

# 林分施業法に基づく持続的・順応的森林管理と データ基盤

尾張 敏章<sup>†</sup>

(受付 2012 年 12 月 31 日; 採択 2013 年 3 月 12 日)

## 要 旨

東京大学北海道演習林は北海道中央部に約 2 万 ha の森林を保有・管理し、1958 年からは林分施業法の施業実験を継続している。本報告では、森林生態系管理のリスク研究において不可欠なフィールド情報基盤の構築と整備に寄与することを目的に、同演習林で 50 年以上にわたって蓄積された森林動態および管理に関するデータの種類および内容を総合的に記載した。林分施業法に基づく森林管理においては、1) 林種区分測量、2) 森林資源調査、3) 収穫調査が毎年行われ、林分スケールの森林資源管理データが記録されている。また、演習林内には個体スケールの永久測定試験地として 1) 天然林施業試験地、および 2) 大面積長期生態系プロットが設定され、定期的に測定が行われている。さらに、オルソ空中写真やデジタル標高モデル (DEM) など、様々な種類の地理空間データが整備されている。多様な専門分野の研究者による協働のもと、これらのデータ基盤を利用することで、森林生態系の挙動および施業実行に対する応答の適切なモデル化と、その管理に伴うリスクの定量的評価が可能になるだろう。

キーワード：順応的管理、持続的林業、林分施業法、森林管理記録、永久測定プロット、地理空間データ。

## 1. はじめに

森林生態系には、森林に存在するあらゆる生物と、それを取り巻く非生物的環境(土壌や大気など)が含まれる(相場, 2011)。多様で複雑な要素から構成され、各要素が相互に作用するシステムゆえ、その挙動は不確実性が高い。そこで、森林生態系の管理を実験としてとらえ、管理によって得られた情報(データ)を活用しながら不確実性を減らす順応的管理(Walters, 1986)が必要とされている。

国内で森林生態系の持続的・順応的管理を大規模かつ長期的に実践してきた森林の一つが、東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林(以下、東京大学北海道演習林とする)である。同演習林は、創設以来 110 年以上の間、汎針広混交林帯(Tatewaki, 1958)の森林生態系に関する包括的な教育研究に取り組んできた。1958 年からは、当時の林長である高橋延清が提唱した林分施業法(高橋, 2001)に基づき、一貫した方針のもとで体系化された森林管理を行っている。

東京大学北海道演習林は、過去 50 年以上にわたって森林施業を繰り返す過程で、林分動態ならびに施業実行に関して詳細な記録を刻んできた。集積された膨大なデータと資料は、個々

<sup>†</sup> 東京大学大学院 農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林: 〒079-1563 北海道富良野市山部東町 9-61

の森林の状態に応じた適切な管理に活かされているほか、これまで多くの研究者によって利用され、その成果は主に森林科学分野の学術誌等を通じて公表されている。しかし、他分野の研究者にとってはデータの存在や研究成果の内容を知る機会が少ないため、専門分野の枠を超えた学際的な共同研究もあまり進んでいないのが実情である。

そこで本報告では、森林生態系管理のリスク研究に不可欠なフィールド情報基盤の構築と整備に寄与することを目的として、東京大学北海道演習林に蓄積された様々な時空間スケールのデータを総合的に記載する。はじめに、東京大学北海道演習林の概況、および林分施業法に基づく森林管理について概説する。つづいて、森林データ基盤である①森林管理データ、②長期測定プロット、③地理空間データに関して、それぞれデータの内容、およびこれまでの研究成果を纏める。最後に、データの活用について若干の考察を行う。

## 2. 東京大学北海道演習林について

### 2.1 概況

東京大学北海道演習林は、北海道中央部の富良野市内、北緯  $43^{\circ}10' \sim 20'$ 、東経  $142^{\circ}18' \sim 40'$  に位置する(図 1)。総面積 22,717 ha (JR 山手線内側の面積の 3.5 倍)を有し、標高域は 190~1,459 m に及ぶ。演習林内の山部樹木園(標高 230 m)における 2001~2008 年の気象観測記録によれば、年平均気温は  $6.3^{\circ}\text{C}$  年降水量は 1,210 mm である。概ね 11 月下旬から 4 月上旬にかけては雪に覆われ、最大積雪深は約 1 m に達する。

地質は演習林のかかなりの部分を十勝連峰火山噴出岩類が覆い、西部と南縁部では上部ジュラ~白亜系の基盤岩類が露出する。土壌は標高 600 m 以下が主に褐色森林土に覆われ、それより上部の標高域では暗色森林土やポドゾル、山岳黒色土がみられる。演習林の大部分が冷温帯から亜寒帯に至る移行帯に成立する針広混交林によって占められている。演習林内(境界付近を含む)で確認された維管束植物は 942 種、うち木本類は針葉樹が 8 種、広葉樹が 175 種である。また、哺乳動物 31 種(外来種を含む)と鳥類 113 種の生息が確認されている。

演習林の総蓄積は 2011 年 4 月時点で  $4,798 \text{ 千 m}^3$  あり、1 ha 当たりの平均蓄積は  $211 \text{ m}^3$  で

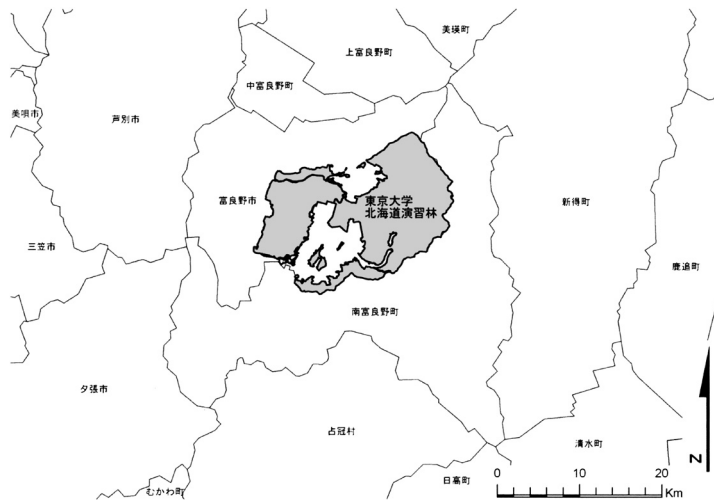


図 1. 東京大学北海道演習林の位置.

