

地域性を考慮した集材方法の 最適化（I）（中間報告）

地域性を考慮した集材方法の最適化（I） (中間報告)

I 試験担当者

機械化部 作業第1研究室	奥 田 吉 春
	豊 川 勝 生
作業第2研究室	辻 井 辰 雄
	今 富 裕 樹
林道研究室	井 上 源 基

II 試験目的

我が国の伐出技術の中で集材方法については各地で各様の方法が採用されているが、その選択形態には一貫性がなく体系化されているとはいがたい。そこで集材方法の選択に影響を与える要因を十分に加味した集材方法のあり方を検討し、各地域に最も適している集材方法の選択システムを確立していく必要がある。この研究は、集材方法の地域性の追求としての意味合いを持つが、とりあえずは作業条件の地域性（地域的な特質）を表わす指標として地況、林況、伐採方法などの代表的な要因と集材方法の関係に焦点をあて、これらの相互間の影響関係を解析することによって集材方法のあり方を検討しようとするものである。

III 試験の経過と得られた成果

1. 分析方法

1-1 分析資料

分析の対象とした資料は、主として国有林野事業の集材作業技術例（昭和56年度調査、昭和57年度追加調査）である。調査事例数は架線集材524、トラクタ集材275、計799であって、その内訳は表-1のとおりである。

1-2 分析の視点

既に述べたように、この研究は集材作業にかかる要因相互間の影響関係の解析を通して、集材方法のあり方を検討しようとするものである。報告の内容は、集材方法の地域性や推移について予備的考察を行うとともに、集材作業の実態把握や類型化、さらにはトラクタ集材路網パターンとその要因の分析などを行うことによって、技術的かつ経

表-1 営林(支)局別、集材方法別調査件数

集材方法	北海道	旭川	北見	帯広	函館	青森	秋田	前橋	東京	長野	名古屋	大阪	高知	熊本	計
タイラー	0	0	0	0	3	0	14	2	0	9	4	0	0	2	34
エンドレス・タイラー	0	1	0	0	7	32	37	17	23	27	16	17	28	65	270
フォーリング・ブロック	2	0	0	0	6	2	18	0	0	18	9	0	0	0	55
クマモト	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2
ホイスチング・キャレジ	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	4
スラックライン	0	0	32	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	34
ランニング・スカイライン	2	4	16	0	0	22	0	0	0	0	0	0	0	0	44
ダシハム	0	0	0	0	0	14	11	0	0	0	2	1	0	0	28
モノケーブル	0	0	0	0	0	14	17	0	1	0	2	2	0	0	36
ハイリード	0	0	0	0	2	7	3	0	0	2	0	1	0	2	17
架線計	4	5	48	0	18	92	104	19	24	58	34	21	28	69	524
クローラ・トラクタ	11	30	21	10	10	33	12	18	11	8	4	8	0	5	181
ホイル・トラクタ	8	7	0	17	2	6	4	14	0	3	0	1	0	5	67
クローラホイル・トラクタ併用	3	9	1	10	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	27
トラクタ計	22	46	22	37	14	39	16	32	11	12	4	10	0	10	275
合計	26	51	70	37	32	131	120	51	35	70	38	31	28	79	799

済的に妥当な集材方法選択のための基礎資料としての意味合いを持たせている。しかしながら、諸般の事情から、この報告ではその大部分がトラクタ集材の検討に終ってしまい、しかも分析途中のものがあつたりして決して充分なものとはいえない。とりあえず中間報告としてまとめ、最終的には、ほとんど未着手の架線集材と併わせて報告し、集材方法の選択に少しでも役立つものにしたいと考えている。この報告書の分析の視点は以下のとくである。

- 1) 集材方法と地域性の予備的考察
- 2) 集材方法の推移の側面からの検討
- 3) 集材作業の現状把握
 - (1) 架線集材作業の現状
 - (2) トラクタ集材作業の現状
- 4) 集材作業の類型化の検討
 - (1) 集材方法の機能面と構造面からみた架線集材作業の類型化
 - (2) 集材方法と作業条件からみたトラクタ集材作業の類型化
- 5) トラクタ集材路網パターンとその要因の分析
2. 集材方法と地域性の予備的考察

2-1 地域性への手がかり

林業の分野でも「地域林業論」がさかんである。一口に「地域林業」といっても、その意味内容は多岐にわたるようである。集材方法を考える場合も、自然的条件や社会的条件によって規定される「地域性」と整合性を持たせることが望ましい。「地域性」に関しては種々の使用方法があり、①地方的な特色を見出す概念としての意味や、②地域構造としての立地的な違いによる地域的特性の意味などに用いられる。

次に述べる自然的作業条件や集材作業に対する意識等についても、地域性を考察する場合無視することの出来ない極めて重要な事柄であるが、ここでは集材方法と関係のあるような林業に関するマクロな指標から地域性を考察してみる。国有林野事業統計と80年農林業センサスを使って、県別に国有林に関連する指標を抽出し(表省略)、主成分

表-2 地域性の主成分分析

	第一主成分	第二主成分	第三主成分	第四主成分
針葉樹伐採率	0.9181	-0.0369	0.1057	0.1198
人工林蓄積度	0.8077	0.0252	0.3146	0.0249
人工林率	0.7933	0.1071	0.2594	0.3984
林道密度	0.7762	0.2681	0.1448	0.2813
天然林蓄積度	-0.0526	0.7634	0.0096	-0.0645
間伐度	0.3083	0.7295	0.0123	0.0397
主伐皆伐率	0.1513	-0.0270	0.8685	0.2482
伐採材積/ha	0.2363	0.1293	0.8008	-0.1342
国有林森林率	-0.3549	0.4061	-0.6054	-0.4028
労働力指數	0.1448	-0.3702	0.0902	0.8014
皆伐度	0.3231	0.3506	0.0744	0.7501
寄与率	0.42	0.16	0.11	0.08
累積寄与率	0.42	0.58	0.69	0.77

注 1) 間伐度；間伐面積(54年度)／N～VI令級人工林面積

2) 国有林森林率；国有林森林面積／総土地面積

3) 労働力指數；林業専業労働者数／森林面積

4) 皆伐度；皆伐面積(54年度)／森林面積

※ 1) 主成分分析は多くの指標を主要な成分に分け直す手法である。

2) 表の数字は各主成分に各項目(針葉樹伐採率～皆伐度)の相間関係を示してあり、□は相関関係の高いものである。

3) 寄与率は全体(ここでは、地域性)に対して各主成分でどれだけ説明出来るかの度合い(%)を示す。

4) 表-2の主成分と図-1の指標は一致する(本文に説明)

分析を行ったのが表-2である。その結果から「人工林成熟度」、「天然林蓄積度」、「皆伐率」、「集約度」などの総合特性値が得られた。これらの特性値を使って、「地域的な差違」を総括的に考察するためにクラスター分析を行ったところ、各県が8つのクラスターに分割された。それぞれのクラスター（C1～C8）がどんな特性を持つかをみるために、クラスター別に主成分特性を求めたのが図-1である。例えば、C1は、人工林成熟度小、天然林蓄積度中、皆伐率小、集約度小を、C7は、人工林成熟度大、天然林蓄積度大、皆伐率大、集約度大を表わしている。

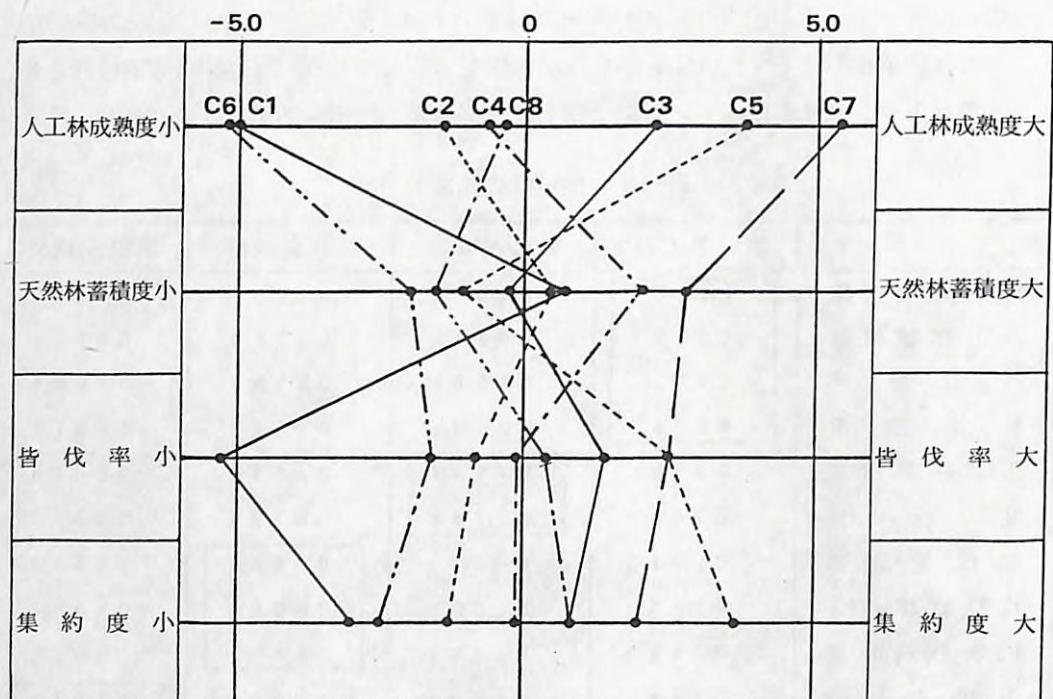


図-1 クラスター別主成分特性

天然林蓄積度大、皆伐率大、集約度大を表わしている。

表-3は林業の地域的差違をクラスターの8区分と営林（支）局の関係からみたものである。北海道の各営林（支）局は1つのクラスターに包含されたが、他の営林局はいろいろのクラスターに分散された。

集材方法と地域性考察の手がかりは、集材方法とこれらの関連を検討することにあると思われる。しかし、集材方法の選択的特徴については8つのクラスターから見つけ出すことができず、むしろ営林（支）局としての特徴がより明確であった。

表-3 地域特性による都道府県分類表

クラスター\営林局	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
北海道 5局	北海道・旭川・帯広・北見・函館							
青 森		岩手・宮城		青森				
秋 田		秋田				山形		
前 橋		栃木・群馬・福島				新潟		
東 京		埼玉	千葉・東京・神奈川・静岡		山梨		茨城	
長 野		長野						
名 古 屋		岐阜			富山	愛知		
大 阪			三重・兵庫・岡山・島根・鳥取	和歌山・山口	石川・福井		大阪・奈良・滋賀・京都・広島	
高 知				徳島			愛媛・高知	香川
熊 本			福岡・佐賀・大分・長崎・宮崎	鹿児島			熊本	沖縄

2-2 集材方法と作業条件

昭和五十五年度の国有林野事業の集材作業実績によると、架線集材とトラクタ集材の作業比率は面積比で37:63、材積比で56:44である。これら集材方法の選択は種々の作業条件によって規定されると考えられる。ここでは、自然的な作業条件による架線集材とトラクタ集材の判別をとおして、両者のかかわり合いを検討してみる。とりあげた作業条件因子は、傾斜、地形の複雑さ、人天別、伐採材積/h a、下層植生、伐採方法、伐区から林道までの距離、集材面積、伐採木1本あたり平均材積、伐区の形状の10因子とし、カテゴリーは表-4に示すとおり2～3に区分した。この表は数量化II類による判別結果を示したものである。計算の結果によると、判別に対して大きな影響力を示すアイテムは傾斜、伐区形状、集材面積の順となっており、伐採方法は皆伐、非皆伐の2区分としたため影響力は小さい値となっている。

表-4 架線集材とトラクタ集材の判別

アイテム	サンプル数	カテゴリー	スコア	偏 差	レンジ	偏相関 係数
傾 斜	237	~20未	-0.0249		0.0470	0.3911
	299	20~30	0.0007		0.0426	0.3297
	257	30~	0.0221		0.0393	0.2898
伐区形状	201	三角形状	0.0182		0.0147	0.1480
	434	矩形状	0.0004		0.0139	0.1543
	158	円形状	-0.0244		0.0107	0.0985
集材面積	205	~3.0未	0.0149		0.0104	0.1004
	416	3.0~10.0	0.0028		0.0068	0.0605
	172	10.0~	-0.0244		0.0027	0.0307
人天別	369	人工林	-0.0079		0.0001	0.0001
	424	天然林	0.0068		-0.0001	-0.0001
下層植生	424	かん木型	0.0065		0.0002	0.0002
	369	ササ・草本型	-0.0074		-0.0002	-0.0002
伐採材積/ha	399	~250未	-0.0052		0.0003	0.0003
	221	250~400	0.0051		0.0004	0.0004
	173	400~	0.0055		0.0005	0.0005
伐区から林道までの距離	226	~150未	0.0046		0.0005	0.0005
	307	150~300	0.0016		0.0006	0.0006
	260	300~	-0.0058		0.0007	0.0007
伐採木1本当 り平均材積	338	~0.50未	0.0004		0.0008	0.0008
	238	0.50~1.00	0.0030		0.0009	0.0009
	217	1.00~	-0.0038		0.0010	0.0010
地形の複雑さ	466	單純	-0.0011		0.0027	0.0307
	327	複雑	0.0016		0.0002	0.0016
伐採方法	571	皆伐	0.0001		0.0002	0.0002
	221	非皆伐	-0.0001		0.0002	0.0002

実際の作業現場にあてはめて、自然的作業条件から集材方法を判別しようとする場合には、該当するカテゴリー スコアを加算し (f_i)、判別境界値 (f_o) と比較すればよい。この場合、判別境界値は -0.0222 となった。 $f_i > f_o$ ならば架線集材、 $f_i < f_o$ ならばトラクタ集材と判別できる。この場合の適中率は 84.6% であった(図-2)。

以上のことから、集材方法の選択には自然適作業条件が大きく影響していることがわかった。

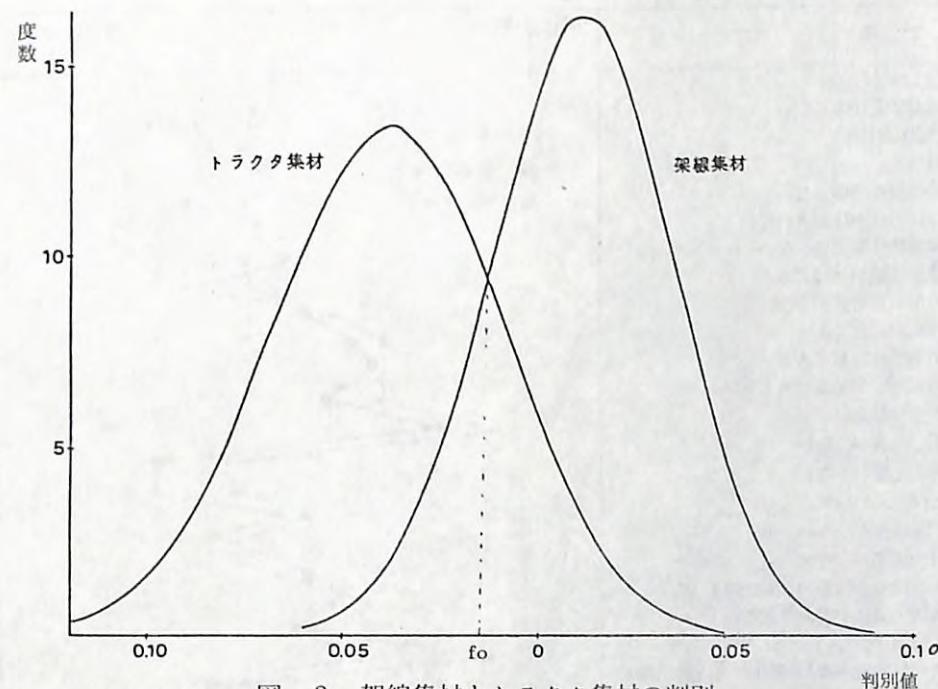


図-2 架線集材とトラクタ集材の判別

2-3 集材方法選択の主観的評価

自然的な作業条件のほかに集材方法の選択を規定するものに主観的評価がある。集材方法選択の保守性についてはよく指摘されるところであるが、多種多様な集材方法が現場担当者にどのように認識されているかは、集材方法の選択や普及を考える場合重要な要因であって、集材方法の地域性に対しても大きく影響するものと考えられる。

このような問題意識に基づき、「集材方法選択にあたっての重視項目」を調査した。調査対象者は事業所主任である。調査内容は共通項目、架線集材についての項目、トラクタ集材についての項目に大別されるが、ここでは共通項目についてその概要を述べる。共通項目 48 を種々の文献から抽出、整理し、3段階の評価尺度(特に重視した~1、やや重視した~2、重視しなかった~3)として行った。図-3 は架線集材とトラクタ集材の平均値のプロフィールを示したものである。項目別にみると〈安全性が高い〉、〈副作業が少ない〉などで架線、トラクタともに重視される傾向が強いが、トラクタ作業のもつ安全性の高さ、副作業の少なさがより重視されているのが特徴的であった。そのほか〈作業手順が明確〉、〈1回あたりの積載量〉、〈選別、巻立てが容易〉、〈傾斜への適応性〉、〈作業地の稼動性〉などで両集材方法間の差が大きかった。

