

伐木集運材計画基準
作成調査報告書

昭和55年6月

国際協力事業団



伐木集運材計画基準

作成調査報告書

JICA LIBRARY



1033030[6]

1980年6月

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 5. 18	100
登録No. 05670	88
	FDD

あ い さ つ

発展途上国における林業開発は、林産業等関連産業の発達、関連インフラの整備につながるばかりではなく、木材の輸出による外貨の獲得等を通じ当該国の経済・社会の発展に大きく寄与するものであることから、近年、林業開発に対する関心が高まっており、この分野における我が国の協力が期待されているところである。

従来、これらの地域での林業開発は民間企業がそれぞれの事業的判断に基づき行ってきたり、林業開発をとりまく諸条件を総合的に勘案した分析・検討は行われていない。このため整合性のある林業開発協力を効率的に進めるためにはこれらの諸条件を分析・検討し、技術的指針を明確にすることが必要である。

本報告書は、昭和54年11月19日から25日間東京大学教授 上飯坂 実氏を団長とする調査チームをフィリピン国及びインドネシア国に派遣し、伐木集運材事業の現地調査を行うとともに、これら2カ国及びその他主要国における既存の資料・情報を集収、分析し、その結果、森林の条件別に林業開発に不可欠な伐木集運材計画を樹立するための基準をとりまとめたものである。

本報告書が、今後、発展途上国で林業開発協力を推進する際の指針書として広く活用されることを期待するとともに、本調査の実施に御尽力をいただいた関係国及び我が国の政府関係機関の関係各位ならびに調査団員各位に対し心より感謝の意を表わすものである。

昭和55年6月

国際協力事業団

理事 遠藤 寅 二

解 説

本書は、さきに出された造林計画基準に引続き、林業国際協力の重要分野の一つである木材の伐採・搬出、すなわち、伐木集運材に関する技術協力に必要な技術面および手法面の基準を述べたものである。

伐木集運材技術の基準は、国ごとの違いというよりも伐出の対象となる森林の条件によって異なるので、国別の記述は行っていない。

伐出は、政府間の技術協力の分野であると同時に、民間による開発協力として事業的に行われていることから、本書は単に技術的な観点からのみでなく、事業的な観点からの伐出のあり方も論じた。

なお、本文に関連して参考となる2・3の資料を巻末附属資料として集録した。



手工具による造材（チーク造林木，東部ジャワ）



畜力利用による集材作業（東部ジャワ）



伐根にみる板根（カリマンタン）



トラクターによる集材（カリマンタン）



ハイリッド方式による集材
（ミンダナオ）



架線集材に対する技術協力の
実習現場（東部ジャワ）



ログローダーによる積込み（カリマンタン）



トラックによる運材（カリマンタン）



木橋の桁保護（防腐）のための屋根（ミンダナオ）



伐採基地の修理工場（カリマンタン）



フタバガキ科の択伐更新試験地（カリマンタン）



貯木場（中部ジャワ）

伐木集運材計画基準

目 次

1. 調査の目的及び経緯	1
1-1 調査の背景と目的	1
1-2 調査の行程	3
1-2-1 調査内容	3
1-2-2 調査日程	4
1-2-3 調査団の構成	5
2. 開発途上国における森林開発の背景	6
2-1 世界の森林資源と木材需給	6
2-1-1 森林資源の概観	6
2-1-2 木材需給の動向	7
2-1-3 地域別用材需要量の推移	8
2-1-4 木製品生産の推移	10
2-2 南洋材の開発輸入の消長	11
2-2-1 南洋と南洋材	11
2-2-2 南洋材輸入の歴史	12
① 南洋材第1次開発輸入時代	12
② 戦後の輸入再開	12
③ 第2次開発輸入時代	13
④ 開発輸入の増大	13
2-2-3 南洋材と我が国の木材需要	14
2-2-4 熱帯材に占める南洋材の位置	16
2-2-5 南洋材の生産と貿易の動向	17
2-2-6 南洋材価格の変動	19
2-3 南洋材伐出事業の歴史	20
2-4 南洋材開発に対する反省	21
3. 森林開発に対する協力の現状	23
3-1 協力の事例	23
3-1-1 国際協力事業団による協力	23
3-1-2 国際機関等による協力	27

3-2	協力に関連する伐出の実態	38
3-3	先進諸国の伐出技術の現状	43
①	北米地方	44
②	スカンジナビア地方	49
③	中部ヨーロッパ地方	54
4.	伐出技術の現状と問題点	57
4-1	伐出技術の変遷	57
4-1-1	世界における伐出技術の変遷	57
4-1-2	熱帯における伐出技術の変遷	62
4-2	熱帯林における伐出技術の問題点	63
4-3	調査対象地における伐出技術	65
5.	伐出技術の基準	69
5-1	伐出事業の基準	69
5-1-1	森林施業計画と伐出事業	69
5-1-2	蓄積調査	69
5-1-3	伐木・造材	69
5-1-3-1	伐木作業	69
5-1-3-2	造材作業	70
5-1-3-3	剥皮作業	71
5-1-3-4	伐木・造材の基礎理論	71
5-1-4	集材	73
5-1-4-1	集材作業	73
①	集材機による集材作業	73
②	トラクタによる集材作業	74
5-1-4-2	集材の基礎理論	75
①	集材機集材	75
②	トラクタ集材	80
5-1-5	山土場作業	85
5-1-5-1	検収作業	85
5-1-5-2	積込み作業	85
5-1-6	運材	86
5-1-7	貯材	86
5-1-7-1	荷卸し・仕訳選別作業	86

5-1-7-2	格付け・検量作業	87
5-1-7-3	編筏作業	87
5-1-8	船積み	87
5-2	林道事業の基準	88
5-2-1	林道計画	88
5-2-1-1	林道と森林施業	88
5-2-1-2	林道の目的と効果	88
5-2-1-3	林道の区分	89
5-2-1-4	林道の規格、規模	90
5-2-1-5	林道の投資限度と林道密度	93
5-2-1-6	林道計画・設計・施工の一般方針	97
5-2-2	林道設計	98
5-2-2-1	測量機械器具	98
5-2-2-2	踏査、選点、測量	98
5-2-2-3	林道設計基準	100
5-2-2-4	構造物等の設計	100
①	橋梁	103
②	排水構造物	121
③	路盤工	125
④	擁壁、蛇籠	127
5-2-2-5	工事費の算出	127
①	土工費	128
②	橋梁費	128
③	溝渠費	128
5-2-3	林道工事施工	131
5-2-3-1	施工計画	131
5-2-3-2	施工方法	131
①	工事測量	132
②	盛土、土羽の締固め	135
③	谷等の凹部地形対策	135
④	土のう積	135
⑤	コルゲート、RC、ヒューム管	135
⑥	敷砂利	135

5-2-3-3	土 工 機 械	135
5-2-3-4	熱帯の林道施工の特性	136
5-2-3-5	施 工 管 理	137
5-2-3-6	工 事 仕 様 書	137
5-2-4	林道維持管理	138
①	人 力 修 繕	138
②	機 械 修 繕	138
③	休止林道の処置	139
5-3	機 械 管 理 の 基 準	140
5-3-1	機 械 の 選 択	140
5-3-2	機械の維持管理	140
5-3-3	機 械 の 更 新	141
5-4	安 全 管 理 の 基 準	141
5-5	工 程 管 理 の 基 準	142
5-6	教 育 訓 練 の 基 準	143
5-7	伐 出 事 業 経 営 の 基 準	144
5-7-1	伐出事業経営の一般方針	144
5-7-2	伐出事業経営のための調査	145
5-7-3	伐出事業経営上の重要点	146
5-7-3-1	林 道 問 題	146
5-7-3-2	作業管理, 機械管理問題	147
5-7-3-3	伐出事業と森林保全問題	147
5-7-3-4	伐出事業と基礎資料	148
5-7-4	伐出事業経営の好例と悪例	148
6.	伐出協力の計画基準	151
6-1	技術協力の分野	151
6-2	技術協力の手法	152
6-3	現行プロジェクトでの意見	155
附 属 資 料		
資 料	I 熱帯の自然と植生	159
資 料	II Regional Seminar on the Application of Appropriate Technology in Forestry and Forest Industries	173
資 料	III 林道設計規準	211

1 調査の目的及び経緯

1-1 調査の背景と目的

開発途上国において、その国の有する森林資源を有効かつ適正に開発利用することは、①林業、林産業及びこれの関連産業の振興、②木材等林産物の輸出による外貨の獲得、③林業労働への雇用によるB.H.N.(Basic Human Needs)の充足、④開発事業に伴う道路、衛生・文化施設等のインフラストラクチャーの整備、等の直接、間接の経済的、社会的発展に大きく貢献するものである。

しかしながら、開発途上国における森林の利用(Forest Exploitation)の現状は必ずしも満足すべきものでなく、次に述べるような林業の各種分野に渉る問題点をかかえている。

まず第一は、開発途上国の熱帯降雨林、雨緑林等の天然林を対象とする伐出作業と森林施業(森林の取扱い方)の問題である。換言すれば、ある作業種のもとでの伐出事業のあり方の問題である。熱帯林の作業種については、Malayan Uniform System(マラヤ統一方式)、Selective Management System(択伐経営方式)等各種の研究がなされているが、これらが伐出技術あるいは伐出事業と齊合的に実行されているとは云い難い。

第二は、伐出技術そのものの開発普及の問題である。開発途上国の伐出技術は、土着技術として、例えば、いわゆるクダクダ集材(インドネシアにおける人力集材)、牛・水牛・象による集材(インドネシア、ビルマ、タイ等における畜力集材)あるいは、牛車集材(南米における畜力集材)等がある。一方、民間企業(主として外国との合弁企業)による近代的な機械化伐出も行われている。今後の発展方向としては、云うまでもなく後者である。しかしながら、この近代的な機械化伐出事業は、先進諸国の資本と技術によって運営されるものが多く、工程管理、機械管理、安全管理等の各面で、フィリピンを除いては、途上国自体に普及定着していない。例えば、インドネシア、バブアニューギニア等の伐出事業における伐出技術者および技能者は、先進国の技術者とフィリピン人のフォアマン等によって殆んどが占められている。このことは事業経営のローカリゼーションを進めようとする当該途上国の政策の障害となっており、政治的、社会的に重要な問題点でもある。

また、このような近代的機械化伐出技術も、企業採算上、事業地が特定されるため、多くは平地か緩傾斜地の天然林でのトラクターを主として使用する択伐作業における技術で、山岳林、人工林皆伐あるいは間伐等の多岐に渉る伐出方式の技術は導入されていないと云っても過言ではない。

第三の問題点は、伐出作業とそのあとに続く輸送、加工、流通過程の関連技術との連繋である。途上国においては第一次産業のすべてについて云えることであるが、生産地点の主体技術とそれ以降の関連技術とが調和して発展することが必要である。この点、途上国の木材生産では必ずしも十分でない。とくに本調査においては、輸送(運材)のための林道・作業道

に関する技術の開発、改良、移転のあり方が問題点と思われた。

第四は、伐出作業と林地保全等の環境問題である。途上国では、従前は、ややもすると森林の伐出作業が及ぼす自然環境への影響は無視されてきたが、近年、にわかには土壌保全、水資源確保、洪水防止、野生鳥獣保護、林道等施設保全などを配慮した伐出作業を求める声が高まっている。この場合、森林の伐採、伐採木の集材、林道・作業道の開設工事等がそれぞれ自然環境に変化を及ぼす問題と、逆に、高温多湿な熱帯の気象条件が、集材作業、林道保全に与える影響の問題がある。これらアクティブとポジティブの両面からの問題点として捉える必要がある。

以上のような問題点の解決は、開発途上国の我が国に対する技術協力の要請においては勿論のこと、開発協力においても求められていることである。

すなわち、現在、国際協力事業団の技術協力プロジェクトとして行われている二三の例をみると次のとおりである。

「インドネシア・ジャワ山岳林収穫技術協力プロジェクト」については、同国のカリマンタン等において、平地の原生林の大径木を択伐し、トラクタで集材する技術体系が民間企業により導入されてきたものの、山地、人工林、皆伐等の伐出技術は、古くからの人力乃至畜力伐出しかなく、ジャワ島のマツ人工林資源の有効活用のためには本プロジェクトによる集材機によるスカイライン集材技術の移転に期待がかけられている。

「ビルマ・アラカン山系林業開発技術協力プロジェクト」は、上記の「ジャワ山岳林」と同様、集材機のケーブル・ロッキング技術の移転の必要から発足しているが、同時に、在来技術体系では天然林択伐施業の実を挙げる事が出来ず、局部的な集中伐採に陥りやすいこと、および林道技術上の難点から伐出に季節的制約が多いことなどの改善も協力要請の背景になっている。

「パラグアイ・イタブア林業開発技術協力プロジェクト」の場合でも、亜熱帯林の伐出技術の開発、改良、普及は、協力の重要項目の一つであり、とくに問題点となっているのは、伐採跡地が価値の低い天然林のまま放置されている現状を改め、皆伐人工造林によって価値の高い森林を造成しようとしても、これを可能にする機械化伐出と地拵えの技術体系が確立されていないことが協力要請の背景となっている。また、「林業開発」と名づけられているのも、このような「伐出」「造林」「機械整備」「木材加工」等の各分野の技術が総合的に調和をもって連繋発展する必要があるからである。

以上のプロジェクトのほか、「ブラジル・サンパウロ林業研究協力プロジェクト」では、人工林間伐の伐出技術の開発が一つのテーマとして採上げられており、「パプアニューギニア・マダン開発協力事業」に関連しては、同国政府の要望として、人工造林の地拵えと連繋したサルベージ・ロッキング技術の開発がある。さらにフィジーの開発調査に関連しては、

人工林・皆伐のための伐出技術の協力要請がある。

以上が、開発途上国における伐出技術をめぐる背景の一端であるが、これらからも解るように、伐出技術に関する協力要請は、今後の林業技術協力における重要課題である。

したがって、本調査は、開発途上国からの各種各様な条件下の伐出技術の協力を適確に応えるため、途上国の伐出技術の現状（方式・水準）、協力対象となる重点項目、関連技術分野との関係、技術移転の手法等を明らかにして、協力に当たっての規範となる伐出基準を作成することを目的としたものである。

1-2 調査の行程

1-2-1 調査内容

① 資料の集収分析

開発途上国のうち、主として、フィリピン、インドネシア、ビルマ、パプアニューギニアにおける伐出技術および伐出事業に関する資料、分献、報告書等を、国内関係機関（林野庁、林業試験場、JICA、民間企業等）および現地調査該当国ならびに国際機関（FAO、UNDP、IBRD、ADB等）において収録し、森林開発利用に関する施策（法律・制度）、森林開発利用の沿革と現状、伐出技術の現状と動向等の観点から分析、検討した。

② 現地調査

伐出事業の対象地として、地況、林況、施業方法およびこれらに基づく伐出方式の異なる、それぞれ典型的な下記の地区において、既存資料で得られないデータを入手するとともに前記の海外機関の資料等を収録した。

- フィリピン、ミンダナオ、カガヤンデオロ営林局管内（山地、広葉樹天然林、択伐作業種、トラクター及びハイリード集材、トレーラー運材）。
- インドネシア、ジャワ、スマラン及びスラバヤ営林局管内（山地および平地、針葉樹および広葉樹人工林、皆伐作業種、畜力及びスカイライン集材、トラック運材）。
- インドネシア、カリマンタン、バリックパバン営林局管内（平地、広葉樹天然林、択伐作業種、トラクター集材、トレーラー運材及び流送）。

以上の各地区について、若干のコメントをつけ加えれば、次のとおりである。

フィリピン・ミンダナオ地区は、古くからラワン材の伐出事業地として伝統があり、それなりの伐出技術体系が定着している。しかし、近年の森林資源事情や環境問題から、伐出と森林の更新、治山治水等の調和が新たな検討課題となっている。したがって、これらの諸点を留意し、伐出事業地の調査、技術的・経営的データを入手した。

インドネシア・ジャワ地区は、戦前からの数10万haに達するメルクシマツ、アガチスの針葉樹およびチークによる人工造林地が存在し、従前から主として人力による

集材が行われ、平地林のチークの伐出には人力・畜力が使用されているが、集材機とスカイライン方式による集材は、前述の技術協力プロジェクトの発足によって始めて導入された技術である。したがって、在来伐出技術と新規導入技術との比較検討をはじめとして、伐出技術協力に関する諸問題を調査検討した。

インドネシア・カリマンタン地区は、10数年前から急速に近代的機械化伐出方式により、企業的規模の伐出事業が開始された地域である。しかしながら、インフラストラクチャーの整備、現地人従事者の技術向上、伐採跡地の更新、現地木材加工の推進等が急務とされている。したがって、これら関連諸技術との調整の観点から伐出技術のあり方を検討した。

1-2-2 調査日程

日次	月日	曜日	行 動
1	11.19	月	東京～マニラ
2	20	火	大使館, JICA 事務所, 山林局表敬・打合せ
3	21	水	マニラ～ブッアン
4	22	木	ブッアン・ログス社伐採事業地調査
5	23	金	ナシビット・ランバー社伐採事業地調査
6	24	土	ブッアン～マニラ
7	25	日	資料整理
8	26	月	林業試験場 (FORI), フィリピン大学訪問・調査
9	27	火	マニラ～ジャカルタ
10	28	水	大使館, JICA 事務所表敬・打合せ
11	29	木	国有林公社 (PERHUTANI) 表敬・打合せ
12	30	金	林業試験場, 林産試験場, ボゴール大学訪問・調査
13	12.1	土	ジャカルタ～スマラン～ティガール, 第I営林局表敬・打合せ
14	2	日	ティガール～ブミジャワ～バトラーデン, モデル施業林視察
15	3	月	バトラーデン～ソロ, アガチス人工林視察
16	4	火	ソロ～チエブ～サランガン, チーク伐出事業地視察
17	5	水	サランガン～マディウン～スラバヤ, 研修所視察
18	6	木	第II営林局訪問・調査
19	7	金	スラバヤ～バリックパバン～サマリンダ, クタイティンバー社訪問・打合せ
20	8	土	サマリンダ～スブル, ムラワルマン大学訪問・調査
21	9	日	クタイティンバー伐採事業地調査

日次	月日	曜日	
2 2	12.10	月	スブル～サマリダ～バリックパバン
2 3	11	火	バリックパバン～ジャカルタ， 国営伐出事業団（INHUTANI）訪問
2 4	12	水	ジャカルタ～シンガポール， 大使館， JICA 事務所挨拶
2 5	13	木	シンガポール～東京

1 - 2 - 3 調査団の構成

氏名	担当	所 属
上飯坂実	総括	東京大学農学部林学科教授
名村二郎	伐出計画	海外林業コンサルタント協会事務理事
三品忠男	伐出機械	同上 理事
林次良	林道・森林保全	同上 及技嘱託
高須寿	伐出事業	同上 同上
中道正	業務調整	国際協力事業団， 林業開発協力部， 林業開発課長代理

2 開発途上国における森林開発の背景

世界の森林資源は有り余っていた時代から、今や不足時代へと移りつつある。そうした時代の波が開発途上国の森林開発を促した。特に、木材の形質が優良で、かつ近接し易い島しょ地形の立地条件に恵まれた地域のラワン系資源が急速に開発されて、国際商品の地位を確保するに至った。しかし遺憾ながら急速に過ぎた開発の進展は幾多の問題点を残し、今後は森林の管理に、また木材の伐出作業に色々の制約、あるいは規準が課せられることになるだろう。

従って、開発途上国の森林開発の問題を考えるに当っては、世界の森林資源と林業の現状に深い関心を払わなければならない。

2-1 世界の森林資源と木材需給

2-1-1 森林資源の概観

FAO統計によれば、世界の森林面積は陸地総面積に対し、表2-1の通り僅かに30%に過ぎない。

表2-1 世界の森林面積率

陸地面積		森林面積		内、経済林面積	
億 ha	指数	億 ha	指数	億 ha	指数
13365	100	3990	29.8	2180	16.3
			100		54.6

資料：Production Yearbook 1973 FAO

表2-1の森林のカテゴリーのなかには、FAOの調査規準により、「自然に放置すれば森林に復帰する原野が含まれる」ことになっている。その結果、開発途上の諸国では、それぞれの公称森林面積のなかに、15~35%もの開墾跡地(原野)が含まれている。

従って、実際の世界の森林面積率は表2-1に出ている30%から、かなり下回っている。この30%を下回ったということは、森林があるべき所から消えているという重大問題をはらんでいる。

また、残された今後の開発対象森林は、その立地条件、木材の形質などに難点がある森林がままあり、更に開発は治山、環境保全などの面に問題をはらんだ地域もある。

さて、世界の経済林面積はFAOの報告によると、表2-2のように、森林総面積の55%に当る21億8千万ha、またその総蓄積は2,500億 m^3 と推定されている。

表 2-2 世界の主要地帯の経済林面積と総蓄積の推定

	経済林面積		総蓄積	
	億 ha	指数	億 m ³	指数
暖・温・寒帯林	13.30	61.0	1,290	50.8
熱帯降雨林	8.50	39.0	1,250	49.2
合計	21.80	100	2,540	100

資料 Wood: World Trends and Prospects 1966 FAO

経済林の地域的分布は、熱帯降雨林が全経済林面積の39%、8.5億haであるが、その蓄積は面積が13.3億haもある暖・温・寒帯林の蓄積にほぼ等しい1,250億m³と推定されている。そして熱帯降雨林の分布は、アマゾン河流域に4億ha強、アフリカのコンゴに2億ha強、東南アジアに1億ha強、その他のオセアニア、中・南米に1億haといわれている。東南アジアにはラワン系資源という他に類がない美林があるが、その他のアマゾン、コンゴなどに分布している森林は経済林と称しても、開発立地条件、木材の質などが非常に劣って、現在の段階では潜在的経済林というべきものが大部分を占めているという。それらの潜在的経済林の開発は、もともと困難であるのに、今後、森林管理上の制約、あるいは伐出作業上の規制が加わることは、開発を一層困難にし、かつ生産原価の上昇をもたらすだろう。そして、従来のような商業主義のみに徹した伐出作業は許されなくなると予想される。

われわれは熱帯林資源の保全、更に、森林資源の復興の見地から、①木材利用の合理化、②適正な伐出規準、③森林の更新、④他の産業との協業などについて、総合的な対応をしなければならない。上記のいずれが欠けても目的は達成されないだろう。

なお、熱帯の自然と植生について、巻末の附属資料Iに掲載する。

ところで、アメリカの森林面積率は30%、EC諸国のそれは平均すると20%をいっくも出ず、極めて低い水準にあって、いずれも木材の不足を来たしている。わが国の森林面積率は69%と非常に高いが、世界で主要な木材輸入国であることは論をまたない。