ある。演習林内の林道総延長は 934 km であり、林道密度は 41.0 m/ha と高い。2006~2010 年の年平均伐採量は 23,100 m<sup>3</sup> で、立木と素材(丸太)を合わせて年平均 118 百万円の販売収入を上げている。2013 年 4 月現在、定員内職員 33 名(教員 3 名、技術職員 24 名、事務職員 6 名)が配置されている。

## 2.2 林分施業法に基づく森林管理

東京大学北海道演習林は、北方林業と林学の研究・教育を目的として 1899 年に創設された。1958 年以降は、「林分施業法」という独自の施業体系のもとで森林を管理している。林分施業法では、生育する樹木の密度や種類・サイズ、天然更新の良否などを基準に、天然林を施業上の単位である林種に区分し、各林種の状態に応じて伐採や植栽、保育などの施業を行う。森林の存在自体から生ずる環境保全の公益的機能と、木材など林産物の産出という経済的機能の双方が、将来に向かってより増進されることを森林管理の目標としている(高橋, 2001)。林分施業法の提唱者である元林長の高橋延清は、日本学士院エジンバラ公賞(1992)をはじめ数々の学術賞を受賞するなど、その方法と成果は国内外から高い評価を受けている。

林分施業法では、主に択伐という方法で天然林を取り扱う。択伐とは、比較的短い一定の間隔で、また比較的小さな一定の伐採率で伐採を行うと同時に、伐採で生じたギャップに更新を図る伐採・更新法のことをいう(太田 他編, 1996)。皆伐(ある一定面積の立木全てをまとめて伐採した後、跡地の更新を図る方法)とは大きく異なる施業の方法である。択伐施業の回帰年は 15~20 年、伐採率は 16~17% (材積比) を上限とし、成長量の範囲内で木材生産を行っている。

## 3. 東京大学北海道演習林のデータ基盤

### 3.1 森林管理データ

東京大学北海道演習林では、林分施業法に基づく施業実験を行う林地を「総合試験林」に区分して管理を行っている。総合試験林の面積は 20,034 ha であり、総面積の 88% に相当する(東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林, 2012)。以下では、林分施業法に基づく森林管理の過程で実施する主な調査として、①林種区分測量、②森林資源調査、③収穫調査の 3 つを取り上げ、各々の作業手順、および調査を通じて取得・蓄積されている林分スケールの森林資源管理データの内容について見ていく。

#### 3.1.1 林種区分測量

林分施業法に基づく森林施業では、はじめに施業対象区域を表 1 にある 13 の林種に区分する。前回施業時の施業区域図や最近の空中写真から、対象区域の概況をあらかじめ把握した後、現地を踏査して林種区分測量を行う。林種の境界判定は、各林種の定義および林種区分の基準と指標(東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林, 2012)を踏まえつつ、演習林の技術職員が経験的判断に基づいて行っている。

現地での境界測量は、高精度 GPS (汎地球測位システム) 受信機により測量基点を設置した後、レーザーコンパス測量システム(尾張, 2010; 遠國 他, 2010)を用いた閉合トラバース測量によって行われる。境界測量の許容精度は閉合比で概ね 1/150 以下、閉合誤差 5 m 以内とし、精度が不十分であれば再度測量をやり直す(遠國 他, 2010)。取得した測量データをもとに、GIS (地理情報システム) ソフトウェアの ArcGIS を使って施業区域図を作製する。ササが繁茂して見通しの良くない場所では GPS 受信機で境界測量を行うこともあり、その測位精度を評価した上で測量を実施している(及川 他, 2008; Owari et al., 2009; 尾張, 2010; 遠國 他, 2013)。また最近では、重機に搭載した GPS 受信機を用いたトラッキングによる測量作業の省力化を試みている(遠國 他, 2012)。

現時点で既に総合試験林の全域が林種区分されており(図 2)、毎年の施業実行を通じてその

表 1. 林分施業法の林種区分. 出典: 東京大学大学院農学生命科学研究科付属演習林北海道演習林 (2012).

大区分	小区分
① 択伐林	針葉樹択伐林
	針葉樹択伐林 (更新少)
	広葉樹択伐林
② 若齢林	針葉樹若齢林
	広葉樹若齢林
③ 疎生林	疎生林
④ 二次林	山火再生林
	風害林
⑤ 人工更新林	人工林
	天然林地がき地
⑥ 制限林	生態系保全林
	施業困難林
⑦ 無立木地	無立木地

区分が更新されていく. 1996 年以降の林種区分データは ESRI シェープファイル (ポリゴン) に保存されている (尾張, 2010). 現在は 1995 年以前について過去の施業区域図をもとに GIS データ化を進めており, 林相の推移 (図 3) や施業履歴が詳細に追跡可能となる見込みである.

林種区分測量の成果は林種別面積の算出に用いており, 予定伐採量を計画する際の基礎としている. また, 林種区分に関係した研究として, 林種別の林分構造の比較 (山本 他, 1996; Owari et al., 2007) や, 林種区分の長期的変化 (尾張 他, 2010b), 林種判別の決定要因 (Owari et al., 2013) に関する分析が行われている.

### 3.1.2 森林資源調査

林種区分測量に続き, 施業対象区域内の立木密度や林分蓄積, 樹種構成, サイズ構造を林種別に査定するための森林資源調査が行われる. 作製した施業区域図上で調査プロット (50m×50m の方形区) の位置をあらかじめ決めておき, 現地で位置座標をもとにプロットの位置を特定して毎木調査を行う. 設定するプロットの数, 対象区域の概ね 5~10% (面積比) となるようにしている. 各プロットにおいて, 胸高直径 (DBH; 地上高 1.3m) が 5cm 以上である全立木の樹種と DBH (2cm 括約) を測定・記録する. また, 副木 (樹高  $\geq 1.3$ m, DBH < 5cm) の樹種別本数を記録し, 天然更新の良否判定に用いている.

1964~2009 年の 45 年間で計 13,000 箇所以上の調査プロットが設定され, 全ての測定データがデータベース管理システムソフトウェアの Microsoft Access で管理されている (Owari, 2012). 2010 年以降も毎年 300~400 箇所のプロットが設定されており, 膨大な測定データが蓄積されている. 1995 年以降に設定された調査プロットは, その位置座標が ESRI シェープファイル (ポリゴン) で保存されている (図 4). 1994 年以前のプロット位置情報についても, 過去の施業区域図をもとに GIS データ化を進めているところである.

