

地域性を考慮した集材
方法の最適化(Ⅱ)

地域性を考慮した集材方法の最適化(Ⅱ)

— トラクタ集材作業における副作業について —

I 試験担当者

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

Ⅱ 試 験 目 的

我が国の伐出技術は時代の要請とともに変遷し、それなりに生産性向上やコスト軽減の役割を果たしてきた。しかしここ30年間を見ると伐出作業の中の集材工程における機械は集材機やトラクタといった機械が今だ中心的な役割を果たしており、集材作業の技術体系はほとんど変わっていない。また、これらの体系ははっきりと確立したものではなく、その作業仕組あるいは適用の仕方は各地で各様に行われており、現場ごとに最も適した集材作業システムとして体系化されたものとはなっていない。今日の林業をとりまく厳しい経済的環境の下で、生産コストの低減あるいは生産性の向上を推し進めるためには、これらに変わる新しい機械を含む技術開発を基本的な考えにおきながらも、早急にそのような機械の出現が望めない現段階では、集材機や、トラクタを用いた集材技術あるいはその集材方法の体系化を確立する必要がある。これらの機械を通して伐木から運材までの所謂伐出工程の作業仕組の再編の必要性について明らかにすることが将来の伐出作業のシステムを考える上でも必要となるように思われる。

本研究は、こうした意味から現在実行されている集材作業のあり方について明らかにしようとしたものであり、特に各集材現場に適した集材方法の選択システムを確立しようとする場合の諸々の関係について事例分析を基に明らかにしたものである。本研究に関しては既に第Ⅰ報の中間報告により主に主作業についての分析が試みられ、集材機及びトラクタ集材作業の実態把握や類型化、さらにそれらの集材法の選択に影響を与える要因について論じられた。

本報告では、一見、非生産的工程と考えられる副作業の問題を取り上げ、その計量評価方法について検討しようとするものである。

本報告書の分析の視点は以下のとおりである。

1. トラクタ集材における副作業の現状について
 - 1) 集材作業における副作業の実態
 - 2) 山土場に関する現状

表－1 集材方法別所要人工数と生産性（皆伐 伐採率100%）

項目	伐区面積	件数	1 伐区当たり	1 伐区当たり	1 伐区当たり所要人工数(人工)	生産性(m³/人工)				
集材方法			伐区面積 ha	素材生産量 m³	主作業	副作業	計	主作業	副作業	計
トラクタ	3ha未満	23	2.28	803.7	273.4	34.5	307.9	3.14	32.0	2.61
	3ha～5ha	45	3.98	1148.1	367.9	52.2	420.1	3.22	39.0	2.73
	5ha～10ha	39	6.74	1711.1	614.1	73.5	687.6	2.83	28.7	2.49
	10ha以上	19	18.16	4175.9	1521.4	220.3	1741.7	3.12	58.5	2.40
	計及び平均	126	6.66	1716.1	600.8	80.9	681.7	3.07	37.5	2.52
架線集材	3ha未満	79	1.95	794.3	307.4	99.4	406.8	2.97	11.0	2.23
	3ha～5ha	99	4.05	1185.9	442.2	142.5	584.7	2.91	10.4	2.18
	5ha～10ha	111	7.03	1931.7	784.0	208.0	992.0	2.68	11.6	2.10
	10ha以上	34	14.52	3371.4	1539.4	345.8	1885.2	2.43	11.8	1.93
	計及び平均	323	5.66	1576.5	642.2	175.9	818.1	2.79	11.1	2.14
合計及び平均		449	5.94	1615.7	630.6	149.2	779.8	2.87	18.5	2.25

表－2 集材方法別所要人工数と生産性（択伐 伐採率20%以上40%未満）

項目	伐区面積	件数	1 伐区当たり	1 伐区当たり	1 伐区当たり	所要人工数(人工)	生産性(m ³ /人工)			
集材方法			伐区面積 ha	素材生産量 m ³	主作業	副作業	計	主作業	副作業	計
トラクタ	3ha未満	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	3ha～5ha	－	－	－	－	－	－	－	－	－
	5ha～10ha	1	9.96	750.0	195.0	65.0	260.0	3.85	11.5	2.88
	10ha以上	34	64.10	3492.9	826.3	203.4	1029.7	4.23	35.3	3.39
	計及び平均	35	62.52	3414.5	808.3	199.4	1007.7	4.22	34.6	3.39
架線集材	3ha未満	25	1.29	125.8	51.3	19.7	71.0	2.72	8.1	1.93
	3ha～5ha	6	4.10	412.3	178.0	69.2	247.2	2.71	9.1	1.97
	5ha～10ha	2	7.84	476.5	208.0	50.0	258.0	3.13	9.2	2.09
	10ha以上	2	12.72	903.5	339.0	57.5	396.5	2.67	18.2	2.30
	計及び平均	35	2.79	239.4	98.4	32.1	130.5	2.74	8.9	1.96
合計及び平均		70	32.66	1827.0	453.4	115.8	569.2	3.48	21.8	2.68

り所要延べ人工数は平均818.1人工、その内、主作業人工数は642.2人工、副作業人工数は175.9人工であり、副作業率は21.5%を占めている。また伐区面積ごとに見ると、架空線集材において小面積伐区の副作業率がやや低い傾向がみられるが、全体的にみれば、伐区面積の大小による副作業率の顕著な差異は見られない。

表－2は択伐（伐採率20%以上40%未満）の場合を示したものである。トラクタ集材における1伐区当たり所要延べ人工数は1007.7人工、その内、主作業人工数は808.3人工、副作業

- (1) 山土場の実態把握
- (2) 山土場作設能率
- (3) 山土場作設の事例
- 3) トラクタ集材路に関する現状
 - (1) トラクタ集材路の実態把握
 - (2) トラクタ集材路作設及び補修能率
2. トラクタ集材作業における副作業の見方と評価
 - 1) トラクタ集材における集材土場の評価
 - (1) 集材土場数の見方と最適土場数
 - i) 集材面域から土場までの平均集材距離の算定
 - ii) 最適土場数の算定
 - (2) 集材土場の設定位置のパターン化とその要因及び適正土場位置の算定
 - i) 集材土場位置パターンの判別
 - ii) 適正土場位置の算定
 - 2) トラクタ集材におけるトラクタ集材路網計画
 - (1) トラクタ地形区分と最適集材路網
 - (2) トラクタ集材路網の配置計画

Ⅲ 試験の経過と得られた成果

1. トラクタ集材における副作業の現状について

1) 集材作業における副作業の実態

現状の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、作業能率やコストがかなり重要視される。このような意味から実際の集材作業では集材効率を向上させるための作業方法の改善や副作業の軽減が必要となってくる。

ここではトラクタ集材における副作業の現状分析にはいる前に、まず、現状の集材作業における副作業の実態をおおまかに把握する意味で、トラクタ集材及び架空線集材における所要人工数について述べる。

表－1～表－3は皆伐（伐採率100%）と択伐（伐採率20%未満、伐採率20%以上40%未満）に分けて各集材方法別に1伐区当たりの所要人工数を示したものである。

表1は皆伐の場合を示したものである。調査件数はトラクタ集材126件、架空線集材323件である。トラクタ集材における1伐区当たり所要延べ人工数は平均で681.7人工である。その内、主作業人工数は600.8人工、副作業人工は80.9人工を占めており、副作業率（副作業人工数／1伐区当たり所要延べ人工数）は11.9%となっている。一方、架空線集材では1伐区当

表-3 集材方法別所要人工数と生産性(択伐 伐採率20%未満)

項目	伐区面積	件数	1伐区当たり	1伐区当たり	1伐区当たり所要人工数(人工)	生産性(m ³ /人工)
集材方法	伐区面積 ha		素材生産量 m ³	主作業	副作業	計
トラクタ	3ha未満	-	-	-	-	-
	3ha~5ha	-	-	-	-	-
	5ha~10ha	-	-	-	-	-
	10ha以上	11	69.31	3211.5	802.6	239.7
	計及び平均	11	69.31	3211.5	802.6	239.7
架空線集材	3ha未満	10	1.61	118.6	39.6	24.0
	3ha~5ha	2	3.70	119.5	37.5	8.5
	5ha~10ha	-	-	-	-	-
	10ha以上	-	-	-	-	-
	計及び平均	12	1.96	118.8	39.4	21.4
合計及び平均	23	34.17	1597.9	404.4	125.0	520.2

率は199.4人工であり、副作業率は19.8%となっている。一方、架空線集材は伐区の大きさとして3ha未満の小伐区がほとんどであり、1伐区当たり所要延べ人工数は130.5人工、その内、主作業人工数は98.4人工、副作業人工数は32.1人工である。副作業率は24.6%である。

表-3は択伐(伐採率20%未満)の場合を示したものである。トラクタ集材においては調査例すべてが10ha以上、架空線集材ではほとんどが3ha未満である。トラクタ集材では1伐区当たり所要延べ人工数では1042.3人工、その内、主作業人工数は802.6人工、副作業人工数は239.7人工であり、副作業率は23%である。架空線集材における1伐区当たり所要延べ人工数は60.8人工、その内、主作業人工数は39.4人工、副作業人工数は21.4人工、副作業率は35.2%となっている。

以上の結果から伐採方法別に副作業率をみていくと、トラクタ集材の場合、皆伐：11.9%、択伐(20%以上40%未満)：19.8%、択伐(20%未満)：23%となっており、皆伐作業に比べ択伐作業の方が副作業率は高い。また、択伐作業では択伐率が低い伐区の方が副作業率は高いことがわかった。一方、架空線集材においてもトラクタ集材と同様の傾向を示しており、副作業率は、皆伐：21.5%、択伐(20%以上40%未満)：24.6%、択伐(20%未満)：35.2%となることが示された。択伐区においては、伐区面積が皆伐区と同一と仮定した場合、その伐区に必要とされる土場作設、トラクタ道作設及び架空線の架設撤去等の副作業には皆伐の場合と同程度の人工数が必要になるものと思われる。その一方、伐区から集材される集材量は皆伐に比べ少ないので、その結果、択伐においては皆伐に比べ副作業率が高くなっているものと考えられる。また集材方法別にみれば、架空線集材はトラクタ集材に比べ皆伐で9.6%、択伐(20%以上40%未満)で4.8%、択伐(20%未満)で12.2%も副作業率が高いことが示された。

トラクタ集材及び架空線集材について所要人工数に占める副作業人工についてみてきたが、以下においてはトラクタ集材を中心として、副作業の実態把握及び副作業に関する諸要因との関係について分析を行った。トラクタ集材における副作業としては集材路(トラクタ道)の作設、補修及び山土場の作設等が主な作業であることからこれらの作業を中心として分析を行った。

2) 山土場に関する現状分析

(1) 山土場の実態

国有林における現行のトラクタ集材の大部分は全幹集材であり、造材作業、巻き立て作業、積み込み作業等の作業は、主に山土場で行われることが多い。従って、山土場は作業の場として重要な位置を占めるといえる。ここでは、まず山土場の実態を把握する意味で、山土場の現状について述べる。

表-4は人・天別伐採方法ごとに土場の現状を示したものである。表からわかるとおり、伐区面積や伐採材積の大きい伐区、つまり集材規模が大きい天然林択伐や天然林皆伐(皆伐と択伐が分離できない伐区)では1伐区当たりの土場数が多くなる。すなわち、択伐では1伐区当たり平均3.6箇所、皆伐では平均2.2箇所の土場が作設されている。また天然林択伐、天然林皆伐の伐区の土場面積は天然林皆伐、人工林に比べて広く、それぞれ平均値で1057m²、745m²となっている。天然林皆伐と人工林皆伐を比較すると、1伐区当たりの土場数はほとんど同じであるが土場面積は天然林の方がやや広い傾向を示した。

ここで、1伐区当たり土場数と土場面積についてさらに少し詳しく分析してみる。図-1は伐区面積と土場数の関係を示したものである。図は天然林皆伐と人工林皆伐を比較したものである。皆伐作業における1伐区当たりの土場数はその大部分が1土場であり、伐区面積が大きくなるにつれて土場数も増えている。天然林皆伐と人工林皆伐では伐区面積が等しい場合、土場数は天然林皆伐の方が多少多い。しかし、皆伐の伐区面積はその大部分が10ha以下であるのでその範囲内では両者間の差はほとんどみられない。図-2は同じく天然林択伐

表-4 人・天別伐採方法と土場の現状

	伐区面積	伐採材積	土場数	土場面積	総土場面積
	(ha)	(m ³)	(箇所)	(m ²)	(m ²)
天然林皆伐	7.8	1426.6	1.6	626	998.6
天然林択伐	63.8	3952.0	2.6	1057	4309.1
天然林皆択伐	36.6	3355.7	2.2	745	1912.3
人工林皆伐	7.0	2069.7	1.5	485	702.2

(注)土場面積は1箇所当たり面積
総土場面積は1伐区当たり面積

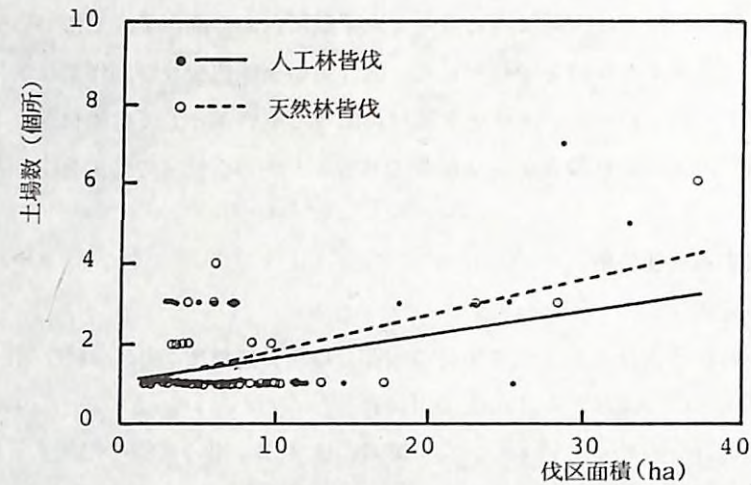


図-1 伐区面積と土場数の関係

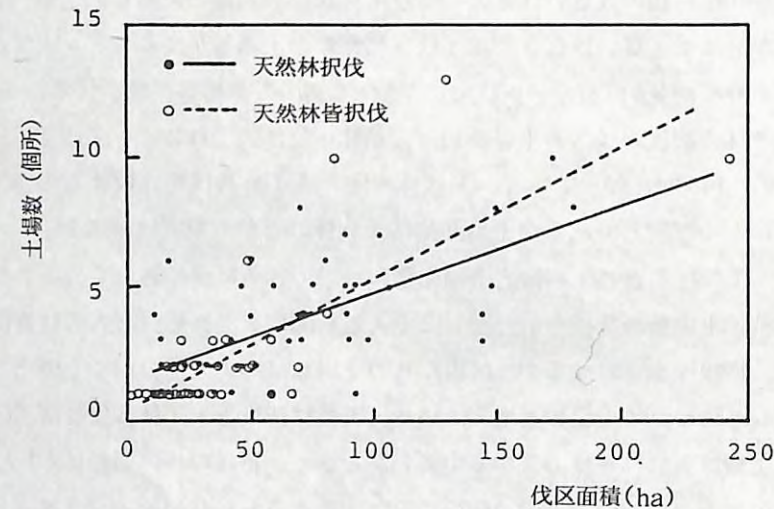


図-2 伐区面積と土場数の関係

と天然林皆択伐について比較したものである。伐区面積及び土場数は幅広く分布しているが、前述の図-1と同様、伐区面積と土場数に関しては正の比例関係がみられる。また1土場当たりの対象伐区面積は両者間には顕著な差はみられない。ちなみに各伐採方法別の1土場当たり対象伐区面積の平均値を示すと、天然林の場合、皆伐：5.3 ha，択伐：20.4 ha，皆択伐：18.8 ha，人工林皆伐：5.4 haであった。

図-3，図-4は人・天別及び天然林における伐採方法別の1個所当たり土場面積の分布を示したものである。図-3より、人工林では400 m²未満が最頻値であり、土場面積が広くなるにつれて頻度は減少していることがわかる。また、天然林では400～800 m²に最頻値が

ある。図-4は天然林について伐採方法別に示したものであるが、択伐については他の二つと異なり、一様な分布傾向を示している。

山土場においては盤台が作設され、造材作業はこの盤台上で行われている。造材作業は移動式玉装、固定式玉装、チェーンソー等を用いて行われているが、現状では移動式玉装を使用するが多い。また、固定式玉装は人工林のみで使用されている。ここで人・天別に使

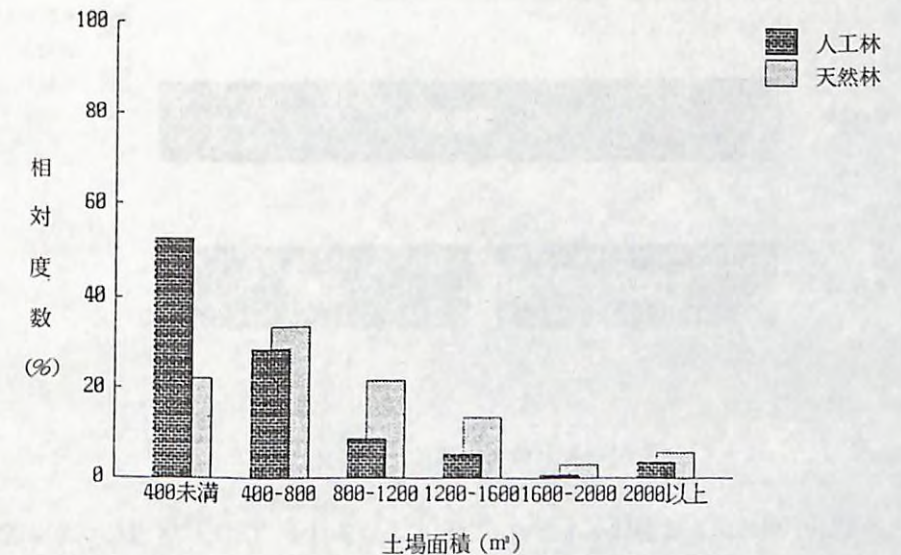


図-3 土場面積の分布

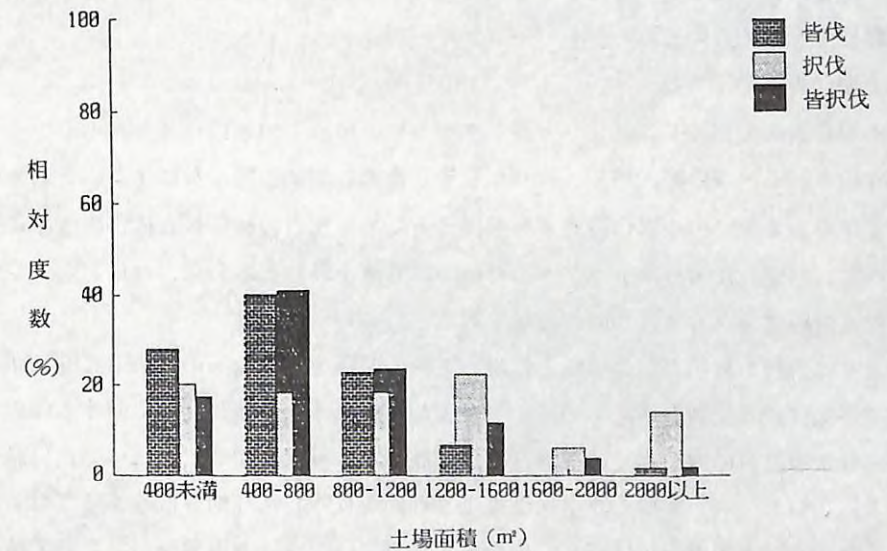


図-4 伐採方法別土場の分布(天然林)