2-1-2 木材需給の動向

世界の年間木材生産量は表2-3の通り、1973年のFAO統計によると25億6千万m³である。従って、前記の世界の経済林の推定総蓄積量の100分の1を生産した訳である。この比率で見ると、適正伐採量を保っているようであるが、森林開発は片寄った地域、片寄った樹種に集中し、地域的な過伐現象が見られる。

この問題の解消には木材利用の合理化を真先に考えなければならない。

表 2 - 3 世界の木材生産量の推移

	1950	1965	1973
	億 m ³	億 m ³	億 m ³
用材	7.01	11.31	13.497
指数	100	159.3	190.1
燃材	5.92	10.82	11.56
指数	100	182.8	195.3
合計	12.93	22.13	25.57
指数	100	171.2	193.8

Yearbook of Forest Products FAO

さて、FAOは1966年に発表した論文で、①1970年代は世界的な木材不足時代になる。②不足のしわ寄せは熱帯、特に東南アジアの供給増加をもたらすと予測した。③同時に、熱帯の重要な木材資源は荒廃するだろうと警告した。予測の根拠を要約すると、①先進国の木材需要量は益々増加する。また開発途上国では人口爆発と、生活の向上により木材需要が喚起される。②供給面では、丸太生産は後進性が強い産業であるから、先進国においては経済の高度成長、および合理化のテンポに追いつけない。④その上、先進国の森林資源は内陸化が進み、また一方、欧州などでは小径木林が増加して、資源の経済性が低下するので、木材生産は停滞に向う。④必然的に需要構造の面では木材利用の下級材移行が進み、ボード類、紙・パルプの需要増が顕著になる。そこで木材供給源として目が向けられるのは開発途上国の森林である。特に資源の質、開発立地条件から見て東南アジアの森林資源が重要であるが、ここでは既に、主要樹種の乱開発が進み、間もなく資源の枯傷と、荒廃が問題になろう。

以上のようにFAOが報告したのは、10年余り前の1966年のことである。

今日、世界の木材需給事情はFAOの予想のように進み、遺憾ながら東南アジアにおけるラワン系資源の枯渇と荒廃は、今の調査の結果をまつまでもなく、認めざるを得ない時代になった。

2-1-3 地域別用材需要量の推移

世界の用材需要量の推移を、1965年と1973年とについて、主要な国と地域別についてFAOの資料から次のように集計し、表2-4と2-5を作成した。

丸太生産量+木材・木製品輸入量(丸太換算)-木材・木製品輸出量(丸太換算)=需要量とした。

表 2-4 世界の地域別人口と木材需要の伸び率 (1965 と 1973 の比率)

地 域	人 口 伸 び 率	木材需要 伸 び 率	同左1人当 り伸 び 率	地 域	人 口 伸 び 率	木材需要 伸 び 率	同左1人当 り伸 び 率
世界平均	1 1 6.7	1 1 9.4	1 0 2.3	アフリカ	1 2 3.1	1 3 3.5	1 0 8.4
米 国	1 0 8.9	1 1 3.9	1 0 4.6	中・南米	1 2 5.5	1 3 7.6	1 0 9.6
日 本	1 0 9.7	2 2 3.6	2 0 3.8	アジア (除日本)	1 1 9.7	1 3 6.4	1 1 4.0
欧 州	1 0 5.7	1 1 9.2	1 1 2.8	オセアニア	1 1 7.4	1 0 6.6	9 0.8
ソ 連	1 0 8.2	1 0 5.8	9 7.8				

資料：FAO諸統計より作成

表 2-4 のように、わが国の人口 1 人当りの木材需要の伸び率はきわだって高い。この高い木材需要の伸びを可能にしたものは外材輸入、特に南洋材輸入に負うものである。世界各地域の木材需給の量的推移を見ると表 2-5 の通りである。

表 2-5 世界の地域別用材需要量の推移 (丸太生産量+木材・木製品貿易 丸太換算量)

単位: 1,000 m³

	1 9 6 5			1 9 7 3			指 数 1965-100		
	丸 太 生 産 量	貿易量 △出 超	需 要 量	丸 太 生 産 量	貿易量 △出 超	需 要 量	丸 太 生 産 量	貿易量 △出 超	需 要 量
アフリカ	31,813	△ 3,209	28,604	44,120	△ 5,926	38,194	138.7	△184.7	133.5
北 米									
カナダ	98,448	△62,484	35,964	140,359	△ 87,761	52,598	142.6	△140.5	146.3
アメリカ	290,988	38,944	329,932	322,208	42,047	364,255	110.7	108.0	110.4
中南米	37,703	3,371	41,074	53,115	3,348	56,463	140.9	99.3	137.6
ア ジ ア									
日 本	49,534	17,314	66,848	41,584	69,171	110,755	84.0	399.5	223.6
東南ア3国	27,831	△12,977	14,854	68,336	△ 45,773	22,563	245.5	△352.7	151.9
他	69,666	6,082	75,748	87,925	13,048	100,973	126.2	214.5	133.3
欧 州									
欧 3 国	87,519	△53,138	34,381	98,761	△ 77,176	21,585	112.8	145.2	62.8
E C	58,932	85,256	144,188	66,773	113,839	180,612	113.3	133.5	125.3
他 西 欧	23,431	△ 3,625	27,056	32,272	8,942	41,214	137.7	246.7	152.3
東 欧	64,468	3,406	61,062	73,579	799	74,378	110.7	—	121.8
オセアニア	17,585	2,880	20,465	23,086	△ 1,264	21,822	131.3	—	106.6
ソ 連	272,839	△25,515	247,324	297,600	△ 35,898	261,702	109.1	140.7	105.8
計	1,130,757	△ 3,257	1,127,500	1,349,718	△ 2,604	1,347,114	119.4	—	—

Yearlook of Forest Products

注 1. 貿易尻合計がプラス、マイナス零にならないのは、タイムラグによる。

2. 北欧 3 国の 1965 年における貿易尻に疑問あり。

表 2-5 によると、1965年から1973年の間に丸太生産量が落ちたのは日本だけである。反対に木材、および木製品の丸太換算輸入量は、同じ期間に約4倍に増大した。これは他に例を見られないものである。

なお、世界最大の木材不足国として1965年にはアメリカが飛び抜けていたが、1973年には日本がアメリカをはるかに凌駕して第一位になった。また、地域としてはEC諸国の不足合計は世界の木材貿易尻の45%を占める膨大なものである。(わが国のそれは27%である)

2-1-4 木製品生産の推移

FAOが予測した前記の木材需要構造の変化は、1965年から1973年の間に、世界的に見ると現実的なものとなってきた。表2-6はそれを如実に物語っている。

表 2-6 世界の木製品生産量の推移

1965年と1973年の比較 資料：FAO

	製材		合・単板		パーティクルボード		ファイバーボード		紙	
	1965	1973	1965	1973	1965	1973	1965	1973	1965	1973
アフリカ	3.40	4.97	0.40	0.78	0.05	0.30	0.11	0.19	0.59	1.20
カナダ	2578	3644	1.84	2.65	0.15	0.56	0.84	1.14	9.76	12.58
アメリカ	8644	9123	12.81	18.05	1.48	6.35	5.58	8.02	37.87	52.70
中・南米	13.12	16.65	0.55	1.35	0.16	0.72	0.27	0.52	2.56	4.67
日本	33.29	44.66	2.71	8.90	0.17	0.65	0.52	0.83	7.30	15.97
東南アジア	4.89	7.05	0.49	1.37	0	0	0	0	0	0
その他のアジア	21.89	29.83	0.96	4.06	0.10	0.40	0.28	0.46	4.42	7.62
欧3国	19.20	24.24	0.65	0.92	0.51	2.12	1.76	1.73	7.32	12.05
EC	21.67	25.31	2.29	2.86	3.82	11.40	1.13	1.18	13.22	19.51
その他の西欧	10.19	13.04	0.33	0.66	0.67	2.99	0.30	0.42	2.52	4.76
東欧	23.44	26.22	1.41	1.61	1.22	2.86	0.77	1.49	6.27	8.05
オセアニア	5.62	5.82	0.18	0.21	0.10	0.46	0.25	0.26	1.10	1.69
ソ連	115.49	120.36	1.71	2.67	0.79	3.10	1.01	1.91	4.68	7.89
計	384.42	445.82	26.33	46.09	9.22	31.91	12.82	18.15	97.61	148.69

木材需要構造の変化、すなわち木材利用の下級材移行が顕著な第1は、表2-6の通りパーティクルボードである。その生産量は8年間に世界全体で約3.5倍と飛び抜けて増大した。われわれが注目すべきことは、その伸び率ではなく、その世界の総生産量が合板の総生産量に急激に接近したことである。そして各地域毎のパーティクルボード生産量の推移を見ると、それぞれの地域の資源状況と、資源に対する取り組み方を反映しているように思われる。特に、EC諸国におけるパーティクルボードの生産量は1.4

百万屯に達し、世界の総生産量の36%を占めるに至り、またEC諸国の合板総生産量2.86百万 m^3 をはるかに凌駕していることは、屯と m^3 の差はあっても明らかである。このことはEC地域の森林資源が小径木化したこと、木材利用の合理化に努力していることがうかがわれる。このことは、FAOが予測した木材利用の下級材移行の先端をいっているといえるだろう。

アメリカは製材、および合板を最も贅沢に使用している国だが、パーティクルボードの利用も急速に進み、1973年に6.3百万屯の生産を記録し世界最多生産国である。

ソ連は木材資源国であるから、製材にこと欠かぬと思われるのに、1973年に3.1百万屯のパーティクルボードを生産した。

その他の国々のパーティクルボード生産量は、わが国を含めて物の数ではなく、それら諸国の生産量を合計しても、世界の総生産量の10%にも達しない。

わが国の国民は木材の木肌に対する好みが伝統的に強いので、パーティクルボードに馴染み難い点があるが、木材利用の合理化の観点から、各種繊維板の利用を考えるべき時代になったと思われる。そうした木質原料供給源として、東南アジアは無限の可能性を秘めている。いままでもなく人工造林、天然更新に意を用いてのことである。

製材の生産量は世界的に停滞傾向を示し、特に、アメリカとソ連では伸び率が鈍化したのみならず、1人当り製材需要量は減少している。EC、東欧も伸び率は低い。これもFAOが予想した通りである。そのなかにあつて、日本の製材需要量は前記の期間内に約42%伸び、先進国のなかでは飛び抜けた増加を示し、その辺にも日本人の素材のままの木材に対する執着が感じられる。

開発途上国における製材需要の伸びは、おしなべて高い。これは、簡易な工業化により自給し易いからであろう。

2-2 南洋材の開発輸入の消長

2-2-1 南洋と南洋材

南洋とは、戦前から今で言うフィリピン、ベトナム、ラオス、カンボジア、タイ、ビルマ、マレーシア、インドネシア、パプアニューギニアおよび、日本の旧委任統治領だったサイパン、パラオ、トラックなどを含む地域の呼称だった。しかしその同じ時代に、南洋材というとフィリピン、マレーシア、およびインドネシア（除イリアン）で産するフタバガキ科(Dipterocarpaceae)のラワン系(Lauan)樹種とアピトン(Apitong)などの限られた数種類の木材だった。その後、新たな地域、新たな樹種が加わって南洋材の範囲が拡大した。一方、それらの新規参入材のうち、イリアン、パプアニューギニア、あるいはソロモン群島産の木材には新南洋材という商業用名称がつけられてもいる。

本報告書では広い意味の南方熱帯で生産される木材を南洋材と総称することとし、紛

らわしい場合、あるいは区別を要する場合には、ラワン系木材、ニューギニア材、MLH (Light Hardwood) などと判りやすく呼ぶこととした。

また、東南アジアという呼称はFAO (国連食糧農業機構) の決定に従い、フィリピン、マレーシア連邦、インドネシア、ベトナム、ラオス、カンボジア、タイ、およびビルマを指す。これにインド亜大陸諸国を加えた場合には熱帯アジアと呼称する。

なお、イリアンはバブア・ニューギニアと共にオセアニア地域に属するが、FAOの区分に従いインドネシア領として東南アジアに包含されることを原則とし、植生など特殊事情がある場合には、イリアンを分離した。

2-2-2 南洋材輸入の歴史

① 南洋材第1次開発輸入時代

1910年の頃、多くの日本人が南洋に進出した。そのなかでフィリピンのミンダナオ島において農園開発に従事した人々は、開墾地にあまりにも美事な木材、すなわちラワン材があったので、日本への輸出を試みた。その直後に第1次世界大戦が起きたので中断され、1919年(大・8)から輸入が本格的に行われ、輸入統計に記録され始めた。それはまさに、日本人による開発輸入だった。

そしてラワン材の輸入は災害、不況、また事変などが起きた都度伸びた。第1回目は関東大震災、次で世界的経済大恐慌、満州事変などである。

また時を同じくして普及し始めた合板に、ラワン丸太が使われるようになったことも、ラワン丸太需要の増大に貢献した。

このような背景をもって、昭和の始めから日本企業による森林開発がフィリピンのみならず、英領北ボルネオ(現・マレーシア連邦サバ州)、および蘭領ボルネオ(現・インドネシア国カリマンタン)へと拡大した。

不幸にして、第2次世界大戦の勃発により、1942年以降、ラワン材の輸入は一時中断されることとなった。

1919年から1941年まで、わが国へのラワン系丸太の輸入量の合計は4,670千 m^3 、また年間輸入量のピークは1937年の737千 m^3 だった。

② 戦後の輸入再開(1948~1959)

日本企業が再び南洋諸地域へ開発のために進出する途は、戦後15年間ほど全く閉ざられてしまった。

そのような環境のなかで、1948年に日本貿易公団によって、フィリピンのミンダナオ島から800 m^3 のラワン材が輸入され、次で英領北ボルネオからも入荷した。しかし、戦災で傷めつけられたわが国の木材加工業のラワン系丸太需要量は極めて少なく、1949年の輸入量は30千 m^3 に満たなかった。

1950年6月25日に勃発した朝鮮事変は、膨大な軍需々要をもたらし、日本の戦災復興が急速に達成される切っかけになった。その後、好不況の波はあったが、木材加工業界は近代化と増設に追われる10数年を送り、表2-7のように南洋材の輸入量は、鰻昇りに上昇した。

そして1953年(S・28)には戦前の年間最多輸入量737千 m^3 を抜いて1,270千 m^3 に達し、更に1958年には3,350千 m^3 を記録した。

こうした輸入量の急上昇は産地側との間に摩擦を生じ始めた。1957年には早くも丸太輸出数量協定締結の提案がフィリピンから提起され、1954年には丸太輸出制限法案がフィリピン議会に提出されるに至った。

わが国においても、産地での経営の経験者の間に、フィリピンの木材供給力は間もなく時に達するとの声があった。35年をサイクルとする択伐法は理論と実際との間に大きなへだたりがあったからである。

そうした背景もあって、1959年5月に林総協^(※)を主体に南方林業開発委員会(会長、小林準一郎氏)が設立され、インドネシアの森林開発を指向する計画が練られ、1960年に第1回目の調査が行われた。

③ 第2次開発輸入時代

戦後も15年を経過した1960年を境にして、日本企業が海外に進出する機会が次第に出てきた。そして多くの企業が新天地を求めて、カリマンタン、スマトラ、パプア・ニューギニア、ソロモン、あるいはカンボジアなどに進出した。しかし、少なからぬ企業が苦い経験をなめさせられた。それらの原因は多様だが、調査のあり方、計画の組立て方、熱帯における予想以上の自然の厳しさ、風俗習慣の違いによる労務者問題、あるいは伐出方式の問題などがあった。特に、オーソドックスな伐出方式では歯が立たなかった面がある。それは、はしなくもその後、マレーシアおよびインドネシア各地で広く採用された後記のような、いわゆるマレーシア請負方式という技術的原則を全く無視した乱暴な生産手段と対比されることになった。この方式は低コスト、大量生産を可能としたが、それと引換えに後記のような幾多の問題を残すことになり、南洋材開発の乱世とも言われる昭和40年代となった。

④ 開発輸入の増大(昭和40年代)

山林技術者がフィリピンのラワン系資源の限界説を唱えて、インドネシアへの産地分散が計られたが、フィリピン、マレーシア連邦、インドネシアなどいずれの生産国でも、資源の保続を考慮することもなく、木材生産の増大のみを追ったのが、昭和40

※ 林総協=森林資源総合対策協議会(1973年に解散した。)

年代である。

昭和40年代が異状であることは、わが国への南洋材輸入量を年代別に集計してみると明らかである。

表2-7 わが国の南洋材輸入量の年代別集計

期 間	輸入量 千 m^3	比率 %	年間平均千 m^3
1919~1941(23年間)	4,670	2.1	203
1948~1954(7年間)	3,770	1.7	539
1955~1964(10年間)	49,510	21.6	4,951
1965~1974(10年間)	169,840	74.6	16,984
合 計	227,790	100.00	

資料：通関統計

表2-7のように、1965年~1974年の間、すなわち昭和40年代の10年間の南洋材輸入量合計は、1919年以来輸入された南洋材の総合計の75%を記録した。

このような事態を招いた原因は、①ラワン系資源は無尽蔵にあるといった甘い認識から、日本、韓国、台湾でラワン系木材を当てにした加工設備が大増強された。②それは原木の買付競争となって産地を襲い、木材の産地価格はしばしば大暴騰した。③価格の高騰は原木生産者に対する刺激剤になって、見境のない増伐に走らせた。

結果として、産地業者の経営は総体的に放漫に、また生産手段は粗枚な方向に流れ、生産基盤に後遺症を残してしまった。これに対する国際世論には、既に厳しいものがあり、そのみならず、現実にラワン系資源の限界にぶつかろうとしている。

昭和40年代が南洋材開発の乱世と言われる次所である。これに対する反省の声が近年とみに高まっている。

2-2-3 南洋材と我が国の木材需要

すでに述べたように、わが国の木材需要量は経済の高度成長と共に年々増大し、1970年には1億 m^3 を越した。しかし、これに対応する供給量は、国産材が1967年の52,741千 m^3 をピークとして年々生産の減少をつづけたので、外材依存の比重が急速に高まり、1973年には外材依存率は64%に達した。

1965年の外材依存率は28.4%であったから、8年間で2.25倍になった訳である。日本国内において外材インパクトと言われた所以である。また、他国の資源を当にして、急激な生産構造の変化を行ったこと、特に、ラワン系資源に対する警告を無視し、またその実態を知る努力を怠って、設備拡張を行った木材産業のなかには、改めて資源状況を見直す必要に迫られている分野もある。

表2-8 戦前における外材輸入量の推定

年次	針			葉			樹			広			葉			樹			計		計		合												
	年	m ²	%	米材	m ²	%	北洋材	m ²	%	その他	m ²	%	南洋材	m ²	%	チーク材	m ²	%	唐木類	m ²	%	桐	m ²	%	ドロマヤナギ	m ²	%	計	m ²	%	計	m ²	%	合	m ²
明治45	1912	41,575	61.3	61	0.1	1,294	1.9	42,930	63.3	7,658	11.3	4,530	6.7	1,871	2.8	10,854	15.9	24,913	36.7	6,784	10.0														
大正2	13	50,655	55.1	48	0.1	1,358	1.5	52,071	56.7	6,439	7.0	5,650	6.1	4,078	4.4	23,656	25.8	39,823	43.3	9,189	10.0														
3	14	25,784	61.0	4	—	116	0.3	25,904	61.3	3,529	8.3	6,641	15.7	3,981	9.4	2,226	5.3	16,377	38.7	4,281	10.0														
4	15	23,639	52.2	13	—	24	0.1	23,676	52.3	2,050	4.5	3,968	8.8	915	2.0	6,401	14.2	21,572	47.7	4,528	10.0														
5	16	31,292	46.5	14	0.2	870	1.3	32,304	48.0	1,482	2.2	2,139	3.2	969	1.4	21,667	32.2	34,985	52.0	6,789	10.0														
6	17	71,481	49.8	110	0.1	1,667	1.2	73,258	51.1	2,839	2.0	7,017	4.9	11,754	8.2	48,630	33.8	70,240	48.9	14,348	10.0														
7	18	121,760	40.9	1,118	0.4	2,242	0.8	125,120	42.1	3,453	1.2	9,129	3.1	14,583	4.9	145,985	48.7	165,250	57.9	29,037	10.0														
8	19	69,061	29.4	1,237	0.5	287	0.1	81,705	34.8	3,301	1.4	11,620	4.9	20,595	8.8	112,081	47.7	153,167	65.2	23,487	10.0														
9	20	21,367	61.9	2,619	8.2	1,453	0.4	24,332	70.5	5,742	16	14,079	4.1	25,044	7.3	48,989	14.2	101,792	29.5	34,519	10.0														
10	21	75,784	58.4	1,301	11.7	4,687	4.2	93,491	84.3	6,480	0.6	13,935	1.3	46,308	4.2	106,951	9.6	173,674	15.7	11,065	10.0														
11	22	99,682	40.3	4,068	16.4	8,996	36.3	230,329	93.0	15,594	0.6	36,243	1.5	98,253	3.9	172,871	7.0	247,616	10.0																
12	23	174,148	76.0	3,532	15.4	5,381	2.4	214,852	93.8	7,613	0.3	14,436	0.6	42,499	1.9	78,527	3.4	143,075	6.2	229,159	10.0														
13	24	27,622	82.6	27,029	10.4	4,113	1.3	31,535	96.5	20,128	0.6	21,648	0.6	35,825	1.1	76,193	2.3	189,166	5.7	33,427	10.0														
14	25	181,837	79.5	2,651	11.8	16,652	0.7	219,523	92.0	16,574	0.7	17,093	0.7	20,394	0.9	112,484	5.0	181,851	8.0	228,708	10.0														
15	26	29,653	86.5	2,651	7.7	8,250	0.2	32,338	92.5	4,456	1.3	19,643	0.6	17,965	0.5	96,399	2.8	191,193	5.6	34,310	10.0														
昭和2	27	30,185	49.1	4,654	12.6	5,474	0.1	34,939	49.6	5,474	1.5	9,007	0.2	18,545	0.5	116,332	0.3	321,809	5.9	381,130	10.0														
3	28	35,070	84.2	4,227	10.2	7,455	0.2	39,371	94.6	6,545	1.6	17,087	0.4	22,619	0.5	9,383	0.2	226,604	5.4	416,378	10.0														
4	29	27,249	81.3	3,877	11.5	2,013	0.1	31,147	92.9	9,897	3.0	11,763	0.4	23,270	0.7	6,128	0.2	96,382	2.8	236,521	7.1	335,127	10.0												
5	30	19,095	73.6	4,907	18.9	24	—	24,000	92.5	8,360	3.4	6,360	0.2	19,290	0.7	4,158	0.2	76,558	3.0	195,826	7.5	259,586	10.0												
6	31	1,855	72.7	3,850	16.0	286	—	2,242	92.7	11,018	4.6	5,176	0.2	25,865	1.1	5,458	0.2	29,430	1.2	176,112	7.3	241,917	10.0												
7	32	1,225	46.7	3,420	20.0	85	—	1,570	25.6	12,091	7.0	5,111	0.3	19,194	1.1	1,324	0.1	—	—	146,539	8.5	171,679	10.0												
8	33	11,721	73.6	1,662	10.5	25	—	13,384	84.1	21,367	1.3	5,854	0.4	23,648	1.5	1,640	0.1	881	0.5	253,631	15.9	159,209	10.0												
9	34	11,039	72.8	2,930	19	549	—	11,837	73.7	33,426	22.0	5,426	0.4	21,855	1.4	1,223	0.1	20,376	1.4	383,140	25.3	151,691	10.0												
10	35	12,781	55.6	7,681	4.1	1,800	0.1	13,567	69.7	7,809	0.4	2,207	1.2	13,811	0.1	20,385	1.1	51,467	27.5	187,144	10.0														
11	36	13,352	66.4	7,185	0.3	2,195	0.1	13,446	65.0	63,435	30.7	9,105	0.4	22,028	1.1	10,582	0.5	46,423	23	723,073	35.0	206,771	10.0												
12	37	9,454	52.4	4,420	2.4	3,336	0.2	9,930	55.0	73,176	48.8	14,406	0.8	19,136	1.1	13,532	0.7	27,334	1.6	81,158	4.5	180,459	10.0												
13	38	28,487	38.9	1,366	1.9	95	—	29,862	40.8	39,518	54.1	7,351	1.0	41,966	0.6	2,274	0.3	23,487	3.2	432,494	59.2	731,126	10.0												
14	39	26,249	30.8	1,99	—	35,735	4.2	30,183	35.0	51,360	60.1	4,433	0.5	28,229	0.3	7,679	0.9	27,428	3.2	559,729	65.0	86,091	10.0												
15	40	32,040	37.8	1,26	—	4,030	0.4	32,459	38.2	49,817	58.3	6,705	0.8	500	0.1	9,236	1.1	12,764	1.5	524,022	61.8	84,858	10.0												
16	41	188,983	43.7	32	—	14,148	3.3	203,163	47.0	8,277	1.9	66	—	6,995	1.6	—	—	229,351	53.0	432,514	10.0														
17	42	1,072	2.0	43	0.1	30,565	58.3	31,680	60.4	1,219	2.3	20	—	7,284	1.39	122,58	23.4	207,81	39.6	52,461	10.0														
18	43	—	—	—	—	49,18	36.4	49,18	36.4	3,187	23.6	—	—	2,147	1.59	3,263	24.1	8,597	63.6	1,515	10.0														

