

# ニュージーランドの森林計画システム

東大農 箕 輪 光 博

## (1) ニュージーランドの林業概観

表一にみるように、ニュージーランドの森林率は26%と我が国に較べるとかなり低い水準にある。これは、この200年間に森林から農耕地への転換が急速に進んだためである。ちなみにニュージーランドの森林を振り返ってみると、約200年前までは国土の $\frac{2}{3}$ は常緑樹林でおおわれていたらしい。ヨーロッパからニュージーランドの大がかりな移住が開始された1840年頃ですら、まだ国土の52%（1,400万ヘクタール）は森林であった。しかし、その後100年の間に、森林は600万ヘクタールに激減している。この間の伐採は、開発に不適な傾斜地にまでおよび、19世紀の終り頃には、山地では流域の保全問題がとりざたされるようになる。今世紀に入って、林野庁（1919年に設立）は積極的に森林資源の育成に努め、最初の大がかりな外来樹種（主として、ラジアータパイン、ダグラスファー）の植林が1923～1936年にかけて実施された。

表一 1 ニュージーランドの土地利用

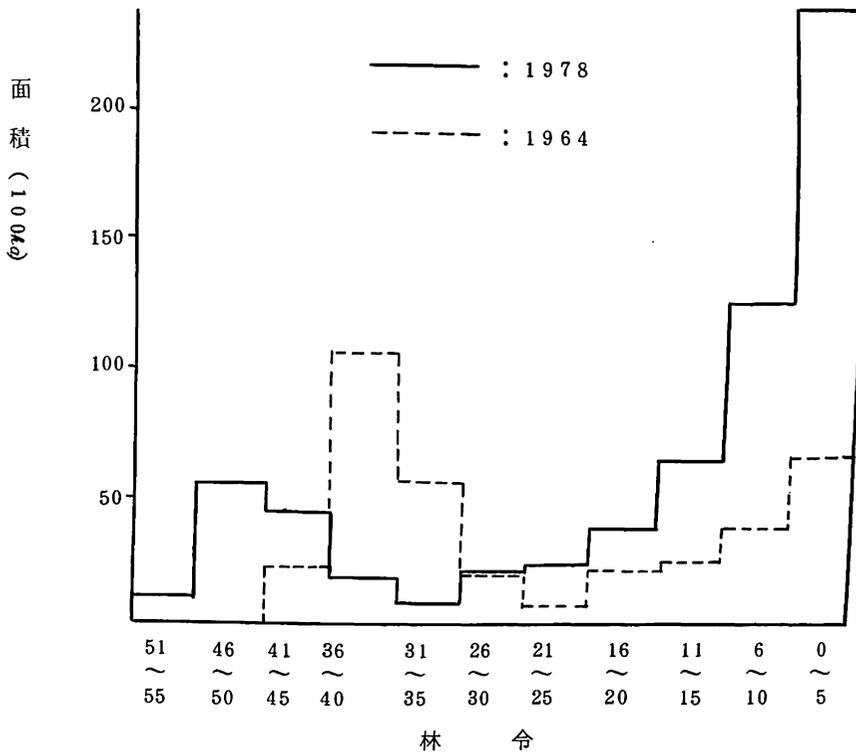
区 分	面 積 (100万ha)	比 率(%)
林 地	7.0	26.0
農 耕 地 等	13.5	50.2
そ の 他	6.4	23.8
全 体	26.9	100.0

中でも、ラジアータパイン（ニュージーランド松）は生長が早く、しかも植林しやすいという点から、最も重要な造林樹種となっている。表二は、丸太生産量の推移を、Indigenous wood（在来樹種林からの丸太）とExotic wood（外来樹種林からの丸太）に分けて示したものである。この表から、ニュージーランドの林業がこの約50年間に、国内樹種から外来樹の林業へと姿を変えてきたことが分かる。ついでに、現在の林地の内訳を、Indigenous forest（在来樹種林）Exotic forest（外来樹種林）別に表示すると表三のようになる。面積にして約90%を占める在来樹種林が全体の10%しか丸太を生産せず、逆に面積でわずか10%の外来樹種林が全丸太生産量の約90%をまかなっているというのが、今日のニュージーランド林業の姿である。彼らは、前世紀の乱伐を反省し、国土保全等の公益的機能を残った600万ヘクタールのIndigenous forestに委ね、木林生産の機能を新たに造成したExotic forestでカバーしようとしているわけである。これは実に賢明な姿であり、現実に成功しつつある。

表一 丸太生産量の推移 (100万 $m^3$ )

年次	Indigenous wood	Exotic wood	全体
1939	1.42	0.28 (16%)	1.70
1948	1.48	0.82 (36%)	2.30
1961	1.56	3.21 (67%)	4.77
1975	1.00	7.74 (89%)	8.74