用されている盤台の種類について調べたのが図-5である。現在のところ盤台の種類は木製盤台、鋼製盤台、土盤台の3種類あるが、図-5から明らかなように天然林のほとんどは土盤台である。また、人工林においては木製盤台と土盤台がほぼ半数を占め、一部鋼製盤台もみられる。

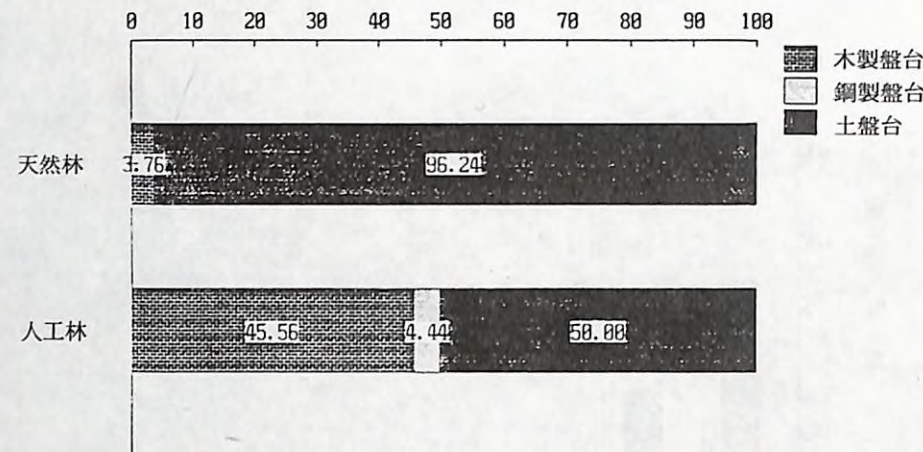


図-5 盤台の構成比率 (%)

ここで山土場に関する現状をまとめると次のようになる。(1) 1伐区当たり土場数及び1個所当たり土場面積は伐区面積、伐採材積等に左右される。つまり、天然林択伐、天然林皆伐のように集材規模が大きい伐区ほど土場の規模も大きい。(2) また山土場に作設される盤台は、天然林においてそのほとんどが土盤台であり、人工林では土盤台と木製盤台がそれぞれ約半数程度を占めている。

(2) 山土場作設能率

山土場作設にあたっては通常、トラクタやバックホウ等の重機により地取りあるいは盛土して作設される。この際、地形条件や土質等が作業能率に影響を及ぼす要因と考えられるが、ここではおおまかに山土場作設能率を把握するために盤台の種類ごとに作設能率について調べてみた。前述したようにトラクタ集材においては土盤台と木製盤台がほとんどを占めているので、分析にあたってはこの2種類を対象として行った。

図-6は盤台の種類ごとに面積と作設人工数の関係を示したものである。面積が広がるにつれて当然作設人工数も増えている。また図からわかるように、面積に対する作設人工数の増加率は木製盤台の方が高く、土盤台の作設能率が木製盤台のそれに比べて良い結果となっている。土盤台においてはトラクタ等により地面をならしたり切り取りするだけで簡易に作設できるので、木製盤台に比較して作設人工数が少ない。一方木製盤台については、通常、造材盤台、積み込み盤台の部分が丸太により組み立てられる場合が多いものと思われる。

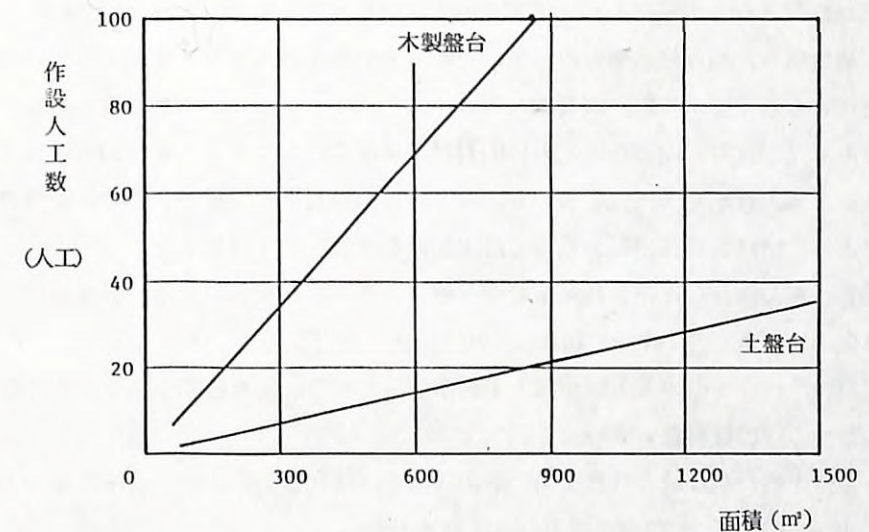


図-6 盤台の大きさ と 作設人工数

従って、この丸太組み立てに手間がかかるために人工数が増え、土盤台に比べて作設能率が悪くなっているものと考えられる。

ここで作設能率の平均値をみると、木製盤台は、約 $8.7 \text{ m}^2/\text{人工}$ 、土盤台は約 $42.6 \text{ m}^2/\text{人工}$ である。

(3) 山土場作設事例

前節においては山土場作設の能率について述べたが、ここではもう少し具体的に作設人工、作設経費等について把握するために事例を紹介しよう。

表-5は調査地№1、№2における土場の作設条件を示したものである。調査地№1は木

表-5 土場の作設条件

	調査地 NO1	調査地 NO2
地形条件	平均傾斜 31° 複雑さ 単純 地質 堅強	平均傾斜 17° 複雑さ 単純 地質 軟弱
盤台の種類	木製盤台	土盤台
造材方法	移動ソー	チェーンソー
面積	荷卸し : 128 m ² 造材 : 144 m ² 積込 : 100 m ² 合計 372 m ²	荷卸し : 132 m ² 造材 : 220 m ² 合計 352 m ²

製盤台が作設された土場である。当調査地では賃借りによるバックホウで土場が作設された。また、造材盤台、積み込み盤台の部分のみが丸太で組まれており、荷卸し盤台は地山を切り取っただけのものであった。調査地№2は手持ちのトラクタにより地山をならした程度の土盤台であった。なお、両調査地ともに国有林の事業実行地であったが、調査地№2は請負業者による事業実行地であった。表-6、表-7は両調査地における土場の作設経費を示したものである。諸経費の算出にあたっては実績値を基礎として計算した。

表-6は木製盤台が作設された土場の事例である。諸経費の内訳は、機械経費：47,900円、賃金：250,000円、作設材料費：300,410円、合計598,210円である。ここでは丸太組み立てのために作業員の人工数が22人工数かかっており、また移動玉装のための敷板、盤台作設のための作設材料費も多い。

表-7は土盤台が作設された土場の事例である。諸経費の内訳は、機械経費：29,909円、賃金：48,000円、合計77,909円となっている。

ここで両調査地について比較すると、機械経費については調査地№1の場合は賃借り、調査地№2の場合手持ち機械であるが、1日当たりの経費はほとんど差がない。機械運転手の所要人工数については、調査地№1と調査地№2の土場面積が同じであるにもかかわらず調査地№1の方が1人工多くかかっている。これは、調査地№1の方が地形条件、地質条件が厳しく（平均傾斜31度、土質堅強）また、丸太組みのための基礎作りに少し手間がかかったものと思われる。作業員賃金については、調査地№1では丸太組み立てのために所要人工数が調査地№2に比べて多い。また、作設材料費については調査地№2ではかかっていない。

表-6 土場の作設経費（調査地№1）

		（単位：円）	
費用項目	内 訳	備 考	
機械経費	機械賃賃料	37,500	作設人工数 機械運転手 2.5 人工
	燃料費	10,400	作業員 22.0 人工
			作設機械 中型バックホウ（賃賃）
			賃賃料 15,000 円/日
小 計		47,900	燃料費 4,160 円/日 （実績値）
賃 金	機械運転手	30,000	作業員賃金 機械運転手 12,000 円/日
	作業員	220,000	作業員 10,000 円/日
小 計		250,000	
作設材料費		300,410	
小 計		300,410	
合 計		598,210	

表-7 土場の作設経費（調査地№2）

		（単位：円）	
費用項目	内 訳	備 考	
機械経費	機械損料	25,461	作設人工数 機械運転手 1.5 人工
	燃料費	4,448	作業員 3.0 人工
			作設機械 中型トラクタ
			（償却期間 5年）
小 計		29,909	燃料費 2,965 円/日 （実績値）
賃 金	機械運転手	18,000	作業員賃金 機械運転手 12,000 円/日
	作業員	30,000	作業員 10,000 円/日
小 計		48,000	
合 計		77,909	

合計金額を比べると、調査地№1は598,210円、調査地№2は77,909円であり、土盤台が作設された調査地№2の方が520,301円安くなっている。

以上の結果から明らかなように、木製盤台においては丸太組み立てのために人工数及び作設材料費が必要となるので土盤台に比較して割高になる。作業現場の条件によっては丸太組み立てによる木製盤台が必要となる場合も少なくないが、この場合には作設経費を節減するためにできるだけ簡素化させることが必要である。

3) トラクタ道に関する現状分析

(1) トラクタ道の実態

トラクタ集材におけるトラクタ道（集材路）は作業の基盤となる施設であり、特に地形条件の厳しいわが国においてはトラクタ集材に欠くことのできない重要な役割を果たしている。効率的な集材作業を実行していく上でこのトラクタ道は各作業現場に適応した密度ならびに配置が望まれる。

トラクタ道に関わる諸要因としては、地形条件、伐区面積やその形状、出材量等が考えられる。ここでは人・天別あるいは伐採方法を中心とした見方からトラクタ道とこれに関する諸要因についての分析を行った。

表-8は人・天別伐採方法とトラクタ道の概要を示したものである。トラクタ道密度は各方法ともに100mを越えており、天然林皆伐における密度が最も高い。次に人工林皆伐、天然林皆伐と続き、天然林択伐が最も密度が低い。一方、伐区内におけるトラクタ道総延長は当然のことながら伐区面積が広い天然林択伐、天然林皆伐において長く、1伐区当たりの平均値を示すと、天然林択伐で6274m、天然林皆伐で4301mであった。

図-7、図-8はトラクタ道路網密度とha当たり出材量（ha当たり伐採材積）との関係

表-8 人・天別伐採方法とトラクタ道の現状

	伐区面積 (ha)	トラクタ道密度 (m/ha)	トラクタ道総延長 (m)
天然林皆伐	7.8	142.3	1056.7
天然林択伐	63.8	103.7	6273.5
天然林皆択伐	36.6	131.1	4300.5
人工林皆伐	7.0	131.4	820.3

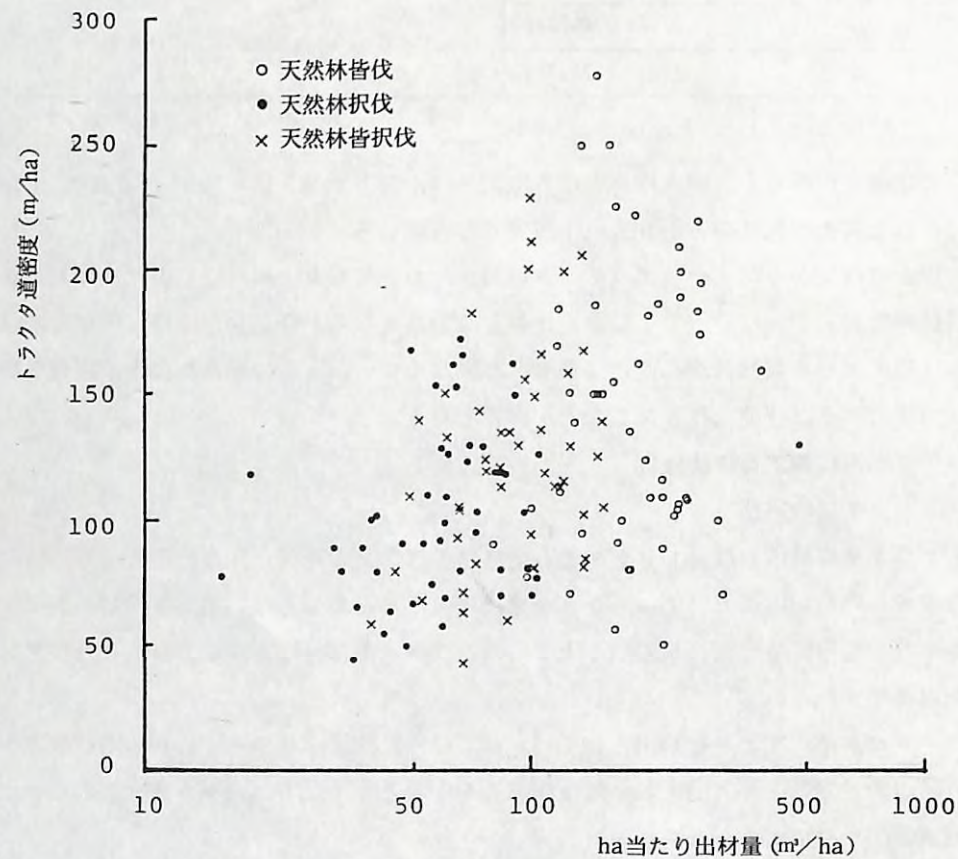


図-7 出材量とトラクタ道密度の関係

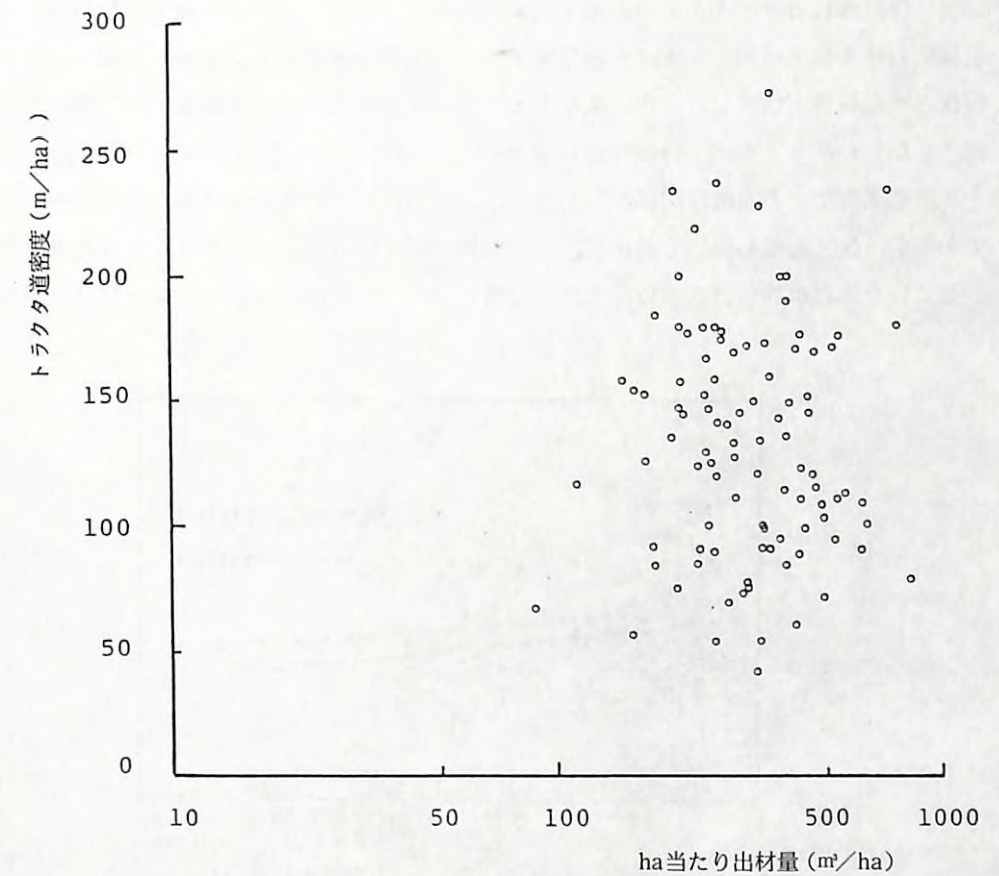


図-8 出材量とトラクタ道密度の関係(人工林皆伐)

を人・天別に示したものである。図-7は天然林の場合であるが、図から明らかなように、トラクタ道密度はha当り出材量が大きくなるに従って高くなる傾向がみられ、特に天然林択伐、天然林皆択伐においてその傾向が強いことがわかる。また、ha当り出材量が大きくなるにつれてトラクタ路網密度の増加率は小さくなる傾向がみられる。図-8は人工林皆伐の場合であるが、天然林の場合に比べてha当り出材量が多いがトラクタ道路網密度とha当り出材量との間には関係がみられない。

以上のように天然林、特に択伐、皆択伐においてはha当り出材量が多い伐区にはトラクタ道が多く作設される傾向があり、逆にha当り出材量が少ない伐区にはできるだけトラクタ道を少なくして作業を実行している傾向が伺える。一方、人工林皆伐においてはha当り出材量も300～400m³/haあたりに集中し、トラクタ道路網密度とha当り出材量との間にはあまり関係がみられない。人工林皆伐では材が伐区全域に一樣に分布しているためにトラクタ道は伐区内にまんべんなく導入されるものと思われる。この結果、トラクタ道路網密度とha当り出材量との間には関係がみられなかったものと推察される。

次に伐区面積とトラクタ道路網密度との関係を見てみよう。図-9は天然林皆伐と人工林皆伐における伐区面積とトラクタ道路網密度との関係を示したものであり、図-10は天然林択伐と天然林皆伐における伐区面積とトラクタ道路網密度との関係を示したものである。図-9からわかるように、皆伐の場合ほとんどの伐区が10 ha以内にあり、伐区面積とトラクタ道路網密度との間には関係がみられない。一方、図-10は天然林択伐及び皆伐の場合であるが、伐区面積も幅広く分布し、伐区面積が広くなるに従ってトラクタ道路網密度が減少していく傾向がみられる。特に天然林択伐においてその傾向が強い。図-11は天然林択伐