(出) 森野敏雄著「南洋材経済史論」(林野共済会, 昭和36年, 33ページ), および野村勇著「外材の輸入事情と問題点」による。単位はm²に換算直した。
表中の北洋材は沿海州材である。

表 2 - 9 戦後の日本の木材需給量

(単位：1,000 m³ 製品は素材換算)

年次	合計	国産材	輸入材					輸入率
			計	ラワン材	米材	ソ連材	その他	
昭和20年	18,356	18,356						
21	20,436	20,436						
22	20,908	20,908						
23	19,344	19,338	6	54	0.6			
24	22,444	22,401	43	29	14			
25	26,750	26,662	88	82	5		1	
26	32,272	31,784	488	424	29		35	
27	35,118	34,499	619	549	62		8	
28	38,944	37,314	1,630	1,273	321		36	
29	38,380	36,577	1,803	1,408	384	3	12	
30	45,278	42,794	2,484	2,238	204	20	22	
31	48,515	45,238	3,277	2,933	223	88	33	
32	51,214	47,713	3,501	2,916	389	158	38	
33	48,011	43,794	4,217	3,348	316	460	93	
34	51,124	45,438	5,686	4,219	455	728	284	
35	56,547	49,006	7,541	5,030	—	1,026	618	867
36	61,565	50,816	10,749	5,949	1,212	1,348	638	1,605
37	63,956	50,802	13,154	6,862	2,083	1,456	850	1,903
38	67,761	51,119	16,642	7,516	2,968	1,805	1,106	3,247
39	70,828	51,660	19,168	8,498	3,874	2,058	1,262	3,478
40	70,530	50,375	20,155	8,940	4,126	2,340	1,225	3,434
41	76,876	51,835	25,041	10,513	5,147	3,054	1,514	4,813
42	85,947	52,741	33,206	12,174	7,642	4,145	2,293	6,952
43	91,806	48,963	42,843	14,282	11,169	4,803	2,785	9,804
44	95,570	46,817	48,753	16,155	12,289	6,125	3,696	10,488
45	102,679	46,241	56,438	18,558	13,845	6,674	4,195	13,145
46	101,405	45,966	55,439	19,542	13,021	6,779	4,567	11,530
47	106,504	43,941	62,563					
48	117,580	42,208	75,372					
49	113,040	39,474	73,566					
50	96,369	34,517	61,792					
51	102,609	35,760						
52								
53								

(注) 通関統計および林野庁調べによる。29・30年を境にして、統計方法が異なり、つながらない。

2 - 2 - 4 熱帯材に占める南洋材の位置

表 2 - 1 0 は F A O 統計から熱帯産広葉樹丸太（製材・合板用）の 1965 年と 1973 年における生産量，域内消費量，貿易量の推移，および同じ期間中の伸び率と，地域占有率の 2 つに分けて作成したものである。

表 2-10 熱帯産広葉樹丸太(製材・合板用)の生産と貿易の推移(1965と1973)

単位: 1,000 m³

	総生産量			地域消費量			貿易量		
	1965	1973	年度比	1965	1973	年度比	1965	1973	年度比
熱帯圏計	40,642	88,093	217	22,534	39,822	177	18,108	48,272	267
南洋材	24,404	63,243	259	11,513	23,937	208	12,891	39,307	305
南太平洋材	361	1,214	336	304	535	176	57	679	1,234
アフリカ材	8,097	12,656	156	3,078	4,839	157	5,019	7,817	156
南米材	7,780	10,980	141	7,639	10,511	138	141	469	333
地域比率									
熱帯圏	100	100		100	100		100	100	
南洋材	60.2	71.9		51.3	60.4		71.2	81.4	
南太平洋材	0.6	1.2		0.9	0.9		0.3	1.4	
アフリカ材	20.0	14.4		13.7	12.2		27.7	16.2	
南米材	19.2	12.5		34.1	26.5		0.8	1.0	

表 2-10 から 1965 年と 1973 年とを比較すると、伸び率の上では南太平洋材が大幅に増大したが、絶対量が僅かであるから、この時点では問題とするに足りない。

南洋材は生産伸び率が 259%、貿易伸び率は 305% と大幅に伸びたのみならず、絶対量が圧倒的に多く、その貿易量が全熱帯産木材貿易量に占める比重は、1965 年の 71% から、1973 年には 81% に飛躍した。

南洋材が伸びただけ相対的にアフリカ材の比重は低下した。

こうした南洋材が占める比重の高まりは、同地域の森林資源への圧迫となった。

2-2-5 南洋材(丸太)の生産と貿易の動向

表 2-11 は南洋材丸太について産地国別に生産量、自国内消費量、輸出量を、また、輸出仕向国別の量を一表にしたものである。

表 2-11 から産地側の変化をみると、第 1 にフィリピンは本表に収録した 1973 年の 3 年前、すなわち 1970 年に生産量 13,000 千 m³ 強、輸出量 9,600 千 m³ という同国史上最高を記録したあと、大減産に転じ、1973 年は減産第 2 年度だった。そして 1979 年には輸出量はピーク時の $\frac{1}{6}$ の 1,500 千 m³ 以下になるであろうと言われている。同国は丸太貿易から手を引く態勢をとりつつある。

第 2 に、マレーシア連邦のサバの統計を見ると、1973 年における同州内での消費量は 3,298 千 m³ となっているが、同州の木材加工設備能力はこれよりはるかに低いというので、この数字は疑問である。それはともかくとして、1973 年の輸出量は 10,144 千 m³ を記録した。このような大量の木材増産に、サバにおける問題点がある。

表2-11 南洋材(丸太)の生産と貿易の国別動向(1965年と1973年の比較)

単位: 1,000 m³

	年度	生産国			輸出仕向国					
		生産量	自国消費	輸出量	日本	韓国	台湾	シンガポール	西欧	その他
フィリピン	1965	10,015	3,315	6,700	5,612	403	461	—	172	52
	1973	11,425	3,666	7,759	5,690	285	1,023	24	453	284
サバ	'65	4,153	356	3,797	2,948	213	178	1	33	424
	'73	14,072	3,928	10,144	7,092	1,575	630	56	122	669
サラワク	'65	2,306	1,099	1,207	710	82	41	—	86	288
	'73	3,255	1,372	1,883	1,248	42	232	151	—	210
西マレーシア	'65	3,780	2,743	1,037	—	—	—	1,035	—	1
	'73	9,294	8,445	849	106	145	—	589	—	9
インドネシア	'65	4,150	4,000	150	124	—	—	—	6	20
	'73	25,197	6,526	18,672	10,678	2,514	2,440	—	552	2,489
計	'65	24,404	11,513	12,891	9,394	698	680	1,036	297	785
	'73	63,243	23,937	39,307	24,814	4,561	4,325	820	1,127	3,661
指数	'65			100	729	54	53	8.0	2.3	6.1
	'73			100	631	11.6	11.0	2.1	2.9	9.3

資料: FAO

サラワクには特に注目すべき現象は、少なくとも1973年までは出ていないようである。

西マレーシアは1965年から1973年の間に、木材加工設備を大増強したので、1973年に同州内消費量が1965年のそれより顕著に増大していることを示している。そして加工設備の無計画な増強が後記のような問題として出てきた。

第3に、インドネシアの輸出量の飛躍的増大は注目するに値する。すなわち輸出量は1965年には僅かに150千m³であったのに、たった8年後の1973年~18,672千m³、実に120倍強になってしまったことである。正常な伐出作業手段で、このような大増産が達成出来るものだろうか、後の章で考えたい。

輸出仕向国の合計を見ると、量的には日本への輸出が圧倒的に多い。しかし1965年から1973年の間に顕著な変化を示しているのは、日本への輸出シェア合計が1965年には73%であったのに、1973年には63%に落ちていることである。その低下分は韓国と台湾が埋めてしまった。両国の量的伸び率は1965年から1973年に約6倍強になった。そして日本、韓国、台湾3ヶ国の量的伸び率は、前記の期間に3.1倍となった。これらの国々における加工設備の大増強は、後記のように原材料問題の台風の目になるだろう。

シンガポールへの輸出量は、表によるとこの期間中に減少しているが、同地の分はそ

他の地域への輸出量のなかに紛れ込んでいるためである。しかし量的に問題とするに足りない。

西欧への輸出量も一時問題にされたが、丸太の分野では問題にするほどのものではなく、むしろ木製品の輸出増大に今後注目してゆくべきだろう。

2-2-6 南洋材価格の変動

1965年から1973年にかけて、日本、韓国、台湾などにおいて、ラワン系丸太を当てにした木材加工設備が、3ヶ国合計で3倍強に増強されたこと、それに呼応してラワン系丸太産地において異状ともいべき増産が行われたことは既に述べた。

ラワン系丸太の大増産を助長したものは木材価格の高騰である。木材買付競争、価格の吊上げ、増産といったパターンは、長期の森林資源の保続のためには決して好ましいものではない。

最近10ヶ年間に、産地価格の乱高下の大波は、3回もあった。第1回は1971年の半ばに、それまで過熱ぎみだった産地価格は、需要側が買控えに転じたので大暴落した。このため産地側には、社会問題が発生した。その時をもって、インドネシアにおける人力集材、いわゆるクダクダ材の生産は大部分の地域で禁止されてしまった。これにより弱小生産者が淘汰されて、機械化林業が遅れていたインドネシアでも、次第に機械化が普及し始めた。

第2回目の大波は1972年末からの買付競争であって、1974年の春には産地価格は3倍弱にまで暴騰した。その結果、産地国の外貨収入と生産者の利益は一時的に急増した反面、生産者をして放漫な経営、粗放な生産手段に走らせ、生産原価の高騰はもとより、生産手段に多くの歪みを残し、木材生産を太く短かいものにしてしまう恐れが出てきた。そして、価格の上昇と増産が過熱し切った段階で、日本側が不況に転じたので、腰が伸び切っていた生産者に混乱をもたらした。結果として、産地の生産事業の急激な縮小は、またまた社会不安を引き起してしまった。一時の莫大な利益に慣れた生産業者のなかには、破産した業者も出たといわれている。

以上のような問題が発生する予測は、1970年、1971年の通産省派遣の調査団が報告していたところであった。

第3回目の乱高下は、1978年の9月頃から買付競争が始まり、わずか11ヶ月間で産地価格はまたまた3倍に跳ね上がった。1979年の9月以降は、反落に転じたり、また戻したりの状況が続いている。今回は前2回と違い、産地の業者には力がつき、また彼等の手持ち森林資源の限界が見えてきたので、産地側は必ずしも強引な大増産に踏み切るには至っていない。

いづれにしても、森林資源の実態把握、正常な生産手段の採用などに目をつぶって、

価格の高騰に酔いしれてきた結末として、強く反省が求められる。

2-3 南洋材伐出事業の歴史

フィリピンにおける機械化林業は1935年頃には、ほぼ定着していた。当時の林業機械の中心はウィンチを林業用に改良した集材機(Yarder)である。トラクターがフィリピンに導入されたのは第2次世界大戦の直前の頃で、まだ普及していた訳ではなかった。戦後、フィリピンでは鈍重な集材機に、米軍が大量に放出したトラクターが加わり、また同じく放出された大型トラックにより、機械化は急速な進歩をとげ、大量生産を可能とした。そして遂には過熱して乱伐時代を現出してしまった。

以上のようなフィリピンにおける展開にくらべ、インドネシアの機械化林業は約30年の遅れをとった。勿論、インドネシアにおいても南洋林業などにより、戦前から機械化は試みられたが、普及定着するには至らず、1960年代の後半を迎えた。

これだけの差がついた理由の一つとして、インドネシアの森林資源は、一般的に緩やかな地形に分布しているが、その一見恵まれた地形のため、焼畑により拡大な森林が蚕食され、また広大な湿地が内陸部の奥にまで入り込むなど、優良林分が分断されていることがある。このことは林道網がカバーする開発対象地区内の単位面積当たり平均収穫量を大幅に減少させてしまう。要するに、総体的に森林の経済性を低下させてしまう。

第2の理由は、フィリピンにおける機械化林業初期の中心機械であった集材機は非常に鈍重なため機動性が乏しいので、インドネシアのように優良林が飛び飛びに分布している地域では、機械移動の時間が多く。相対的に稼働時間比率が低下し、また湿地帯の移動が困難なことなど、カリマンタンの森林の集材には適さなかった。

第3の理由は、インドネシアでは湿地、焼畑跡地などを通過する余分な林道建設を必要とするケースが多く、かつ道路用骨材が少ないなど、生産原価を直接、間接に押し上げる要因がある。

こうした事情があったので、機動性の低い集材機を中心とした大きな設備投資を必要とする機械化林業は企業の採算ベースに乗り難く、眠っていたのである。

前記のような問題点があったにもかかわらず、インドネシアでは1960年代後半から機械化林業が普及し始め、1970年代になると急速に大增産を開始した。それを可能とした理由は、第1に、フィリピンなど既往の産地の開発現場が奥地化したので、①生産原価が上昇した、②需要急増により、輸出価格が高騰した、③フィリピン材、サバ材の質が次第に低下した、などによりインドネシアにおける森林開発の価値が相対的に上昇した。

また、技術面から見ると次のような事情があった。①機動性に富むトラクターが普及した。トラクターは伐採された丸太の木元まで自走して集材するので、森林の蓄積度、疎密度による集材能率の差が少なくなった。また、②トラクターは1人の熟練した運転手と2~3名の

助手により作業が出来る（集材機の場合には、チームワークがとれた7～8人の熟練した労務者を必要とする）。③緩い地形がトラクターの作業に適していた。④トラクターは土木機械としても林道を非常に速い速度で建設し、作業現場の展開と移動を容易にした。⑤トラックの馬力が強大になり、逆勾配をいとわなくなった。⑥マレーシア人、フィリピン人の熟練技能者の活用が図られた。⑦木材の流送に適した河川が利用された。

以上のような作業上の特長、特にトラクターの導入と外国人技能者を結びつけた下請方式は、木材を大增産させる原動力となった。しかし同時に、この安直な作業方式は、技術的秩序を乱した原因ともなった。

2-4 南洋材開発に対する反省

フィリピンの年間許容伐採量は20,000千 m^3 と、同国の森林開発局は長年の間、主張し続けてきた。その根拠は「35年を回帰年とするselective cuttingをしているからだ」としてきた。この数字には疑問があるが、日本貿易振興会が1979年3月に発表した「フィリピンの木材市場調査」は1976年末の同国森林開発局報告を引用したなかで、年間許容伐採量は依然、21,990千 m^3 となっている。また、今回の調査においても、同国当局者の言として、「35年回帰のselective cutting」により、森林の保続経営は出来ていると公式的な見解が表明された。

しかしながら「35年回帰の択伐」という机上論と現場における伐採跡地の実態との間には、大きなへだたりがあることは、現場経験者には30数年前から判っていた。それが1959年頃にいわれた「フィリピンの森林開発の限界、カリマンタンへの産地移行説」の論拠であった。

現実に、今回、ミンダナオ島において、フィリピンで最も優良なラワン材を生産した伐採跡地を見たかぎりでも、20～10年前の伐採跡地の実態は、予想以上に更新不良であった。かつて優良林が存在していた所ほど、状況が悪く、伐採跡の全域がつる植物に掩われてしまったといっても過言でない場所すらあった。

フィリピン大学の林学科の研究者達は、このような実態に対し痛烈な批判を述べ、またインドネシアのボゴール大学においても、期せずしてほぼ同じ批判を本調査団に提起された。

この反省は生産手段の改善を図るべき段階に近づいたと理解すべきである。反省のポイントは、①森林資源は利益追求の犠牲にされて荒廃した。②機械力の強大さに押しまわれ、相対的に森林経営技術の総合性が薄れた、という点にある。

伐出の技術的基準の遵守は、当然強化されるだろう。しかし、その背後に存在する環境の理解がより重要であり、その上で総合的対応策を実行する必要がある。それなくして、伐出の技術的基準だけを作成しても無意味に終るだろう。

その環境とは、①既に述べた世界的木材需要と、②産地に存在する諸々の問題点であり、

それらのギャップへの対応を同時に考えるべきである。

..

3 森林開発に対する協力の現状

3-1 協力の事例

3-1-1 国際協力事業団による協力

開発途上国における森林開発（ここでは木材の伐採，搬出，利用の意味とする）に対する我が国の協力は，政府間の技術協力と民間ベースのいわゆる開発協力を分けられる。まず，政府間の技術協力の事例をいくつか述べると，

「インドネシア・ジャワ山岳林収獲技術協力プロジェクト」（Indonesia-Japan Mountainous Logging Practice Project）は，その経緯として，1976年に協力の相手方である同国国有林公社（PERHUTANI）総裁スキマン氏の来日に端を発している。同公社は，予定されている中部ジャワ・チラチャップ近郊の紙・パルプ工場の原料として，ジャワ島のマツ（Pinus merkusii）人工林の材を長期安定的に供給するため，従来の人材による少量・不安定な生産方式を改め，山岳林からの伐出に適したスカイライン集材の技術導入を図ることとしたのである。国際協力事業団は，この伐出技術に関するプロジェクト・ベースの協力を検討するに先立ち，その究極目的からみて，中部ジャワのマツ等の資源調査と収獲計画を明らかにする必要を認め，1976年12月，開発調査費による「中部ジャワ林業資源調査」を行うこととし，S/Wの合意をみた。1977年に入り，この林業資源調査は，その後の伐出技術協力とともに，同国のバベナス・リストにATA-184として，インドネシア政府の正式承認をみるところとなった。その後，上記林業資源調査の実施，技術協力プロジェクトのR/Dの締結（1977年12月），同プロジェクトの開始（1978年4月）等，短時間のうちに，順調に協力の手順が進んだ。

本プロジェクトの期間は，専門家派遣の日（上記のプロジェクト開始の1978年4月）から3年間としている。

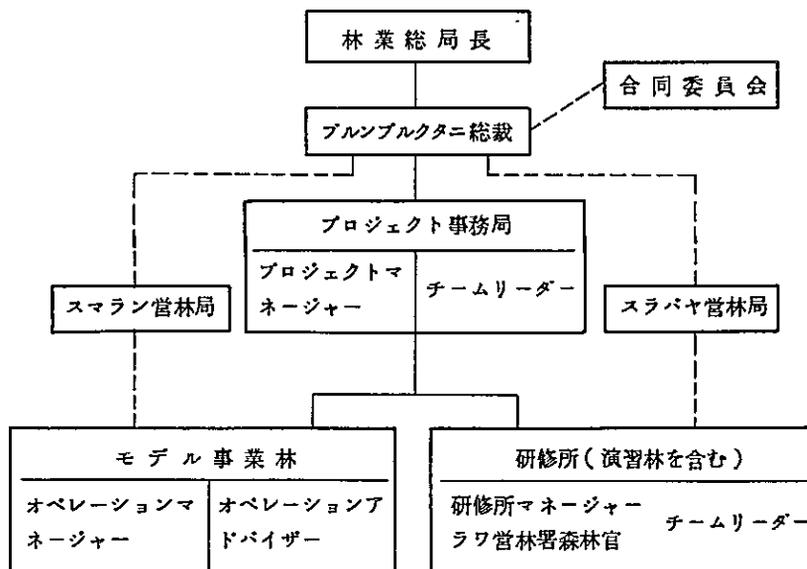
本プロジェクトの目的を次に述べる。

インドネシアの木材生産の主体を占めるラワン材の伐出技術は，平地，天然林，大径木，択伐作業等の条件に対する技術であるのに対し，当該地域のような紙・パルプ原木を供給するための伐出技術は，山地，人工林，小中径木，皆伐作業の条件に適するものでなければならない。同国においては，前者の技術は，民間企業を主体に導入されているが，後者の技術は全く導入されていなかった。このため，我が国の山岳林において発達したスカイライン方式の集材システムを技術移転し，定着普及させることが本プロジェクトの目的である。