森林資源調査による測定データは小班別, 林種別に集計され, 施業方針の立案や予定伐採量の算定に使われる. また, この測定データを利用して, 択伐林の林分構造 (山本 他, 1996; Owari et al., 2011c) やその長期的変化 (尾張 他, 2010b; 辰巳 他, 2010; 山本 他, 1997), 針広混交林の樹種構成と地形要因の関係 (山本 他, 1995), 立地環境の違いがトドマツの天然更新に及ぼす影

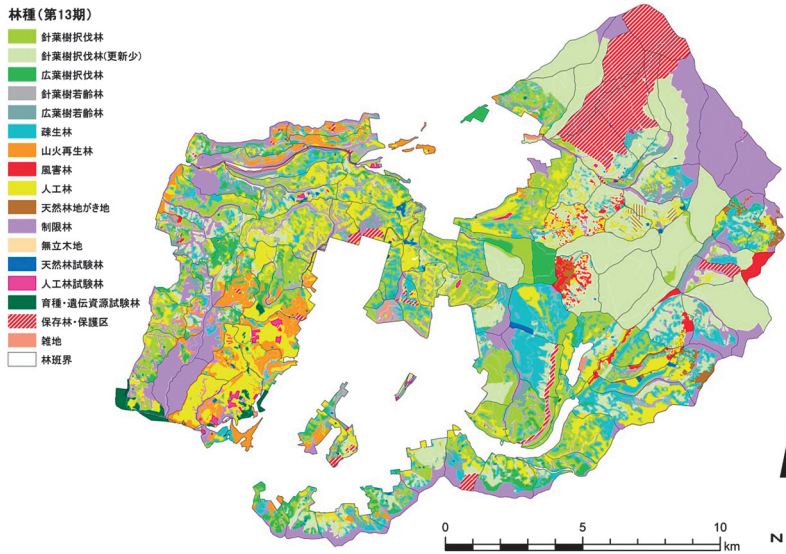


図 2. 林分施業法に基づく林種区分 (第 13 期教育研究計画).

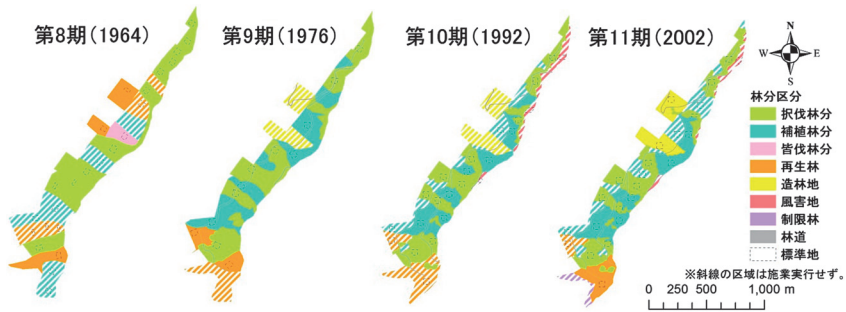


図 3. 林種区分の推移 (108 林班 C 小班・109 林班 C 小班).

響 (Owari, 2013) といった研究が行われている。

### 3.1.3 収穫調査

対象区域の施業方針により伐採対象とされた林地において収穫調査(伐採木の選定)が行われる。伐採の対象となるのは、腐朽木や衰退木、若木の成長を妨げている上層木などである。演習林職員が樹木 1 本 1 本の形質や配置を見ながら、伐採する木を慎重に選んでいく。収穫調査では、全ての伐採木の樹種、DBH (2 cm 括約)、個体の形質・品等を測定・記録する。毎年 3~4 万本の伐採木が選定・測定され、森林資源調査プロットのデータと同様に Microsoft Access で管理されている。過去の収穫調査記録のデータベース化も現在進行中である。さらに、伐採木(立木)の販売価格に関する記録も長期的に残されており、木材市況の変化なども追跡が可能である。

最近では、高感度 GPS 受信機を用いて、収穫調査時に全ての伐採木の位置を記録している



図 4. 森林資源調査プロットの位置 (1995~2004 年設定,  $n=5,652$ ).

(図 5). これにより, 伐採木を立木販売する際の図面作製や, 素材生産業者に対する伐採監護業務が以前に比べて高精度化されている (尾張, 2010). また, GPS による伐採木の探索 (宅間他, 2009) や, 収穫調査の作業管理, 択伐における伐採強度の空間的な分布の把握 (Owari et al., 2011b; 尾張, 2011) などが可能となっている.

### 3.2 永久測定試験地データ

東京大学北海道演習林では, 持続的・順応的な森林管理手法の構築に関わる特定の基礎的・応用的研究課題が設定された林地を「特定試験林」に区分し, 総合試験林とは区別して管理している. 特定試験林の箇所数および面積は, 2011 年 4 月現在で計 328 箇所, 1,817 ha である (東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林, 2012). 以下では, 東京大学北海道演習林が管理する永久測定試験地のうち, ①天然林施業試験地, ②大面積長期生態系プロット, の 2 つを取り上げ, 各々のプロット概要, 個体スケールで測定されているデータの内容, および既往の研究成果について見ていく.

#### 3.2.1 天然林施業試験地

天然林施業試験地は, 天然林の施業過程における林分の量的・質的推移の記録を目的とした長期測定プロットである. 演習林内の多様な標高域 (270~1,290 m) に計 95 箇所の試験地が設定されている (図 6). このうちの 70 箇所では, 択伐を基調とした施業が行われている. 残りの 25 箇所は保存林内において非施業とされている. 試験地の多くは針広混交林であるが, 一部に広葉樹優占林や針葉樹人工林も含まれる. 平均プロットサイズは 0.41 ha (最小 0.04 ha~最大 2.25 ha) であり, 総面積は 39.22 ha に及ぶ. 本試験地のうち 31 箇所は設定後 50 年以上, 19 箇所は 40~50 年が経過しており, 貴重な長期データが蓄積されている.

本試験地では 5 年おきに定期測定を行っており, DBH 5.0 cm 以上の全樹木個体にステンレス製の番号札を付け, 樹種, DBH (0.1 cm 単位), 個体の形質・品等を記録している. 試験地内に生育する全樹木の進界と成長, 死亡 (伐採を含む) に関して, 個体別に追跡が可能である. ま



図 5. 収穫木位置図の例 (66 林班 A 小班, 2008 年,  $n=1,565$ ).