さて、第一次の植林ブームが去った後、しばらく植林は停滞していたが、1960年代に入ると再び活発となり、この10年間は第二次の植林ブームを迎えている。図一は1964年と1978年の人工林(Exotic forest)の令級別面積を示したものである。この図から、この10年間に植林がいかに急速に進められているかが分かる。たとえば、国有林の場合、年間の植林面積が、1961年には4,000ヘクタールであったものが、1978年には21,500ヘクタールと約5倍にも増大している。同様に私有林の場合も、植林面積は10倍にもふくれあがっている(大規模な林産企業が主体)。さらに、ニュージーランド林野庁は、西暦2,000年には植林地を2倍に拡大し、全生産量の70%(現在は約30%)を輸出にまわす計画をたてている。その場合、年間の植林面積は、45,000ヘクタールになる予定である。(図2 参照)



図一 人工林の令級分布の変化

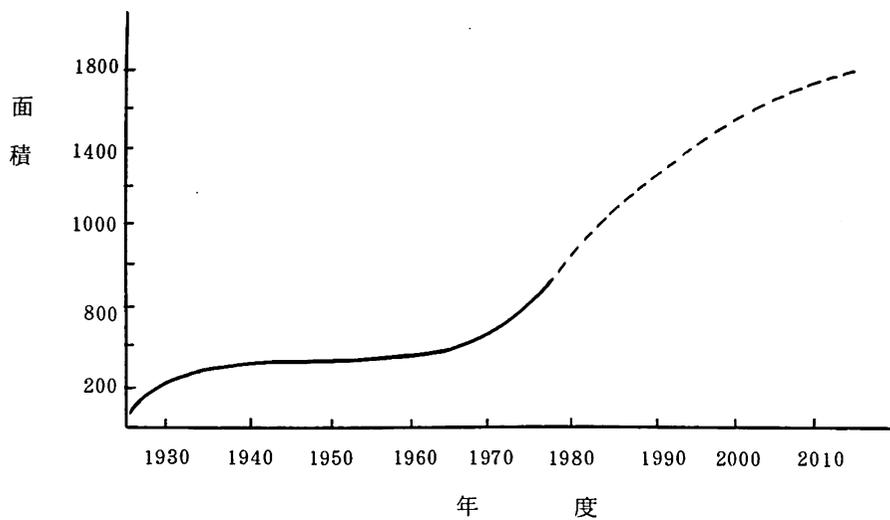


図-2 植林面積の推移および予測

表-3 ニュージーランドの林地区分

林 地	Indigenous forest	Exdttic forest	全 体
国 有 林	2,993	(1,000 ha) 425	3,418
国立公園等	1,550	-	1,550
御 料 林	361	-	361
そ の 他 (私有林等)	1,342	315	1,657
全 体	6,246	740	6,986

以上のように、ニュージーランドの林業は外来樹（主としてラジアータパイン）にもとづく人工林業であり、その歴史はまだ100年にも満たない。現在、第一次の Exotic forest の大部分が伐採され（1988年頃には完全に伐採されてしまう）、10年後にはこの10年間に育成された第二次の Exotic forest の伐採が開始される。また一方では、木材関連産業への木材の安定的供給が要請され、同時に木材の輸出力の強化も重要課題となりつつある。このような意味で、ニュージーランドの林業は、現在一つの転機にあるように見える。換言すれば、大局的にみて木材生産の上から「つなぎ目」にいたのである。ここで、第一回目の植伐サイクルが終了し、第二回目のサイクルが始まる1990年前後にかけて、ニュージーランド林業が遭遇する問題を列記してみよう。

- (1) 再造林，拡大造林の良否とそれに伴う林地生産力低下
- (2) 育林，伐出技術の再検討
- (3) 伐期の検討
- (4) 木材関連産業への持続的・拡大的木材供給

中でも、“old crop”（第一次の Exotic forest）と“young crop”（第二次の Exotic forest）の伐期を調整し、主伐・間伐を合せた収穫量の年次配分をどのように行っていくかが最大の課題となろう。現在 young crop の伐期は短縮される予定（25～35年）になっているが、これは林業経営の収益性を確保するという点からだけでなく、将来の木材生産の保続を考えた上での政策上の決定であろう。これは、今日長伐期論議が盛んである我が国と較べると、きわめて対照的である。と同時に、ニュージーランド、日本の両国は、人工林林業に力を注いで来たという事実、これからも拡大しつつある人工林の保育、収穫にいくつかの問題を抱えているという点において共通点をもっている。今回の調査を通じて痛感したことの一つは、先に列記した問題を解決するため、ニュージーランドの林業人は、官界、民間を問わず、また林学、林産を問わず、各分野の人達が連絡、協力を密にして総合的な研究に取り組んでいることである。特に、ロトルアの林業試験場で、育種から始めて、育林、森林経理、林業経済、木材加工、木材利用等の各分野の研究者が、ラジアータパインの最善の使い方を求めて日夜努力している姿には、少なからず感銘を覚えた。その点、我が国の場合は、各分野の分化が進み過ぎ、相互の協力関係が薄れてきているように見える。

## (2) ニュージーランドの森林調査・森林計画

森林調査は、林業政策や森林計画を考える上で最も基本となる作業である。ニュージーランドの国家的森林調査は、前述の Exotic forest の造成・利用とタイアップして、1920～1923年、1946～1955年、1959～1963年の三回にわたって行われてきた。その主たる目的は、森林面積の確定および利用可能な立木蓄積の推定で、各時点での林業政策の樹立や変更に大きく貢献してきた。第一回目の調査は、残っている Indigenous forest がどのくらいあるか、つまり在来樹林の面積と蓄積を推定するために目測を実施した。次いで第二回目は、Indigenous forest を図化し、利用可能な蓄積を信頼度95%、精度10%で