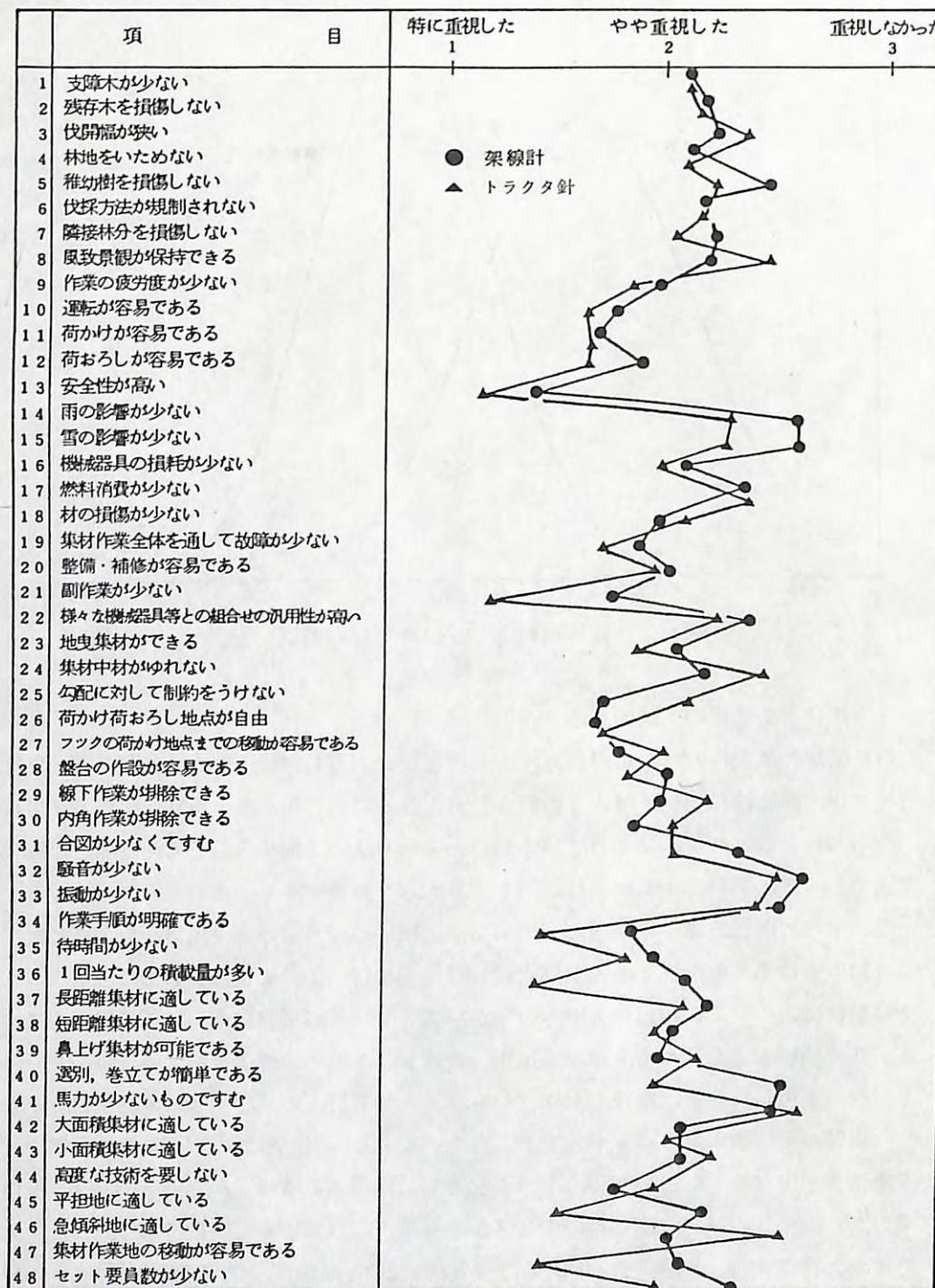


図-3 集材方法に対する主観的評価のプロフィール

つぎに集材方法に対する主観的評価の意識構造をみるために48項目の評価尺度を用いて因子分析をしたところ表-5のような結果が得られた。表-5には各因子と関連の程度の高い項目を掲げてあるが、評価尺度の集合状態から各因子を解釈すると、第1因子は〈信頼性〉、第2因子は〈作業の安全容易性〉、以下〈環境の保全性〉、〈作業の自由度〉、〈振動、騒音〉、〈傾斜性〉、〈作業の安全性〉、〈規模〉、〈天候〉、〈汎用性〉、〈簡易性〉、〈その他〉となり、48項目を12因子で意味づけすることが出来た。

表-5 集材方法に対する意識の因子分析（全体）

項 目	項 目
第一因子	17. 燃料消費が少ない 16. 機械器具損耗が少ない 20. 整備・補修が容易である 19. 集材作業全体を通して故障が少ない
	46. 急傾斜地に適している 45. 平坦地に適している
	30. 内角作業が排除できる 29. 線下作業が排除できる
	36. 1回当たりの積載量が多い 42. 大面積集材に適している 37. 長距離集材に適している
第二因子	11. 荷かけが容易である 12. 荷おろしが容易である 10. 運転が容易である 13. 安全性が高い 9. 作業の疲労度が少ない
	14. 雨の影響が少ない
	4. 林地をいためない 7. 隣接林分を損傷しない 5. 稚幼樹を損傷しない 3. 伐開幅が狭い
	28. 盤台の作設が容易である 22. 様々な機械器具等との組合せの汎用性が高い
第三因子	1. 支障木が少ない 2. 残存木を損傷しない
	47. 集材作業地の移動が容易である 38. 短距離集材に適している
	21. 副作業が少ない 43. 小面積集材に適している 48. セット要員数が少ない
	27. フックの荷かけ地点までの移動が容易である 25. 勾配に対して制約をうけない 26. 荷かけ荷おろし地点が自由
第四因子	32. 騒音が少ない 33. 振動が少ない 31. 合図が少なくてすむ
	24. 集材中材がゆれない 6. 伐採方法が規制されない
第五因子	32. 騒音が少ない 33. 振動が少ない 31. 合図が少なくてすむ
	24. 集材中材がゆれない 6. 伐採方法が規制されない

さらに、これらの意識構造と集材方法とのかかわりの解明や、規定要因との関係の分析が必要であるが、これらの分析については次回にとり上げる予定である。

以上、集材方法と地域性の予備的考察を加えたが、地域性のマクロな指標はともかくとして、自然的作業条件と主観的評価は集材方法の選択に大きく影響していた。しかしながら、時間的な制約もあり、以下の分析は、自然的作業条件と集材方法の関係について述べることにする。

（奥田吉春）

3. 集材方法の推移

集材方法はその時々の諸情勢に対応した施業方法や機械の開発改良などによる技術進歩とともに変化するとともに、各地で様々な方法が行われている。しかしながら、その選択方法には一貫性がみられないことも多く、地域に即したものとなっていないことが問題点としてあげられている。

このため、地域に即した集材方法のあり方を検討する手がかりを得る一つとして、集材方法の今日までの変遷を明らかにし今後の方向性を見い出すことも必要なことといえよう。ここでは、集材方法の推移を昭和41年度から昭和55年度までの15年間の集材方法別の導入年度とその使用期間の調査資料をもとに検討することとした。

昭和41年度から今日までの森林施業は、環境保全などの社会的な要請もあって皆伐から択伐、漸伐などの非皆伐施業へ移行してきたが、集材方法もこれにともない昭和40年代前半までは集材距離の増大、横取技術の向上、全幹ならびに全木の集材技術の導入などによってエンドレスタイラー式、フォーリングブロック式などの索張り方式を中心とした架線集材が多く、昭和40年後半以降は新たな森林施業の実施によって伐区の分散と縮小、保護樹帯の拡充などによって集材方法も多様化し、ランニングスカイライン式、ダンハム式などの主索を用いない軽架線集材が増加するとともに、トラクタの性能向上、路網の拡充、副作業の軽減などからトラクタ集材が順次増加してきている。

以上述べたことが、集材方法の選択に影響をおよぼしてきたおもな要因といえるが、集材方法がこの15年間にどのように推移してきたのか、またこれらの推移が地域的にどのように異っているのかなどの点を明らかにするため、集材方法選択の片寄り（集中度）を表わす指標として情報量の概念によるエントロピーを用いて検討を行うこととした。エントロピー（I）の算出式は次に示すとおりである。

$$I = - \sum_{i=1}^n P_i \log_2 P_i / \log_2 n$$

$$(P_i ; \text{集材方法の出現率})$$

$$(n ; \text{集材方法の種類})$$

エントロピーの値は0から1までの範囲で求まり、0に近ければ選択された集材方法がある特定なものに片寄りがあり（集中度が高い）、1に近ければ集材方法に片寄りがないことを示している。

図-4は集材方法を架線集材、軽架線集材、トラクタ集材、その他の4分類によってエントロピーを求めた結果を示している。この15年間の推移をみると、昭和41年度の0.475から昭和54年度の0.717まで順次増加の傾向がみられる。このことは図の各集材方法の比率からもわかるように、前述のような要因によって架線集材の比率が昭和41年度の7.9%を最高に46年度は7.2%，51年度は6.5%，55年度は5.7%と減少しているのに対して、軽架線集材とトラクタ集材は昭和41年度ではそれぞれ5%，1.6%であったものが55年度は1.6%，2.6%にまで増加したため、これまで15年間の集材方法が多様化してきていることを示している。

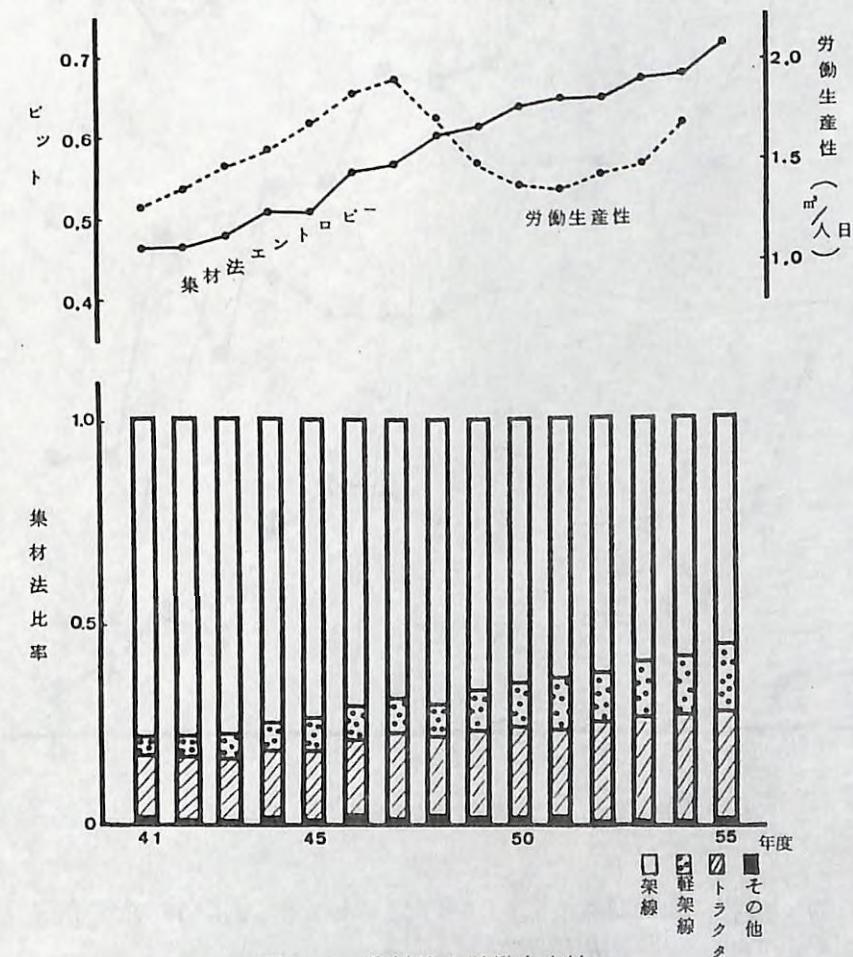


図-4 集材法と労働生産性

図-5は集材方法を11種類の索張り方式別に分類しトラクタ集材とその他を加えた13種類で地域(局)別にみたものである。なお、傾向の類似したものについては省略し、代表別で示している。

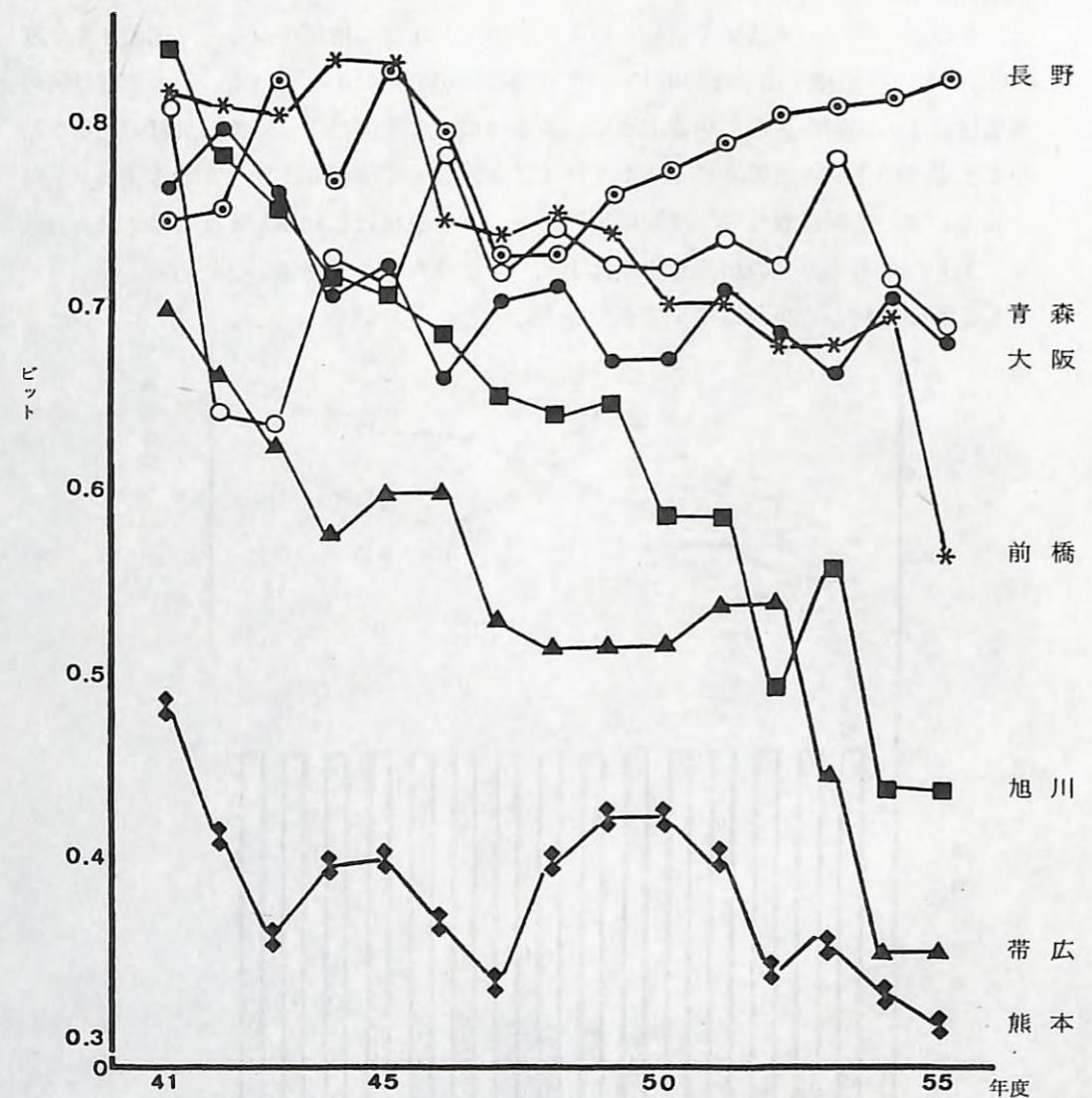


図-5 索張方法別集材法エントロピー

全体的な傾向としては昭和45、46年度と昭和51年度を境にその前後でのエントロピーの変化が大きく、これらの年度を境に集材方法の選択に著しい差異があったこと

を示している。

このような中で、高知局は(図示省略)は昭和41年から55年度までの集材方法がすべてエンドレスタイラ式であったため、14局中最も低い値となっており、これと同じ傾向は各年度ともエンドレスタイラ式が80%以上と片寄りのある熊本局でもみられ、エントロピーも0.323～0.479と低い値を示している。

北海道の各(支)局は(旭川、北見、函館は図示省略)はエントロピーに高低はみられるが、各(支)局ともこの15年間で大きく減少していることがわかる。これはトラクタ集材への移行が年々進んでいるためであるが、とくに減少の著しい帯広(支)局を例として示すと、昭和41年度が59%，46年度67%，51年度83%，55年度91%とトラクタ集材が増加していることによる。

なお、本州の5局については、長野局が昭和48年度以降各種の索張り方式が選択され年々増加の傾向を示していることと、東京局(図示省略)がエンドレスタイラ式が70%台となっていて、他の局に比較して片寄りが大きいことを除けばほとんど同様な値を示している。

以上のことから、北海道地域はトラクタ集材の占める比率が高く、逆に四国、九州地域は大部分がエンドレスタイラ式による架線集材となっており、本州の各地域は適度に各種の集材方法が選択されているといえる。

つぎに、集材方法の今後の方向性を見い出すため、同じ事業所の集材方法の推移を昭和50年度と昭和55年度の遷移率(ある集材方法からある集材方法へ推移する確率)を求めることによって検討してみた。集材方法を架線集材(軽架線含む)、トラクタ集材および架線集材とトラクタ集材の併用の3分類に大別し、傾斜(0～20°)、伐採面積(5ha未満、5ha以上)、伐採方法(皆伐、非皆伐)の作業条件別に求めたものを図-6～図-8に示している。