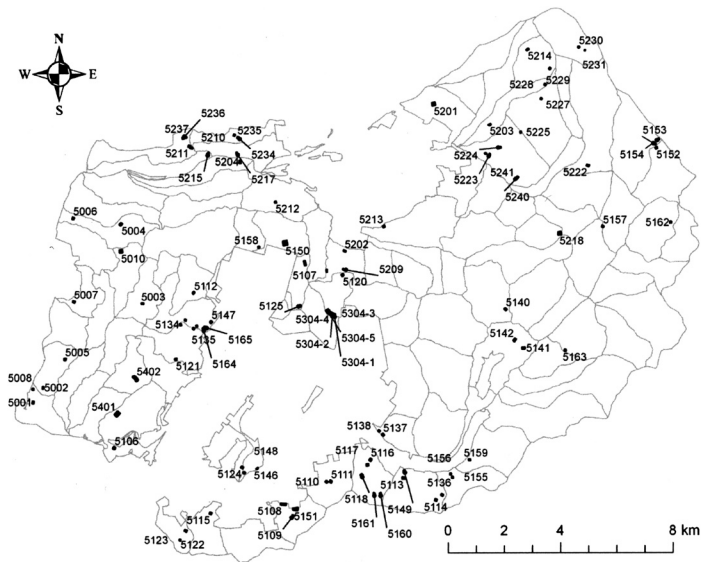


図 6. 天然林施業試験地の位置 ( $n=95$ ).

た、20 箇所の試験地については個体位置の測量が完了しており、残りの箇所も順次測量を進めていくこととしている。

本試験地の測定データは、森林施業計画において予定伐採量を算定する際の基礎となる林分成長率の査定に用いられている (東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林,

2012). このほかにも, 多くの研究者によって測定データが利用され, 森林生態系の動態解明や林分構造と生産力の定量化, 林分推移の予測と施業法の究明が進んできた. これまでに, 林分成長の解析(大貫 他, 1966, 1967; 竹内 他, 1977, 1979, 1980, 1981; 石橋・広川, 1986; 石橋, 1986; 平田 他, 1987b; 石橋 他, 1987a, 1987b, 1988; Tatsuhara et al., 1995a, 1995b)のほか, 林分の構造(平田 他, 1987a, 1988, 1989; 犬飼 他, 2011; 小池 他, 2009; Owari et al., 2011a)や樹木の分布様式(石橋 他, 1989), 稚幼樹の更新(高橋 他, 2009)に関する研究が行われている. また, 森林施業に関わる研究として, 天然林の林型区分(田中 他, 1987), 択伐作業に伴う残存木への損傷(高橋 他, 2011)とトドマツ個体群動態への影響(北島 他, 2003), 伐採木の選定技術(尾張 他, 2010a, 2011, 2012)などが報告されている. さらに, 本試験地の測定データを使った林分成長のモデリングと予測に関する研究も行われてきた. 直径遷移確率を用いたモデル(柴田 他, 1984; 柴田, 1988; 石橋, 1989a, 1989b, 1990; 和田 他, 1990; 山本, 1990)やシステム論的成長モデル(平田・箕輪, 1991)が作成されてきたほか, 最近では個体間の競争効果を考慮した空間明示的個体ベース森林動態モデル(Tatsumi et al., 2011, 2012, 2013)が構築されている.

### 3.2.2 大面積長期生態系プロット

原生林または原生状態に近い森林を保存するため, 演習林内の計 16 箇所, 総面積の約 7%に相当する 1,525 ha が保存林・保護区に指定され, 森林施業の対象外となっている. このうち, 前山保存林と岩魚沢保存林の 2 箇所には, 十分な面積的広がりや個体数・現存量を含む大面積プロットを設置し(図 7), 汎針広混交林における自然状態での森林動態の把握を目的とした長期継続調査を実施している(東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林, 2012).

前山大面積長期生態系プロットは, 針広混交林の動態, 特に世代交代の回転時間や林冠ギャップの形成頻度, 修復過程などを解明するため, 1992–1993 年に設置された(山本 他, 1994; 芝野 他, 1996). 演習林の中標高域(620~680 m)に位置しており, 総面積は 36.25 ha である. 南北 1,300 m, 東西 400 m の範囲にある計 145 個の方形区(50 m×50 m)で構成される(図 8). 傾斜は緩やかで, 安山岩の岩砕に覆われており, 林床にササ類の分布は概して少ない. プロットを含む一帯では 1937 年以前に弱度の択伐が 1~2 回行われたものの, その後は施業が行われていない.

岩魚沢大面積長期生態系プロットは, 低標高の溪畔域に立地する天然林の動態を把握するため, 1994 年に設置された. 演習林の低標高(350~410 m)に位置し, 総面積は 18.75 ha である. 岩魚沢川に沿って南北に走る 2 本の林道の間に, 計 75 個の方形区(50 m×50 m)がほぼ連続して並んでいる(図 9). プロット内には川で分断された林地や森林軌道跡が含まれるほか, 岩魚沢川に注ぐ小河川も多数あり, 湿地も見られる. 林床の植生はアキタブキ, ハンゴンソウなどの大型草本類とクマイザサなどである. プロットを含む一帯では過去に小規模な択伐が行われたものの, 保存林に指定された 1993 年以降は施業が行われていない.

両プロットの一部区画(前山 40 区画 10.00 ha, 岩魚沢 27 区画 6.75 ha)では 5 年おきに, その他の区画では 10 年おきに, それぞれ定期測定を行っている. 天然林施業試験地と同様に, DBH 5.0 cm 以上の全樹木個体にステンレス製の番号札を付け, 樹種, DBH(0.1 cm 単位), 個体の形質・品等を記録している. 今後は, 両プロットの 5 年おきに測定を行う全ての区画において, 全個体の位置測量を進める計画である.

最新の調査結果(大川 他, 2010; 大川・松井, 2011)によれば, 樹木の出現種数と個体数は, 前山プロットが 38 種と 24,409 本, 岩魚沢プロットが 38 種と 7,959 本であった. これまでに, 前山プロットにおける 5 年間の動態(芝野 他, 2000; 山本 他, 2002)と 15 年間の動態(大川 他, 2010), 岩魚沢プロットにおける 15 年間の動態(大川・松井, 2011)が報告されている. 前山プ



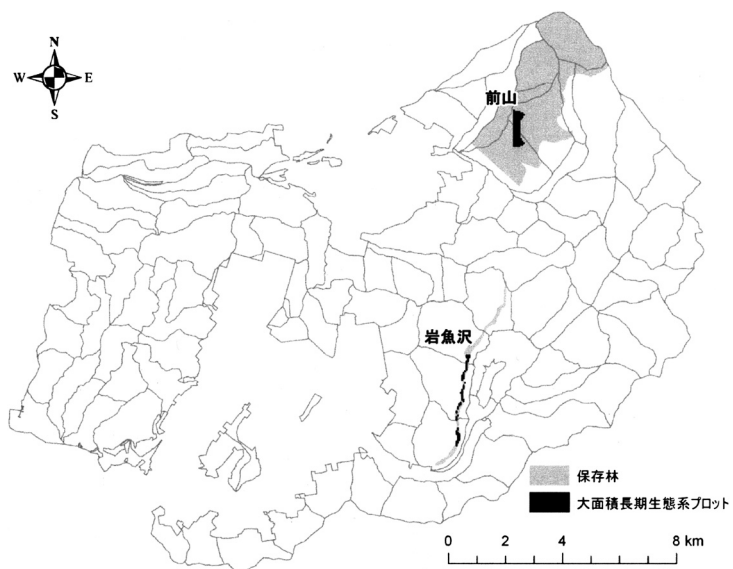


図 7. 大面積長期生態系プロットの位置.