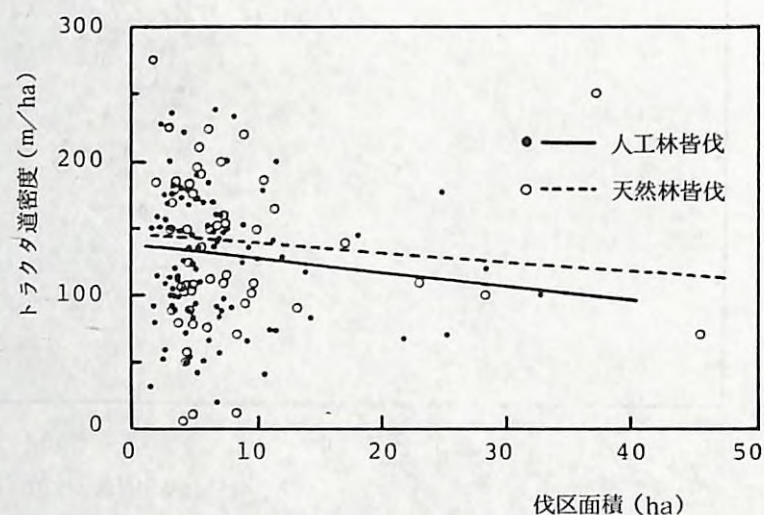


図-9 伐区面積とトラクタ道密度の関係

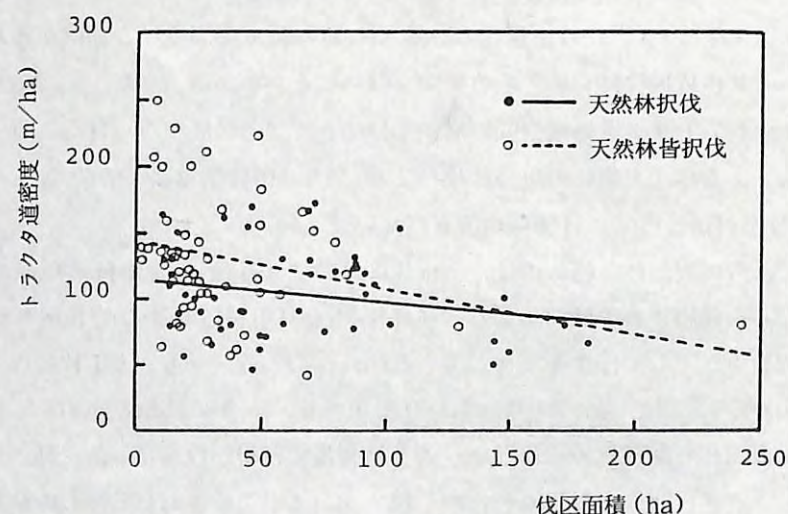


図-10 伐区面積とトラクタ道密度の関係

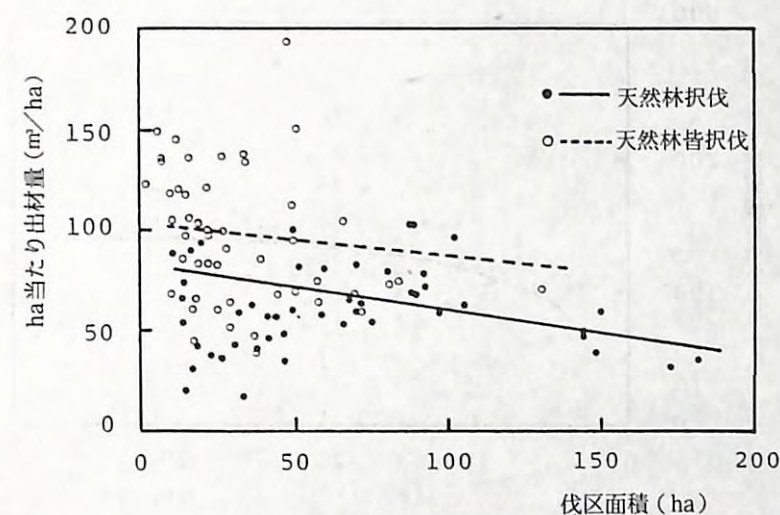


図-11 伐区面積と集材量

と天然林皆伐について伐区面積と ha 当たり出材量の関係を見たものであるが、図からわかるとおり伐区面積が広くなるにつれて ha 当たり出材量も減少している。つまり前述のトラクタ道路網密度と ha 当たり出材量の関係からわかるように、天然林択伐、天然林皆伐においては伐区面積が大きい伐区ほど ha 当たり出材量が少なく、ha 当たり出材量が少ないためにトラクタ道路網密度が低くなっている。

次に地形条件として傾斜とトラクタ道路網密度との関係について調べてみる。

トラクタは地形が急になると登坂や転倒に対する条件から林内への導入は難しくなる。その場合作設施工を施すトラクタ道が導入される。実際の作業においてはウィンチロープによる木寄せ距離はほぼ一定に行われているものと思われるが、地形が急になればウィンチロープ引き上げ作業が困難になることからさらにトラクタ道が作設されるものと思われる。また、トラクタ道の迂回率も増し全体としてのトラクタ道路網密度は増加するものと推察される。

図-12~15は人・天別伐採方法ごとに傾斜とトラクタ道路網密度との関係を示したものである。図からわかるとおり、顕著ではないが地形傾斜が厳しくなるにつれてトラクタ道路網密度もわずかながら増加している傾向がみられる。以上のように現状のトラクタ道路網は傾斜が厳しい林内において多く導入されている傾向がある。

(2) トラクタ道作設能率及び補修能率

トラクタ道作設能率は当該集材地の地質、地形条件さらには作設機械等の要因に影響を受けることも考えられるが、一般に作設延長に伴って人工数も増大していく。図-16はトラクタ道の作設総延長と作設人工数の関係を地形条件(20度以上、20度未満)別に示したものであ

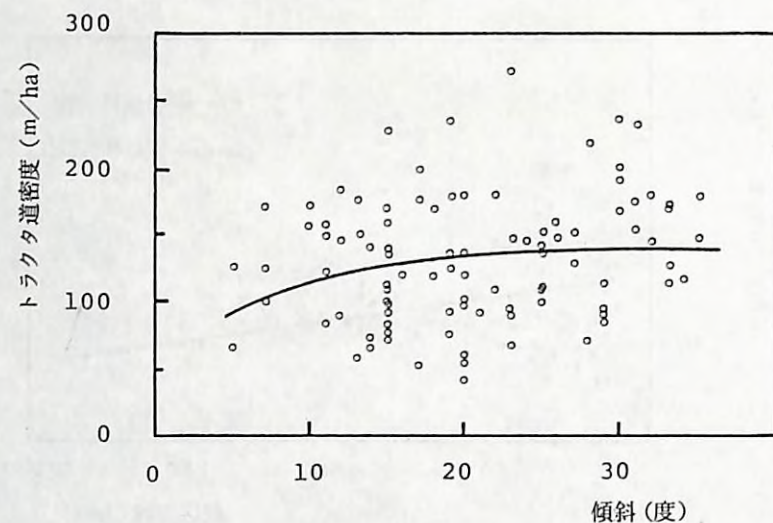


図-12 傾斜とトラクタ道密度の関係（人工林皆伐）

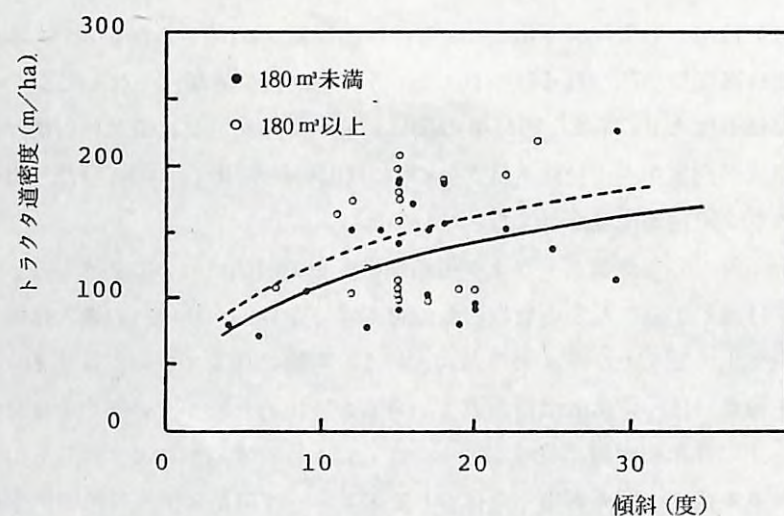


図-13 傾斜とトラクタ道密度の関係（天然林皆伐）

る。図からわかるように、作設総延長が増大するに従い人工数も増加している。また地形条件別にみれば20度未満の林内の方が能率はよさそうに見えるが、20度以上のそれに比べると明らかな差はみられない。トラクタ道作設においては通常のり面切り取り作業がおこなわれ、この場合、当然地形が急な個所ほど切り取り土量が増え、単位作設延長当たり人工数は増えるものと推察される。今回の調査分析はアンケートによったために地形条件との関係が明確にできなかったものと考えられる。ここで地形条件を考慮しない場合のトラクタ道作設人工数を図-16より推定すると、作設延長が2000 m、4000 mの場合作設人工数はそれぞれ18人

工、32人工となり作設効率は111 m/人工、125 m/人工となる。

次にトラクタ道補修能率であるが、補修にあたってはトラクタ道の使用期間、地質、天候等により補修人工数も異なってくると思われるが、基本的にはトラクタ道の総延長距離に比例して増加する。図-17はトラクタ道総延長と補修人工数の関係を示したものである。図からわかるとおり、少しバラツキはみられるもののトラクタ道総延長に比例して補修人工数は増加している。図から補修人工数を推定するとトラクタ道総延長距離が2000 m、4000 mの

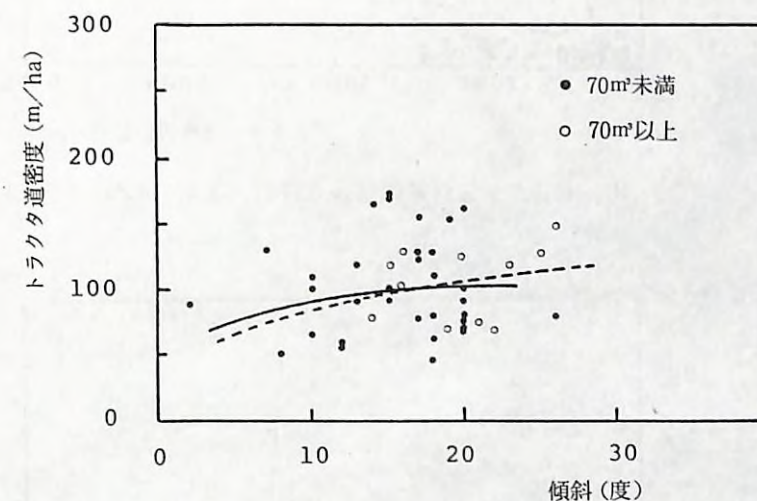


図-14 傾斜とトラクタ道密度の関係（天然林択伐）

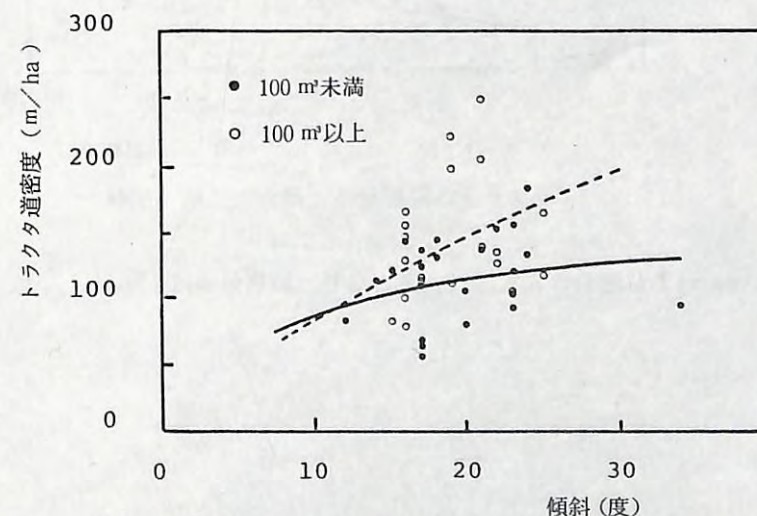


図-15 傾斜トラクタ道密度の関係（天然林皆伐）

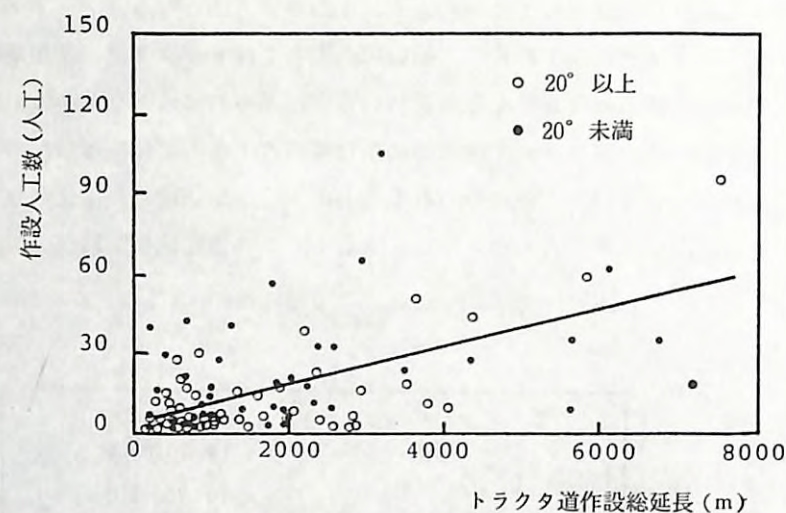


図-16 トラクタ道作設総延長と作設人工数の関係

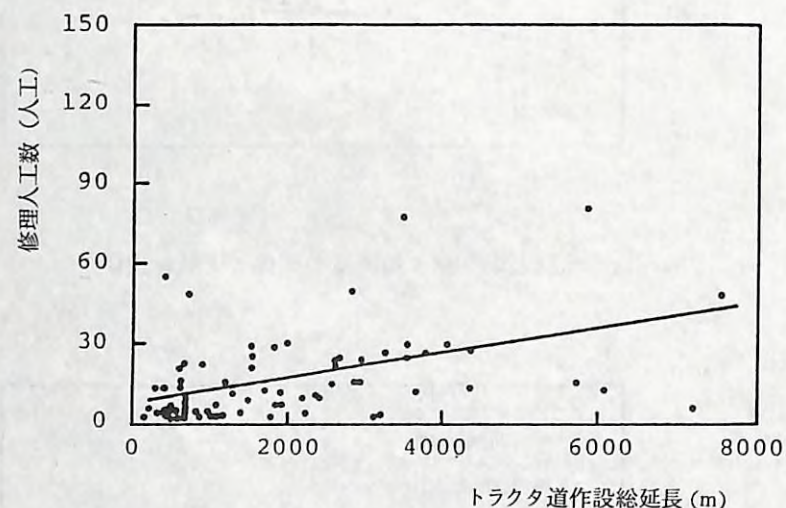


図-17 トラクタ道作設総延長と補修人工数の関係

場合補修人工数はそれぞれ17人工、26人工となり、補修効率は118 m/人工、154 m/人工となる。

(今富裕樹)

2. トラクタ集材作業における副作業の見方と評価

架線集材に比べトラクタ集材を選択する場合の大きな利点の一つとして、比較的簡易な集材技術により施業上の条件に沿った集材を適宜に実行できることが上げられる。これはトラクタが機動性に富むという特徴とともに架線集材における架線の架設や盤台の作設等の副次的作業が少ないことにも関係している。したがって、トラクタ集材作業においては副作業は問題にされることが少なく、その評価方法は明らかにされていない。しかし、トラクタ集材にとって一見非生産的工程と考えられる副作業の問題は集材技術を展開する場合の欠くことができない条件であり、生産性向上をはかる上で重要な役割を果たすと思われる。なぜならばトラクタ道の作設や土場の作設といった副作業は単に主作業のための補助的手段でしかないように思われるが、トラクタ集材にとって適正なトラクタ道の密度や配置あるいは適切な土場位置の設定は伐出作業を集約的に実行し、生産性を高める上で不可欠の要素である。こうした意味から、集材路の作設や土場の作設等の副作業の良否は、見方によっては伐出作業全体の成否を決定するものといえる。

ここではトラクタ集材における副作業工程としてのトラクタ道および土場の作設に当たりのあり方について、特に事例分析を基に計量地理学的側面からその評価法について検討を行った。

1) トラクタ集材における集材土場の評価

トラクタ集材作業における集材土場は、トラクタ集材路網がリンク(線)に対しノード(点)の関係にあり、どちらか一方が不備であっても適正な集材作業は完結しない。集材に際して土場を先に決めるか、それとも集材路の導入を先に決めるかという問題はさておき、これらの2者の関係は相互に関連し合ったかたちで構成されている。

集材土場を計量地理学的な立場から評価しようとする場合その視点として次のような項目が考えられる。

- ① 集材土場敷の適正規模の問題。
- ② 集材土場敷における荷下し場、造材場、巻立て場、貯材場、仕分け場、積込み場等の最適レイアウトの問題。
- ③ 最適土場敷の問題。
- ④ 適正な土場位置の問題。

ここでは、上の項目から特に③④の問題を取り上げ検討を行った。

(1) 集材土場敷の見方と最適土場敷

ある集材面域に土場施設を「いくつ」設置したらよいかという問題は、後述する「どこに」設置するかという問題とともに集材施設計画の中心課題である。これらの「施設量(数、規模)」とその「配置」は別個に取り扱われるものではなく、相互にバランスよく決定することが計画の上で重要である。

この種の問題は、都市工学や計量地理学の分野でいう施設配置問題あるいは地理学的最適化問題の1つと考えられる。しかしこれらの分野で取り扱われる問題の多くは人間行動ある

いは社会的条件にウェイトが置かれるのに対し、集材土場の問題では木材搬出という単一目的の立場から主に地理的条件に重点を置いた最適化問題として扱われる。

ここでは、土場密度（単位面積（ha）当りの土場数）や土場の規模と平均集材距離の関係について検討するとともに最適土場数について理論的な考察を行った。

i) 集材面域から土場までの平均集材距離の算定

山土場などの点的施設の規模や数あるいは配置を論ずる場合、その中心的命題は伐倒木から土場施設までの集材距離であるといえる。

図-18は、土場数や土場施設規模を算定する場合のフローチャートを示したものである。図からわかるように、土場数および規模を算定するには集材距離が重要な役割を演ずることになり、土場数が決まれば集材距離を通して土場の規模が決定され、また土場の規模が決まれば集材距離を媒介として土場数が決定されることになる。すなわち集材距離によって土場数および土場規模の一応の目安を得ることができることがわかる。