このプロジェクトの概要を次に述べる。

実行組織は図3-1のようにR/Dで定められた。プロジェクト・サイトは，①本部が東部ジャワ・マディウン市にある国有林公社（PERHUTANI）の研修所にあり，②こ

図 3-1 ジャワ山岳林収穫技術協力組織図



の近傍のラウ営林署管内に実習地としての演習林が置かれ、③ On the job training のために中部ジャワ・ブカロンガン営林署管内のブミジャワにモデル事業林が設定されている。これらのうち、①と②において、集材架線の基礎智識修得のための講義と実習が6カ月間行われ、③では前記の終了者をもって、派遣専門家の指導のもとに、事業実行過程のなかでの training が行われている。

派遣専門家(長期)は、1980年初現在で、リーダー、収穫計画、伐木集材、架線集材2名、トラクター集材、林業機械、業務調整の合計8名となっている。また、カウンターパートの受入れ研修が毎年2名程度、約3カ月の期間で行われている。過去2カ年間の供与機材総額は約20百万円である。

本プロジェクトは、1978年4月の開始以来2年近くを経過し、講義・実習を完了し、モデル事業林での On the job training も順調に進み、相手側である PERHUTANI 当局も物心両面で極めて協力的である。技術移転の面でも、とくに重大な問題点はない。しかし、細部については、いくつかの留意点、改善点があるので、これらは、最後の6. 計画基準で述べることにする。

「ビルマ・アラカン山系林業開発技術協力プロジェクト」(Technical Cooperation Project for the Forest Development in the Arakan Range) は、その経緯として、1975年頃より、当時の駐日ビルマ大使が、我が国に広く普及しているスカイライン集材技術をビルマ国の木材生産事業に導入することを意図し、沼田営林署の林業機械化センターを訪れたことから端を発している。一方ビルマ本国側では、1979年にアラカン

山系を襲ったサイクロンによって生じた風害木の速やかな搬出利用を図るため、我が国の技術協力を期待する動きがあつた。このため、JICAは、1976年12月に事前調査団を派遣し、アラカン山系南部における国営木材公社(State Timber Corporation)の伐出事業に対し、架線集材技術を主とする機械化伐出技術の協力プロジェクトの必要性を認識した。その後1977年5月から2名の長期調査員の派遣、同6月の実施計画調査団の派遣、同8月ビルマ国の閣議決定を経て、同年12月にR/Dが締結された。本プロジェクトの期間は、R/Dの署名の日である1977年12月2日から1982年3月末日までとし、その後の協力は両国間の協議によることとなっている。なお、長期専門家の派遣等の実質的なプロジェクトの発足は1978年4月からであった。

本プロジェクトの目的は次のとおりである。ビルマにおける伐出技術体系は、チーク材を主体とする緩斜地での畜力あるいはトラクターによる集材方式が、それなりに定着しているが、近年における同国の木材生産の停滞傾向、とくに生産機材の不足、機種のアンバランス、修理施設の不備、交換部品の不足等を主因とする生産性の低下に対し、これの改善に協力すると同時に、将来、奥地山岳林の開発に必要な集材機集材技術の移転に協力することを目的としている。これを要するに、現在の生産性、生産量の向上と、将来のための集材機集材の技術移転、という両面の目的をもっている。

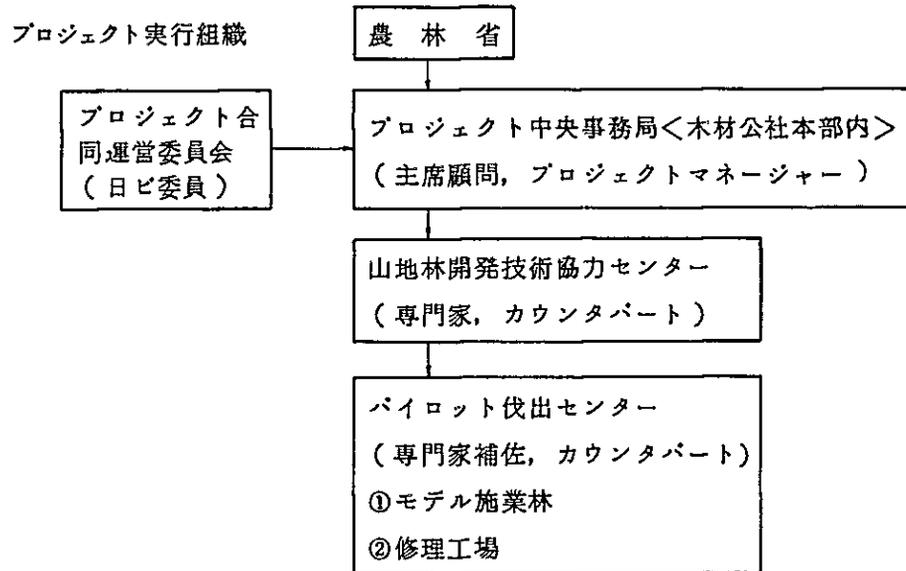
R/Dの締結に際し、ビルマ側の上層部では、前者の生産性の向上、換言すれば、生産ターゲットの確保、増大に強い関心を持ち、R/Dの冒頭に次の文言をとくに記載した経緯がある。すなわち、「このプロジェクトはアラカン山系等ビルマ国内の山地林における森林資源の効率的伐出利用に資する山地林の適切な開発のための林業技術体系を確立することを目的とする……」が、上述のビルマ側の強い関心を端的に表わしている。

このプロジェクトの概要を次に述べる。

組織は図3-2のようにR/Dで定められた。プロジェクト・サイトは2カ所に分かれ、その①はラングーン市内の国営木材公社の本部に置かれる「山地林開発技術協力センター」であって、ここでは、技術の開発・改良、基礎的研修が行われる。その②は、「パイロット伐出センター」で、南部アラカン地域に置かれ、バセイン市内の「修理工場」とチャウンタ林区内の「モデル施業林」から構成されている。ここでは、機械の保守・管理の実践的な訓練および伐出作業の実践的な訓練が行われ、On the job trainingの場となる。

派遣専門家(長期)は、1980年初現在で、首席顧問、伐出計画、架線集材2名、伐採搬出、調整、機械の合計7名となっている。また、カウンターパートの受入れ研修が毎年2~3名程度3カ月の期間で行われている。過去2カ年間の供与機材総額は約184百万円である。

図 3-2 アラカン山系林業開発技術協力組織図



本プロジェクトも、協力開始以来2年を経過し、モデル施業林での実務も開始されている。この間、相手側である国営木材公社は、施設の建設等の面でも積極的であって、プロジェクト運営上とくに支障となる問題はない。しかし、このプロジェクトの性格そのものに根ざす問題、すなわち、ビルマ政府が生産量の確保増大を至上命令とすることに問題がある。このような生産ターゲットの確保、あるいは生産協力という性格は、同国の社会体制のなかでとくに強められているが、伐出技術協力においては、大なり小なり生起する問題である。この点については、後述の計画基準で再度論じることとする。

上記2つの伐出技術協力プロジェクトのほか、伐出関連あるいは林業機械関係の技術協力として、次のプロジェクトが行われており、これらは、本報告に掲げる伐出技術、林道技術、林業機械等の基準と多かれ少かれ関連するものである。すなわち、

「南部パラグアイ農林業技術協力プロジェクト」は、天然林の機械化伐出・地拵え、機械化造林等の技術の開発、改良、訓練が主体となって含まれている。

「南スマトラ森林造成技術協力プロジェクト」および「フィリピン・パンタバンガン森林造成技術協力プロジェクト」は、いずれも造林技術協力ではあるが、前者においては、草原の機械化造林技術の開発が主題となっており、後者においても、林道技術、機械技術の改良、移転が必要となっている。

また、「サンパウロ林業研究協力プロジェクト」は、林業試験研究のいくつかの分野

についての協力であるが、この分野のなかには人工林材とくに間伐材の架線集材に関する試験研究が含まれている。

以上が政府ベースの技術協力の実例であるが、このほか、民間企業による伐出事業を通じての協力、いわゆる開発協力がある。この種の森林開発は、伐出事業本体に必要な資金を日本輸出入銀行あるいは経済協力基金から融資を受けるケースが多く、関連するインフラストラクチャーの整備に要する資金および試験的事業に要する資金を国際協力事業団から融資を受けるケースが多い。また、事業団の融資にかかる開発事業への技術指導、研修員の受入れが行われている。

このような、民間の伐出事業を通ずる協力のうち、グラントエレメントの高いという意味で、事業団融資にかかる開発協力プロジェクトを表3-1に記載する。

3-1-2 国際機関等による協力

以下に、FAOによる技術援助、調査報告および世銀（IBRD）、第二世銀（IDA）、アジア開発銀行（ADB）による資金援助等のうち、伐出関係のプロジェクトを掲げる。

まず、FAOによるものの一覧は次のとおりである。

表 3 - 1

国名	プロジェクト名	事業地	融資承諾日	融資承諾額	内容	備考
インドネシア	バリクパバン林業開発	東カリマンタン バリクパバン	50. 3. 31	326百万円		他に海外買より 327百万円融資
	トギヤン島林業開発	中部スラウエシ トギヤン島	53. 7. 28			
	ブラウ林業開発	東カリマンタン ブラウ	50. 3. 28	325百万円		
	タラカン林業開発	東カリマンタン タラカン	50. 6. 28	48百万円		
	モンゴリ島林業開発	マルク州 モンゴリ島	50. 10. 30	285百万円		
	カティンガン林業開発	中カリマンタン カティンガン	51. 6. 23	215百万円		
	パデコ林業開発	南スマトラ パレンバン	52. 9. 10			
	スマングス林業開発	南スマトラ パレンバン		260百万円		海外買による 融資
	タリアブ林業開発	マルク州 タリアブ島		266百万円		
	パプアニューギニア	オープンベイ林業開発	ニューブリテン島 オープンベイ	51. 2. 23	218百万円	
ニューアイルランド林業開発		ニューアイルランド島 中部	53. 12. 26			
マダン林業開発		パプアニューギニア島 マダン		600百万円		海外買による融資

F A O 伐出関係援助一覧

I 大規模プロジェクト

① Kunal Forestry Development Demonstration

アフガニスタン 1977年11月30日承認

伐出関係 { 専 門 家……急傾斜地道路開設… 1年6月
 " ……機械主任…………… 2年
 ボランティア……道路開設…………… 2年

UNDP 援助 1,344,729 \$

② Forestry Development in Selected Areas of Western Bhutan

ブータン 1975年12月発足 6年8ヶ月間

伐出関係 { 専 門 家……伐出…………… 1年
 コンサルタント……集材機……………未定
 " ……伐出, 機械整備…… 3ヶ月
 " ……林道…………… 2ヶ月
 " ……林道…………… 2ヶ月
 " ……林道…………… 6ヶ月

UNDP 援助 3,065,906 \$

③ Forestry Development in Brazil

ブラジル 1978年9月発足 3年間

伐出関係 { 専 門 家……運材, 流通…………… 1年2ヶ月
 " ……伐出技術・機械…… 1年
 " ……伐出技術・機械…… 5ヶ月
 " ……サルベージロッキング・木材利用… 3ヶ月
 " ……伐出…………… 1ヶ月
 " ……伐出…………… 5ヶ月

専 門 家 援 助……架線集材・林道…… 1年

UNDP 援助 1,145,000 \$

④ Logging & Mechanical Forest Industries Demonstration & Training Project, Phase I

グアイアナ 1975年9月発足 1979年12月終了

伐出関係 { 専 門 家……伐出…………… 1年
 " ……木材管理…………… 1年

UNDP 援助 2,052,160 \$

- ⑤ Ordenación y Producción Forestal, y Desarrollo de la Industria Primaria (Fase II)
 ホンデュラス 1979年1月1日発足 1981年6月完了予定
 (Phase Iは1975年12月～1978年12月)
- 伐出関係 { 専 門 家……伐出……………2年6ヶ月
 専 門 家 補 助……土木……………1年
- UNDP 援助 1,256,452 \$
- ⑥ Forestry & Forest Products Development (Phase II)
 インドネシア 1979年1月発足 3年間
 (Phase Iは1973年より)
- 伐出関係(専 門 家……伐出, 運材計画……………1年6ヶ月
- UNDP 援助 2,214,740 \$
- ⑦ Forestry Training Institute
 韓 国 1978年9月発足 2年8ヶ月間
- 伐出関係 { 専 門 家……林道・運材……………2ヶ月
 # ……林業機械……………未定
- UNDP 援助 566,200 \$
- ⑧ Forestry Development Project - Sarawak
 マレーシア 1977年4月発足 3年9ヶ月間
- 伐出関係 { 専 門 家……林道・土木……………2年6ヶ月
 専 門 家 補 助……伐出……………1年
 # ……林道……………1年
- UNDP 援助 1,322,494 \$
- ⑨ Forestry and Forest Industries Development
 モザンビク 1977年1月発足 5年間
- 伐出関係(コンサルタント……伐出……………4ヶ月
- UNDP 援助 2,613,075 \$
- ⑩ Cotton Production Development
 ネパール 未
- 伐出関係(専 門 家 補 助……伐開・伐出……………1年
- ⑪ Recuperation of the Pine Forests of Nueva Segovia
 ニカラグア 77年1月発足 3年間
- 伐出関係(コンサルタント……伐出……………2ヶ月
- UNDP 援助 300,418 \$

⑫ Forest Utilization Centre

ナイジェリア 未発足 2年間

伐出関係(専門家……伐出……………1年

UNDP 援助 547,670 \$

⑬ Assessment of Pakistan's Forest Resources and Development of Investment Potentials

パキスタン

伐出関係(専門家……伐出・運材……………2年8ヶ月

UNDP 援助 225,451 \$

⑭ Sarhad Forest School, Abbottabad

パキスタン 未発足 4年間

伐出関係	{	専 門 家……林道開設・維持……………3年
		" ……伐出・運材……………3年
		" ……機械操作・整備……………3年

UNDP 援助 2,374,657 \$

⑮ Mejoramiento de los sistemas de extracción y transformación forestal

ペルー 79年1月発足 3年間

伐出関係	{	専 門 家……伐出・林道……………1年
		" ……架線設計……………1年

UNDP 援助 650,000 \$

⑯ Escuela de ciencias Forestales, Siguatepeque

ラテンアメリカ地区(ホンジュラス在) 1975年7月発足 3年間

伐出関係(専門家……伐出・運材……………1年

II 小規模プロジェクト

① Forest Mechanization School, AFAKA

ナイジェリア 1975年発足

伐出関係(専門家……プロジェクトマネージャー…1年

UNDP 援助 148,000 \$

② Small Timber Industry Adviser

パプアニューギニア 1978年発足

伐出関係(専門家……伐出アドバイザー……………未定

Ⅲ トラストファンドプロジェクト

① Assistance to the Natural Resources Faculty, Karadj

イラン

伐出関係(コンサルタント……伐出…………… 3ヶ月

Ⅳ 技術協力調査

① Evaluation of a Domestic Pulp & Paper Mill in North Sumatra

インドネシア

1979年5月発足 11ヶ月間

伐出関係(コンサルタント……伐出・運材……………

Ⅴ 専門家派遣(各地区共通)

① 専門家補助……伐出・運材・林道…………… 1年

FAO. 伐出関係調査報告一覧

アジア・太平洋地区

○ ビルマ

- Mechanization of Teak Extraction.
(K.A. Miedler, 1957) (No. 614)
- Mechanized Logging Operations of The State Timber Board.
(F. Zürbrugg, 1967) (No. 2438)

○ セイロン

- Mechanical Logging.
(A.C. Decamps, 1952) (No. 41)
- ”
(” , 1956) (No. 513)
- Mechanical Logging and Timber Production.
(R.W. Burwell, 1958) (No. 996)

○ インド

- High Mountain Timber Extraction.
(A. Huber, 1953) (No. 141)
- The Logging Training Centre at Batote.
(H.G. Winkelmann, 1959) (No. 1087)
- Establishment of Four Logging Training Centres.
Terminal Report. Project results, conclusions and recommendations.
(FAO, 1970) (WS/A 1040)

○ インドネシア

- Logging.
(F. Cermak, 1954) (No. 309)
- Pulpwood Logging.
(A. Koroleff, 1959) (No. 1020)

○ マレーシア

- Logging and Log Transportation in Peninsular Malaysia.
(FAO,) (Technical Report 8. Forestry and Forest Industries Development)

○ パキスタン

- Timber Extraction in East Pakistan.
(A. Rule, 1951) (Interim Report)

○ フィリピン

- Report on the Far Eastern Mechanical Logging Training Centre.
(H.G. Keith, 1953) (No. 183)
- Timber Engineering Research, Training & Practice.
(L.W. Grandall, 1962) (No. 1555)
- Demonstration and training in Forest, Forest Range and Watershed Management.
Technical Report 5, Logging and Transport.
(J.H. Brigham, 1971)

中南米地区

- コロンビア
 - Planificación de corte y transporte de maderas en el área de la serranía de San Lucal. (L. Lakio, 1970), (Informetécnico 5), (FO:SF/COL 14/)
- グアテマラ
 - Logging and Forestry Transportation in Pine Forests. (P. Christiansen 1977) (Technical Report 3), (FO:DP/GUA/72/006).
- ジャマイカ
 - Log extraction Studies and Technical Assistance in Forest Road Design and Construction in Mountainous Region. (J. Session & H. Western) (Technical Report 10), (FO:SF/JAN/67/505).
- メキシコ
 - Extracción de madera en las zonas montañosas. (F. Zurbrugg, 1957) (No. 707)
 - Proyectos de explotación forestal y aserrado. (F. Zurbrugg, 1962), (No. 1377)
- パナマ
 - Las concesiones forestales en los bosques fiscales. (C. Petrin, 1971) (Informe técnico 7), (FOR:SF/PAN 6).
 - Acopio y transporte de la madera. (G. Conn, 1972), (Informe técnico 8), (FOR:SF/PAN 6).

アフリカ地区

- カメルーン
 - The Handling and Transportation of Forest Products within and from Cameroun. (Timber Research & Development Association, 1970), (Technical report 1), (FO:SF/CMR 6).
- コンゴ
 - Exploitation forestière et transports de bois. (Centre Technique Forestier Tropical, 1973), (Rapport technique 2 a-0601), (FO:DP/PRC/71/515).
 - Project d'installation d'un chantier d'exploitation forestière de capacité 15 à 20,000m³ / an en République du Congo. (C.T.F.T, 1973), (Rapport technique 4), (FO:SF/PRC/71/525).
 - Exploitation forestière et transport. (Polytechna, 1972), (Rapport technique 2), (DP/PRC/72/013).
- ガボン
 - Coûts en exploitation forestière. (C.T.F.T), (Rapport technique 12), (FO:SF/GAB 6).

○ ト ゴ

- Exploitation et utilisation des ressources forestières au Togo.
(H. Chaunin, P. Durgaut & A. Harap, 1978), (Rapport technique), (TCP 6/TOG101).

○ ザンビア

- Mechanical Wood Products Study.
(Sandwell, 1971), (Technical Report 3), (FOI:SF/ZAM/5).

中近東地区

○ イラン

- Development of Forestry, Forest Utilization and Forest Industries, and the Demonstration Forest Training Centre, Lowe.
(H.A.M. Glaser, 1959), (No. 1176).

トラスト・ファンドによる調査団報告

- Logging and Log Transport in man-made Forests in Developing Countries.
(FAO/SWE/TF 116).

次に、世銀（IBRD）、および第二世銀（IDA）による伐出関連プロジェクトへの資金援助の例を一・二挙げると、次のとおりである。

- ビルマ・「ビルマ中南部における木材伐出技術の向上」。IDA融資24百万\$, 50年償還, 金利0.75%, 1974年承諾。

実施機関; 国営木材公社

総事業費; 358百万\$

内 容; 伐出用（林道用を含む）機材車輛, 事業用建物, 製材工場, 等の整備および職員研修, フィージビリティ調査を行う。

- トルコ・「トルコ北部林業開発計画」。IBRD融資86百万\$, 17年償還, 金利7.50%, 1978年承諾。

実施機関; 林業省

総事業費; 915百万\$

内 容; 伐出道路の開設・改良, 同上のための機材, 建物整備, 教育訓練。

また、アジア開銀（ADB）による伐出関連プロジェクトへの資金援助の例を挙げると、次のとおりである。

- ビルマ・「ビルマ北西部サガイン地区森林開発のための木材伐出技術の向上, 輸送・マーケティング・木材加工施設の近代化」。ADB融資251百万\$, 40年償還, 金利1.00%, 1977年承諾。総事業費44.2百万\$。

- ネパール・「サガルナス地区の森林開発事業として, 造林, 伐出, 林道, 木材加工等の事業実施」。ADB融資4.9百万\$, 40年償還, 金利1.00%, 1977年承諾。総事業費13.2百万\$。なお, この伐出事業は, 造林地拵えのためのもので, residual forest harvesting と称され, これの必要機材を表3-2に紹介しておく。

- ラオス・「森林開発事業として, 林道, 伐出設備の整備, 苗畑, 木材加工施設の設置等を行う」。ADB融資8百万\$, 40年償還, 金利1.00%, 1978年承諾。総事業費185百万\$。

なお, ADBは, ILOおよびFINNIDA (Finland Department for International Development Cooperation) の共催による「林業・林産業における適正技術の適用に関する地域セミナー」(Regional Seminar on the Application of Appropriate Technology in Forestry and Forest Industries) を1979年1月にマニラで開催し, そのなかで, 「森林収穫および輸送の適正技術」(Appropriate Technology for Forest Harvesting and Transport) がILOより報告されている。これは, ADB地域での手工具を含めた伐出作業の実態に合ったマニュアルとして, 巻末の附属資料IIに紹介しておく。

表 3 - 2 Residual Forest Harvesting Equipment and Costs

Item	No.	Unit Cost (US\$)	F.E. (US\$)	Local (NEs.)
A. Sawlogs				
Felling and Cross-Cutting				
Axes	36	10	360	-
Handsaws	18	20	360	90
Files, stones, etc.	18 sets	2	36	-
Sub-total			756	90
Freight (30%)			253	-
			1,009	90
Logging				
San Tae Wongs	4	20,000	80,000	-
Wire ropes, etc.	4 sets	1,000	4,000	-
Spares (25%)	4 sets		21,000	-
Sub-total			105,000	-
Freigh			31,500	-
			136,500	-
De-barking				
Spuds	8 sets	10	80	-
Freight (25%)			20	-
			100	-
B. Posts, Poles and Fuelwood				
Felling and Cross-Cutting				
Axes	285	10	2,850	-
1-man saws	571	12	6,852	-
2-man saws	285	20	5,700	-
Files, stones, etc. (20%)			3,800	-
Sub-total			28,482	-
Freight (25%)			4,620	-
			23,102	-
Hauling				
Agric. tractors (60 hp)	7	6,000	42,000	-
Loading tongs (manual)	200	10	2,000	-
Strops	200	20	4,000	-
Spares (20%)			9,600	-
Sub-total			57,600	-
Freight (30%)			17,280	-
			74,880	-
Capital Cost			181,918	90
Freight			53,673	-
GRAND TOTAL			235,591	90

