

林業技術



■1994/NO. 622

1

RINGYŌ 日本林業技術協会 GIJUTSU

Ushikata Mfg. Co., Ltd.

●持ち運びに便利
小さく軽い1.8kgセオドライト。

一般的のセオドライトにくらべて、重さ・大きさが半分以下のテオ・100。
山林や農地、土木建築測量など1分読で充分な作業には、
もう重い高級機は必要ありません。移動に、取扱いに便利な軽量の“最適機”が
作業目的に合わせて選べるようになりました。



グッド・デザイン中小企業庁長官特別賞

1分読小型セオドライト(TEO-100)

テオ・100

●本体寸法/124W×130D×198Hmm ●重量1.8kg(ケースを含まず)

●防滴構造、シフティング、天頂観測接眼鏡、夜間用照明付



通産省選定

’93グッド・デザイン賞受賞

応答自在

図面 図形の測定を、ご要求通りにいたします
各種座標・面積・線長・半径
周囲長 = 同時読み取り/任意出力



全く新しい面積測定ツール。
X-PLAN Cは、マルチエリアカーブメータ
として、すでに世界各地のエンジニアに
ご愛用いただいています。面積/線長/
半径/円弧の同
時読み取りに加
え、座標既知点
からの座標読み取り、バ
ッファ付プリンタ、メモリ付電卓機能と必
要充分な機能を備えています。



通産省選定グッドデザイン商品

マルチエリアカーブメータ
X-PLAN 360C
(エクスプラン・シー)

●見やすく、自然な姿勢で測定できる視線角度可変
偏心レンズ(特許)を採用 ●スイッチONと同時に測定
が始められる帰零スイッチ機能内蔵 ●酷使に耐え、
精度保持にすぐれたアルミダイキャスト製筐体構造 ●
コンピュータとのオンラインに豊富なソフト機能



東京都大田区千鳥2-12-7

郵便番号146

TEL.03(3758)1111代

資料のご請求は下記FAXで!!
ご覧になった誌名・ご希望商品・送付先等を必ず明記ください。
FAX.03(3756)1045

目 次

新年のごあいさつ	三澤 毅	2
現場で愛用される機械の条件		
林業機械の消長に学ぶ	小沼 順一	4
名機D 51 はなぜもてたか	久保田 博	7
造林・育林用マシーンに賭ける近未来の夢		
クリアしなければならない前提条件	南方 康	10
植え付け作業機械化における先端技術の応用	仁多 見俊夫	13
下刈りに応用できそうな先端技術	福田 章史	18
将来の林業ロボット	辻井 辰雄	22
ここまでできている工学技術		
センサー	鳥居 徹	25
山の古道を行く——周山街道1		
由良川の村——堅い杉と谷の集落	小山 和	30
忘れられない木と森の話5		
森林の存在意義	畠野 健一	32
<会員の広場>		
奈良、東大寺南大門の国宝阿形像内に 残っていたスギノアカネトラカミキリの食痕	斎藤 誠 五十嵐 正俊	34
第40回(平成5年度)森林・林業写真コンクール		
優秀作品(白黒写真の部)紹介		37
林業関係行事一覧(1・2月)	芝 正己	44
農林時事解説	本の紹介	44
統計にみる日本の林業	こだま	45
林政拾遺抄		43
新理事長に三澤 毅氏が就任		46

表 紙 写 真

第40回森林・林業
写真コンクール
一 席

「成人の日」
(香川県財田町)

香川県観音寺市
猪熊 進

〔ニコンF 801S,
28~85ミリズーム,
オート〕



1994. 1



新年のごあいさつ

会員の皆様、明けましておめでとうございます。

このたび、図らずも理事長の大任をおおせつかり、責任の重さをひしひし感ずるとともにとまどいと大いに不安を感じているのが偽らざる心境であります。会員の皆様の多くの方に林野庁、森林開発公団を通じてひとかたならぬ御厚情を賜ったところですが、今後も引き続きよろしく御指導、御鞭達を賜りますようお願い申し上げる次第です。

もとより、私は当日林協の業務に関しては会員の一人としてかかわりあった程度ですので、法人の運営に関しては全くの素人であります。歴史と伝統のある日林協をいかにして今後も安定的に発展させるかは大変難しいことと思いますが、スタッフ一同と力を合わせ鈴木前理事長をはじめ歴代理事長の築かれた礎の上に確実な前進を図っていきたいと考えます。

さて、私どもの周囲に目を転じてみると、国内では昨年いわゆる 55 年体制が崩れ細川政権が誕生したことは特筆すべきことでした。アメリカでは変革を叫ぶクリントン大統領が選出され、ロシアではエリツィンがよちよち歩きながら自由市場経済体制への歩みを続けています。一応冷戦構造は終結し、大局的には戦争の危機は遠ざかったかに見えますが、民族紛争等局地的な戦争状態は依然として続いているし、アフリカの一部等飢餓から脱出できない国も依然として見られ、地球が楽園になるのは先の長い話のようです。

経済的側面を見ると国内的には不況と冷夏が深刻な影響を与えていました。バブルに踊ったあのころが今となっては信じられないような過去となりましたし、冷夏は、米は毎年余るものと考えていた常識を根底から覆しました。幸いなことに緊急輸入で当場はしのげそうですが、あらためて自然の恵みについて考えさせられる一年でした。

山のほうも相次ぐ豪雨・台風災害で地域的には再起不能とまで言われたことがありました。ようやく復興の兆しも見えてきたようです。長い木材不況のトンネルも依然として出口は見えませんが、住宅建築が意外に確かな足どりをしており、経済全般の動きよりやや早く動くのが木材市況の特性のような気がしますので、少し早めに不況脱出をと期待している次第です。

世の中のそんな動きを背に林業を考えてみると、オーバーな言い方ですが、21 世紀は林業の時代ではないかと期待しています。その理由を独断と偏見で少し述べてみたいと思います。

まず、政治の局面で拾ってみると世界森林サミットはまだ記憶に新しいところですが、地球環境問題は人類が避けて通れない問題です。環境を守れと口で言うのはやさしいことですが、実際に環境を守ることは大変なことです。先進国にあっては、産業、家庭から排出される水質問題、自動車、冷暖房の廃ガス等々、途上国にあって食糧問題に端を発する森

社団法人 日本林業技術協会

理事長 三澤毅



林伐採、焼畑等々数え上げたらキリのないほどの問題を抱えています。さらに突き詰めれば膨張し続ける地球上の人口問題まで、解決されなければならない多くの問題を含んでいます。

また、経済的側面から見て、資源問題は健康にして文化的な生活を営むためにまた避けて通れない問題です。日本をはじめとする先進国のみならず、途上地域を含む全人類の生活向上を図るために資源は環境問題との調和を図りつつ有効に活用されなければなりません。そのために資源が保続的にリサイクルされつつ消費されるシステム作りが人類共通の課題として必要なわけです。

さらに、地球上にはお金と油はあっても水がない国があります。それらの国のいちばん欲しいものは当然のことながら水です。砂漠を緑にし水源を作ることはそれらの国の夢です。先進国日本にはそれに対する技術的援助が求められているのです。「今後の外交の中心は林業技術だ」とある先生が申されましたがあながち誇大表現とはいえないと思います。

そのように21世紀に向けて林業技術が求められていますが、座して待って途が拓けることはないのも事実です。自ら研さんし、さらにレベルを高めていくことが必要です。20世紀の驚異的科学技術の進歩発展の中で技術は解明し尽くされているのではと思いかですが、決してそうではないようです。靈の存在を信じて右往左往するテレビもその一つかもしませんが世の中まだわからないことが多いようです。セイタカアワダチソウを傷つけると一種のホルモンが分泌され、いっそう繁茂してしまうことは知られていますが、ある種の樹木でも意志の伝達機能を持っているのではないかと言い出した学者もいるようです。天地の創造者は奥の深い地球を造ったようです。

これらは優れて個別技術論の話ですが林業技術ないしは林学は、個別技術ないしは個別の学問分野を統合するところにその特質があると思っています。20世紀の個別先端技術はともすれば統合の考え方方が希薄であったような気がします。医学の分野においても心臓移植まで個別技術は非常に進みました、人間を一個の生物体としてとらえメンタルな面から器官の生理的機能までその個別生物体に対する統合された処置が必要のような気がします。

同様に林業技術は、地球全体の生態系の中で生産分配を正しく行い、人類の永存を図るためにものでなければならないと思います。そのために今後なすべきことはあまりにも多いようです。21世紀は林業の時代と申すゆえんです。勝手なことを書きましたがお許しいただきたいと存じます。

歴史と伝統のある日林協のさらなる発展のために会員の皆様をはじめ関係各位の御指導、御鞭撻を重ねてお願い申し上げ、ごあいさつといたします。

現場で愛用される機械の条件

林業機械の消長に学ぶ

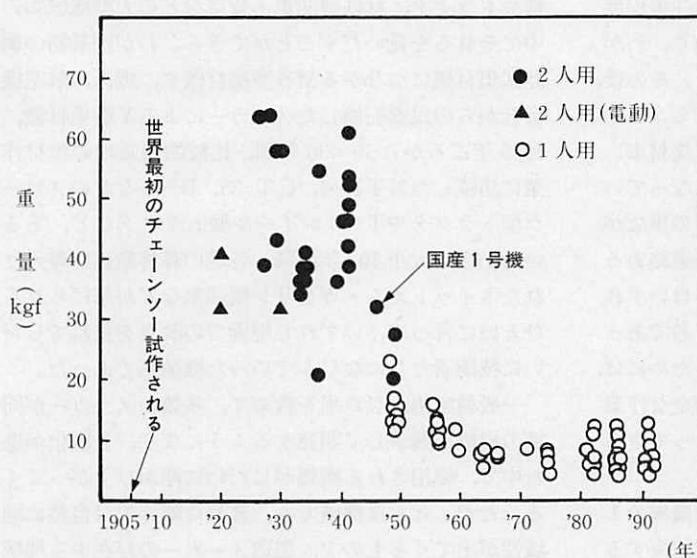
小沼順一

明治20~30年代に鉄線運材法や簡易索道、軌道運材が導入されて以来、数多くの機械が林業の場に導入され活躍してきた。現在の林業機械の普及台数を見ると、平成4年3月現在、林野庁の調査では最も台数の多いのが刈払機の37万台、次いでチェーンソーの36万台、小型集材車2万6700台、集材機2万台、自動枝打機6,300台の順となっている。普及台数の多さは愛用度のパロメータと考えてよい。

まず愛用された林業機械の第1は、チェーンソーであろう。林業機械のほとんどすべてが他産業機械の応用発展系であるが、チェーンソーは林業用として独自の発展を遂げた数少ない機械の1つであり、その開発は20世紀初頭にさかのぼる。根元直径2mにも達する大きな木を切り倒し、あるいは玉切る際に、労働負担の大きい手引鋸に代わる便利で強力な機械を、ということで機械鋸の開発が始まった。1879年、米国で初めて登場した機械鋸は、蒸気機関で横挽鋸（クロスカットソー）を往復動させる、いわゆるドラグソーであった。世界最初のチェーンソーは1905年に米国で試作されている。クロスカット型の鋸刃をチェーン状につなぎ、船舶用2気筒水冷ガソリンエンジンで駆動するもので、案内板はなかった。1920年にジェローム・ウォルフ（米国）が切刃と搔刃を組み合わせた新しいソーチェーン（チェーン状の鋸刃）を発明し、案内板を添えることによって挽き曲がりの問題を解決した。このチェーンソーは電動モータ式で発電機を別装備していた。ガソリンエンジン付きチェーンソーが最初に登場したのはドイツで、1926年である。スチール・チエーンソーの1号機で、2人作業用、重量が63.5kgもあった。これと前後して、米国でも重量68kg、弓形のソーチェーン枠を持ったボウ型チェーンソーが発表されたが、この運転には3人が必要であったと伝えられている。いずれにしてもこの時代はまだ試作の段階で、普及には程遠いものであった。

その後、チェーンソーの関連で2つの画期的な発

明・改良がなされた。その1つは、チェーンソーの鋸刃の改良である。1950年にチゼル（鑿）型ないしチッパー型と呼ばれる材を削り取る方式の刃が発明されて、切削性能が飛躍的に改善され、作業能率が一段と向上した。チゼル型の鋸刃は切削と同時に自然に材部へ食い込むため、今までのように鋸身を材に押しつける必要がなく、作業者の労働負担も著しく軽減された。もう1つの画期的な発明は、チェーンソー専用のダイヤフラム式キャブレタ（化油器）である。キャブレタは、ガソリンを霧状にして空気と混合し、燃えやすい混合気としてシリンダへ送り込む装置である。一般のガソリンエンジンには、キャブレタ燃料溜の中の浮子（フロート）が、燃料液面の上昇に伴って燃料の流入孔をふさぎ、燃料液面を常に一定水準に保つて適量の燃料を吸気させる、いわゆるフロート式キャブレタが採用されている。1940年代の後半までのチェーンソーにはすべてこのフロート方式が採用されていたので、立木を切り倒したり丸太に玉切る際に機械を傾けることができず、その対策として、エンジン部を正立状態のまま案内板だけを左右に傾ける案内板回転装置を組み込まなければならなかった。このため機械が大きく重くなり、2~3人作業を強いられる結果となったのである。1949年になって、ダイヤフラム（隔膜）式キャブレタが発明され、一気にこの問題が解決した。ダイヤフラム式キャブレタは、燃料溜の1側面を構成するプラスチック製の隔膜の弾性たわみを利用して同室内への燃料の流入量を調節するもので、機械の傾きには全く影響されない構造になっている。この発明によって、1948年に22.7kgであったマッカラー・チエーンソーが、1949年には半分の11.3kgに軽量化されたという記録が残されている。これに加えて、エンジンや機体材料の高品質化が進んだことも軽量化に大きく貢献した。図に、時代の流れとチェーンソーの重量の変化を示したが、これからチエーンソー軽量化の歴史をうかがうことができる。



図・年代によるチェーンソーの重量変化

1954年の洞爺丸台風直後に、風倒木処理のため、大量の外国製チェーンソーが導入されてしまいに全国各地に普及していったが、1965年ごろから振動問題が顕在化し、社会問題として取り上げられるようになった。防振対策でメーカー各社がしのぎを削って改良を重ねた結果、1968年ごろまで10~14G（1G=9.8m/sec²）にも達していた振動加速度が、1980年ごろには1G前後までに低減され、作業法にも改善が加えられた結果、振動傷害認定者も大幅に減少することになった。その後、キックバック（跳ね返り）対策なども施されたが、このようなメーカー側の熱心な努力がなければ、安全上、健康上問題ありとして、今日のような普及には至らなかったものと推察される。林業用として開発されたチェーンソーは、その後、製水業、石材業、プラスティック加工、鯨解体など他産業分野に広く利用されるようになり、その優れた切削性能のゆえに、近年開発されつつあるフェラーバンチャ（伐倒機）やハーベスター（伐木造材機）、プロセッサ（高速造材機）などの鋸断装置にも応用されている。最近になって、排ガス問題などが顕在化してきたが、また新しい発明や工夫によって問題を解決し、さらに多くの利用者に愛用していくものと考えられる。

刈払機もチェーンソー同様、普及台数の多い機械である。わが国においては、1953年に、故・藤林誠氏によって肩掛式の刈払機が試作されて以来、1955年ごろからしだいに国有林に普及していった。1960年前後か

ら、民有林でも急速に保有台数を伸ばす中で、機体の軽量化や防振機構などに改良が重ねられ、また、鋸刃自立機の開発なども行われ、農業用の草刈機にも兼用されるようになり、広く農業分野にも普及していった。この間、背負式や手持式などの開発も行われたが、結局、肩掛け式が定着している。しかし、チェーンソーとは違って、雑草木個々の切断は機械力によって行われているが、刈り幅の確保は人力でカバーしなければならず、そのため作業者の労働負担が大きく、人間工学的に見て問題が多い。刈払作業の面的広がりから考えて、可搬式の小型機械では、もはや対応の限界に達している。事実、普及台数の割合から見て、要下刈面積

に対する刈払機の稼働実績は極めて低い。発想の転換と、それによる新しい機械の開発を刈払機愛用者は待っている。

次に愛用された林業機械として、小型集材車を挙げることができる。1970（昭和45）年、群馬県の下仁田町に、中古自動車の部品を利用して組み立てられた急坂運搬車“デルビス号”が登場した。三輪車でトレーラを牽引し、幅員2m程度で勾配16~17°程度までの山道を自由に走行できるのが特徴で、今までにない簡便な搬出手段として地元で歓迎され、地元特産のこんにゃく芋や肥料、作業用具などの運搬から間伐材の搬出にも利用されるようになった。当初は林内作業車と呼ばれていたが、これが小型集材車の始まりである。その後、群馬・栃木両県を中心に全国的に普及していった。1972年には、大阪府下において大橋慶三郎氏が、同じく三輪車型の“かつらぎ号”を発表し、現在の高密路網下の集約的林業経営の基礎を築かれた。その後、宮城県の及川自動車による自動車改造型の四輪車“陵峯号”（1973）、ヤンマーのクローラ型“キャタトラ”（1975）、1980年以降は四輪型の“島津号”、クローラ型の“筑水やまびこ号”、“日輪号”、トレーラ付きの“スネーク井坂”などが次々と登場し、山林所有者や森林組合の間に著しい普及を示した。これら小型集材車の魅力は、小型で値段も手ごろであり、低規格の作業道を作設することにより、自動車の運転技術程度で間伐材などの搬出ができるところにあった。

1 m³程度の間伐材を積載して、1日に5~10往復程度行われる集材作業には手ごろの搬出手段であり、わが国の零細な森林経営にマッチした機械である。その後、作業道の質的向上と相まって大型化が進み、ミニフォーワーダ（小型集材車）からフォーワーダ（集材車）まで、各レベルの集材車が使用されるようになっていく。ただ、普及の過程において、集材作業中の事故が少なからず報告されている。横転事故や狭い道路あるいは橋梁からの転落事故などである。これらはいずれも機械や作業法に対する知識不足に基づくものであって、事故を減少させ、作業の安全を確保するためには、作業者に十分機械の特徴を知ってもらい、安全な作業法を習得させることが必要である。これによってさらに機械は普及し、愛用されるものと考える。

さらに、自走式搬器も愛用されている林業機械の1つである。架設したケーブル上を無線操縦で往復する搬器であり、比較的新しい林業機械であるが、1号機の開発は約30年前にさかのぼる。1964年に秋田営林局鶴巣営林署で、エンジンとドラム（巻胴）を組み込んだ自走式搬器が試作された。これは架線集材作業の遠隔操作をねらいとしたもので、定置型の集材機を省略し、地上からの指令で搬器を無線操縦することによって、作業者1名を省力化とともに、荷積地点および荷下ろし地点から機械を操作することによって作業の精度と能率を高め、さらに運転者を集材機の振動や騒音から隔離して作業の安全度を高めようとするものであった。最初の試みは、搬器自身が750 kgと重すぎることと、無線装置の故障が多発したため3年ほどで開発が中断されてしまった。1980年ごろから、林野庁の指導により間伐材の搬出用として“ラジキャリー”の開発が始まり、1985年には重量220 kgの自走式搬器が商品化された。これと併行して“スカイキャリー”や“アイリン号”などが開発され、しだいに全国に普及していった。地形の陥しい山岳地においては、搬出を架線集材に頼らざるを得ず、特に民有林では、少人数で作業のできる簡便な集材法の1つとして注目され、従来の定置式単~3胴集材機に代わって、年々普及台数を伸ばしている。メーカー各社もタワー付き集材機との組み合わせなどを奨励しながら、自走式搬器の開発・改良を進めている現状である。

一般林業家たちが愛用した機械に対して、プロが愛用した機械を挙げることもできる。かつての国有林や製紙会社などの大規模事業地において、伐出作業に携わる技術者たちが誇りを持って使いこなしてきた集材

機やトラクタ、林鉄機関車・貨車などの大型機械類の中にそれらを見いだすことができる。わが国最初の綱島式集材機につながるMS型集材機や、戦後、航空機会社からの民需転換したメーカーによるY型集材機、1955年ごろから10~30年間、比較的緩斜地の集材作業に活躍したNTK-4、CT-35、D-40などのクローラ型トラクタやT-50ホイール型トラクタなど、あるいは1921（大正10）年以降、各地の森林軌道に導入されたホイットカム・ガソリン機関車などが挙げられる。ひと口に言って、いずれも現場での改良を重ねてしだいに技術者たちになじんでいった機械類であった。

一般林家用、プロ用を含めて、多数のメーカーが同種の機械を競争して開発するようになり、多様化が進む中で、愛用される機種がしだいに浮かび上がってくる。ただ、どんな機械でも、普及に際しては自然に地域性が出てくるもので、製造メーカーの存在する地域や販売系列店の周辺では当該社の製品が普及の中心となったり、最初に導入された機種がその地域で広く愛用されるといったケースも多く見られる。一般に現場で愛用される機械の条件としては、チェーンソーや小型集材車のような自家用小型機械の場合は、値段が安い、軽くて、安全で、使いやすくて、故障が少なく、もちろん作業性能が良く、修理などのアフターサービスの行き届いた機械ということになるが、事業用の大型機械の場合も、値段と重量のレベルの違いを除けば全く同じである。