推定した。現在は、空中写真と地図を利用して、過去の調査記録を修正しつつある。他方、Exotic forest については、第二回目の調査で全国を七つの地域に分け（Auckland, Rotorua, Wellington, Nelson, West land, Canterbury, Southland）、全立木材積を五つの主要樹種（Radiata pine, Ponderosa pine, Corsican pine, Lodgepole pine, Douglas fir）ごとに信頼度95%、精度10%で推定した。同時に、人工林の面積を確定するために、20ヘクタール以上の層（面積にして全体の92%、所有者の数にして全体の2%）とそれ以下の層の二つに分けて調査を実施した。この第二回目の調査の目的は、1923～1936年にかけて植林された外来樹種林の面積と蓄積を把握することにあつたわけであるが、その結果は十分と言えるものでなかった。特に、20ヘクタール以下の小面積の私有林の面積推定には多くの問題を残した。1960年代に入ると、既人工林地（約15万ヘクタール）の正確な蓄積推定と新植予定地の生産力の把握が緊急の課題となった。当時の伐採は、“old crop”（第一次の Exotic forest）が主体であり、表一2からも分かるように、伐採の中心は在来樹種林から外来樹種林へと移りつつあつた。この Exotic forest の蓄積推定は、航空写真から推定されたうっ閉度にもとづいて、正常収穫表の値を割引する形で行われた。1964年に至って、人工林調査の標準的枠組が出来上り、その後の国有林の資源調査はそれにもとづいて行われるようになった。

以上がニュージーランドの森林調査に関する概括的な説明であるが、森林計画の話に移る前に、簡単に当時の研究面について述べておきたい。1960年代の森林調査および伐採の主体が第一次の Exotic forest にあつたと同様に、研究の中心も、その主要造林樹種であるラジアータパインの生長と材質を高めるという点に置かれていた。換言すれば、研究は、育種、育苗、地ごしらえ、除草、施肥、枝打ち、間伐等の施業技術の改善に向けられていた。と同時に、林木の生長モデルに関する研究も、各種施業技術の生長に与える効果を比較検討する手段を与えるという観点から進められていた。この面の研究の一例としては、Hans Beekhuis (1963) の “Variable density growth model”（立木密度を変数とする生長モデル）が有名である。このモデルは、林分の状態を三つの基本変数、すなわち立木本数、胸高断面積合計、平均樹高で表現し、ラジアータパイン林分の将来の生長をシミュレートするものとして開発された。本モデルは、間伐等の施業技術と生長との関係を定量的に示したものとして、その後の研究に大いに貢献したが、当時は測定技術が不十分であつたために十分に効果を発揮するに至らなかつた。いずれにせよ、1960年代のニュージーランドの林学研究の主たるテーマは、1) 利用可能な蓄積の推定法の確立 2) 新植予定地の生産力の把握 3) 生長および材質を改善するための施業技術の開発 4) さらにその判定のための生長モデルや経済的評価基準の確立にあつたと言えよう。

このような状況の中で、ニュージーランドの林業人は森林計画という概念を最も必要とする1970年代を迎えることになる。時が立つにつれて、1923～1936年に植えられた “old crop” の林は、蓄積、径級、伐採令、材質等の点で多岐にわたるようになり、これに途中の植林停滞期やこの10年間の第二次植林ブームの影響が加わって、ニュージーランドの人工林は全体として不法正な状態を示すようになった。人工林の令級分配の不法正ぶりについては、すでに図一1に示した通りである。このような事情を背景にして、

1970年に入ると、地域の木材関連産業へ木材をいかに保続的に供給するかということが、ニュージーランド林業の最大の課題となった。換言すれば、ニュージーランド林業の最大は、1960年代の“立木”あるいは“林分”から“森林”もしくは“地域”と移り、木材供給の保続を目的とした伐期および間伐方法（度合、回数）の合理的な選択に林業人の関心は集まったわけである。“old crop”の伐採は進み、1990年頃までは完全に伐りつくされてしまう。他方、この10年間に植林された“young crop”は、15年後には伐採が可能となる。加えて、“young crop”の多くは、生産・流通の面で基盤の未熟な地方に存在している。このように、老若林分が混在し、しかも場所的に分散しているという事態に立ち至って、はじめてニュージーランドの林業人は、「林分を単位とした施業」(stand management)ではなく、「森林を単位とする施業」(forest management)の重要さに気がついたようである。つまり、どの地域からどれだけの木材を生産し、各地域の木材関連産業へ木材の保続的供給を達成するかという「森林計画(経理)」の基本問題に立ち返ったわけである。これは、ニュージーランドにとってははじめての経験であろう。