一般的には、架線集材とトラクタ集材を実行したところでは5年後も引き続き同種の集材方法を実行した場合が多く、とくにトラクタ集材ではこの傾向が強くなっている。反面、架線集材とトラクタ集材を併用していたところでは架線集材を取りやめてトラクタ集材を選択する傾向がみられる。

つぎに、作業条件別にみると傾斜20度以上、伐採面積5ha以上、伐採方法の非皆伐のところがそれぞれ0.62、0.59、0.63の遷移率で架線集材とトラクタ集材の併用からトラクタ集材へ移行している。このような作業条件のところは、これまで架線集材が選択されることが多いところといえるが、すでにトラクタ集材に対する実績を持つことから、移行も容易であったことによるものであろう。このように、トラクタ集材

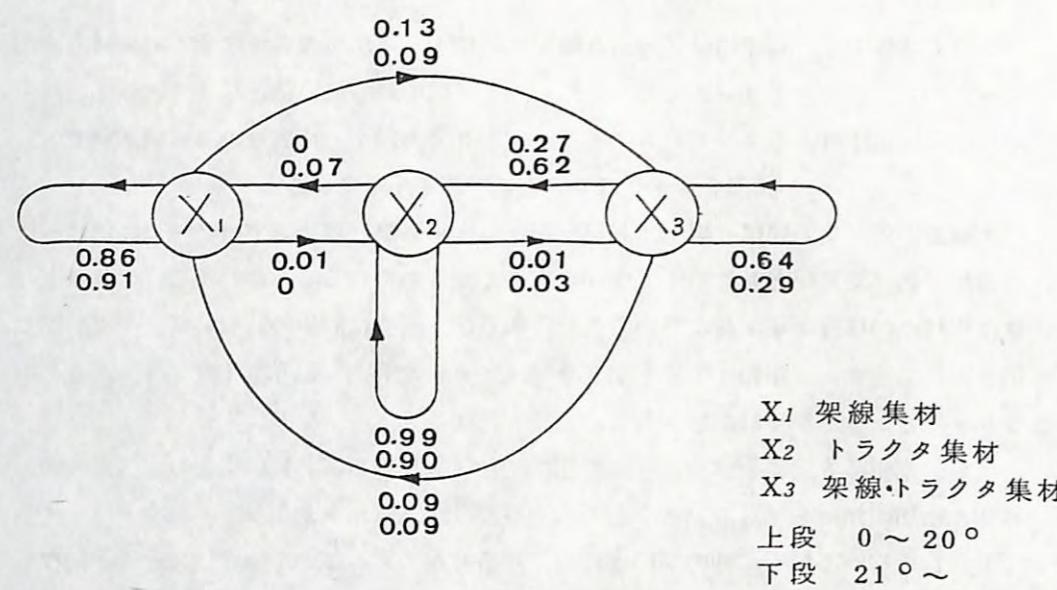


図-6 傾斜別集材方法の遷移図（昭和50年～55年）

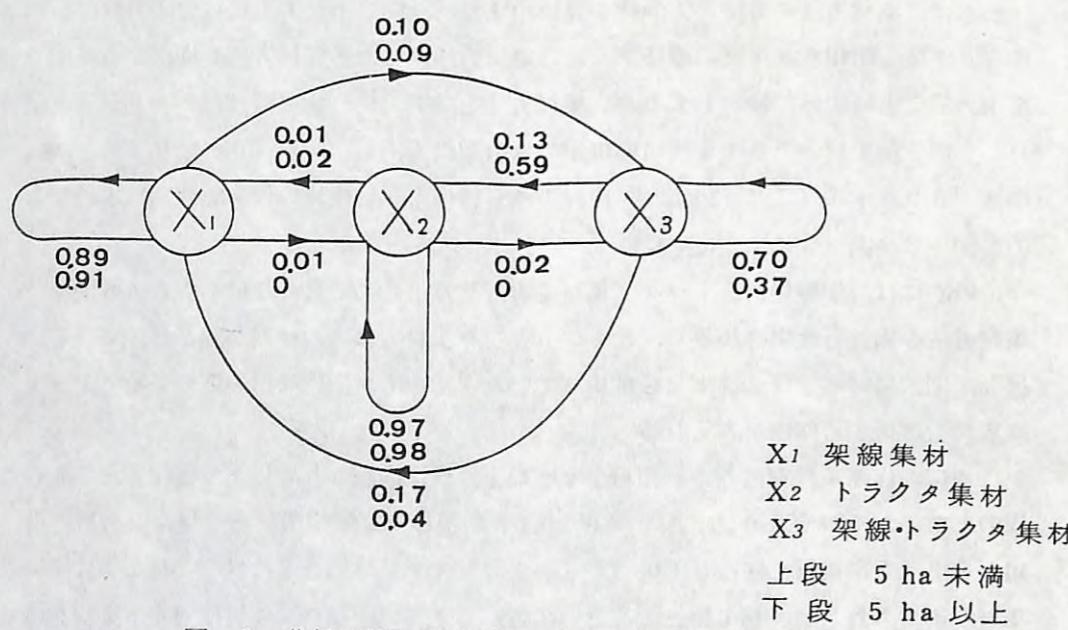


図-7 伐採面積別集材方法の遷移図（昭和50年～55年）

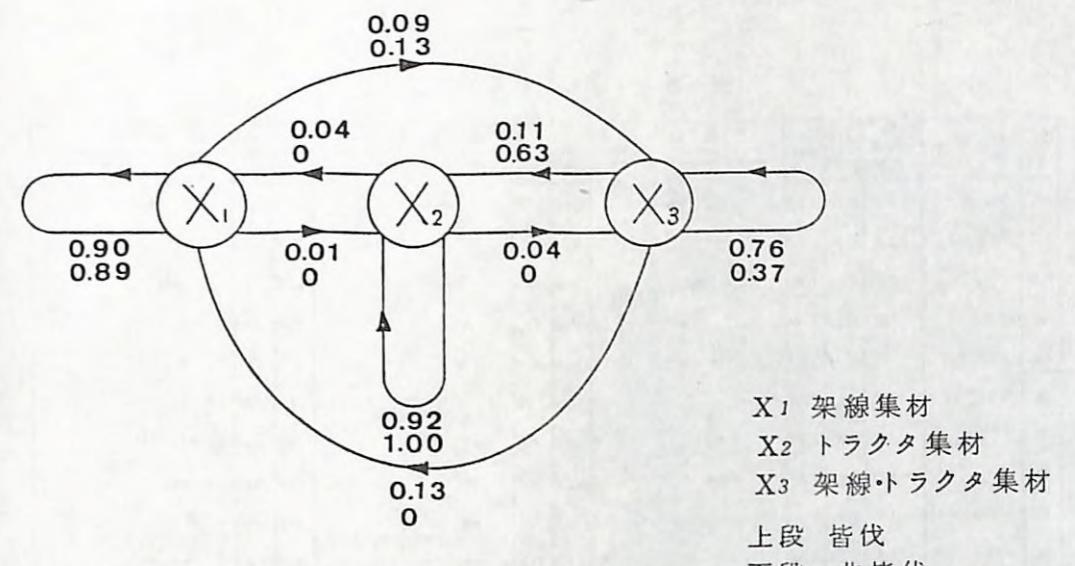


図-8 伐採方法別集材方法の遷移図（昭和50年～55年）

はこれまでのところ年々漸増の傾向がみられるが、地形上の制約、林地保全、林道開設費などから今後の選択には問題も残されている。

集材方法の適性化をはかるためには、ひきつづき集材方法の違いや地域的な特性（作業条件）をより明確化させて検討するとともに、集材方法の予測モデルなどから今後の方向性を探ることも必要である。
(辻井辰雄)

4. 集材作業の現状

4-1 架線集材作業の現状

この調査は国有林において昭和55年度、56年度に実行された架線集材の内、500件を抽出、その時の地況、林況、架線方式、集材量、それに係わった主副作業人工数等を調査したものである。その概要は表-6のようである。これによると集材面積、伐採本数、伐採材積、スパン長、平均集材距離、集材回数等の集材条件で各索張り方式の分布が異なる。なお、各要因の中で「集材面積」は1集材架線に係わる集材面積、「形状係数」は $\frac{40,000 \times A}{\pi \times L^2}$ 、A；伐区面積 (H a)、L；伐区最長径 (m) で示される指数で、1.0で円状形状に、0.5で辺が1:2の長方形、0.3で1:4の長方形となるものである。また、「林道までの距離」は伐区中心より林道までの距離を示している。

表-6 架線集材作業の概要

記号	集材方法	要因 平均値 標準偏差	集材面積			伐採本数	伐採材積		
			平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)
T	タイラー	33 4.94/2.39	0	5	1 (m)	平均面積 (m ²)	0	5.000 (m ³)	平均面積 (m ²)
E.T	エンドレス タイラー	256 6.81/4.10	101	5689/5872	101	平均面積 (m ²)	1032 731	101	平均面積 (m ²)
F.B	フォーリング ブロウ	55 3.63/2.00	101	2022/192	101	平均面積 (m ²)	1066 660	101	平均面積 (m ²)
K	クマモト	2 4.29/3.90	●	1635/627	●	平均面積 (m ²)	738 240	●	平均面積 (m ²)
Ho	ホイスト	3 4.12/2.66	●	1625/610	●	平均面積 (m ²)	766 105	●	平均面積 (m ²)
S	スラッフルайн	29 1.84/0.84	101	67 43	●	平均面積 (m ²)	122 55	●	平均面積 (m ²)
R	ランニング スローライン	43 3.07/2.24	101	863 806	●	平均面積 (m ²)	157 411	●	平均面積 (m ²)
D	ダンハム	28 2.32/2.00	101	1350 648	●	平均面積 (m ²)	815 421	101	平均面積 (m ²)
M	モケーブル	34 2.71/3.51	101	1277/1188	101	平均面積 (m ²)	617 378	●	平均面積 (m ²)
H	ハリード	17 1.83/1.36	101	1609/1664	101	平均面積 (m ²)	726 621	101	平均面積 (m ²)
架線計		500 5.11/3.57	101	3612/2838	101	平均面積 (m ²)	1002 1212	●	平均面積 (m ²)

記号	集材方法	要因 平均値 標準偏差	横裁量			平均横取り距離	工作業行程		
			平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)
T	タイラー	33 1.11/0.32	●	50.8 10.6	101	673/178	101	●	●
E.T	エンドレス タイラー	256 1.29/0.48	●	57.8 22.2	●	7.88/2.95	●	●	●
F.B	フォーリング ブロウ	55 1.11/0.34	●	61.7 16.8	●	6.9/2.55	●	●	●
K	クマモト	2 0.96/0.06	●	36.0 5.7	●	5.89/0.86	●	●	●
Ho	ホイスト	3 0.64/0.27	●	37.5 15.5	●	5.51/2.01	●	●	●
S	スラッフルайн	29 0.97/0.24	●	33.1/10.8	101	5.41/1.87	101	●	●
R	ランニング スローライン	43 0.93/0.27	●	24.3/13.0	101	7.06/2.84	101	●	●
D	ダンハム	28 0.89/0.28	●	33.9/15.2	101	7.76/4.81	101	●	●
M	モケーブル	34 0.57/0.26	●	5.1/3.2	●	4.43/1.83	101	●	●
H	ハリード	17 0.94/0.47	101	18.8/12.9	101	3.62/3.92	101	●	●
架線計		500 1.11/0.48	●	44.5/24.5	●	7.24/3.06	●	●	●

記号	集材方法	要因 平均値 標準偏差	スパン長			平均集材距離	集材回数		
			平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)
T	タイラー	33 624.7/170.4	101	313.7/123.9	101	20.0 4.7	●	●	●
E.T	エンドレス タイラー	256 478.5/240.9	101	296.1/140.3	●	21.0 5.0	●	●	●
F.B	フォーリング ブロウ	55 422.7/175.1	101	239.0/119.8	101	21.0 5.3	●	●	●
K	クマモト	2 432.0/145.7	●	162.0 2.8	●	20.0 2.8	●	●	●
Ho	ホイスト	3 476.5/142.2	●	292.5 65.0	●	24.3 7.9	●	●	●
S	スラッフルайн	29 244.7/63.3	●	134.5 50.1	101	22.0 3.0	●	●	●
R	ランニング スローライン	43 244.5/63.4	●	118.9 50.5	101	20.8 4.0	●	●	●
D	ダンハム	28 244.1/17.2	●	129.1 46.2	101	22.8 5.6	●	●	●
M	モケーブル	34 518.6/301.3	101	233.6/151.1	101	55.2 31.9	●	●	●
H	ハリード	17 244.2/82.4	101	128.8 53.1	101	29.6 8.2	101	●	●
架線計		500 517.8/277.4	●	246.7/197.1	●	23.7 12.9	●	●	●

記号	集材方法	要因 平均値 標準偏差	傾斜			形状係数	林道までの距離		
			平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)		平均面積 (m ²)	標準偏差 (m ²)	平均面積 (m ²)
T	タイラー	33 28.9 8.2	●	0.35 0.15	101	290.1/118.4	101	●	●
E.T	エンドレス タイラー	256 28.9 7.7	●	0.38 0.14	●	285.3/216.7	101	●	●
F.B	フォーリング ブロウ	55 25.8 7.6	101	0.35 0.17	101	205.6/101.5	101	●	●
K	クマモト	2 17.0 9.9	●	0.32 0.03	●	60.0/28.3	●	●	●
Ho	ホイスト	3 23.8 10.9	●	0.47 0.14	●	275.0/62.6	●	●	●
S	スラッフルайн	29 27.1 5.8	101	0.25 0.12	101	252.4/40.4	101	●	●
R	ランニング スローライン	43 23.2 4.4	101	0.44 0.15	101	170.5/27.5	101	●	●
D	ダンハム	28 26.0 8.1	101	0.40 0.14	101	102.9/71.0	101	●	●
M	モケーブル	34 26.5 7.7	101	0.36 0.18	101	165.6/102.7	101	●	●
H	ハリード	17 25.3 8.1	101	0.40 0.15	101	170.6/23.9	101	●	●
架線計		500 27.4 7.8	●	0.37 0.15	●	263.1/28.6	●	●	●

次に、調査データを地域別に示したのが表-7である。このデータが全数調査でないため地域による特徴はこれだけでは握りがたいが、北海道営林局以北の軽架線グループ、函館、前橋、東京、大阪、高知、熊本の大規模架線グループ、その他の種々の索張り方式を試みているグループと3区分できそうである。

表-8は調査データを索張り方式ごとに細分化し、地形要因との関連をみたものである。この表より(1)架設場所は、大規模な索張り方式であるE.T., F.B.はどの地形でも使用されているが(E.T.は尾根から尾根が多い)、S等の小規模な索張り方式は山腹に架設されている(E.T., T等の略記号は表-6参照)。そのため架線をよぎる沢数は小規模な索張り方式では少ない。(2)伐区の形状は矩形状のものが多い。(3)林地傾斜は、大規模なものが急な所で、小規模なものは緩な所で使用される傾向にある。(4)主架線方向の傾斜を示す「支間傾斜予定角」は各索張り方式の特長を示す使われ方をしていたが、F.B.のようにもっと急な角度で、Mのようにもっと緩な角度で使用した方がよいものもみられる。

(豊川勝生)

表-7 営林局別架線集材方式の特徴

局	索張り方式区分								集材面積	伐採材積	伐区から林道までの距離	傾斜												
	エンド	フォーリング	クランク	ホイスト	スラック	ランニング	ダンハム	モノケーブル																
タイラード	ターピング	ブローバック	モト	クランク	スカイライン	ランニング	ハイリード	ハイリード	250	500	500	1	1000	2000	2000	150	300	300	25	30	30	1		
北海道	2		2						3	1	4		2	2			2	2		1	3			
旭川	1			4					4	1	5		4	1			4	1						
北見				27	16				43		43		28	10	5		13	20	10					
帯広	3	7	6						2	3	8	7	16	2	1	9	8	15	3					
函館	3	7	6						2	3	8	7	16	2	1	9	8	15	3					
青森	27	2	1		21	14	13	7	55	18	12	58	24	3	45	21	19	32	24	29				
秋田	13	37	18	1	2	11	16	3	37	28	36	43	43	15	25	48	28	37	32	32				
前橋	2	17							5	14	2	9	8	5	4	10	4	3	12					
東京	21								14	8	5	10	7	10	7	5	3	4	15					
長野	9	26	18	2					19	22	16	25	20	12	12	26	19	16	9	32				
名古屋	4	16	9	1					11	10	13	16	14	4	5	20	9	4	10	20				
大阪	17								5	4	12	6	7	8	4	9	8	2	3	16				
高知	28								1	27		28	4	13	11	3		3	25					
熊本	2	59							2	7	17	39	4	23	36	13	28	22	15	18	30			

