

林道の機械施工に関する研究

——その変遷と実態——

楊 筱琴・酒井 徹朗・佐々木 功

Studies on construction of forest road with machine

——history and actual condition——

Xiaoqin YANG, Tetsuro SAKAI, Isao SASAKI

要 旨

林道の機械施工の変遷を掘削機械でみると、戦後のブルドーザにはじまり、昭和30年代後半にショベルドーザ、昭和40年代中頃にバックホウ、昭和50年前後にブレーカが導入された。土工機械の発展発達に伴い、林道開設現場の作場諸条件に見合った施工機械が利用されてきた。現在の開設現場では、バックホウ（0.6m³）とブルドーザ（11～21t）による組合せが主流で、ショベルドーザの使用頻度は低い。バックホウは掘削作業の設計に広くもちいられており、設計担当者は施工難易度や土質区分の判定に関心が高く、設計と実作業での作業能率の差をある程度認めており、ブレーカの使用問題とともに早急に解決しなければならない課題である。今後の施工機械としては多くの県でバックホウが伸び、ブルドーザやショベルドーザが減少すると予想しており、バックホウをベースマシンとした各種アタッチメント（ブレーカ等）を取り入れた施工を期待している。

は じ め に

最近の林道工事の特徴は土工機械が非常に進歩してきたことである。林道開設工事における機械化は、戦後のブルドーザ導入に端を発する。その後、建設機械の多様化・高度化にともない、掘削作業だけでもショベルドーザ、バックホウ、ブレーカと数多くの施工機械が導入されてきた。そこでわれわれは林道開設工事における機械化の変遷と現在の機械施工の実態について二三の検討を行ったので報告する。機械化の変遷については既に発表されている様々な文献・報告書・統計等によって掘削作業を主にまとめたものである。機械施工の実態については都道府県を対象としたアンケート調査をまとめたものである。

林道開設の機械化の変遷

1) 昭和30年代

30年代の林道工事の機械化は林道網の早急な整備をひとつの背景としていた。戦後の日本の林

業政策の一つの課題は、林道網の整備拡充と拡大造林であった。昭和30年に林道規定を定め、林道事業の計画・施工・管理などに指針を与えた。当時、日本の森林資源は第二次大戦中の乱伐や手入れ不足により著しく悪化し、戦後の各種産業復興に要する多大な木材需要を充足するには多くの困難が伴っていた。伐採地が次第に奥地化しそれに対処するため林道の必要性が高まっていた。一方林道は木材搬出手段の発達により牛馬道から自動車道へと大きく変化してきた。さらに昭和37年に全国林道網計画が実施され、林道を主として森林開発のための施設とみる考え方から林業経営上不可欠な基盤的施設と認識されるようになった。しかし林道事業が計画どおり行えずに、施工にあたって予想以上に経費を要した。そこでブルドーザの導入によって経費を切り下げ、作業の能率化を計ることが必要であった。機械施工のメリットは主として(1)施工速度の向上、(2)それにとまう施工単価の低減、(3)施工の質の向上である。林道施工にブルドーザを使用し始めたのは1946年(昭和21年)頃からである¹⁾が、山村における労働力の不足という社会状況を背景としながら、従来のように人力により施工された軟弱な道路では充分な運材能力が発揮できないので、迅速で堅固な林道建設が強く要望されていた。しかし複雑な地形・地質の山岳地帯での林道開設は、一般土木工事に比して機械化が困難であった。図一1は林道新設延長距離の経年変化を示している。

国有林にブルドーザが導入されたのは熊本営林局が最初であり²⁾、昭和25年には林道新設工事にポータブルクラシャ、ロードローダ等も併用して効果をあげた。国有林のブルドーザ保有台数は昭和25年末で、秋田2 熊本1 計3台という微々たる状態であったが、昭和30年の調査では21台となり32年末では33台と増大している。国有林では昭和35年前後からブルドーザが林道路体築造のために掘削排土作業に本格的に使用されるようになった。25年当時使用されたブルドーザは3