本来、国有林の森林計画の目的は、国有林からの木材の保続的供給を達成することにあるが、1960年代までの計画は、その目的にかなった計画を策定する手段を持ち合せていなかった。たとえば、1960年代の計画では、森林をラジアータパインのold crop林、コルシカンパインの間伐林、ダグラスファーの無間伐林等に大きく区分し、それぞれに適当な収穫表を適用して各計画年度の主伐・間伐量を定める方式を採用していた。収穫表の作成には、固定試験地と収穫調査の双方のデータが用いられていた。各計画年度の伐採量を定める手順は次の通りである。

- 1) 各年度の用材需要を見積る。
- 2) 用材需要を満すように収穫表を利用して主間伐量を定める。その際、計画当初には利用間伐を中心に、後には主伐中心にこの割当作業を行なう。
- 3) 以上の手続きを20～30年にわたってくり返す。

この伐採量決定作業は、try and errorのくり返しである。出来上った収穫計画は、ある時は計画年度末に過熟林分が残ったり、またある時は計画期間内の主伐令が極端に変動するようなものであった。いずれも最適計画と言えるものでなく、このような手計算によるくり返しは、時間を浪費するだけで有効でなかった。

しかし、1970年代に入って、コンピューターの開発が急速に進むと共に、不正な森林資源に対して様々な計画を比較検討とすることが可能になった。ニュージーランドの場合、ニュージーランド林産株式会社がコンピューターにもとづく森林計画モデルをはじめて開発した。この点に関して国有林は一步遅れをとった。しかし、杉野庁は1972年に林産会社のモデルを購入し、Rotoruaの営林局がBay of plentyの施業計画を作成するためにこのモデルを用いた。1976年、杉野庁は「Mensuration project team」を結成し、コンピューターにもとづく森林調査・計画システムの開発に本腰を入れ始めた。その意図するところは、地域施業計画の担当者にソフトウェアを用意し、国有林の地域施業計画をコンピュー

ターを軸にシステム化するところであった。システムは、長期計画を主眼とする森林資産モデルと短期の収穫計画の二つに分かれている。いずれも数理的計画手法として線型計画法（LP: Linear programming）を採用している。図-3は、森林調査・計画システムの全体像を示したものである。まず、長期計画モデルについて説明する。

林野庁はそれまでシミュレーションとLPにもとづく二つの長期計画モデルを採用していた。前者は、各計画年度の許容量伐採量を定め、伐期を加減しながら目的の令級別面積をはじき出すという収穫規整中心の計画モデルであった。しかし、収入、経費、労働力等の経済因子を、条件もしくは目的の形でモデルの中に組み込む段になると、計算量は膨大となり、コンピューター・シミュレーションですら容易ではなかった。これに対して、LPにもとづく計画モデルは様々な資源情報（森林面積、蓄積、地位、地利、労働量、資金、価格等）を制約式の中に組み込むことが可能であり、同時にプログラムの使用法が比較的簡単である。現在のモデルは、500ケの伐採単位、50ケの施業方式、各施業方式別に5ケの資源（労働力、資金、機械等）を取扱かうことが出来る。また、18分期（1分期=3年）にわたる長期計画を立てることも可能である。新しく作成されたこの森林調査・計画システムは、次の三つのプロセスから成る。

- 1) 森林を伐採単位に区分し、各伐採単位の状況（面積、林令、立木本数、断面積合計、平均樹高、地位等）を記録する。
- 2) 各伐採単位ごとに、一定の施業方式を適用し、その結果伐採単位の将来がどのようになるかを、林分構造の変化で表現する。
- 3) 各施業方式に関連する各種森林作業（施肥、枝打ち、間伐、主伐等）について、資源の量の出入りを単位面積および各分期ごとに計算する。

図-3、の計画モデルを構成している各パッケージは、この三つのプロセスのどれかに属している。たとえば、Management inventory（施業調査）パッケージ、Data baseパッケージは、第一のプロセスに関連している。他方、Growth model（生長モデル）パッケージは、各伐採単位に各施業方式を適用した場合に、林分構造がどのように変化するかを、立木本数、断面積合計、平均樹高等のパラメーターを用いて表現するものであるから、第二プロセスに該当している。ここで、施業方式とはどのようなものであるかを理解するために一例をあげておく。簡単に言えば、伐採単位ごとの“処方せん”のようなものである。

- 1) 第二分期（分期の長さは3年）に、間伐を実施し、立木本数をヘクタール当たり350本に減らす。  
この時の伐採単位の林令は15年。
- 2) さらに第五分期（林令24年）に間伐を行ない、立木本数をヘクタール当たり200本に減らす。
- 3) 第九分期（この時の林令は36年）に皆伐する。
- 4) 同じ分期内に更新（再造林）する。植栽本数はヘクタール当たり1,500本
- 5) 第十二期分（この新生林分の林令は9年）に、ヘクタール当たり350本に除伐する。
- 6) 第十九分期（林令30年）に再び皆伐する。

