれば被害が起きにくくなるかなどを明らかにし、風倒被害の起きにくい施業体系を明らかにしたところです。

### 流域保全セクション（1994～）

流域保全セクションの主なテーマはいわゆる「森－川－海」であり、森の栄養が川へと流入し、河口から海に達し、川や海の魚類に利用されるメカニズムを研究しようというものでした。さらに逆方向の流れ、すなわちサケが海から川を上って繁殖後に分解され、森に戻っていくメカニズムも研究対象としました。研究分野としても先端的な分野であったため、河口域の魚類への魚つき林効果の実証や河畔の樹木への海の栄養の取り込みなど新しい知見を得ることができました。一方で、川の濁りや水質、流量に及ぼす森林の影響、すなわちオーソドックスな森林の水源涵養機能の研究も行われ、濁水を発生させない森林整備方法を明らかにしました。2018年には流域保全セクションと防災セクションは組織改編により環境グループとして再び一つになりました。防災セクションの研究のうち山地災害分野は「水」の動きがキーになるので、今後は協力して森林と水の関係を明らかにしていただきたいと思います。

### 研究成果の活用

最後に研究成果の活用について述べます。防災セクションの活用先の元締めは道庁水産林務部の治山課です。治山課にもいくつかの分野がありますが大きく山腹工、溪間工、防災林の3つに分けると考えやすいです。山腹工と溪間工については、治山施設による対策がメインですが、林業試験場の研究対象ではなかったためあまり貢献ができませんでした。防災林分野では治山課から研究要望が上がり、林業試験場がそれに応じて研究を行うケースが多くなりました。私は現在、コンサルタント会社に勤務していますが、林業試験場の研究とコンサルの仕事はかなり共通点があると感じています。例えば、治山課は防災林についての問題は林業試験場に研究要望を出し、解決を図りますが、山腹工や溪間工についての問題はコンサルに委託して解決を図っていると思われます。山腹工や溪間工などの治山事業は文字通り山を安定させ、森林を造成することです。山を安定させることは言い換えれば表土のコントロールを行うことです。今後は是非、林業試験場で山腹工や溪間工の分野でも現場に活用できる技術を開発する研究を行うことを願っています。それはコンサルの仕事を奪うことになるのかもしれませんが、理想的にはコンサルと競合するのではなく、コンサルが使う技術を開発する必要があります。まだまだやるべきことはたくさん残されているのです。

((株)三共コンサルタント・道総研フェロー)