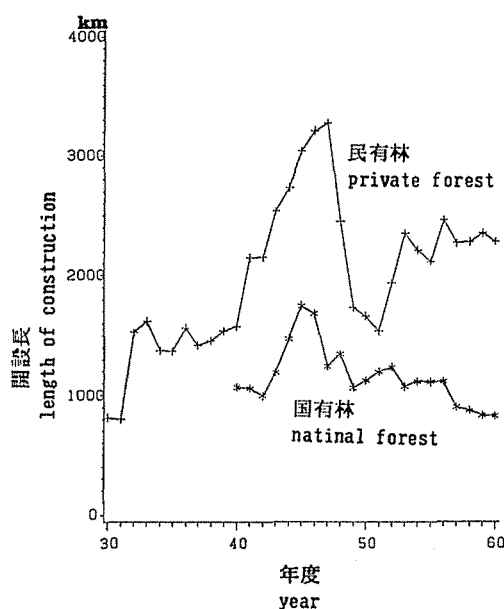


図1 林道新設延長の経年変化
Fig.1 Change of forest road construction

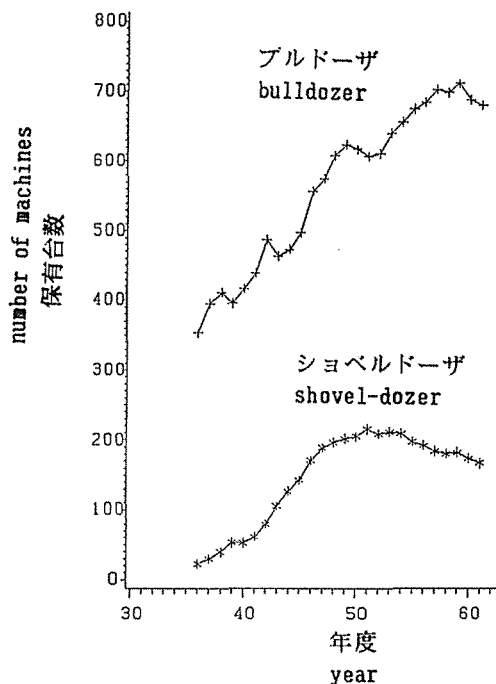


図2 国有林における作業機械の保有状況
Fig.2 Change of keeping machines for construction in national forest

—4 t 級のもので、燃料消費量が多く、土工板の操作がスムーズでないなど改良の余地が多く、伐根処理や岩石地における排土能力が極めて劣っていた。昭和30年前後の林道建設には掘削機としてはもっぱら10—15 t 級のブルドーザが多く使用された。その間、トラクタショベルの導入もあったが、主として積み込み機械としての利用であった。図—2は国有林における作業機械保有台数の経年変化を表している。

ブルドーザによる林道開設作業の場合、地形が急峻な場所が多いため、活動範囲が極端に制限される。排土板により押し出された掘削土砂は谷川斜面に流出し、下方林地の林木の損傷・林床や溪流などの荒廃につながる。そこで掘削土砂をすくい上げ、谷川斜面に逸散することなく、適当な場所まで運搬するトラクタショベルの導入が計られた。トラクタショベルはブルドーザを變形したもので、トラクタの前方に排土板のかわりに鋼製のバケットをつけ、それは垂直方向にブルドーザの場合よりもはるかに高く上げ下げできるようになっている。そのため掘削した土砂を能率よくすくい取って運搬したり、土砂をトラックに積込むことができる。トラクタショベルは5 m以下の短距離と30 m以上の長距離の土砂運搬作業の場合や、高い法面の掘削運土作業、あるいはブロック積み等の裏込み作業にその特徴を発揮した³⁾。一方、重心が高くなるため土質条件の悪い場所での作業が困難であり、全面的にブルドーザのかわりになることはなかった。またトラクタショベルの性能上、掘削力も充分でなく、ブルドーザに比べ逸散土砂は少ないものの土砂の逸散を防ぐという点ではまだ不十分であった。

ショベル系掘削機械を使った林道における施工の歴史はブルドーザ等よりも古いと言われている。機械式ショベルは最も強力な掘削力を有していた。またショベルの上部旋回体は下部機構に対して360度旋回でき、各種フロントアタッチメントが簡単に交換でき、いろいろな作業ができる。昭和30年頃迄の日本のショベル系掘削機は年産200台前後と米国の1/30—1/40であったが、5年後の35年にはクローラ式のみで1400台と急成長し、米国の4500台の3分1へと増加した⁴⁾。昭和37年には日本1550台に対して、米国は3000台と減少したため、その半数を越えるに至っているが、1.2 m²以上の大型機では日本70台、米国300台と10倍以上の差がある。昭和36年新三菱重工業から0.25 m²の油圧式ショベルが発売された⁵⁾。これが日本で作られた初めての油圧式ショベルである。その頃の油圧式ショベルは油圧ポンプが1つのものが多く、その作業能力は機械式に比べやや劣っていた。

