

建設の機械化

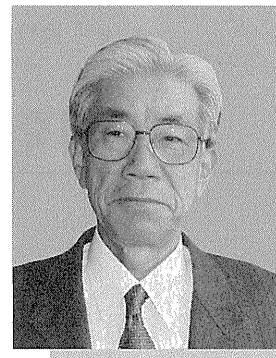
2003 JANUARY No.635 J_CMA

1

●建設のフロンティア特集●



高速型ロータリ除雪車 JR 220(H)型 TCM 株式会社

巻頭言**年頭のご挨拶****玉光 弘明**

平成15年の年頭にあたり、謹んで新年のお慶びを申し上げます。

昨年夏ごろ、わが国の景気は底入れしたといわれましたが、依然として、厳しい状況が続いております。小泉内閣が構造改革を打ち上げてから1年半経ちますが、改革の基本となる不良債権処理が思うように進んでいないところに、テロや世界的な経済不況が追い討ちをかけているといわれています。政府は改革の実効を挙げるため、さらに細かい行動計画として昨年10月末、企業再生対策を含む総合デフレ対策に続いて、4.2兆円の追加予算を支出することとなりました。今度こそ不良債権処理を完了して改革を達成したいものです。この苦しい時期を耐え抜けば、この鍛えられた精神力は将来のために大いに役立つことでしょう。

日本建設機械化協会としては、建設施工技術と建設機械の開発を行い、安全対策と工事費の低減に努めてきましたが、今後も一層の努力が期待されています。

また排気ガス規制など地球規模の環境対策は、人類生存のため最も重要な課題であり、ITや新材料の問題とともに、新技術開発の中心として本年も取り組んでいきたいと思っております。

昨年来、当協会としては、部会の統廃合、企画部

の設置など、組織の強化により、新しい課題への対応を図ってまいりました。研究所の名前も施工技術総合研究所に変更して、きめの細かい事業の展開をはかってまいりたいと考えています。今年はいこれらの新体制を定着させる時期でもあります。一層の努力をいたす所存です。

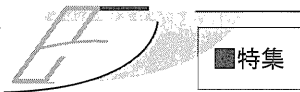
また、従来から続けてまいりました建設生産システムの研究成果を取りまとめ、将来への協会のVisionをまとめる年でもあります。会員一同の知恵を結集してつくりあげるつもりです。

新しい年の行事としては、早速1月30日から2日間、小松市において、除雪機械の展示会があります。恒例のCONETも今年開かれる年ですが、経済不況の時期ですが、知恵を絞り、工夫をして建設施工技術にも重点をおき、内容を魅力あるものとして、9月4日から6日まで、幕張メッセで開催する予定です。

その他、日本建設機械要覧作成の年にもあたり、利用者が使いやすく、便利なような内容と検索方法を考えた図書にする予定です。

本年も現下の不況をはね返すべく、会員皆様のご協力とご努力をお願いする次第です。一層のご健康とご活躍を祈ります。

——たまみつ ひろあき 社団法人日本建設機械化協会会長——



宇宙開発の現状と将来動向

井口 雅一

日本の宇宙開発は、数年前のロケット打ち上げ連続失敗から、立ち直りつつある。すでに宇宙からの情報は、気象情報など知らず知らずのうちに社会に溶け込んでいる。これからは安全保障のための情報収集から、災害対策、地球環境対策のための地球観測、測位など、社会の基盤となる情報や、国の政策決定に重要な情報を提供することになる。一般の人が宇宙旅行をするまでにはまだ時間が掛かる。その間に基礎技術を開発し、欧米に比べて少ない予算を効率的に活用し、世界に遅れることなく、自律的な宇宙活動を確保し発展させたい。