ところで、最近普及し始めている大型機械のフェラーバンチャやハーベスター、プロセッサなどは、林業分野が生み出した生粋の“林業機械”である。生産性向上やコストダウンにつながる高性能機械として、各方面から大きな期待を集めているが、一部を除いてはまだ試作改良の段階にある。これらが林業機械の先輩であるチェーンソーと同様に、改良を重ねて実用機として完成し、多くの林業関係者に愛用される日が1日も早く訪れる期待したい。

（こぬま じゅんいち・森林総合研究所次長）

参考文献

- 小沼順一：林業機械、林業技術史IV, 219~307, 日林協, 1974
 ——：伐出機械と作業方法の変遷, 1) 伐出機械, 林業技術 495, 7~11, 1983
 LARSON, W. : Half-century developing chain saws, Chainsaw age 24 (11), 4~16, 1976
 WARNER, W. S. : The development of the chain saw, Noth. Log. 32 (1), 16~24, 1983
 Anon : Power saws come of age, Timberman 50 (12), 150~163, 1949



現場で愛用される機械の条件

テゴイチ

名機 D51 はなぜもてたか

久保田 博

1. はじめに

蒸気機関車が鉄路から消えて間もなく 20 年が経とうとしているが、年輩の多くの人たちにとって蒸気機関車は忘れられない郷愁を誘うものであろう。明治以来の日本の近代化発展に貢献し、国民生活を支えてきた鉄道の担い手が蒸気機関車であったからである。明治 5 年(1872 年)の鉄道創業から昭和 50 年(1975 年)に最後のカマの火を消すまでの 100 年余、320 形式、8,500 両の蒸気機関車が活躍したが、わが国の代表的な 1 形式を選ぶとしたら文句なしに D51 であろう。

その理由は、①昭和 11 年(1936 年)の誕生が、近代化標準形蒸気機関車の第 1 号形式という機関車技術発達史上の意義、②幹線・亜幹線の輸送および線路条件によく適合した性能諸元で、終始全国的に重用された、③わが国の工業水準に合わせた堅実な設計、④新製両数が 1,115 両というわが国の機関車 1 形式として最大両数を記録した、などのためである。

国鉄の機関士だった父を持つ筆者は幼いときから蒸気機関車に愛着を持ち、戦後、国鉄に入って D51 を運転し、また、鉄道工場での保守を通じて D51 にも接し、計画部門で D51 に対処したので、本誌よりのご依頼に名機 D51 についての思い出を綴ってみたい。

2. 蒸気機関車の輸入と国産化

明治 5 年の新橋～横浜間のわが国最初の鉄道は、1825 年のイギリスでの世界最初の鉄道創業から 40 年余も経ていたため、イギリスからの輸入蒸気機関車はあらゆる点で改良されて一応安定した構造になっていて、最初の鉄道が円滑に運営できたのは、後進国の日本にとって幸いであった。

明治維新もない当時の工業は皆無に近かったため、最初の国産車両は客貨車で、創業間もなく輪軸・連結器などの部品を輸入して木製車体の新製を鉄道工場で始めたが、機関車の新製は官鉄神戸工場が最初で、21 年後の明治 26 年(1893 年)であった。やがて、民間の車両メーカーも開設されて機関車も新製されたが、国

産機は輸入機のコピー小形機が多く、明治期の主力機関車は輸入機であった。当初の輸入はイギリス機が多かったが、明治の中ごろからアメリカ機が増え、ドイツ機が加わり、国別でイギリス機 991 両、アメリカ機 1,053 両、ドイツ機 211 両となっている。各國機にはそれぞれ国民風土的な特色があって、イギリス機は設計の保守性が濃く、アメリカ機は量産を重視した斬新な設計をねらい、ドイツ機は性能に重きを置きながら堅実をモットーとする等であった。

3. 蒸気機関車の国産標準化と性能改善

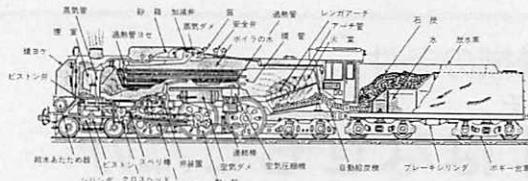
明治 40 年(1907 年)の鉄道国有化により、主な私鉄がすべて国鉄に買収され、約 2 倍に増えた 2,305 両の機関車に対して形式数は 187 の多きを数えた。多形式は運用・保守等の不利が大きいため、鉄道国有化後は統一標準化と、鉄鋼の国内生産が軌道に乗ったことを勘案して、国産を基本方針として進めることとし、設計の自主独立に努めた。

明治の輸入機の実績などを参考にしながら、本格的国産機となったのが、9600(1913 年)と 8620(1914 年)の 2 形式であった。次いで、高性能国産機を目指して生まれたのが狭軌最大径動輪の旅客機 C51(1919 年)、9600 より一挙に 30 % の出力を強化した大形貨物機 D50(1923 年)、狭軌ながら 3 シリンダーを採用した大形旅客機の C53(1928 年)などで、短期間にわが国の風土と鉄道にマッチした日本型の設計を確立して、先進国の水準に近づくことができた。

しかし、当時のわが国の工業水準は世界の先進国のトップに比べて、なお隔たりを認めざるをえない状況であった。これらの新鋭機に採用した台枠などは厚肉鋼の国産ができないことによる強度不足や、特殊鋼などの品質不均一のため、経年による破損に悩むなどの問題も生じた。

4. 蒸気機関車の構造のあらまし

次の D51 を記す前に蒸気機関車の構造と作用について、最大の旅客機 C62 の概要図を用いて説明する



図・1 C 62 形式機関車のあらまし

(図・1)。炭水車よりネジ送り式の自動給炭機によって火床に送入された石炭は火室内で燃焼し、燃焼ガスは煙管・煙室を通って煙突より大気中に排出される。すなわち、石炭の保有する熱エネルギーはその過程で、ボイラー内の水に伝えられて蒸気に変換される。

ボイラー内で発生した蒸気は、ボイラー上部の蒸気溜中に設けられた加減弁の開閉によりシリンダーに送られる。なお、途中で大煙管の中を往復している過熱管を通り、過熱蒸気(約300°C)になって、効率を高めている。左右のシリンダーに送られた蒸気は、弁装置の作用によりピストンを前後に往復させ、吐出ノズルから噴出し、煙室内の燃焼ガスを誘出しながら煙突から排出される。ピストンの往復運動はピストン棒、クロスヘッド、主連棒を介して主動輪を回転させ、その他の動輪は連結棒を介して駆動される。

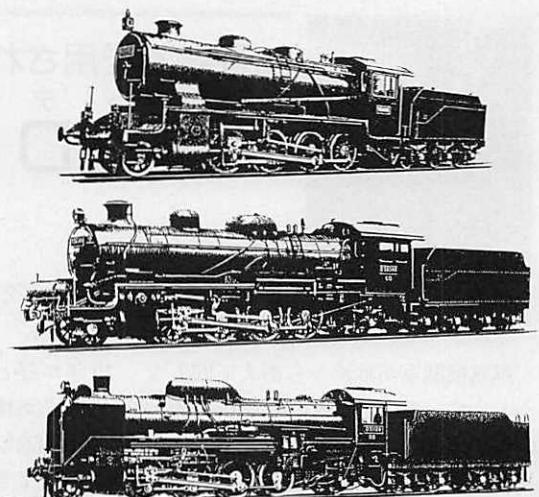
機関車の骨格を成すものは主台枠で、主台枠はボイラー、シリンダー、弁装置を支えて、その重量を動輪と前後の台車に伝えている。

ボイラーの左右にシリンダーを配置してクランク機構で動輪を駆動する方式は、1830年、リバプール～マン彻スター間の本格的鉄道の開業時に採用された“ロケット”号機関車の方式で、その後も蒸気機関車の最も合理的で優れた方式として踏襲された。また、後に生まれた内燃機関などに比べて、石炭を使う蒸気機関車は普通鋼で間に合い、特に高度の精度を必要としないことなどにより、最初の陸上の近代交通機関としていち早く普及した。

この方式の蒸気機関車の設計の重点は、効率の高いボイラー、適正な重量配分、安定した走行性能、扱いやすさ・保守のしやすさ、などであった。

5. □ 51 の誕生

大正時代から本格的国産機を新製して、順次性能の強化・一層の改善研究を続けながら、それらを集大成して近代化標準機の第一陣として誕生したのが昭和11年(1936年)のD 51であった。私が旧制中学に入学した年で、最初に新製されたD 51の1両が篠の井線に入ってきたときは、在来機の9600と比べての斬新さ



図・2 9600・D 50・D 51 (上より)

には目を見張る思いであった。

全体がバランスのとれ磨きのかかった近代的な形態、強固そうな箱形輪心、洗練されたパイピング、鉄のない溶接テンダー等等。汽車通勤の列車をしばらく9600とD 51は重連でけん引していたが、クランクの回転が目まぐるしい9600、鷹揚なD 51、ドラフトの音が喘ぐような9600、重厚で力強いD 51、汽笛がソプラノ音の9600、バス音のD 51と、新旧そのものの対照を見せながら並んで走っていた。

6. □ 51 の優れた理由

戦後間もなく私は学窓を出て国鉄に入ったが、最初の運転実習に乗ったのがD 51であった。東海道線の貨物列車を、D 51より一回り大きいD 52と共に運用でけん引していたが、資材不足の悪条件とカロリーの低下した石炭ながら、D 51は運転し投炭する乗務員の技量と努力に生き物のように応えて、復興輸送の鉄路を懸命に走ってくれた。

大きさが日本人の体格にも手ごろで、扱いやすく、乗りやすいカマであった。戦時設計のD 52(1943年、表・1参照)はD 51に比べて出力が20%も強化されていたはずなのに、両機を乗務してみるとD 51の性能はさしてD 52に劣らず、けん引定数(けん引できるトン数)はほぼ同じであった。戦時設計の不完全な理由もあって、D 52に当たるのを乗務員のだれでもが嫌っていた。

その後、私は神戸の鷹取工場と長野工場で機関車保守に携わって、当時国鉄に在籍していた全30形式に接することができた。蒸気機関車の工場修繕は、明治期からの伝統で取替部品をすべて自主生産するため、鉄

表・1 D 51 を巡る各形式の性能諸元

形式	軸配置	動輪径mm	火格子面積m ²	ボイラー圧力kgf/cm ²	機関車重量t	最高速度km/h	最大出力ps
9600	1D	1,250	2.32	13	60.4	65	870
D 50	1D1	1,400	3.25	13	78.1	75	1,280
D 51	1D1	1,400	3.27	15	78.4	85	1,280
D 52	1D1	1,400	3.85	16	85.1	85	1,660

表・2 内外の蒸気機関車の性能諸元

国名	形式	軸配置	動輪径mm	ボイラー圧力kgf/cm ²	機関車重量t	新製初年	記事
日本	D 51	1D1	1,400	15	78	1936	
旧満鉄	パシナ	2C1	2,000	15.5	119	1934	*あじあけん引用
イギリス	A 4	2C1	2,032	17.6	105	1935	最高速度機
ドイツ	O 5	2C1	2,300	20	130	1934	
アメリカ	ビップボイ	2DD1	1,727	21.1	350	1941	
インド	WP	2C1	1,702	15	89	1947	
旧ソ連	P 36	2D2	1,850	15	135	1950	
中国	前進	1E1	1,500	15	119	1956	

道工場の工作技術力は新製工場と変わらず、また、保守の仕事は設計の知識も必要であり、究明すれば無限の深みもあって、青春の情熱を燃やすのに悔いのないものであった。中でもD 51は受け持ち両数が最も多くて接する機会も多かったが、保守の面でも最も扱いやすい形式であった。D 51はその13年前に生まれた画期的貨物用機関車D 50のいわゆる近代化版であって、改善はあらゆる箇所にわたり、そのためD 50が入ると手のかかることおびただしいものであった。

D 51はそのころの世界のトップ水準のアメリカ、ドイツ、イギリスなどの最新鋭機に比べると、ボイラー圧力、ころがり軸受の不採用などのため若干の格差は免れなかつたが、当時の日本の工業水準に立脚した堅実な設計であった。表・2に示した戦前における海外の新鋭機のボイラー圧力は20 kgf/cm²程度を採用していたが、実際の燃料節約の効果と高圧による保守の増加などを総合すると期待のほどでなく、表・2下段のように戦後の新形式はD 51と同じ15 kgf/cm²程度になっている。

また、わが国の線路条件や輸送要請にも合致しながら、けん引力とスピード性能のバランスがとれ、きめ細かく余裕のある設計が信頼性を高め、乗務員や保守担当者に歓迎される理由であったと思う。

7. D 51に代わる近代化機関車開発の苦心

昭和30年代から蒸気運転に代わる電化とディーゼル化の動力近代化が推進され、私はそのころ国鉄本社にあって計画立案者であった。電気車両とディーゼル動車（ディーゼルカー）の開発が順調だったのに対して、本線用ディーゼル機関車の開発にはてこずった。

車両に向く大出力ディーゼル機関は国内実績がない

ため、当初は海外との技術提携による機関を搭載した電気式D F 50を採用したが、D 51に比べて大幅な出力不足の割に高価のため、短期の量産で終わった。そのため、本格的標準形ディーゼル機を目指して、機関と液体変速機とも自主開発により試作した。その性能目標は、けん引力がD 51より劣らないことであった。

苦心の末昭和37年に完成した液体式DD 51の試作機は、前後の変速機の不釣り合いもあって、10%勾配で800 tしか引き出せない不成績に終わったときは、D 51の1,100 tのけん引力定数はまさに偉大に見えた。捲土重來の意気込みでけん引力の増強設計に心血を注いで翌年試作第2号のDD 51を新製し、東北線北上～村崎野間の10%勾配テストで1,270 tの引き出しに成功したときは、これでようやくD 51のバトンを継げるとホッとしたことが懐かしい。

理論的な粘着性能は、液体式ディーゼル機関車に比べて蒸気機関車は少なくとも10%は劣るはずなのに、D 51のけん引力がDD 51に劣らなかつたのは、練達の機関士が愛機D 51の性能を最高度に発揮していたからであった。DD 51は、やがて量産が軌道に乗つて、D 51は惜しまれながら花道を去つて行った。

8. あとがき

筆者はDD 51以外にも多くの近代化車両の開発に関与し、数々の会心作・失敗作の思い出を持っています。よいものを得る設計は、名機D 51のように堅実な技術の積み上げ、性能と信頼性の適正なバランスと余裕、携わる人にとって扱いやすいことなどが高い評価を呼ぶ条件のよう、林業用機械などの分野にも当てはまるのではないかろうか。

（くぼた ひろし／元・国鉄小倉工場長）

造林・育林用マシーンに賭ける近未来の夢

クリアしなければならない前提条件

南方 康

はじめに

平成3年9月11日に「高性能林業機械化促進基本方針」が官報に公示されてから早くも2年余を経過した。高性能機械による新しい機械化の趨勢は、それ以前から本格化しつつあったが、地域的特性や風倒被害等の特殊事情もあって、全国的に見たその後の進展はかなり跛行状態にあるのが実態である。しかし機械化に対する関心は着実に高まってきており、これを反映して高性能機械が全く導入されていないのは平成4年度末で6府県のみとなっている。

このような状況は、林業や木材産業が置かれている現状に照らせばまことに心強く、適切な方向を指向しているものと考えられるが、現状では機械化それ自体が伐出作業に偏しており、林業全体から考えるととも将来の労働事情に対応できるものとはなっていない。

そこで、極めて重要であるにもかかわらずほとんど手付かずの状態にある育林部門の機械化の推進を加速せねばならないが、今回この特集が組まれるに至ったのもこのためと推察される。編集部からの依頼を受けたので、これまでの伐出部門における機械化を踏まえながら、日ごろから気にかかっていた育林作業部門の機械化について若干の私見を述べてみたい。

高性能機械化の本質

高性能機械化が始まった年は昭和63年である。もう1年遅ければ平成元年と重なってまことに都合がよかつたわけであるが、昭和63年を機械化の元年と考えるのは次の理由からである。すなわち、それまでの林業機械の具備すべき必須条件は小型・軽量・安価であり、万人の疑わぬ絶体的な要件と信じられていた。しかし、昭和63年には、①在来法に比べて格段に高い生産性を実現することはできるが、価格はそれまでの常識をはるかに超える高価な機械を当面の事業用として木材生産事業体自らが、しかも1台や2台といわずある程度まとまった数量が数社に導入されたこと、②これら機械の種類が従来からの運搬用機械だけではなく、今次高性能機械

化の大きな特徴である木材処理用の機械、すなわち生産性を大幅に向上させることができるプロセッサやハーベスター等が主体になっていたこと、③次年度から同様の傾向が一段と明確にかつ持続的に推移したこと等々、それまでとは全く異なる現象が現れたからである。

このような現象は、最初は、生産性の大幅な向上によって生産コストの削減を達成し、経済構造の変動に基づく著しい材価の低迷に対応しようとした一部の民間事業体の真剣な生き残り方策として始まったものであった。しかしさらにその根底には、昭和30年代から一貫して続いた林業労働力の減少と、特に最近における著しい老齢化現象が身近な現象として顕在化してきた事情があったからである。このような状態になったのは、林業労働が労働強度、労働環境や条件、労働災害などどれを取っても他に比べて劣悪なものであり、このため若者に嫌われて若年労働力の補充が不十分なまま長年推移してきた結果にほかならない。このままの状態では林業の労働力は消滅しかねない状況にあり、したがって今日言われる高性能機械化の最も根元的なねらいは、若い労働力の確保に何とか対応しなければならないという点にあると言うことができる。このことは高性能機械化が提案され始めた当初から指摘されたことであるが¹⁾²⁾、当時はいまだ労働力問題を指摘するだけでは機械化の必要性を訴える力はほとんどない状態であり、したがって、機械化を進めるもう一つの重要な理由である生産性の向上と、これによる生産コストの低減を特に強調せざるを得なかったという事情がある。しかし今日では、機械化による経済的メリットが非常に大きな魅力であることに変わりはないが、それ以上に、省力をはじめとする労働力問題に対する効果への期待がより本質的な問題として広く身近に認識されるようになっているし、またその期待を裏付ける現象もすでに各地に現れ始めている。

育林作業と伐出作業の違い

林業の作業には大別して伐出と育林部門の作業があ

り、これらを機械化していく場合に、車両系機械が進入できる程度の緩傾斜地であれば、両者ともにそれほど大きな問題はない。しかしこれを超えるような急傾斜地では、伐出作業と育林作業との間には全く異なる状況が生じてくる。

それは、急斜地における架線集材に典型的に見られるように、伐出作業では面的に広がる集材作業を急斜地に対応できる線上の機械作業に置き換えることができるし、林道等を設けることによって機械を道路上で使用することもできる。さらに機械化が困難で人力作業として当面残さざるを得ないものも伐倒作業のみであるのに対し、育林関係の作業では機械を道路上に置いて作業を済ませるわけにはいかず、面的に広がる作業地のすべてに作業機械がどうしても進入していくなければならない。これが困難なため人力作業に頼らうとすれば、地拵え、植栽、下刈り等々、すべての作業を人力にゆだねなければならなくなる。傾斜克服こそが育林機械のベースマシーンに要求される最も根本的、かつ必須の要件であり、これを急斜地で満たすのは車両系ベースマシーンでは理論上不可能である。

すなわち、急斜地の多いわが国における育林機械のベースマシーンとしては、どうしても 30° を超えるような急斜面でも移動できる能力を持つものが必要になる。現在の車両系機械でも、地面の支持力さえ十分ならば、クローラ型機械は 40° あるいはそれ以上の急斜面でも登坂できるが、支持力の小さい林地では 25° 程度までがおおむね限界である。この点を克服するには、どうしても脚式あるいは半脚式等の移動機構を持つ新たな機械の開発が必要になってくる。半脚式機械は海外では二十数年以前から実用に供されているが、掘削用として開発された関係上、移動性能が林業用としては極めて不十分である。この点を改良するために筆者等は平成3年度から文部省の科学研究費を得て研究に着手し、最近、研究用の原型機が製作されたが、林野庁においても今年度から脚式、半脚式機械の開発に着手した。少なくとも 40° 程度までの急斜面を実用上許容しうる速度で、しかも安全に移動できる機械の開発が克服すべき最大の課題であり、1日も早い実現が望まれるところである。

また、ベースマシーンに装着する作業機については、車両系ベースマシーンに取り付けて使用することもできるから、既成造林地を対象とするもの、これから的新植地を対象とするものの双方について、国による開発、あるいは民間独自の開発がすでに始められている。

機種としては、地拵え用作業機、下刈り用の作業機が主であって、植え付け用作業機は開発の緒に就いたばかりの状態である。もちろん、過去においても苗畑用機械をベースにしたもののが一部に用いられたことはあるが、現在開発中の機種は言葉を換えると完全自動式の作業機ということになる。また技打機等も、在来の可搬式機械をキャリアーに搭載して作業者への重量制限が少なくなった分、性能の向上を図ったものも出現しているが、これらも将来はベースマシーンのアタッチメントとして改良されていくことが望まれる。これらの作業機は、地形や地表植生、育林方法等々、多くの作業条件によって要求される性能が異なり、伐出作業以上に地域性の強いものとなるであろうから、数機種を中央で開発すれば足りるというものではなく、おのおのの地域で継続的に研究開発をすべきものだと考える。