3-2 協力に関連する伐出の実態

伐出技術の分野での協力を検討するに当たっては、途上国のこの分野の実態がどのようなものであるかを知る必要がある。

いくつかの途上国の伐出技術の実態は、別途の章において述べるところであるが、これを総括的に整理すると以下のとおりである。

まず、フィリピンの伐出技術は、ミンダナオのフタバガキ科森林の伐出事業において、その先端をきっている。ここでは、チェーンソー伐倒、大型集材機によるハイリード集材またはトラクター集材、ティンバー ジャック等の大型機械による積込み、トラックおよびトレーラによる運材、等の機械化伐出技術が古くから行われている。また、これら機械の保守管理は、それなりの修理工場と修理工によって対応されている。このように、効率のよい伐出作業を行うための技術は定着しているものの、フィリピンにおける伐出技術の問題点は、森林施業との関係である。すなわち、上述のような大型機械による強引な伐採は、これが択伐施業であるため、伐採後の森林の更新・保続を困難にしている。近年、この問題点が指摘され始め、後記のような、フタバガキ科森林の択伐施業における伐出技術のあり方が検討されていると同時に、一部では、サルベージ・ロギングが行われ、皆伐・人工造林施業が採られている。

次に、インドネシアの伐出技術は、地域および事業形態によって著しく異なる。カリマンタン、スマトラ、マルク地方およびイリアン等の森林資源が豊富な地域における大規模の伐出事業においては、歴史は浅いが、機械化伐出作業が急速に進展した。チェーンソー伐倒、トラクター集材、トラック・トレーラ運材、筏輸送等のシステムが通常の形態である。これら地域の伐出現場は、フィリピンと異り、いまだ山地林まで伐採が進んでいる所が少ないためもあり、ハイリード集材はまれである。また、道路が少ないため、船積みまでの間に筏輸送の工程が入るケースが多い。これら地域では、フィリピンと比較して、Commercialな木が少ないため、択伐後の森林の疎開は少ないが、良質なフタバガキ科森林の再生は必ずしも期待し難く、また、伐採跡地への焼畑による火入れは森林消失の原因となっており、伐出事業と森林施業のあり方は、フィリピン同様に問題点である。なお、インドネシアの機械化伐出は、近年に開始されたことから、とくに機械の保守管理分野の熟練技能者が少なく、外国人技能者に依存することが多い。このことは、プリブミ政策（インドネシア人化）上の問題点となっている。

一方、ジャワの、とくにチーク林の伐出技術は、上記の機械化伐出方式と異り、人力・畜力を主体とする方式である。手鋸伐倒・造材、畜力集材（牛による曳き）、トラック運材が通常行われている。これは当然、労働生産性が低い、人口密度の高いジャワにおいては、社会的にもコスト的にも定着した技術体系ではある。

これら2つの形態のほか、インドネシアの各地で、ローカルな小規模の伐出作業として、「クダクダ」と称される人力伐出が行われている。とくに、カリマンタン、スマトラ等の平地、湿地等では、小規模なコンセッション・エリアで従前から行われていた。

マレーシアは、半島マレーシア（西マレーシア）とサバ・サラワク（東マレーシア）とでは、森林資源の賦存状況が異なるので、伐出技術および伐出体系も異なる。事業的には、東マレーシアが主体となるが、この地区も近年の伐採の急速な拡大によって平地林から今後は山地林のォレストへの伐出が移行する段階にある。したがって、従来の、森林条件の似た上述のカリ伐出が移行する段階にある。したがって、従来の、森林条件の似た上述のカリマンタン型の伐出体系から、傾斜地における伐出体系の開発が必要となろう。

森林の条件によって伐出技術の態様も区々であるが、大規模な伐出事業は平地天然林を対象に行われており、トラクター集材を主体にした近代的機械化伐出作業が採られている。この地区は、島しょ地形あるいは長大河川が少ないなどの条件から、運材は林道開設によるトラック・トレーラー輸送によっており、筏による長距離輸送は行われていない。

なお、山地林、人工林を対象にしたローカルな伐出事業においては、トラクター集材のほか、畜力集材（牛による地曳き）も一部では行われる（フィジー等）。

ビルマおよびタイにおいては、従前からのチーク材生産が伐出の主体であり、手鋸、手斧による伐倒・造材および象、牛による集材からなる伝統的伐出技術がある。しかし、これらの国においても、チーク林（平地、緩斜地に多い）以外の熱帯降雨林あるいはマツ林（山地天然林が主体）の伐出が始められ、あるいは予定されている。このためには、従前からの人力、畜力伐出と併行してチェーンソー、トラクタ等の機械による集材が導入されており、また、将来の山地林伐出技術のために集材機集材とくにスカイライン方式の導入を目的として、ビルマでは前述のような技術協力プロジェクトが開始されたのである。

さらに、中南米諸国の伐出体系は、各地の地形、森林内容、事業規模によって、畜力集材、トラクター集材、集材機集材が分かれている。この地域の平地・天然林（アマゾン河、パラナ河流域等）では、数少ない貴重材等がローカルな伐出事業で生産されている。この場合は畜力・水運等の非機械化伐出であるが、一般材の大規模伐出事業の場合はトラクター集材による機械化伐出も行われている。一方、中南米の山岳林（アンデス山地等）では集材機集材が採用されている。また、マツ、ユーカリ等の人工林の主伐・間伐のための技術体系の開発が課題となっている。

最後に、アフリカ地区は、リベリアからザイルに至る西アフリカ沿岸諸国の熱帯降雨林地帯とケニア、タンザニア、マラウイ、マダガスカル等の東アフリカのやや乾燥した熱帯林地帯とでは、森林条件が異り、伐出の態様も異っている。すなわち、前者には、東南アジア島しょ部の熱帯降雨林に匹敵する森林資源があり、欧州への熱帯材の供給地として、大型機械

による伐出体系が導入されている。一方後者は、一部の低地・沿岸地区には熱帯降雨林があるが、大半の高地は、半乾燥熱帯林、草原および人工林となっている。したがって、伐出体系も前者の西アフリカのような大型機械伐出でなく、集材機集材体系も導入されている。

以上が総括的にみた途上国の伐出技術の概要であるが、とくに我が国に關係の深いフィリピンとインドネシアにおける伐出技術に関する研究動向を以下に述べて、この分野の問題の所在を知ることとしたい。

まず、フィリピン林業試験場（FORI）における伐出技術關係の研究プロジェクトのプロポーザル（1979年）は次のとおりである。

- Research on the determination of the most appropriate timber harvesting technology for dipterocarp forest. (Augustin A. Pinol)
(フタバガキ科森林に最も適した収穫技術の決定に関する研究。)
- Research on harvesting technology for the Philippin pine forest. (Emillano B. Ramoran)
(フィリピンのマツ林に対する収穫技術の研究。)
- Research on the harvesting techniques for mangrove forest. (Virgilio C. dela Cruz)
(マングローブ林に対する収穫技術の研究。)
- Research on the harvesting of rattan. (V. C. dela Cruz)
(藤の収穫に関する研究。)
- Research on the development of harvesing technology for forest plantation.
(Fermin C, Torres)
(人工林の収穫技術の開発に関する研究。)
- Ergonomics in logging operation. (Manolito D. Sy)
(伐出作業における労働代謝。)

また、同試験場の1976年の研究報告のうち伐出技術分野のものとして、次のものがある。

- Prediction function for the estimate of clear-cut areas in selectively logged-over dipterocarp forest. (D.C. Cacanindin et al.)
(択伐跡フタバガキ科森林における伐開面積推定のための説明函数について。)

さらに、フィリピン大学林学科の伐出分野の研究においては、1996年に次のものが報告されている。

- A simulation model of multi - source, single - sink timber harvesting operation.
(M. L. Bonita)
(多採面、一貯木場方式の伐出事業におけるシミュレーションモデル。)

これらの研究テーマからも解るように、フィリピンの伐出技術の大きな課題は、伐出事業と森林施業、とくにフタバガキ科森林の伐採跡地の更新、保続問題である。このことは、かつての豊富なフタバガキ科の森林資源が枯渇しつつある同国にとって重要な問題である。また、今後フタバガキ科天然林から人工林その他新たな伐出対象地への移行、および択伐作業

表 3 - 3 インドネシア林産試験場による伐出関係研究テーマ一覧
(1 9 7 2 ~ 1 9 7 7)

- ① Road construction and timber transportation at PT, BFI in East Kalimantan. 1974, Report No. 32.
- ② Teak wood transportation by rail road in Java. 1974, Report No. 36.
- ③ A manual on logs rafting. 1976, Special Publication No. 34.
- ④ Determination of truck road classes for timber extraction at logging enterprises in Java. 1977, Report No. 95.
- ⑤ A guide for inspection of building, transport equipment, workshop and saw mill. 1977, Report No. 40.
- ⑥ Felling tree with hand saw and axe: A manual. 1972, Special Publication No. 7.
- ⑦ The effect of road profile on wood hauling cost by truck in Cepu forest district. 1977, Report No. 89.
- ⑧ Capacity and cost of wood transportation in the Maluku province. 1976, Report No. 59.
- ⑨ Minimum criteria of rivers for rafting. 1977, Report No. 92.
- ⑩ Road construction and log transportation in Riau. 1974, Report No. 30.
- ⑪ Preliminary survey on the method of forest products transportation in South & East Kalimantan. 1973, Report No. 5.
- ⑫ Selection of bow-saw for teak fuel-wood cutting. 1973, Report No. 14.
- ⑬ Relationship between handsaw wearing-out and cross section of teak wood. 1974, Report No. 4.
(チーク材切断面と手鋸磨耗との関係)
- ⑭ Maintenance of chain-saw: a manual. 1972, Special Publication No. 10.
- ⑮ Maintenance of handsaw: a manual. 1972, Special Publication No. 8.
- ⑯ A guide on using unimog tractor for hauling logs. 1973, Special Publication N. 13.
- ⑰ How to use chainsaw in felling trees. 1972, Special Publication No. 9.
- ⑱ Productivity and cost mechanical equipment for harvesting of meranti species in Sumatra. 1974, Report No. 15.
- ⑲ Working days of mechanical logging equipment in Indonesia. 1976, Report No. 63.

- ⑩ Productivity and cost of mechanical equipment at some logging companies in Maluku. 1977, Report No. 97.
- ⑪ Cost of Isuzu truck & trailer TD50 for log transportation. 1973, Report No. 26.
- ⑫ Land clearing in forest exploitation using Komatsu bulldozer type D80A. 1973, Report No. 27.
- ⑬ Forest road construction in Kalimantan. 1975, Report No. 48.
- ⑭ Some factors affecting hauling production of Isuzu truck trailer type TD50. 1976, Research Note No. 11.
- ⑮ Road construction at some logging companies in Sumatera. 1976, Report No. 61.
- ⑯ Road construction at some logging companies in Sulawesi. 1977, Report No. 78.
- ⑰ A cost analysis on logging operation in East Kalimantan. 1973, Report No. 22.
- ⑱ A cost system of teak forest logging in Java. 1974, Report No. 34.
- ⑲ Activities and position in logging operation. 1974, Report No. 45.
- ⑳ An analysis of manpower in logging operations in the Maluku province. 1975, Report No. 55.
- ㉑ A cost analysis on logging enterprises in the Maluku province. 1974, Report No. 46.
- ㉒ An analysis of manpower in logging operations in the Riau province. 1976, Report No. 68.
- ㉓ A production cost analysis of logging enterprises in Riau. 1976, Report No. 69.

から皆伐、サルベージ・ロッキング、間伐等への移行がみられることから、従来の大型機械から中小型機械による伐出体系の開発が必要と考えられる。

次にインドネシア林産試験場（Forest Products Research Institute, Lembaga Penelitian Hasil Hutan）の1972～1977年における伐出関係の研究報告のテーマを表3-3に記載する。

この表の研究テーマをみると、林道および運材関係のものが $\frac{1}{3}$ 近くを占め最も多い。このことは、インドネシアの伐出対象地における道路密度の低さを物語るもので、伐輸送のテーマの多いこととともにインドネシアの伐出事業では運材問題のウエイトが大きいことが解る。また、伐出作業のコスト分析が盛んに行われていることは、この10数年間に急激に企業の伐出事業が興ったことに起因していると考えられる。一方、手工具による伐出などの非機械化作業の研究テーマも、ジャワのチーク、マツ等の人工林の伐出技術においては、依然として重要な研究テーマであることが解る。なお、この表では、伐出技術と森林施業（更新・保続）との関係のテーマが無い。これは、更新分野の研究は、林産試験場ではなく、林業試験場（Forest Research Institute）で行われているからでもあるが、林業試験場でも、フタバガキ科森林における伐出技術と関連した森林施業の研究は、これからという状況である。現在、国際協力事業団の無償援助および専門家派遣を行っているカリマンタンのムラワルマン大学林学科への協力においては、熱帯降雨林の取扱いが研究される予定であるので、上記のような伐出技術との関連も採上げられることが希ましい。

3-3 先進諸国の伐出技術の現状

伐出作業の機械化の発展段階は、一般に労賃と生産性との関係で決まってくる。すなわち経済変動によって労賃が次第に上昇すると、それまで使われていた集材方式、例えば農用トラクターが使われていたとすれば次第に生産コストがかかるので、それに替る新機種を開発し労賃の上昇を相殺するだけの生産性を確保する必要が生ずる。このようにしてより生産性の高い新機種が開発され機械化のレベルが高まってゆく。いわゆる林業先進国と言われる国々の機械化はこのような過程を経て現在の機械化レベルに到達しているのである。しかし、発展途上国であるフィリピン、インドネシアはいかなる状況にあるのか。この点に関する認識は当該国の集材技術の将来について考える場合に欠くことができない。そこで本章においては林業先進国と見なされている国々の集材作業機械化の現状を述べ、フィリピン、インドネシアにおける伐出技術につき若干のコメントを述べる（4-3）。

ここで取上げる先進諸国とはカナダ、合衆国、スウェーデン、ノルウェー、フィンランド、オーストリア及び西ドイツである。

表3-4にはここでとり上げる国々の国土面積(A)、森林面積(B)及び森林面積比率(B/A)を示す。

① 北米地方

カナダ及び合衆国は機械化の発展段階が類似しているので、ここでは北米地方として一括してとり上げる。

表3-4を見てわかるように、カナダ及び合衆国は他の国々に比較してきわだって森林面積が広大である。森林面積が広大で、しかも有用樹種の蓄積量が多いということは伐出作業の機械化にとって極めて有利な条件である。カナダ及び合衆国ではこのような自然条件のもとで、社会経済レベルの高さに支えられて必然的に高度な機械化がすすめられることになる。カナダ、合衆国の機械化は類似点が多いので、ここではカナダを中心に述べることにする。

表3-4 国土面積と森林面積

	アメリカ	カナダ	スウェーデン	ノルウェー	フィンランド	オーストリア	ドイツ連邦	日本
A 国土面積(百万ha)	936	997	45	32	34	8	25	37
B 森林面積(百万ha)	292	443	23	8	18	3	7	24
B/A×100(%)	31.2	44.4	51.1	25.0	52.9	37.5	28.0	64.9

(林業統計要覧1977)

カナダの国土面積は997百万ha(日本の27倍)、森林面積は443百万ha(日本の18倍)で国土面積の44%になる。国土面積の広さに対し全人口2,200万人(日本の $\frac{1}{5}$)であるから、人口密度は極めて少ない。人口の絶対的不足は労働力の不足となり、生活水準の高いことは高賃金を招来する。これらの自然的、社会的、経済的背景がカナダの伐出機械を他の国のそれにくらべて著しく大きなものとし、生産性の高いものとしている。

蓄積は190億 m^3 (ただシユーコンとノースウェストテリトリーを除いた商用材のみ)という茫大な数字になるが、その中の約40%はB.C.州British Columbiaに存在する。

カナダと合衆国の森林の状況あるいは地形条件などは比較的類似しているので、使用される伐出機械及び伐出方式も似ているが、伐出機械の技術革新に対する取組みはカナダの方が合衆国にくらべて、より積極的であったのは労働力の絶対的不足という因子があったためであろう。

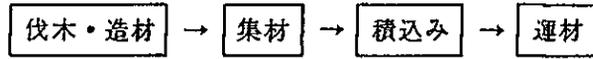
カナダ、合衆国における伐出機械では大形の多工程処理機械が際立った存在であるが、太平洋沿岸地方は地形が急峻であり、ハイリード式を中心としたcable loggingが主流である。これは太平洋沿岸地方がダグラスファ(Douglas fir)・レッドシーダ(Red cedar)・ヘムロック(Hemlock)等の大径材を産出する地方であり、しかも地形も急でスキッドの使用が困難なので、半地引形態のハイリード式が中心となる。

いま一般にカナダ及び合衆国において見られる伐出方式を大別すれば次の如くである。

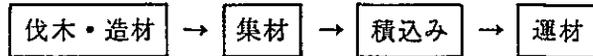
1) ウィンチ装備トラックによる簡易集材方式



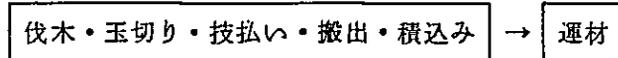
2) 架線集材方式



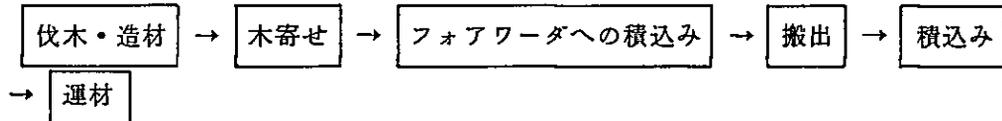
3) スキッド等による地引集材方式



4) 多工程処理機械による方式



5) フォアワーダによる方式



以上の5方式はパルプ材等の短材伐出方式であるが、ハイリード式等を主とした架線集材方式及びスキッド等による地引集材方式では全幹集材方式をとる場合が多い。

前述の5方式のうち1, 2, 3の方式は従来方式であり、4, 5の方式は1960年後半から次第に本格的に使用されるようになった機械化方式である。

カナダの Silversides は、「1964年はカナダにおける伐出機械の技術革新への発展の年であった」と述べているが、¹⁾この時からカナダにおいて完全ワンマンオペレーションによる多工程処理機械が登場した。林産工業が大きなウエイトをもっているカナダにおいては、このことは必然的な帰結でもあった。

カナダの工業生産力は豊富な鉱産物をはじめ農産物および林産物は国内消費を上まわり海外へ輸出されるが、木材・パルプ・新聞用紙の輸出額は世界第1位である。

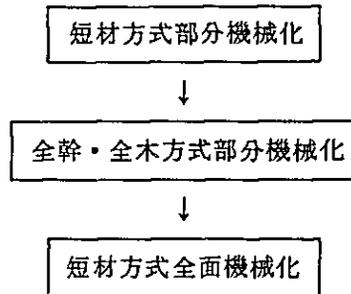
用材生産量は134百万 m^3 (1974年)で日本のその3倍に達するが、労働人口の極めて少ないカナダでこれだけの用材を生産するためには、1人1日当りの伐出作業の生産性を飛躍的にたかめる必要があった。そのような背景の中で、1台の機械で、しかも1人のオペレーターで伐木から造材、搬出まで行うことのできる多工程処理機械が登場する。このような機械は大形となり、しかも高価なものとなるが、生産性の飛躍的な増大がこのような大形機械の導入を経済的に可能とする。

カナダにおいては1951年から1960年までの賃金上昇は1951年を100として1960年には158.0に達したが、一方機械類の価格の上昇は同年次で142.1となっており、賃金の上昇率は機械価格の上昇率を上まわっていた。

それでは、多工程処理機械を中心とした全面機械化によって生産性はどれだけの違いを見せるのであろうか。

表3-5はSilversides(1964年)によって示された、部分的機械化と全面的機械化の生産性を比較したものである。¹⁾

これによると、全面機械化によって最も生産性が高まるのは短材方式であり、パルプ用材を中心とした短材方式の生産性が著しくたかめられることがわかる。したがってカナダにおける機械化は、



の道を歩んできたということができよう。合衆国における伐出作業機械化の歩みもほぼ同

表3-5 機械化による生産性の違い

伐出方式	短材方式		主幹方式		全木方式	
	部分生産性	全面生産性	部分	全面	部分	全面
生 人 力	1.85	0.35	1.36	0.44	0.69	0.38
産 機 械 化	0.08	0.19	0.19	0.30	0.25	0.25
性 計	1.93	0.54	1.55	0.74	0.34	0.63

様である。

以上述べたように、多工程処理機械による生産性の向上は極めて顕著であるが、200馬力以上のディーゼルエンジンをもつ大形機械が活用される東部カナダの地形は、傾斜0~10%が約40%、10~25%が約30%、25~45%が15%で、大半が緩地形である点を考慮に入れる必要がある。

大形のハーベスタの場合、最も条件の良い傾斜は0~10%で11~20%の傾斜は作業にあまり差支へはないが、生産性は80~94%と低下し、傾斜が21%以上となると生産性は79%以下に低下する。²⁾

ところで、このような目ざましい技術革新が展開される一方、太平洋沿岸地方B.C.州のように東部にくらべ著しく地形が急で、かつ大径木の多い地方では、トラクター系機械の使用が著しく制限され、架線による集材方式が圧倒的に多くなる。

カナダ及び合衆国では架線による集材方式をハイリード式とスカイライン式に大別することが多いが、集材される材が極めて大径材であるため、人工支柱を用いたハイリード式が一般に広く用いられる。

スカイライン式として用いられる方式は、ノースベント式、スラックライン式及びランニングスカイライン式で、索張り方式の種類は限られている。

ノースベント式は日本のフォーリングブロック式に類似しているが、ランニングスカイライン式は日本の帯広式とやや異なる。

距離が長く、多支間となる場合には単胴集材機を用いた重力式あるいは無線操縦による多支間架線方式が用いられることがあるが、この場合の主索の径は20 mmから50 mm程度の太いワイヤーロープが用いられる。

次に架線集材作業の工期がどの程度であるかを、ハイリード式の場合について述べよう³⁾。一般にハイリード式の工期は、土場の状況、ホールバックラインの垂れさがり具合および集材距離によって異なるが、土場の状況が普通で、索の垂下状態が良く、集材距離200 m（大体この程度が限度である）の場合、工期は1日8時間当たり（6人）165 m³、あるいは28 m³/人日である。この場合の蓄積は用材材積が840 m³/ha、平均丸太材積が1.98 m³である。