表-8 架線集材方式と地形因子

索張り方式区分	架設場所 山腹から尾根 尾根 谷筋	沢 数			形状係数 Q25 未満 Q50 未満 Q50 未満	傾 斜 4 1 14	支間傾斜予定角 1 11 7	
		0	1	2-				
1	原 型	8	5	6	6 11 2	4 11 4	4 1 14	1 11 7
2	3 脊 型	2	4	5	2 6 3	1 9 1	7 1 3	4 7
3	横取規制型	1	1	1	1 2	2 1	1 2	1 2
4	エンド	2	2		1 1 2	4	1 3	2 2
5	エンド	52	112	70	39 96 99	43 141 50	55 47 132	122 107 5
6	エンド	6	7	5	3 5 10	3 9 6	2 1 15	10 7 1
7	原 型	18	16	13	15 23 9	16 22 9	16 15 16	20 22 5
8	エンドレス型	1	1	1	2 1	1 1 1	2 1	2 1
9	3 脊引込型	1	2	2	3 1 1	5	1 2 2	1 4
10	原 型	1			1	1	1	1
11	引込索型		1		1	1	1	1
12	ホイスチングキャレジ	1	1	1	3	2 1	3	3
13	原 型		1		1	1	1	1
14	3 脊 型	1			1	1	1	1
15	繁 留 型	24	2	1		16 11	3 14 10	4 23
16	フック型	9	3	1	9 3 1	1 8 4	8 4 1	5 5 3
17	エンドレスフック型	4			4	1 1 2	4	3 1
18	フック繁留型	13	2	14	1	4 6 5	10 5	4 11
19	エンドレス・調整フック型	1	1		1 1	1 1	2	1 1
20	エンドレス・フック引込型	3			3	1 2	1 2	3
21	フック・引込型	3	1		3 1	4	4	4
22	エンドレス・リフチング引込型	1	1		1 1	2 1 1	1 1	1 1
23	原 型	10	7	8	12 12 1	1 21 3	10 4 11	17 6 2
24	引込型	1	1	1	1 2	1 1 1	3	2 1
25	調整型	20	1	7	26 1 1	7 14 7	9 7 12	9 6 13
26	調整・引込索型	6			6	4 2	4 2	3 3
27	原 型 折返し型	10	1	3	11 3	2 8 4	5 6 3	3 5 6
28	引込型	1	2		3	1 2	1 1 1	1 2

4-2 トラクタ集材作業の現状

トラクタ集材作業は種々の作業条件下で実行されており、各作業現場によって作業方法も異っている。このような状況下においては作業能率を向上させるためには、各作業条件に適合した集材方法を確立していく必要がある。

本節においては、現行のトラクタ集材作業の作業条件及び集材方法の現状を把握、分析するとともに、伐倒作業から造材作業に至るまでの各単位作業の所要人工数、作業能率について分析を行った。

なお、分析対象の集材現場は、天然林160ヶ所、人工林112ヶ所、合計272ヶ所である。

4-2-1 作業条件の現状

表-9は、人天別及び伐採方法別の作業条件である。ここにおける作業条件は、作業前に把握しやすい自然的条件を中心に取り上げた。

表から、天然林と人工林では明らかに作業条件が違っていることがわかる。また、伐採方法別にみても、伐区面積、伐採木1本あたり平均材積にかなりの違いが見られる。(表中、皆伐とあるのは伐区で皆伐と択伐が分離できないものである)。

表-9 トラクタ集材の作業条件

人・天別 要因	天 然 林		人 工 林	
	皆 伐	択 伐	皆 択 伐	
伐区傾斜(度)	16.8	16.8	19.1	20.5
立木本数(本/ha)	330.0	572.0	315.0	1071.2
立木材積(m ³ /ha)	205.0	230.4	158.5	362.8
伐区面積(ha)	7.8	63.8	36.6	7.0
1伐区あたり 伐採本数(本)	2013.0	2858.0	3567.0	6220.0
1伐区あたり 伐採材積(m ³)	1426.2	3952.0	3355.7	2069.7
haあたり 伐採本数(本/ha)	273.9	53.9	101.3	997.0
haあたり 伐採材積(m ³ /ha)	188.0	69.1	97.8	336.8
伐採木1本あたり 平均材積(m ³ /本)	0.83	1.62	1.18	0.39

まず地形条件を表わす伐区傾斜をみると、天然林の場合、平均16.8～19.1度であり、人工林に比べやや緩やかな条件下で行われている。集材規模を表わす伐区面積や1伐区あたり伐採材積については、天然林択伐が伐区面積63.8ha、伐採材積3952m³であり、集材規模が最も大きい。また、天然林皆伐と人工林は伐区面積はほぼ等しいが、伐採材積は人工林の方がやや多い現状になっている。

伐採木1本あたり平均材積は、天然林択伐1.62m³/本、皆伐1.18m³/本、皆伐0.83m³/本、人工林0.39m³/本となっており、天然林択伐においてはかなりの大径材が搬出されている。

以上のように現状のトラクタ集材作業はいろいろな作業条件下で実行されていることがわかる。

4-2-2 集材方法の現状

現行のトラクタ集材は、全幹集材、全木集材、普通材集材の3種類に大別されるが、今回の調査対象伐区においては、その95%以上が全幹集材で占められていた。

次にトラクタ機種をみると、天然林、人工林とともにクローラタイプの占める割合が多く、また、天然林は人工林に比べ、クローラタイプとホイールタイプの併用がかなり行われていた。

ここで集材方法の代表的な要因を取りまとめたものが表-10である。

表-10 トラクタ集材方法

人・天別 要因	天 然 林			人 工 林
	皆 伐	択 伐	皆 択 伐	
組 人 員 (人)	9.3	13.9	13.6	7.9
1伐区あたり トラクタ台数(台)	1.4	2.2	1.9	1.1
木寄せ距離(m)	18.2	22.3	18.7	28.9
集材距離(m)	283.2	374.5	328.8	248.8
集材回数(回/日)	12.2	9.9	7.6	14.2
1回あたり 積載量(m ³ /回)	2.60	3.93	3.44	1.96

まずセット人員をみると、天然林択伐及び皆伐のセット人員が多く、約14人程度である。また天然林の方が人工林よりセット人員がかなり多い。セット人員については

1伐区に使用されるトラクタ台数との関係が深いと考えられるので、次にトラクタ台数をみると、先のセット人員が多かった天然林抾伐及び皆抾伐の伐区では1伐区あたりトラクタが約2台程度使用され、他のものより使用台数が多い。天然林抾伐及び皆抾伐は、表-9からわかるとおり、伐区面積、伐採材積が大きく、集材規模が大きいことがわかる。従って、集材規模の大きいところには、当然のことであるが、人員、トラクタが多く投入されている。

木寄せ距離、集材距離、集材回数、積載量などは、作業能率に関する重要な要因と考えられる。

木寄せ距離は、天然林で約19.7m、人工林で約28.9mであり、人工林の方が約9m程度長い木寄せが行われている。天然林について伐採方法別にみると抾伐が他の方法に比べて木寄せ距離が長い。

集材距離は、天然林で約324.4m、人工林で約248.8mである。また天然林においては、抾伐の場合が最も長い。

1日あたりの作業能率は、集材回数(回/日)と積載量(m³/回)との積が根拠となるが、ここで集材回数と積載量との関係をみると、天然林の場合、1日あたりの集材回数は少ないが1回あたりの積載量が多い。一方、人工林はその逆のパターンを示している。特に、天然林抾伐、皆抾伐においては1回あたりの積載量が多い。このことは、1本あたり平均材積とかなり関係があるものと考えられる。

4-2-3 作業能率の現状

以上のように、現状のトラクタ集材作業はいろいろな作業条件及び集材方法により実行されているが、このような現状においてよりよい集材方法を選択していく場合、作業能率やコストは最も重要な評価基準となる。

表-11は、人・天別、伐採方法にみた総所要人工数、主作業人工数、副作業人工数、

表-11 トラクタ集材の所要人数

		総人工数 (人)	主作業人工数 (人)	副作業人工数 (人)	主作業率 (%)	副作業率 (%)
天 然 林	全 体	737.4	594.8	142.6	83.0	17.0
	皆 択 伐	419.9	348.2	71.7	85.0	15.0
	抾 伐	1018.4	813.4	205.4	82.0	18.0
	皆 択 伐	841.5	676.0	165.5	82.0	18.0
人 工 林		658.6	560.6	98.0	89.0	11.0

及び主作業率、副作業率である。

主作業人工数とは、伐倒から巻立てに至るまでの各単位作業の所要人工数の合計である。一方、副作業人工数とは、主に作業道作設・補修、土場作設・撤去のために要した人工数の合計である。

総人工数は、天然林全体として1伐区あたり平均737.4人、人工林は平均658.6人であり、天然林の方が多い。

次に主作業率、副作業率をみると、天然林全体では主作業率83%，副作業率17%であり、人工林では主作業率89%，副作業率11%である。このように、人工林の方が副作業率が低く、附帯的作業が天然林に比べて少ない。また天然林の場合、皆伐の副作業率が他の二つに比べて低い。

表-12は、人・天別に伐倒から巻立てに至るまでの各単位作業ごとの平均所要人工数及び平均作業工程である。天然林、人工林ともに共通して、伐倒及び巻立て作業に多くの人工数要している。伐倒作業の場合、天然林の平均作業工程は16.53m³/人工、人工林は7.36m³/人工であり、天然林は人工林の2倍以上の工程である。伐倒作業工程に影響する因子としては種々考えられるが、特に1本あたり平均材積が重要な因子として考えられよう。荷掛け、集材作業の工程については、天然林と人工林との差は少ないが、やや天然林の方が良い現状になっている。造材作業の工程については、天然林が人工林の2倍以上の工程を上げている。このことは、造材本数、一本あたり平均材積が工程に影響していることが考えられる。巻立て作業については、天然林16.13m³/人工、人工林11.99m³/人工となっており、伐倒作業と同様、工程は低い。

ここで、伐倒工程、集材工程(荷掛けと集材)、造材工程(造材と巻立て)の3工程

表-12 トラクタ集材の各単位作業ごとの平均所要人工数および平均作業工程

人・天別 単位作業	平均所要人工数(人)		平均作業工程(m ³ /人)	
	天然林	人工林	天然林	人工林
伐 倒	160.8	268.5	16.53	7.36
荷 掛 け	90.4	80.0	27.47	23.47
集 材	98.2	84.3	25.51	23.53
造 材	65.3	127.2	31.45	13.50
巻き立て	154.6	127.1	16.13	11.99

に分けてそれぞれの所要人工数の割合を示せば、天然林の場合、伐倒 28%，集材 33%，造材 39%，人工林の場合、伐倒 39%，集材 24%，造材 37% となっている。以上のように、造材功程は天然林、人工林ともにほぼ同じ割合であるが、伐倒工程は人工林、集材工程は天然林の方が割合が高くなっているのが現状である。

以上のように、トラクタ集材作業に関して、作業条件、集材方法、作業能率の現状について分析を進めてきたが、今後、作業条件と集材方法、作業能率との関係についての分析を進めていく計画である。(今宮裕樹)

(今富裕樹)

5. 集材作業の類型化

5-1 架線集材作業の類型化

5-1-1 機能面からの分類

集材方式の分類を機能面より考えた。この場合、機能としては集材方式の規模を考える。この規模を示す要因として、「集材面積」、「平均集材距離」、「平均横取り距離」、「伐採材積」を説明因子としてとりあげた。クラスター分析を使用した結果は、図-9のようである。分析にあたり上記4因子の各集材方式ごとの平均値を求め、この値を各

図-9 架線集材方式の機能別分類

因子ごとに規準化することにより各集材方式の類似性を検討している。図では各集材方式の線分間距離の結びつきが近い程、その機能面の類似性が高いことを示すので、(1)T, E, T, (2)F, B, (3)S (4)R, D, H (5)Mの5区分ができる。

5-1-2 構造面からの分類

現在、集材機使用の集材方式には索張り方式区分で、T, E. T., F. B. 等のおおまかな区分方式（調査データでは10分類）がある。しかし、その細部についてはT方式ではいわゆる2胴方式の原型のものから、3胴型、横取規制型と区分でき、他の方式でも同様な区分ができる。そこで集材方式をこの名称にとらわれるのでなく、その構造面よりその分類集約（構造的に類似しているものはそれを1つのグループとみなす）を実施してみた。索張り方式区分と主な構造要因の対応関係は表-13のようである。このパター

表-13 集材機索張り方式とその構造要因

ン分類の手法として数量化III類を使用した。数量化III類とは、要因内部の相互関連をみるとことにより、その潜在関係を軸とした関係数量に変化させて空間構成を作り出す手法で、これにより測定対象の潜在関係の特性を明らかにしたり、測定対象を分類したりできる統計的手法である。

この結果は図-10のようである。この図より各要因がどの様な潜在要因で分類されているのかを解釈する。第1軸は「主索型↔非主索型」(全体の情報量の17%を示す)、第2軸は「エンドレス型↔非エンドレス型」(同16%)、第3軸は「横取り方法単純型↔横取り方法複雑型」(同11%)と解釈できる。つまり、第1軸に関しては構造的要因より各索張り方式(28方式)を分類すると主索の有無で分類できることを示しており、他の軸も同様な分類できることを示している。

図-11は上記の3軸に対する各索張り方式の相関の高さを各軸ごとに示したものである。この図上で近い位置にある索張り方式は構造面より類似性が高いことを示している。28分類の索張り方式は、ほとんどが代表的名称である10分類の索張り方式に区分できることができ理解できる。しかし、SとRの方式特にR方式はまとまり具合が悪く、名称が同一であっても構造的には多種類の応用があることを示している。図上の○印は10分類の代表的索張り方式それぞれの中で使用頻度の高いもの(表-8参照)を示し

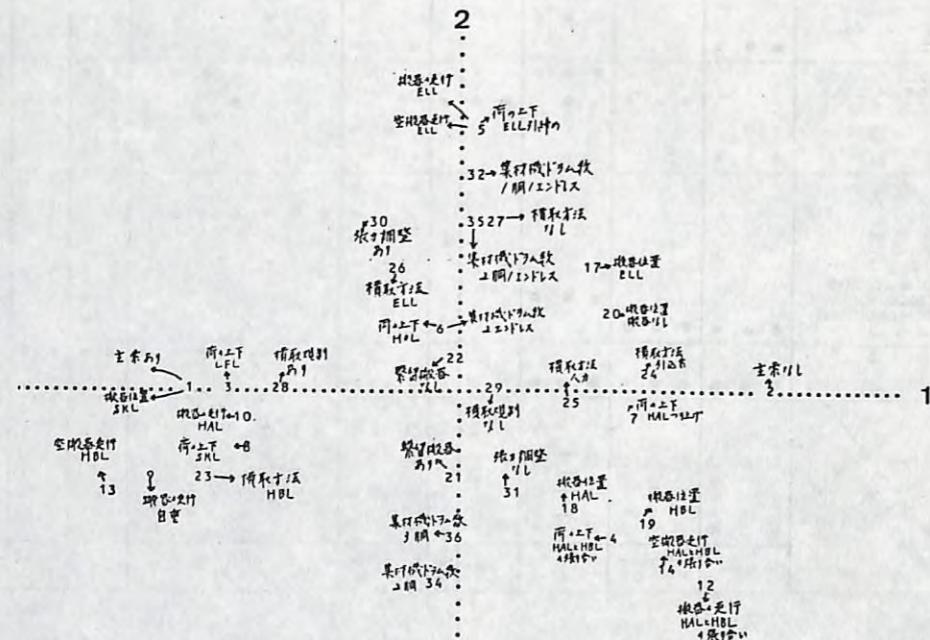


図-10-1 架線集材方式の構造的分類に寄与する要因(1軸×2軸)

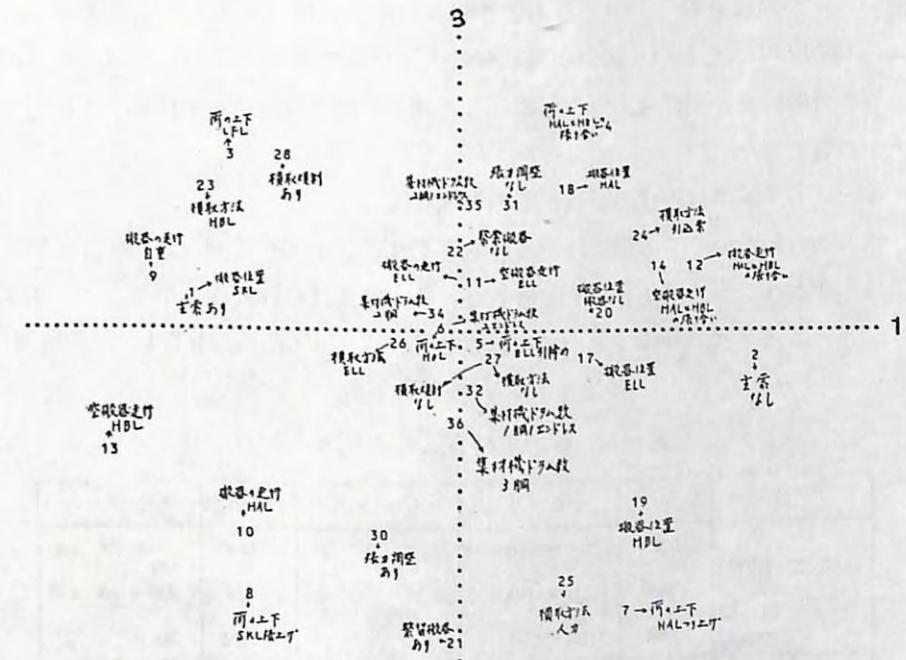


図-10-2 架線集材方式の構造的分類に寄与する要因(1軸×3軸)