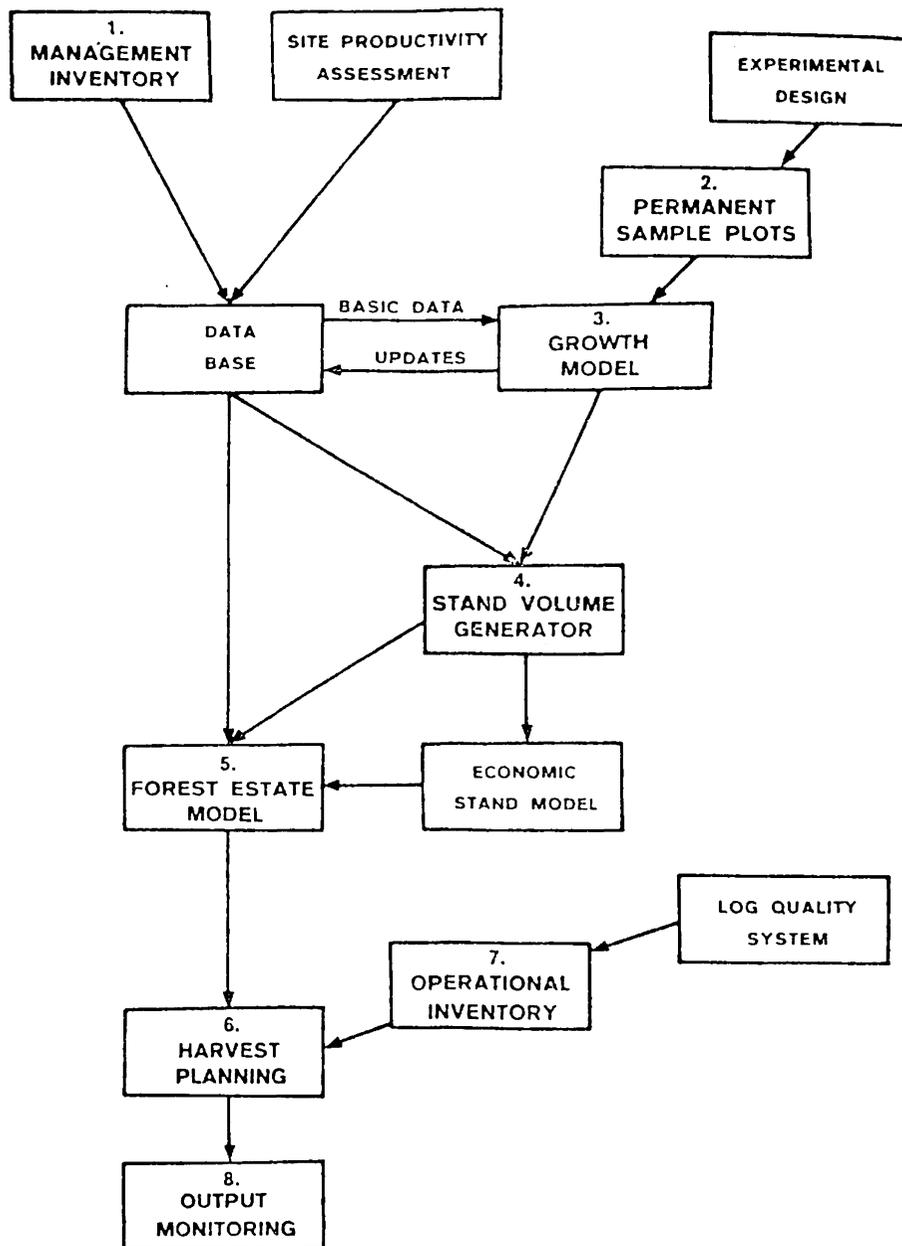


図-3 ニュージーランドの森林計画システム

この施業方式は、ある伐採単位の二世代（18分期＝54年）にわたる取扱いを示している。第一のサイクルでは間伐が二回行われ、主伐令は36年であるが、第二サイクルでは間伐が省略されて除伐に代り、主伐令が30年に短縮されていることに注目すべきである。

次に、第三プロセスであるが、これに関連するのが stand volume generator（林分の利用材積モデル）パッケージと Economic stand model（林分の経済的評価モデル）パッケージである。前者は、利用材積を樹種別、材種（製材用原木、合板用原木、パルプ用原木）別にアウトプットする。もちろんそのためには、第二プロセスの生長モデルや施業方式の情報が必要である。この stand volume generator は長期計画モデルの中の要とも言うべきものなので、節をあらめて述べることにしたい。他方、後者の評価モデルは、経費や収益情報にもとづいて、各施業方式のもたらす純収益の現在価を計算するために用いられる。