育林技術とのすり合わせ

わが国の人工造林面積は1030万ha弱に達したが、その約67%に当たる690万haがなんらかの撫育を必要とする6齡級以下の森林である。このような事情を考えると致し方ないかもしれないが、育林用の機械、特にそのベースマシーンの開発では必ず付けられる条件がある。それは「既成造林地の苗・列間を移動できる大きさであること」という条件である。伐出用機械は、いずれ木は切ってしまうので、なるべく小型とはいわれるが育林機械はどううるさくはないし、機械作業を前提とする場合には、間伐作業でも最近では列状作業も比較的受け入れられるようになってきた。しかし、育林用機械の場合はこの点が非常に厳しく要求され、頭書の「高性能林業機械化促進基本方針」にもこの点は明記されている。しかし、果たしてこれが絶対的に満たされるべき条件なのであろうか。筆者はかねがねこの点に疑問を感じており、この問題も、「なぜ高性能機械化が今後進められねばならないか」という観点から論じられなければならないと思うのである。

小型機械で従来の植栽列間を自由に動き回れる機械が理想であるのは間違いないし、これを追求するにやぶさかではないが、これを強調しすぎることは鉄腕アトムの出現を直ちに望むに等しいと筆者には思えるのである。機械は物理的制約から逃れるわけにはいかず、育林作業の現場は急斜、不整地が多いので、どのような仕事を、どのような場所で、どのような速度で行わせるのか、という条件から育林作業機械の大きさや出力、その他の性能が概略決まるものだということを関係者はもっと認識すべきである。急傾斜地を対象

にし、列間 1.8 m の中を自由に動き回れて、安全性も含めて実用に供しうるような機械はいまだ出現していないし、これからも極めて困難だと考えられる。要するに、大きさ（幅）について、無条件に 1.8 m 以内等という制約を設けないことを切に訴えたい。

育林作業機械の幅が 1.8 m を超える場合があるとすれば、従来の育林法と真っ向から対立し、そのような機械は既成造林地には全く使えないことになる。しかし、ここで考えねばならぬことは、従来の育林法は必要な作業に必要なだけの労働力が得られることを前提に成り立っていたのであり、この基本的条件が崩れ去った今、最も過酷な筋肉労働を強いられる育林作業に従事する人を将来にわたって確保できるかといえば、答えはおそらく否であろうから、そうであれば既成造林地であってもこのような機械を使っていかざるを得ず、ここに機械作業を前提にした、育林作業とのすり合わせ、あるいは再検討が必要になってくる。この点に関しては、既成造林地に対しても列状間伐と同様の対処の仕方が考えられるが、どのような対処がよいのか育林関係の専門家からの提言や双方の関係者による共同研究等が極めて重要であり、かつ急を要する問題である。同時に、今後植栽される場合の植え付けの基準も、将来における省力化を予測して適切な方法が早急に解決されなければならない。これは単に除間伐だけではなく、下刈りをはじめとするすべての撫育作業等を省力化できる方法があれば、それらの研究・開発にも力を注ぐべきである。繰り返すが、育林方法を従来法から大幅に変えられないという主張は、「老齢化した労働人口が急速に退職した後も、人力による育林作業を担う労働力を将来とも確保できるのか」との間にイエスと断言できる場合に限られるのだと言いたい。

将来のわが国林業の労働力の需要がどの程度であるかは、技術的変化が今後かなり多く発生すると考えられるので予測は極めて困難であるが、国産材時代を迎えて平成 17 年度には素材の生産量が 5 千数百万 m³、人工造林面積が約 13.5 万 ha と、現在の水準を大幅に上回り、これに対応する労働力の需要量は 2300 万人・日／年、との予測もあるようである。しかし 240 日を専業就労者の年間就労日数とすれば、専業形態を考えた場合の林業従事者の実人員は約 9 万 6000 人弱にもなる。最近の傾向として、生活に対する価値観の多様化や経済不況の影響もあって都市部からの新規参入者が見られるようになったとはいえ、平成 2 年度に 11 万人で平均年齢が 55 歳を超える労働力が、十数年後の平成

17 年度になっても約 9 万 6000 人弱の労働力の確保が可能だとは到底考えられない。国が示したもので平成 12 年に 5 万人強程度まで減少するとの予測もあるのである³⁾。

したがって、平成 17 年までに、素材生産の労働生産性が現在の 3 m³/人日が 5.8 m³/人日に、人工造林地に対する必要労働力数が 132 人/ha から 106 人/ha に上がるとしても、より一層の生産性の向上がなければ、将来予測される仕事量をこなすことはできなくなる。林業が持つ生活環境の維持改善に果たす役割が極めて大きい点を考えると、将来必要な仕事量を縮小することは好ましいことではなく、そうならないための生産性の向上に向けて、育林作業も労働力の確保が困難になることを前提に、従来の方法を変えていくという関係者の意識改革が不可欠ではなかろうか。

おわりに

以上、今後における育林作業の機械化に際し、従来と全く異なる労働事情を常に念頭に置きながら関係者の意識改革が必要であることを述べてきたが、最後にもう一つ付け加えておきたい。

それは伐出関係の高性能機械化にも当てはまることがあるが、機械化を論じる際には論者の視点を明らかにする必要があることである。すなわち、個人もしくは一企業の当面する個別経営を視点にするか、産業政策、環境政策等を視野に入れた長期的な視点に立脚しているのか、その立場を明確にすることが重要であり、これが不明確だと論議はすれ違いに終わる。本稿は後者の立場から述べられたものではあるが、森林の扱いを家族労働で対処する層や、高級、超高級材を志向するためには必要な労働集約的な取り扱いをすることを否定するものでは決してない。それはそれとして尊重されてよいのである。ここではただ、労働力の急減と高齢化を前提にし、今後の主要な部分を占めるであろう並材生産地における更新、育林を念頭に置いた意見であることを断っておく。

（みなみかた やすし・東京大学名誉教授、（社）林業土木
コンサルタント研究顧問、（社）林業機械化協会顧問）

参考文献

- 1) 南方 康：林業における作業機械化の可能性、森林文化研究、4(1), 1983
- 2) 南方 康：将来の中核となるべき機械(1), (2), 北方林業, 1986-7
- 3) 林野庁監修：林業機械化と新たな路網、日本林業調査会, 1992

造林・育林用マシーンに賭ける近未来の夢

植え付け作業機械化における 先端技術の応用

仁多見俊夫

機械化育林作業の現状

素材生産作業が高度に機械化された北欧諸国においては、季節労働力の確保も困難になりつつあり、それに頼っていた育林作業の効率化が求められている。地拵え、植栽、下刈り、除伐等の育林作業を機械化することによって作業能率を高める試みが続けられている。

地拵え作業は、集材用車両であるフォーワードのフレームに歯のついたディスクやコーン形状のかき起こし装置トレーニチャーを取り付けて、走行しながら連続的に畝状に地拵えするという作業が一般化している。既に機械化は完了している。

植栽作業は機械の開発が進められており、大規模作業用として現在最も高度に機械化された植え付け作業を具現化しているのは、フォーワードの車体に油圧の植栽アームとコンテナ苗積載部、制御機構を搭載したスウェーデンのシルバノバ（写真・1）である。農家林家などの小規模作業用には、アイアンホースなどの非搭乗型の車両に植え穴掘り装置やコンテナ苗を搭載した小型車両が開発されている。

下刈作業は、小型のハーベスターの油圧クレーン先端に下刈ユニットを装着した車両が開発されている。クレーンアームが並行リンク形式となっているので作業ユニットを地表に並行して動かすことが容易になっているが、操作自体はハーベスターと同様にジョイスティックによって行われており、稚樹や障害物を発見するために作業時のオペレータの負担は大きい。除伐作業も同じ車両で行われる。事業的な作業量比率はまだ大きくはなく、まだ手持ち式の刈払機による作業が多いが、これから機械化作業が普及していくと思われる。

植え付け作業の工程と機械化可能性

育林作業の中では植栽作業の機械化が最も遅れている。販売されて、事業的に使用されている機械はまだない。シルバノバも開発途中であって、試験作業を繰り返している。



写真・1 フォーワードをベース車両としたスウェーデンの地拵え植栽機械シルバノバ（車体左右両脇に地拵え作業用のディスクトレーニチャーがあり、Silva Novaと書いてある箱部分は苗積載ユニット。車体後部の後輪上に見える位置には作業機操作と苗のセットを行う作業機オペレータ室があり、車両最高端に植栽アームがある）

植栽作業の機械化を難しくしているのは、工程が多いこと、小さい不整形状の苗を扱うこと、柔軟で不均質な土壤を扱うこと、が主たる要因であろう。

植栽作業の工程は、1) 地表障害物を回避、排除し、2) 植え穴を掘り、3) 苗を置き、4) 土を穴へ戻し、5) 苗周囲の土を適度に締め固める、という5つの工程に分けることができるが、どのような機構でこれらの工程を連続して実現するかが課題である。

これらの工程を処理するために、異なる機能を持つ複数のユニットに分担させる方法と、1つのユニットにこれら複数機能を作り込む方法が考えられる。日本の地表条件を考慮すると、総体が大きくなりかねない複数ユニット方式よりは、小型の一体式のユニットとすることが得策であると思われる。傾斜林地で移動しながら作業をするためには、ベースマシンが高い傾斜対応性を備える必要があることはもちろん、作業の柔軟性を得るために油圧クレーンアームを採用すること

が有効であり、そのような機械構成に適したユニットとしても一体式のものが有利である。

苗は柔軟な機械的強度の小さいものであるので、金属把持機構で取り扱うのは容易ではない。さらに、車体の一部にある苗積載部から植栽ユニットまで搬送する必要がある。既存の開発中の機械では、人力で積載部から苗を取り出してマガジンにセットした後、空気圧でマガジンから苗を吸い込んで、チューブ内を搬送して植栽ユニットへ送る方法を取るものがある。空気圧による搬送方法は、苗の形状大きさに対して柔軟に対応できると見られるので有効であると思われる。ただし、積載部から苗を搬送装置へセットする作業を自動化することは不可欠であろう。苗は、機械化植栽作業に適した苗を開発して用いたい。北欧では全長25cm、土付き根部の直径4cmほどの1年生の小さいコンテナ苗が一般的に使用されており、小さく規格化されていて取り扱いは容易である。しかし、日本では周囲の植生との生育競争に勝つため、また下刈作業の頻度を少なくするために大きな苗を使っており、作業を機械化する際にも自然の植生環境に耐えて生育するためには苗を小さくすることはできないと考えられる。大型のコンテナ苗のように、苗長は大きくても根系部が規格化された形状の苗とすることによって、機械化作業において取り扱いやすいようにすることが得策である。

土壤は不均質であり、岩石を地中に含んでいるので植栽が不可能な地点もあり、そのような地点を検出して植栽可能な地点へユニットを移動させることが必要となる場合もある。作業ユニットはオペレータから視認できる位置で作業することが必要であることはもちろんのことだが、地表、地中の状況はユニットから離れたキャビン内のオペレータには把握しにくいので、岩等に当たったことを探査する装置を備える必要がある。この装置は作業ユニットを自動的に回避移動させる機構と連係するようにさせることができることである。

林況と適切な植栽作業機構

素材生産作業を含めて林業作業の機械化が進んでいる北欧、北米地域では、車両をベースとした機械を導入することによって機械化を進めているのは周知のごとくである。かの地における林況が、特に地形、地表傾斜が車両の進入を不可能にするほど厳しくはない場所が多いということではあるが、機械力の導入に際して車両系機械が用いられるということは、作業の機械化の容易さにおいて雲泥の違いがあることは言うまでもない。日本では、その急峻な地形克服のために、素

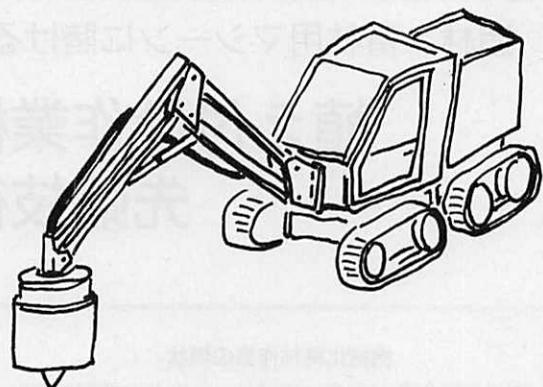
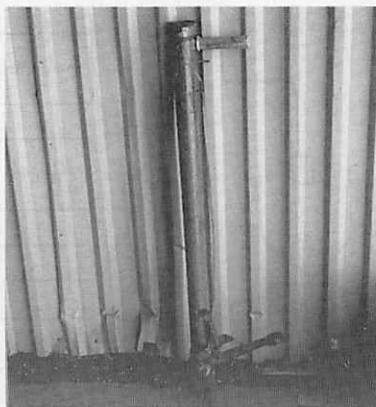


図1 植栽作業機械（車両をベースマシンとして油圧クレーンに植栽作業ユニットを装着した機械。足回りは傾斜不整地対応型、油圧クレーンは並行リンク式がよい）

材生産作業においては架線系機械の開発と技術の発展・普及が見られるが、地上で面的に連続して行う作業の効率化のための機械の導入は、機械が作業地点へ進入することが困難であるためにほとんど進んでいない現状にある。

地拵え、植栽などの育林作業は地表面を覆う連続作業となるので、林地を移動可能な車両がなければ機械力の導入は難しい。すなわち、日本の育林作業機械化のためには傾斜不整地を自由に移動可能な車両が不可欠である。そのような観点から、傾斜対応性の高い機構の車両の開発研究を始めたが、当該研究を含めて、従来の車両とは異なる機構の車両となり、車両動作の自由度を高くしてあるために可動部分が多くて高度な制御技術が必要になっている。このような作業機を搭載して林地を走行移動可能なベースとなる車両が得られなければ、林地地表作業の機械化は進みにくい。不整傾斜地における良好な走破性を持つ車両を開発すること、育林用作業機械を開発することは不可分の課題である。

傾斜不整地で円滑に作業を行うためには、作業を柔軟に行えるようにすることが必要だと思われる。すなわち、ベースマシンの姿勢、挙動と作業機による作業が自由な関係にあることが望ましい。ベースマシンの車体に作業ユニットを固定して車体の姿勢変化によって作業が困難、不可能になる場合も生ずる。また、地表状況に応じてユニットの作業位置を微調整する際にも車体自体を移動させるのは過剰な動作が行われることであり、非能率である。作業ユニットは車体に取り付けた適切な自由度を持つ油圧クレーンを介して操作



写真・2 植栽チューブ(チューブ下端の嘴を土中に差し込み、嘴脇のペダルを踏んで嘴を開いて植え穴を開け、苗をチューブ上端の口から落とし込んだ後でチューブを抜き、苗周囲を踏みしめる)



写真・3 フォーワーダに取り付けた小型一体型植栽作業ユニットの実験機(実験機の大きさは直径約35cm、高さ約80cm、重量約70kg)

されることが得策であろう。作業範囲を広げることにもつながる。作業ユニットを小型化するために、ユニットは複合機能を持つ高度に機械化された装置となる。1つのユニットで前記1)から5)のすべての作業をこなすこととなり、機構も複雑とならざるを得ない。

さて、以上のような考えによって、適当な植栽機械のイメージを描いてみると図・1のようになる。傾斜不整林地に対応するベースマシンとそのナックルブームクレーンに装着された植栽作業ユニットである。

小型の作業ユニットは、植え穴掘りと苗置き作業を中空の軸を持つオーガー型機構で実現することができる。北欧の植栽作業では植栽チューブを用いてコンテナ苗を人力で植え付ける方法が多く採用されている(写真・2)が、オガードリルの軸を中空にして先端に開閉する嘴を取り付けることによって、植え穴掘りと苗の植栽を1つの装置で行うことができる。また、オーガーの周囲には植栽穴を掘る際に土砂が飛び散らないようにドラムを装着するのが有効である。ドラム内に保持された土砂は、オーガーを逆回転させること等によって植栽された苗の周囲で締め固められる。オーガーおよびドラム内に付着した土砂は、空気や水を吹きつけることによってユニットより吹き流し去ることを可能とする。スウェーデンにおいて試作した植栽ユニットは、植栽機能を取り付ける前段階までの開発研究であったが、ドラム内に納めたオーガー型の装置によって、小さいスポットの地拵えと適切な形状の植栽マウンドと穴を効率よく作成することができた。その

実験機は写真・3のようにLOKOMO社製のフォーワーダを用いてそのクレーンに装着されて実験され、時間観測の結果から1日6時間で1,000本以上の苗を植栽できる作業能率を発揮することが推定された。スウェーデンの開発実験では、当機に地拵え機能も持たせることをねらっていた。オーガーによって、地表障害物が土壤と攪拌されて直径30cm程度のスポットを地拵えするのであるが、オーガーの直径によって地拵えする広さをコントロールして、地表土の侵食、流失と苗の周囲植生からの成長阻害から逃れることをバランスさせることを目指したのである。スウェーデンでは環境問題の一環として林地の保全、林地生産力の維持が論議されており、過度に森林環境を攪乱することなく森林資源、木材資源を持続的に利用していくことが課題となっている。このような状況下で、従来のディスクトレンチャー等による連続的な地拵えは過度の林地攪乱であるとして、林地環境に優しい代替作業方法が検討されている。そのような観点において共同研究先の大学では、このドラム内蔵オーガー型のユニットは高く評価された。

地拵え作業も行う点については、枝条などの地表障害物の頻度、大きさにかかわるところであるが、ここで検討する作業ユニットによる植栽作業では、場合によっては別作業で地拵えを完了した後に植え穴掘り作業から行うことも考えられる。北欧諸国のように、地表植生が薄い地域においてはユニットによる地表の攪拌程度で十分な場合もあるが、日本の繁茂力旺盛な植生の中で、稚樹の周囲に作るべき緩衝帯ともいべき地拵えエリアはどうしても大きくならざるを得ないと

考えられ、それに対抗するためには本稿で述べている小型作業機とは別に、適切な地拵えを可能とするユニットを導入することが有効であるかもしれない。できれば、大型化するとともに強力な地拵え機能を有するブレードを持つオーガーによって、一体型作業ユニットによる地拵え作業も含んだ植栽作業の可能性を実験的に検討するのも有効であろう。

植栽作業工程における高度技術の利用

植栽作業工程の機械化において、まず地表・地中障害物の検出および回避工程を自動化することが有効である。この工程が自動化されることによって、ユニットの作業位置決めが容易になり、オペレータの操作が省略されて、作業能率の向上が期待される。

障害物を検出するには、接触したものが岩か砂かなどを判定するセンサーが植栽ユニット先端に必要である。大きな岩や伐根が地表にあって穴が掘れないので場所を回避するために、ユニット先端で少し地表を刺して、岩、石などがないか、またあってもユニットで穴を掘るのに支障のない大きさであるかどうかを初期判断したうえで植え穴を掘り始めることがあるが、掘っている途中で所定の深さまで掘り終わらないうちに岩などに遭遇して掘り進めなくなった場合には、場所を変えて穴を掘ることが必要である。

地表状況を初期判断するためには、障害物とユニット先端が衝突した際にユニットに発生する振動を解析して判断することが考えられる。比較的簡単な機構で実現可能であると思われる。障害物と衝突した際に発生する振動の特徴をあらかじめ把握していれば、それと比較することによって対象物を評価することが可能である(図2)。

駆動機構には、作業ユニットの沈下穴掘りを不可能にする障害物に遭遇した際に、瞬時に鉛直下方押し下げの動作を停止する機構が組み込まれることが適切である。過度に大きな力をユニットに与えることなく動作を停止するように、油圧力等の駆動力を逃がす機構が有効であろう。また、センサーとCPUを組み合わせた情報処理機構を組み込んだ制御装置を用いることも、作業状況に柔軟に対応できる可能性を高められるので有効である。このメカトロニクス機構では、地表、地中の土壤状況を賢く判断することが可能となり、ユニット先端が岩に遭遇した場合には、発生したユニットの振動と加えた力に対するその岩の移動程度などの情報から、当該岩はもう少し(ユニットが十分耐えられる程度の)力を加えれば、また同時に回転数を変化

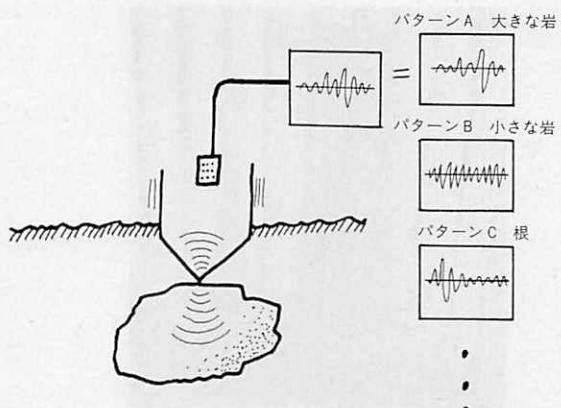


図2 障害物センサーとしての振動計(植え穴を掘るユニットの振動を計測して既知のパターンと比較することによって衝突した障害物を判定する。図中の振動パターンと障害物種類は図示例であって未確認)

させるなどの制御をすれば排除することができるかどうか、ということを見極めることが可能である。

作業ユニットの地表障害物からの回避動作は、岩などの障害物に遭遇した地点の近傍で代替植栽地点を適当に見いだす作業を伴う。障害物に遭遇した地点の周囲で、作業ユニットの直径程度移動した地点を候補点として目的は達せられる場合が多いと考えられる。この動作も自動化が困難ではない。