土場までの集材距離を算定しようとする場合、2つの場合が考えられる。1つは材を最も近い土場へ搬出するという仮定から、土場を配置したときの集材距離である。この集材面域は各土場へ搬出する伐倒木の地点が重ならない領域に分割されるのであるが、この領域すなわち Voronoi 領域の各母点を土場と考えた場合の領域内の距離を論ずるものである。他方もう一つの場合は、各土場の圏域を問題とするよりも、複数土場で集材面域全体を対象とすることを想定したもので、伐倒木の地点から最も近い土場までの距離を論ずるものである。

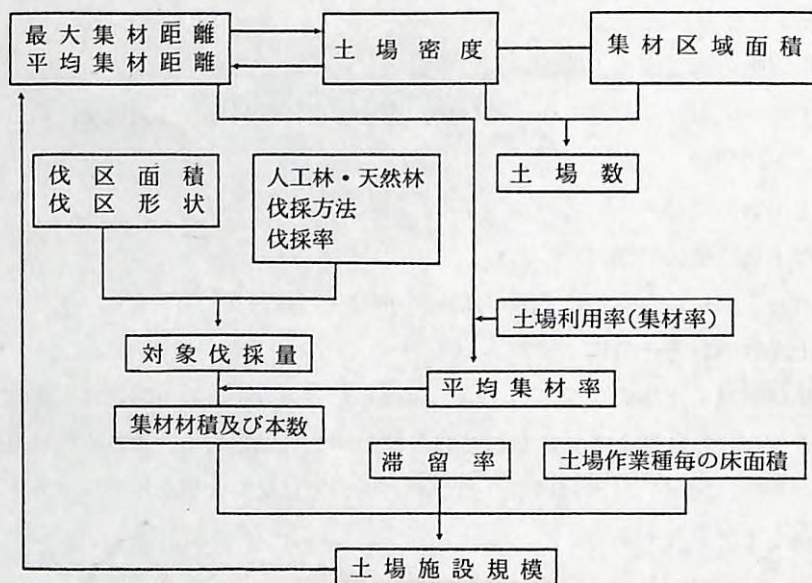


図-18 土場施設の数と規模の関係

ここでは前者の場合を Voronoi Diagram 法、後者を Nearest Neighbor Distance 法と呼称し、それぞれの平均集材距離についてみる。

図-19は Voronoi 線図による各土場に対する集材領域を示したものである（図は、斜線をほどこした領域にある伐倒木は土場 P_i に集材することを示したものであり、右図は左図を拡大したもので Voronoi 分割の幾何学的な性質を示したものである）。Voronoi 多角形の各母点 P_i を土場と考えると、Voronoi 線図の性質からその平均集材距離を算定することができる。詳細については参考書等にゆだねるとして、いま ha 当りの土場数を ρ とすると、各領域の各土場へ集材する平均集材距離 \bar{l} は式(1)で表される。

$$\bar{l} = \frac{1}{6} \left[2Z + \frac{X^2}{Y} \ln\left(\frac{Y+Z}{X}\right) + \frac{Y^2}{X} \ln\left(\frac{X+Z}{Y}\right) \right] \\ = 40.5422 / \sqrt{\rho} \quad (1)$$

$$\text{但し, } X = \frac{16}{9\pi\sqrt{\rho}} \times 100, \quad Z = \frac{3}{4\sqrt{\rho}} \times 100, \quad Y = \sqrt{Z^2 - X^2} \text{ である。}$$

またもう一方の圏域を問題としないで、任意の点から最も近い土場までの集材距離については、土場の分布がポアソン分布に従っているとすると、集材距離 l の確率密度関数からその平均集材距離の期待値 \bar{l} が式(2)のとおり算定することができる。

$$f(l) = 2 \times 10^4 \rho \pi l e^{-10^4 \rho \pi l^2} \\ \bar{l} = \int_0^{\infty} l f(l) dl = \frac{1}{2\sqrt{\rho}} \times 100 \quad (2)$$

但し、 ρ は ha 当りの土場数である。

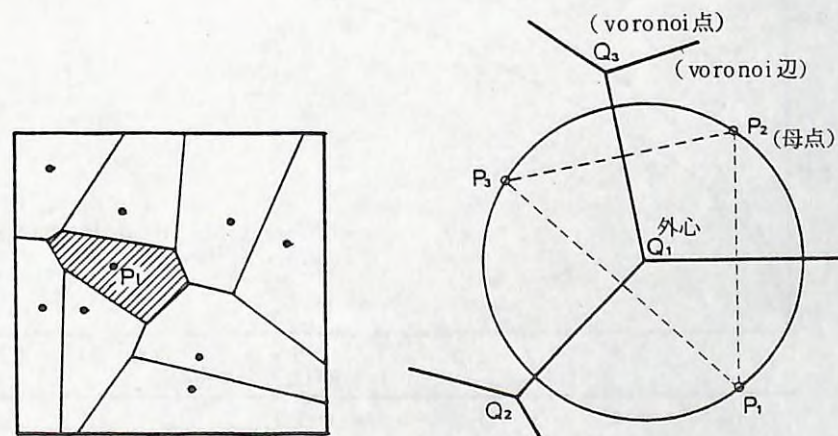


図-19 Voronoi 線図による集材領域と土場及び集材距離

図-20は、上述のそれぞれの場合について、土場密度（ha 当たりの土場数）と平均集材距離の関係を示したものである。図から明らかなとおり、各平均集材距離は土場密度が小さい程、すなわち1土場当たりの集材面積が大きい程長くなる。また集材の圏域を問題とする Voronoi 分割による集材の場合の平均集材距離は集材圏域を問題としないで土場へ集材する場合の平均集材距離に比べて短くなることがわかった。

ii) 最適土場数の算定

トラクタ集材作業において最適な土場数あるいは土場密度を算定する場合2つの方法が考えられる。1つは静的立場から土場数を決定しようとするものであり、土場までの集材費、土場間の道付け費および土場開設費等の総費用を最小にする方法である。また他方は動的立場からの解明といえるもので、所謂トラクタ待ち時間や土場作業待ち時間および荷掛け作業待ち時間等の総待ち時間を最小にする土場数の算定法である。これらの2方法によって得られた最適土場数は必ずしも一致したものではなく、むしろ両者の評価値を同時に満足する土場数が最適な土場数となる。しかし、ここでは、待ち時間の問題は取り上げないで前者の静的立場からの最適土場数について理論的に検討した。

ある集材面積に対し最適土場数を算定する場合、それに係る集材総費用（又は集材所要

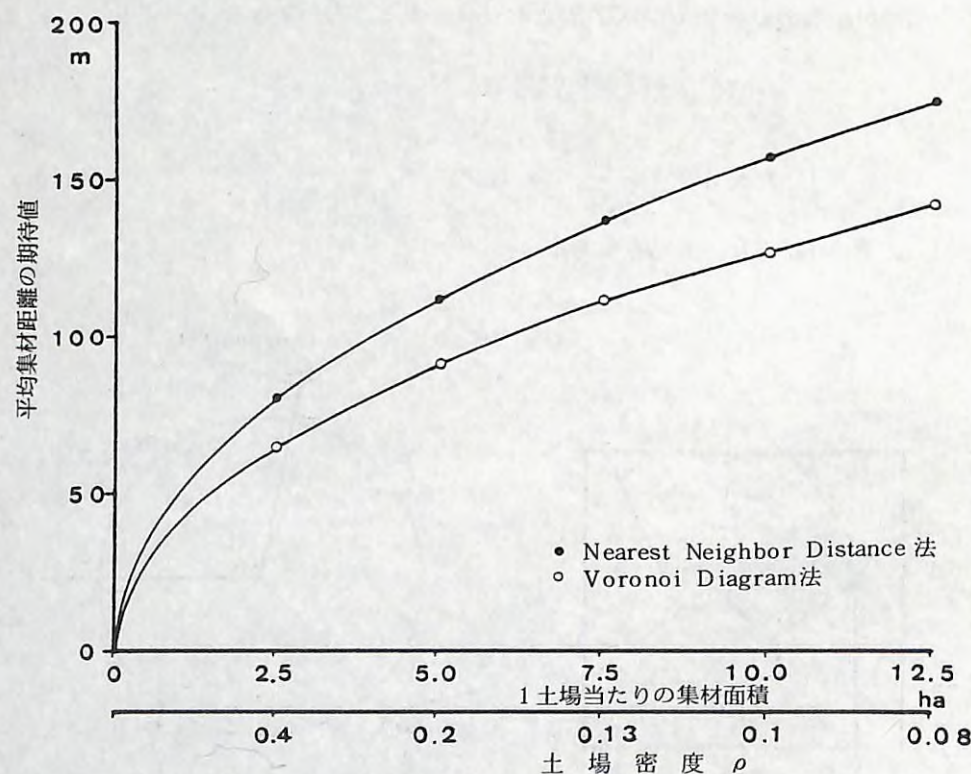


図-20 土場密度と平均集材距離の関係

人工数)を最小にすることを目的関数とすると、土場数のパラメータに対しおおまかにいて3つの費用関数が考えられる。すなわち、1つは土場までの集材距離に関する集材費であり、1つは土場の規模あるいは設置場所の地形条件等に関する土場開設費である。さらにもう1つは既設道から土場までおよび土場間の道付け等の費用である。これらの費用は土場密度が大きくなるに従って集材費は減少し、土場開設費や土場間の道付け費用は逆に増大する関係となることが推察される。

いま、土場数の多少に対し直接変動しない費用を固定費として一定とおき、土場数の多少に関する費用の合計をTとおくとTは(3)式のとおり表される。

$$T = a \cdot w \cdot A \bar{l}_1 (1 + \eta_1) + b \cdot n \bar{l}_2 (1 + \eta_2) + c \cdot s_A n \quad (3)$$

但し、a: 単位材積当たり単位m当たりの集材費（又は所要人工数）b: 単位m当たりの道路作設費（又は所要人工数）、c: 1土場当たり土場面積当たりの土場開設費（又は所要人工数）、w: ha 当たりの出材量（m³/ha）。A: 対象集材域の面積（ha）。s_A: 1土場当たりの土場面積（m²）。n: 土場数。 \bar{l}_1 : 平均集材距離（m）。 \bar{l}_2 : 土場間の平均距離（m）、 $(\bar{l}_2 = 32 \times 100 / (9\pi\sqrt{\rho}))$ 、ρはha 当たりの土場数）。 η_1, η_2 : 迂回率。である。

ここで、 \bar{l}_1, \bar{l}_2 及び n は土場密度 $\rho (= n/A)$ の関数で与えられることから、(3)式にそれぞれを代入すると、ha 当たりの総費用 $T_A (= T/A)$ は次式のとおり土場密度 ρ の関数で表される。

$$T_A = T/A = 50 \cdot a w (1 + \eta_1) \frac{1}{\sqrt{\rho}} + \frac{32 \times 10^2}{9\pi} b (1 + \eta_2) \sqrt{\rho} + c \cdot s_A \rho \quad (4)$$

$$(\text{又は}) = 40.5422 a w (1 + \eta_1) \frac{1}{\sqrt{\rho}} + \frac{32 \times 10^2}{9\pi} b (1 + \eta_2) \sqrt{\rho} + c \cdot s_A \rho \quad (5)$$

但し、(4)式は(2)式、(5)式は(3)式の \bar{l}_1 を適用したものである。

(4)式のそれぞれの係数を式(6)で与えると T_A は、(7)式となる。

$$\left. \begin{aligned} k_1 &= 50 \cdot a w (1 + \eta_1) \quad (\text{又は } k_1 = 40.5422 a w (1 + \eta_1)) \\ k_2 &= 32 \times 10^2 \cdot b (1 + \eta_2) / 9\pi \\ k_3 &= c \cdot s_A \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

$$\therefore T_A = k_1 \frac{1}{\sqrt{\rho}} + k_2 \sqrt{\rho} + k_3 \rho \quad (7)$$

式(7)から、ha当たりの総費用 T_A は土場密度 ρ の関数で表され、 ρ の変化によって増大する関数項と減少する関数項の合成関数で示される。

すなわち、総費用を最小にする土場密度 ρ は、

$$\frac{dT_A}{d\rho} = 0 \text{ より}$$

$$\rho = \left(\frac{1}{\left(-\frac{q}{2} + \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}\right)^{\frac{1}{3}} + \left(-\frac{q}{2} - \sqrt{\frac{q^2}{4} + \frac{p^3}{27}}\right)^{\frac{1}{3}}} \right)^2 \quad (7)$$

となり、最小値を有することになる。但し、 $P = -k_2/k_1$ 、 $q = -2k_3/k_1$ である。

図-21は、1例として、費用の代わりに所要人工数を評価値とした場合の最小所要人工数を与える土場密度の関係を示したものである。

算定に用いた各係数は第1報の事例分析より求められた平均的な値であり、表-9の通りである。図は天然林の場合について示したものであるが、図中の数字は①：集材作業の人工数、②：土場間の作業路作設人工数（連絡路作設人工数）、③：土場開設人工数、であり、④は①、②、③の合計所要人工数を示している。図からわかるように、集材作業人工数は、

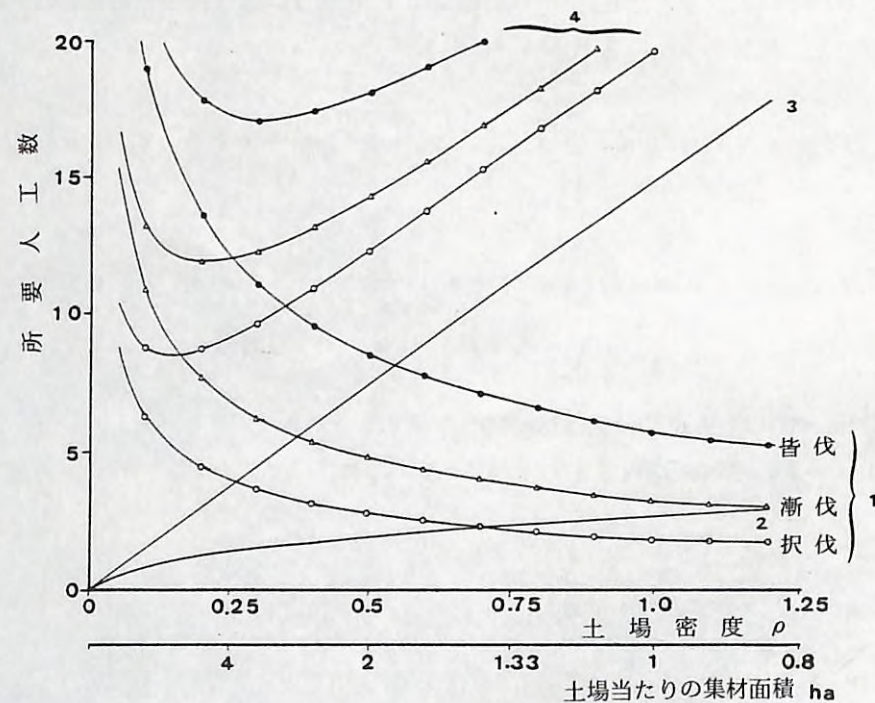


図-21 伐採方法別、最小所要人工数を与える土場密度（天然林の場合）

表-9 最適土場数算定のための各種作業の所要人工数の評価値

評価値	天然林			人工林	
	皆伐	択伐	漸伐	皆伐	間伐
集材作業 a (人工数/㎡・m)	0.75E-3	0.1E-2	0.85E-3	0.95E-3	0.3E-2
平均的出材量 w (㎡/ha)	200	50	100	300	75
連絡路作設作業 b (人工数/m)	0.025 (40m/日)				
土場開設作業 c (人工数/㎡)	0.03 (土場の大きさ500㎡)				

土場密度が高くなるに従って減少しており、土場間の作業路作設人工数および土場開設人工数は土場密度の増大とともに増大し、総所要人工数は両者の合成関数で表され、ある土場密度において最小所要人工数を与えることがわかる。

これらの関係は人工林についても同様であるが、最小所要人工数を与える土場密度は出材量によって異なる。図-22は、それぞれ伐採方法について ha 当たりの出材量と最小所

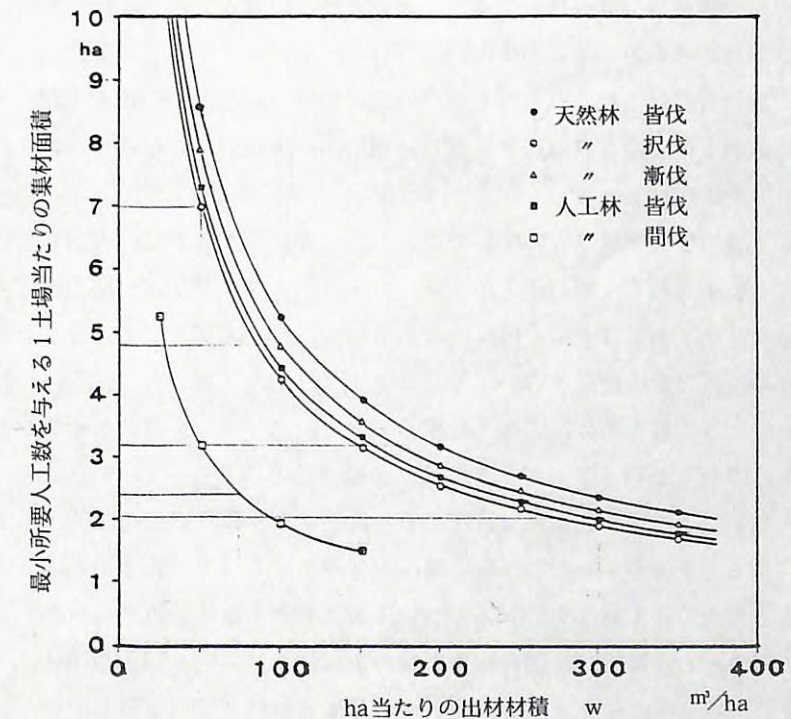


図-22 出材材積と最適土場数の関係

要人工数を与える1土場当たりの伐区面積の関係を示したものである。図からわかるように、1土場当たりの最適伐区面積は、各伐採方法ともha当たりの出材量が大きくなるに従って減少する。また各伐採方法について平均的なha当たりの出材量について表-9に示しているが、それらの値を図-22に適用すると1土場当たりの最適伐区面積は、皆伐(天)では3.2ha、皆伐(人)では2ha、択伐では7ha、漸伐では4.8ha、間伐では2.4haとなることがわかる。