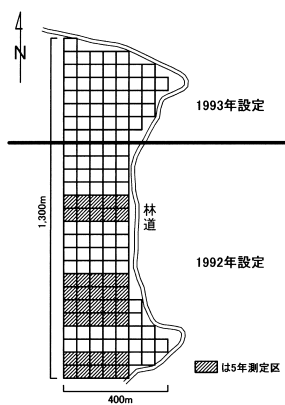


図 8. 前山大面積長期生態系プロットの空間配置. 大川 他 (2010) より著作権者 (北方森林学会) の許可を得て転載した.

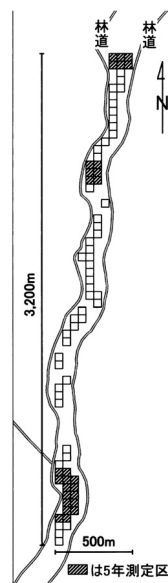


図 9. 岩魚沢大面積長期生態系プロットの空間配置. 大川・松井 (2011) より著作権者 (北方森林学会) の許可を得て転載した.

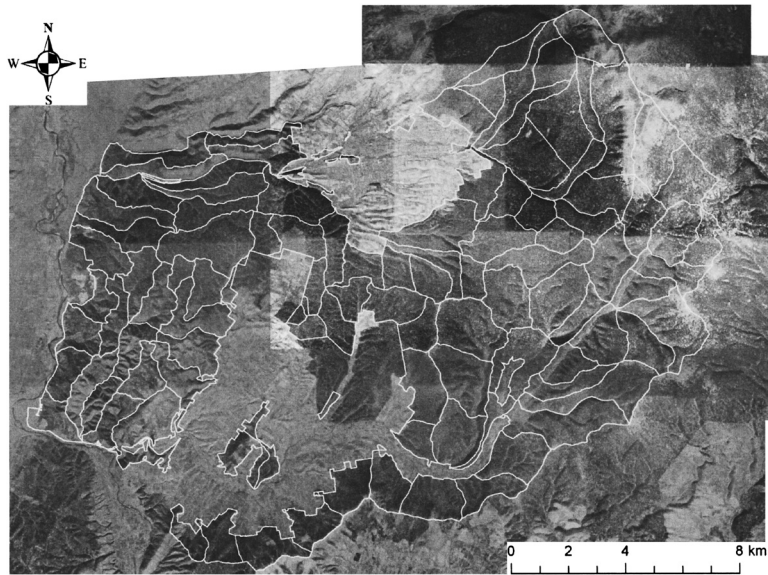


図 10. 空中写真(1947年撮影). 米軍が撮影し国土地理院が所有する空中写真を使用した.

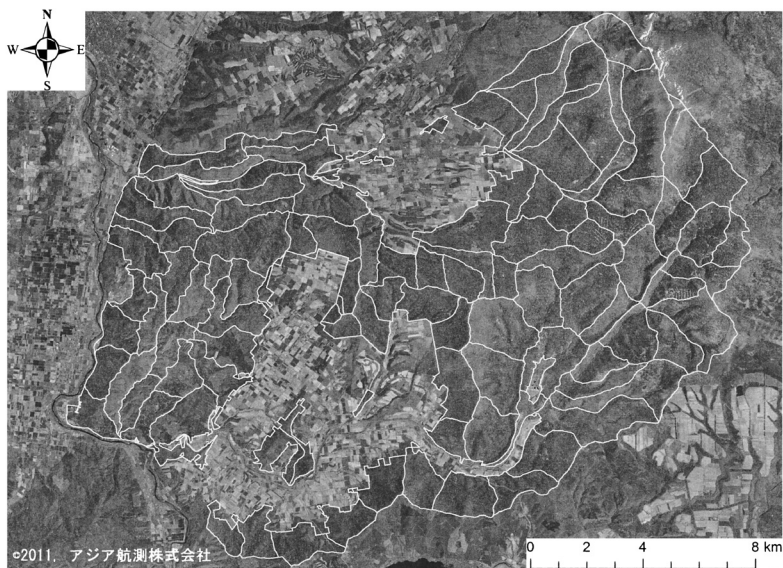


図 11. デジタル空中写真(2011年6月撮影). デジタル森林空間情報利用技術開発事業(林野庁補助事業)のデータを使用した.