この、1) 障害物関知システム、2) 障害物回避システムのほかには、3) 植栽姿勢を鉛直に保つ制御機構も必要である。作業機をフォーワードのクレーンに取り付けて行った作業実験では、オーガーを回転させながら地中へ進入させていくが、多少地中へ押し込むように操作することとなるので、クレーンと作業機が自在継ぎ手で連結されている場合には作業機の姿勢を鉛直に保つのが容易ではなかった。自在継ぎ手の位置で作業機の角度をセンスしながら、地中に進入させるために、センサーデータを基に、油圧クレーンのインナーアーム、アウターアームを適切に制御することが必要である。クレーンと作業ユニットの間の継ぎ手機構は、作業ユニットの姿勢を制御するためとクレーンがユニットを押し下げる力を適切に伝達するために、油圧機構を備える2自由度の自在継ぎ手機構が望ましい。

さらに、土壤中にオーガーを進入させる際に、土壤の堅さ、地中の根系の多少によって適切なオーガー回転速度は異なる。締め固めの際の逆回転動作の制御を含めて、4) オーガー回転の制御をする必要がある。すなわち、回転速度は土壤中への進入速度と土壤の堅

さや石礫の多少に応じて適切に制御されることが有効である。オーガーが掘削している土壤の硬度は、回転させる油圧によって知ることが可能であり、土壤の石礫の多さなどの質は、オーガー先端が岩に衝突したことを探査するセンサーが測るオーガーの振動を利用して知ることができる。先の実験では、根系の多い土壤ではオーガーの回転速度を大きくして、根系を適当に切断することによって、良好な植え穴と植栽マウンドを形成することができた。また、石礫の多い土壤では回転数を低く抑えたほうが良好な結果を得ることができた。

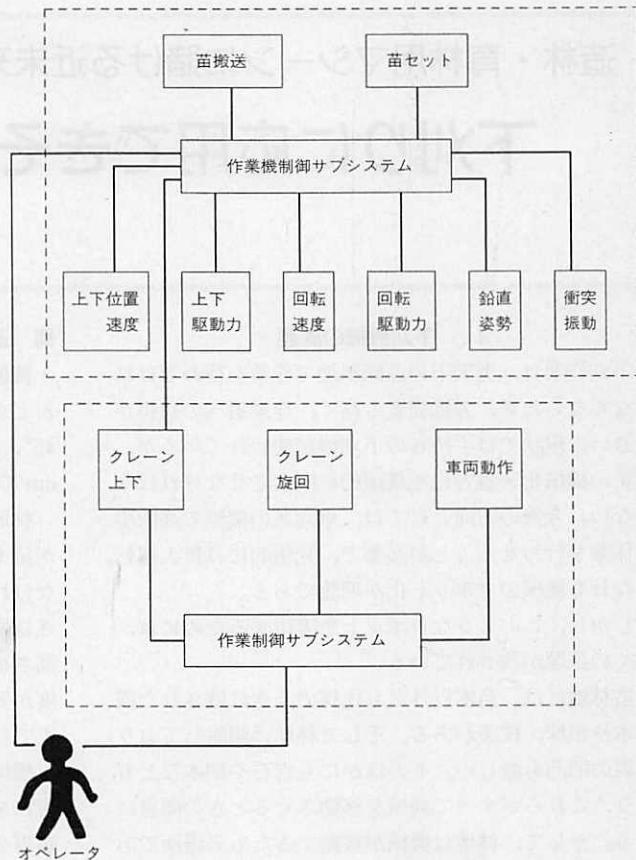
これらのほかに、掘っている5)植栽穴の深さを知ることが必要である。所定の深さの穴が掘れたことを確認するとともに、オーガーの進み具合から地中障害物との遭遇を検知することができ、掘り下げ速度をオーガーの回転速度と土壤条件に応じて適切に制御することができる。本稿で検討している作業ユニットの機構では、オーガー部を囲うドラムは接地した後は地表に止まるので、ドラムとオーガー部との相対位置によって掘っている深さを知ることができる。

植栽作業工程の総合制御システム

植栽作業ユニットを適切に動作させるためには、以上に記した各部の計測と制御を統括することが必要であり、そのための総合制御システムが構築されなければならない。

この植栽作業機械総合制御システムは図・3のよう に表すことができる。全体システムが、作業機制御サブシステムと作業制御サブシステムによって構成される。作業機制御サブシステムは、前記のような個別の計測と制御をシステム化して作業ユニットによる植栽作業の遂行を制御する。作業制御サブシステムは、作業地点間の移動にかかるユニットの移動、クレーンの動作、車体の移動などを制御する。

植栽方法は、植栽密度や地表傾斜によって異なる場合があるが、車幅に多少のゆとりを加えた1.8 m程度の間隔で列状に植栽していく方法が標準的であると思われる。1つの機械位置から植栽する列数はクレーン長さによるが、クレーンのリーチを4 mとすれば車両の左右2列ずつとなり、また列方向へは2カ所に植栽



図・3 植栽作業機械総合制御システム

することができる。すなわち、1つの機械位置から8点に植栽可能である。その際、車両は1つの植栽作業用車両位置で停止して8カ所の植栽作業を行い、次の車両位置へ移動するという作業を繰り返す。地表が傾斜している場合には、車両の安定性に関して作業の安定性を得るために、車両は停止することが必要だが、車両の転倒危険性がない緩傾斜地では、車両が移動しながら植栽作業を行うことも可能である。ただし、高度な作業ユニットの位置決め技術が必要である。

植栽作業は、細かい作業工程があるとともに、工程の数が多い作業である。適切な作業ユニットを作成することと、複雑な多数の工程を適切に制御するシステムを構築することが必要である。

新しい技術を開発、利用しながら高能率な植栽作業機械を実現させることが緊急の課題である。

(にたみ としお・東京大学助教授、北海道演習林)

造林・育林用マシーンに賭ける近未来の夢

下刈りに応用できそうな先端技術

福田章史

1. 下刈機械の課題

下刈作業は、炎天下の急傾斜地で作業を行わなければならぬため、労働強度も高く、作業者への負担が大きい。現状では手持ちの下刈機が使われているが、作業の機械化・省力化を飛躍的に向上させなければならぬ。今後の方向としては、車両系の機械で高能率な作業を行わせることが必要で、究極的には無人運転、すなわち機械のロボット化が理想である。

しかし、このようなロボットを実現するためには、多くの課題が残されている。

造林地には、苗木以外にも伐採のときに残された残存木や根株、枝条がある。そして林地は傾斜しており、地表の凹凸も激しい。そのほかにも岩石や倒木などもあり、これらがすべて機械を移動させるときの障害になる。そして、林地は機械が移動するための場所であると同時に、林木が生育する場所でもある。そのため、機械が林地を荒らさないようにしなければならない。

下刈作業を無人化させるのであれば、苗木と雑草木を識別するセンサが必要であるが、まだ人間の目ほど正確に、そして速く識別するセンサはない。また、機械が自分で状況を判断して造林地の中を動き回らなければならない。これらの仕事をするには、相当の知能を機械が持っている必要がある。

現実に下刈ロボットを開発するときには、以上に述べたような課題を1つ1つ解決していくかなければならないが、一方、どこまでロボット化するかについても現実的に考える必要がある。1つの極に完全無人化されたロボットがあり、もう1つの極に現在の技術で実現できる機械がある。この中間のどこかに現実の目標を決めなくてはならない。

2. 未来の下刈機械

10年ぐらい先の未来に実現できそうな下刈機械のイメージを考えてみよう。機械の基本的な構造としては次のことが考えられる。

構 造

機械は自立して林地を自走できるものとする。ほとんどの林地を走行できるためには、傾斜については45°、障害物については根株などを想定して垂直に50cmの高さを越えられるものとしよう。

林地を荒らさないことを考えると、機械は軽いものが望ましい。そうすると必然的に機械は小さなものでなければならぬ。そこで、重量が200kg以下、大きさは幅が植栽木の間隔も考慮して1mぐらい、長さと高さは障害物の乗り越しに関係してくるので1.5m程度が妥当であろうか。さらに地面と接触する部分の工夫で林地を荒らさないようにすることも考えたい。

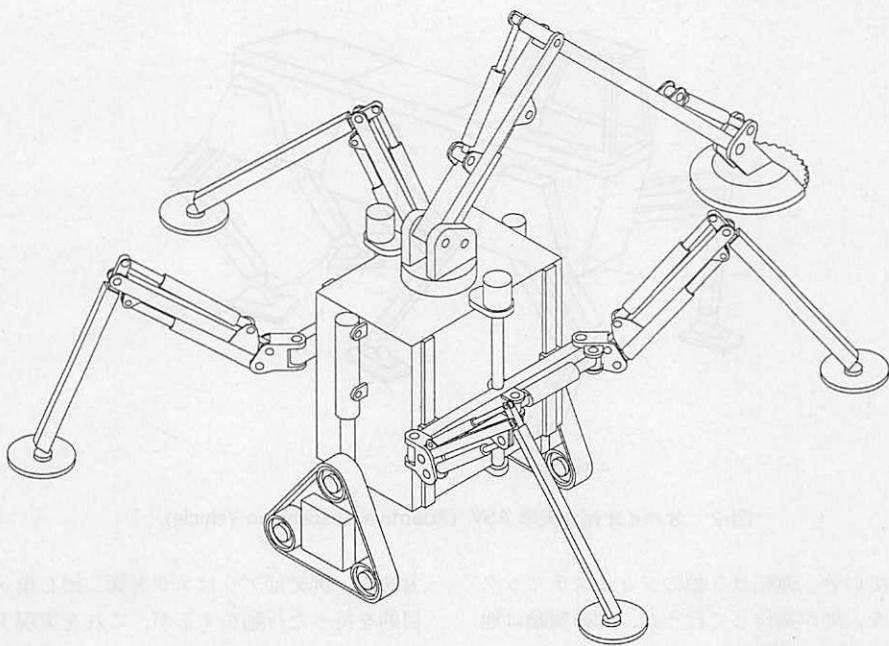
機械の移動装置が車輪や履帯であると、50cmの障害物を乗り越すためには全体を大きな車両にするか、履帯全体を持ち上げるなど特殊な構造にする必要がある。脚で移動する歩行式であれば比較的小型でこの条件を満足できる。また、脚は接地する箇所が少ないため林地を荒らさないと考えられる。これらのことから移動装置は4本ないし6本の動物のような脚としたい。これらをまとめた構想図としては、図・1のようになろう。

無人化

無人運転をどこまで達成するかは難しいところである。究極的には作業をする造林地に機械を置き、スタートボタンを押せば勝手に仕事をしてくれるイメージが考えられる。ここまで実現できなくても10年後を考えれば、運転手が介助しながら不整地で障害物などを乗り越したり回避したりすることが自動的に行え、苗木を避けて下刈りができる機構を実現できるであろう。

作業機

作業機としては、人間の腕のようなナックルブームの先に作業機を付けて刈払いをすることが考えられる。もう1つの方法としては、機械の前面、あるいは下部にフレールモアのような作業機を付けることも考えられる。これらにはおのれの得失があり、ナックルブームの場合は機械が移動しなくともある程度の範囲の作



図・1 未来の下刈ロボットの構想図

業ができるが、重い作業機が機械から離れた所にあるので車体の安定が悪い。機体の前面に作業機を置く場合は、機械本体が大きく移動しなければならないが安定は良い。

センサ

これらの機械の移動や下刈作業を行うために必要なセンサとしては、機体の安定のための車体の傾きを検知するセンサ、移動のために脚の動作や脚にかかる力を検知するセンサ、地面の凹凸や障害物を検知するセンサ、刈払作業のために苗木と雑草木を見分けるセンサ、無人走行のために自分の位置を知るためのセンサなどさまざまなセンサが必要である。

これらのセンサのうち、苗木と雑草木を見分けるセンサと、遠くから地面の凹凸などを検知するセンサは現在適当なものがなく、今後の開発が望まれる。

作業の方法

この機械での作業の方法は、次のように考えられる。造林地の周囲に電波を出す灯台を設置する。機械はその信号を受け自分のコンピュータの中に持っている地図と照らし合わせて自分の位置を知る。

機械はセンサで自分の周りの苗木の位置を検出することができる。しかし、初めは苗木の位置を書いた地図は持っていない。移動経路の探索は苗木の列を見つけ出し、それに沿って移動することにする。境界にき

たら次の苗木の列を探して移動する。刈り残しをしないためには今まで通った経路を記憶しておく必要があり、この記録が苗木の位置の地図として残される。したがって次回の刈払いのときにはこの地図を利用して、より高速な移動ができる。

刈払作業は、全面を刈り払わなくても苗木の周りだけを樹冠から1mほど離して刈り払えば、列間にある雑草は残しておいてもよいかもしれない。ナックルブームの先端に取り付けた作業機で、ブームの届く範囲の雑草を刈り払う。次いで機械を移動させ、同様の作業を繰り返す。

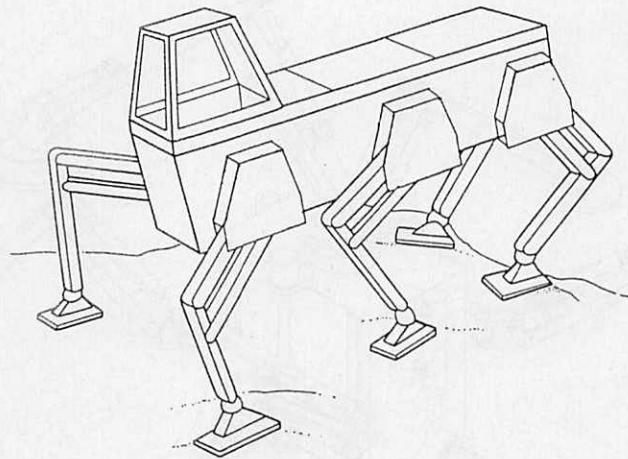
3. 新しい下刈機械に利用できる技術

以上のような機械を開発するために利用できる技術としてはどんな技術があるであろうか。

移動のための技術

林業に応用できそうな歩行ロボットとしては、4足から8足の歩行ロボットが考えられる。歩行ロボットの研究は、通産省の大型プロジェクト「極限作業ロボット」の研究をはじめ多くの大学や研究機関で行われている。開発された多くの歩行ロボットは、電気モーターで駆動され、動力源が電気でありケーブルで供給されている。

図・2は、オハイオ州立大学で開発された数少ない自立型の6足歩行ロボットで、エンジンを搭載し脚は油

図・2 オハイオ州立大学 ASV (Adaptive Suspension Vehicle)¹⁾

圧で駆動されている。運転は3軸のジョイスティックとキーボードを人間が操作して行うが、脚の運動は地形情報を光学レーダーで検知して自動化されている。重量は2,700 kgである。

写真・1は、現在市販され、林業用の伐倒機を付けて実際に作業を行っている機械である。2つの車輪と2本の脚を持っており、地形に応じて急傾斜では脚を使い、平地では車輪を用いて走行することができる。この機械はまだ脚の運動や運転について自動化されておらず、ロボットとしての機能はない。運転にはたくさんのレバーを操作しなければならないが、現在実用化されている建設機械や林業機械の中で最も急傾斜での歩行が可能な機械である。

これらは運転手が操縦をするものであるが、周りの環境を自分で判断して動き回るロボットについても、多くの研究がある。しかし、現在研究されているのは大部分が屋内での移動である。自然の環境の中で自由に動き回るようにするのは、さらに技術の発展が必要である。

このような機能を実現するには、多くのセンサと膨大な能力を持ったコンピュータが必要とされる。それはこの場合、機械の外界のモデルをコンピュータの中に構築することが必要で、かつ予測されるすべての状態についてその行動をプログラミングしておかなければならぬからである。マサチューセッツ工科大学のRodney Brooksは、モデルを構築することをやめ、外界そのものを動き方の計画のモデルにする方法を提案している²⁾。昆虫の行動からヒントを得て考えられた

方法で、例えばアリはエサを探し出し巣へ運ぶという目的を持った行動をするが、これを実現するに必ずしも全体の行動計画を立てたうえで行動しているわけではない。エサの方向に向かうという本能、途中で何か障害物に出会えばそれを避けるという本能など、ごく単純な刺激（センサの信号）と、ある行動が結び付いており、これらが組み合わさって、見た目には複雑な行動をすると考えられる。この考え方を模倣してコンピュータで実現する方法がサブサンプション・アーキテクチャと呼ばれている。この場合、ロボット上の処理を極端に軽減させることができるとしている。工業用ロボットのように精密な動きを必要としない林業用ロボットに向いた考え方といえよう。

センサ技術

下刈作業を行うには、移動のためにも、雑草を刈るためにも、植栽木と雑草木を見分け、その位置を知ることが必要である。人間の目に相当するセンサとして、例えばビデオカメラが考えられる。造林地で苗木や雑草の色を測定したところ、これらは非常に近い色を持っておりビデオ信号による識別はある程度可能であるが、撮影条件によっても変化し、自然光下で実用化することは困難であった³⁾。現状で実現が可能と考えられる方法は、苗木にマークを付けることである。このマークは小さなマグネットなどが考えられる。これを磁気センサで検出し、ある程度距離の測定も可能であった⁴⁾。しかし、マークを設置する手間と費用を考えると直接苗木を識別するセンサが望まれる。

機械が移動するときに、自分の先にある地形の傾



写真・1 脚と車輪の複合型機械 Menzi Muck

斜・凹凸、地面の軟らかさ、障害物などを検出する必要がある。簡単なものでは昆虫の触角に相当するようなタッチセンサがある。しかし、非接触でこれらを検出するセンサが望ましい。そのセンサとしては超音波センサや、レーザー距離センサなどが考えられるが、草などに埋もれたものについて検出することは難しい⁵⁾。

脚で移動する場合、地表条件の検出はこれらの方法では困難でも、脚を接地した段階で徐々に力を加え、その反力を測定することによっても対処できる。力を検出するセンサは現状のものでも十分に利用できる。これと、やや遠方の地形などについては先に述べた距離センサを用い、さらに機械の内部にある車体の傾きなどを検出するセンサを組み合わせて、地表条件、障害物を検出することができる。

機械が造林地を移動する場合、無人化するのであれば、機械が自分の位置を知らなくてはならない。その方法としては、出発地点がわかっているとして、その位置から機械がある方向に何メートル進んだかは機械内部のセンサ、例えば車輪の回転数、操舵角を検出することによって知ることができる。しかし、この方法は車輪のスリップ、測定の誤差などがあると正確な値

は得られない。

機械の絶対位置を知るには、機械の外部から信号を受ければよい。例えば灯台のようなものから信号を受ければ自分の位置が計算できる。現在、自動車などのナビゲーションシステムとして市販されているGPSは人工衛星からの信号で位置を計算することができる。しかし、これの精度は数メートルの単位であり、ここで考えている機械には精度が十分ではない。しかし、現在でも高度なGPSシステムを用いれば測量に利用できるほどであるので、原理的にはGPSでも十分な精度は上げられ、今後、この測定システムが軽量で安価になれば利用可能であろう。

より簡単な方法として、作業範囲の隅に3点以上の光反射標識を設け、車体からその地点までの角度を測定し現在位置を求めることが行われている⁶⁾。見通しの悪い林地では光は使えないであろうから、電波などの利用を検討しなければならない。

作業機のための技術

作業機をナックルブームの先端に取り付け、作業を行ふことを考えると、このブームの制御も必要になる。林業用としては、動力に油圧を用いるのが一般的であり、装置の重量も重い点で問題がある。

人が操作する場合にも、1本の操作レバーで多数のシリングを協調動作させる制御も可能である。リモートコントロールする場合にも、テレイグジスタンスといっているが、その場にいるのと同じ感覚で操作ができるように、立体的な視覚をテレビカメラから得て、操作レバーにも実際の作業機にかかる力がフィードバックされるようなシステムが作られている。

(ふくだ あきふみ・森林総合研究所生産技術部)

引用文献

- 1) Todd, D. J.: Walking Machines, Kogan Page, 1989.
- 2) Brooks, R. ほか:複数の要素行動間の競合・協調により知能ロボットの行動を決める「サブサンプション・アーキテクチャ」、日経インテリジェントシステム別冊、1992春号、1992。
- 3) 広部伸二:林業機械自動化のための画像情報の利用(1)—造林地における画像データの色解析—、101回日林論、745 p., 1990.
- 4) 平松 修:植栽苗の識別センシングについて(II)—刈払機へのセンサ組込みテスト—、102回日林論、733 p., 1991.
- 5) 福田章史:超音波センサを用いた林木の位置測定、101回日林論、731 p., 1990.
- 6) 行本 修ほか:自律走行システムの研究(第9報)—自己位置検出用光電センサユニットPS-IIIの開発—、51回農機学会大会要旨、257 p., 1992.