以上のように、最適土場数は各現場の作業条件や各作業毎の評価値が与えられれば、およその数値が理論的に算定することが可能となる。

(2) 集材土場の設定位置のパターン化とその要因及び適正土場位置の算定

トラクタ集材における集材土場は、架線集材の場合と異なり、工作資材を使用した高規格の土場は少なく、平土場あるいは簡単な掘削ま盛土等の施工により開設した土の土場が主流である。したがってその設置は比較的容易であるため各所に様々に設定されるように見える。しかし一見不規則に見える設置場所も、現場の諸条件、例えば、伐採方法、伐採面積、出材量、伐区形状あるいは地形条件、林道と伐区との位置関係などの因子により制約を受けることになり、それぞれの現場条件に従った土場位置が決定されることになり、それぞれの土場位置にもある法則性が見い出される場合が少なくない。

例えば、土場位置の設定に関しては次のような特徴を有していることが多い。

- ①林道、作業道等の既設道になるべく近い箇所に設置される(輸送ポテンシャル条件)。
- ②平均集材距離を短くする箇所に設置される(集材ポテンシャル条件)。
- ③上方集材を避けるためなるべく標高の低い箇所に設置される(位置ポテンシャル条件)。
- ④土場敷が十分確保される広さを有し、地形が平坦かつ単純な所に設置される(地場ポテンシャル条件)。

一方、土場の位置を伐区との関係で見ると図-23に示すとおり、大別して次の3タイプに分類できる。すなわち土場が伐区から離れた場合(Aタイプ)、土場が伐区に隣接している場合(Bタイプ)および土場が伐区内にある場合(Cタイプ)である。これらの各々のタイプは上述の位置設定の特徴からいうと、Aタイプは①の「輸送ポテンシャル条件」を満足させることになり、Bタイプは③の「位置ポテンシャル条件」を満足させることが多い。またCタイプは②の「集材ポテンシャル条件」を満すことになる。

ともあれ集材土場を「どこに」設定するかはトラクタ集材路網の配置とも関連して集材作業を展開する上で欠くことのできない問題となるが、ここでは先ず上述の3タイプの土場位置の設定と種々の作業条件との関係について調査事例を基に分析を行った。

分析の対象とした資料は、国有林野事業の集材作業技術例(昭和56年及び昭和57年度調査)であり、特にトラクタ集材を主流とする北海道営林局管内を取り上げた。またここでは1伐区に1土場を有した集材現場事例を取り上げている。調査事例数は、北海道局9例、旭

土場位置	Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ
土場が林道に隣接する場合			
土場が林道に隣接しない場合			

図-23 集材土場位置のパターン

川支局36例、北見支局14例、帯広支局11例、函館支局10例、合計80調査例である。

分析に当たっては、伐区域、林道、作業道及び土場位置等を記載した1/5000の対象地の地形図を基に各計量要因を計測した。またその他の定性、定量要因については調査表から求めた。

分析の手法としては、土場の立地選好を各種の立地因子を基に総合的に表現する指標を求め、その指標を用いて立地の可能性の大小を推定することを目的としていること、また質的な立地因子が含まれることから、数量化理論第Ⅱ類を用いた。

i) 集材土場位置パターンの判別

集材土場の立地因子は、大別して、集材費に関係する因子、既設道から土場まで道付けする費用に関係する因子および対象伐区周辺の自然条件やその他の環境立地因子に分けられる。

ここでは、土場位置タイプの判別に対し表-10に示す立地因子を取り上げた。

先ず、土場位置の異なるA、B、Cの3タイプを外基準とし、各要因による判別を行った結果を示すと図-24のとおりである。図から明らかなように各タイプのスコア合計の平均値はAタイプ、Bタイプ、Cタイプの順に大きくなっているが、BタイプとCタイプでは判別できず、ほとんど同一のパターンに属することを示している。しかし、AタイプとB、Cタイプでは明らかに異なるパターンであることが示された。そこで、BとCタイプを同一のグループとしてAタイプとの判別結果を示すと表-11及び図-25のとおりである。

表-10 土場位置パターン分類の分析結果（3分類の場合）

立地因子	カテゴリー	カテゴリー内容	サンプル数	カテゴリースコア	レンジ	偏相関係数
集材条件	伐採方法	1 皆伐	31	-0.01215	0.02836	0.18613
		2 皆択	30	0.00229		
		3 択伐	19	0.01621		
	伐採面積	1 10ha以下	31	-0.01253	0.05062	0.34324
		2 10~20	24	-0.01790		
		3 20ha以上	25	0.03272		
	伐区形状	1 0.5以下	22	0.01003	0.03127	0.23326
		2 0.5~0.6	20	0.00175		
		3 0.6~0.7	23	-0.01907		
		4 0.7以上	15	0.01220		
	出材量	1 1000m ³ 以下	23	-0.05152	0.07805	0.44840
		2 1000~1500	20	0.01258		
		3 1500~2000	16	0.02351		
		4 2000m ³ 以上	21	0.02653		
道路作成条件	既設道からの距離(伐区最短まで)	1 0	37	0.00337	0.00831	0.06329
		2 100m以下	24	-0.00494		
		3 100m以上	19	-0.00032		
	伐区重心と最短既設道間の傾斜	1 10度以下	32	0.02486	0.04898	0.35400
		2 10~15	22	-0.02413		
		3 15度以上	26	-0.01018		
周辺の立地条件	既設道から伐区への到達難易度	1 容易	25	0.02959	0.06586	0.38236
		2 中程度	30	0.00556		
		3 困難	25	-0.03627		
	周辺の地形傾斜	1 15度以下	13	-0.04419	0.06672	0.33449
		2 15~20	32	-0.00211		
		3 20~25	21	0.01555		
		4 25度以上	14	0.02253		
	周辺の地形の複雑度	1 極めて容易	8	-0.00597	0.03288	0.21800
		2 容易	17	0.02371		
		3 中程度	20	-0.00172		
		4 困難	35	-0.00917		
	周辺の既設道の路網密度	1 0 m/ha	22	-0.06855	0.12590	0.59759
		2 0~10	19	-0.02220		
		3 10~20	23	0.04401		
		4 20m/ha以上	16	0.05735		

図-25 からわかるようにAタイプとB、Cタイプはここで取り上げた要因に対し明らかに判別が可能であり、正判別率（適中率）は99.2%であった。すなわち、各要因のスコア合計が約0.08（判別境界値）以下ではAタイプの土場位置に設置されやすく、それ以上ではBまたはCタイプの土場位置に設置されやすいことを示している。また、この判別に対して最も影響力を与える要因は、伐区周辺（伐区内も含む）の既設道の路網密度であるこ

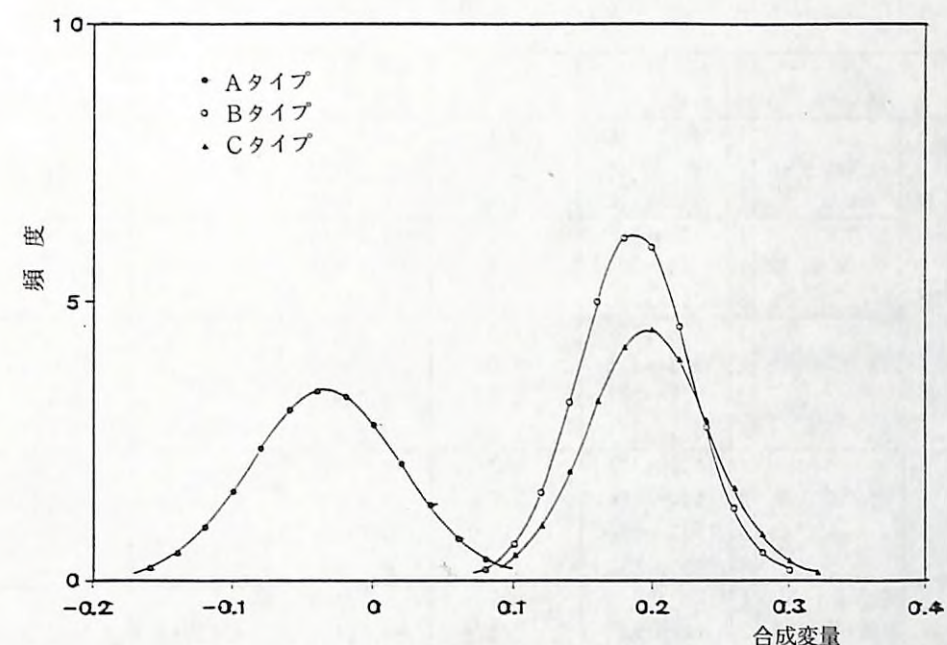


図-24 土場位置パターンの判別（正判別率 69.445%）

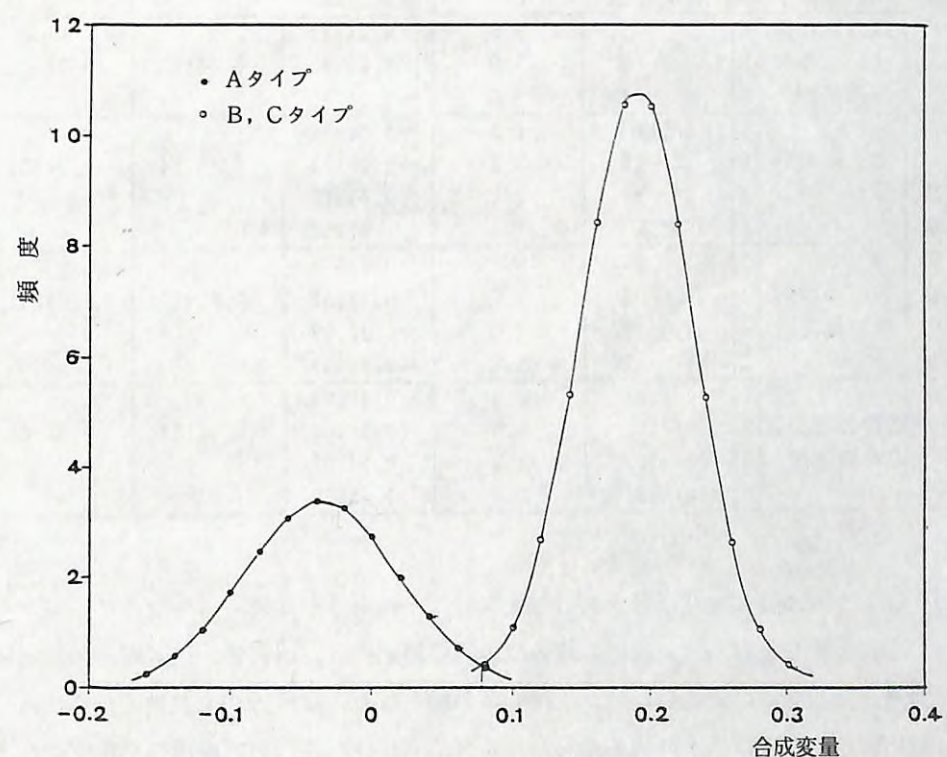


図-25 土場位置パターンの判別（正判別率 99.210%）

表-11 土場位置パターン分類の分析結果（2分類の場合）

立地因子	カテゴリ	内容	サンプル数	カテゴリスコア	レンジ	偏相関係数
集材条件	伐採方法	1 皆伐	31	-0.01240	0.02756	0.18169
		2 皆択	30	0.00322		
		3 択伐	19	0.01515		
	伐採面積	1 10ha以下	31	-0.01165	0.04975	0.33763
		2 10~20	24	-0.01801		
		3 20ha以上	25	0.03174		
	伐区形状	1 0.5以下	22	0.01027	0.03366	0.24283
		2 0.5~0.6	20	0.000057		
		3 0.6~0.7	23	-0.01953		
		4 0.7以上	15	0.01413		
	出材量	1 1000m ³ 以下	23	-0.05250	0.07755	0.45202
		2 1000~1500	20	0.01466		
		3 1500~2000	16	0.02426		
		4 2000m ³ 以上	21	0.02506		
道路作設条件	既設道からの距離(伐区最短まで)	1 0	37	0.00308	0.00744	0.05630
		2 100m以下	24	-0.00436		
		3 100m以上	19	-0.00049		
	伐区重心と最短既設道間の傾斜	1 10度以下	32	0.02363	0.04690	0.33853
		2 10~15	22	-0.02328		
		3 15度以上	26	-0.00939		
	既設道から伐区への到達難易度	1 容易	25	0.02882	0.06582	0.37930
		2 中程度	30	0.00682		
		3 困難	25	-0.03700		
周辺の立地条件	周辺の地形傾斜	1 15度以下	13	-0.04552	0.06754	0.34007
		2 15~20	32	-0.00175		
		3 20~25	21	0.01617		
		4 25度以上	14	0.02202		
	周辺の地形の複雑度	1 極めて容易	8	-0.02478	0.03620	0.23023
		2 容易	17	0.02552		
		3 中程度	20	-0.00199		
		4 困難	35	-0.01069		
	周辺の既設道の路網密度	1 0 m/ha	22	-0.06633	0.12163	0.58003
		2 0~10	19	-0.02069		
		3 10~20	23	0.04207		
		4 20m/ha以上	16	0.05530		

とがレンジ及び偏相関係数とも最も大きいことからうかがえる。ちなみに、レンジの大きい順に要因を上げると、伐区周辺の既設道の路網密度、出材量、伐区周辺の地形傾斜、既設道から伐区への到達難易度、伐採面積の順となり、伐採方法や既設道から伐区までの最短距離等の要因は小さい値を示した。すなわち、伐区周辺の既設道の路網密度が小さい程、出材量は少ない程、伐区周辺の地形傾斜が平坦な程あるいは既設道から伐区への到達難易

度が容易な程集材土場の位置は伐区の外に設置されやすいことを示している。

以上の分析の結果から、集材土場位置の見方は、大きく分けて、土場が伐区から離れて在るか伐区の中や周辺に在るかに分類されること。また土場位置を伐区から離れて設置するかあるいは伐区の中や周辺に設置するかを選択はここで取り上げた要因によりかなり規定されること。などが明らかとなった。

ii) 適正土場位置の算定

i) で述べたとおり、土場位置の見方は大まかに見て、伐区の外か内（周辺も含む）に分けられ、各現場の条件によってそのどちらかに決められることが調査事例から明らかとなった。

ここでは、これらの結果をさらに進めて、集材面積の「どこに」設定したらよいかについて検討してみる。

表-12は、先の調査事例について70%以上を占める伐区周辺及び伐区内に土場が設定されたものについて、実際の土場地と立地可能地と考えられる場所および不可能地と考えられる場所を取り上げ、土場の立地選好についてその類似性（適合度）を示したものである。表に示す値は事例総数に対する各項目に該当した事例数の比率を示したものであるが、その値が1に近づく程相関が高くなる。表からわかるように、実際の土場は立地可能地として載げた項目の場所に多く立地されており、立地不可能として載げた項目の場所には立地されていないことがわかる。また立地可能地として載げた項目のうち既設道に最も近い場所が最も適地として選択されており、続いて標高の最も低い場所、平均集材距離が最も短かくてすむ場所の順となっている。これらの結果からもわかるように、適正な土場位置は、先にも述べたとおり、先ず「輸送ポテンシャル条件」「集材ポテンシャル」「位置ポテンシャル条件」が満される場所であることが考えられる。さらにそれらの場所は土場敷が十分確保でき、平坦で単調な地形であるなど地場ポテンシャル条件が整っていることが適正土場位置として望ましいことが推察できる。しかし、これらの条件を全て満足する場所は少ない。例えば既設道に近くなるが集材距離は長くなったり、あるいは集材距離が短くなるが上方集材面積が大きくなるなどむしろ背反事象となることが少なくない。すなわちこれらの事象に対する評価値の合計が最も妥当なところが最適土場位置として決定される。

いま、最適土場位置を算定するにあたって上の条件を満足するための諸費用を考えると最適土場数の算定の場合と同様、次の費用が考えられる。

- ① 既設道に近い場所→（道路作設費）
- ② 集材距離が短い場所→（集材費）
- ③ 上方集材面積が少ない場所→（集材費）
（集材域において標高の低い場所）
- ④ 土場箇所の地形が急峻及び複雑でない場所→（土場開設費）

表-12 土場立地した場所と検討した場所の類似度

土場の立地適用地		1	2	3	4	5	6	7
実際の土場地		1	1	0.667	0.053	0.368	0	0
立地可能地	既設道に最も近い地	2		1	0.035	0.491	0	0.053
	平均集材距離が最も短くなる地	3			1	0	0	0
	標高が最も低い地	4				1	0.035	0.158
立地不可能地	既設道から最も遠い地	5					1	0.404
	平均集材距離が最も長くなる地	6						1
	標高が最も高い地	7						

57ヶ所

すなわち、集材面域内の各点に対し、上の各費用を算出し、総費用が最小となる点が最適土場位置として決定することができる。

そこで、上の項目について①～③の費用を T_1 ④の費用を T_2 とおくと、総費用 T は次式のとおりに表される。

$$T = T_1 + T_2 \quad (8)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_1 = a X_1 + (b_1 w_1 \bar{\ell}_1 + b_2 w_2 \bar{\ell}_2) \end{array} \right. \quad (9)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_2 = c X_3 \end{array} \right. \quad (10)$$

但し、 X_1 ：既設道から土場までの距離(m)。 $\bar{\ell}_1, \bar{\ell}_2$ ：下方集材部分及び上方集材部分の平均集材距離(m)。 a ：単位m当たりの道路作設費(円/m)。 b_1, b_2 ：下方集材及び上方集材の単位材積当たり単位m当たりの集材費(円/m³・m)。 w_1, w_2 ：下方集材及び上方集材の出材量(m³)。 c ：m²当たりの土場開設費(円/m²)。 X_3 ：土場敷の面積(m²)。

また、下方集材部分及び上方集材部分の面積を a_1, a_2 とすると、全体の集材面積 A の平均集材距離 X_2 および出材量 w は次式(11)、(12)で表される。

$$X_2 = \frac{a_1}{A} \bar{\ell}_1 + \frac{a_2}{A} \bar{\ell}_2 \quad (11)$$

$$w = w_1 + w_2 = \frac{a_1}{A} w + \frac{a_2}{A} w \quad (12)$$

さらに、下方集材と上方集材の単価の比を次式(13)で与えると、 T_2 は式(14)となる。

$$\mu = (b_2 - b_1) / b_1 \quad (13)$$

$$\begin{aligned} T_2 &= a X_1 + b_1 w X_2 + b_1 w \mu \bar{\ell}_2 \cdot \frac{a_2}{A} \\ &= a X_1 + b_1 w \left(1 + \mu \cdot \frac{\bar{\ell}_2}{X_2} \cdot \frac{a_2}{A} \right) X_2 \end{aligned} \quad (14)$$

ここで $\left(\frac{\bar{\ell}_2}{X_2} \cdot \frac{a_2}{A} \right)$ の値を Z とすると例えば、矩形モデルとした場合次式(15)で与えられるが、図-26に示すとおり、 k 及び t によって多少異なるが近似的には $\frac{a_2}{A}$ に比例する。

$$Z = \frac{k r^2 + t r}{2 k r^2 - 2 k r + t + k} \quad (15)$$

但し、 r ：上方集材の面積比 $\left(\frac{a_2}{A} \right)$ 、 k ： $k = b / a$ 、(a ：コンター方向の平均長、 b ：最急傾斜方向の平均長)、 $t = 2 m^2 - 2 m + 1$ 、 m ：同一標高値における土場位置の変数。