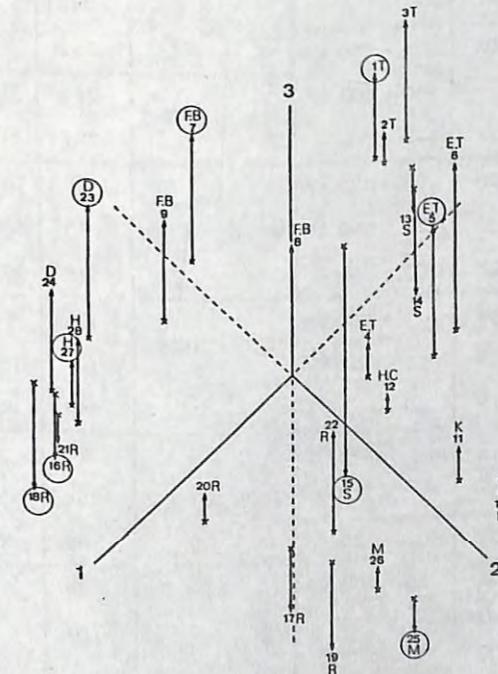


図-11 架線集材方式の構造別分類

ている。この代表的な○印で各索張り間の類似性を検討すると、(1)T, E, T, (2)F, B, (3)S (4)M (5)D, H, Rの5区分が可能なことが理解できる。この結果は、前述の機能面よりの分析結果と同様であり、各索張り方式が、構造面、機能面両面で5区分できることが理解できた。

5-1-3 架線集材方式の分類とその判別要因

構造的分類と機能的分類で区分できる5グループが15要因(表-14参照)で判別できるかどうかを数量化II類で分析した。この判別は良好でなかったので、4グループ、3グループとさまざまなグループ化を検討した。その結果、(1)T, E, T., F, B, (2)S

表-14 架線集材方式判別要因

アイテム	サンプル数	カテゴリー	アイテム	サンプル数	カテゴリー
伐採木1本当り平均材積	221	-0.50未満	傾 斜	144	-25未満
	158	0.50-1.00未満		124	25-30未満
	116	1.00-		227	30-
伐採材積	223	-1000未満	伐採方法	390	皆伐
	151	1000-2000未満		105	非皆伐
	121	2000-		243	人工林
伐採材積/Ha	204	-250未満	地形の複雑さ	252	天然林
	159	250-400未満		268	単純
	132	400-		227	複雑
形状係数	108	-0.25未満	架設場所	199	山腹
	282	0.25-0.50未満		168	尾根から尾根
	105	0.50-		128	谷筋
標高差/面積	184	-25未満	伐区から林道までの距離	156	-150未満
	139	25-40未満		197	150-300未満
	172	40-		142	300-
下層植生	311	かん木型	支間傾斜予定角	203	-10未満
	184	ササ・草本型		204	10-20未満
集材面積	185	-250未満		88	20-
	126	250-500未満		188	0
	184	500-	沢 数	173	1
				134	2以上

(3)R, D, H, M, の3グループ化で判別がかなり可能(適中率80%)なことが理解できた。この判別に寄与している要因順は図-12のようであり、この3区分を選択している要因群は出材量、伐採面積形状、伐採方法、地形の順となる。

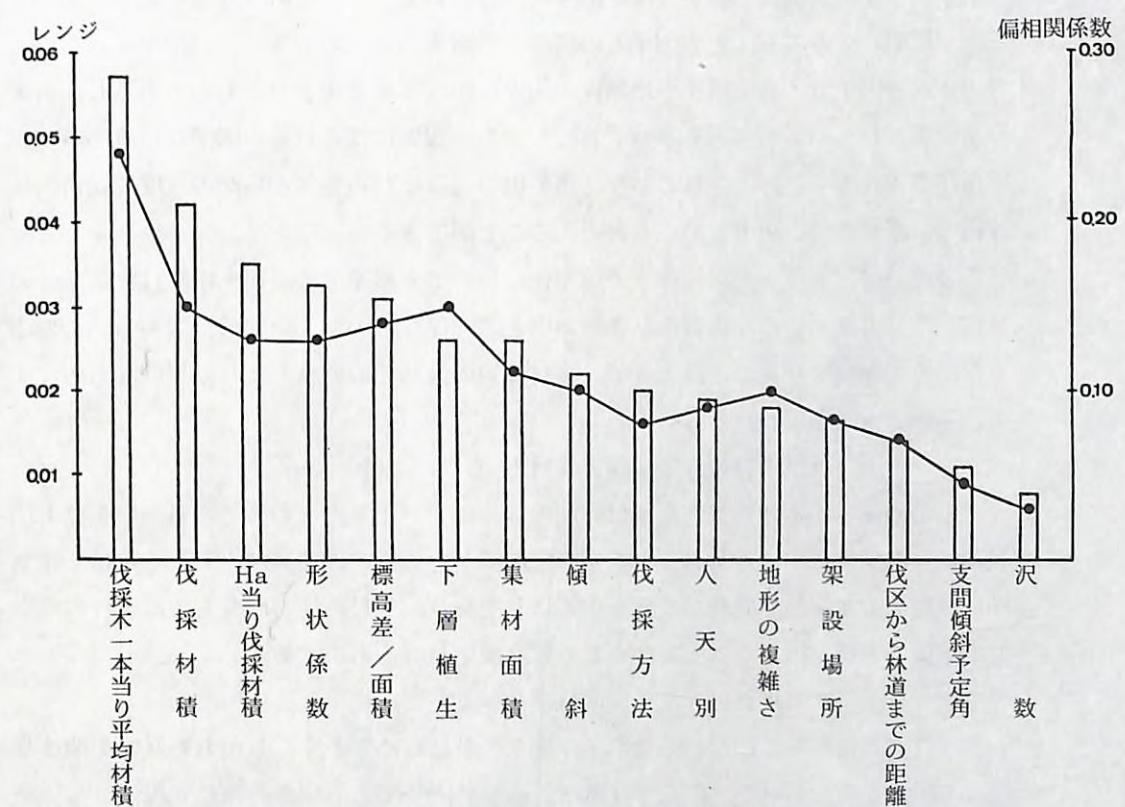


図-12 架線集材方式選択要因順位図

5-1-4 まとめ

昭和55年度と、56年度に実行された架線集材500例を基に、そのデータの特質、架線の機能的、構造的区分、その区分による架線集材方式判別要因を分析した。まず、架線集材方式の実行面では集材方式選択に地域性がみられること、一般的にいわれている架線集材方式の利点を活かす集材方式の選択が充分にはなされていないことが理解できた。次に、機能面、構造面よりグループ化すると、(1)T, E, T, (2)F, B, (3)S (4)R, D, H (5)Mの5区分ができる。これらの区分を基準とした判別要因の分析では(1)T, E, T., F, B, (2)S (3)R, D, H, Mの3区分で判別が可能であり、その判別要因と呼べるものは出材量、伐採面積、形状等であった。構造面、機能面より分離できた、T, E, T. グループとF, B. ; D, H グループとMが判別要因からの分析では分離できないことはこ

これら架線集材方式が地域に応じた利用がなされていないことであり今後の検討課題であろう。

(豊川勝生)

5-2 トランクタ集材作業の類型化

トランクタ集材作業に影響を及ぼす因子の数は極めて多い。そのうち集材効率に影響する因子に限ってみても、どの因子との関係を考察すればいいのか、答は簡単ではない。考慮すべき因子は、事業規模や地域性の相違によって重要視されるものもあるし、あまり重要視されないものもある。いずれにしても、現実にはこれらの因子が絡みあって、集材作業条件因子が形成されており、事業担当者はそれらをなんらかの尺度で総合的に評価し、集材方法を決定していると考えることができる。

この節では、トランクタ集材作業の類型化について考察を進めるが、中味は作業条件の分類、集材方法の分類、両者及び集材効率との関係などのマクロな分析である。このような試みを発展させることによって、集材作業の最適化の考察をより効果的なものにすることができると思われる。

5-2-2 トランクタ集材の作業条件と集材方法

考察の対象とする作業条件と集材方法の区分は表-15のとおりである。いずれも広義には作業条件の中に含まれるべきものであるが、ここで作業条件としたものは、作業前に把握しやすい自然的作業条件を中心にしており、集材方法としたものは実行の段階で事業担当者がどのようにするかをある程度決定し得るものである。

5-2-3 トランクタ集材の作業条件の分類

トランクタ集材作業にかかる作業条件因子の数は極めて多く、しかもお互いに関連し合っていると考えられる。そこでなるべく少ない因子である程度的確に表現できないかと考え、作業条件因子を分類してみた。

あるものを分類する場合、はじめからなんらかの基準があれば問題はないが、適当な基準がないときには、現実のデータの作業条件因子を使って、作業条件因子の似具合から分類していく方法がある。この方法はパターン分類の数量化といわれるが、この理論の考え方についてすでに前節で説明した。とりあえずこの方法を使って作業条件を分類してみる。

まず、表-15に掲げた13の作業条件因子全部を使ってパターン分類を行い、作業条件を分類する上で効率がよい因子9を抽出した(図省略)。

表-15 トランクタ集材の作業条件と集材方法の区分

		単位	区分		
作業条件	地形の複雑さ		単純	複雑	
	地質		泥濘	軟弱	堅強
	人・天別		人工林		天然林
	伐採方法		皆伐	抾(漸・間)伐	皆・抾伐
	傾斜度		~ 15	16 ~ 25	26 ~
	伐区の形状		~ 0.25	0.26 ~ 0.50	0.51 ~
	林道からの距離	m	~ 200	201 ~ 400	401 ~
	集材面積	ha	~ 10	11 ~ 30	31 ~
	伐採本数	本	~ 2000	2001 ~ 6000	6001 ~
	伐採材積	m ³	~ 1000	1001 ~ 4000	4001 ~
集材方法	集材木の状態		全木・全幹	普通	全幹・普通
	平均材積/本	m ³	~ 0.5	0.6 ~ 1.0	1.1 ~
	伐採材積/Ha	m ³	~ 250	251 ~ 400	401 ~
	トランクタ台数	台	1	2	3 ~
	トランクタ機種		ホイール	クローラ	ホイール・クローラ
	集材路網密度	m	~ 100	101 ~ 150	151 ~
	土場数	個	1	2	3 ~
	土場の面積	m ²	~ 1000	1001 ~ 2000	2001 ~
	組入員	人	~ 4	5 ~ 7	8 ~
	平均集材距離	m	~ 200	201 ~ 400	401 ~
	集材回数/日	回	~ 10	11 ~ 15	16 ~
	積載量/回	m ³	~ 2.0	2.1 ~ 3.5	3.6 ~
	平均木寄距離	m	~ 20	21 ~ 30	31 ~

(13因子)	(9因子)
地形の複雑さ	地形の複雑さ
地 質	人・天別
人・天別	伐採方法
傾 斜	傾 斜
伐 区 の 形 状	林道からの距離
林道からの距離	集材面積
集材面積	伐採本数
伐採本数	伐採材積
伐採材積	平均材積／本
集材木の状態	
平均材積／本	
伐採材積／HA	

しかし、これだけではまだ分類の中味に立ちいることができない、そこで抽出された9つの作業条件因子を使って再度パターン分類を行ってみる。この方法は1回だけでうまく分類できない場合は2回、3回（次元という）とパターン分類を繰り返すと、第1軸と同じように分類の基準として別の次元を求めることができる。ここでは4次元（第1軸～第4軸）まで求め、その結果が図-13～図-14のとおりとなる。これらの数値の結びつき具合から各軸の意味を読みとることができる。第1軸は分類の結びつきがいちばん強いものであり、続いて第2軸、第3軸の順となる。

第1軸をみると、プラスの方に天然林、平均材積／本大、択伐型、マイナス側は人工林、平均材積／本小、皆伐型となっている。このことから第1軸は材の大きさを意味する考えることができ、プラス側は材の大きさ大、マイナス側は材の大きさ小となる。同様にして第2軸は、プラスの方向が伐採本数、伐採材積が共に大、マイナスの方は共に小となっている。このことから第2軸は集材規模をあらわしていると考えてよく、分類の2番目には集材規模の大小で分割すればよい。第3軸、第4軸はやや明確さに欠けるが、簡単に表現すると、第3軸は地形の複雑さ、第4軸は林道からの距離をあらわしているようである。

このようにして、トラクタ集材の作業条件のパターン分類の結果は

- 第1次元 材の大木さ小↔材の大きさ大
- 第2次元 集材規模大↔集材規模小
- 第3次元 地形単純↔地形複雑

第4次元 林道からの距離長↔林道からの距離短となる。

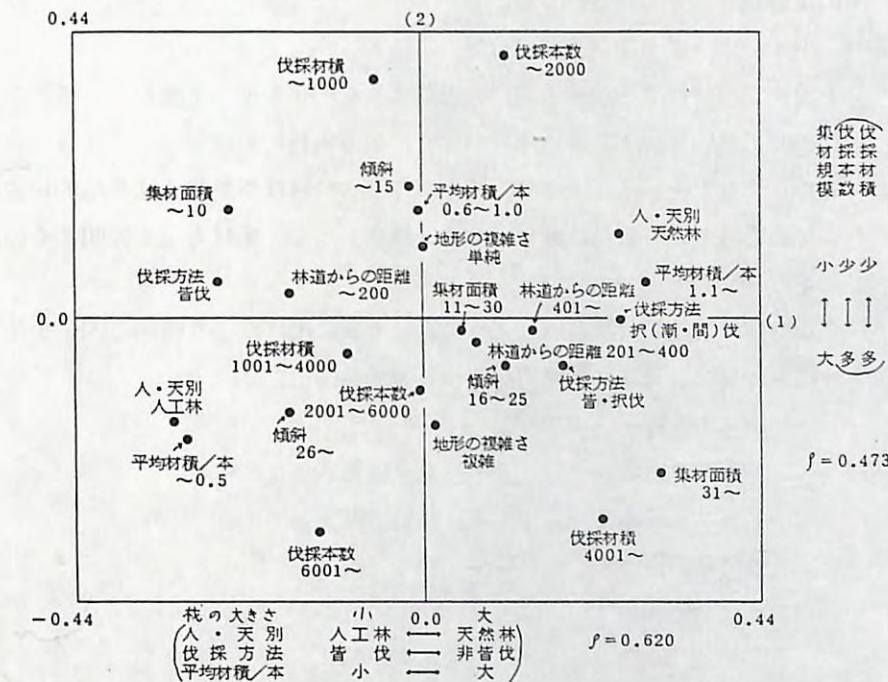


図-13 トラクタ集材の作業条件のパターン（1軸×2軸）

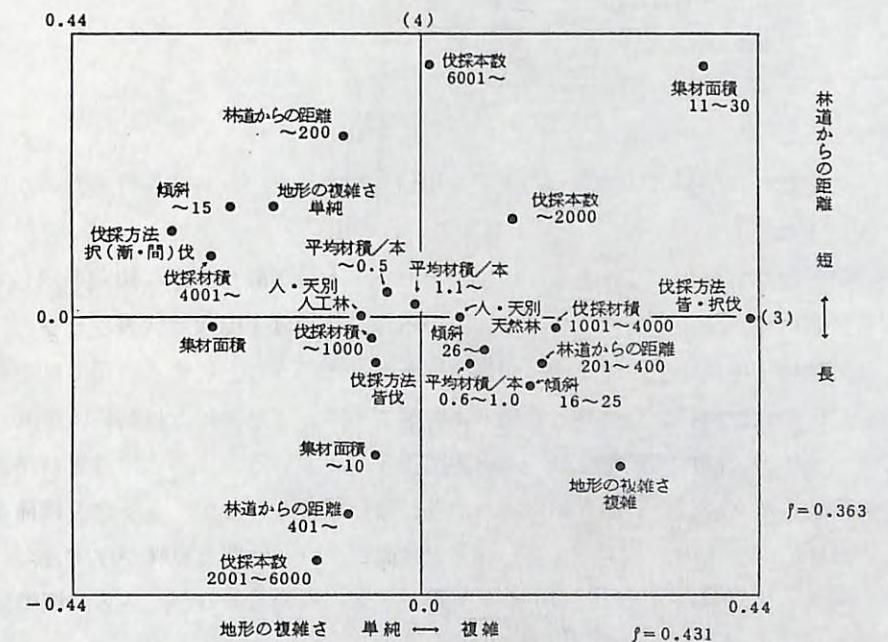


図-14 トラクタ集材の作業条件のパターン（3軸×4軸）

このように、トラクタ集材の作業条件は上のような次元で分類していけば、かなり効果的な分類がされることになる。

5-2-4 トラクタ集材方法の分類

トラクタ集材作業を論ずるに、どのような因子を使って集材方法を説明すればよいかは極めてあいまいである。周知の如く、架線集材においては、タイラー、フォーリングブロックなどといった索張り方式があり、これ自体が集材方法を端的に説明している。

トラクタ集材では、これに類するような概念がなく、集材方法を説明するのに困ることがよくある。

そこで作業条件の分類と同じように表-15に掲げた10種類の因子を使ってパターン分類を行ない、分類に効果的な5つの因子を抽出した。

(10因子) (5因子)

トラクタ台数	トラクタ機種
トラクタ機種	集材路網密度
集材路網密度	土場数
土場数	セッット人員
土場の面積	平均木寄距離
組人員	
平均集材距離	
集材回数／月	
積載量／回	
平均木寄距離	

抽出された集材方法の5つの因子を用いて再度パターン分類を行ったのが図-15～図-16である。

第1軸から解釈してみると、土場数とセッット人員が似たような傾向を示しており、プラス側は小、マイナス側は多となっている。ここでは土場数で代表させることとし、プラス側は土場集中型、マイナス側は土場分散型ということにする。第2軸で著しい傾向を示すのは、集材路網密度と平均木寄距離である。プラスの方は路網密度高、木寄距離短、マイナス側は路網密度低、木寄距離長となっているが、ここでは集材路網密度で代表させることにした。第3軸ははっきりしない部分もあるが、トラクタ機種をあらわしており、プラス側がホイール型、マイナス側がクローラ型と意味づけできた。