造林・育林用マシーンに賭ける近未来の夢

将来の林業ロボット

辻井辰雄

1. ハイテク技術を生かす

林業の役割について、最近では森林を持続して合理的に管理する人間の営みであって、地球にやさしい生産活動としての関心も深まり、21世紀に向けてますますその重要性が増してきている。

その一方林業生産については、厳しい労働力不足や担い手の高齢化などの問題が深刻化し、作業の効率化のために高性能化、自動化などの技術革新によって、コストダウンや林業の活性化を図ることが要請されている。

林業生産を支える機械化もその方向は見えてきているが、他分野に比べると傾斜地などの地形的条件や季節、天候といった自然的要因に左右されやすい林地、林木などを対象として取り扱わなければならないこともあって、技術的な難しさがある。しかし、日進月歩の科学技術の進展が目覚ましい時代にあって、将来の機械工学面からの改善に加えて、今後はメカトロニクスなどのハイテクノロジーを取り入れたインテリジェント化、ロボット化に向かって、新しい技術を生み出していかなければならない。

2. 林業ロボットへの道

科学技術庁の技術未来予測によると¹⁾、21世紀には多くの分野でロボットが人間の作業や行動を代替する時代になることが確実視されている。いわゆる、本格的なロボット時代の到来である。

チェコの劇作家チャペックをはじめとして多くの人々が描いたロボットの時代が、すでに部分的には現実のものになっている。例えば、NC工作機械などの工場用ロボット（一般的には産業用ロボットと呼ばれる）やホームオートメーション、また身近なものでは街頭で見られる自動販売機などが挙げられる。

そして、人間の機能を追求するロボットが、21世紀には物事を考え判断して、行動する知能ロボットの時代になるとの見方がされ、また期待もされている。

こうした一般産業のロボット化の流れを反映して、

林業においてもインテリジェント化、ロボット化をめざした開発、研究が盛んに行われるようになり、一段とレベルアップが見え始めている。

育林機械について開発、研究の動向を見ると、実用機の開発を進める林野庁では下刈り、除伐などの育林作業の効率化とコストダウンを図るため、歩行式育林機械や植付け専用の育林機械などに着手している⁴⁾。さらに、平成6年度からは、次世代型高性能機械の実用化をめざして自律分散型機械の開発も計画されている。

また研究面では、育林作業を中心とした作業の機械化を図るうえで解決しなければならない、急傾斜不整地に対応できる林業用ベースマシンの開発研究が取り上げられている。ここでは、森林総合研究所のハイブリッドベースマシンの開発研究をはじめとして、脚式機械の移動機構や制御機構などを明らかにする基礎的研究が行われている。

また、農水省では平成6年度から、2010年の実現をめざして、先端技術と人間工学的知見とを高度に融合させて、小型自律型作業機を核とした作業システムの開発およびそれらを一体化した圃場、栽培管理技術を開発するための基盤的研究（未来型軽労働農業技術確立のための基盤技術開発に関する総合研究）が計画されている。これには視覚・位置認識のための基盤技術の開発や複数作業機の協調利用操作技術の開発などの課題も含まれている。

このように、すでに兆しの見え始めた林業機械のインテリジェント化、ロボット化については、21世紀に向けてその開発の加速度をさらに増し、一段と弾みがつきそうである³⁾。

そして、基盤的、基礎的研究などの知見をベースにして、技術がさらに進展すれば、新しい時代に対応した林業ロボットの実現も大きな可能性を持ってくる。

無人でセンサなどにより自らが判断し、作業する林業ロボットが実現すれば、高齢化や労働力の不足が懸念されている林業の担い手になりそうである。ただし

最大の問題は、各分野で開発されたハイテクノロジーをどこまで取り入れられるかがポイントとなる。

特に、林業のように生きた林木や苗木、あるいは要素の多い林地の植生や土壤を対象とする場合、一般技術をどこまで応用できるかである。工場用ロボットは物性の固まったものを対象とした定位置での単純繰り返しの位置決め制御を基本にしている。しかし、林業ロボットはそれでは不十分で、力の制御や移動性、運搬性など独自の機能を持たせなければならない。

今後の研究の進展が待たれるが、第五世代のコンピュータといわれるニューロ・コンピュータやあいまいさを管理制御できるファジィ・コンピュータなどが実用化されれば、その応用によって一挙に進展する公算も大きい。

なお、林業ロボットの開発に当たっては、当然のことながら、そのロボットがどのような意味を持つのか、安全性はどうか、そして導入上の最大の問題となる経済性はどうか、効率性はどうかなどが同時に検討されなければならない。そして、それらを技術的にクリアし、完成度を高めていくことが重要である。

3. 林業の技術予測

21世紀の日本の林業は、「傾斜地でも苦もなく移動できる歩行型林業ロボットが登場しているほか、木材の利用技術も進展しグリーンファクトリーを形成している」

こんな夢を、科学技術庁は1992年にまとめた第5回技術予測調査——我が国における技術発展の方向性に関する調査——で描きだしている¹⁾。

調査報告書（技術予測はデルファイ法：専門家繰り返しアンケート法）によると、林業分野について表に示したような未来技術年表にまとめられている。そして、次のようにシナリオ化し想定している。

未来技術年表（「林業」分野）

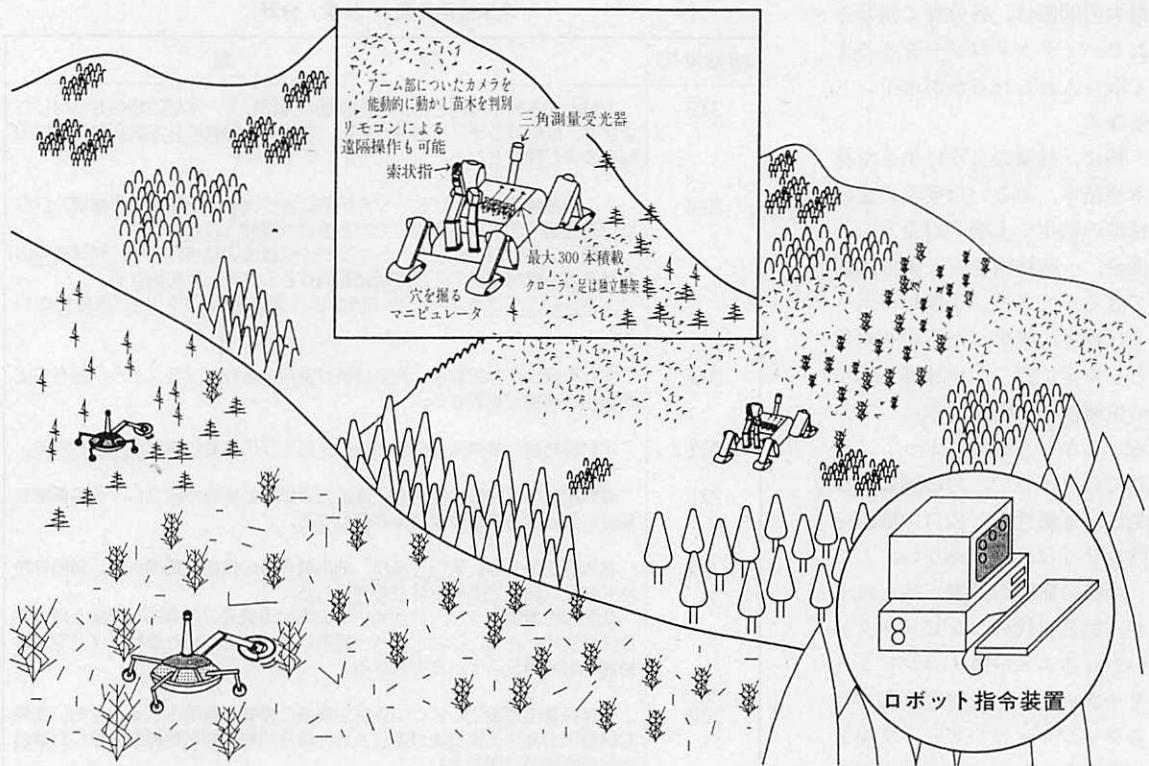
実現予測時期（年）	課題
2003	木材と非木質系材料との複合化技術が発展して、木材の物性を活用したままで、成形する時に容易性が高い、 <u>高強度・多機能な木質系複合素材の製造技術が開発される。</u>
2004	人工衛星情報やコンピュータ利用等により山地等急傾斜地の崩壊及びなだれ発生箇所の予測が的確にできる技術が開発される。 解像力の高い次世代リモートセンシング技術の進歩により、 <u>地球規模の農林資源や農林環境の変化を常時監視するシステムが実現する。</u> <u>メカトロニクスを応用した傾斜地歩行型林業用ロボットが実用化される。</u>
2005	木材資源の化学的変換・利用技術が <u>実用化され</u> 、 <u>プラスチック等石油化製品の代替が実現する。</u>
2006	木材腐朽菌の酵素系を利用した紙・パルプの製造技術が <u>実用化される。</u>
2007	森林のもつ水土保全機能を <u>定量的に評価する手法が確立し</u> 、その機能を高度に発揮する森林管理技術が <u>普及する。</u>
2008	林木育種の分野に遺伝子操作、細胞融合等の技術が適用され、有用な特性を備えた樹種の実用品種が開発される。 低利用広葉樹やササ、林地残材等の未利用資源の効率的な収集と育成の技術が実用化され、エネルギー・経済バランスのとれた森林/バイオマスの持続的な利用システムが実現する。
2010	森林病害虫が発生しにくい森林生態系の機構が解明されるとともに主要な病害虫の発生予察技術が確立され、森林のもつ制御機構を生かした <u>総合防除技術体系が開発される。</u>
2011	人工知能やコンピュータシミュレーションによる森林、水、土等の環境保全と農林生態系の調和を図る管理システムが実用化される。
2014	熱帯地域における森林生態系の構造・機能の機構の解明により、 <u>熱帯林及びそこに棲息する生物の合理的な管理・利用技術が実用化される。</u>

「人工衛星による高解像度のリモートセンシングデータから広域的な森林・林地の変化が短期的に的確に把握される」とし、これに加えて従来からの研究を深化することで「森林のもつ水土保全機能の定量化と森林管理技術の普及（2007年）」、「森林生態系の機構の解明と病害虫の総合防除体系の開発（2010年）」が可能になるとしている。

さらに、複雑な森林の取り扱いを実現していくための技術として、立地的に厳しい条件の林地でも合理的な管理を適時に実行し得る「傾斜地歩行型林業ロボットの実用化（2005年）と機械化による安全な新しい作業形態が開発・組織化される」としている。

将来の林業ロボットによる植付け・下刈作業などのイメージを想定してみると、図に示したようになる。

例えば、ロボットの移動機構は、昆虫型や足先にクローラの付いた複合型の4足自律歩行が実現し、対象



育林作業ロボット概念図

物の形状などを3次元視覚センサでとらえて予測、走査しながら植付け・下刈作業などが行われる。また、これらのロボット群の位置や標高の認識には、衛星ナビゲーションなどが利用され、作業現場と離れた指令場所からコンピュータによって集中制御することも可能になるとともに、それらのデータを基に作業の進捗状況も把握できるようになる²⁾。

このように、今後30年間にわたって示された技術が予測どおりにいけば、これまで人手に頼って3K（きつい、汚い、危険）イメージの強い日本の林業もハイテク産業に変身し、若者が夢を持って林業に取り組める時代が来る。

4. 21世紀に向けて

21世紀はロボットの時代だということは、だれしも認め、またそれぞれに夢を持っている。

将来のことは予測がつかないが、メカトロニクスなどによる技術革新が一層進展して、21世紀の初頭には林業ロボットが出現し、林業生産を支える大きな力になることを期待したい。また、そのようにならなければ、林業もないことになる。

ロボットはもともと人間の機能をめざしたものであることから、「人間の五感に匹敵するセンサー」、「自らの体験をもとに学習を重ねていくようなコンピュータ」、「人間の筋肉並みの高効率で、軽量、省スペース的なアクチュエータ」などの新しい技術が開発されることによって、ちょうど十数年前に現在のワープロを想像できなかったように、21世紀には林業ロボットも、我々の想像を大きく超えたものになることも夢ではない。

（つじい たつお・森林総合研究所林業機械科長）

文 献

- 1) 科学技術庁、科学技術政策研究所：第5回技術予測調査、我が国における技術発展の方向性に関する調査、513～519、1992
- 2) 辻井辰雄：林業用ロボット・今後の展望、森林利用研究会誌、8(2)、1～6、1993
- 3) 日本産業用ロボット工業会：産業用ロボットに関する技術調査並びに予測に関する調査研究報告書（非製造業分野）、207 pp.、1992
- 4) 林業機械化推進研究会：機械化のデザイン、全国林業改良普及協会、195 pp.、1993

ここまでできている工学技術

センサー

鳥居 徹

電子技術が発展するにしたがって、センサーの小型化集積化が進み、先端的センサーが農業分野においても多く用いられるようになってきている。また、最近ではセンサーを用いて計測する場合、ハード面だけでなく信号処理などのソフト面での発展も大きいため、双方を含めた形で総合的に述べていきたい。センサーといつても非常に範囲が広いため、1.マイクロマシニングによるセンサー、2.農業用ロボットのセンサー、3.バイオセンサー、4.センサーフュージョン、について話を進めていく。

1. マイクロマシニングによるセンサー

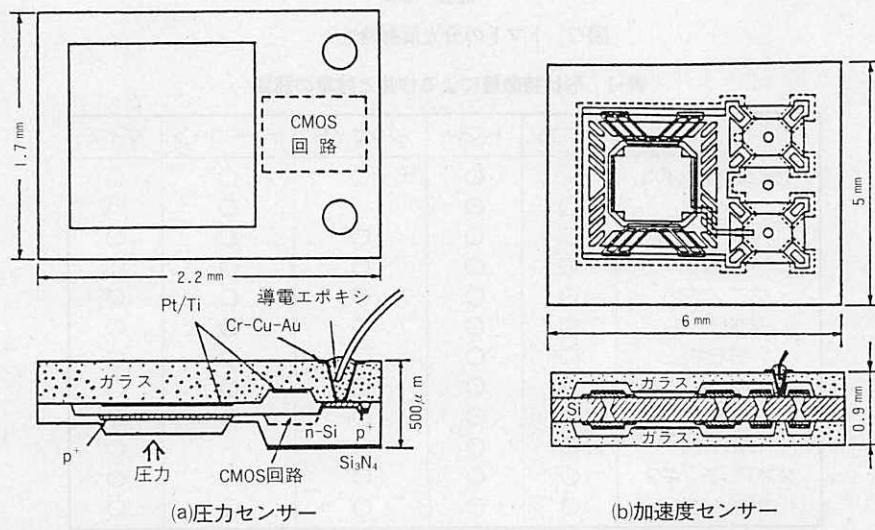
半導体製造技術を利用したマイクロマシニング技術が発展してきており、新聞紙上でもマイクロマシンの話題をよく見かけるようになってきた。半導体製造技術とは、シリコンの基盤上に光に反応する薬品（フォトレジスト）を塗り、これに回

路パターンを薬品上に感光させ、基盤の彫り込み、蒸着を繰り返して製品を仕上げる技術である。

この製造技術がセンサー製造にも応用されてきており、いくつかのセンサーが作られている¹⁾。図・1(a)はシリコン基盤およびガラスより成る圧力センサーであるが、図中にあるような圧力が加わると静電容量が変化して圧力を検出する仕組みである。図・1(b)は、加速度センサーでこれも加速度が加わるとガラスの間にあるおもりが変位し、これを静電容量の変化としてとらえて加速度を検出する仕組みである。

2. 農業用ロボットにおけるセンサー

農業従事者は減少の一途をたどっているため、このたび農水省と生研機構が中心となって農業用ロボットを開発するための組織が発足した。このようなロボットを開発する場合、一般の産業用ロ



図・1 小型圧力センサーと加速度センサー¹⁾

ボットと異なり、対象とする作物の形状が不均一であるなど難しい問題点が多い。ロボットのセンサーとしては、画像処理による方法が最も多いようと思われる。

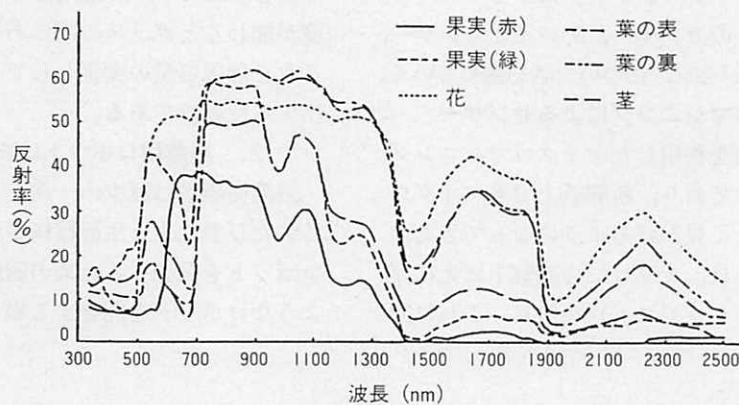
農業用ロボットとしてまず開発されたのが収穫用ロボットである。トマト収穫用ロボットを例に取ると、トマトの分光反射特性は図・2に示すようになる。600～700 nm は赤色の反射率が大きくなる波長で、また、670 nm はクロロフィルの吸収する波長であるため反射率が小さい。

これを基に、ビデオカメラからの入力信号を変換して、果実や葉の情報を取り出す方法として、(1)RGB信号のうち R-Gなどを用いて判断する(2)信号の比率 R/B や R/(R+G+B)で判断する

等の方法が考えられる。

土肥らは、 $G > (R+B)/2 + 20$ の条件により植物体を抽出し、縦横比や周囲長などの形状パラメータを計算して、雑草を認識し除草するロボットを開発中である³⁾。また、高津は主要作物と主な雑草との形状の特徴量として、(1)面積、(2)円形度、(3)最大幅/最大長比、(4)包絡周囲長/周囲長を取り上げ、これらの主成分分析を行った。その結果、表・1に示す作物では雑草と分離できるが、一部の雑草では分離困難であると報告している⁴⁾。

農業用ロボットに欠かせないものとして、自己位置の検出センサーがある。これは、ロボットの自律走行に用いられるものとしては表・2に示すセンサーが考えられる⁵⁾。この中でも農作業は、一



図・2 トマトの分光反射特性²⁾

表・1 形状特徴量による作物と雑草の認識⁴⁾

	ダイコン	トマト	ジャガイモ	デントコーン	ダイズ
セイヨウタンポポ		○	○	○	○
イヌビユ	○	○		○	
ハキダメギク	○	○	○	○	○
イヌタデ	○	○	○	○	○
オニノゲシ	○	○	○	○	○
スペリヒユ	○	○	○	○	○
ヨモギ	○	○	○	○	○
メヒシバ	○	○	○	○	○
イヌビエ	○	○	○	○	○
オヒシバ	○	○	○		○
オオアレチノギワ	○	○	○	○	○
カヤツリグサ	○	○	○	○	○

注) ○印は認識可能

表2 自己位置検出法⁵⁾

固定経路	軌道	光, 磁気, 超音波
	連続マーク	
	離散マーク	光, 磁気, 電波, 超音波
半固定経路	内界情報	加速度(慣性航法) ジャイロ, 加速度計
	速度+方位	速度計(距離計), 方位計
	車両左右の速度	速度計(距離計)
自由経路	外界情報	画像 画像認識装置
	音	超音波
	触覚	接触センサー
外部標識	角度	光, 電波, 磁気, 超音波
	距離	光, 電波, 超音波



写真・1 自律走行トラクタ

方向を直進する作業が多いため、磁気方位センサーが最も有力であると考えられる。生本らは、磁気方位センサーを取り付けて精度を確認したところ、 $\pm 0.5^\circ$ 以下を達成したと報告している⁶⁾。この実験を行った自律走行トラクタの写真を示す(写真・1)。現在では、GPS(Global Positioning System)の開発が進み精度が向上しているため、今後の車両位置検出センサーとして有力になると思われる。

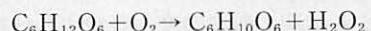
3. バイオセンサー

バイオセンサーとは、グルコースオキシターゼのような酵素を利用して、溶液中のグルコース濃度を計測するというように、生物の生理反応を利用して物質の特性を計測するものである。以下、酵素型バイオセンサー、微生物バイオセンサー、

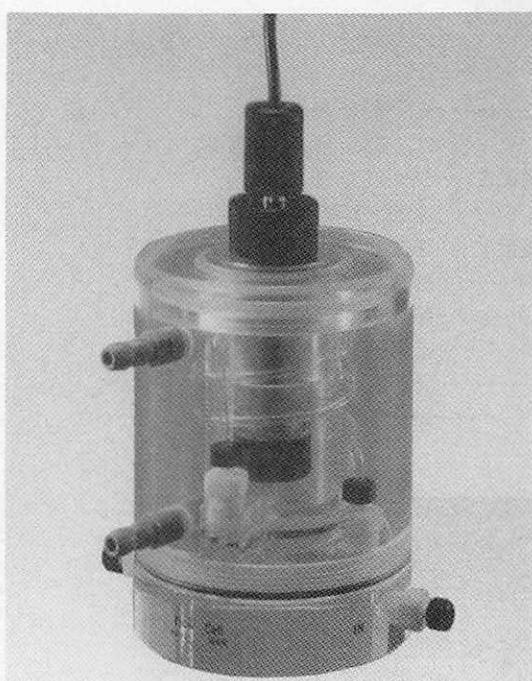
ISFETバイオセンサーについて述べていく。

(1) 酵素型バイオセンサー⁷⁾

酵素には、分子の識別機能と触媒機能がある。例えばグルコースオキシターゼでは、反応により酸素が消費されるため、酸素電極で酸素濃度を計測すれば基質に含まれる物質濃度(糖濃度)が推定できる。糖類、特にグルコースを計測するバイオセンサーは広く用いられている。このセンサーでは酵素としてグルコースオキシターゼが用いられており、酵素により次の反応が生じる。