すなわち、図からわかるように Z の値は $\frac{a_2}{A}$ に対し $\frac{a_2}{A} < 0.5$ では多少下の値となり、 $\frac{a_2}{A} > 0.5$ では多少上の値となることから、補正値 ϵ を与えてやると Z は近似的に次式(16)で表される。

$$Z = \frac{a_2}{A} (1 + \epsilon) \quad (16)$$

但し、 ϵ は k 及び t を無視し一定とした場合、 $\left(1 - \frac{a_2}{A} \right) \left(\frac{a_2}{A} - 0.5 \right)$ から $\epsilon = a_1(a_2 - a_1) / 2 A^2$ となる。

式(16)を式(14)に代入すると T_1 は次式となる。

$$T_1 = a X_1 + b_1 w \left\{ 1 + \mu \left(1 + \epsilon \right) \frac{a_2}{A} \right\} X_2 \quad (17)$$

以上の結果から、最適土場位置を算定することができるのであるが、ここでは、より実用性を考えて2段階に分けて決定する方法を用いた。すなわち第1段階では、先ず集材面域全体に対し大まかな土場位置としての適正範囲(領域)を算出し、第2段階では、それらの適正範囲から最も良い箇所を選択する方法である。第1段階では評価値 T_1 を用い、第2段階では評価値 T_2 を用いるのであるが、第1段階での算定は、それぞれ、既設道からの距離の分布図、平均集材距離の分布図および上方集材面積率の分布図を作成し、それぞれについて重み付けをしたものをオーバーレイすることにより、適正土場位置の範囲が算出できる。

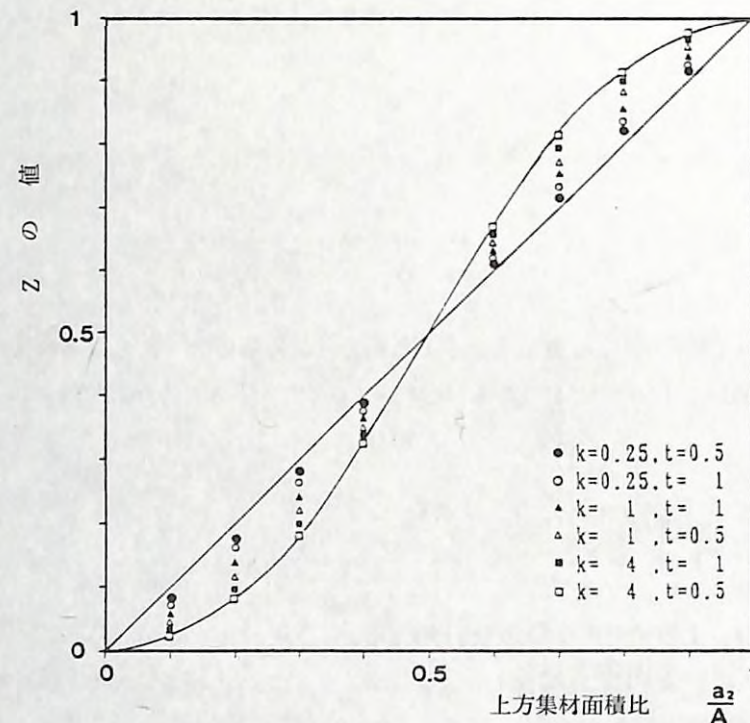


図-26 上方集材の平均集材距離と上方集材の面積比の関係

図-27は、最適土場位置の算定のフローチャートを示したものである。図-27の流れに従って実際のトラクタ集材現場を対象に土場配置計画の適用例を示す。

ここで使用した集材費関連の数値は次のとおりである。機械の出力級：6t～10t級クローラ、機械の価格：900万円、荷掛け・集材作業組人数：2人、機械全損料率：0.0365%，燃料日使用量：26ℓ，潤滑油使用量：0.6ℓ，平均木寄せ距離：15m，1日の実働時間：6時間。また上方集材と下方集材の単価は、搬出路の傾斜によりけん引荷重が変化し功程に影響を及ぼすことから、その単価比はここでは近似的に次式により与えた。

$$\mu = \left\{ \mu_L (\mu_t - \tan \theta) / \mu_t (\mu_L + \tan \theta) \right\} - 1 \quad (18)$$

但し、 μ_t ：粘着係数、 μ_L ：抵抗係数、 θ ：上方集材部の平均傾斜である。さらにその他の費用項目として、道路作設単価は500円/m～5000円/mまで変数で与え、土場開設単価はⅢ章の表-5及び表-7に示す土の土場例の値を参考にした。

以上の費用に関する数値をもとに最適土場位置の算定を行った。

図-28は、北海道営林局管内の集材現場例であるが、それぞれ「既設道が伐区の外に在る場合」「既設道が伐区に隣接した場合」および「既設道が伐区の中に在る場合」の1例である。これらの事例について、各評価項目ごとにその最適土場位置を示すと図29～31とな

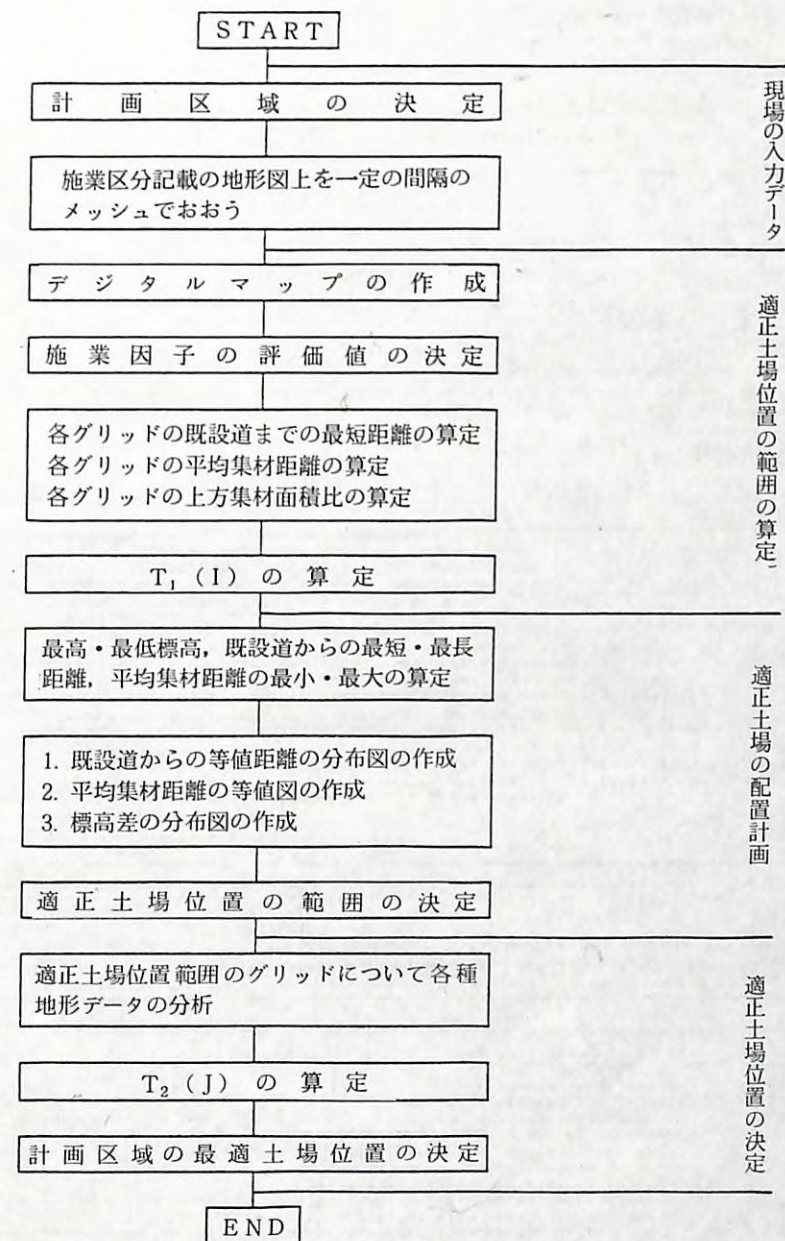
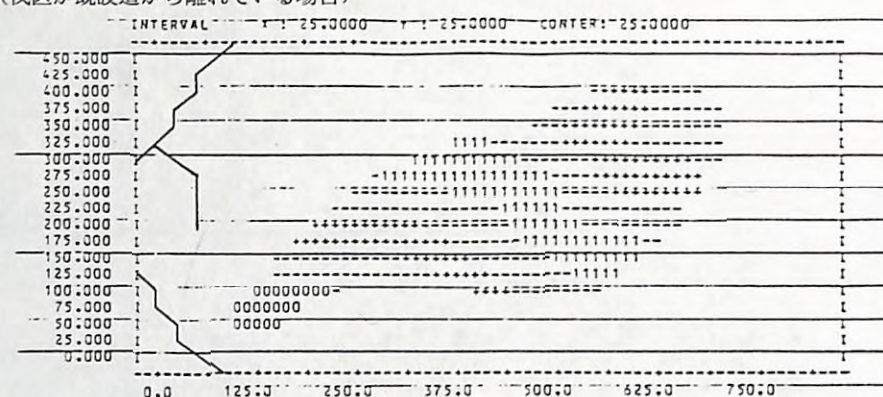


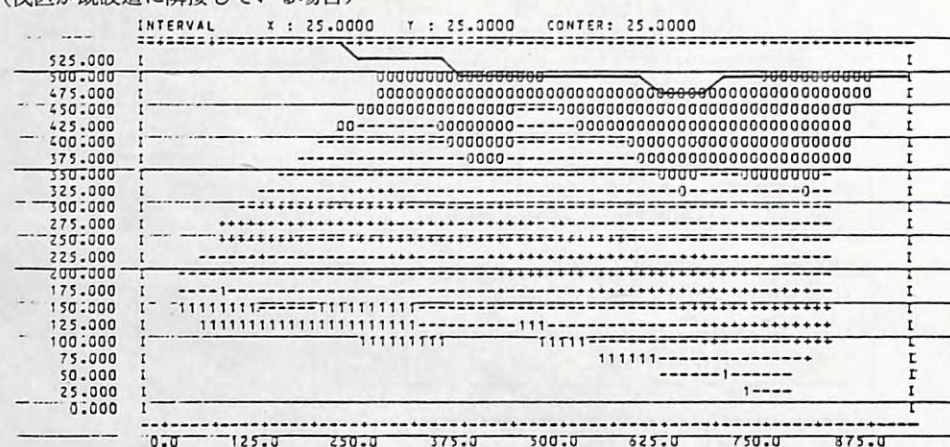
図-27 土場配置計画のフローチャート

る。各図はそれぞれ上から④「既設道までの道付けに関する評価」⑤「集材に関する評価」および⑥「上方集材に対する評価」であり、図中の数字は、それぞれの評価項目について最大となる場合と最小となる場合の差を20等分し、土場位置として適正である順に数値を与えたものである。すなわち、記号Aで示す位置は費用が最も少なくてすむ範囲であり、土場設定位置として適している範囲を示しており、大きい数字を示す位置ほど土場設定位

(伐区が既設道から離れている場合)



(伐区が既設道に隣接している場合)



(伐区の中に既設道が開通されている場合)

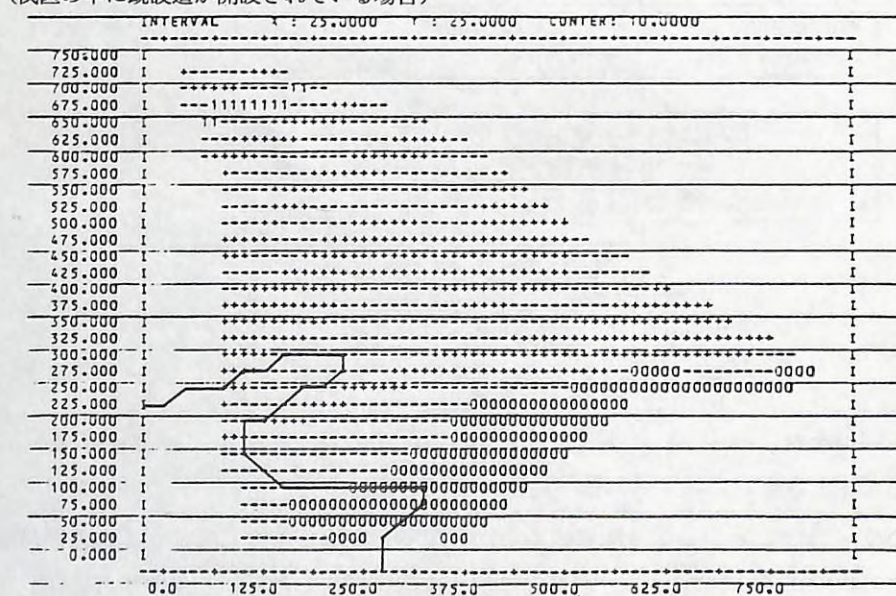


図-28 適用対象地の地形図および伐区と既設道の位置関係

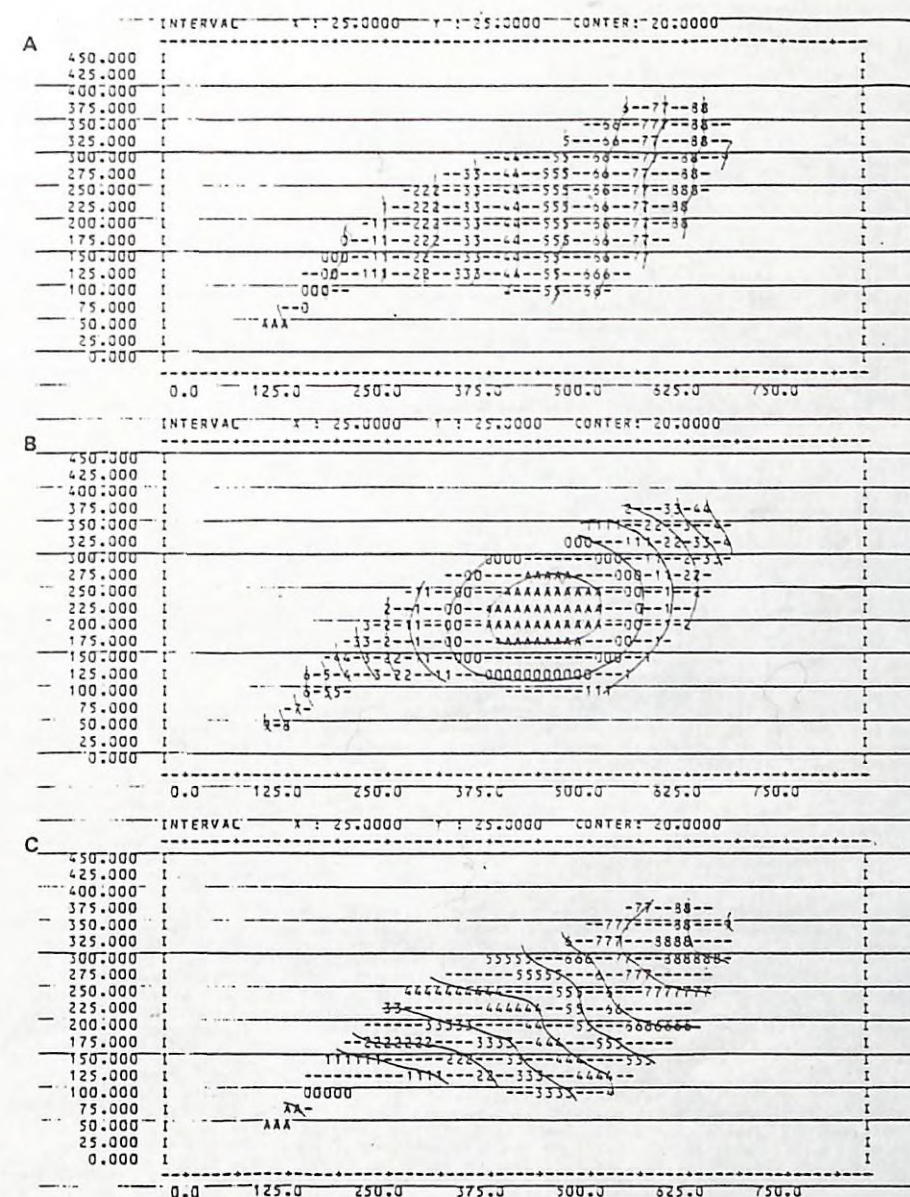


図-29 適用対象地の各評価項目ごとの適正土場位置の範囲
(伐区が既設道から離れている場合)

置として不適当であることを示している。図からわかるように各事例とも、④図では既設道に近い所ほど、⑤図では平均集材距離が短い所ほど、また⑥図では上方集材の面積比率が小さくてすむ所ほど、適正土場位置となることが示されている。

図-32は、各評価項目ごとに先に示した費用係数による重み付けをしてオーバーレイしたものである。この値は式(17)の T_1 に相当するわけであるが、前図と同様に適正土場位置の範囲