2) 昭和40年代

油圧式ショベルは2ポンプ式の油圧システムに発展し作業能力が大幅に向上したため、生産台数のうえで機械式ショベルを凌ぐにいたった。また油圧式ショベルは昭和40年代後半から大型化と小型軽量化の両翼方向に拡大していった。バケット容量0.2 m³未満、機体重量5 t未満の油圧式ショベルをミニバックホウと称しているが、日本で昭和45年に開発された。そのころ油圧式ショベルの生産が全ショベル系掘削機の70%を越えた。昭和47年頃から完全に油圧化された重量7—10 t、バケット容量0.3—0.4 m³クラスのバックホウが出現し、林道開設現場に定着した。バックホウは切取りの厚さが相当にあって、切取り法面（掘削面）が切り立っている斜面や崖のように機械レベルより上の方の多量の土を掘削し、積み込む場合に最も適した機械で、他のいかなる機械よりも掘削から積み込みまでに要する時間が短い特徴がある。また、法面の整形及び地面より低い位置での表土のはぎ取りや、浅い溝の掘削整形にも使用できる⁶⁾。なおバックホウ定着の背景には自然環境の保護・保全に対する強い関心の高まりがあり、林道開設時の逸散土砂は極力少なくしなければならなくなったこともある。バックホウとトラクタショベルの機能の違いは機動性にあり、移動距離が少ないときにはバックホウが有利である。林道工事の狭い作業

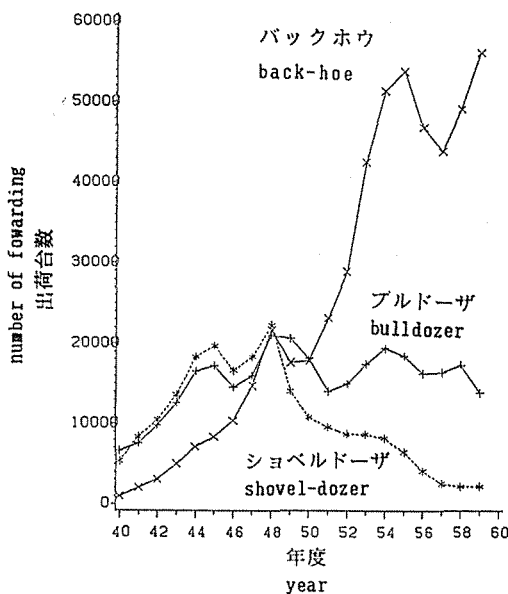


図3 各種掘削機械の出荷台数の変遷
Fig.3 Change of each construction machine
in number of forwarding

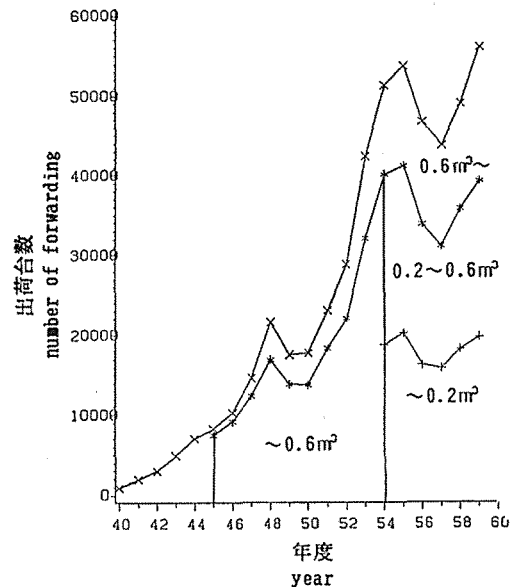


図4 バックホウ（油圧式ショベル）のクラス別出荷台数の変遷
Fig.4 Change of forwarding hydraulic
excavator

現場を反映して 0.4 m^3 クラスが多くを占め、特に狭い箇所等で人力に替わるものとして 0.2 m^3 クラスのものが使用されるようになった。図一3に主要掘削機械の出荷台数の経年変化を示す。昭和48年を境にショベルドーザは減少しバックホウは増加していることが分かる。