次に伐出コスト（試算値）について示す。ここで伐出コストとは、林道と土場開設費、伐木造材費、集材費、積込費および運材費を含めたものであるが、1 m³当たり\$10.66となっているから当時の換算レートで\$1を仮に260円とすれば、約2,770円/m³となる。この中で集材費の占める割合は31%で最も大である。

伐出生産費の中には\$20万もする機械の償却費も含まれており、労賃は1日当たり\$59（チャーカマン）～\$81（荷掛手）である。

なおこの報告ではハイリード式よりランニングスカイライン、特に移動クレーンを使ったランニングスカイライン式の方が伐出コストが安いと述べている。

カナダ及び合衆国においては、この他にヘリコプターあるいはバルーンによる集運材作業が実行されているが、カナダ及び合衆国といえどもヘリコプターおよびバルーン集材は経済性の点で制約があり、その使用も限られている。

ヘリコプター集材は生産性がたかく、Sikorsky S-64 Skycraneは楽に35～40 ct/hr（102～116 m³/hr）の工期をあげる。バルーン集材では29～44 m³/hrである。このようにヘリコプターの集運材作業の生産性はたかいが、投下資本と作業コストがたかいためにその使用が限られている²⁾。

バルーン集材は約\$60万の投資が必要で、ハイリード式あるいはスラックライン式の2～3倍になる。

ヘリコプターの場合の資本コストは吊上げ荷重によって変り \$ 60 万 ~ \$ 300 万である。ヘリコプター集材の 1 時間当り平均コストは、年間作業時間を 1800 hr として 208 \$/hr (荷重 5,000 lbs) ~ 1,200 \$/hr (18,200 lbs) であった。

このコストは年間 1,800 hr 作業するとしているが、実際にはこの 50 ~ 70 % しか作業ができないからさらに高いものとなる。

架線集材の生産性を論ずる時は、索張力と索速度が重要な変数となるが、ヘリコプター運材の場合は正味の吊上げ能力とヘリコプターの飛行速度が鍵である。

ヘリコプターの吊上げ能力は機種により巾があり 1,000 lbs ~ 20,000 lbs (0.5 t ~ 9 t) である。

カナダ B.C. 州あるいは合衆国北西部森林の大径木は 8,000 lbs ~ 20,000 lbs の吊上げ能力のヘリコプターを必要とし、合衆国中部山岳林あるいは東部及び南東部では 3,000 lbs ~ 5,000 lbs の吊上げ能力をもつヘリコプターが必要である。

ヘリコプターの価格と作業コストは吊上げ能力の増大に比例するヘリコプターのサイズの増大にともない大きくなるが、吊上げ能力 1 lbs 当りの価格あるいは、作業コストとヘリコプターのサイズとはかならずしも比例しない。したがって単位吊上げ能力当りの価格あるいは作業コストの最少のものを選ぶというのは間違いで、作業の条件によって選択すべきであると述べられている。

バルーン集材、ヘリコプター運材ともに天候に左右される。ヘリコプターは 9 ~ 11 m/sec の風速で作業が困難になるし、バルーンはこの風速で作業を中止しなければならない。

バルーン集材及びヘリコプター運材はカナダ及び合衆国においても未だ経済ベースにのらず、作業にも種々の困難をともなうが、aerial system は到達困難な広大な森林地域における開発手段として捨てがたいものをもっている。

先に紹介した Sauder と Nagy³⁾ の研究はスキツダ及びフォアワダの使用できぬ急斜地における集材方式 5 方式を対象としてコストの比較を行っている。ここでとり上げている方式は次の通りである。

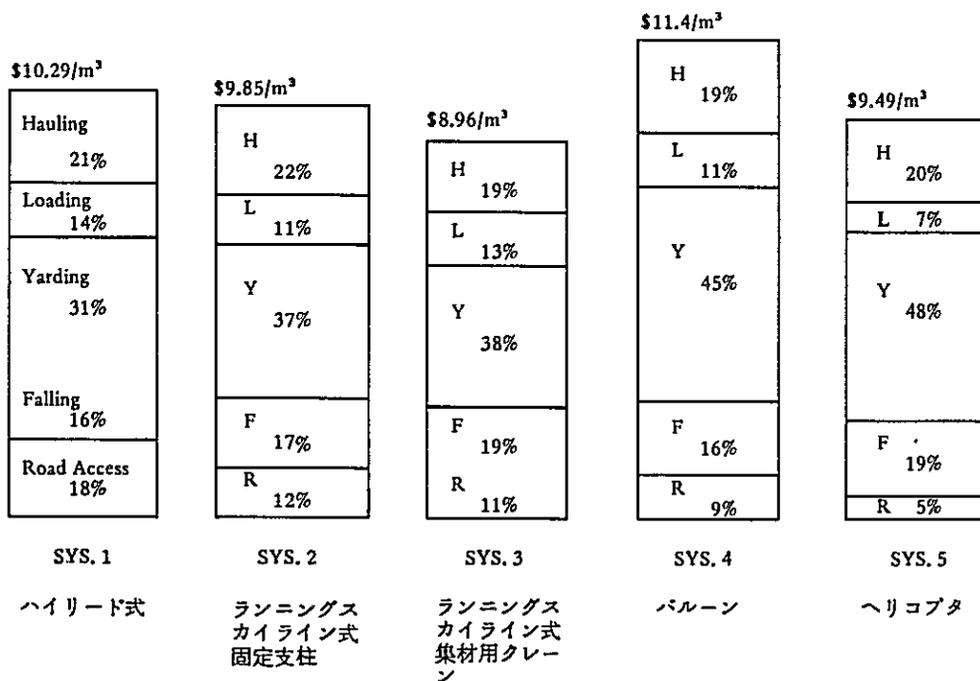
- 1) ハイリード式
- 2) 固定支柱をもつランニングスカイライン式
- 3) 集材用クレーンをもつランニングスカイライン式
- 4) バルーン集材
- 5) ヘリコプター運材

以上 5 つのシステムの単位材積当りの生産コストは図 3-3 のようになる。図 3-3 によれば、集材コストについて言えばハイリード式が最も安い、全体の生産コストでは sys.4 のバルーン以外はどのシステムもバルーン集材よりも安い。そして路網が整備され

た場合にはハイリード式は必ずしも有利とならず、むしろ架線集材方式、ここではYarding crane によるランニングスカイライン方式が有利であると述べている。対象林分の蓄積は $870 \text{ m}^3/\text{ha}$ である。

図 3-3 集運材方式別生産コスト比較

(面積は600エーカーに統一)



② スカンジナビア地方

北米のカナダと合衆国の伐出方式は国土面積の広大性、大径木の存在という自然条件と高い工業技術水準のもとにおける生活水準の高度化という社会経済条件を背景として、かなりレベルの高い機械化をすすめているが、スウェーデン⁴⁾、ノルウェー⁵⁾及びフィンランド⁶⁾のスカンジナビア諸国は多少ニュアンスの異なった、しかもそれぞれが特色をもった機械化をすすめている。これらの北欧三国のうちで比較的カナダに類似した多目的伐出機械を使用しているのはスウェーデンである。

スウェーデンの国土面積は日本よりいくらか多いが、森林面積の比率では51%で逆に少ない。森林面積比率が比較的少ないのは、高緯度であるために森林の生育に適さない地域が多いことと、湖沼が多いためであるが、この点はノルウェー、フィンランドについても同様に言えることである。

スウェーデンは便宜的に北部、中部及び南部の三地方に分けられている。生産的森林面

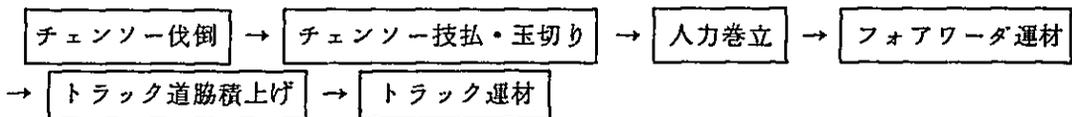
積では北部地方が最も大でスウェーデン全体の57%を占めて、蓄積も48%を占めているが、ha当り蓄積は逆に南部地方が118m³で最も多い。年間の全成長量は80百万m³程度で、北部地方31百万m³、中部地方24百万m³、南部地方25百万m³と大体平均化されているが、ha当りの年間平均成長量は南部地方56m³で最も大きく、中部地方4.5m³、北部地方2.4m³となっている。

したがって、伐出生産の中心は主として中部及び南部地方にあると言える。年間成長量80百万m³に対し伐採量は65百万m³(1960年代後期)であるが、その中の約32%は間伐材である。これだけの比率の間伐材が生産されるということは、間伐材の加工利用体制ならびに伐出システムができあがっていることを示している。森林の令級配置も41~80年が32%で最も高く、0~40年が25%で森林の構造も満足すべき状況にあると言える。

搬出方法は図3-4に示すようにフォアワードによる方式が70%近くを占めている。

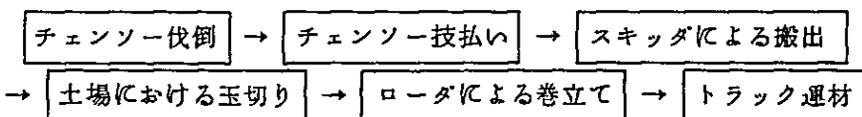
搬出方式は短材方式と全幹材方式に大別され、フォアワードは専ら短材搬出用として使用され、スウェーデンにおける伐出方式の特色の一つはフォアワードの使用にあると言えるよう。

従って短材方式の伐出システムは一般に次のようになる。



作業道間隔は10~30mで、フォアワードの平均集材距離は約500m、工期は約60m³/日である。

全幹集材方式はスキッドが主体となって次のような伐出方式が広く用いられている。



スキッドの平均集材距離は約400mで、工期は約50m³/日である。

スウェーデンでは1955年から1969年にかけて急激に伐出作業の所要労働量が減少しているが、その状況は図3-5のとおりである⁷⁾

スウェーデンの総人口は800万人であるから、労働人口が極めて少ないために、林業にかぎらず、産業全般において労働生産性をたかめる必要があるが、その点はノルウェー、フィンランドあるいはカナダと類似の社会的背景をもっている。

この所要労働量の急激な減少は、伐出工程全般にわたる機械化によるものであるが、その他、技術者の訓練と選抜、年間を通しての作業計画の立案などの、より能率的作業方法

の改善あるいは間伐のみの伐出作業を少なくして、作業現場を集中的にまとめるなど、実際面における作業方法の改善により達成されたものである。

スウェーデンでは、前述のような2通りの一般的な機械化伐出方式の他に、さらに生産性向上をはかるために新機種の開発に力を入れている。当初は特に造材工程の機械化に力点がおかれ、スズシステムとして知られる定置式技払い・玉切り機械 limber-bucker やログマ Logma として知られる技払機械 limber が開発されている。また伐木搬出のための機械としてフェラスキダの開発がすすめられ実用化されているが、これらの状況はカナダにおける状況に類似している。これらの伐出機械は50～150馬力のエンジンを装備し、年間稼働時間1500～2000時間で、8,000～11,000 m^3 の生産をあげている。しかし伐出機械の大きさから言えば、胸高直径20～30 cm 程度の立木を対象とする場合が多いから、カナダや合衆国の機械にくらべると小形である。

スウェーデンの森林所有区分は全体の約50%は所有規模100 ha以下の農家が所有しており、次に会社有林(85%は10万 ha以上所有)で約25%を所有し、次が王室有林

図3-4 スウェーデンにおける集材方式

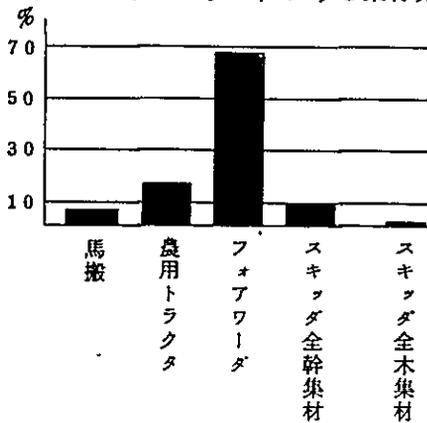
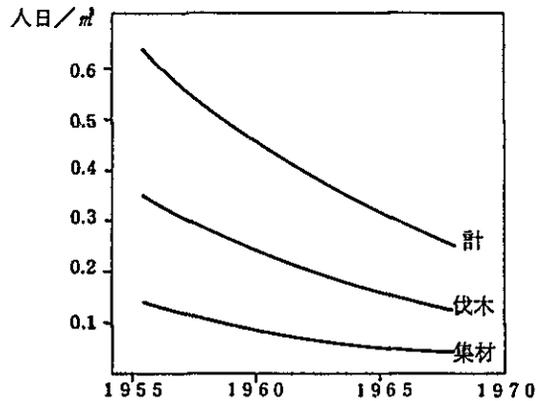


図3-5 伐出作業における所要労働量の推移



約20%, 残り5%が教会その他となっている。伐出機械の所有状況は、例えばフォアワ-ダ4,000台(1970年)の中、45%は作業員の個人所有であり、次は農家または会社等の35%, 残り20%が伐出請負業者所有となっている。

スウェーデンにおいてスキッドあるいはフォアワ-ダが盛んに使われる理由の一つは、地形条件の良いところで伐出作業が行われているという点にあるが、さらに路網が発達していることと作業システムの単純化があげられる。

路網密度は森林面積に対する全国平均でha当り7mであるが、北部と南部でかなり差があり、北部で3~5mであるのに対し、南部では12~16mと発達している。この路網密度は公道と林道をあわせたものであるが作業道は含まれていない。北部と南部の路網密度の違いは森林の成熟度の違いであり、伐出生産の中心が地形条件が良く成長の良い南部にあることを示している。

スウェーデンと背中あわせのノルウェーは国土面積32万haで、森林面積800万haであるが、そのうち、生産的森林面積は600万haであるから、生産的森林面積の国土面積に対する比率は19%という低さである。また年間成長量も135百万 m^3 であるからスウェーデンにくらべてかなり少ない。全般的に山岳地形で、国土面積の52%は森林限界を越えており、スウェーデンにくらべて自然条件は悪いと言える。そのような自然環境条件のゆえに、ノルウェーでは1954年から地形分類調査が行われ、地形に適応した伐出方式について検討が重ねられてきた。その結果森林の50%はホイールトラクターの作業が可能であり、25%は地形が急峻でウィンチかケーブルしか使えぬ地域で、残りの25%はどのような機械でも使える平坦地と区分された。

地形が比較的急峻な地域があることと、間伐材搬出の必要性から路網密度を高めることに意を用いており、最も急峻な地形でも道路間隔は700~1,000mを越えぬようにし、トラクター作業道の間隔は200mを越えぬようにしている。フ-ダルHurdalにある林業試験場の実験林の路網密度は40m/haである。この場合平均集材距離は81m、作業道は25m間隔でトラクター道に直角に作設される。

ノルウェーでは1954年から農用トラクターによる、いわゆる機械化集材が行われたが、1960年から62年にかけて導入された関節式トラクターによる全幹集材は生産性を飛躍的に向上させた。即ち1946年から54年までの人力・畜力集材では生産性が2.3 m^3 /人日であったのが、農用トラクター使用で5 m^3 となり、関節式トラクターで全幹集材を行うことにより10 m^3 となった。そして、さらに1967年にはグラップルスキッドとの組合せで、延伸式デリンバーが導入されて1人1日当りの生産性は25 m^3 となり、1946年頃の人力を中心とした工期の10倍の生産性を得るに至った。

架線による集材作業も盛んで、1870年からの使用で歴史も古い。特に1950年から60

年にかけて開発された簡易索張りによる架線集材方式は、急斜地における生産性向上に役立つが、無線操縦による方式はさらに生産性の向上に役立つこととなる。この方式の最大スパンは1,000 mであるが500~700 mを最適としている。3人1組(2人が伐倒現場で1人が荷おろし場)で伐倒から巻立てまでの平均功程は6~11 m³/人日となっている。

ノルウェーではその他ヘリコプターによる運材について、1962年以来試験を重ねているが、現在のところ架線集材にくらべ集材コストが約2倍かかり実用化に至っていない。

I. Samset 教授は最近の林業機械の大形化に対して批判的であるが、特に多目的ハーベスタなどは次の理由で必ずしもよい結果をもたらさないと述べている。

- a) 重量機械は様々な森林や地形条件に対して必ずしも適応性がたかいたとは言えず、作業が困難である。
- b) 4つの作業を同時に行うように設計された多目的機械の場合、それぞれの機械の効率が90%あるとしても、最終的には $0.9^4 = 0.66$ 、つまり66%になり機械効率が低くなる。

同教授のこの見解はスウェーデンではなく、ノルウェーの森林および経済的背景に立つて述べられたものであるが傾聴すべきものを含んでいる。

スウェーデン、ノルウェーにくらべると、フィンランドは湖沼が多く、山岳地が少なく地形条件がかなり異なる。

フィンランドの国土面積は33.7百万haであるが、地図を一見してもわかるように国土面積の9.5%、3.2百万haの湖沼がある。したがって陸地部は30.5百万haである。森林面積はその中の60%にあたる18百万haである。

フィンランドは高緯度であるため、不毛の地が多く、国土の23%に達している。したがってフィンランドの国家的課題の一つとしてこの不毛の地を生産的な土地とすることがある。フィンランドのビート地帯は9.7百万haであるが、この中には3.9百万haの森林がある。このビート地帯に灌漑工を行い、施肥をすることによって最終的には7百万haのビートランドを森林にする計画である。それらを含めて今世紀末には22.5百万haの森林を造成すると言うことであるが、この面積は国土の74%にあたる。これは文化的遺産ともなる大事業である。

さてフィンランドの森林蓄積は1,448百万m³で、年間成長量(皮内)47.6百万m³はスウェーデンのその約50%であるが、ノルウェーにくらべると大きい。年伐量は大概50百万m³前後であるが、伐採量の80%は私有林から生産され、私有林の平均所有規模は34haと大きい。伐採材積の半分は間伐によるものと言うことであるから、ここでも間伐材の集材方法あるいは加工利用技術面の研究が進んでいることがうかがえる。それにもかかわらず伐出技術上解決すべき問題として、小規模林業と間伐林で適用できる機械化方

式の開発があげられている。

さてフィンランドには山岳地が少ないかわりに水系が多いこととビートランドがあることは既に述べた通りであるが、伐出作業はその不利な自然条件を逆に利用して冬季に行われることが多い。しかしその場合、多雪により作業が困難となることや、エンジンの始動や油圧機器の機能が低下するなどの問題がある。

造材工程の機械化についてはヨーロッパでは早くから問題となっていたが、丸太選別システムの開発についてはフィンランドは他国にさきがけて研究がすすめられてきた。

フィンランドの伐出作業は、賃金の上昇が著しいために人力中心から機械力中心に移行しつつあるが、伐出の技術は多種多様である。

伐倒と玉切りはチェーンソーによるのが普通であるが、稀にハーベスタ、プロセッサなどの多工程処理機械が使われる。しかし技払いの70%はチェーンソーを使用している。

集運材作業はフォアワータとスキッダが中心になる。現在搬出材の約20%は馬檻が使われているが、この工程も次第に農用トラクターから林業トラクターへと移行しつつある。

スキッダよりフォアワータがよく使われるのは北欧全般の傾向であるが、それはスキッダは皆伐作業とか大径の間伐材搬出には適すが小径木の搬出には適さないことがその理由である。フォアワータは小径木集材でも普通材集材と同程度の功程をあげるのでパルプ材搬出に適している。

以上のような状況の中で、フィンランドにおいて現在使われている典型的な伐出方式をあげると次の通りである。

- 1) チェーンソーによる伐倒 → スキッダによる木寄集材
→ プロセッサによる技払い・玉切り・選別 → フォアワータによる運材
- 2) ハーベスタによる伐倒と積み上げ → プロセッサによる技払い・玉切り・積み上げ
→ フォアワータによる運材
- 3) ハーベスタによる伐倒・技払い・玉切り・積み上げ → フォアワータによる運材
- 4) ハーベスタによる伐倒と積み上げ → スキッダにより土場まで運材
→ プロセッサによる技払い・玉切り・選別

③ 中部ヨーロッパ地方

この地方の林業はオーストリアと西ドイツによって代表される。これらの国は一般に山岳林が多い。オーストリア・西ドイツでは路網密度を高くして機械集約的林業経営を行っている。地形が急な山岳林であっても、降水量が少ないので林道あるいは作業道の維持管理に好都合であり、その点で路網を中心とした伐出作業形態がとり易くなる。

伐出作業は密度の高い路網によって堅実な方法ですすめられており、架線による集材も盛んである。以下オーストリアを中心に伐出方法の概要を述べる⁸⁾

集材方式を下げ木集材と上げ木集材にわけると、山腹傾斜によって次のように分けられる。

下げ木集材の場合

- 畜力・・・・・・・・傾斜 35%まで
- 農用トラクター・・ 30~40%まで
- 関節式スキッド・・ 50~60%まで
- 人力木寄・・・・・・・・ 60~80%以上必要
- 架線・・・・・・・・スパン 400 mが普通

上げ木集材の場合

- 畜力・・・・・・・・ 10%まで
- 農用トラクター・・ 20~30%まで
- 関節式スキッド・・ 25~50%まで
- ウィンチ・・・・・・・・ 障害なければ傾斜無関係
- 架線・・・・・・・・ 22%以上

以上のように傾斜による使いわけがなされているが、これをまとめるとトラクターは下げ木集材に適し、架線は上げ木・下げ木集材ともに適していると言える。なおスキッドは作業道による集材に適しており、経済的集材距離は 500~800 mとされている。

人力と畜力をのぞけば伐出方式は作業規模に応じて次のように順次作業能力の高い機械が使われる。

ウィンチによる地引き→ケーブルウィンチなしの農用トラクター→ケーブルウィンチ塔載農用トラクター→グラップルをもつ農用トラクター→アーティキュレイテッド4輪駆動スキッドとなる。

アーティキュレイテッド articulated 4輪駆動スキッドは、いわゆる林業トラクターで、主として下げ木集材に使用される。馬力は 80~150 P S で1日の功程は 50~90 m²であるが、年間 10,000 m²の集材が標準ということであるから作業規模もかなり大きい。

集材機を使った架線集材はハイリード式、スラックライン式が多く、700 m以下の短距離集材に対しても強力なケーブルクレーンを使い傾向がある。

集材機は山の上におく上げ木集材が普通であり、搬器は自動係留式のものが使われ、100 m程度のホイストラインが巻き込まれる小形ドラムを内蔵する。

林道間隔が 300~500 m の場合はウニモク (Urus-UNIMOG) に塔載された移動支柱式ケーブルクレーンが理想とされる。最大集材距離は 500 m である。

以上はオーストリアを例にした中部ヨーロッパの伐出方式のあらましであるが、地形が比較的急であるため、ハーベスタなどの多工程処理機械はほとんど使用されず、路網を利用したスキッドと架線を中心に、地道ではあるが着実な機械化をすすめている。