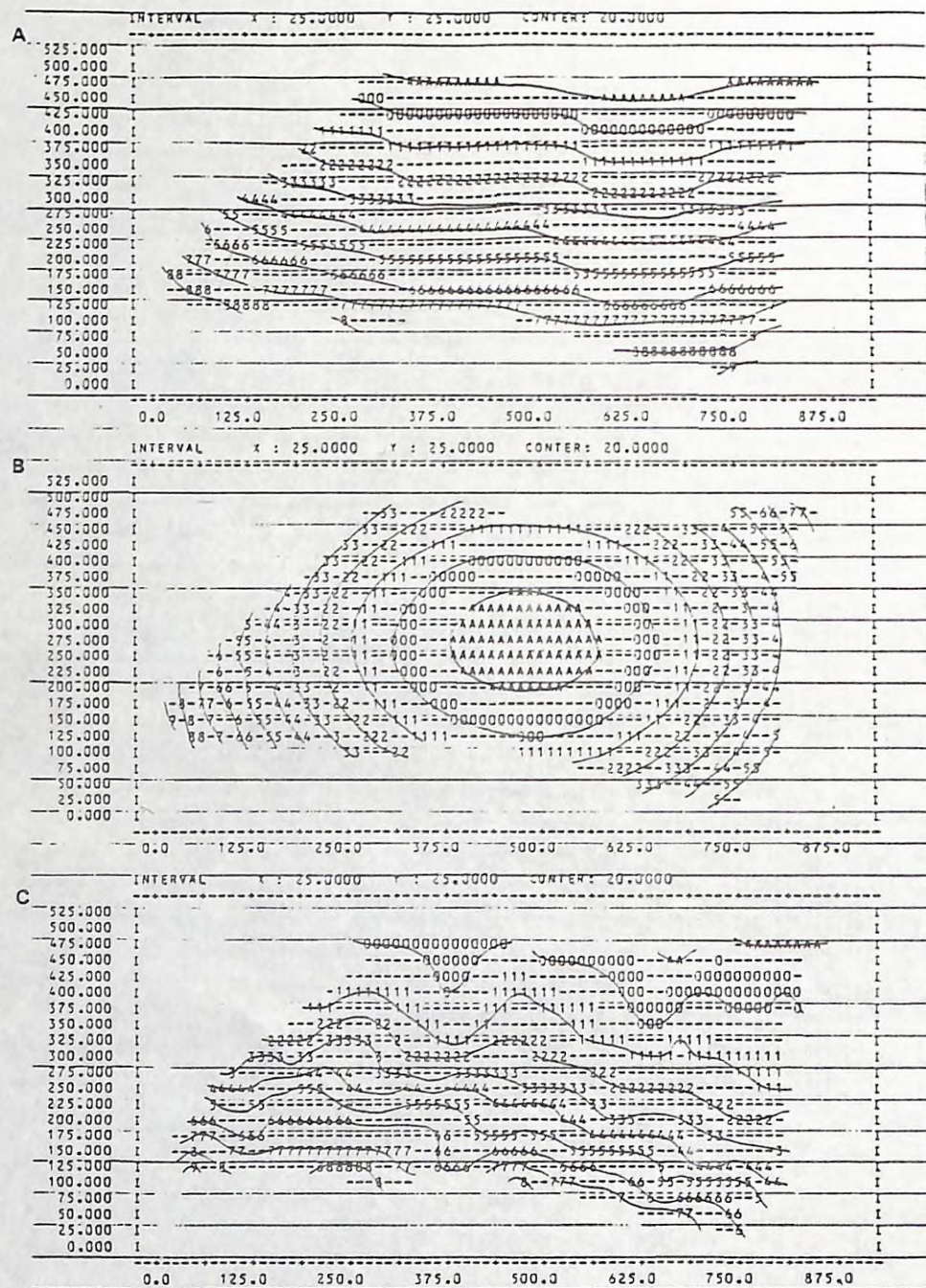


図-30 適用対象地の各評価項目ごとの適正土場位置の範囲
(伐区が既設道に隣接している場合)

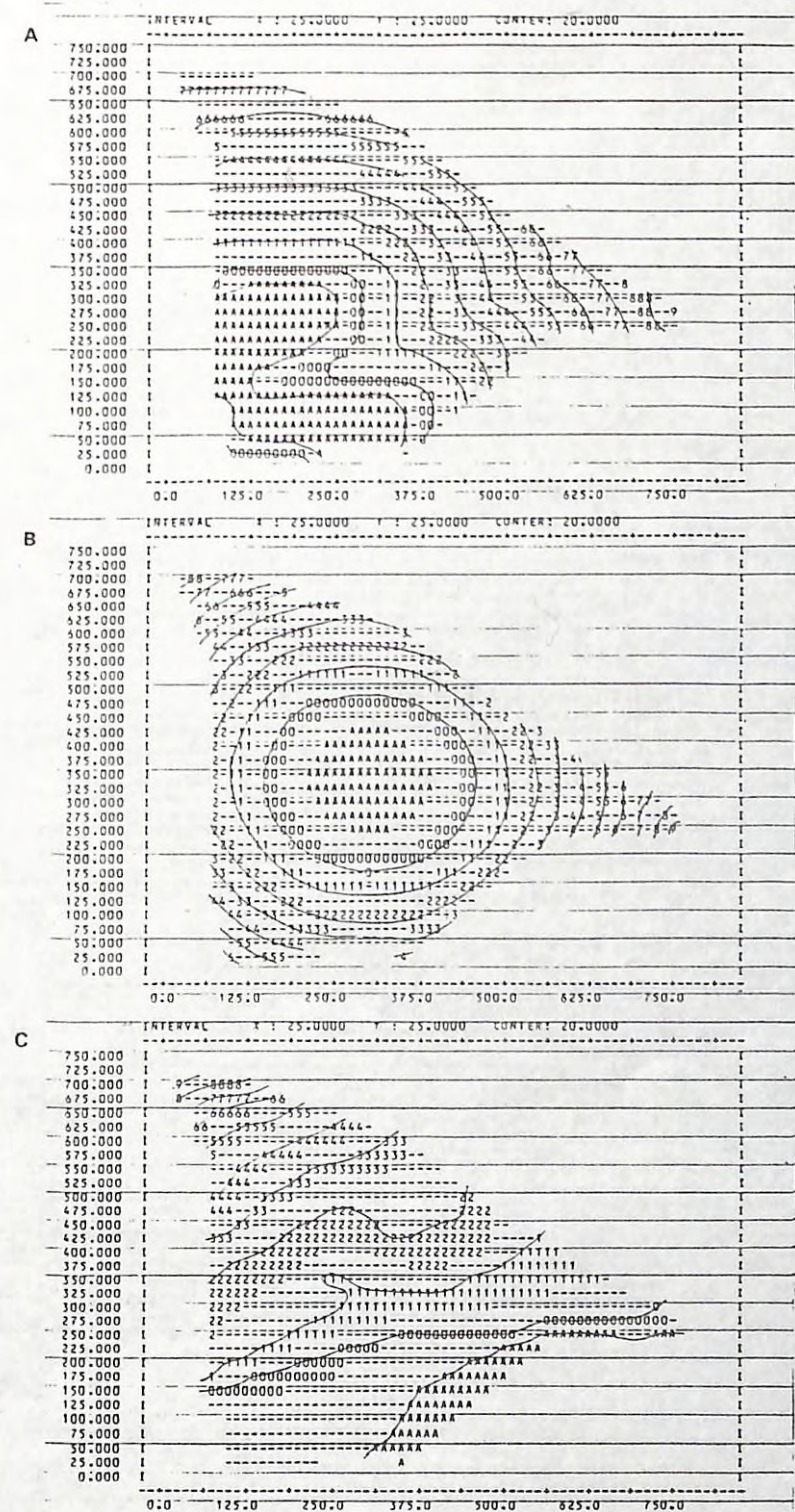
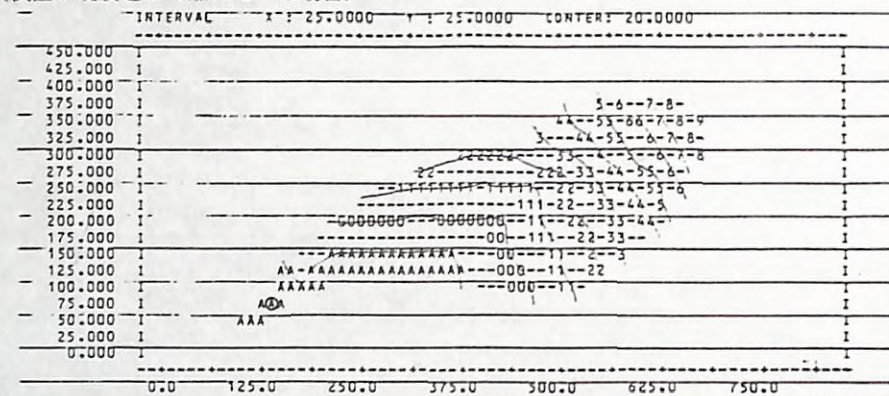
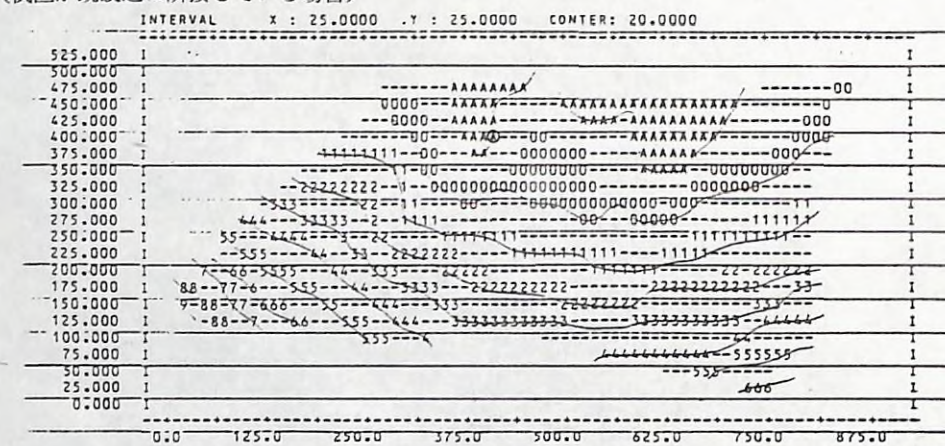


図-31 適用対象地の各評価項目ごとの適正土場位置の範囲
(伐区の中に既設道が開設されている場合)

(伐区が既設道から離れている場合)



(伐区が既設道に隣接している場合)



(伐区の中に既設道が開設されている場合)

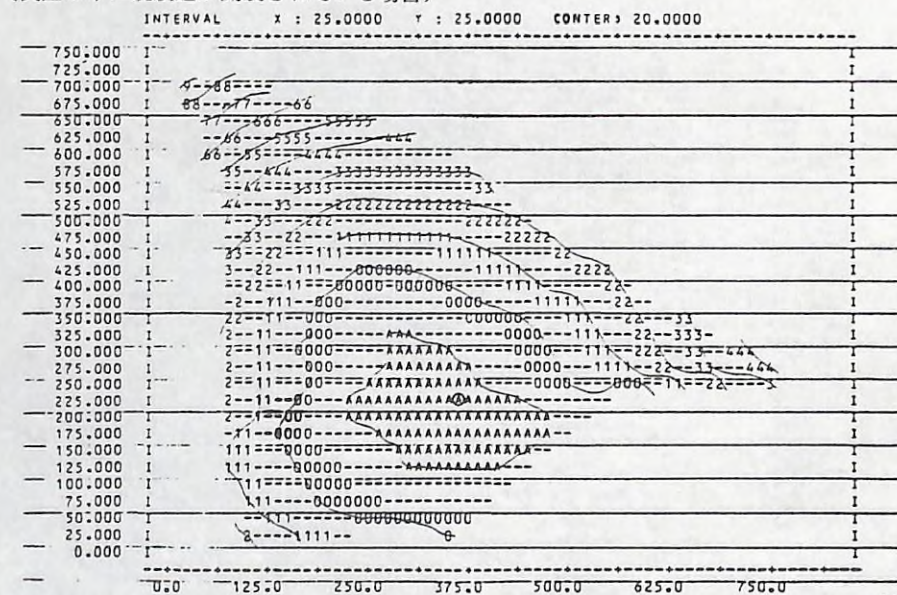


図-32 土場配置計画における適正土場位置の範囲

を記号Aで示している。但し、ここではそれぞれの費用係数は、道路作設単価：1000円/m、集材単価（下方集材の場合）：5円/m³・m、土場開設単価：223円/m²としたものである。また各調査地毎の評価値は、出材量（A地：136m³/ha、B地：127m³/ha、C地：79m³/ha）、μの値（A地：6.22、B地：2.31、C地：0.84）であり、迂回率η₁、η₂はそれぞれ0としたものである。図中の白丸印は、適正土場位置の範囲からさらに土場開設費が最小となる地点、すなわち地形条件が最も良い地点を示している。

以上のように、集材現場の土場位置の選定は、基本的にはここで示した考え方を用いれば、従来の経験則による計画より客観的かつ合理的な土場配置計画が可能となる。

2) トラクタ集材におけるトラクタ集材路網計画

トラクタ集材作業におけるトラクタ集材路は、林道や作業道と違って、工作物の設置や路体の施工は少なく、また一定の計画のもとで作設される場合が少ないため、その路網の配置や形態は様々に見える。しかし、このトラクタ集材路も、現場の条件や集材関連条件によりその導入の仕方や作設の仕方に制限が加えられることになる。

従来、トラクタ集材路の導入方法は、各現場の経験や勘によってそれぞれ導入し、作設されてきたが、今日の厳しい経済状況あるいは森林環境保全等の社会的な要請などを考えると、従来の経験則の方法からさらに進んだ客観的かつ合理的な、しかも森林や地域の特性に応じたきめ細かな集材路網導入法を見出すことが必要と思われる。

トラクタ集材路網の見方は、伐区域にトラクタ集材路が「どの程度」「どこに」および「どの様に」導入しているかということである。すなわちこれはトラクタ集材路網計画の最も基本となる問題であり、それぞれ次のテーマに帰着する。

- ① トラクタ集材路網密度の問題。
- ② トラクタ集材路網の配置の問題。
- ③ トラクタ集材路網の形態の問題。

これらの問題については既に第1報や文献等で明らかにしているの、ここではトラクタ集材路網計画の概要について述べることにする。

(1) トラクタ地形区分と最適集材路網

トラクタ集材路網の構成や形態は、現場の条件、例えば、地形、地表条件、伐採面積、伐区形状、林道・作業道と集材区域の位置関係土場の位置あるいは伐採方法、出材量などの要因により制約を受ける。これらの諸因子ごとの関係については第1報において論じたが、ここではこれらの要因全体が集材路網パターンにどのように影響を及ぼしているかについてみる。

分析の対象資料は、先に取り上げた北海道営林局管内の1伐区に1土場を有した集材現場事例である。これらの資料を基に現場条件によるトラクタ集材路網パターンの判別を行った。外的基準に用いたトラクタ集材路網の違いはここでは機能的分類表示（f値）の値によりそ

れぞれ均一状集材路網（Aグループ）、ランダム状集材路網（Bグループ）および集塊状集材路網（Cグループ）に分け、各要因に対する判別の可能性について検討した。

取り上げた要因は表-13に示すとおりである。判別結果は表-13や図-33のとおりである。

まず図から明らかなように、均一状集材路網グループほど、各要因の属性からの合成変量の値が小さくなり、集塊状集材路網グループほど、その合成変量の値は大きくなる。またランダム状集材路網グループは両者の間にグループ分けされていることがわかる。すなわち、これら3グループは、ここで取り上げた要因によってかなり判別が可能となることが正判別率（適中率72%）の数値からもわかる。次に、これらの判別に対して大きな影響力を与える要因をみてる。表からレンジの大きい要因は、地形傾斜、地形の複雑度、既設道から伐区までの距離等となり、偏相関係数の大きい要因は、地形傾斜、伐採方法、地形の複雑度などとなる。また伐区形状や伐採面積はレンジおよび偏相関係数とも小さいことがわかる。すなわち、これらの結果から、トラクタ集材路網パターンは地形条件に大きく左右されることが推察できた。

以上のことから、トラクタ集材路網の配置はここで取り上げた要因によりかなり規定されることになるが、そのうちでも特に地形傾斜の要因がトラクタ集材路網の導入に重要な影響を与えることから、各地形条件に対して技術的にも経済的にも妥当なトラクタ集材路網の密度や配置について検討を加えた。

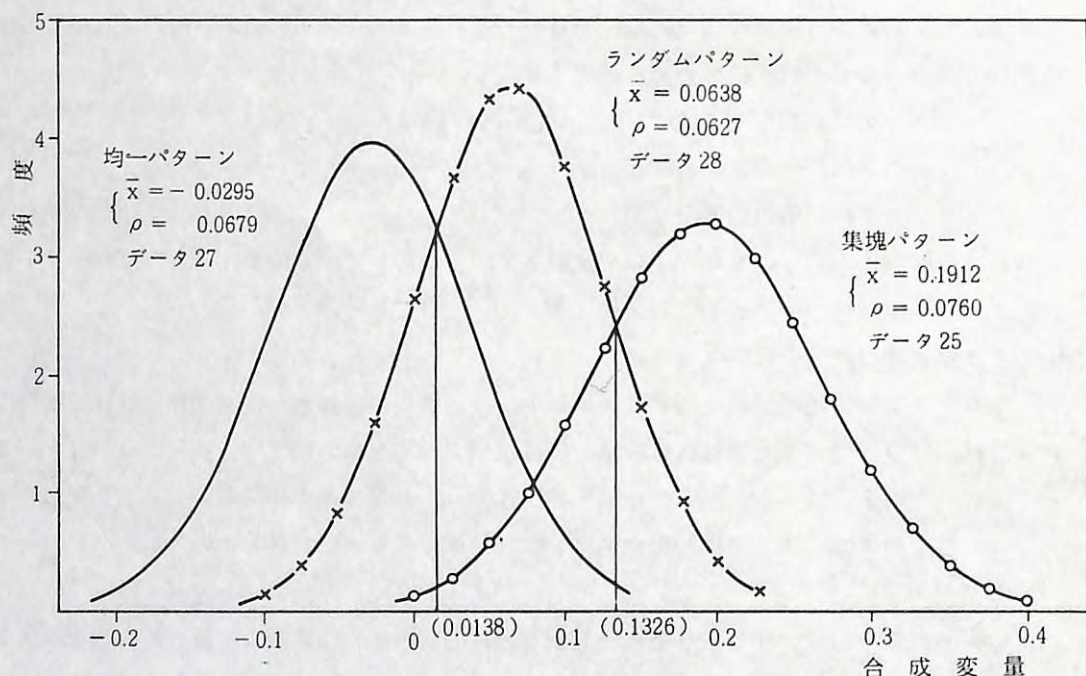


図-33 集材路網パターンの判別（正判別率 72.128%）

表-13 集材路網パターン分類の分析結果

要 因	カテゴリー	カテゴリー内 容	サ ン プ ル 数			カテゴリー ス コ ア	レ ン ジ	偏 相 関 係 数
			均 等 配 置	ランダム 配 置	集 塊 配 置			
集材路網条件	伐採方法	1 皆 伐	14	11	6	-0.05856	0.11051	0.40466
		2 皆 択	7	14	9	0.02761		
		3 択 伐	6	3	10	0.05195		
	伐採面積	1 10 ha以下	10	11	10	0.02133	0.05361	0.22958
		2 10~20	8	11	5	-0.03227		
		3 20 ha以上	9	6	10	0.00453		
	伐区形状	1 0.5 以下	9	7	6	-0.01077	0.04625	0.20705
		2 0.5 ~ 0.6	5	6	9	0.03329		
		3 0.6 ~ 0.7	7	9	7	-0.01295		
		4 0.7 以上	6	6	3	-0.00874		
	出 材 量	1 1000m以下	6	9	8	0.00873	0.07112	0.29699
		2 1000 ~ 1500	4	9	7	0.02507		
		3 1500 ~ 2000	5	4	7	0.01656		
		4 2000m以上	12	6	3	-0.04605		
地形条件	地形傾斜	1 15度以下	5	8	0	-0.08864	0.23401	0.64259
		2 15~20	18	9	5	-0.05057		
		3 20~25	4	9	8	0.03501		
		4 25度以上	0	2	12	0.14537		
	地形の複雑度	1 極めて容易	5	1	2	-0.09806	0.13190	0.37041
		2 容 易	6	8	3	-0.02263		
		3 中程度	7	5	8	0.03385		
		4 困 難	9	14	12	0.01406		
その他の	周辺の既設道の路網密度	1 0 m/ha	5	9	8	0.06621	0.09938	0.24883
		2 0 ~ 10	8	7	4	-0.02753		
		3 10 ~ 20	9	8	6	-0.01752		
		4 20m/ha以上	5	4	7	-0.03317		
	既設道から伐区までの距離	1 0	10	11	16	0.04141	0.12223	0.33207
		2 100 m以下	10	11	3	0.00014		
		3 100 m以上	7	6	6	-0.08082		
	土場の位置	1 伐区の外	5	12	6	0.04622	0.07172	0.21728
		2 " の周辺	11	11	10	-0.01330		
		3 " の中	11	5	9	-0.02550		