3) 昭和50年代以降

土工機械は昭和50年以前、ブルドーザが主体であったが、そのウエイトは年をおうごとに低下し、代わって掘削機械主として油圧式ショベルは45—50%に増加した。建設業界全体でみると、昭和56年における油圧式ショベルの稼働台数は約15万台、ミニバックホウを含めて20万台と推定されるが、全世界でも50万台以下と推定され、日本で異常に高く油圧式ショベルが伸張し、稼働台数の面でもブルドーザ（トラクタショベルを含む）を追い越しつつある。これは油圧式ショベルの性能が向上したのが大きな原因である。エンジン出力・最大掘削深さ・走行速度が増加し作業能力が高まり、掘削積込みだけではなく多くの作業機能をもたすことができるようになった。図一4に油圧式ショベルの出荷台数の経年変化を示す。

林道開設事業における掘削機械の導入割合を昭和52年の前橋営林局の報告でみると、バックホウは主要98路線の52%で導入されており、狭い箇所での開設工事に適した作業性のある機械だとされている⁷⁾。なお稼働日数率の推移をみると58年以降59年度までの間に、ショベルドーザは35%から9%に減少し、バックホウは58%から82%に増加したと報告されている⁸⁾。また昭和59年度前橋営林局における岩石切取り量 500 m^3 以上の路線のうち40%以上でブレーカが使用されたとも報告されている。岩石掘削工は林道事業費の中でも諸構造物・敷砂利などと共に最も大きな比重を占める工種である。火薬管理の強化・作業環境や住環境の保護・作業機の性能向上等により従前のダイナマイトによる爆発工法からブレーカによる工法へと徐々に移行してきた。この

ようにバックホウが林道開設現場の中で次第に中軸的役割を担うようになってきたのがこの時期である。

林道の開設は年々奥地化する傾向と共に地形が急峻となるため、合理的なルートの設定に努めても、切盛りバランスのとれた施工は極めて困難であるのが現実である。切取り土砂の処理費は捨土箇所が限定されること、運搬距離が長くなること等から多大の経費を要している。現在の林道施工の実態は切取り工事はバックホウ、土砂運搬はダンプトラック、ブルドーザは通常残土処理場の地均し作業に用いられているのが現状である。施工機械が多様化するなかで現場条件に適した土工機械の組合せが採用され、それなりのウエイトを占めているようである。

アンケート調査

1) 調査方法

林道及び作業道の設計・施工全般の傾向について実態を明らかにするため、全国47都道府県を対象に郵送によるアンケート調査を行った。調査項目は以下のとおりである。(1)大型施工機械が設計機種として用いられた時期、現場で実際に使用された時期。(2)現在設計機種として用いられている機械の規格・大きさ。(3)設計・開設の実態等についての意見。(4)支障木の搬出について。(5)機械施工に対する意見・将来への期待。年度末の忙しい時期にアンケートを発送したこともあり回収率は余り良くなかったが、36都府県(77%)から回答を得た。

2) 調査結果及び分析

ブルドーザ等の施工機械が林道開設現場で実際に使用されてきた時期、及び県レベルで林道の設計積算に設計機種として用いられるようになった時期についてまとめたのが図-5である。図から明らかなように、ブルドーザは昭和30年前半頃から、ショベルドーザは昭和30年後半頃から、バックホウは昭和45年頃から、ブレーカは昭和50年頃から林道開設現場で使用されるようになった。一般林道事業において積算の際の設計機種として上げられるようになったのは現場で使用され出してからブルドーザやショベルドーザで約2年後、バックホウで3年後、ブレーカで4年後であった。図-3の出荷台数からみるとブルドーザは年間17-19千台と昭和45年以降はほぼ同水準である。これに対しショベルドーザは昭和48年をピークに年々減少してきている。バックホウは油圧機器の発展と共に昭和50年以降増加し、機種もミニから大型まで各種のものが生産出荷されている。このことは現在の林道開設現場での使用機械の現状からもいえる。掘削作業における使用頻度は各県の単純平均で、バックホウ77%、ブルドーザ14%、ショベルドーザ9%であった。また大半の現場では2-3台の大型機械により作業をしており、その機械の組合せはブルドーザとバックホウが23県(64%)と多く、ブルドーザとショベルドーザが6県(17%)と僅かであった。

現在設計時に使用されている各施工機械のクラスは、ブルドーザ3-12tで主に11t、ショベルドーザ1.2m³、バックホウ0.6m³となっている。なおショベルドーザを設計機種として使用していない県が3県あった。またバックホウを掘削機として設計する割合は、各県の単純平均で岩石の多い路線で67%、土石の多い路線で75%となっている。