したがって、溶液中の酸素濃度を計測すれば、酵素によって消費された糖濃度が推定できる仕組みである。センサーの構造は、酵素が酵素固定化膜によって膜状に固定され、酸素センサーにより



写真・2 微生物バイオセンサー(BODセンサー)⁸⁾

酸素濃度を計測する。酵素センサーは選択性があるため、目的の物質を精度よく計測できるが、耐久性にやや問題がある。

(2) 微生物型バイオセンサー⁸⁾

好気性の微生物は呼吸により酸素を消費するため、呼吸量は微生物の活動の指標となる。微生物の活動は、基質の濃度に比例するため、微生物の酸素消費量から基質濃度が推定できる。この原理を利用してセンサー化したのが微生物型バイオセンサーである。例として、微生物に酵母の一種(*trichosporon cutaneum*)を用いて、液体中のグルコース濃度を計測するバイオセンサーを示す。微生物は、酵素と同様に固定化膜に固定され、これを2枚の膜で挟む構造となっており、酸素電極で膜を通過する溶液の酸素濃度を計測する仕組みである。微生物は増殖するため耐久性に優れ、河川のBODの計測などに用いられているが(写真・2)、生体中の反応は酵素の反応に比べて複雑であるため、計測する物質の選択性にやや問題がある。

(3) ISFETバイオセンサー

今まで述べた2つのセンサーがやや大きいのに対して、センサーを半導体化して小型化を図ったセンサーがISFET (Ion Sensitive Field Effect Transistor)バイオセンサーである。素子はシリコンの基盤上に作られており、酵素が少量で済むという長所があり、量産化が図れればコストが格段に下がると期待されている。

4. センサーフュージョン

人間の味覚などは非常に複雑なため、1つの物質を計測するだけでは味覚を表現できないことが多い。そこで、いくつかのセンサーを組み合わせて、その結果を総合的に判断することで複雑な計測を行うセンサーフュージョンの考え方が提案されている⁹⁾。農業用ロボットが扱う対象物は不均一であるが、いくつかのセンサーを使い分けたり組み合わせたりして、総合的に判断を行うような知能化を進めると、将来的にはロボットでも人間の認識に近い結果が得られるようになると考えられる。

6. おわりに

以上、いろいろなセンサーについて述べてきたが、すでに開発段階にある先端的センサーはまだまだたくさんある。このようなセンサーを含めた計測を扱う学会として、社団法人計測自動制御学会(略称SICE)があり、学会内に筆者が幹事役を務めている農業関係の部会もある。興味のある方は、そちらもご覧いただきたい。

(とりい とおる・東京大学農学部農業工学科)

引用文献

- 1) 江刺正喜: 計測と制御, 31(1), pp.200-203, 1992
- 2) 近藤直他: 農業機械学会誌, 49(6), pp.563-570, 1987
- 3) 土肥誠他: 農業機械学会誌, 55(6), pp.77-84, 1993
- 4) 高津道明: 画像処理による作物と雑草の葉の形状に関する基礎研究, 東京大学修士論文, 1991
- 5) 鈴木正肚他: 第47回農業機械学会講演要旨, pp.120, 1988
- 6) 生本修他: ロボティクスマカトロニクス'93講演論文集, pp.1010-1015, 1993
- 7) 福井三郎編: バイオリアクター, pp.154-161, 1985
- 8) 浅野泰一: フードケミカル, 9, pp.118-127, 1987
- 9) Yamazaki H.: PROCEEDINGS OF IFAC/ISHS SYMPOSIUM, pp.349-353, 1991

林業関係行事一覧

1月

区分	行事名	期間	主催団体・会場・行事内容等
秋田 群馬	第12回全国銘木青年連合会・全国優良銘木展示大会	1.26～28	全国銘木青年連合会(東京都江東区門前仲町2-8-9)。(協)秋田県銘木センター(秋田県能代市河戸川字砂崎3-1, ☎ 0185-54-1541)
	第34回全群馬県近代こけしコンクール	1.26～30	群馬県・前橋市・渋川市・群馬町・榛東村・吉岡町・大間々町・(社)群馬県物産振興協会・群馬県こけし協同組合。群馬会館(前橋市大手町2-1-1, ☎ 0272-24-2909)

2月

区分	行事名	期間	主催団体・会場・行事内容等
中央	森林・木質資源利用先端技術推進協議会	2.3	森林・木質資源利用先端技術推進協議会会長・林 大九郎(東京都中央区八丁堀3-5-8 京橋第2長岡ビル7F, ☎ 03-3206-3046)。木材会館。環境関連諸法案が制定されようとする動きの中で、今後企業や消費者がどのように対応すべきか、環境対策へのコスト負担をどのように考えるべきか、さらに環境を考慮した森林資源利用の現状・将来性はどうか等について取り上げ、森林・木材の分野に関連する将来の先端技術を探る。

開発途上地域での緑化協力に参加しませんか

熱帯林は、毎年1500万haも減少しており、地球環境問題の一つとして注目されております。

今、世界中の人たちが力を合わせて、熱帯林の保全・造成に取り組むことが緊急に必要となっており、わが国に対する開発途上地域からの協力要請は、ますます拡大し内容も多様化する方向にあります。

それとともに、緑化協力を担う人材の養成確保や、要請に的確に対応できるような体制の整備も一層重要になってきております。

このような情勢の中で財国際緑化推進センターでは、人材の養成確保対策の一環として、平成3年以来林野庁の補助を受けて、将来開発途上地域で政府による林業協力やNGOの植樹活動等に参加する意向をお持ちの方々を、『政府開発援助やNGOなどによる林業協力にふさわしい候補者』として登録しており、現在約350名の方々が登録しております。登録の方法は、開発途上地域での緑化協力にご参加いただける方々に調査票をお送りし、氏名、年齢、所属機関、主な職歴や海外での業務経験、資格、専門分野、派遣希望地域、派遣可能期間と時期等調査票に記入していただいた情報を登録します。具体的な協力案件が決まりますと登録者名簿から適任と思われる候補者を選定し、本人の意向を打診し合意を得たうえで、JICA(国際協力事業団)など協力実行機関に推薦いたします。

なお、JICAでは、将来専門家として派遣が予定されている人を対象に、語学研修や開発途上国の実情等を内容とする養成研修(約2ヶ月)、専門家として派遣が決まった人を対象に派遣前研修(1ヶ月)の制度があります。受講に必要な旅費、教材費等の経費はJICAの規定に基づき支給されます。

開発途上地域での緑化協力に参加をご希望の方は、当センターにハガキか電話でご連絡ください。

調査票をお送りします。

(財)国際緑化推進センター(企画部) 〒112 東京都文京区後楽2-1-11 デルタビル(☎ 03-5689-3450)



北村の桑の収穫



北村の民家資料館 (右)

新しい木工芸素材として、非常に新鮮な印象を受けたのである。

どう使うかは今後の課題ではあるが、接着技術の発達した現在、積み重ねて厚みを持たせれば味わい深い盆、茶托、菓子器など、わりに高価な割り木細工の素材にもなるだろう、と思ったのである。色は錆のある褐色であった。

軟らかい杉の思いがけない変身に、やや呆気に

とられた気分もあったが、まあ、このことは横に置いて、本題へ戻させていただく。

茅葺き民家群

私たちは、和知から由良川沿いに美しい谷の道を東へさかのぼった。右手に、大野ダムの生み出した長大な人造湖が続く。その人造湖が本来の川の姿を取り戻す辺り、美山町静原で周山街道（国道一六二号線）へ合流した。周山街道はここで直角に折れて、東行すれば周山、北行すれば堀越峠

（若狭）である。

東行して穏やかな九鬼ヶ坂を一つ越えれば、美山町上平屋——かつての平屋村であった。

昔の若狭への往還は、平屋村で北転し、由良川の支流・知見谷川をさかのぼって知見峠を越えた。この道は今も知井坂と呼ばれ、若狭名田庄村で五波峠越えの道と合う。堀越峠越えの国道は、明治三十五年に開通した明治新道で、それ以前は、京北地方と若狭を結ぶ車道がなかつたという。荷車さえ越えられなかつたそうだ。

「行きましょう」と私は言つた。編集のY氏は

「行きますか……」——ちょっと緊張気味である。

知井坂へ行こうというのではない。この坂は今も車が入れない。京都府林試で教わった北村、正確にいえば美山町北が目標だ。かつての知井村の

一集落である。昔のままに茅葺き民家が二十余戸、残っているという。山深い谷あいの、昔の生活を、私は尋ねてみたかったのである。

由良川は曲流点ごとに、ほんのわずかな小平坦地を開き、平坦地ごとに小集落がある。由良川が

生命の母であった。北村の民家は段丘に密集し、氾濫原を田畠として自給しながら、山仕事を生業として生きてきた姿が見える。もう林家は乏しい。山沿いの畑で、数人の人々が桑の収穫中であった。珍しい光景を見る、と思いながら話しかけると、桑餅にするのだという。「あ、桃太郎さんですね」「ありや違いまつせ。白い桑と赤い桑がおますのや」——ひとしきりの桑談議。

赤い桑は餅について、売る。茅葺き民家の集落が珍しくて、このごろは観光バスが「見物」に来る。

「町の人は桑の餅を珍しい、言いましてな」

若狭のヘシコのことを聞くと、ご老人は「ぜいたくな食いもんやな」。日常口には入らないが、やはり売りには来ていた。民家資料館もあった。乏しい暮らしが茅葺き民家群を残し、それが観光対象になつた。

悲しいような現実である。

山の古道を行く —— 周山街道 1

由良川の村 堅い杉と谷の集落

小山 和

若狭から京都へ、魚を運んだ鯖街道、または魚の道を書かせていただき、諸賢のお目を汚した。その執筆途中で、編集部から京北への旅にお誘いを受けた。魚の道の一つが五波峠を越え、祖父谷峠を踏みままで雲ヶ畑へ入ったことを前に記した。この道が、京北町の東寄りを縦断している。

古代の山国郷、中世の山国庄である。古所へ林材を供給した御料地であった。俄然、興味がわいた。「魚の道補遺」のつもりで同行させていただいた京北の旅は、結果として「木の里の旅」であった。

京北の桃源境

京都市右京区、宇多野から北上して京北町へ山町を貫き、堀越峠を越えて若狭小浜へ下る道がある。周山街道と呼ぶ。昔、明智光秀が周山へ城を築いた。自分を周の武王、主君織田信長を殷の紂王に見立てたのだ、という話がある。この話は吉田東伍博士が「或書に云」として紹介しているが、書名を示しておられない。

紂王は姫己を熱愛して酒池肉林におぼれ、暴政の結果民心を失つて周の武王に滅ぼされたという人。多分に伝説的色彩を帯びている。

光秀は京都本能寺に信長を襲い、自殺させた。話が少し出来すぎていて、周山の名にこじつけた付会の説と思うけれども、たいへんおもしろい。この奇妙な話の筆者は周山を評して、こう書いている。

「其境は頗る佳趣あり。この村の四面皆山、人烟

(煙)甚だ多からずといえども、民屋鱗次して行旅四方より集まる。此辺縦て山国と称す。未だ此郷に入ざる者は幽谷無人の境と訝るも、険を踰ゆれば樂境に入る。人或は小桃源に擬す」

周山は山国郷ではなく、古代の有頭郷、中世の宇津庄に属するが、桃源境の印象は私も久しく持ち続けている。

山青く、水の清らかな、しかも穏やかな風土に心引かれて、よく訪れた。花背の奥に大悲山峰定寺があり、山国に常照皇寺がある。緑一色の山あいに、そこのだけぱつと灯をともしたように明るむ桜の開花も、旅心をそそつてやまない。

水に沈む杉材

順序として、若狭小浜から書き起こすべきだろうが、編集のY氏は京都府林業試験場へごあいさつに立ち寄りたいそうだ。林業試験場は和知にあるというので、それなら、と同行し、珍しいものを見た。あるいは私にとって珍しいのであって、本誌の読者諸賢には既知のことと思うが、水に沈む杉である。

杉材に熱を加えながら圧縮すると、比重が水より重くなるのだそうだ。軟らかい杉材が、打ち合わせると石のような音を発した。時の経過とともに、どれほど元に戻るか、つまり膨張するか、机や箱を作つて実験中であつたが、私は強い興味と魅力を覚えた。なぜかというと、伝統工芸に深い関心を抱いていて、このほど「日本の伝統工芸」二巻を発刊した。その矢先の「堅い杉」だった。



抺伐林内部（東京大学北海道演習林）



乾物重・トン/ha/年

ユーカリ	55
雑種ボプラ	35-40
米	22
小麦	18-30
トウモロコシ	15-30
サトウキビ	70-80

木材部分
はこの50
～60%

注) トウモロコシやサトウキビはいわゆるC₄植物といわれるものの中に入るが、木本植物のC₃植物は今のところ見いだされていない。

効果の面からも大きな欠損が生まれることになる。方向を変えて、亜寒帯のカナダに例を取つてみると、カナダの森林は周極林（北極を取り巻く森林）を含む、主として亜寒帯の針葉樹林で、ppから見れば熱帯林の半分に満たない。長期的に見ると、カナダの森林自体の資源量は成長によって増加は

するが、森林伐採、また林木の病気、枯死あるいは山火事などによるマイナス要因が働く結果、現存量の変化はほとんどなく、したがつて大気への炭素量取支のバランスが取れているという。国の森林計画が確立されていれば、森林と大気炭素流出との関係は平衡を保つていいけるはずである。少し前の資料からであるが、FAO（国連食糧農業機関）によれば、一八六〇年から一九八〇年の一二〇年間に、森林の伐採によつて大気中に流れた炭素量は約一八〇〇億トン、一九五八年から一九八〇年までの二十二年間には約五〇〇億トンと計算され、年数で五分の一～六分の一の間に三分の一～四分の一となり、その割合は近年増加していることを示している。また一九八〇年にはやはり減少してはいるが、約一八億トンで、その約八〇パーセントが熱帯林伐採によるものであるという。また一方、地球上の化石燃料による炭素放出量の三倍に及んでいる。地球の温暖化の原因である大気中の炭素量を減らすには、第一に化石燃料の燃焼を抑制することであり、第二に熱帯林の伐採を控えることがわかる。かといつて、木材は人類の生活にとって必要欠くべからざるものであるから、伐採を禁止して万事片がつくとも思えないのである。

熱帯林の伐採と更新について施業計画樹立が急がれる所以である。

忘れられない木と森の話 5

森林の存在意義

畠野健一

人工林と天然林

生態学者の故・今西錦司先生が、ある隨筆集中で、森と林の違いについて述べた後、次のように書いておられる。「人工林あるいは二次林は林であって、原始林だけが森であると定義してみると……當林署とか大学の林学とかいうところは原始林を伐採して、人工林にかえることを仕事にし、あるいは研究するところである……」と。

人工林は確かに人の作った林だが、天然林には全く人手の人らない原始(生)林と天然の森の姿を保とうと人手を加えた天然生林がある。原生林をそのままほうつておくだけでは森は廃れるようと思える。例えば、北海道のエゾ・トドの原生林で台風被害を受けると、その後、必ずヤツバキキイムシが発生し、風倒木材積量の一〇二割、残存木に枯損被害が出る。台風害は防ぎ難いが、虫害についても十分な対策が確立されておらず、被害木を伐倒することがある。その時点で天然生林は原生林と異った様相を呈することになる。学術参考のために全く人手の入らない原生林をそのまま保存する必要があるが、天然生林では虫害に限らず、少しずつ手を加えるのは森林維持・管理上、常に行われていることである。

近ごろ、本州の人工林、特にスギ林で間伐遅れが問題となっている。皆伐跡地に地拵えして苗木を植栽した場合(下刈り、蔓切り、除伐、間伐さらに枝打ちは、人工林造成のため必要不可欠としてシステム化されて、いざれも手を抜けそうにない。

人手がなければ、これらの作業おののに省力法を考えるか、さもなければ根本的に皆伐・植栽・

諸手入れのシステムを再検討して、択伐に類する作業法を取り入れるより仕方がないようと思ふ。

しかし一方、天然林の中を歩いて、多様な植生や林相に魅せられるのと同じように、手入れの行き届いた人工林も美的魅力を失っているとは思えないが。

炭素の取り込み

森林と環境とのかかわりの中で、現今最も注目されているのは、森林が大量の炭酸ガスを吸収すること、つまり炭素の取り込みのあることである。

しかも熱帯林が重要である。

地球表面の年間正味生産量(P_p) (炭素化合物が主で、その乾物重生産(光合成生産-呼吸消費)の分布図を見ると、生産量の最大値を示すのは赤道を挟む、南北回帰線(二三度二七分)の内側の砂漠を除いた森林地帯である。この地帯は陸地面積も広大であるから、森林が空中炭素固定に果たす割合が大きいことが知れる。また、成長の早い樹木と二、三農作物の P_p を比較してみると、ユカリやポプラは米、麦以上であるが、それらもサトウキビには追いつかない。もちろん、地球上にはユーカリやポプラのように成長の早い樹木ばかりが育っているわけではなく、また森林はある地域で大面積の樹木集団を成すから、一部でも伐採すると、その回復に長年月かかり、空中炭素固定

会員の広場



奈良、東大寺南大門の国宝阿形像内に残っていたスギノアカネトラカミキリの食痕

さいとう あきら いがらしまさとし
齊藤 諦・五十嵐正俊

1. はじめに

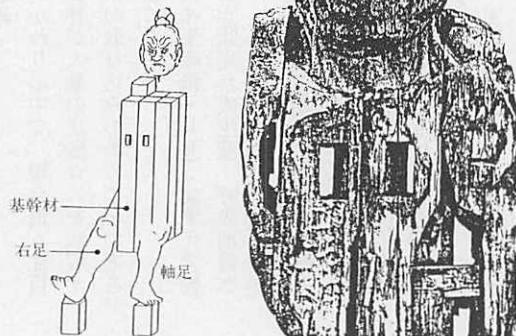
奈良、東大寺南大門の国宝仁王像2体は、傷みが激しく、財団法人美術院国宝修理所によって平成の大修理が行われた。修理は1988年11月、吽形（うんぎょう）から着手し、91年7月から阿形（あぎょう）に取りかかり、93年4月、解体修理が終わった。像が作られてから786年ぶりの本格的修理である。この解体修理中に、吽形は山口県で伐採したヒノキで作られたこと、材の伐採年代なども明らかになった¹⁾。筆者らは、ヒノキ材にスギノアカネトラカミキリの食痕が残っている可能性があると考え、阿形を解体修理している際に調査申請を行い、カミキリの食痕の有無を調べた。調査の結果、像の基幹材にスギノアカネトラカミキリの食痕が残っていることを確認した。不備な点もあるが、記録しておきたいと思い、ここに報告することとした。

この調査に便宜を与えられた美術院国宝修理所・小野寺久幸所長と、資料の提供を受けた奈良国立文化財研究所・谷谷拓美主任研究官に深甚なる謝意を表する。また、調査に参加した森林総合研究所関西支所昆虫研究室・細田隆治、伊藤賢介、ヤシマ産業技術顧問・吉田隆夫の諸氏に厚くお礼を申し上げる。

2. 阿形像内の食痕を確認するまでの経緯

東大寺南大門の国宝大修理ルボ「仁王さん800年めのドック」の題名で高橋繁行³⁾が取材した記事が、解体修理中の像の写真を数多く掲載し公表された。像はヒノキで作られていると記していた。その後、平成2年1月11日付の朝日新聞に「東大寺の仁王像は山口産の木材使う」一年輪変動バターン一致の見出しで、奈良国立文化財研究所が10日に発表した。鎌倉時代の東大寺再建の中心となった重源（ちょうげん）が、山口県徳地町で材木を調達したことが文献に書かれており、年輪年代学がそれを科学的に立証したという内容であった。

私（齊藤）は、この年の4月、日本林学会102回大会が京都大学で開かれた折に、大阪営林局計画課・有岡利幸監査官（当時）と同席した。氏は、東大寺の復興材が山口県徳地町から伐り出されたこと、飛腐の被害地があることを話されていた。帰形後、さきの朝日新聞の記事を読み直し、有岡氏の話を思い出した。奈良国立文化財研究所の



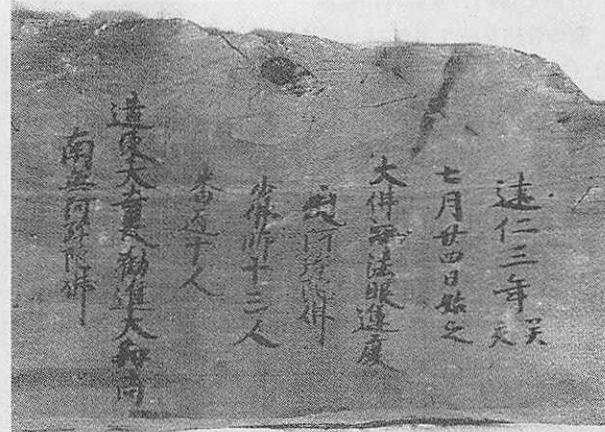
吽形像の基幹材を示す図（高橋繁行・東大寺南大門の国宝大修理ルボより）

光谷拓美氏に連絡したが、連絡が取れたのは吽形の解体修理が終わり、復元した後であった。同氏は、翌年に阿形が解体修理されるから、国宝修理所に調査を申し入れ、了解が得られれば修理工房で調べることはできる、と教えてくれた。材の出所、伐採年代について口頭発表した内容は、氏の研究成果であることを連絡してきた。被害をぜひ確認したいと考え、阿形の解体修理が行われる時期を待った。