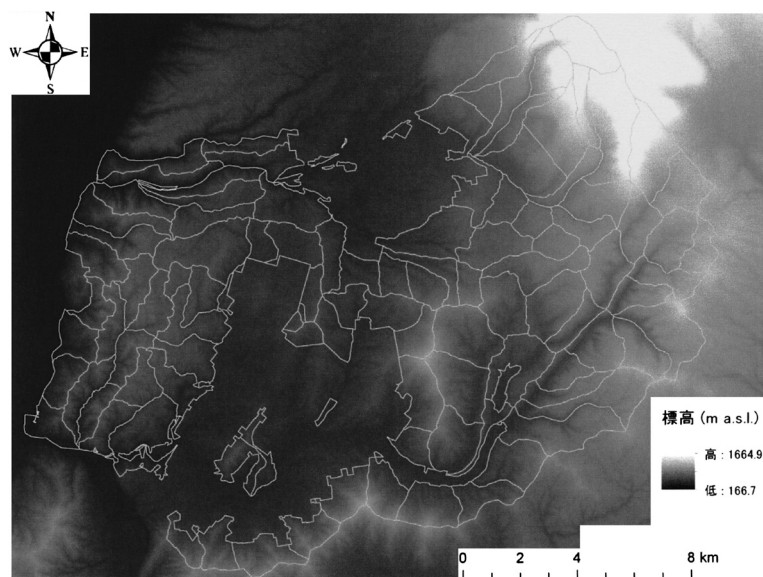


図 12. デジタル標高モデル (10m グリッド). 北海道地図株式会社 GISMAP Terrain のデータを使用した。

ロットではさらに、樹木の分布様式(本阿弥 他, 1997)や林冠下の光環境と稚樹の成長(中馬・梶, 2009)が調査・報告されている。

### 3.3 地理空間データ

上述のデータは演習林が独自に調査・測定したものであるが、この他にも以下の空間データが整備されている。

- オルソ空中写真(全域): 1947年, 1977年, 2001年, 2011年に撮影(図 10, 11)。
- 高解像度衛星画像: ALOS(全域, 2008年7月;同年10月撮影), IKONOS(一部区域, 2002年9月撮影), GeoEye-1(一部区域, 2010年9月撮影)。
- 標高(DEM): GISMAP Terrain(全域, 10mメッシュ)(図 12), 航空レーザー測量(一部区域, 2012年実施)。
- 地質(全域): 数値地質図(産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2003)。
- 気象(全域): メッシュ気候値2000(気象庁編, 2002), メッシュ平年値2010(気象庁編, 2012)。
- 植生図(全域): 自然環境保全基礎調査植生調査(環境省生物多様性センター)。

## 4. おわりに

森林生態系を持続的、順応的に管理するためには、自然状態における森林の動態や各種の自然撓乱に対する応答とともに、人為を加えたことによる森林の状態変化のプロセスをよく理解し、樹木群集の更新レジームを保全していく必要がある(北畠 他, 2003)。東京大学北海道演習林の森林管理においても、高い不確実性を有する森林生態系の挙動を適切にモデル化し、森林施業に伴うリスクを定量的に評価していくことが求められる。同演習林に集積・整備された森林データ基盤をもとに、多様な専門分野の研究者が協働し、研究成果を現実の森林管理に

フィードバックしていく。私見ではあるが、そうした仕組みを組織的に構築できれば良いと考えている。

## 謝 辞

林分施業法に基づく森林管理およびデータの収集と管理に従事してきた東京大学北海道演習林の歴代教職員に厚く感謝申しあげる。なお、本報告の一部は日本学術振興会科学研究費補助金(課題番号 22252002)により行った。

## 参 考 文 献

- 相場慎一郎 (2011). 森林の分布と環境, 『森林生態学』(日本生態学会 編), 1-20, 共立出版, 東京.
- 平田泰雅, 箕輪光博 (1991). 天然林の成長に関するシステム論的研究, 東京大学農学部演習林報告, **86**, 33-75.
- 平田泰雅, 石橋整司, 箕輪光博 (1987a). 天然林の林分構造について (I) — 針広別直径分布と径級別平均胸高断面積 —, 日本林学会大会発表論文集, **98**, 133-134.
- 平田泰雅, 石橋整司, 高田功一 (1987b). 天然林生長資料の解析 (III) — 径級区分 —, 日本林学会関東支部大会発表論文集, **39**, 19-22.
- 平田泰雅, 石橋整司, 箕輪光博 (1988). 天然林の林分構造について (II) — 径級別本数比・本数密度と平均胸高断面積 —, 日本林学会大会発表論文集, **99**, 93-97.
- 平田泰雅, 箕輪光博, 高田功一 (1989). 天然林の林分構造について (III) — 伐採による N-g トラジェクトリの変化 —, 日本林学会大会発表論文集, **100**, 123-124.
- 本阿弥俊治, 山本博一, 高橋康夫, 芝野伸策, 岡村行治, 井口和信 (1997). 北方針葉樹天然林の林分構造 — 大型試験地における分布様式 —, 日本林学会論文集, **108**, 89-90.
- 犬飼慎也, 福士憲司, 小池征寛, 高橋功一, 算用子麻未, 尾張敏章 (2011). 東京大学北海道演習林の中標高域における択伐施業林と保存林の林分構造, 日本森林学会北海道支部論文集, **59**, 103-106.
- 石橋整司 (1986). 天然林生長資料の解析 (II) — 直径生長量と直径分布 —, 日本林学会関東支部大会発表論文集, **38**, 31-34.
- 石橋整司 (1989a). 天然林の成長予測 (I) シミュレーションモデルの作成, 日本林学会誌, **71**, 309-316.
- 石橋整司 (1989b). 天然林の成長予測 (II) シミュレーションモデルによる長期予測, 日本林学会誌, **71**, 356-363.
- 石橋整司 (1990). シミュレーションモデルに基づく天然林の林分構造の動態に関する研究, 東京大学農学部演習林報告, **82**, 11-101.
- 石橋整司, 広川俊英 (1986). 天然林生長資料の解析, 日本林学会関東支部大会発表論文集, **37**, 15-18.
- 石橋整司, 高橋康夫, 芝野伸策 (1987a). 天然林生長資料の解析 (IV) — 空間分布 —, 日本林学会関東支部大会発表論文集, **39**, 23-26.
- 石橋整司, 高橋康夫, 高田功一 (1987b). 天然林の生長パターンの解析, 日本林学会大会発表論文集, **98**, 131-132.
- 石橋整司, 河原 漢, 小沢慰寛 (1988). 天然林の林分生長と地況要因との関係, 日本林学会大会発表論文集, **99**, 111-112.
- 石橋整司, 芝野伸策, 高橋康夫 (1989). 天然林における樹木の分布様式, 日本林学会誌, **71**, 503-510.
- 気象庁 編 (2002). メッシュ気候値 2000 (CD-ROM), 気象業務支援センター, 東京.
- 気象庁 編 (2012). メッシュ平年値 2010 (CD-ROM), 気象業務支援センター, 東京.
- 北畠琢郎, 後藤 晋, 高橋康夫, 笠原久臣, 犬飼雅子 (2003). 冷温帯針広混交林における択伐施業がトドマツの個体群動態に及ぼす影響, 日本林学会誌, **85**, 252-258.
- 小池征寛, 犬飼 浩, 福士憲司, 村川功雄, 高橋功一, 犬飼慎也, 尾張敏章 (2009). 東京大学北海道