パターン分類の結果は因子1つで表現できない次元もあるが、さらに簡単に表現すると

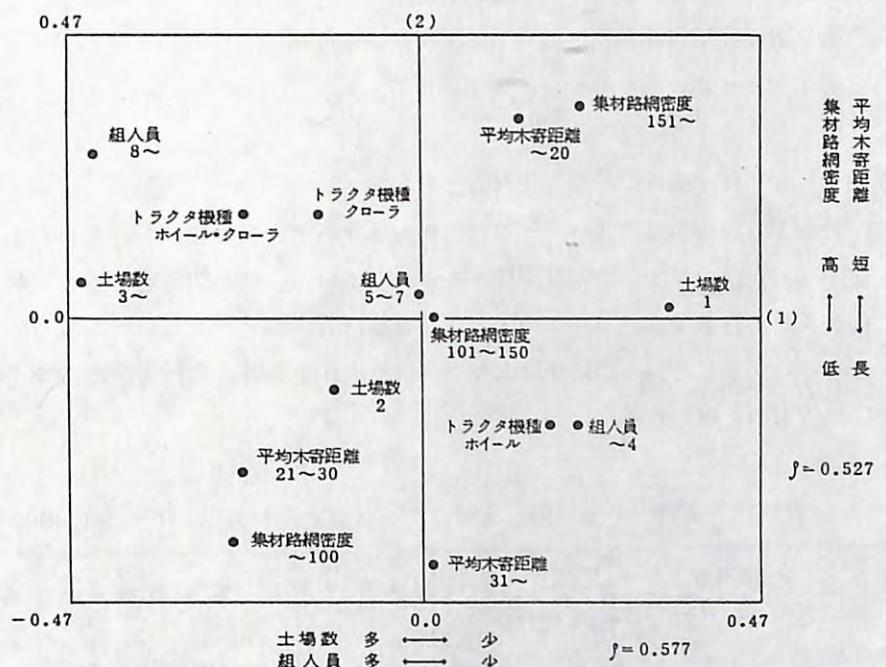


図-15 トラクタ集材方法のパターン (1軸×2軸)

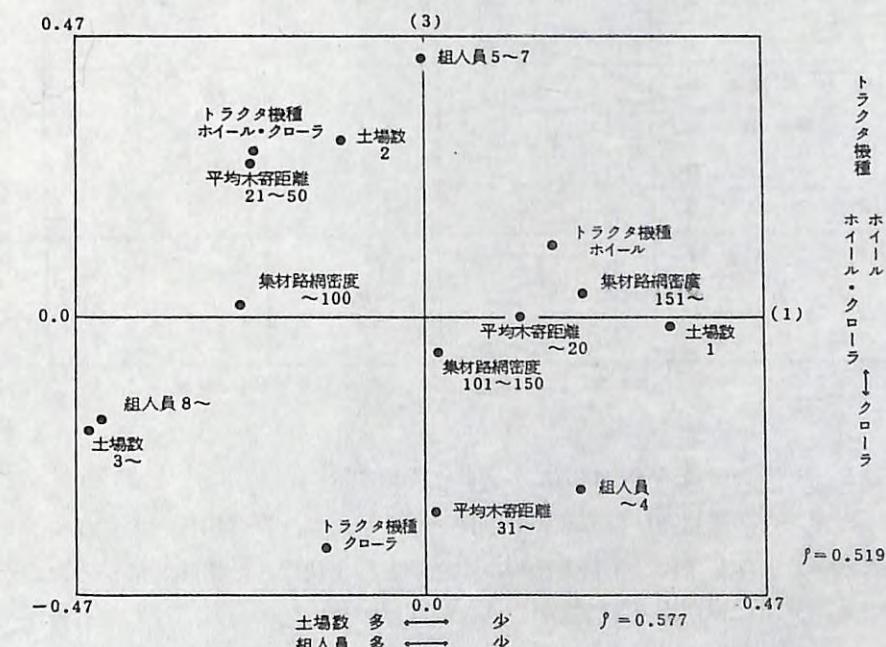


図-16 トラクタ集材方法のパターン (1軸×3軸)

第1次元 土場分散型 \longleftrightarrow 土場集中型

第2次元 集材路網密度低 \longleftrightarrow 集材路網密度高

第3次元 クローラ型 \longleftrightarrow ホイール型

となる。

5-2-5 作業条件の分類と集材方法の分類

表-16は作業条件4パターンと集材方法3パターンの相関関係をみたものである。表中(-)はマイナスの相関関係をあらわしている。この関係をみると、材の大きさで代表される作業条件パターンの第1次元は集材方法の3パターンとかなりの相関があることがわかる。これらの結果はトラクタ集材の作業条件と集材方法の関係を考える糸口になるものと思われる。

表-16 トラクタ集材の作業条件パターンと集材方法パターンの相関関係

作業条件のパターン		材の大きさ (人伐採天方別) 平均材積/本	集材規模 (伐採本数積)	地形の複雑さ	林道からの距離
集材方法のパターン		小 (人工林 皆伐 小)	大 (天然林 非皆伐 大)	大 (多 \longleftrightarrow 少)	単純 \longleftrightarrow 複雑
土場数 (組人員)	多 \longleftrightarrow 少	-***	**	**	
集材路網密度 (木寄距離)	低 \longleftrightarrow 高 (長 \longleftrightarrow 短)	**			
トラクタ機種		*	**		
クローラ \longleftrightarrow ホイール型					

** 1%で有意

* 5%で有意

5-2-6 作業条件・集材方法の分類と作業功程

作業条件、集材方法の分類の有効性をみるために、作業功程との関係について簡単に考察する。作業条件、集材方法のパターンと作業功程との相関関係をみたのが表-17である。主作業功程と主作業の割合との関係が類似しており、どちらも作業条件の材の大きさ、集材方法の土場数と意味づけした次元とかなりの相関があることが判る。

表-17 トラクタ集材の作業条件、集材方法のパターンと作業功程等との相関関係

作業条件、集材方法のパターン	作業功程等		主作業功程 人/m ³	副作業功程 人/m ³	主作業の割合
	材の大きさ (人伐採天方別) 平均材積/本	集材規模 (伐採本数積)			
作業条件	材の大きさ (人伐採天方別) 平均材積/本	集材規模 (伐採本数積)	-***	*	-***
	小 (人工林 皆伐 小)	大 (天然林 非皆伐 大)			
	大 (多 \longleftrightarrow 少)	小 (少 \longleftrightarrow 多)			
集材方法	地形の複雑さ 単純 \longleftrightarrow 複雑				
	林道からの距離 長 \longleftrightarrow 短				
	土場数 (組人員) 多 \longleftrightarrow 少		**		**
集材方法	集材路網密度 (平均木寄距離) 低 \longleftrightarrow 高 (長 \longleftrightarrow 短)				
	トラクタ機種 ホイール型 \longleftrightarrow クローラ型			**	*

** 1%で有意

* 5%で有意

5-2-7 集材方法の類型化

集材方法のパターンは3つの次元に要約することができたが、それぞれの軸の原点を境にして、軸を正負に2分割し、その組合せによって3次元空間を分割すると8つに類型化することができる。表-18はトラクタ集材方法の類型化を示すものであって、呼び名は土場、集材路網密度、トラクタ機種で代表される3次元の正負の組合せで表現したものである。これら8つの類型は土場と集材路網密度との組合せで4類型となり、それぞれが2機種に分割される。このような8つの呼び名を用いれば、トラクタ集材方法をある程度簡単に表現することができる。

理解しやすくするために、土場と集材路網密度の組合せによる4類型の模式図を示すと図-17のようになる。

表-18 トラクタ集材方法の類型化

類型	集材方法			呼び名
	土場組員	集材路網密度	トラクタ機種	
A1	少	高 短	ホイール	土場集中高路網(ホイール)型
A2	少	高 短	クローラ	土場集中高路網(クローラ)型
A3	少	低 長	ホイール	土場集中低路網(ホイール)型
A4	少	低 長	クローラ	土場集中低路網(クローラ)型
A5	多	高 短	ホイール	土場分散高路網(ホイール)型
A6	多	高 短	クローラ	土場分散高路網(クローラ)型
A7	多	低 長	ホイール	土場分散低路網(ホイール)型
A8	多	低 長	クローラ	土場分散低路網(クローラ)型

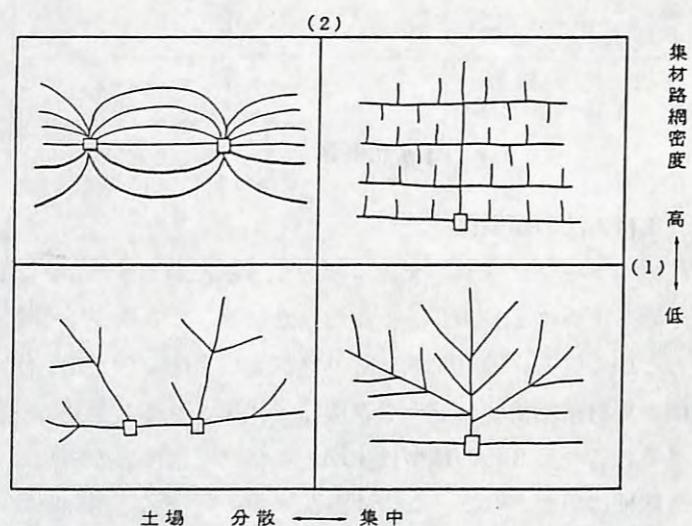


図-17 トラクタ集材方法の類型 (1軸×2軸)

5-2-8 作業条件と集材方法の類型

つぎに、どのような作業条件のときにどのような集材方法が使われやすいかをみたのが表-19である。これは分析の対象としてきた272事例を8つの集材方法の類型に分け、それぞれがどういう作業条件で使われやすいかを作業条件の次元 (1軸~4軸) 別に検討したものである。要約すると、材の大きさ小、集材規模小、林道からの距離長の作業条件では土場集中型の集材方法が、また材の大きさ大、集材規模大、地形の複雑さ単純の作業条件では土場分散型の集材方法が使われやすいことを示している。

表-19 トラクタ集材の作業条件のパターンと集材方法の類型

集材方法の類型		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
作業条件のパターン		土場集中高路網(ホイール)型	土場集中高路網(クローラ)型	土場集中低路網(ホイール)型	土場集中低路網(クローラ)型	土場分散高路網(ホイール)型	土場分散高路網(クローラ)型	土場分散低路網(ホイール)型	土場分散低路網(クローラ)型
材の大きさ	小	○	○	○					
	大	○		○	○	○	○	○	○
集材規模	大					○	○	○	○
	小	○	○						
地形の複雑さ	単	○	○	○	○	○			
	複								
林道からの距離	長	○	○		○	○			
	短								

○ 使われる傾向がかなり大きい ○ 使われる傾向がやや大きい

以上のように、作業条件と集材方法のパターン分類の結果は、集材方法を表現する次元として土場数、集材路網密度、トラクタ機種が抽出され、これらの組合せによる8つの集材方法の類型も作業条件のパターンとかなり密接な関連があることが分った。このことは集材方法の類型化の有効性をある程度示すものと考えてよく、今後作業功程とのかかわりをさらに究明したいと考えている。

(奥田吉春)

6. トラクタ集材路網パターンとその要因

トラクタ集材作業は架線集材の場合に比べその集材形態は多岐にわたり、それぞれ一定した法則性を有していない。そもそもこれらはトラクタの持つ「機動性に富む」という特徴に起因するところが大きいと考えることもできる。また最近では森林環境保全などの社会的な要請もあって、森林や地域の特性に応じたきめの細かい集材作業法の確立が望まれており、機動性に富むトラクタ集材の有利性を森林作業の中に適確に定着させていく必要にせまられている。

まず、そのためには伐出作業体系の中でトラクタ集材の位置づけを明確にする必要があるが、本節ではトラクタ集材作業の中で極めて重要な要因であるトラクタ集材路網の入り方をとり上げ、集材路網パターンに影響を及ぼす要因について検討した。これらは、トラクタ集材路網の現状分析を中心に、トラクタ集材路の配置計画の立案の際の評価値を得ることを目的としたものである。

6-1 トラクタ集材路網パターンの把握表示法

トラクタ集材路網の見方は、大別して2つ方法がある。1つは、伐区等の対象域に対し、集材路網がどの様に配置されているかを見ようとするものであり、対象域に対する路網の分布状態あるいは路線の偏りの程度を問題とするものである。これは対象地に対する集材路網の導入計画に有効な指標となるもので、この指標の大小が集材機能を発揮するかどうかの大きな尺度となることから、この指標による路網の分類を機能的分類(f 値)と呼称した。これに対してもう一つの集材路網のみかたは、対象域に関係なく、路網の形態的特徴をみようとするものであり、路網を構成する連結点と連結線の係り合いの特性を問題とするものである。これはトラクタの集材サイクル(木寄せ、運転、土場待ち)の時間やトラクタ総走行距離に関係することになり、集材工程の手順、トラクタ台数、土場数等を決める場合の路網把握に対し有効な指標となる。この指標による集材路網の分類を前者に対し形態的分類(P 値)とした。

これらの指標は、それぞれ次式により定義される。

$$f = D \times \bar{l} \times 4$$

(但し、 D : トラクタ集材路網密度 (m/m^2)、 \bar{l} 平均到達距離 (m)

$$P = n/N$$

(但し、 n : 集材路網上に任意に引いた直線と集材路網との交点について互いに対をなす点の数、 N : 全交点数)

図-18及び図-19は、それぞれ代表的な路網パターンについて f 値及び P 値を示したものであるが、 f 値及び P 値の値により、次とおり集材路網をパターン化するこ

とができる。

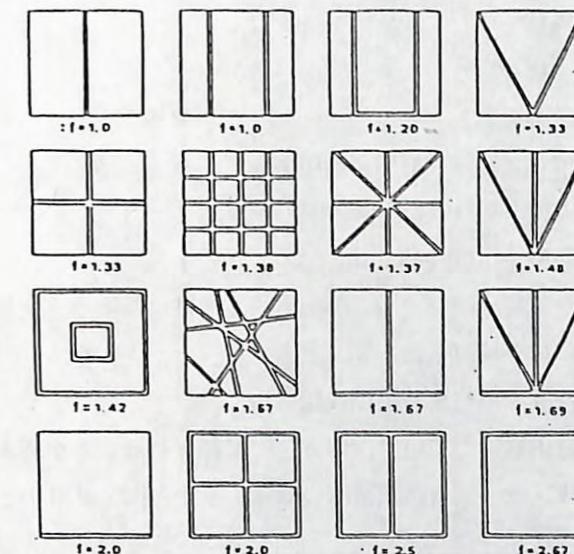


図-18 トラクタ集材路網パターン・モデルと f 値

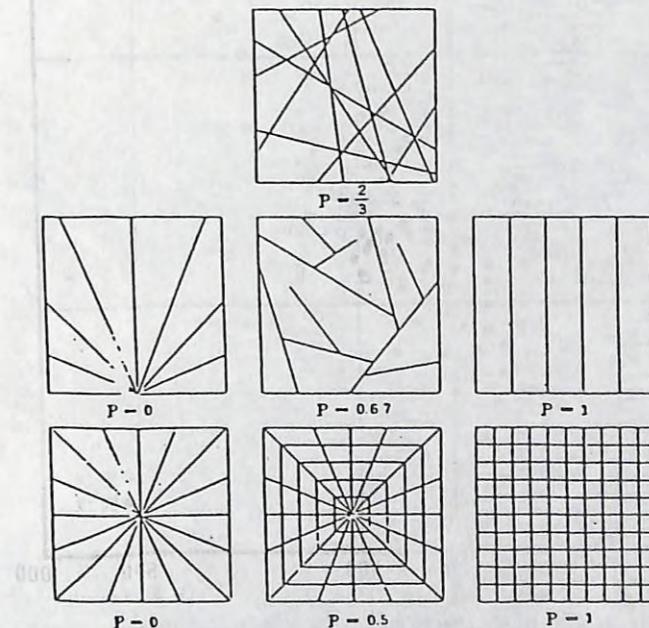


図-19 トラクタ集材路網パターン・モデルと P 値

(集材路網の配置)	f 値
均一状集材路網	1
ランダム状 "	$\pi/2$
集塊状 "	$2 \sim 8/3$
(集材路網の形態)	P 値
集中型路網(放射型, 循環型)	0
ランダム型 "(樹枝型, 幹線型)	$2/3$
直列(線)型 "(単線型, 格子型)	1