平成3年10月19日付の朝日新聞に「阿形像に運慶の銘 東大寺の仁王、部材に墨書 快慶の法名も」の見出で墨書銘が報道された。墨書銘のある材に節があり、幼虫孔道と思われる食痕が写っていた。森林総合研究所関西支所の五十嵐室長(当時)に連絡したところ、国宝修理所にお願いし、墨書銘とその他の部材の調査を引き受けてくれた。10月下旬、文書で調査を依頼したが容易には見せてもらえなかった。結局、修理工房に入って調査することを許されたのは、平成4年1月7日であった。指定された日時に、五十嵐のほか細田隆治、伊藤賢介、吉田隆夫らが東大寺内の修理工房を訪ね、阿形に使われていた部材の中に、スギノアカネトラカミキリの幼虫孔道を確認することができた。本種の食痕を写真撮影することは、修理工房の責任者の飯田雅彦氏の意向で許されず、それぞれの箇所に、森林総合研究所関西支所昆虫研究室の名札を付け、後日、国宝修理所のほうで撮影するということを帰院した。

3. 仁王像に関する資料

(1) 東大寺炎上—治承4年(1180)—平重衡の率いる軍勢に



仁王像「阿形」から見つかった墨書銘(平成3年10月18日、朝日新聞より)

よる南都の焼打ちにあい、東大寺、興福寺は、炎上焼失した。

(2) 重源、山口県徳地町に安養寺創建—文治2年(1186)—東大寺を復興した重源は、再建の用材を確保する拠点として安養寺(法光寺の前身)を徳地町に建てた(安養寺縁起による)。

(3) 吽形に使った木材の産地、伐採年代の判明—徳地町の法光寺阿弥陀堂にある木造阿弥陀如来座像(県指定文化財)の腰部の材と像の右ひじの材の年輪を顕微鏡で測定した結果、仁王像のヒノキは徳地町から伐り出したものであり、伐採年代として、左胸部・建久7年(1196)、右胸部・正治元年(1199)、右足部・建仁元年(1201)であるとした(平成2年1月10日、奈良国立文化財研究所、光谷拓美口頭発表)。

(4) 2体の仁王像の起工、完成の年月日—建仁3年7月24日起工、10月3日に完成した旨が東大寺別当次第に記されている、と東大寺が発表した(平成2年8月28日口頭発表)。

(5) 吽形の心柱に経巻—仏師名

が多数記された後、経巻を書き上げた日は、建仁3年8月8日とあった(東大寺発表)。

(6) 阿形から見つかった墨書銘—墨書銘は全文78字から成るが、次の文字がある。

建仁三癸亥七月廿四日始之
大佛師法眼運慶 阿弥陀佛
少佛師十三人 番匠十人
造東大寺大勸進大和尚
南無阿彌陀佛

阿弥陀佛とは仁王像を作った仏師、運慶の法名、南無阿彌陀佛とは東大寺を再建した重源の法名である(平成3年10月18日、東大寺と美術院国宝修理所発表)。

(7) 阿形像内に戦国の鉛弾—永禄10年(1567)三好、松永が戦った際のものらしく左ひじの内側から、直径1.2cm、重さ9gの鉛弾を摘出した(平成4年7月9日、東大寺発表)。

(8) 「阿形 迫力新たに 解体修理終わる」—解体修理が終わった仁王像の「阿形」は、平成5年4月24日、報道関係者に披露された。

4. 阿形像内に残っていたスギノアカネトラカミキリの食痕

会員の広場

(1) 阿形像内の基幹材に食痕
像の骨格を成す基幹材(心柱)は、50 cm 角、長さ約 8 m の角材 6 本を使い、前 3 列、後 3 列に組み、かすがいと「貫」の横棒を通して接合されていた。この中の最も太い材のうち 3 本にスギノアカネトラカミキリの食痕が見られた。節の直径は 3 ~ 5 cm で、その上方、下方に虫糞の詰まった幼虫孔道があり、節の中に脱出孔も認められた。孔道の長さは短いもので 6 cm 前後、長いもので 10 cm 前後であった。孔道の周辺に普通見かける変色状態は、材が黒ずんでいて不明であった。心柱に使用した材は大径木であったが、無節の高級材ではなく、ごくありふれた節のある材が使われていた。食痕のあった節も、特徴はなく、ごく普通のものであった。これらの食痕の形態は、今日、スギ、ヒノキ、ヒバ等で見るものと同じであり、阿形像に残っていた食痕は、スギノアカネトラカミキリによるものであると判明した。

(2) 墨書銘のあったヒノキ材

阿形像の右手に握っている金剛杵(こんごうしょ)の裏面(幅 26.7 cm、長さ 105.8 cm)のヒノキ材に節があり、下方に幼虫孔道と思われる食痕があった。この部分はスギノアカネトラカミキリの被害と無関係であった。

5. 古くからあったスギノアカネトラカミキリの被害

重源は、文治 2 年(1186)に山口県徳地町に安養寺を創建し、ここを拠点に東大寺再建の用材確保に努めた。用材の伐採年代は、建久 7 年(1196)、正治元年(1199)、建仁元年(1201)等であるから、重源が安養寺を創建してから 10



解体修理が終わった仁王像「阿形」(平成 5 年 4 月 24 日、奈良・東大寺で、同 25 日、朝日新聞より)

年後に用材が伐採されたといえる。

2 体の仁王像の制作は建仁 3 年(1203)7 月に始まり、10 月に完成したというから短期間に作業が終わっている。したがって仁王像の材料は、ほぼ同じ伐採年代のヒノキを使ったと見て大過なかろう。山地に生育していたヒノキの枯枝にスギノアカネトラカミキリの成虫が産卵し、卵からふ化した幼虫が材内に穿入し食害したものであり、採材した材の太さ、長さから推定すると、食痕は伐採年代から 50 年以上さかのぼるものと考えられる。ヒノキ材の伐採年代が 12 世紀末であるから、生立木のときの食痕は、12 世紀前半と思われる。ヒノキ材に残るスギノアカネトラカミキリの食痕としては、最も古いものであるといえよう。山口県の「とびくされ」については、平成 3 年秋に発生した台風 19 号の被害調査が行われた際、森林総

合研究所関西支所の田畠部長が、被害丸太の集積所で木材の中にこのカミキリの食痕を認め、「とびくされ」が存在していることを確認している。スギノアカネトラカミキリは、山口県に分布しているから²⁾、古くから分布しヒノキに被害を与えていたことがうかがわれる。

(齊藤／齊藤 諦技術士事務所)
(五十嵐／前・森林総合研究所関西支所、現・ヤシマ産業株式会社)

参考文献

- 1) 光谷拓美：私信、1991、奈良国立文化財研究所
- 2) 日本鞘翅目学会：日本産カミキリ大図鑑スギノアカネトラカミキリ、342~343、講談社、1984
- 3) 高橋繁行：東大寺南大門の国宝大修理ルポ、仁王さん 800 年めのドック、Duark 2 月号、62~69、1990

第40回(平成5年度)森林・林業写真コンクール

優秀作品(白黒写真の部)紹介

主催/日本林業技術協会

後援/林野庁



▲特選(農林水産大臣賞)「出荷を待つ」
加納芳史(大阪府豊中市) ニコンF4,
ニッコールズーム80~200ミリ, オート
奈良県吉野にて



三席(日本林業技術協会賞)「天然木曽ヒノキの伐倒
作業」松原栄一(長野県木曽郡) キヤノンF-1,
35~105ミリレンズ, F8, 1/125 木曽郡木曽福島町
にて



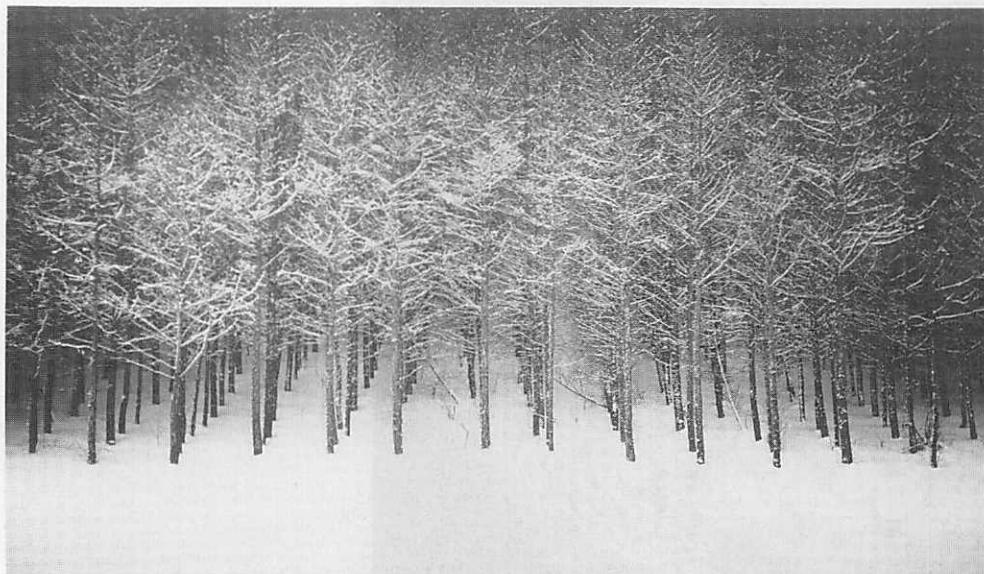
◀ 一席（林野庁長官賞）
 「森の波」石川竹利（静岡県
 沼津市） ゼンザプロニカ
 SQ-A, 200ミリレンズ, F 11,
 1/4 富士市十里木にて



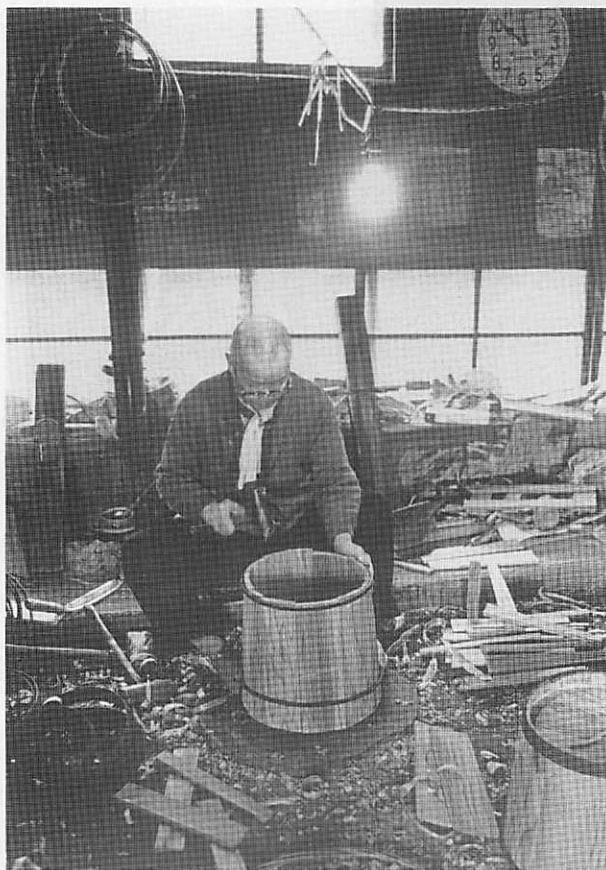
▲ 三席（日本林業技術協会賞）「林業の街」
 川口善也（岐阜県多治見市） ミノルタα 7700 i,
 100~300ミリレンズ, F 11, 1/250 北海道留辺
 藤町にて



▲ 三席（日本林業技術協会賞）「馬搬」
 玉手恒弘（北海道岩見沢市） ミノルタ x D,
 28~70ミリレンズ, F 16, オート 天塩郡豊富
 町にて



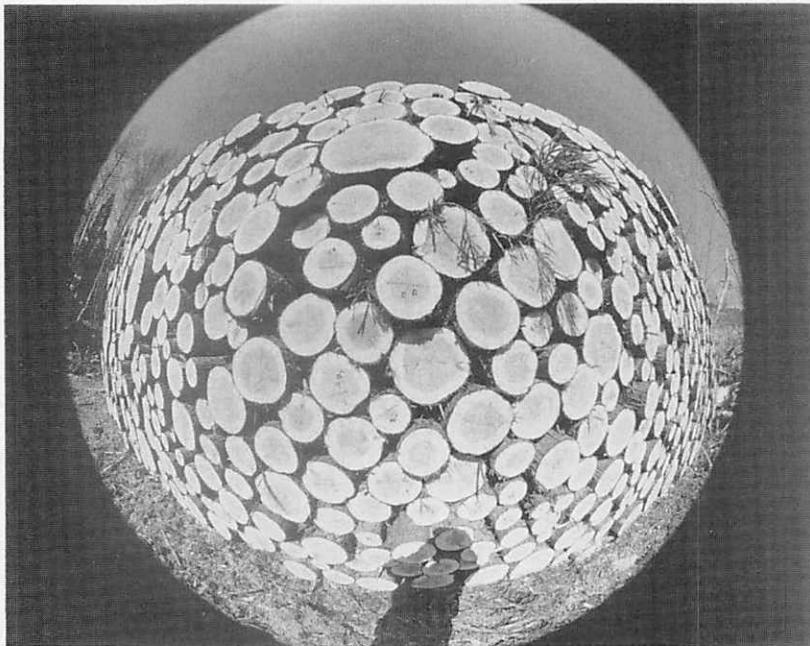
▲ 二席（日本林業技術協会賞）「冬の群舞」
一宮 勝（神奈川県横浜市） キヤノンAE-1,
F1.3 35~70ズーム, 1/100 北海道富良野にて



▲ 二席（日本林業技術協会賞）「樽造り」 長根正幸（東京都
葛飾区） ニコンF801, 35~70ミリレンズ, F4
千葉県野田市にて



▲ 三席（日本林業技術協会賞）「冬の農村」
山岡千賀子（香川県綾歌郡） オリンパスOM30,
35~135ミリズーム, F8, オート 岐阜県白川村
にて



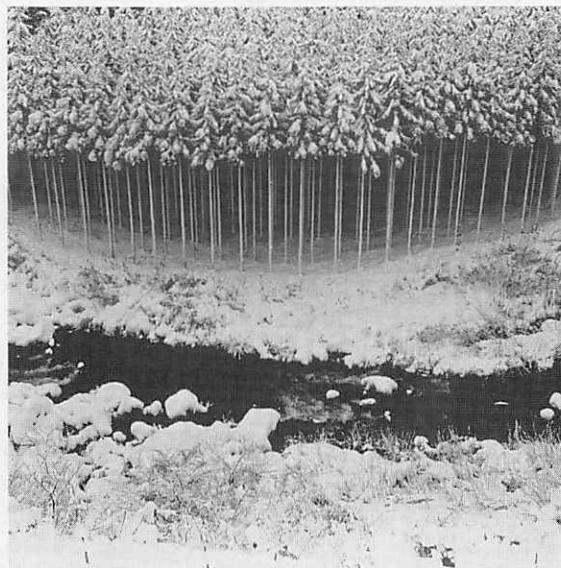
▲ 二席（日本林業技術協会賞）「杉丸太」
高橋 逸（青森県三戸郡） キヤノンA-1,
フィッシュアイ7.5ミリ, F16, 1/125 青森県
八甲田山にて



三席（日本林業技術協会賞）「老夫婦」
石田雅美（神奈川県横浜市） ニコンF 801,
35ミリレンズ, F11, 1/250 福島県南会津にて



◀ 佳作 「雪原を鹿が行く」 篠澤義雄（北海道
名寄市）キヤノンEOS 650, 35~105ミリレンズ



▲ 三席（日本林業技術協会賞）「雪の北山杉けい流」
山本成明（滋賀県大津市） ニューマミヤ 6, 75ミリ
レンズ, F 16, 1/15 京都市北区にて



▲ 三席（日本林業技術協会賞）「こぶ」 新岡正吾
(東京都練馬区) ニコンFE 2, 20ミリレンズ, F 22
明治神宮境内にて



▲ 三席（日本林業技術協会賞）「童心に返って」
山口茂之（東京都小平市） キヤノンF-1, F 28ミリ
レンズ, F 11, 1/250 代々木公園森林の市にて



▲ 佳作 「架線集材作業」 加藤正清（岐阜県
郡上郡） ミノルタα 7000, 28ミリレンズ,
オート 郡上郡美並村にて

農林時事解説

流域管理システム万歳を見た

新年明けましてお目出とうございます。昔の世も今の世も新年を迎える人は今年こそは良き年であれと祈り、夢を描く。

日本列島不況の真只中にあった昨年、日本経済のけん引車といわれる自動車や家電といった巨船が猛烈な嵐に翻弄されて気絶奄奄の星だった中で、小船の木材業界は堅調だった住宅着工にも助けられてか、あるいは自らの操舵がさえ渡ったためか、たいした事故もなく昨年を乗り切ったようで、まずは慶賀の至りと正月の御祝儀の意味も込めて言ってよいのでは。

さて、今年、来年あるいはもつと先の林業や林産業の姿を知りたいのも人情、そこで「魔法の鏡」

を拝借してこれからの姿を映し出してみると。

長い間の外材攻勢をもろに受け続けた日本の森林・林業は今や瀕死の状態。ちょっとやそっとの薬石ではその効が現れず、日本列島北から南まで人工林は、真っ暗な林内にモヤシ化した木々が根をあらわにしてやっと山にしがみついている無残な姿をさらす。山村が過疎化する中で細々と手入れをしている人も還暦を迎えると何年山に入れることか。主伐の現場も高齢者で支えられ、ふもとにある貯木場に目をやると径も品質も不ぞろいな丸太が小さな檻に積まれて引き取りを待っている。

“鏡”のアングルを一転、町場の

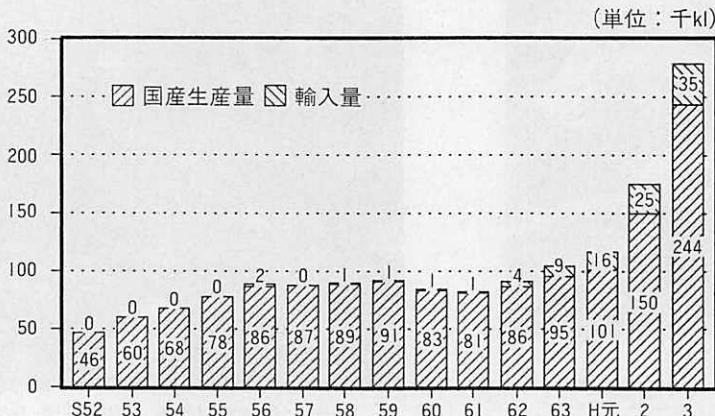
製材工場に移すとそこは旺盛な木材需要に支えられてか帶鋸盤が高速回転で製材品を生み出し、荷を搬送するトラックの出入りが忙しい。その荷は寸法、品質がそろいロットも大きい。色白で木目も整然とした材はこれから大手工務店に直送されて即刻プレカット加工が施される。こうした製品を生み出せる原本は遙遠大海原を渡ってきたとつくに育ったもの、日本の山懐深くにまで入り込んだでは国産材を追い出し市場を席捲しているのである。価格が安く、高規格品質がそろい、量的にも安定して供給することが商品として絶対優位を確保できることの実証でもある。

そこで“鏡”は、林野庁が敢然と立ち上がり外材攻勢に挑む必殺技として編み出した「流域管理システム」を数年後にタイムスリップして映し出す。

林業生産活動の単位となる158の流域では、民有林・国有林が一体となった活動が一斉に始まり、日本林業に大いなる活気が数十年

統計にみる日本の林業

わが国の容器入り飲料水の推移



資料：(社)全国清涼飲料工業会、大蔵省貿易統計より

わが国は、比較的降水量に恵まれているものの、大半が台風時や梅雨期等に集中しており、また、河川の流路延長が短く、勾配も急なことから、河川流量の季節的な変動が極めて大きくなっている。

しかし、わが国は、国土の7割が森林に覆われていることから、雨水の多くが、林床の下層植生や森林土壤の落葉層等にしばらく貯留され、大気中に蒸発散するものもあるが、徐々に土壤に浸透し、最終的には地下水となって渓流等へ流出している。

雨水は、この過程の中で、森林や土壤等によって、水質の浄化等が行われている。

現在、このような森林から生み出される水が、商品として販売されている。平成4年10月1日現

ぶりでよみがえっている。とある地方では広域な森林に民有林と国有林が混在し、森林所有者の数は数千にも及ぶが一糸乱れぬ意志統一（ここが特に大事である）の下、川下関係も含めて組織された「協議会」が綿密に策定した施設計画によって、林内では若い女性が高性能林業機械を駆使、間断なく運び出されてくる丸太は新設された加工場でさまざまな製品となり、一部の丸太は他地域の市場に出荷されていく。完全に軌道に乗った生産体制でコストは大幅ダウンし順調に収益を上げた結果、職員の待遇は公務員を超して都会からUターンの若者で村々があふれ、協議会長は連日の結婚式招待に音を上げることになった。