林道開設の施工機械としてブルドーザとバックホウを比較をしたところ、バックホウの方が好適であるとした回答が32県(89%)、不向きであるとした回答が2県、現場により一概にいえなかった回答が2県であった。好適である理由として次のようなことが多かった。切取り土砂の逸散が少ないこと、残土運搬に都合がよいこと、施工機械として作業の汎用性があること、更に施工性に優れていることを挙げている。これは林道開設現場の多くが急傾斜地で、下方林地の保全が必要なためブルドーザによる施工ではどうしても逸散土砂が出るためと考える。また旋回機

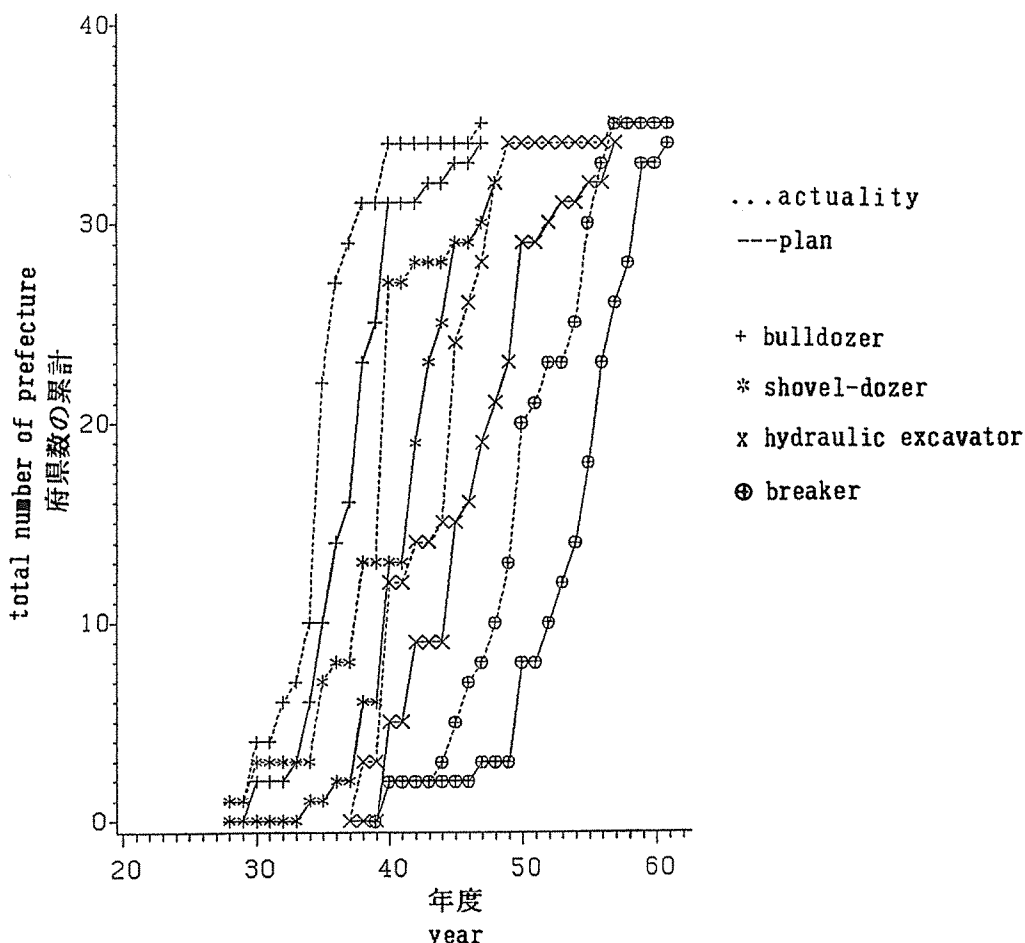


図5 林道開設における施工機械の導入時期

Fig.5 Starting time of using each construction machine for forest road

能を有するため、狭い作業現場で掘削・積込み作業が一連のものとしてでき、多くの残土処理を必要としている作業状況にあっていいるものと考え。ちなみに一般林道開設事業における設計では運搬捨土は、一工区当り単純平均で4,200 m³の土砂を11t ダンプにより1,500 m³運搬捨土している。掘削作業以外にも資材の積込み・積降ろし、支障木の搬出などに利用されておりその汎用性が買われている。一方緩傾斜地で普通林であればブルドーザの方が有効である。短区間の流用盛土や捨土にはブルドーザやショベルドーザが有効、作業の種類により作業効率のよい機械を適用するといった意見もあった。またショベルドーザとの比較においては、バックホウの方が好適である26県、不向きである3県、一概にいえない5県であった。それらの理由の多くはブルドーザの場合とほぼ同じであった。特にショベルドーザは幅員が限られている所でのダンプトラックなどへの積込み作業にともなう方向転換が困難であるという意見が多かった。