以上の概略的な集材路網パターンの把握表示を基に、トラクタ集材路網パターンに係る要因について以下検討した。

6-2 集材路網密度と出材量および伐採方法

集材路網密度は出材量あるいは伐採方法に影響されることが考えられる。そこで ha 当りの出材量と伐区内の集材路網密度の関係を示すと図-20 のとおりである。図から

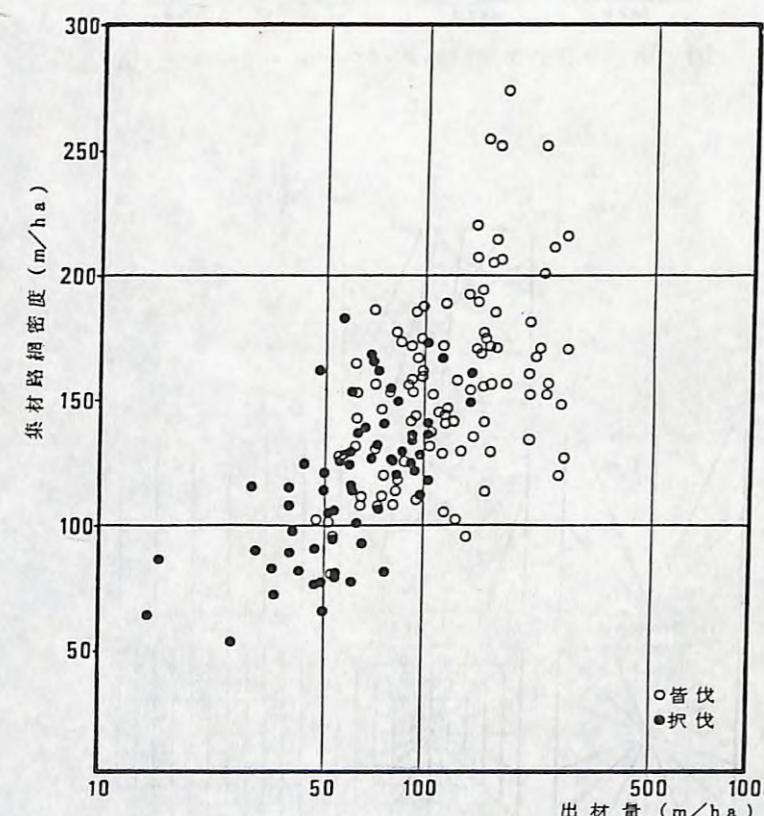


図-20 伐採方法別の出材量とトラクタ集材路網密度の関係

明らかなように、集材路網密度は ha 当りの出材量が大きい伐区程大きいが、 ha 当りの出材量が大きくなるに従って集材路網密度の増加率は小さくなる所謂対数的増加傾向が示された。また、皆伐地(皆伐と択伐の併用地を含む)は択伐地(漸伐、間伐を含む)に比べ、 ha 当りの出材量が大きいから、集材路網密度も大きく、皆伐区では 100 ~ 280 m/ha、択伐区で 50 ~ 180 m/ha であった。

6-3 伐区形状とトラクタ集材路網パターン

トラクタ集材作業において、集材路網は集材量が大きい程その投入量も多くなり、集材伐区面積が大きいほどその延長距離も長くする必要がある。しかし同一集材量あるいは同一伐区面積に対し、集材に必要な路網密度が同じとしても、伐区形状の違いにより、その集材路の配置は異なることが予想される。

集材区域あるいは伐区の形状には細長いものから正方形のもの、および円(丸い)形に近いものまで多様な形があるが、これらの対象域の形状を表わす指標として各種の形状係数が示されている。

一般に用いられる方法としては、式(3)(4)に示すように、対象域の周長とその面積から求める方法および簡易的に対象域の最長軸の長さ(最長対角線の長さ)と面積から求める方法がある。

$$k_1 = 4\pi A / Ls^2 = 12.5664 A / Ls^2 \quad (3)$$

$$k_2 = 4A / \pi ds^2 = 1.2732 A / ds^2 \quad (4)$$

(但し A : 対象域の最長軸径), L : 対象域の周長, d : 対象域の最長軸径)

両形状係数は式からも明らかな如く 0 ~ 1 の範囲を取り、形状が円形に近い程 1 に近づき細長い形状になるに従って 0 に近づくことになる。

集材計画を立案する際、集材区域をモデル化する場合、一般にその形状は矩形とみなすことが多い、矩形形状の違いは矩形の短辺と長辺の比によって表わすことができる。即ち式(3)(4)の両形状係数 k_1 , k_2 は、矩形の短辺と長辺の比を k ($0 < k \leq 1$) ($k = b/a$ a : 長辺の長さ, b : 短辺の長さ) とすると、 k_1 と k_2 は次式となり、矩形の短辺と長辺の比 k と形状係数 k_1 および k_2 の関係は、表-20 のとおりである。

図-21 は、調査伐区の形状について示したものである。図は縦軸に伐区の最長径より求めた形状係数 k_2 、横軸に伐区の周長より求めた形状係数 k_1 をとりそれぞれの調査伐区をプロットしたものであるが、図からわかる様に集材地の伐区形状は細長い形状から円形に近いものまで分布しているが、形状指数 k_2 に対して 0.5 ~ 0.70, k_1 に対しては 0.3 ~ 0.5 の範囲に多く分布している。即ちこれらの値は矩形の短辺と長辺比 k に換算すると 0.3 ~ 0.5 となり、矩形の短辺 1 に対し 2 ~ 3.3 倍の長辺となる伐区形状である。

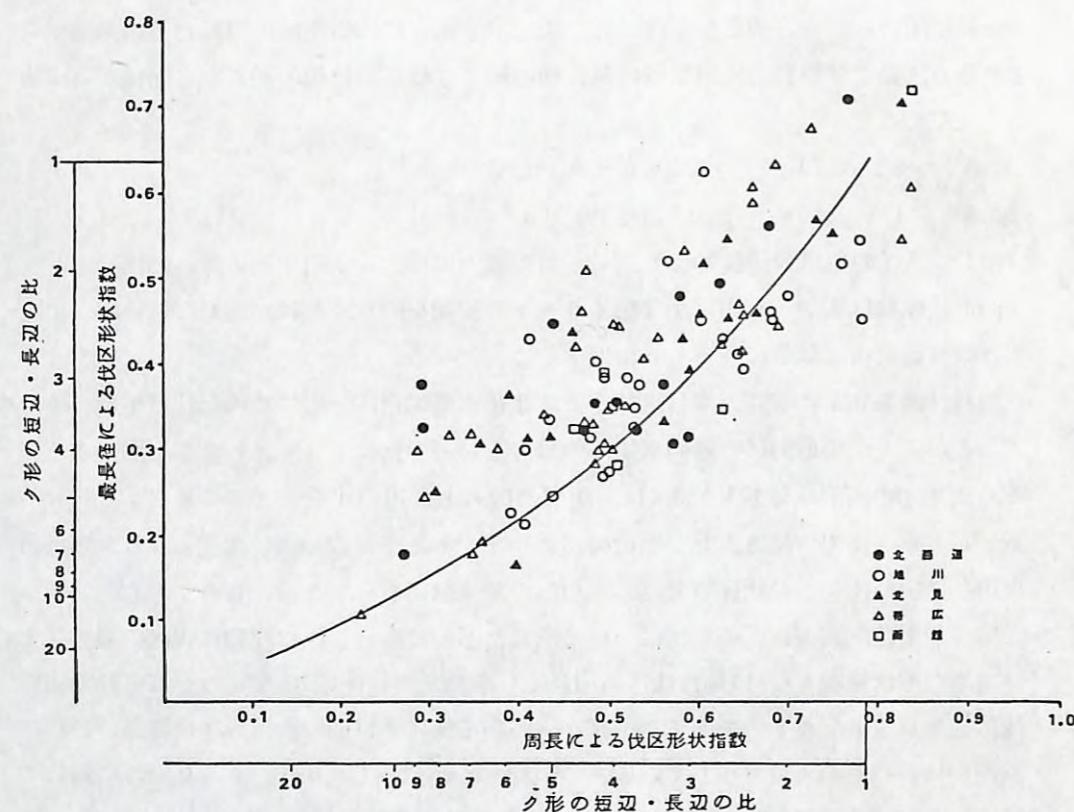
表-20

k	A	L_s	d_s	k_1	k_2
0	0	$2a$	a	0	0
0.1	$0.1a^2$	$2.2a$	$\sqrt{1.01}a$	0.2594	0.1261
0.2	$0.2a^2$	$2.4a$	$\sqrt{1.04}a$	0.4363	0.2448
0.3	$0.3a^2$	$2.6a$	$\sqrt{1.09}a$	0.5577	0.3504
0.4	$0.4a^2$	$2.8a$	$\sqrt{1.16}a$	0.6411	0.4390
0.5	$0.5a^2$	$3.0a$	$\sqrt{1.25}a$	0.6981	0.5093
0.6	$0.6a^2$	$3.2a$	$\sqrt{1.36}a$	0.7363	0.5617
0.7	$0.7a^2$	$3.4a$	$\sqrt{1.48}a$	0.7609	0.5981
0.8	$0.8a^2$	$3.6a$	$\sqrt{1.64}a$	0.7757	0.6210
0.9	$0.9a^2$	$3.8a$	$\sqrt{1.81}a$	0.7832	0.6331
1	a^2	$4a$	$\sqrt{2}a$	0.7854	0.6366

$$k_1 = \frac{\pi k}{(1+k)^2} \quad (5)$$

$$k_2 = \frac{4k}{\pi(1+k^2)} \quad (6)$$

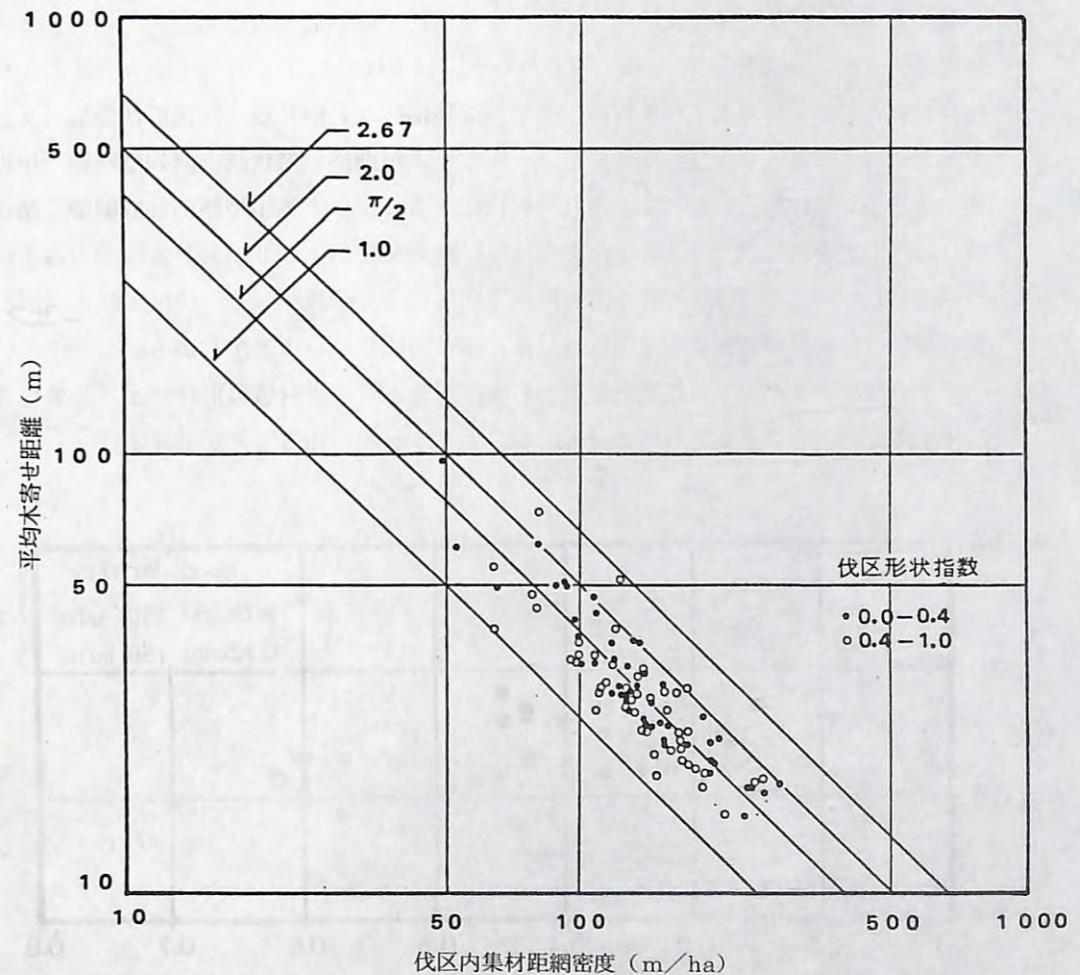
$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{n^2}{4} \left\{ 1 - \frac{2k}{(1+k)^2} \right\} \quad (7)$$

図-21 伐区の周長による伐区形状指数(k_1)と伐区の最長軸径による伐区形状指数(k_2)および矩形の長辺・短辺の比への換算

また、形状係数 k_1 、 k_2 は、 k_1 が大きくなるに従って k_2 が大きくなり、式(7)の関係となるが、 k_1 と k_2 には多少のバラツキが認められている。これは、調査地の中には伐区域が凹領域のものが含まれているためであり、全てが凸領域の伐区であればその相関はさらに高くなることが推察される。即ち、凸領域の伐区に対しては、伐区の周長を計測しなくとも、伐区の最長の軸径を測ることによって簡便的にその伐区形状を判定することができる。

そこで、この伐区形状指標 k_2 を用いて集材路網パターンとの関係についてみる。

図-22 は、伐区形状と集材路網の配置係数(f 値)の関係を示したものである。図は形状係数(k_2)0.4(k (矩形の短辺と長辺比)に換算すると $k = 0.353$)以上と以下に

図-22 伐区形状指標の違いによるトラクタ集材路網の機能的分類指數(f 値)の関係

わけ、それぞれの伐区についてプロットしたものであるが、図から $k_2 = 0.4$ 以下の細長い伐区形状では、集材路網の偏りを示す f 値は 2 以下となり、ランダムな路網配置を示す $\pi/2$ の線上周辺にかたまってプロットされている。また $k_2 = 0.4$ 以上の正方形や丸形に近い伐区形状では、その集材路網の配置は均一型 (f 値 = 1) に近いものから、凝集型 (f 値 = 2.67) に近いものまであり、集材域が広がりを持つ丸い形状伐区になる程、細長い伐区形状に比べ、集材路は多様な配置になることがわかる。即ち、正方形や丸い形状の伐区では均一型の路網配置にもなる反面、余分な集材路も導入しやすいことを示している。

次に集材路網の形態パターン (P 値) (6-1 参照) と伐区形状についてみる。

図-23 は 6-1 すでに述べた(2)式による集材路網の形態分類指数 (P 値) と伐区形状係数 (k_2) の関係を示したものである。図は 1 伐区に 1 ヶ所の土場を有する集材地を対象としたものであるが集材路網の形態分類指数 (P 値) は、伐区形状係数 (k_2) が大きくなるに従って小さくなっている。即ち伐区が細長い形状ほど直列型路網 (単線型、格子型) になり、広がりをもつ丸形形状になるに従って集中型路網 (放射型、循環型) になることが推察できる。また図中は集材路網密度が 150 m/ha 以上と以下について示しているが、伐区形状と集材路網密度には全く関係がなく、伐区形状と路網形態の関係は、集材路網密度の違いには、ほとんど関係しないことがわかる。

以上の様にトラクタ集材路網の配置や形態は対象とする集材域の形状によって異なることが実際のトラクタ集材現場の分析からみてもうかがい知ることができる。

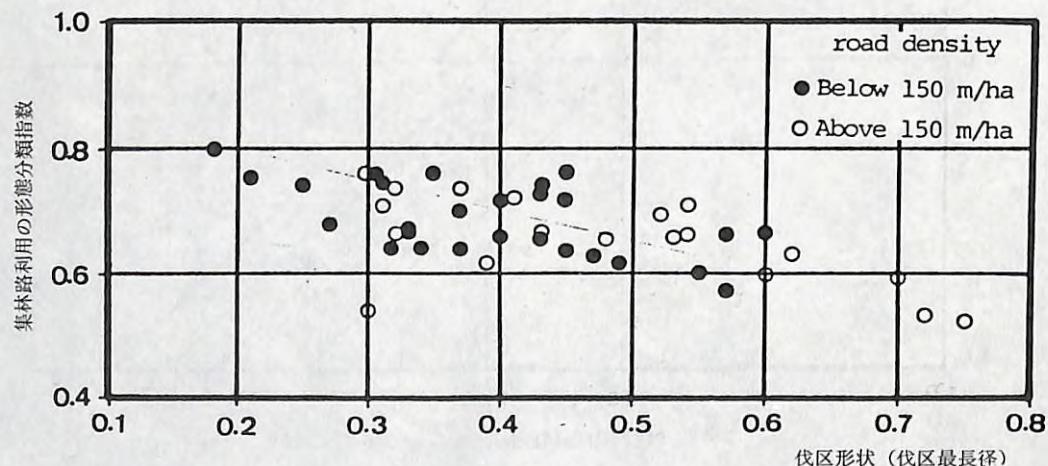


図-23 伐区形状指数 (k_2) とトラクタ集材路網の形態分類指数 (P)

6-4 地形傾斜と集材路網パターン

作設施工を施さない末端のトラクタ道は地形が急になると登坂や転倒に対する条件から林内の導入は困難となり、その路線の密度は小さくなる。しかしその様な場合、集材を敢行するためには、ワインチによる木寄せ距離を長くする必要があるが、木寄せ距離にも限度があるかぎり、集材を可能にするためには、作設施工をほどこすトラクタ道や作業路を、予め対象地に導入してやることが必要となる。従ってワインチによる木寄せ距離を一定とした場合、地形が急になる程、末端のトラクタ道の延長は短くなるが、集材に要する全集材路網の密度はかえって地形が急になることによって迂回率が増分されたり、路網配置の偏りが大きくなる分だけ大きくなることが推察される。