キーワード：宇宙開発、ロケット、人工衛星、衛星通信、衛星放送、地球観測、測位、国際宇宙ステーション

1. 社会に溶け込んだ宇宙情報

1957年ソ連が世界で初めて人工衛星を打ち上げてから約半世紀、宇宙からの情報はいろいろな面で社会生活に溶け込んでいる。テレビの天気予報では気象衛星「ひまわり」の画像が雲の動きを早送りで見せてくれ、気象予報の妥当性を実感させてくれる。

現在の「ひまわり」(GMS5号)は1995年に打ち上げられた。1999年に後継機の打ち上げに失敗したため、設計寿命の5年を過ぎたのに働かされている(図-1)。ひまわりの機能が低下した場合の対策は講じられているし、第二の後継機の打ち上げも2003年に予定されているから心配は少ないにしても、もし、気象衛星が使えなくなると天気予報はもとより台風の進路予測の精度が落ち、日本ばかりかアジア諸国に大損害をもたらす可能性がある。そのくらい気象衛星は社会の重要な役割を

担っている。日本の衛星TVを外国でも見るができるのは放送衛星のお陰である。宇宙に浮かぶ青い地球はインターネットで探せば衛星画像でいつでも見られるし、米国のハッブル宇宙望遠鏡は深宇宙の神秘的な画像を見せてくれる。

自動車に搭載されているカーナビゲーションは、昔は道路上を走っていても道無き道を走っていることを表示するような低い精度だったが、衛星を使ったDGPS(誤差修正型の全地球測位システム)を利用するようになって誤差は無視できるようになり、爆発的に普及した。

宇宙旅行は宇宙飛行士にならなければできなかったが、一般人でもお金さえ出せば不可能ではなくなった。もっとも、ある程度の体力があって約一週間の旅行で二十数億円の旅費が掛かるようでは、誰でもと言うわけにはいかないが。

2. 日本の宇宙開発の歴史

日本のロケット開発が1955年に東京大学生産技術研究所で、糸川教授を中心に実施されたペンシルロケットの実験から始まったことは良く知られている。このロケットの研究開発は現在宇宙科学研究所に引き継がれて、固体燃料ロケットM-V(ミュー5型)に発展し、宇宙科学の研究に活躍している。間もなく「MUSES-C」(ミューゼスC)計画と呼ばれる科学衛星がM-Vロケットで打ち上げられ、地球に接近する小惑星の表面から「かけら」を地球に持ち帰る技術を確立する。

日本の実利用分野での宇宙開発は、主として宇宙開発事業団が実施している。宇宙開発事業団は1969年に設立され、ロケットと実用衛星の開発を推進してきた。当

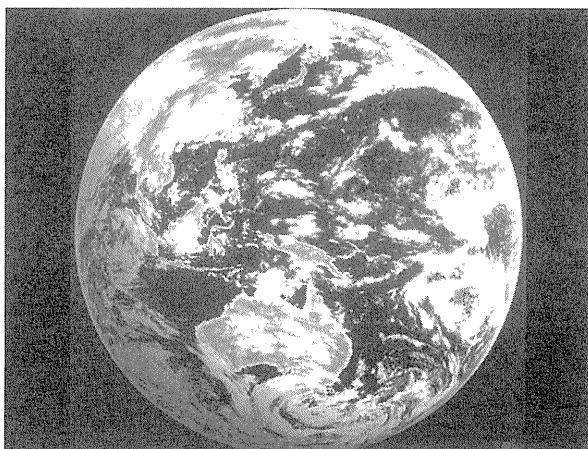


図-1 ひまわり画像(宇宙開発事業団提供)

初、自主開発をするという意見もあったが、最終的には米国から技術導入する事に決まった。その結果、少ない資源と短い年月で効率よく技術を習得することができた。

1990年代には自主技術により大型ロケット H-II を完成させた。しかし円高にも見舞われてコストが高いものになってしまった。そこでコストを半減させた H-II A を開発した。2002年9月末現在、3機の H-II A ロケットの打ち上げに成功している。