これらについての算定方法あるいは算出過程の詳細は文献等に委ねるが、トラクタ集材地形の傾斜区分ごとの最適集材路網の密度や配置および路網型等についての結果を示すと表-14のとおりである。結果を概要すると次のとおりである。

- ① 各トラクタ集材路網型とも、地形傾斜が急になる程その集材路網密度は小さくなり、集材率（地形の制約で集材ができなくなる集材木を考えた場合の集材予定量に対する集材可能量の比率）を確保するためには木寄せ距離を大きくしなければならないこと。またトラクタ集材路網の配置は地形傾斜が急になるに従って偏りが大きい集塊状パターンとなる。すなわち、平坦地では均一状集材路網パターン、中斜地ではランダム状集材路網パターン、急斜～急峻地では集塊状路網パターンとなる。
- ② 地形傾斜区分ごとの最適集材路網型は平坦～緩斜地（20%以下）では単線型や放射型路網であり、道付けをしないで林内集材走行する集材搬出方式が良く、ウィンチによる木寄せ距離はなるべく短かくし伐倒木近くまでトラクタを導入する方法が好ましいこと。中斜地（20～33%）では集材距離が最も短かくてすむ樹枝型路網を適用することが好ましく、平均集材距離がほぼ15mになるように集材路網を配置する方法となる。また急斜～急峻地（33%以上）では、集材率を確保するために、幹線作業路を設ける必要があり、幹線作業路を設けた幹線樹枝型及び幹線道型路網を適用した集材方法が好ましいこと。などとなる。
- ③ 平均的な択伐地（出材量50m³/ha）と皆伐地（出材量100m³/ha）に対し最適平均木寄せ距離は、択伐地の方が皆伐地に比べ多少大きくなるが、地形傾斜区分ごとにとみると、平坦地では約5m、中斜地では15～17.5m、急斜～急峻地では17.5～20mとなる。

表-14 トラクタ地形区分と最適集材路網型、最適平均木寄せ距離および土場数

地形傾斜 (%)		～ 10	10 ～ 20	20 ～ 33	33 ～ 50	50 ～
地形傾斜の種類		平坦地	緩斜地	中斜地	急斜地	急峻地
集材路網密度		極 密	密	中	疎	極 疎
集材路網パターン 機能的分類 (f 値)		～ 1.0	1.0 ～ 1.33	1.33 ～ 1.57	1.57 ～ 1.67	1.67 ～ 2.0
集材路網型		単線型 放射型	単線型 樹枝型	樹枝型 放射複合型	幹線樹枝型 幹線道型	幹線道型 幹線樹枝型
集材搬出方法		フリーウェイ型	フリーウェイ型	半フリーウェイ型	道付け型	道付け型
択伐	平均木寄せ距離 ■ 土 場 数	5.0 3 ～	10.0 2 ～ 3	17.5 2	19.0 1	20.0 1
皆伐	平均木寄せ距離 ■ 土 場 数	5.0 3 ～	7.5 3	15.0 2	17.5 2	19.0 2

- ④ 伐区当たりの土場面積を一定とした場合、地形傾斜が平坦になるに従って土場は分散した方が好ましい。

以上のように、トラクタ集材現場の地形条件がわかると、表-14を適用することによりおよそその集材路網密度や集材路網型あるいは最適な平均木寄せ距離がわかることになる。ここではトラクタ機種や上げ荷・下げ荷、木寄せの違い等の関係については考慮していないが、ここで得た結果に補正值等を与えてやればトラクタ集材作業の予測の判断基準として利用が可能となり、トラクタ集材路網計画の立案の際の有効な指針となる。

(2) トラクタ集材路網の配置計画

集材作業に対し適切な技術システムを選択し、しかも経済的にも適切な集材を実行するためには、それぞれの集材現場の条件に調和した集材計画を立てることが必要であり、その計画の中心となるのは林道、作業道を含めた集材路網の配置計画であると考えられる。

ここでは全体の集材路網計画の概要を示すとともに、そのうちの特にトラクタ集材路の配置計画について具体的な集材路導入計画の手順についてあらましを述べる。

全体の集材路網計画は、大きく分けると地帯区分の作成、適正な土場数・土場位置の算定、幹線作業路（作業道）の路線選定及びトラクタ集材路網の配置計画からなり、互いに調整され全体的に総合化されている。それらの内容を示すと図-34のとおりである。この集材路網計画は、当該の1伐採地を対象とするものから数年にまたがる複数個の伐採ヶ所を有する小流域や面域を対象とするものまで広く適用が可能な総合的集材路網計画である。

これらの集材路網計画システムのうちトラクタ集材路網計画について示すと図-35のとおりである。トラクタ集材路網計画は大別して段階ごとにトラクタ集材路の路網型の決定、トラクタ集材路網の配置計画およびトラクタ集材路線の選定と評価からなっているが、具体的な集材路網導入計画の手順は図-36のとおりであり、それぞれのステップに従って作業が実施されることになる。

各ステップの作業は以下のとおりである。これらのステップごとの作業と評価についての詳細は文献を参照されたい。

- (1) ステップ1 現場入力データの収集。
- (2) " 2 トラクタ集材路網型の決定。
- (3) " 3 概括的な土場位置の範囲と数の算定。
- (4) " 4 トラクタ集材路網の配置の算定。
- (5) " 5 環境保全等を考慮した集材路網の配置の評価検討。

以上のように、トラクタ集材路網配置計画は、ステップ1からステップ5を順次実行することにより、集材路網導入計画図を求めることができる。図-37は、これらの配置計画の適用例の1例を示したものである。

実際にこれらの集材路網計画を適用する場合には、それぞれの事業現場の目的に応じて、

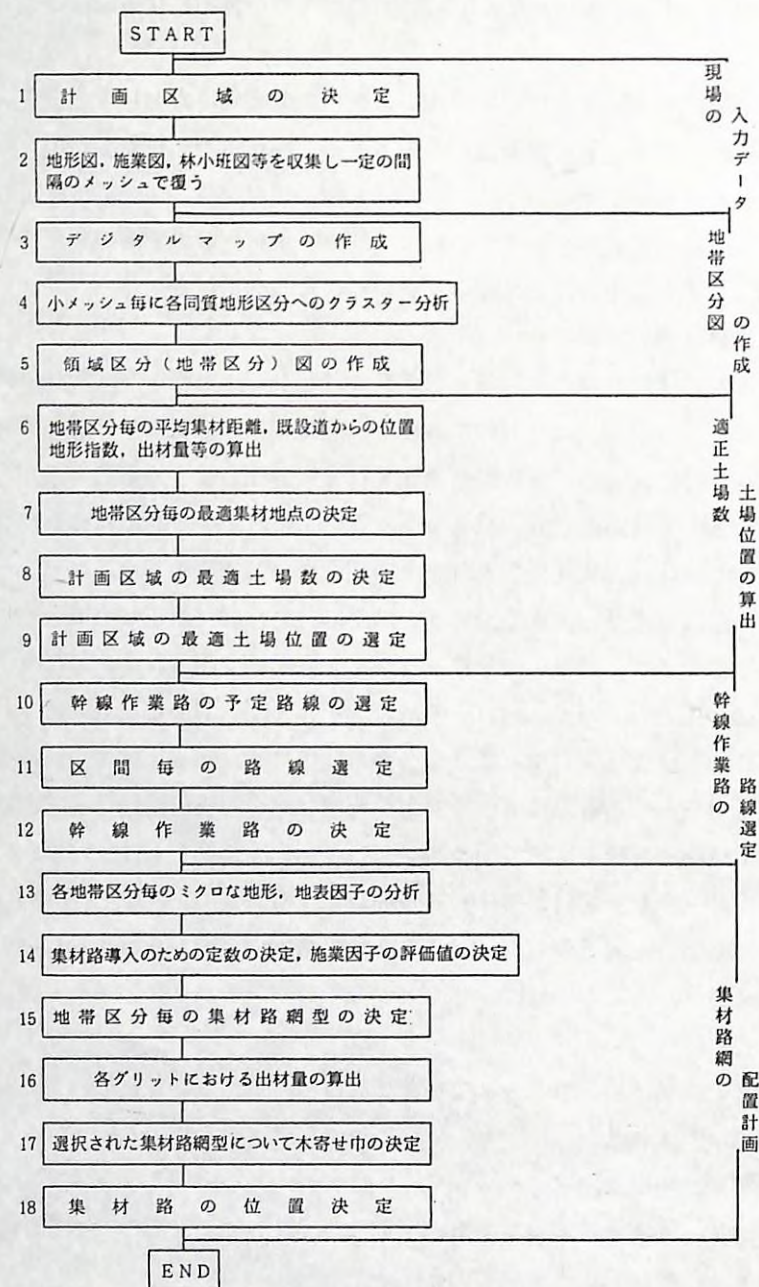


図-34 全体の集材路網計画の流れ

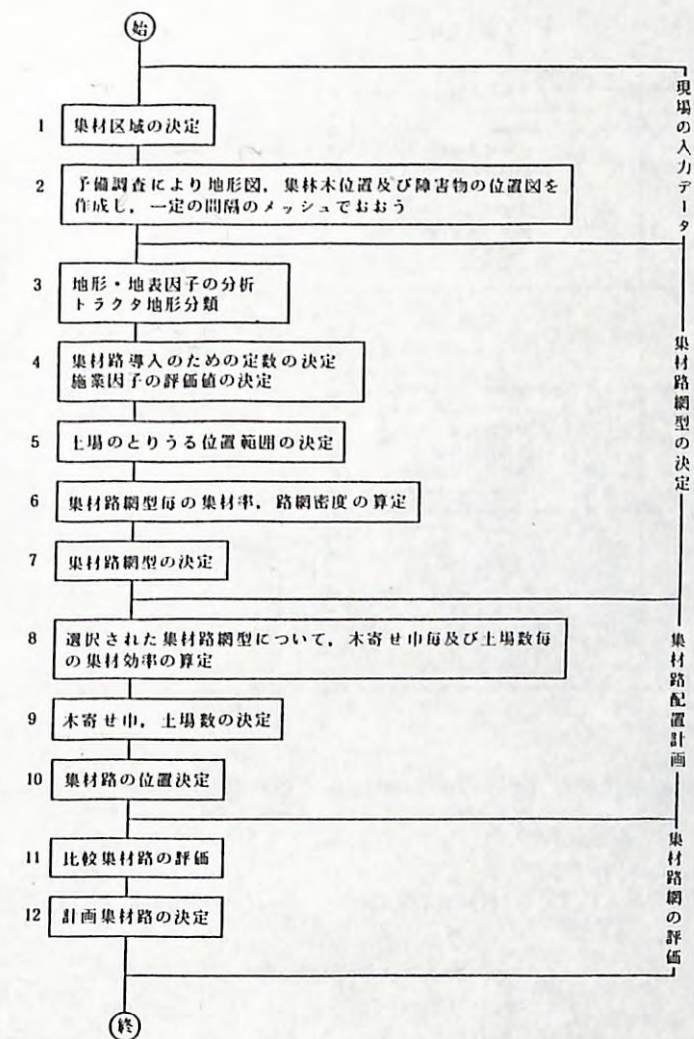


図-35 トラクタ集材路網計画のフローチャート

それぞれの評価対象について同様の路網配置を行い、幾つかの比較路線から目的に合った路線を選択することが必要となる。このような方法を電算機やパソコンを用いて図上で繰り返し実行することにより、従来の経験や勘に比べ、合理的かつ客観的なトラクタ集材路網の選定が可能となる。

(井上源基)

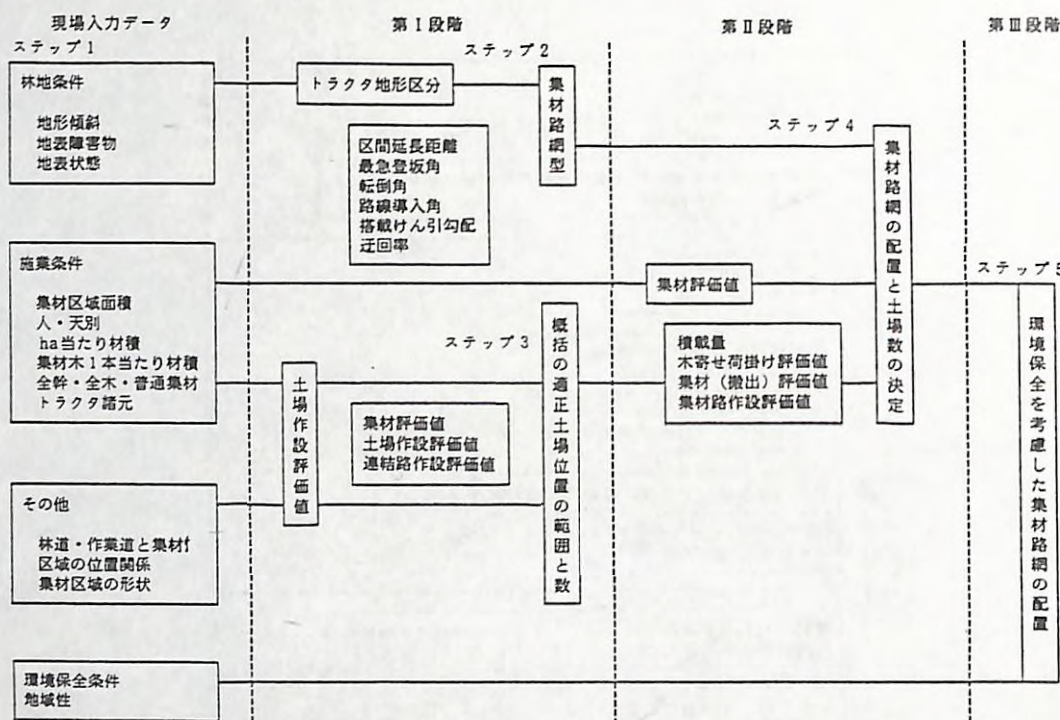


図-36 具体的な現場入力データによる集材路網配置計画の算定過程

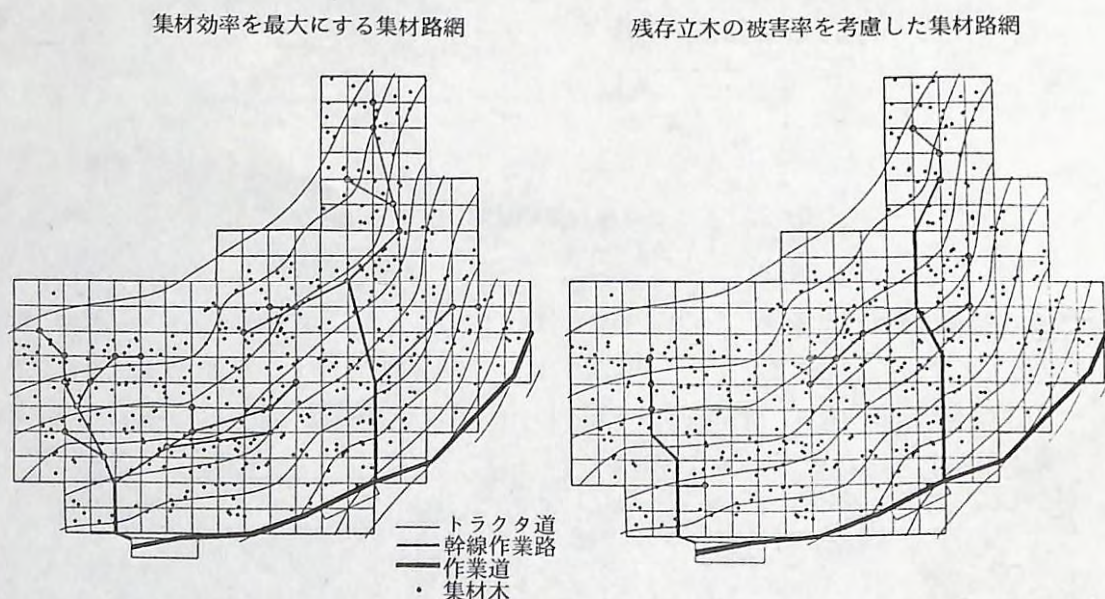


図-37 集材効率を最大とする集材路網および残存立木の被害率を考慮した場合の集材路網の配置結果（伊那営林署管内）

IV あとがき

この報告書の目的は、当初は集材作業に係る要因相互間の影響関係の分析をととして、集材方法のあり方を検討し、全国国有林を中心に各種集材作業に対し技術的にも経済的にも最も妥当な集材方法を選択するための指針を得ることにあつた。しかし、時間的な制約もあって、ここでは集材機による架線系の集材やモノレール系の集材あるいは最近、民有林などで盛んに使われている小型運材車による集材といった集材作業についてはほとんど言及することができず、主にトラクタ集材作業についての評価検討に終始してしまつた。

しかしながら本研究で得た成果は、トラクタ集材作業に限らず、他の集材作業に対しても今後の集材技術を考える場合の参考となると思われる。

ともあれ、これからの集材技術開発の基本的考え方を生産性向上と定めると、機械の選択とこれを用いる作業システムの明確化が必要となるが、その場合本研究で論じた考え方をさらに普遍させて、自然条件あるいは社会的条件に適合した技術を検索するための総合的なシステム化が必要となる。

参 考 文 献

- 1) 奥田吉春外3名：地域性を考慮した集材方法の最適化に関する研究(I)，第94回日林論 1983
- 2) 辻井辰雄外3名： " " (II)， "
- 3) 豊川勝生外3名： " " (III)， "
- 4) 井上源基外3名： " " (IV)， "
- 5) 奥田吉春外2名： " " (V)，第96回日林論 1985
- 6) 今富裕樹外2名： " " (VI)， "
- 7) 井上源基外2名： " " (VII)， " (未提出)
- 8) 奥田吉春外4名：地域性を考慮した集材方法の最適化(I) (中間報告) 国有林野技術開発報告 1986
- 9) 林業機械化協会編：トラクタ集材と集材路，232 pp. 林業機械化協会，東京 1986