図-24 は調査地の全集材路網密度と地形傾斜の関係を示したものである。図は皆伐について示したものであるが、集材路網密度は地形傾斜が大きくなる程増大する傾向が認められる。これらの関係について、それぞれ地形傾斜毎の平均集材路網密度を示すと表-21 のとおりである。表から皆伐、抾伐地とも地形が急になる程集材路網密度も大きくなり集材路網密度は地形傾斜が 15° 以上と以下で差があることが認められた。

また地形傾斜と平均木寄せ距離の関係についてみると図-25 のとおりである。図は地形傾斜 20° 以上と以下について、平均木寄せ距離の度数分布を示したものである。図からわかる様に平均木寄せ距離の分布は、傾斜 20° 以上と以下ではほとんど差がないことから、平均木寄せ距離は地形傾斜の違いにかかわらず、ほぼ $20 \sim 30 \text{ m}$ で実行されていることがわかる。

以上のことから集材路網の配置 (f 値) と地形傾斜の関係をみると図-26 のとおりである。図はそれぞれ皆伐地と抾伐地について縦軸に集材路網の偏りを表わす f 値、横軸に地形傾斜を取ったものであるが、 f 値は地形傾斜が急になるに従って大きくなる傾向を示した。即ち、地形が急な程集材路網は偏った配置となり、地形が平坦な程、均一な配置となること、また、皆伐地と抾伐地では同一の地形傾斜に対して抾伐地の方が集材路網の配置に偏りが大きいことがわかる。地形傾斜 (θ) に対してそれぞれの配置係数 (f 値) を算定すると、 $\theta = 10^\circ$ で f 値は約 1.33。 $\theta = 20^\circ$ で $f = \pi/2$ 、 $\theta = 30^\circ$ で $f = 2$ となることがわかる。

6-5 林道・作業道とトラクタ道の関係

集材地に、林道や作業道が沢山導入されていると集材は直接、林道や作業道端まで搬出が可能となり、トラクタ道による運搬は不要となる。従ってトラクタ道の密度は小さくてすむ。即ち、均一な路網配置が可能な平坦地形では、木寄せ集材巾が一定であると林道・作業道とトラクタ道の合計密度も一定となる。

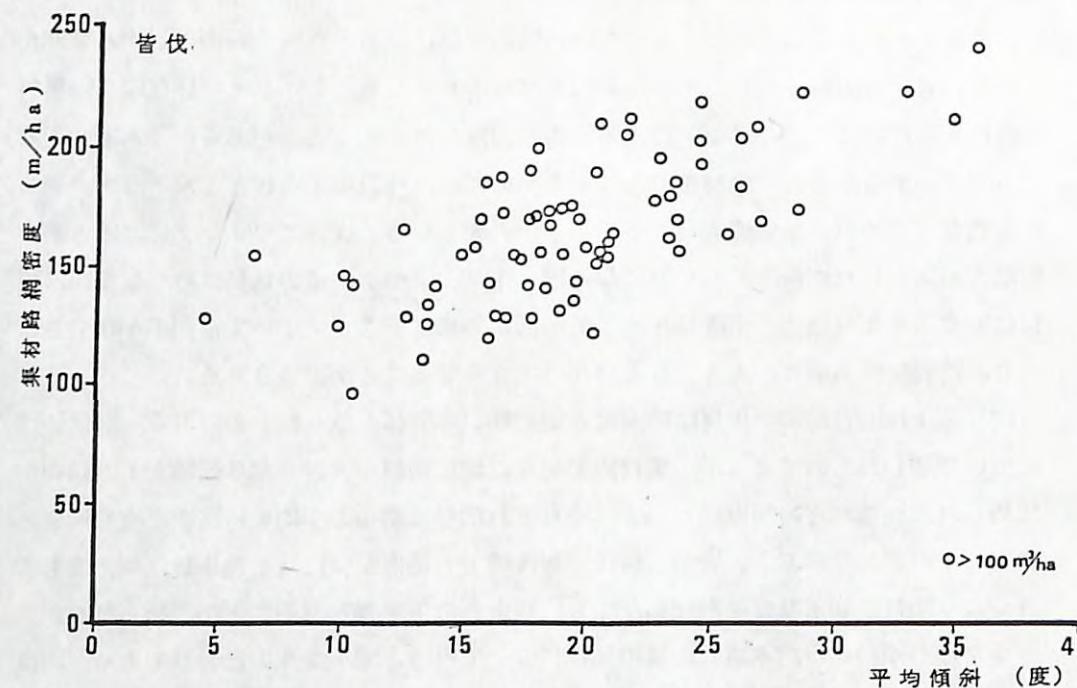


図-24 地形傾斜とトラクタ集材路網密度

表-21 伐採方法別の地形傾斜とトラクタ集材路網密度

平均傾斜(度)		~ 5	~ 10	~ 15	~ 20	~ 25	~ 30	30以上
皆伐	100% ¹	128.5	139.9	134.0	159.2	181.3	194.7	247.7
	100% ²	—	102.2	—	103.1	120.8	146.2	155.6
	全 体	128.5	130.5	134.0	152.4	158.6	168.8	201.7
抾伐	50% ¹	115.1	101.2	123.7	135.2	149.7	152.7	142.4
	50% ²	—	—	86.8	90.5	89.4	100.5	—
	全 体	115.1	101.2	109.9	127.0	116.2	121.4	142.4

(m/ha)

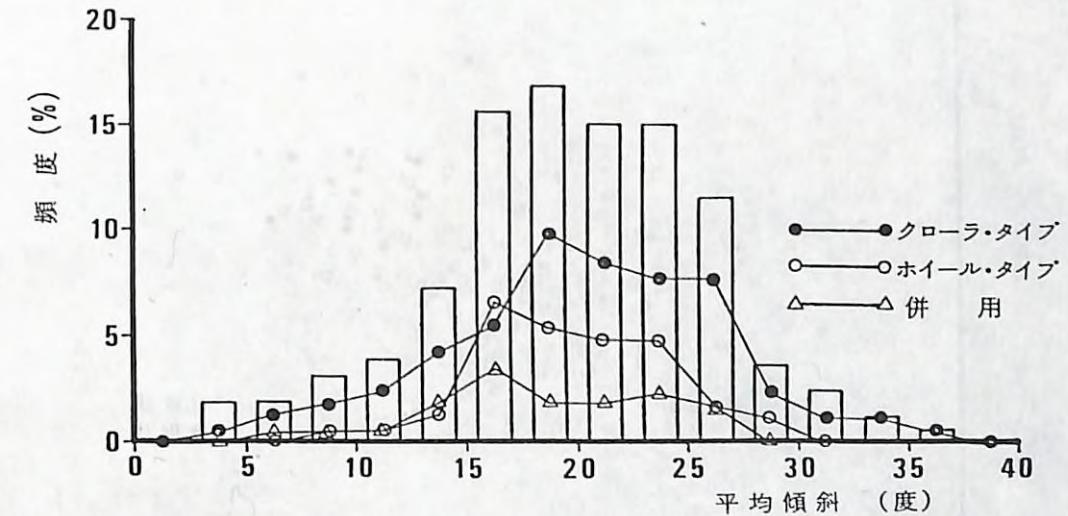
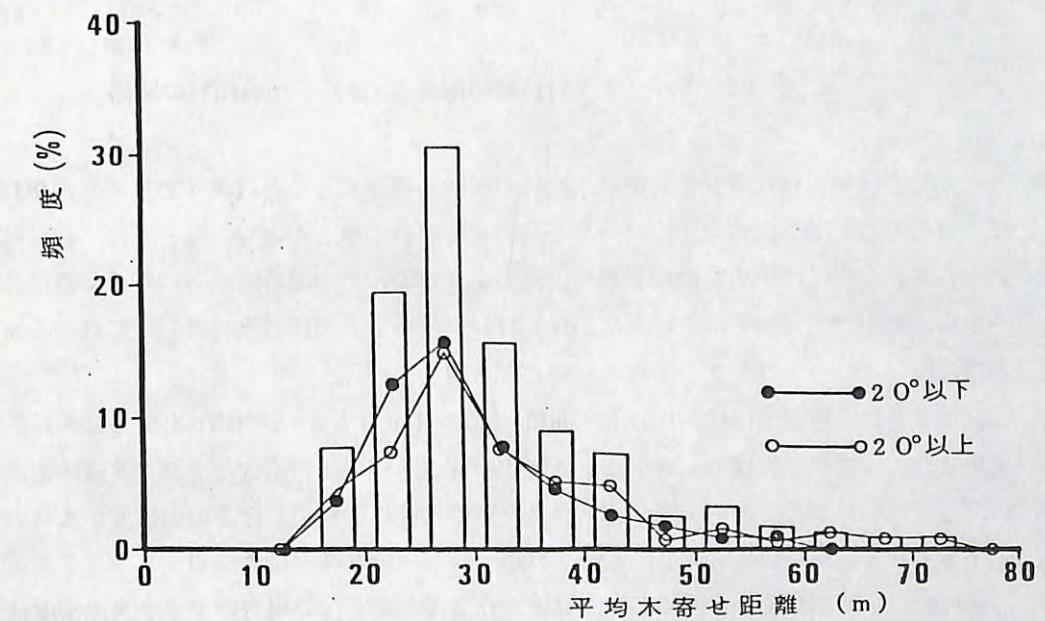


図-25 地形傾斜別の平均木寄せ距離の度数分布



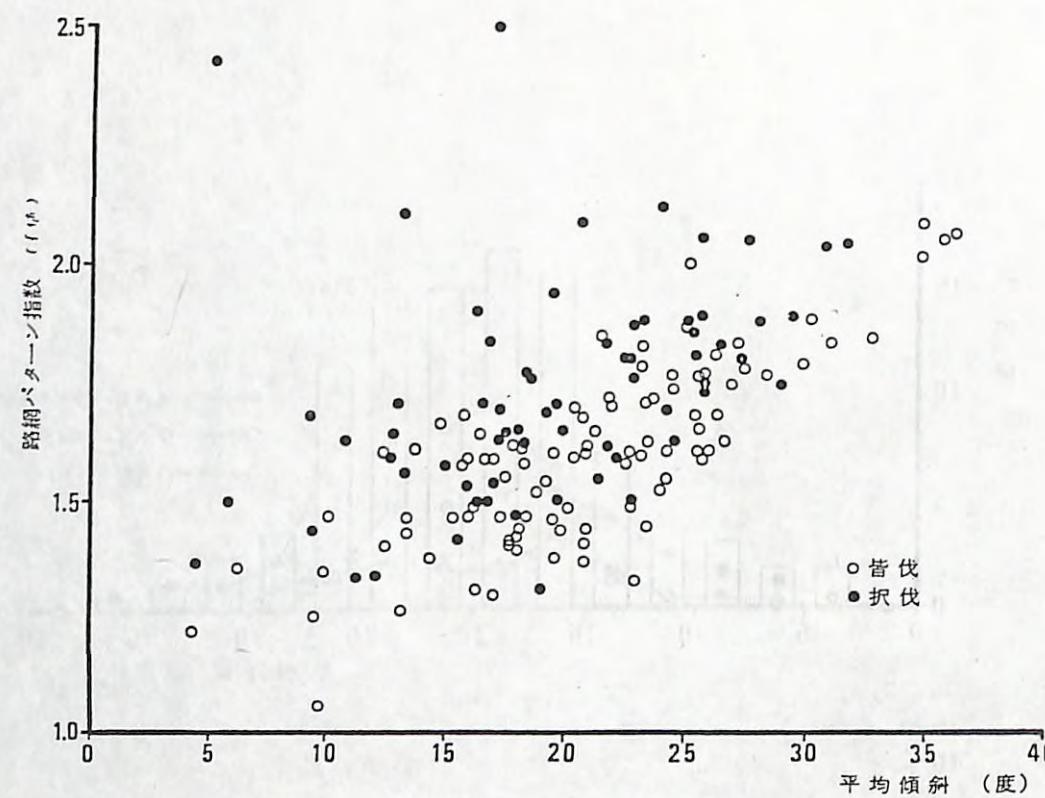


図-26 トクタ集材路網の配置 (f値) と地形傾斜の関係

しかし、一般には林道や作業道は、当該の伐区を網羅することはまずありえず、集材域に属したとしても周辺や伐区の一部を通過する場合がほとんどである。また、仮に林道や作業道が伐区の中央を横切る様な場合でも、ほとんどの場合法高等の関係で直接林内からの搬出は不可能となる場合が少くない。従って、当該の集材に当っては、それ専用に設けられるトクタ道が常に必要となる。

図-27は、皆伐地に比べ比較的大面積 (15~160ha) 平均約50haにわたって集材が実行された择伐地を対象に、伐区内の林道・作業道の密度とトクタ道の密度の関係を示したものである。図からトクタ道の密度は、林道や作業道の密度が大きいと小さくなる傾向が認められる。しかし林道や作業道の密度の増大に対するトクタ道の密度の減少傾向は極めて緩やかで、林道や作業道が全くない場合のトクタ道密度は約150~160m/haに対し、林道・作業道密度20m/haの場合、約100m/ha、さらに林道・作業道密度60~70m/haの場合、約80m/haとなる。即ち、林道・作業道の投入量に対するトクタ道の減少量は、指数関数で表され、林道、

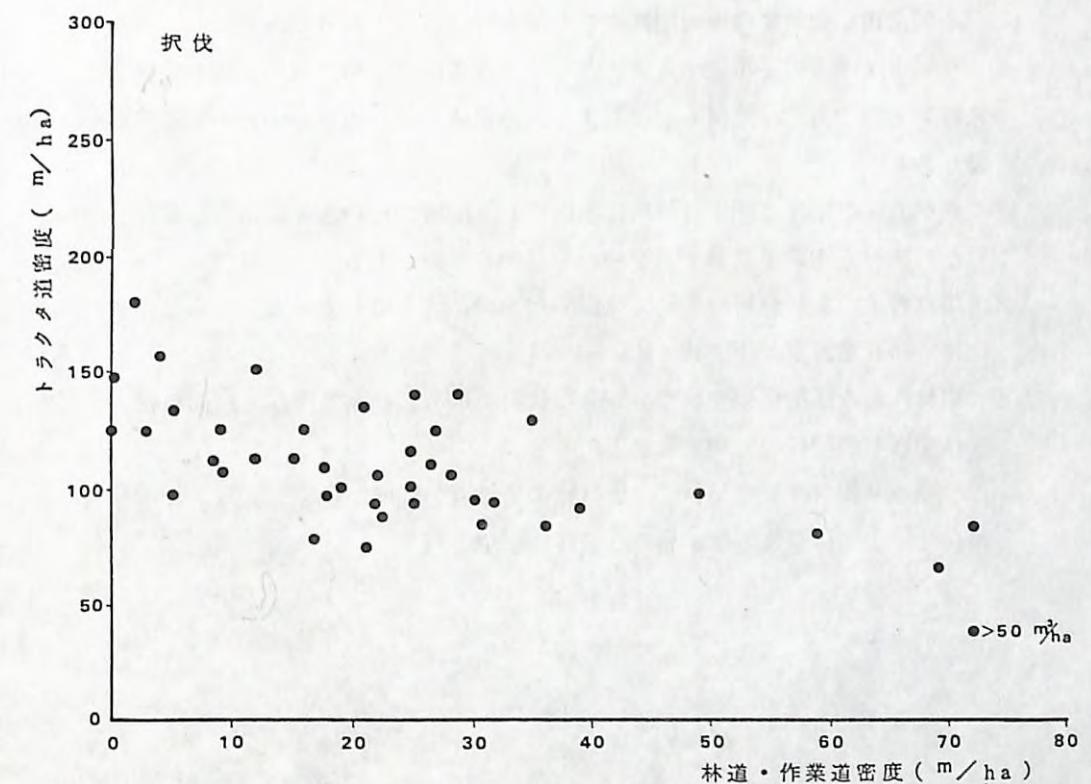


図-27 林道・作業道の密度とトクタ道密度

作業道の密度が20m/ha以上ではトクタ道密度には、ほとんど関係がないことがわかる。換言すれば、林道や作業道が存在することによってトクタ道の密度を小さくすることに最も効果的なのは、林道や作業道の密度が20m/ha以下であり、それ以上、林道や作業道が在っても、トクタ道密度の減少に対してあまり効果的でないことがわかる。

(井上源基)

7. あとがき

この報告書の目標は、初めに述べたように集材作業にかかる要因相互間の影響関係の解析を通して、集材方法のあり方を検討しようとするものであり、具体的には全国国有林の集材作業の現状分析を中心に各種集材作業の作業計画立案の際の基礎資料を得ようとするものであった。

しかしながら、時間的な制約もあって中間報告は不十分なものに終ってしまったが、残された問題点の整理と併せてさらに分析検討を進め、最終報告では技術的かつ経済的に妥当な集材方法選択のために少しでも役立つものにしたいと考えている。

この報告書に関して今後の問題点を列挙すれば次のとおりである。

- (1) 集材方法の選択を規定する要因として、作業関係者の主観的評価も見逃すことの出来ないものである。集材方法に対する意識構造とその規定要因との関係を解明する必要がある。
- (2) 集材方法の推移に関する分析においても、地域的な特性とくに作業条件とのかかわりから集材方法の予測モデルを検討していく必要がある。
- (3) 集材作業の現状分析は極めて基礎的なものに終ってしまった。さらに作業計画立案に役立つ計量評価が望まれる。
- (4) 集材作業の類型化についてもさらに検討を進め、作業条件ならびに集材方法の類型と作業効率の関係を究明する必要がある。
- (5) トラクタ集材作業については集材路のあり方の問題が重要である。今後さらに集材路作設や土場作設等副作業面の計量評価が望まれる。