- 演習林における択伐施業林と保存林の林分構造の比較, 日本森林学会北海道支部論文集, **57**, 105-107.
- 中馬美咲, 梶 幹男 (2009). 北方針広混交林の林冠下における光環境と稚樹の成長と葉の形態, 日本森林学会北海道支部論文集, **57**, 153-154.
- 及川 希, 笠原久臣, 尾張敏章 (2008). 東京大学北海道演習林における GPS 測位精度の評価, 日本森林学会北海道支部論文集, **56**, 107-109.
- 大川あゆ子, 松井理生 (2011). 岩魚沢大面積長期生態系プロットにおける設定後 15 年目の測定結果, 日本森林学会北海道支部論文集, **59**, 21-24.
- 大川あゆ子, 松井理生, 梶 幹男, 井口和信 (2010). 大面積長期生態系プロットにおける設定後 15 年目の測定結果と作業工程, 日本森林学会北海道支部論文集, **58**, 31-34.
- 大貫仁人, 中川一郎, 河原 漠 (1966). 天然林生長資料(その 1), 日本林学会北海道支部講演集, **15**, 12-19.
- 大貫仁人, 中川一郎, 河原 漠 (1967). 天然林生長資料(その 2), 日本林学会北海道支部講演集, **16**, 5-7.
- 太田猛彦, 北村昌美, 熊崎 実, 鈴木和夫, 須藤彰司, 只木良也, 藤森隆郎 編 (1996). 『森林の百科事典』, 丸善, 東京.
- 尾張敏章 (2010). 天然林施業における森林情報管理の技術革新, 機械化林業, **675**, 1-6.
- 尾張敏章 (2011). 天然林択伐施業の収穫調査に GPS を活用, 『続林業 GPS 徹底活用術応用編』(全国林業改良普及協会 編), 53-59, 全国林業改良普及協会, 東京.
- Owari, T. (2012). Forest inventory and analyses to sustain provisioning ecosystem services: Experiences from the University of Tokyo Hokkaido Forest, *Proceedings of the International Symposium on a New Era of Forest Management for Ecosystem Services*, 3-5.
- Owari, T. (2013). Relationships between the abundance of *Abies sachalinensis* juveniles and site conditions in selection forests of Central Hokkaido, Japan, *Forest Resource Management and Mathematical Modeling*, **12**, 1-20.
- Owari, T., Inukai, H., Nakagawa, Y. and Fukushi, K. (2007). Stand classification for natural selection forestry in the Tokyo University Forest in Hokkaido, *Proceedings of the Conference on Sustainable Forest Management and Carbon Sequestration in Taiwan and Japan*, 22-30.
- Owari, T., Kasahara, H., Oikawa, N. and Fukuoka, S. (2009). Seasonal variation of global positioning system (GPS) accuracy within the Tokyo University Forest in Hokkaido, *Bulletin of Tokyo University Forests*, **120**, 19-28.
- 尾張敏章, 犬飼 浩, 小池征寛, 美濃羽 靖, 中島 徹 (2010a). 林分施業法の選木技術, 日本森林学会北海道支部論文集, **58**, 101-104.
- 尾張敏章, 松井理生, 廣川俊英, 犬飼 浩, 梶 幹男, 辰巳晋一, 山本博一 (2010b). 北海道中央部の択伐天然林における林分配置, 構造, 収穫の長期的変化, 日本森林学会大会学術講演集, **121**, J07.
- 尾張敏章, 犬飼 浩, 富士憲司, 小池征寛, 犬飼慎也, 算用子麻未, 高橋功一, 美濃羽 靖 (2011). 林分施業法の選木技術—エゾマツ・トドマツ・シナノキ・イタヤカエデ混交林の事例—, 日本森林学会北海道支部論文集, **59**, 99-102.
- Owari, T., Suzuki, M. and Kaji, M. (2011a). Evaluating sustainability in selection cutting stands at the University of Tokyo Hokkaido Forest, *Proceedings of the 4th Conference of Asian University Forests: International Symposium on Long-term Monitoring and Experiments of University Forest*, 94-98.
- Owari, T., Kimura, N., Shimizume, M., Takuma, R., Nakagawa, Y. and Tookuni, M. (2011b). Using global positioning system (GPS) technology for tree marking in a natural forest under a single-tree selection system, *Forest Resource Management and Mathematical Modeling*, **10**, 105-121.
- Owari, T., Matsui, M., Inukai, H. and Kaji, M. (2011c). Stand structure and geographic conditions

- of natural selection forests in central Hokkaido, northern Japan, *Journal of Forest Planning*, **16**, 207–214.
- 尾張敏章, 富士憲司, 広川俊英, 井上 崇, 江口由典, 辰巳晋一, 美濃羽 靖, 中島 徹 (2012). 林分施業法の選木技術—ウダイカンバ二次林の事例—, 北方森林研究, **60**, 77–80.
- Owari, T., Nakagawa, Y. and Inukai, H. (2013). Determinants of spatially explicit classification decisions in natural forest management in central Hokkaido, Japan, *Journal of Forest Planning*, **18** (2), 151–156.
- 産業技術総合研究所地質調査総合センター (2003). 20 万分の 1 数値地質図幅集「北海道南部」(CD-ROM), G20-2.
- 芝野伸策, 岡村行治, 高橋康夫, 渡邊定元 (1996). 森林の動態解明のための針広混交林帯での大面積長期継続調査地設定の手法, 日本生態学会誌, **46**, 155–168.
- 芝野伸策, 高橋康夫, 岡村行治, 犬飼雅子, 高田功一, 道上昭夫, 井口和信, 梶 幹男, 山本博一 (2000). 針広混交林に設置した長期観測大面積プロットにおける 5 年間の動態 (予報), 日本林学会北海道支部論文集, **48**, 42–44.
- 柴田 前 (1988). 林分施業法の研究—東京大学北海道演習林における天然林施業の実験—, 東京大学農学部演習林報告, **80**, 269–397.
- 柴田 前, 石橋整司, 河原 漠, 田中和博 (1984). 林分施業法に関する研究 (I) —林型区分に基づく天然林の生長予測—, 日本林学会大会発表論文集, **95**, 159–160.
- 高橋功一, 犬飼 浩, 富士憲司, 村川功雄, 小池征寛, 犬飼慎也, 尾張敏章 (2009). 東京大学北海道演習林における択伐施業林と無施業林の更新状況の比較, 日本森林学会北海道支部論文集, **57**, 101–103.
- 高橋功一, 富士憲司, 小池征寛, 犬飼慎也, 算用子麻未, 尾張敏章 (2011). 天然林択伐作業に伴う残存木の損傷と稚幼樹の消失・発生—東京大学北海道演習林 51 林班の事例—, 日本森林学会北海道支部論文集, **59**, 87–90.
- 高橋延清 (2001). 『林分施業法—その考えと実践—(改訂版)』, ログ・ビー, 札幌.
- 竹内公男, 高田功一, 広川俊英 (1977). 天然林生長資料 (III), 日本林学会大会発表論文集, **88**, 123–124.
- 竹内公男, 高田功一, 広川俊英 (1979). 天然林生長資料 (IV), 日本林学会大会発表論文集, **90**, 105–106.
- 竹内公男, 河原 漠, 広川俊英 (1980). 天然林生長資料 (V), 日本林学会大会発表論文集, **91**, 73–74.
- 竹内公男, 広川俊英, 河原 漠 (1981). 天然林生長資料 (VI), 日本林学会大会発表論文集, **92**, 91–92.
- 宅間隆二, 廣川俊英, 岡村行治, 尾張敏章 (2009). GPS を用いた収穫木探索の効率性評価, 日本森林学会北海道支部論文集, **57**, 93–95.
- 田中和博, 石橋整司, 高田功一, 柴田 前, 南雲秀次郎 (1987). 多変量解析法による天然林の林型区分 (I): 択伐林分の場合, 日本林学会誌, **69**, 127–135.
- Tatewaki, M. (1958). Forest ecology of the islands of the north pacific ocean, *Journal of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University*, **50**, 371–486.
- Tatsuhara, S., Yamamoto, H., Takada, N. and Inugai, H. (1995a). Growth of natural stands dominated by todo fir (*Abies sachalinensis*): Effect of stand structure, *Proceedings of IUFRO International Workshop on Sustainable Forest Managements*, 307–317.
- Tatsuhara, S., Yamamoto, H., Takada, N. and Inugai, H. (1995b). Effects of stand structure on growth in selection stands dominated by todo fir (*Abies sachalinensis*), *Japanese Journal of Forest Planning*, **25**, 17–25.
- 辰巳晋一, 尾張敏章, 山本博一, 白石則彦 (2010). 天然林択伐施業による 42 年間の林分構造の変化—東京大学北海道演習林の事例—, 関東森林研究, **61**, 53–56.
- Tatsumi, S., Owari, T., Toyama, K. and Shiraishi, N. (2011). Dynamics of conifer-broadleaved mixed stands under single-tree selection system in Hokkaido, northern Japan: An individual-based model simulation, *Proceedings of the 4th Conference of Asian University Forests: International Symposium on Long-term Monitoring and Experiments of University Forest*, 7pp. (distributed