以上に述べたような三つのプロセス、あるいはこれに関連する各種パッケージが寄り集って、長期計画モデルとしての Forest estate model（森林資産モデル）を作り上げているわけである。次に、短期の収穫計画モデルについて述べよう。まず、短期計画の作成には、材種別（製材用原木、合板用原木、パルプ用原木等）の収穫量、伐木、造材、集運材にかかる経費等についての信頼できる推定値が必要である。図－3中の Harvest planning パッケージは、この短期の収穫計画に相当するが、これには前述の Forest estate model や各種の情報を提供する Operational inventory（収穫調査）や Log quality system（品等区分システム）が付随している。この Harvest planning パッケージは、Kaingaroa forestの収穫計画を作成するために考案されたものである。カイロンガロア国有林は、北島の中央部よりやや北寄り、タウポ湖とロトルアの町の間広がる平地林で、約15万ヘクタールの一団地を形成する Exotic forest である。年間の伐採量は、約250万立方（トラック400台/日）にもおよび、取引業者は50名ほどである。カインガロア国有林の伐採は、タスマンパルプ会社への原木供給を目的に、1955年に開始されたが、当時の森林はまだ三つの作業級にしか分かれていなかった。その後1965年に初の大々的な森林調査が実施され、森林はさらに26ヶの均等伐区に細分された。これらの伐区（伐採単位）は、さらにそれぞれが5ヶの伐採列区にグループ分けされ、収穫計画はその伐採列区を基準にたてられるようになった。この方式は、取引業者が少なく、森林自体が単調なうちはうまく行っていたが、しだいに成熟林分が減少し、森林自体が多様化するにつれて適用が困難になって行った。1974年に至って、カインガロア国有林の収穫計画は、ロトルアの郊外にあるニュージーランド唯一の林業試験場の研究に委ねられ、Gouldingらは、コンピューターを利用したLPにもとづく収穫計画を提案した。図－4の Harvest planning はそのよう過程を経て作成されたものである。しかし、いまだ完全に実用化されるには至っていない。それでも、このモデルの導入によって、伐木、集運材の経費を大幅に減少することに成功しているようである。この短期の収穫計画の役割は、長期計画で指定された一分期（計画の単位：3年）内の収穫量を各年度に配分することであり、伐採箇所を具体的に指定する機能はもっていない。もちろん、伐採箇所の選択について一定程度の指示を与えることは可能であるが、伐採林分の最終的選定はあくまでも現

場の担当者に委せられているわけである。

### (3) 長期計画のための収穫予測モデル

ここでは、前述した“stand volume generator”パッケージの内容について簡単に紹介したい。

さて、将来特定の森林または地域から、どのような材種の木材がどれだけ生産できるかということは、林業、林産にたずさわる者の最大の関心事であることは自明のことである。特に、今日のニュージーランドのごとく、第一回目の植伐サイクルが終了し、第二回目のそれが開始される時期にある場合には、生産される木材の径級、材質に変化が生ずるので、収穫予測という仕事は一層重要となる。この面の研究を担当するが、いわゆる「森林経理」とか「森林計画」と呼ばれている分野であり、その研究の中心は「収穫表の調整」と「収穫予定法」の開発であった。これから説明する収穫予測法は、従来の収穫表に代わるものとして、ニュージーランド林業試験場のGoulding(1976)らが、ラジアータパインを対象にコンピューターを利用して作成したものである。本モデルと同様のモデルはすでにウェアハウザー会社(U・S・A 1974)のDeptaが作成しており、その意味では全く新しいものというわけではない。また手計算による同様の方法は、同じニュージーランド林業試験場のFentonとTustonによって1972年に試みられている。筆者らは、今回の調査で上記の三人と収穫予測のあり方について討論する機会を得、モデルの特徴や限界をかなり知ることができた。そこで、まず本モデルの特徴について述べよう。

- 1) 林分の状態を、林令、平均樹高、胸高断面積合計、立本本数で表現し、同時に、直径階別に立木本数、平均樹高、材積を計算できる。
- 2) 目的に応じた最適な採材法を選択することができる。
- 3) コンピューター内部に、生長モデル、直径分布モデル、樹高曲線モデル、幹曲線モデル等がサブルーチンとして内蔵されており、必要に応じてそれぞれのモデルのパラメーターを選択するようになっている。
- 4) 直径階別本数、樹高、材積のみならず、丸太別(第一丸太、第二丸太、…)、未口径別、材種別(製材用原木、合板用原木、パルプ用原木)本数、利用材積がアウトプットされる。

この中で、特に2)、3)、4)は従来の収穫表には見られない特徴である。換言すれば、本モデルは単に従来の収穫表をコンピューターに組み込んだものでなく、種々の情報を数式や関数の形でコンピューター内部に記憶し、必要に応じてパラメーターを選定する仕組みになっている。さらに、丸太別、材種別の利用材積が計算できる点に大きな利点がある。次に、本モデルの内容を計算手順にしたがって説明する。

#### a) 直径分布のあてはめ(図-4参照)

三つのパラメーターを含むWeibull分布

$$f(x) = (c/b) \left[ (x-a)/b \right]^{c-1} \exp\left[-((x-a)/b)^c\right]$$

$$\begin{cases} x: \text{直径} : a, b, c : \text{パラメーター} \\ f(x): \text{直径分布} \end{cases}$$