バックホウによる道路断面掘削作業の標準的な手順は6県(17%)であるとしているが、残りの大半の府県ではその手順はない。その手順は切取り法高によって異なるが、荒切り一切取り(盤下げ)一法面仕上げ一路面仕上げが基本である。法高が高い場合、荒切りは機械が安定できる幅を確保するように切取り法面の上部から法勾配に沿って掘削し、ある程度前進をする。その後

順次切り取りを行い盤下げ・法面整形と共に運搬捨土をおこなう。法高の低い場合は盤下げ作業が不要となる。

バックホウによる掘削作業では設計に比べ現場での作業能率がどの程度であるか、またブレーカによる場合はどうであるかの問いに対し表一1のような回答を得た。前者の場合、軟岩切り取り・法面整形の各作業についておおくの都府県が同じ回答を寄せた。即ちある作業の能率が高いと回答した県は3作業とも高いと回答している。作業能率が「高い」と回答した県は現場におけるバックホウの使用割合が他に比べ高い。また「低い」と回答した県は使用割合が低い傾向がある。開設現場で掘削作業にバックホウが使用されている割合90%以上の県では作業能率が「低い」と回答した県は8%で多くは「高い」か「同じ」である。70—90%の県では「低い」との回答は50%あった。70%以下の県で「高い」が37%、「低い」が20%であった。この質問は設計歩掛りとの関連が高いため「わからない」と回答した県が30%前後もあった。またこの質問は「今バックホウによる機械施工の設計にあたっての問題なのは」という質問とも関連している。それに対する回答（複数回答）で多かったのは、（1）施工難易度の判定（47%）、（2）使用機械にあった土質区分（44%）であった。表一2にその結果を示す。現場でのバックホウの使用割合が90%以上の県では、「ブレーカの使用」や「使用機械の組合せ」を問題にし、「使用機械のクラスの選

表1 設計と比較した現場での作業能率
Table 1 Comparision of operational efficiency between actual and plan

能率 efficiency	作業種 operation	バ ッ ク ホ ウ			ブレーカ	
		軟岩切り取り soft rock	土石切り取り sand	法面整形 slope cuttiog	中軟岩切り取り middle hard rock	
高い high		10	12	10	3	
同じ same		6	6	10	13	
低い low		8	8	6	6	
不明 no-answer		12	10	10	14	

表2 バックホウによる機械施工の問題点
Table 2 Problem of execution with hydraulic excavator

問題点 Problem	バックホウの使用割合 Percentage of using excavator				total
		～70%	70～90%	90%～	
掘削手順の標準化 making standard manual of cutting		2	2	3	7
土質区分の判定 judgement of soil classification for machine		6	5	5	16
施工難易度の判定 judgement of difficulty for execution		5	7	5	17
ブレーカの使用 how to use breaker for plan		0	0	3	3
使用機械の組合せ combination of operating machine		2	2	4	8
使用機械の選定 selection of operating machine		3	4	2	9
府県数 total prefectures		11	12	13	36

定」は少ない。70—90%の県では「施工難易度の判定」が、70%以下の県では「使用機械にあった土質区分」を問題としている。また後者のブレーカの作業能率については「高い」と回答した県は3県と少なく、多くは「同じ」か「わからない」である。岩石切り取りが一工区当り500㎡以上の現場ではブレーカの使用を積極的に考えると29県(81%)が回答しており、ブレーカの作業能率については今後の課題である。

これからの林道開設において施工機械としての使用頻度が現在に比べどのように変化すると思いますかとの問いに対し、ブルドーザは減少するとした回答が27県(75%)、ショベルドーザは減少するとして回答した県が28県(78%)、バックホウは増加するとして回答が33県(92%)、ブレーカは増加するとしたものが27県(75%)であった。ブルドーザやショベルドーザが増加するとして回答や、バックホウやブレーカが減少するとして回答は皆無であった。この点からも今後の機械施工におけるバックホウの役割は益々重要になってくるものと思われる。