西ドイツでは、かねてから造材工程の問題を研究しておりプロセッサの開発に強い関心をもっている。これは伐出システム全般の問題でもあるが、同時に小径木の有効利用の問題とも密接な関連がある。

引 用 文 献

- 1) Silversides, C.R.: Developments in logging mechanization in eastern Canada, The University of British Columbia 1964
- 2) Conway, S.: Logging practices, Miller Freeman Publications, Inc. 1978
- 3) Sauder, B.J. and Nagy, M.M.: Coast logging, High lead versus long-reach alternatives, FERIC Technical Report No. TR-19, Dec. 1977
- 4) Swedish Forestry 76, The National Federation of Swedish Forest Owners' Associations 1976
- 5) Samset, I.: Forestry operations in a dynamic production forestry, The University of British Columbia 1973
- 6) Hakkila, P., Kalaja, H., Salakari, M. and Valonen, P.: Whole-tree, harvesting in the early thinning of pine, Folia Forestalia 333, 1978
- 7) Swedish Forestry, Skogsarbeten, 1960's.
- 8) Trzesniowski, A.: Logging in the mountains of central europe, FAO 1976

4 伐出技術の現状と問題点

4-1 伐出技術の変遷

伐採の対象となる森林は広範囲にわたった地形、気象条件のもとにある。従ってその林地は海拔高0メートルから数千メートルの山岳地まで平坦地あり急傾斜地あり、湿地帯等を含む種々の地形下にあり、気候的には熱帯地域から寒帯地域までこれまたさまざまな気象条件のもとにある。

このような状態のもとに置かれてある森林から林産物を搬出するには、その条件に適した手段を選ばなければならない。とくに林産物の主要なものとしての丸太の生産は、それ自体が体積・重量共に大きいものの運搬がその作業の大部分をしめることを考えると、伐出技術はその地域地域に適合した人力、畜力を利した方法、あるいは流水・積雪・氷結等の自然力を利用した方法から生まれて来たことは当然の結果といえよう。しかしながら木材需要の増大、労働条件の向上、自然力利用の制約などから次第にこれらの古くから発展して来た人力依存の伐出技術は機械の発展と共に機械化作業に置き換えられるようになった。このことは機械の発展の著しい先進工業国のみならず、発展途上国においても同様の傾向となっている。とくに発展途上国の木材生産量の増大化は著しく、必然的に機械力を使用せざるを得ない結果となっている。

しかしこのように伐出作業の技術が人力・畜力から機械力使用の技術に置き換えられる傾向にあるとはいえ、地域によっては古くから蓄積された従来の技術のなかには機械力を使用するよりも能力的な技術があることも考えられるので、すべて機械力へ切り換えることが伐出作業の合理化とみることは早急すぎよう。

とくに熱帯地域においては、その大部分の地域が工業力の基盤のない地域でそこに何の準備もなく急激な機械力の導入は失敗に終る結果となることがある。

4-1-1 世界における伐出技術の変遷

熱帯林における伐出作業が急激に機械力導入の技術に変わりつつある状況と異なり、先進工業国に於いては機械そのものの発展過程にマッチして長い歴史を経て次第に機械力導入の技術に変わって来ている。先進工業国に於いても伐出の初期段階に於いては熱帯林におけると同様人力依存の伐出作業技術がその中心であったがチェン・ソー、トラクタ、集材機等の開発により伐木・造材、集材等の個々の作業工程に機械力が導入されるようになった。しかし機械力導入の頭初は機械の性能の不安定、使用技術の未熟さから予期した効果が期待出来なかったが、最近では機械の性能の向上、使用技術の確立により伐出作業の個々の各作業工程の機械化としては極限まで到達して来ている。

従って伐出作業をこれ以上機械化、合理化を計るためには各作業工程を1つの機械で数工程処理出来るような所謂多工程処理機械への開発、使用まで行なわれて来ている。

これらの変遷過程については、前出のノルウェーの I、Samset 教授が過去の実験から興味ある論文を発表しているが、熱帯林の伐出技術の今後の展開を考える場合に参考となるであろうと思うので、ここでその論文に準拠して、伐出作業の機械化をのべてみたい。

伐出技術の変遷過程を別の言葉で言えば、労働消費的作業法 (Labour consuming methods) から労働集約的作業法 (Labour intensive methods) へ変わってきたということになる。

これらの作業は筋肉エネルギーによって行われてきたものが、エンジンすなわち機械に置きかえられたにすぎず、依然として、人間の肉体労働を基調としていることに変わりがない。殊に伐木集運材作業は、木材という大形重量物を取扱う関係上、その所要エネルギー量は莫大なものであって、かりに人間を働く機械と見なした場合、一人の人間が出せる力は極めて小さい。人間の力は、短時間作業ならば最大 3~4 HP まで出せると言われているが、これは筋肉内に蓄積された物質を消費することによって行なわれる活動であって、必ず休息して酸素の補給をしなければ続かない。従って、人力作業の能率を最高に保つための労働強度は、常にエネルギーの放出と酸素の摂取との間に、バランスのとれた活動の正常な限度に止める必要がある。この場合の出力は極めて優秀な労働者でも約 0.2 HP にすぎず、一般人のレベルはそれ以下である。

従って、人力依存の作業では、作業計画成に当って、この低い値を基準にとらなければならないが、生産性の向上、コスト低減には自ら限界が生まれてくる。

とくに、熱帯林では他の地域よりも悪条件下にあり、その上伐出の対象となる立木は大径材で機械力を使用させざるを得ない。

以上は人間工学的な、しかもエネルギー消費の断面から機械力依存の必然性を考えてみたが、大量生産大量消費の近代産業の形態から見ると、単に機械化作業が人力作業の何倍という時代もすぎ今や木材の伐出から最終貯場に来るまでの各種工程がどのように編成されるべきかを体系的に追求し、それに合った機械の導入、配置さらには必要な機械を開発して、完全機械化の手段を構じて行くことが必要な時代まで進んで来ている。これが資本集約的作業 (Completely mechanized and capital intensive methods) の時代と言っている。この域まで到達出来るのは比較的単純な樹形の針葉樹を対象とした先進国に於いては可能であるが、複雑な樹形の熱帯林ではそこまで到達するには容易なことではない。

これらの変遷過程の必然性について教授は不連続性進化の注則 (The law of discontinuous evolution) として説明している。同教授は 1945 年から 1965 年までの 20 年間の統計数字を検討して、林業労働者一人当りの労働生産性を示す曲線を求めた。図 4-1 がそれである。

ノルウェーにおけるかつての作業仕組は、手鋸による伐倒・玉切り・人力剥皮・馬搬集材であったが、チェーンソーの導入により労働生産性は著しく高まり、更にその後の機械化の普及によってますます生産性は向上したが生産性の上昇が年1%程度であったが賃金の上昇率は1.1.8%でコスト高を生産性の向上では吸収し切れな

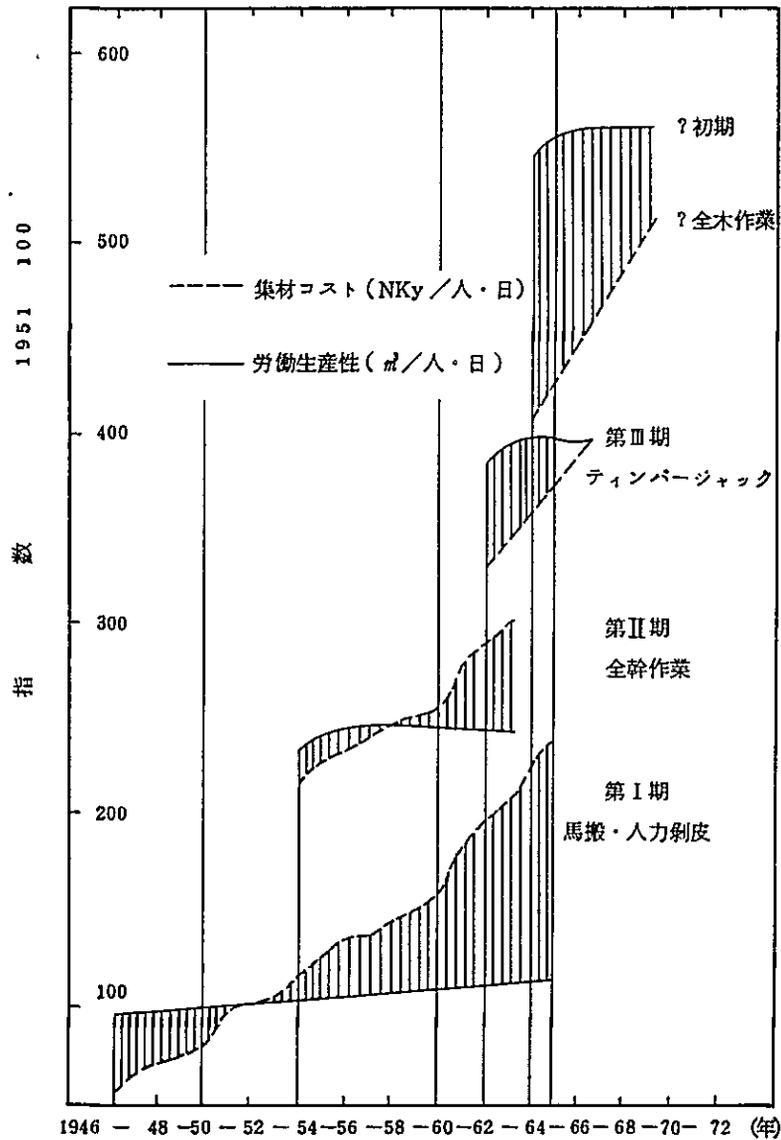


図4-1 ノルウェー：集材コスト上昇率と労働生産性

ここに生産コストを下げるため新たな作業方式を生み出さなければならない。これがトラクタ集材作業の出現となった。

このような作業方の移り変りを詳細に検討してみると、生産性の上昇も生産コストの上昇も決して一連の直線ないし曲線で示されるような漸進的な変化ではなくて、ある時点を境として不連続な段階的な跳ね上りを示している。作業法が変革されるたびに、い

つも同じようなパターンで跳ね上がっているのである。しかもこの傾向は独り、ノルウェーのみでなく他の諸国においても同様の類型的傾向が見られるのである。同教授はここに「不連続性進化の法則」の存在を認め、これをThe low of discontinuous evolutionと命名し、そのパターンを図4-2のグラフで示している。このグラフでは時間(年数)を横軸にとり、縦軸に労働生産性指数(労働者一人一日当りの生産量のある時点におけるそれを100として表した指数)と生産原価指数(労働者一人一日当たり作業経費のある時点におけるそれを100として表わした指数)がとってある。

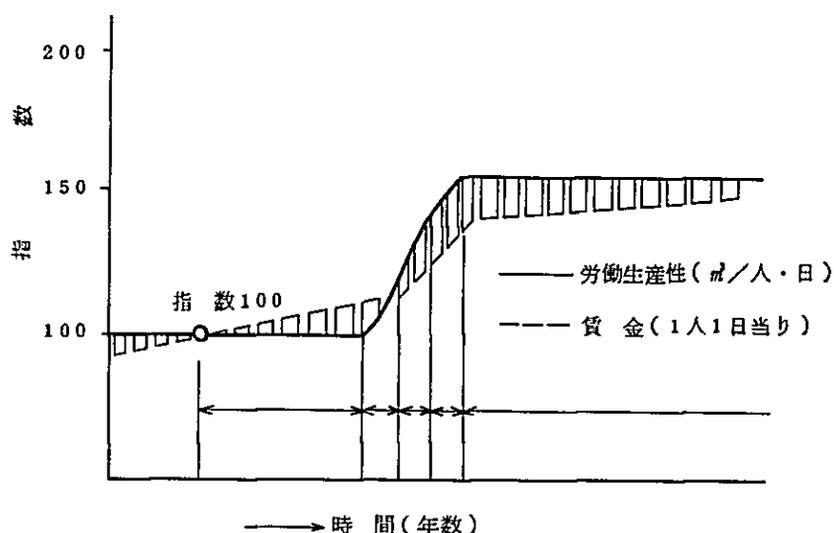


図4-2 グラフで示した不連続進化の法則のパターン

ある作業仕組みによって継続的に作業が行なわれてきている場合に、指数が100を示す時点は、生産性が頭打ちになっているにもかかわらず、生産原価が次第に上昇してきて、もうそれ以上高い生産費の負担に耐えられなくなった時点を意味している。これ故、この時点に達すると、経営者は止むをえず、何が新しい作業法を開発して生産性を上げることになるが、一般にこの新技術の開発による生産性の向上は飛躍的であって、これにより林業経営がコスト高の経営圧迫から抜け出すのである。すなわち図4-2で示されたパターンは次の段階から構成されている。

第I段階(経済圧迫期 Economic pressure period)

従来の作業を継続していると、労働生産性の頭打ちによって生産原価が次第に高まり遂に材価を割るようになって、経済圧迫が強まる。

第II段階(新技術 Development period)

対策として新技術が開発された試験的作業の活動が盛んになるが、生産性は未だあまり向上しない。

第Ⅲ段階（新技術導入期 Introducing period）

試験的作業により新技術の有利性が認められると一般に普及しはじめる。

新技術には当然従来よりも高価な機械や施設を伴うから、1㎡当りの生産原価は高くなるが、それにも増して生産が急上昇するから事業は有利に展開する。

第Ⅳ段階（安定期 Stabilizing period）

新技術が全面的に実用化され、作業仕組の改善や機械の改良によって進歩は続けるが、やがて生産性は頭打ちとなる。しかし生産原価との間にバランスがとれているから、この作業はある時期安定して継続される。

その後一般物価の上昇に伴う賃金の上昇とこれらの要求とがからみ合っ、結果として生産原価が再び上昇線をたどり、やがて再び次の第Ⅰ段階に入り、前回と同様のパターンが継続されていく。これらが「不連続性進化の法則」で Samet 教授がノルウェーにおける過去20年間の実績より導き出している。

図4-1において第Ⅰ期は旧来の人力作業がチェン・ソー作業や小型トラクタ作業に移行しており、第Ⅱ期で全幹集材作業という新しい作業方式に変わり、第Ⅲ期に新しいトラクタが出現し、第Ⅳ期に入って全木集材作業という新しい作業方式がとれるに到った。大抵の先進国における伐出技術は以上のような変遷過程を経て来ている。

しかし最近になって先進工業国における国民生活の著しい向上は労働賃金の高騰、労働安全の徹底をうながし、伐出作業もこのための思い切った省力作業が必要となって来ており一部の地域では今までの個々の作業工程を、1台の機械で、しかも1人のオペレーターで、数工程まで1度に処理する所謂、多工程処理機械（Multi Processon）と呼ばれる一群の機械が開発・使用されるようになって来ている。これ等の機械はブッシュ・コンバイン（Bush combine）、ハーベスター（Harvestet）、フェーラー・バンチャー（Feller Bunchen）、フェーラー・スキッター（Eeller Skidder）などと言われている機械である。

また最近では機械使用による労働障害の発生も表面化して来ており、その実例としてチェン・ソー等の手持振動機械によるレイノー症やトラクタ・集材機による腹痛などがある。

これらは機械の改良、リモートコントロール化を要請される原因となっている。

すなわち最も災害の多い伐木・造材作業については、その主力となるチェン・ソーについて出来るだけ振動の少ない、軽量の機械の開発・改良がなされ、またチェン・ソーを直接手にふれないようにリモートコントロール装置の開発が行なわれている。またトラクタに油圧で立木を断出来るファイラーを取付けたもの、あるいはトラクタにそのトラクタの動力を使用した油圧駆動のチェン・ソーをとりつけたもので立木を伐倒する方法

も開発されている。玉切作業にはグラフブソーといって伐倒木を持ち上げながら油圧駆動のチェン・ソーで玉切作業を行ない同時にトラクタの積込作業も行い多工程処理機械も開発されている。腹痛対策としてトラクター・集材機に乗らずに無線操縦によるリモートコントロールのトラクタ・集材機の開発も実用化の域にまで到達している。しかしこれらの機械は先進工業国の針葉樹を対象とし、したも平坦地を対象として開発されたものですべての林地で使用できるものではない。

4-1-2 熱帯林における伐出技術の変遷

熱帯降雨林における伐出技術は、かつて先進工業諸国における技術と同様に、人力、畜力及び河川利用等の自然力を利用したいわば人力主体の技術であったが、東南アジアの熱帯林においてはフィリピンにおけるラワン材需要の増大に伴って米国から機械力を導入するようになったのが機械化作業の始まりである。

従って東南アジアの熱帯林地域で機械作業を最初に身につけたのはフィリピン人であり、その後の東南アジア各地の機械作業の先駆的な役割を果たすようになった。

従来、人力主体の伐出作業では、河川等の河岸にある立木を手斧や鋸で伐倒し、両期に河川の増水をまって、丸太を筏に組み、船積みして輸出するというパターンであった。とくに東南アジアでは大量の丸太はほとんど大半が地元需要より海外への輸出が多かったのでこのようなパターンとなっていた。

立木が河岸より離れた場所にある場合には木馬やトロッコ出し、あるいは牛や象を使用して河岸まで丸太を曳き出して筏に組むという作業方法をとっていた。このような方式はインドネシアではクダクダ方式といっているが現在では少規模伐採のみに採用されているにすぎない。

一般に木材は伐倒後長期間放置しておくことは品質を低下し利用価値を著しく減少することとなるが、とくに南洋材については虫害、腐朽の面から短期間に加工しないと丸太の価値は激減するか無価値となってしまうのでクダクダ方式のように伐倒から船積みまでの期間が長期になるようでは丸太の品質が著しく減少する恐れがある。これを防ぐには生産速度のスピードアップすなわち機械化せざるを得ない。

また最近のように南洋材に対する世界的な需要の増大に対処するにはこのようなクダクダ方式では需要に応ずることは出来ない。

とくに熱帯降雨林地域の国では木材輸出がその国の経済発展に重要な役割を果たしていることから、生産規模も自ら大きくなり、従って機械化作業に依存せざるを得ないことになる。

しかし機械使用の基盤のないこれらの地域では自ら先進工業国の機械並びにその使用技術にたよらざるを得ない。

これらの地域における大規模の開発には殆んど大部分が先進工業国の資本と技術が参加しているのは以上のことから理解できよう。

しかし先進国の伐出作業技術はその時代の変遷と共に機械の進歩と歩を一つにして機械化の変遷過程をたどって来たが、熱帯降雨林地域では必要にせまられ一足とびに先進国の機械が導入され、しかも過酷な熱帯林の作業条件も充分解明されぬままの導入であったため、機械作業の試行錯誤の繰り返してあったし、今でもその傾向がある。

機械力へ代った主なものとしては、伐木・造材では従来の手斧、手鋸に代ってチェーンソーが導入され、木馬やトロッコ出しにはトラクタ・集材機が使用されてきている。また大量搬出には林道・作業道建設によりトレーラトラックを使用し、その積込みにはクレーンやログローダーを使用するようになってきている。しかし、河川利用による筏は、今でも有力な搬出手段となっている。ただし、従来自然流による筏運材はタグポート使用によって著しくスピードアップされた。

大量伐採によって従来のように搬出に便利な河岸地帯の立木は殆んど伐採されており、次第に伐採地が奥地へ移行すると共に地形も急峻地となり、搬出コストも増大している傾向から今後は単に先進国の機械導入から一步進めて熱帯降雨林に適合した伐出作業のハード面すなわち機械、ソフト面すなわち作業方式の新たな開発が必要となっている。

4-2 熱帯林における伐出技術の問題点

林業の中でも伐出作業、造林作業、林道・治山作業などは、その作業の進め方を機械的に見た場合には、熱帯林であろうと、寒帯林地域であろうと基本的な概念は何等変るところがない。

これらの森林作業は他産業の作業と同時にたえず近代化、合理化が追求されなければならない。とくに伐出作業は作業そのものが大半が体積・重量共に大きい所謂丸太の荷役運搬作業であることからその近代化・合理化は人力作業より機械力作業への脱皮が中心課題となっている。

しかし森林の置かれている環境は一定ではなく、それを対象として行い伐出作業は野外作業ということも加わって一層複雑な作業条件下にあり、これらの条件因子を理解せず同一手段で実行した場合は殆んど失敗に終わってしまう。

先進国の一部でも、伐出作業の近代化はその極限にも達しているところもあれば、同一国でも末だに人力依存の作業から脱皮し得ないところもあり、伐出作業の多様化、複雑性が見え出される。

また、熱帯林の場合はその大半が発展途上国であり、一方、生産される丸太は大径材であることからどうしても機械力にたよらざるを得ない。途上国ゆえに機械使用のバックグラウンドは皆無であるという処に熱帯林の伐出作業の問題点の一つがある。

ここで具体的に熱帯林の伐出作業から見たその特異性につづいて二、三述べてみたい。

熱帯林と一口で言っても天然林あり人工林あり、平坦地あり急峻地ありで一概に論ずることは出来ないが、ここでは大きく分けて平坦な天然林と急斜地の人工林についてのべてみたい。一般に熱帯の天然林には、その樹種が数千種にも及んでいるといわれているが、現在伐採の対象となっているのは全く限られたフタバ柿科の数種類にすぎない。従って1ヘクタール当りの伐採本数は4～5本前後多くても10数本の限られたものとなり、抜き切りのな伐採方法がとられており、しかも丸太として利用しているのは技下高のみで全くの粗放採材となっている。このことは機械力作業としては最も非効率的な作業となっている。

次に考えられることは気象条件が機械力作業にきびしいことである。熱帯特有のスコール、森林内における湿度の高いことは労働条件としてきびしく、労働生産性の低さをまねくものである。

または使用する機械も稼働率を上げるための特殊な仕様も必要となってきた。

現状では余り複雑な機構をもった機械はさけるべきと思われる。

次に考慮すべき事項は、グラウンドコンディションの問題である。熱帯林地域の大半は降雨による泥ねい化を起し易く、伐倒木に自走機械を近づけるには最悪のコンディションであろう。従って集材作業も自ら必要以上の高馬力の機械を使用し、力づくで強引に引張り出すという作業形態を取っており、熱帯林開発には多大な投資を必要とする一因となっている。

また、そこで働く労働者の量と質の問題であろう。熱帯の天然林は殆んどが人里離れた処にあり、この開発に当っては地元労働力を殆んど期待出来ないこと。就練労働者の育成には長期間を要する上、現地附近の労働者はたとえ量的には充足しても質の面とりわけ風俗習慣を充分理解しないで生産計画を作成した場合には予想以外の支障を生じる。

以上数項目にわたり考慮すべき点の概況をのべたが伐出作業を実施するにあたってはこれらの点についての周到な調査・準備が必要であり、事業を開始するに当っては一つの集落を開設するよる心構が必要となってくる。