このWeibull分布は世界各国（我が国でも）で直径分布のあてはめに用いられている。

b) 樹高曲線のあてはめ

$$h = 1.4 + \frac{1}{(a - b/d_b)^{2.5}} \quad \begin{cases} h: \text{樹高}, d_b: \text{胸高直径} \\ a, b: \text{パラメーター} \end{cases}$$

c) 材積式

$$v = a \cdot d_b^b \frac{h^{2c}}{(h - 1.4)} \quad \begin{cases} v: \text{単木材積} \\ a, b, c: \text{パラメーター} \end{cases}$$

d) 相対幹曲線

$$d_x^2 = \frac{a_0 v}{h} \left[ a_1 \left(\frac{x}{h}\right) + a_2 \left(\frac{x}{h}\right)^2 + a_3 \left(\frac{x}{h}\right)^3 + a_4 \left(\frac{x}{h}\right)^4 + a_5 \left(\frac{x}{h}\right)^5 \right]$$

$$\begin{cases} x: \text{樹頂からの長さ (distance)} \\ d_x: \text{長さ } x \text{ の点における上部直径} \\ h: \text{樹高} \end{cases}$$

e) 最適採材法

数理計画法 DP (dynamic programming) を用いる。

以上の a) ~ e) の手順は、きわめて常識的であるが、コンピューターを用いてすべてのプロセスを統一的に処理した点に本モデルの意義があると言えよう。

最後に、本モデルの概要を図で示しておこう。

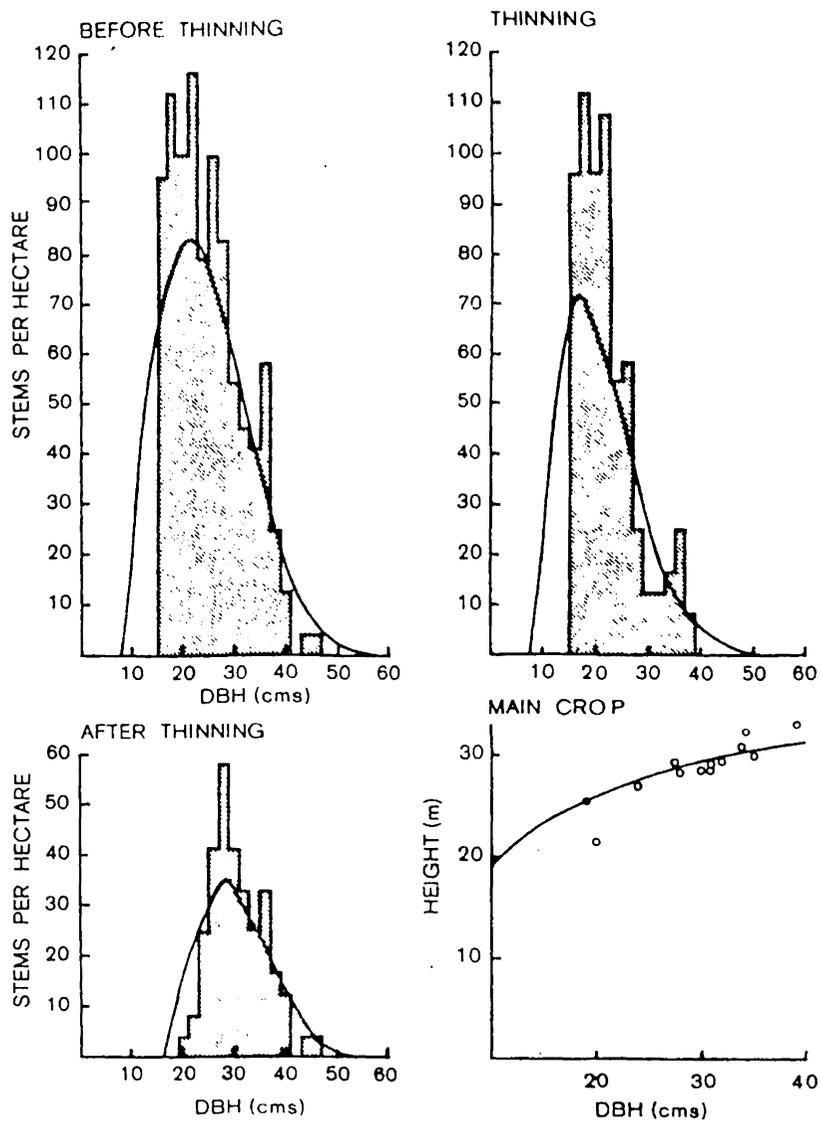


図-4 直径分布と樹高曲線

この図から、間伐前後の林分、間伐木の直径分布に、Weibull分布が利用されていることが分かる。右下のDBH-HEIGHT曲線は樹高曲線を示している。いずれも、適合度は良いとは思われないが、長期の予測モデルという意味でこの程度の粗さは仕方のないところであろう。

VOLUME M3/HA BY LOG POSITION															
SMALL END DIAMETER CMS															
	> 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	TOTAL
TOP LOGS		1.7	9.7	15.7	15.5	10.8	14.1	2.3							69.8
5TH LOGS															0.0
4TH LOGS			1.0	6.2	8.6	13.8									29.7
3RD LOGS				7.4	10.7	35.1	14.3	10.7	0.6	0.1					78.9
2ND LOGS					9.6	18.1	58.8	23.8	16.3	0.8	0.1				127.5
1ST LOGS					2.3	11.0	24.8	80.0	32.2	16.6	6.5	0.1			173.6
TOTAL	0.0	1.7	10.7	29.4	46.7	88.9	112.0	116.8	49.2	17.5	6.6	0.1	0.0	0.1	479.6