バックホウを支障木の搬出に使用していると回答した県は17(47%)であった。一方バックホウを木材引き寄せ機として使用することについては、「好ましくない」12県(33%)、「仕方がない」14県(39%)と回答している。バックホウを搬出に使用している県の多くは(7割)が「仕方がない」と回答しており、「好ましくない」とするのは2割であった。逆に使用していない県の多くは「好ましくない」と回答している。また支障木の搬出作業と掘削作業との関連については、「搬出後掘削する」(36%)、「荒切りをして搬出する」(28%)、「並行して行う」(22%)と様々であった。バックホウを搬出に使用している県では40%が掘削と並行して搬出、20%が荒切りして搬出すると回答している。使用していない県やわからないと回答した県では搬出後掘削するケースがおおかった。搬出作業の実稼働時間に占める割合は「30%未満」12県(33%)、「30—40%」8県(22%)であった。搬出にバックホウを使用している県では搬出作業が稼働時間に占める割合が高い傾向がみられた。特に50—70%といった高い比率の県が集中している。今後、林道工事特有の支障木の搬出作業をより合理的に行えるバックホウのアタッチメントの開発・改良が必要である。

「いま林道の設計にあたって一番の難問題は」との質問に対し多かった回答(複数回答)は、(1)用地問題(24県)、(2)残土処理(20県)、(3)開設単価(11県)、(4)開設効果の予想(7県)であった。さらに、林道・作業道の機械施工に対する意見や将来の期待等について自由に記入していただいた。なかでも多かった意見は次のとおりである。(1)小回りが可能な、狭い場所に適した、コンピュータ制御で逸散や過掘のない新機種・森林作業専用機やアタッチメントの開発・改良。(2)設計機種と現場での使用機種の相違、設計歩掛りと現実との不一致。(3)様々な局面(大断面・狭い現場・施工困難な場所等)での施工手順の検討。これらは今後林道の機械施工を発展させていく上で重要な課題である。

お わ り に

林道開設における機械施工に関する研究の一環として、機械施工の変遷の概略と民有林における機械施工の実態について報告した。これからの林道の機械施工はバックホウを中心機種として各種のアタッチメントを取り入れながら発展していくものと考え。そこで今後はこれまでやってきた開設現場での工期調査等をもとに各種作業の標準工期・作業手順の最適化などについて研究していくつもりである。

最後になりましたが、お忙しいなか快くアンケートに御協力いただいた各県の林道担当者の皆様にお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 上飯坂実：森林利用序説. pp.21, 1975
- 2) 上飯坂実：ブルドーザによる林道施工計画に関する研究. 岩手大演報. 1, 1961
- 3) 上飯坂実編：林業工学入門. pp.219, 1984
- 4) 杉山庸夫：世界のショベルあれこれ. 建設機械. 1. pp.43, 1981
- 5) 日本建設機械化協会：国産建設機械のルーツをさぐる. 建設の機械化. 1. pp.11, 1978
- 6) 土質工学会：掘削用機械・特殊な掘削. pp.11, 1978
- 7) 宮崎繁：林道. 185. 79～82, 1978
- 8) 佐々木紀：林道. 222. 246～252, 1986

Résumé

Tracing the historical change of forest road construction using a excavation machine, first bulldozer began to be use after Second world war, shovel-dozer began to be use at early 1960's, hydraulic excavator began to be use the late 1960's, and breaker began to be use at the 1970's. According the development of construction machine, some machines which adapt themselves to the condition of construction site-narrow and steep terrain began to be use.

According to the questionnaires against each prefecture, now on many construction site, the combination of hydraulic excavator (0.6m³) and bulldozer (11-21t) is the mainly used, and shoveldozer is few. Hydraulic excavator is widely used for estimation of forest road construction. Many planners have interest in the judgment of the soil classification for machine and the difficulty of execution, and they recognize the difference of operational efficiency between actuality and plan. So, that is a very important problem which must be solved as early as possible. In addition, how to use breaker for cutting is the problem too.

In the future, many people expect that hydraulic excavator and breaker will increase, but bulldozer and shovel-dozer will decrease for execution machine. And they hope that the execution will be done with many attachments for base-machine which is the hydraulic excavator.