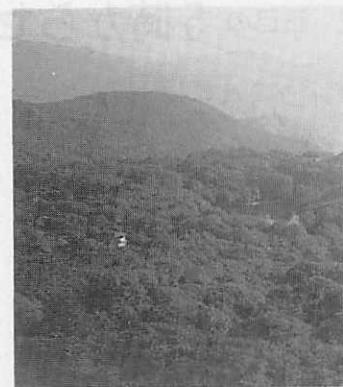
そういうえば内陸の製材工場は軒並み設備を国産材用に切り換えていたとか。今朝のテレビが国産材のシェアが40%を超えたと伝えていた。魔法の鏡で見た一富士二鷹三茄子である。

在、森林を源流とする湧水、渓流水（伏流水をポンプアップしているものを含む）から取水し、飲料適の水として販売されているミネラルウォーター類は、約140種類にも及んでいる。

また、わが国に供給される容器入り飲料水の推移を見ると、昭和52年には、全体で46千klだったものが、昭和63年には、初めて10万klを超えた。平成3年には、279千klと昭和52年の約6倍に伸びている。特に、国産の生産量について見ると、昭和52年には、供給量のほぼ100%の46千klだったものが、平成3年には、全体の約88%，昭和52年の約5倍の244千klに伸びている。

林政拾遺抄

タタラ遺跡



ブナ林に囲まれた水源池

森林文化教育フォーラムで広島市を訪れたとき（平成5年8月23～25日）、吾妻山に登った。晴天に恵まれ、山頂からは美しい中国山地の山並みが一望できたが、山の中腹の所に、こんもりとしたブナ林に囲まれた小さな池が、明るい太陽の光を受けて輝いていた。そこは、かつてこの地方に栄えたタタラ流しの水を供給した水源池であった。タタラ（鉄穴）流しとは、古代から明治の初めまで続いていた砂鉄生産方法で、砂鉄を含む花崗岩の山を切り崩し、その崩した土砂を水を利用してマサ状の土と砂鉄に比重の差によって分離する作業のことであるが、その水を蓄え流し続ける池なのであった。

古代から砂鉄を生産していたこの地方は、戦国時代も武将たちの争奪の的になり、激しい騒乱の渦に巻き込まれていた。しかし、この水源林だけは騒乱の外にある「聖域」として大切に守られていた。それは、このブナ林からの水は下方の住民たちの生活用水としても重要だったからで、その意義は、タタラのなくなった現在も変わっていな

い。古代から現在まで、時間を超えて自然林のまま維持されてきたタタラ遺跡ともいえる珍しい森林が、このブナの水源林であった。

吾妻山頂からは針葉樹と広葉樹とを画する一筋の境界線を、向かいの比婆山の山腹に見た。その線は比婆山の7合目辺り（標高900m付近）にあるもので、上方は広葉樹の自然林として伐採が禁じられ、下方は木炭生産用原木の採取地として伐採を続けた後に人工林にした、地域の人たちの山とのかかわり合いを示す線であった。上方の広葉樹林内にはイザナミノミコトを祀る石があり、古くから御（神）陵として地域の人々に崇敬され、その周りの森林は古くから自然のまま維持され、下方の森林はタタラ炭や、タタラの衰滅後は家庭用木炭の原木供給地として利用され、燃料革命後に人工林に転換した山である。

ブナ林に囲まれた丸い池、山肌についている一筋の線は、2つとも長い歴史に育てられた、タタラを媒介とした森林と人間とのかかわり合い（森林文化）を示す具体的な表象なのである。

（筒井迪夫）

芝 正己の 5 時からセミナー 1

東風・西風

以前、ドイツはミュンヘンで生活していたときのこと。ソーセージを売るスタンドで、焼きたてを買うべく店の女性とやり取りをしていましたら、横から妻が「ソーセージを食べやすいように切つとこうかって聞いているじゃない！」と私をつづきました。

私は、これにはショックを受けましたね。なんでドイツ語学校に4ヶ月間も缶詰で行かされた私にわからず、学生時代に習ったドイツ語のドの字もきれいさっぱり忘れて4ヶ月遅れでやって来た妻にわかったか——。ショックを隠しつつ妻に聞いてみましたところ、「店の人は、外国人だからと一生懸

命、手で切るマネをしてくれていた」んだそうです。なるほどね。

ここで私は少しばかり安心したのですが、よくよく考えてみしたら、安心していいわけではないのにも気づきました。私は、店の女性の真正面にいながら彼女のジェスチャーが“見えなかった”からです。

人と意志を通り合わせるのに最も便利なのは、言語です。けれども、自分の思いを伝えるには、もつとたくさんの手段があります。目の表情、顔の表情、手ぶり、身ぶり等々。店の女性が示してくれた伝達の方法は、まさにこの“手ぶり”でした。が、残念なことに

それがわからなかった。ドイツ語でコミュニケーションしなければならぬ、と固く思い込んでいた私には、言語以外の姿は見えなかったのです。

これは些細な例ですが、皆さんにもこうした経験はありませんか？ 言語に頼るあまり、恋人の、奥さんの、赤ちゃんの、外国人の、病人の表情や態度を見逃してしまったことは。さらに、勉強や仕事においても、こうした経験はありませんか？ 1つの現象にとらわれるあまり、全体が見えなくなってしまったこと。1つの現象を見て“すべて”だと勘違いしたこと。特殊性を探し出すのに熱中するあまり、数多くの共通性を見逃してしまったこと等。

山を語り、山を学問し、山で仕事をする私たちですが、こうした落とし穴には十分気をつけなければなりません。私のドイツでの体験のように、「見たいものだけを見てし

本の紹介

青沼和夫 著

再考

山武林業



発行：グリーン企画

〒206 東京都多摩市落合5-9-31-2

☎ 0423 (76) 6870

1993年3月20日発行

A5判、151頁

定価1,600円（消費税込）

山武林業は千葉県の山武町を中心とした林業である。

その歴史は古く、かつてはサンブスギが秋田スギと優劣を競った良質材であったことを知る人も少なくなった。

山武林業、サンブスギの文献も少なく、山武林業の技術、育林思想を再考し、今日の林業のあり方を考えてみたい、そんな思いから執筆されたものである。

山武林業の技術は

「混交異齢の多層林を形成し、長期間かけて伐採的に伐採していく。その施業法は林業・林学の理想に近い」

そして

「往昔の山武林業は他のいかなる地方の林業よりも合理的な施業であった」

また

「山武林業は健全な森林生態系の存在を基礎としている」

と評価されてきたのである。現在進められている単純林から複層林へ、また熱帯雨林での造林事業に至っても示唆に富む知恵を与えてくれるだろう。長い時間をかけて造り上げた山武林業の技術は、わが国の林業の原点を見る思いがする。

山武林業の特徴は、マツの前植、スギの樹下植栽という二段林。山武地方はスギの生育環境としては適していない。このことが独自の造林技術を生み出した。江戸、明治、大正、昭和と山武林業がそれぞれの時代にどうこたえていったか。それは山武林業の発達そのものである。かつては九十九里漁業

まう」ミスだけは犯さないでいただきたいものです。見たいものも見たくないものも、すべて含めて現実を観察し、分析してゆく。そんな作業の積み重ねからしか、未来にわたって役立つ方法論というものは生まれないのではないか、と考えるからです。

わずか2年のドイツ生活でしたが、日本と欧州の山や森の違いをたくさん見てきました。そこで暮らす人たちの考え方や、やり方の違いも、大きな驚きでした。けれども、山や森を愛し、大切にはぐくんでゆこうとする心根は同じでしたし、考え方や方法の違いも、それはそうなるざるを得なかった環境や歴史があったからこそ、というのも理解しました。そんな思いを底に流しながら、このシリーズをつづってゆきたいと思います。どうぞよろしく。

(三重大学生物資源学部)

の船材として、あるいは干鰯用の浜薪、納屋材、江戸の建築・建具用材として供給されていた。本書は山武林業を支えてきた人々、農民の生活、蕨家の林業経営の歴史を見ることで、山武林業の実相が浮かび上がってくる。

なお、山武林業の造林技術、クロマツ林の林床に本命の樹種を植栽する手法が、明治神宮の林づくりの手本になったという。当時、神宮の林を造るべく関係者は山武林業地にたびたび足を運んだという。つまり神宮の林は山武林業の造林技術が造り上げたものと言えそうだ。興味ある話である。

なお、著者、青沼和夫氏は千葉県林業試験場で長年山武林業、サンプスギを研究してきた。

(石井健雄/グリーン・エージ)

((こだま))

メモリアル フォレスト

大都市では現世の住宅問題もさることながら、死後の住まい——墓地——を確保するのもなかなか大変なそう。もちろん、地獄の沙汰も金しだい、出すものを出しさえすれば問題ないのだが、大方は老後の日々の暮らしのその先のことまで思い悩まなければならないということになる。

東京都では、お墓の新規需要に対処して大規模な納骨堂を造ったが、期待に反して“即日完売”とはいかなかったようだ。線香や生花その他の供え物はできないという施設保全上の規制が、長年培われてきた墓所に対する人々のイメージに合わなかったのだろうか。墓地は墓地らしくということになると、供しする土地は近傍の山林しかなく、これは都市周辺緑地として生活環境保全上重要な地帯であり、もうこれ以上の開発は避けたい所もある。環境を損なわず、亡くなった人も手厚く葬るには、さて、どうしたものだろうか。

最近、遺骨は自然に帰してほしいと願う人も多いという。山や川、海への散骨である。考えてみれば、今のお墓というのはどうも不自然だ。磁器の壺に入れられ、針金でぎりぎり巻きにされてからコンクリートで囲わ

れた穴の中に置かれるのでは、土に帰るわけにはいかないではないか。また、さまざまな考え方があるのを承知で、誤解をおそれず言うならば、神式、仏式その他を問わず一連の祭儀を煩わしいと思う人もいるだろう。

宗旨にとらわれず、死後は自然に帰りたいと願う人に人工林の壮齡木を1本提供するはどうだろう。木の根元に遺灰（この場合は）を埋め、その木を墓標代わりとして50年ぐらいは伐採しないで存続させる。これら跡形もなくなってしまう単なる散骨と違って、遺族も折りに触れそこを訪れて、木の成長を見守り故人を偲ぶこともできる。森林を提供する側は、もちろん相応の対価、半分は墓苑の維持管理費に、残りをほかの林地に投資し、資源造成、環境維持に役立てられるくらいの額を申し受けることにする。伐期100年なら最終的に1ha約100本残るとして、利用料は通常墓地より相当安く設定できそうだ。

これから、労働力不足で長伐期に移行せざるをえない林分や環境への配慮から伐採がはばかられる林分が増えてくるだろう。そのような林地の活用法も考えなくてはならない。

(喝三度)

(この欄は編集委員が担当しています)

迎 春

社団法人 日本林業技術協会

支 部 支 部 長 支 部 幹 事

北海道

馬根原藤倉戸根田根田後森子橋木重沢野林治
山垣瀬中中野山井田田村田尾原名田塙原下根野里
對東柳佐片水海金曾藤向小增高元尾小鷹若伊佐
伊沖中稻中田竹眞池平前菅三沖山市高三芝浦藏山高長柳屋新
衛夫智郎郎彦史二修男儀一夫也司夫助夫博一登明浩一輔明孝之雄嗣至一人到敬広玄滋章章人溥也晴吏一
喜清秀健清六昭雅敏 妃潤幸誠庄恒泰朋省英勇俊隆正規了本圭久知繁乙勝重達久研重
藤尾花川原田保田閔池野川田藤澤本田柳木地川本村野垣辺椋内戸藤橋田 良川井原田池田松山洲
須田尾中菅太大竹大小吉古室佐深山島青茂宮漆橋中今谷真小堀井加石太龍堀上星青杉楠菊前太並林内高
森手城田形島城木馬玉葉京川潟山川井梨野阜岡知重賀都阪庫良山取根山島口島川媛知岡賀崎本分崎島繩
奈 歌

一吾郎晃徳雄明六男志一保栄敬雄生彦之太達祥史美志男司一保宏男部熙一男浩光忠夫忠章大勤清藏文生
鴻正末次誠光典翔俊人伸宏和久英和信永彰隆俊裕忠誠正克澄式柳日芳善和義力重博朝
川馬根原藤倉戸老根田根田後森子橋木重沢野林治山垣瀬中中狩山井田田村田尾原谷井田塚原下橋野野里
中對東柳佐片水海金曾藤向小增高元尾小鷹若伊沖中稻中田竹眞池平前菅三沖山市高三芝浦藏山高長柳屋新
昭衛夫智郎郎彦史二修男儀一夫也司夫助夫博一登明浩一輔明孝之雄嗣至一人到敬広玄滋章章人溥也晴吏一
宗清秀健清六昭雅敏廸潤幸誠庄恒泰朋省英勇俊隆正規了本圭久知繁乙勝重達久研重
寺藤尾花川原田保田閔池野川田藤澤本田柳木地川本村野垣辺椋内戸藤橋田良川原田池田松山洲
小須田尾中菅太竹大小吉古室佐深山島青茂宮漆橋中今谷真小堀井加石太龍堀上星青杉楠菊前太並林内高
道森手城田形島城木馬玉葉京川潟山川井梨野阜岡知重賀都阪庫良山取根山島口島川媛知岡賀崎本分崎島繩
海奈歌兒

支 部 支 部 長 支 部 幹 事

治寿一	男昭郎郎	一造夫	明丘志平	政功
雄	龍睦義悦	多重榮結	城	櫻好
野内室	藤藤日澤	島谷	下崎村森	田士
坂堀小林佐工	春野中閔	山宮中小	福開富	隆美智也
三一朗	一智郎宣	一司郎	彌彥次則	次仁清
敬隆志紘	善俊統	忠吉利正昭正	仁貫渡	大船
本藤田易	本山藤見	東田野田井中	井	伴大船
岡後朝中	橋横安速	堂村瀬森藤田	森藤田	林所林園
道川見広	館森田橋京野	屋阪知本	野研究公	林森開合發
北旭北帶	函青秋前東長	名大高熊	古	北

大学支部

穗哲工人夫彦徹 代永志子雄里一子和夫寿秀
高リ義秀浩 浩和仁紀睦千榮真義達福泰 純今龍幸練
一郎茂夫人司郎實久士治栄聰夫也二記洲弘人夫道誠芳誠佐也
混教義洋洋 佐二佐良浩忠良浩康東幹隼成知今重弘
菅比神笠酒峰中 黒杉山原小竹伊赤吉伊山長山後吉北松安
野根田原井松村 嶺本本嶋中藤塚田藤本山本藤良原下里
原中橋原林野崎田波宮嵐原藤木田島野原詰桐見本良塚
藤田高笠小上熊中難真近菅伊只富福古梶橋片伏山吉大林林
北岩山宇東東筑東日玉新信静名岐三京京鳥島愛高九宮鹿琉

霞が関発 林政のニュースメディア

隔週刊

林政ニュース

B5判20頁 年間購読料14,400円(月1,200円、消費税・送料込み)

本年4月創刊!!

- 政策、予算、人事など

激動する林政の最新ニュースをお伝えします

- 読みやすくわかりやすい解説(「緑風対談」)で

ニュースの背景に迫ります

最新の林政ニュースを追跡、わかりやすく解説する「ニュース・フラッシュ」、政策・予算の背景、人事異動評など耳寄りな話題を問答形式で掘り下げる「緑風対談」のほか、都道府県・市町村の最新動向を伝える「地方のトピックニュース」、技術開発の最新動向をピックアップする「R&Dの最先端」、読んでおきたい本・雑誌から役に立つ部分を紹介する「メディア・ウォッチ」、読者の皆様からの投稿などを随時掲載していきます。

お申し込み・お問い合わせは(株)日本林業調査会へ

好評既刊

岩井 菊彌著
森林と林産業
二、〇〇〇円(税込310)

スリーエム研究会編
ヨーロッパの
森林と林産業
二、〇〇〇円(税込310)

写真と図で学ぶ
正しい作業の
やり方
森林・林業・木材
の税金
一、二〇〇円(税込310)

林野庁監修
森林・林業を考える会編
伐木造材から
集運材まで
一、八〇〇円(税込310)

わかりやすい
森林・林業・木材
森林・林業
三、〇〇〇円(税込380)

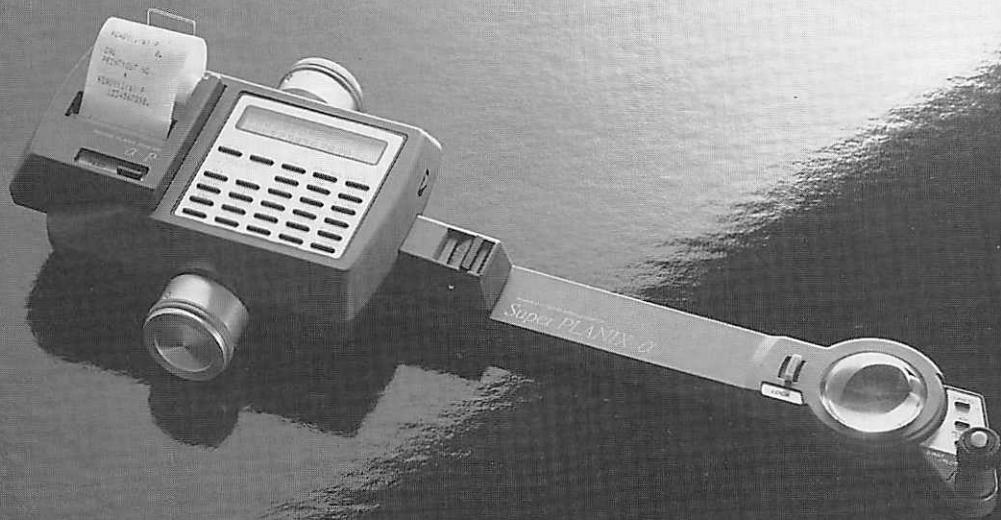
わかる 日本の
森林・林業
よくわかる
森林・林業
二、五〇〇円(税込310)

編集協力林野庁
森林・林業
一、七〇〇円(税込310)

親子で
森林と木とくらし
のなんでも相談室
森林研究会編
森林・林業・林業
一、七〇〇円(税込310)

日本林業調査会

〒162 東京都新宿区市谷本村町3-26 ホワイトビル内
電話(03)3269-3911 振替(東京)6-98120番 FAX(03)3268-5261



座標測定
辺長測定
線長測定
面積測定
半径測定
図心測定
三斜測定
角度測定
デジタイザ
電卓機能

測定ツールの新しい幕明け
スーパー・プランニクスα
アドバンス
誕生。

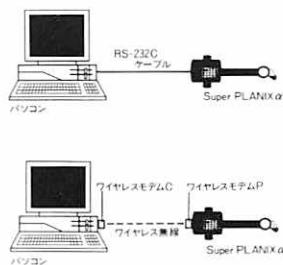
TAMAYA DIGITIZING AREA-LINE METER

新製品 *Super PLANIX α*

- 標準タイプ ¥198,000 (ACアダプタ、専用プラスチック収納ケース付)
- プリンタタイプ ¥230,000 (ACアダプタ、専用プラスチック収納ケース、ロール紙付)

タマヤのスーパー・プランニクスαは、①座標 ②辺長 ③線長 ④面積 ⑤半径 ⑥図心 ⑦三斜(底辺・高さ・面積) ⑧角度(2辺長・狭角)の豊富な測定機能を持っています。オプションとして16桁小型プリンタ、RS-232Cインターフェイスケーブル、無線によるワイヤレスモジュールのいずれかが接続可能です。

名器PLANIX5000の優れた機能を継承・発展させたスーパー・プランニクスα、抜群のコストパフォーマンスで図形測定のスーパー・デバイス新登場。



 TAMAYA

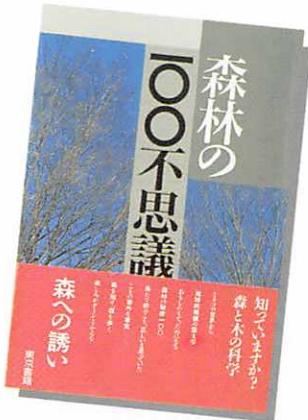
タマヤ計測システム 株式会社

〒104 東京都中央区銀座4-4-4 アートビル TEL.03-3561-8711 FAX.03-3561-8719

●書店で買える! 100不思議シリーズ

森林の100不思議

- (社)日本林業技術協会 編集
- 森林総合研究所所員82名による執筆
- 四/六判217ページ
- 定価1,010円(本体981円)



熱帯森林の100不思議

- (社)日本林業技術協会 編集
- 森林総合研究所、熱帯農業研究センター、大学ほか91名による執筆
- 四/六判219ページ
- 定価1,200円(本体1,165円)



熱帯林の100不思議

- (社)日本林業技術協会 編集
- 森林総合研究所、熱帯農業研究センター、大学ほか76名による執筆
- 四/六判217ページ
- 定価1,200円(本体1,165円)



森の虫の100不思議

- (社)日本林業技術協会 編集
- 森林総合研究所、都道府県林業研究機関、農業環境技術研究所、大学ほか73名による執筆
- 四/六判217ページ
- 定価1,200円(本体1,165円)



100



土の100不思議

- (社)日本林業技術協会 編集
- 森林総合研究所、農業環境技術研究所、農業研究センターほか85名による執筆
- 四/六判217ページ
- 定価1,030円(本体1,000円)