- separately)
- Tatsumi, S., Owari, T., Toyama, K. and Shiraiishi, N. (2012). Adaptation of a spatially-explicit individual-based forest dynamics model SORTIE-ND to conifer-broadleaved mixed stands in the University of Tokyo Hokkaido Forest, *Forest Resource Management and Mathematical Modeling*, **11**, 1–26.
- Tatsumi, S., Owari, T., Ohkawa, A. and Nakagawa, Y. (2013). Bayesian modeling of neighborhood competition in uneven-aged mixed-species stands, *Forest Resource Management and Mathematical Modeling*, **12**, 191–209.
- 遠國正樹, 木村徳志, 宅間隆二, 清水目元一, 中川雄治 (2010). 林況測量におけるレーザーコンパスの利用可能性, 平成 21 年度技術職員等試験研究・研修会議報告(東大), 41–46.
- 遠國正樹, 笠原久臣, 磯崎靖雄, 福岡 哲, 高橋功一, 高橋正義, 尾張敏章 (2012). 機械地拵えにおける GPS トラッキングの利用可能性, 北方森林研究, **60**, 113–116.
- 遠國正樹, 平田雅和, 鈴木裕紀, 高橋功一, 尾張敏章 (2013). 森林内におけるハンディGNSS受信機の測位精度, 北方森林研究, **61**, 117–120.
- 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林 (2012). 北海道演習林第 13 期教育研究計画(2011(平成 23)年度 ~2020(平成 32)年度), 演習林(東大), **51**, 67–176.
- 和田仁志, 石橋整司, 河原 漢, 南雲秀次郎(1990). 天然林における択伐施業を対象とした収穫予想表の作成, 日本林学会大会発表論文集, **101**, 53–54.
- Walters, C. J. (1986). *Adaptive Management of Renewable Resources*, Macmillan Publishing Company, New York.
- 山本博一 (1990). 択伐林施業計画のシステム化に関する研究, 東京大学農学部演習林報告, **83**, 31–142.
- 山本博一, 渡邊定元, 芝野伸策, 高橋康夫, 岡村行治 (1994). 北方針葉樹林の大面积プロットの設定, 日本林学会論文集, **105**, 391–392.
- 山本博一, 仁多見俊夫, 木佐貫博光 (1995). 針広混交天然林の林分構造の解析 (I) 樹種構成と地形要因の関係, 日本林学会誌, **77**, 47–54.
- 山本博一, 広川俊英, 佐藤 烈, 岩本進一, 道上昭夫, 犬飼 浩 (1996). 針広混交天然林の林分構造の解析 (II) —持続可能な択伐林施業の条件—, 日本林学会論文集, **107**, 105–108.
- 山本博一, 大橋邦夫, 道上昭夫, 芝野伸策, 岩本進一, 犬飼 浩, 佐藤 烈 (1997). 針広混交天然林の林分構造の解析 (III) —択伐作業による林分構造の変化—, 日本林学会論文集, **108**, 91–94.
- 山本博一, 梶 幹男, 芝野伸策, 岡村行治, 笠原久臣, 道上昭夫, 広川俊英 (2002). 針広混交天然林における樹木の個体数と現存量の動態—北海道演習林前山保存林の事例—, 東京大学農学部演習林報告, **107**, 1–20.

## Sustainable and Adaptive Forest Management and Data Infrastructure under Stand-based Silvicultural System

Toshiaki Owari

The University of Tokyo Hokkaido Forest

The University of Tokyo Hokkaido Forest (UTHF) owns and manages approximately 20 thousand hectares of forestland in central Hokkaido, northern Japan, and has been implementing a management experiment called ‘Rinbun Segyo Ho’ (stand-based silvicultural system) since 1958. This paper synthesizes type and contents of forest dynamics and management data accumulated at UTHF through more than 50 years’ management practices in order to contribute to the development and arrangement of field information infrastructure, which is essential to risk assessment and research for forest ecosystem management. Under the forest management procedure of Rinbun Segyo Ho, the UTHF staff annually conduct 1) ground forest surveys for spatially-explicit stand classification, 2) field measurements of forest inventory plots, and 3) single-tree selection for harvest every year. The stand-scale data of forest resource management has been recorded from each investigation. In UTHF, the individual-scale permanent measurement plots including 1) natural forest management research plots and 2) long-term and large-scale ecological research plots have been established and periodically measured. Various types of geospatial data including aerial orthophotos and digital elevation models (DEM) have been prepared. Through multi-disciplinary researchers’ collaboration with the use of this data infrastructure, possible risks in forest ecosystem management may be assessed quantitatively by properly modeling the stand dynamics and the responses to management practices.