NUMBER LOGS/HA BY LOG POSITION															
SMALL END DIAMETER CMS															
	> 5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	TOTAL
TOP LOGS		15.	70.	72.	50.	30.	32.	4.							272.3
5TH LOGS															0.0
4TH LOGS			5.	21.	22.	27.									75.7
3RD LOGS				26.	28.	68.	21.	13.	1.	0.					157.6
2ND LOGS					26.	38.	91.	28.	16.	1.	0.				200.0
1ST LOGS					6.	21.	38.	91.	28.	13.	4.	0.			200.0
TOTAL	0	15	75	119	132	184	182	136	45	13	4	0	0	0	906

CUTTING STRATEGY IS 1 STUMP HEIGHT 0.20 M KLOSS 0.050

1ST LOGS 5.5 TO 5.5 M LONG 15.2 CM SED 2ND LOGS 5.5 TO 5.5 M LONG 15.2 CM SED 3RD LOGS 5.5 TO 5.5 M LONG 15.2 CM SED

4TH LOGS 5.5 TO 5.5 M LONG 15.2 CM SED 5TH LOGS 5.5 TO 5.5 M LONG 15.2 CM SED TOP LOGS 3.5 TO 6.1 M LONG 10.0 CM SED

図-5 丸太別，未口径別本数，利用材積

図-5は，最終的なアウトプットの例である。上段が利用材積，下段が本数である。さらに，これをもとに材種別本数，材積を計算することも可能である。現在，東大林学科の森林経理学研究室においても，全く同様のモデルを開発しつつある。いずれは，このようなモデルが，樹種別，地域別に作成され，誰もが目的に応じて使用できる時代が到来するであろう。事実，ニュージーランドでは，すでにカイガロア国有林のラジアータパインばかりでなく，Auckland sands, Southland, Nelson等の営林局区内においても同様のモデルが作成されつつある。また，カイガロア国有林のダグラスファーについても研究が進みつつある。

ついでに，本モデルに使用されている収穫表の例を示しておく。

これは，あくまでも生長モデルや直径モデルのパラメーターを特定化し，同時に施業方式（間伐方法，主伐時期）を適当に選んだ場合の，ラジアータパインに関する標準的なものである。

AGE	HT	SPH	CROP			THINNINGS	
			DBH	BASAL AREA	BASAL AREA	SPH	DBH
			CMS	M <sup>2</sup> /HA	M <sup>2</sup> /HA		CMS
0	0.0	1500	0.0	0.0	0.0		
1	0.2	1500	0.8	0.1	0.1		
2	0.9	1500	2.1	0.5	0.4		
3	1.8	1500	3.5	1.4	0.9		
4	3.0	1500	5.0	3.0	1.5		
5	4.4	1500	6.6	5.1	2.1		
5	4.4	680	7.7	3.2	2.1	820	5.5
6	5.9	680	9.0	4.3	1.2		
7	7.5	680	11.5	7.0	2.7		
8	9.2	680	14.2	10.7	3.7		
9	10.9	680	16.7	14.8	4.1		
9	10.9	200	19.0	5.7	4.1	480	15.6
10	12.7	200	22.4	7.9	2.2		
11	14.5	200	26.0	10.6	2.8		
12	16.2	200	29.3	13.5	2.9		
13	18.0	200	32.4	16.5	3.0		
14	19.7	200	35.0	19.3	2.8		
15	21.3	200	37.4	22.0	2.7		
16	23.0	200	39.6	24.6	2.6		
17	24.6	200	41.6	27.1	2.5		
18	26.1	200	43.4	29.6	2.4		
19	27.6	200	45.1	31.9	2.3		
20	29.0	200	46.6	34.2	2.3		
21	30.4	200	48.1	36.4	2.2		
22	31.7	200	49.5	38.5	2.2		
23	33.0	200	50.9	40.6	2.1		
24	34.2	200	52.1	42.7	2.1		
25	35.4	200	53.3	44.7	2.0		
26	36.5	200	54.5	46.7	2.0		
27	37.5	200	55.6	48.6	1.9		
28	38.5	200	56.7	50.5	1.9		
29	39.5	199	57.7	52.4	1.9		
30	40.4	199	58.8	54.2	1.8		

表一 4 収穫表の一例（ラジアータパイン，地位上）

ただし，

- AGE：林令，SPH：1ha当たりの立木本数
- HT：樹高，DBH：胸高直径
- BASAL AREA：胸高断面積合計
- CROP：主伐，THINNINGS：間伐

この表から，間伐は2回（5年時と9年時），主伐令は30年であることが分かる。主伐時の直径，樹高は，それぞれ58.8cm，40.4mと極めて大きい。本表は地位上に相当するので特に生長が良い例と思われる。今回の調査で，カインガロア国有林の林況を，造林地から間伐，主伐現場までつぶさに見えたが，誰しもがラジアータパインの生長の良さには驚嘆している。と同時に，逆に強度等の点で，利用上に問題があるのではないかという懸念も出てきた。前述の収穫表に見る通り，彼らは第二サイクルに属する“young crop”の伐期を短縮し，同時に間伐回数を減らし，またその分枝打ちを三回にわたって実施し，節のない大径の良材を生産しようと考えているのである。今後，ますます生長と材質の関係を入念に追求して行く必要があろう。最後に，ラジアータパインの樹幹解析図を示して本稿の締めくくりとしたい。