従って自らその投資額は膨大なものとなる。

一方、人工林の伐出作業は天然林に比べて比較的めぐまれた環境条件にあることが多い。

すなわち、すでに伐期に到達している人工林は労働力の豊富な地域でしかも発展途上国に見受けられる低賃金、過剰労働者の地域に多くあって天然林開発とは比較にならない程の容易さが見られる。現行のインドネシア・ジャワ山岳林の集材作業技術協力の例がこれである。

ジャワ島の過剰労働人口を利用し、国が苗木を与え植えさせた林地を、2ケ年無償で農作物を間作させる。いわゆる、タウンバンサリ(タウンヤ)方式で人工林化が進んでいる。このような労働力事情は伐出事業の面でも労働力の量の面ではめぐまれていると言えよう。しかし、一方では、低賃金による機械化技術の導入の遅れ、あるいは労働の質の面の劣りは

途上国としての問題点である。

先進工業国における伐出作業の機械化は主として、針葉樹を対象とした機械化体系であり、太い枝の多い広葉樹に適してはいない。

一方、熱帯の天然林はその殆んどが広葉樹であることから多工程処理機械のような高能率の機械はそのまま導入することは不可能である。熱帯林に適した伐出作業のシステム化が今後の課題と言えよう。

4-3 調査対象地における伐出技術

今回の調査対象地であるミンダナオ、ジャワ及び東カリマンタンにおける伐出方式について、若干のコメントを述べる。

伐出方式は搬出材積、丸太直径の他に伐採作業種、路網密度、及び地形条件によって決まるが、これらの因子のうち、丸太直径は伐出方式と伐出機械の大きさに対して決定的影響を与える。

即ち、直径1 m前後の大径材を生産するカナダ及び合衆国の太平洋沿岸地方は他の国とは異なり200PS以上のエンジンをもつ大形スキッドあるいは大形集材機によるハイリード方式が最も多く使用されるか、搬出材の条件の類似するミンダナオ（ブツアン周辺）と東カリマンタン（クタイ）は北米太平洋沿岸地方と同様の伐出方式をとっている。

ジャワではチーク、メルクシマツなどが伐出生産の対象となるが、丸太直径においてラワンを対象とするミンダナオ、東カリマンタンとは異なるから伐出方式及び機械の大きさが異なるのは当然である。

問題は森林造成との関連で保続生産を可能とする計画の有無にある。つまり伐出方式は個々の現場における諸条件によって決められることはもちろんであるが、先ずもって森林のあり方によって決められなければならないからである。森林のあり方とは謂うところの施業方針である。さきに(3-3)述べた林業先進国においてはいずれも一定の施業方針に基づいて伐出計画がたてられておるが、森林資源が決して多いとは言えないヨーロッパにおいてこの点が顕著である。熱帯降雨林及び雨緑林地帯では有用樹種に限って見れば決して資源量が多いと言えず、また造林も痩せた土壌、樹木の成長をさまたげる蔓植物の存在によりカナダ及び合衆国のように容易に達成されるとは思われない。したがってフタバカキ森林(Dipterocarp Forest)においては特に長期にわたる伐出計画の立案が必要である。

長期にわたる伐出計画の骨格をなすものは路網であるから、ここにおいて適切な路網計画の必要性が生ずる。伐出計画は将来にわたる保続的収穫を可能とする森林の造成をも考慮に入れたものでなければならない。

伐出作業方式は主として対象地の地形と森林資源量によって決まるから、それに基づいて路網密度算定のための地域区分を行なうのがよい。これによって路網計画の手順を示すと図

4-3のとおりである。¹⁾

²⁾ 地形指数は平均傾斜、谷密度、及び起伏量によって示される指数で、日本においては集材作業との関連は表4-1に示すとおりである。

森林資源による地域区分は、当該事業区の標準的なha当り蓄積を基準にして適正な区分をする。

地形の緩急と蓄積の大小によって区分された地域区分は専ら地形図による机上プランであ

図 4-3 路網計画の手順

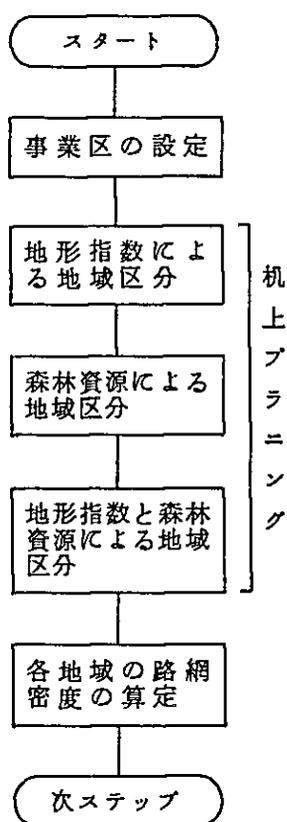


表 4-1 地形分類と作業方式

地形クラス	I 緩	II 中	III 急	IV 急峻
地形指数	0~19	20~39	40~69	70~
集運材方式	トラック	トラクタ	中距離架線	長距離架線

るから、これを現地踏査によってその区分が適切であるか否かを検討し最終的に路網密度算定のための地域区分を完成させる。

以上の計画手順は面積 5,000 ha 程度までを対象とし、5 万分の 1 地形図を用いて、1 Km メッシュをかけて計測するが、面積がさらに広大となれば航空写真を利用することになる。

路網密度の算定はミンダナオおよびカリマンタンに見られるように機械によって大径材を搬出するのが一般的である地方ではマシューズ MATTHEWS の密度算定式により算定すればよいが、ジャワのように労働力の豊富な地方では造林から伐採までに投入される ha 当り労働量の歩行に要する非産的時間コストを解消するという考え方を考慮する³⁾必要も将来生じよう。

ラワン大径材を対象としたミンダナオ及び東カリマンタンにおいて大形集材機によるハイリード式及びスキッドが用いられることは当を得ているが、さきに述べた FERIC の報告^(P49)に見られるように、ハイリード式に対する評価も変わりつつあることも看過できない。したがってハイリード式集材による伐出のコスト分析を行ない、これに替る作業方式を検討する時期にさしかかっていると見えよう。北米太平洋沿岸地方に見られるようにハイリード式の集材距離は 300 m までとされているが、ミンダナオでは 450 ~ 500 m という現地があった。大径材を対象としているだけに集材距離としては長距離にすぎ、検討の余地がある。ハイリード式によって攪乱された地表の回復は、北米太平洋沿岸地方とは比較にならぬ程に困難であるが、スキッドによる場合は材のひき路が決まるので攪乱の度合いがハイリード式とは異なる。いづれにしても地表攪乱の問題についても早急に調査する必要がある。

ジャワにおける伐出方式は海拔 700 m 以下で平坦もしくは緩斜地におけるチークと、海拔 700 ~ 1,000 m の急斜地におけるメルクシマツあるいはアガティスとは異なるのは当然であるが路網の不足、特に支線、分線林道の不足が目立つ。ジャワでは労働力が豊富でかつ労賃が安いので一般に人・蓄力集材が有利であるが機械力にくらべ、当然集運材距離は短くなる。地形が急斜地になると、林道がない場合、人・蓄力では搬出困難な地域が残るので機械力を利用する必要が生ずる。つまり架線集材方式が必要になるし、搬出材積が多量になればさらにその必要性は増大する。その場合に必要な路網密度は 5 ~ 10^m / ha と推測される。

ジャワのように地形的に見て架線方式が考えられる地方でも、地域社会構造としてかなり人力を利用せねばならないが、労務者の健康管理上の問題が多いと考えられる。開発途上国におけるこの種の問題は FAO において、かねてから調査されているが今後さらに調査を重ねる必要がある。

引 用 文 献

- 1) 上飯坂実、酒井秀夫：路網計画の事例報告(1)
 - (1)森林利用学研究室資料 1979 (未発表)
- 2) 加藤誠平：林道網に関する研究(英文)、東大演報(63) 1967
- 3) 南方康：林内における基礎路網密度、日林誌 59、8, 1977
- 4) Methods in Ergonomic Research in Forestry, IUFRO Division No. 3 'Forest operations and techniques' 1971
- 5) Harvesting man-made forests in developing countries, FAO 1976

5. 伐出技術の基準

5-1 伐出事業の基準

5-1-1 森林施業計画と伐出事業

熱帯林における伐出事業は、現在、先進林業国において行なわれているような収穫保統を大原則とする森林全体の施業計画にもとずいた伐出事業ではなく、効率的な木材生産のみを優先する天然林開発の考え方で行なわれている。

従って特殊な銘木の生産を除き一般の南洋材の生産は広範囲にわたる森林の伐採権の所有者が独自の伐出技術で実施しているのが、現況である。勿論伐採権の取得に際してはいろいろな林業的条件、林地破壊の防止、更新などの条件を附与されているが、伐出作業については伐採権者にまかせてあるのでその方法手段はさまざまである。しかしながら、このような所での伐出技術基準の基本的な概念は熱帯林といえども先進諸国のそれと変りはない。

このように熱帯林の伐出が伐採権所有者の恣意のままとなっていることは優良大径木のみでの伐採となり、しかも大型の機械で強引に曳きずり出すことから伐採面積のみが大きくなり、かつ後継樹の生育は殆んど不可能な状態をもたらしている。一日も早く先進林業国のような施業計画の確立を計りそれにもとずいた伐出事業の実施が望まれる。

このためには熱帯林の未利用樹種の開発、人工・天然両面の更新等を早急に解決しなければならない。

5-1-2 蓄積調査

蓄積調査はとくに熱帯林に於いては重要な工程で、蓄積調査がずさんなためその後の伐出事業が失敗に終わっている例が多く見受けられる。膨大な資本投下を必要とする熱帯林の伐出事業の失敗は企業全体の存立をもあやうくする結果となる。従って蓄積調査は実地踏査、航空写真による調査の両調査を併用して詳細に行なう必要がある。

伐採区域全域をブロックに区分し、各ブロック内の伐採指定樹種ごとに指定径級以上の健全木について径級、枝下樹高を調査し、樹種、径級、樹高、材積を台帳に記入すると共に調査木に対しては台帳に対応するナンバープレートを貼布する。

蓄積調査の結果は蓄積調査図を作成し伐採順位を定めるほか、蓄積調査と同時に伐採地の林況、地況調査、作業条件も調査し、林道、作業道の路線も決定する。

5-1-3 伐木・造材

5-1-3-1 伐木作業

熱帯天然林における伐木・造材作業はその作業環境からみて伐木手と補助員の2名を1組として作業することが望ましい。

伐木手は、あらかじめ選定され標示された伐採対象木を、排気量 100cc 前後のチ

チェーン・ソーを使用して伐倒するが、安全作業、能率の面からわが国の伐木造材作業基準に準じて作業する必要がある。伐採対象木はすべて良質大径材であることから胴打ち、芯ぬけ、伐倒割れ等の損傷がおきないように、またかかり木とならないよう伐倒に際しては作業基準を守り、障害物をさけ、有用後継樹となる稚幼樹を出来るだけ損傷しないよう伐倒方向を定めその方向に正しく伐倒するよう教育すべきである。単にチェーン・ソーを与えたのみで、教育が不十分なため、芯ぬけなどの伐倒木を損傷したり、死亡事故を起したりしている事例が多く見受けられる。

熱帯天然林の伐木作業には複雑な作業工程である枝払作業は殆どどの地域で行なわれず、伐倒して枝下高までのみを玉切りし集材した後で指定の長さに玉切り、また欠点部分の除去を行なう作業方法をとっている。したがって、安全管理、技術教育はし易いので早期に基本的訓練を行なうとともに、今後問題になってくる集約採材へ対応出来るような技術の向上を計るべきである。

補助員は燃料の補給、伐倒合図、伐倒作業の支障となるツル、下草の刈払いなど、チェーン・ソー作業がスムーズに行なえるよう環境の整備を行なう。

従って伐木手と補助員はお互いによく連携をとれるよう、日常の人間関係もよくなるよう留意しなければならない。

熱帯林の大径材伐倒はその径級の大小によって一日当りの作業工程は異なるが1日1組で50 m³から100 m³は可能と思われる。

熱帯人工林においては、一般に先進国における作業と同様で補助員は必要とせず伐木造材作業基準がそのままあてはまる。しかし、労働力が豊富で、低賃金の処では人工林が比較的小径木であることから人力による場合の方が有利であり、また労働者の雇傭確保という観点からも人力伐倒、人力玉切の方が望ましい場合もある。これらの場合でも安全作業の教育は必要である。

5-1-3-2 造材作業

熱帯天然林の伐出作業に於いて、機械を使用した場合は立木を伐倒し枝下高より先は切り落とし、集材し、トラック積込み前に適当な長さに玉切りする。玉切り作業には倒伐作業と同じ大きさのチェーン・ソーすなわち排気量100cc前後のチェーン・ソーを使用する。あらかじめ定められた造材仕様に従って、欠点の打出し、サルカの除去を行なって所定の長さに、材面と直角に玉切る。

材長の仕様は、仕向先の用途により、また樹種により定められるが、一般には製材用は4 m、または4 m倍取りで、合板用は長い程よいが、トラックのボデーの長さをも勘案しなければならない。

また規格によりトリミング許容範囲が定められているが、小さくすることにより

歩止りの向上は期待できるが、割れ等の欠点による材価への影響が大きいので、木口割れの進行しやすい樹種は大きくトリミングする。

5-1-3-3 剥皮作業

熱帯天然林は伐倒から一般消費地まで運搬期間は、短くて1ヶ月以上、長くて数ヶ月もの長期間を必要とするため虫害防除、運搬の便、消費地における樹皮の処理等を勘案して剥皮が必要である。

従って玉切られた丸太は全面を完全に剥皮し、防虫剤を噴霧器で材面、木口面にもれなく散布する必要がある。

剥皮作業はバール・斧などの簡単な道具を使用する単純な作業であり特別の技術を必要としないから、現場近隣の部落民が雇傭出来れば、樹皮の無償提供などにより低コストで作業が出来る。

剥皮作業と同時に、木口割れの進行が懸念される丸太にはS管を打込む作業も行うことが必要である。

5-1-3-4 伐木・造材の基礎理論

初期の伐木造材作業は、伐採予定の立木を伐倒し、枝払いし、所要の長さに玉切りして集材工程を経て林内から運び出されておったが、近年はチェン・ソーの出現高性能の集材用機械などの開発により伐倒木をそのままトラック積込み地点まで集材するか、伐倒後、枝払い、梢端部の切断のみで集材されるようになって来た。前者は全木集材といい、後者を全幹集材と言っている。

しかし熱帯林に於いては殆んどの場合人工林を除いて天然林は枝下高のみを利用して集材している。その意味では全幹集材といえる。この場合は殆んど枝払い作業は不必要となっている。このような枝下高のみを利用する作業は恐らく資源の集約利用の観点から将来はあらためられ枝払い作業が新たな工程として出てくるであろう。

伐木・造材作業はかつては手鋸、オノ等を使用した人力作業で行なわれて来たが、最近では殆んどチェン・ソーを使用した機械作業となっている。とくに熱帯林における大径木、大規模伐採作業にはチェン・ソーは不可欠である。チェン・ソーによる伐木・造材作業は以前は二人用のチェン・ソーを使用していたが、最近では一人用チェン・ソーを使用するようになっている。

チェン・ソーを使用する場合の考慮事項は重量の問題である。労働者がチェン・ソーを持って歩行する場合のチェン・ソーの適正重量は6～8Kg以下であって、10Kg以上のものは重すぎるということが言われているが、これは西ドイツのカミンスキー教授が実験の結果発表している。すなわち携行荷重とエネルギー消費量との関係についてカミンスキー教授の実験によると表5-1の通りとなる。これは平坦な

路上での測定値であり、急峻な障害物の多い林内などでは携行荷重の適正值は少くなる。

表 5 - 1 携行荷重と消費エネルギー

荷 重	歩行速度	所要出力	エネルギー消費率
10 Kg	4 km/hr	0.15 HP	3.6 Kcal/min
30 #	4 #	0.44 #	5.3 #
50 #	4 #	0.74 #	8.0 #
75 #	3.5 #	0.97 #	11.7 #

一人の人間の出せる力は、極めて小さく、人間の出力は短時間作業ならば最大3~4 HPまで出せるが、普通は優秀な労働者でも 0.2 HPで、これからみてもチェン・ソーの重量の限界は、10 Kg前後となろう。このことは労働衛生科学的にも人間の携行荷重は体重の20%が限界であるということでも証明されている。

しかし熱帯林の場合は、ヘクタール当りの伐倒本数が極端に少ないこと、林内での玉切作業は個々の伐倒木について枝下高までのみを玉切りするため枝払作業がないこと、チェン・ソーを持って連続移動運転作業がないことから上記の条件は緩和される。反面、大径木で時には根張りのあることから総排気量 100cc 以上の大型のチェン・ソーを必要とし、また林内が高温多湿であることから体力的には消耗し易い。一般に熱帯林の伐倒にはこれらの理由以外に燃料の補給、伐倒合図等の附帯作業を行なわせるため助手を一名つけ、チェンソーマンの労働の軽減を図っている。

つぎに、チェン・ソーの切削性能についてのべてみる。切削力は次の式で表される。

$$F = \frac{HP}{V}$$

F : 切削力 Kg

V : 鋸歯速度

HP : 出力

この式は鋸歯速度と切削力との相関関係を示しており、自動車の変速と同じように一定の出力では切削力いわゆるトルクを大きくすることは鋸歯速度を小さくすることであり、従って以前のチェン・ソーはギヤドライブ型のチェン・ソーにより切削力を大きくする方式であった。これがため重量が軽減できなかったが、最近ではエンジン及びソー・チェン・バーの性能の向上により鋸歯速度を大きくすることが可能となりダイレクトドライブ型のチェン・ソーの出現により著しく重量が軽減され、

熱帯林のような大径木でも廻し切り等の技術により一人用チェン・ソーが使用できるようになった。

手鋸やオノに代ってチェン・ソーの使用が普及するにつれ労働生産性の向上は勿論労働強度も著しく軽減された反面、労働安全衛生面からいろいろな問題が起って来ている。そのうち大きな問題を取り上げてみると、安全面からはチェン・ソー作業中、鋸歯の切断により起る障害であるが、これに対しては殆んどチェン・ソーに防止用の器具を取付けることにより未然に防止できるようになった。

つぎは衛生面からの問題であるが一つは振動障害による疾病、すなわちレイノー症であるが、これらはチェン・ソー本体の防振機構を採用することにより従来振動値が10 G以上もあったものが最近殆んど3 G以下に減少しており、また適正な目立を行なうことによりレイノー症は著しく減少した。また騒音による難聴障害があるが、これについても耳栓をあてるとかマフラーの改良により著しく改善された。

熱帯林の伐出作業では現在これらの衛生面での問題は余り大きく採り上げられてはいないが、今後チェン・ソー普及の段階では留意しなければならない問題である。

チェン・ソーによる伐木・造材作業を能率よく安全に行なうためには作業者が守らなければならない基準を決めておく必要がある。先進国のなかには法律で規定している処もあるが現場の内規として作業者の服装から携帯すべき道具、その取扱い、作業の仕方、禁止作業、チェン・ソーの目立や整備のあり方を定めている。

これらの基準は、現場の特殊事情を除けば、いずこでも殆んど同じで、熱帯林における伐木造材作業もわが国の伐木・造材作業基準を準用できる。

5-1-4 集材

5-1-4-1 集材作業

集材作業は、全幹材に仕上げられた原木を伐倒現場から山工場まで集材する作業で、これには集材機による集材作業とトラクタによる集材作業と二つの方法があり、地形等の条件によっては両者の併用も考えられる。

一般に地形が平坦な場合にはトラクタ集材が有利で、急傾斜地や湿地帯などトラクタの走行の不適な場所には集材機集材が有利である。

また天然林の大径材については集材機にしろトラクタにしろ高馬力のものが必要となり人工林材、間伐材、林地残材等の小径材は小馬力の機械で十分である。

① 集材機による集材作業

集材機による集材作業は、集材機の基礎知識以外に、索張りに必要な基礎知識、すなわち索張り方式、索張り設計のための強度計算、索張りのやり方及びそれに付随したワイヤロープ、各種ブロック、キャレヅ等の基礎知識が必要となり、

高度の技能、知識を必要とする。わが国ではその林地の大半が山岳林で地形急峻なため、トラクタを使う余地が少なく、必然的に集材機集材にたよらざるを得なかったことから集材機集材の分野が特に発達した。わが国の生産材は熱帯林の天然林のような大径木ではなく全幹集材の場合でも荷重は3トン前後であるため、そのままわが国の集材機技術を熱帯天然林材の集材に適用するわけにはいかない。しかし、熱帯林地帯における人工林の伐採に際してはわが国の生産材と同じ重量、大きさであり、人工林伐出には恐らく今後日本の集材機技術はそのまま役立つこととなる。現在インドネシア・ジャワ島やビルマで行なわれている集材機技術の技術協力はこの意味で役立つことと思われる。しかし、過去の経験から見て、集材機作業の技術を修得して一人前になるには早くても数年間を必要とし、現在両国での技術協力においては最高の教材、最高のカリキュラムを組んで研修しているとはいえ、これが技術の定着・普及には相当の年数が必要と思われる。集材機作業は数人の組作業で、しかも互いに離れた位置で作業しなければならないので、緊密な連けい動作が必要である。また足もとの不安定な場所で各種の器具、機材を使用するため、つねに安全に留意し、作業基準を守る必要がある。集材機作業基準はわが国では、長い経験から作成されたもので、熱帯地域で作業する場合でも守らねばならない最低の基準である。

熱帯天然林においても従前から集材機作業が行なわれているが、これらは何れもハイリード方式で丸太のハナを持ち上げ高馬力のエンジンを強い力で引きずり出すという方式で、かつては北米、カナダ等の針葉樹皆伐作業に使われていたが、同地域では、最近では林地を荒すため、林道網の整備とトラクタとくに林業専用のホイールタイプトラクタの出現によって、ハイリード方式は一部を除き行なわれていない。

熱帯林の集材機による伐出は今までハイリード方式のみであり、これを急激に廃止することは出来ないが、徐々に必要かつ可能な場所では本来の架空索集材(スカイライン集材)に切り換えて行く必要がある。このためには熱帯天然林の大径木集材に適した集材機その他付属機材がどうあるべきかを考える段階にきている。大径材だからといって高馬力のエンジンを搭載した集材機、及び強度の高い付属機材に甘んじていては、徒らに投資額を大きくするので、この問題を、全体的な見地から見直すべきであろう。

② トラクタによる集材作業

トラクタはドーザー等のアタッチメントを付けることにより自力で作業道を切開いて、木寄せ地点まで進入する。荷掛手はあらかじめ全幹材の木口付近にワイ