実用衛星で一番良く知られているのが前述の気象衛星「ひまわり」で、5機まで打ち上げられ、5機目の設計寿命が過ぎているのに、老骨にむち打って働いている。

衛星放送と衛星通信は宇宙利用の中で一番早く実用化した分野である。衛星放送は多くの視聴者を獲得している。世界で起こる大事件の画像は即座に衛星通信を通して世界中を駆けめぐっている。

3. 日本の宇宙開発の現状

20世紀も終わろうとする1998年、1999年、2000年と足掛け3年間に3機続けてロケットの打ち上げに失敗した。最初の2機は宇宙開発事業団の H-II ロケットであり、3機目が宇宙科学研究所の M-V ロケットである。

それ以前の数年間、衛星系の故障がたびたび起こるようになっていたが、3機のロケット打ち上げ失敗で20世紀を締めくくることになってしまった。H-II ロケットの製造を止め、改良型ロケット H-II A を完成させて使うことに切り替えた。

宇宙開発事業団の理事長が交代し、開発責任体制を明確にすると共に、開発方針として高信頼性実現を第一に

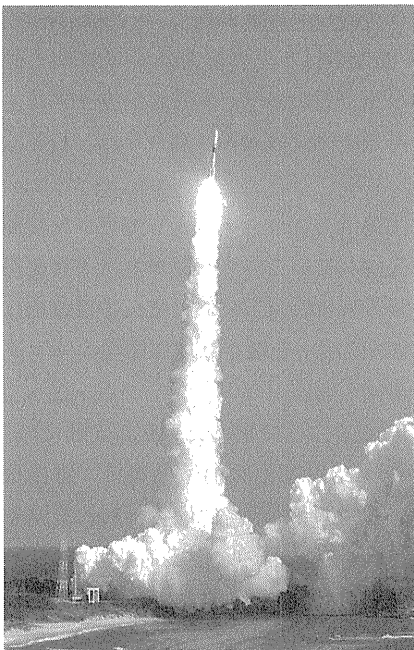


図-2 宇宙へ！
H-II A 3号機
の打ち上げ成功
(宇宙開発事業
団提供)

掲げた。約2年間、打ち上げ延期をしてロケットの信頼性改善に努めた後、2001年8月と2002年2月に H-II A の試験機の打ち上げに成功し、2002年の9月には本格的実用ロケットとして3機目の打ち上げに成功した(図-2)。

ロケットにせよ衛星にせよ、宇宙製品は一発勝負で勝敗が決まる。地上のシステムであれば実用状態で試験をして、問題があれば手直しが利くが、ロケットも衛星も打ち上げてしまえば全く手直しが利かない。したがって高信頼性が要求される。そのために高価になる。だからあまり多くの地上テストができないという厳しい条件が課せられている。高信頼度製品を安く作り上げる生産技術を開発できれば、宇宙製品ばかりでなく日本の製造産業が再び世界を席卷できる。宇宙開発は宇宙という残されたフロンティアの開発だけでなく、そのような重要な役割を担っている。

失敗が続き、宇宙への輸送手段であるロケットの開発に手間取ったために、運ばれる衛星の開発にも遅れが生じ、国際競争力が十分とは言えない。日本の衛星運用事業者も海外から衛星を調達している。現在地球を回る運用中の衛星は世界で千個以上あると言われながら、国産衛星は残念ながら十指に満たない。

国際競争力はまず高信頼性が要求される。高信頼性は宇宙に打ち上げて実証する必要がある。ロケット技術が確実になれば衛星の宇宙実証の機会も増え、国産衛星の数も増えてくるであろう。

4. 日本の宇宙開発の特徴

日本の宇宙開発は平和利用に限られている。諸外国の宇宙開発は軍事と連携関係にあり、宇宙産業の多くを軍需が支えている。日本の宇宙機関の政府予算は3千億円に満たないが、米国は3兆円を超える。NASA 航空宇宙局と国防総省とがほぼ半々を占める。欧州の ESA 欧州宇宙機関関係の予算も日本の2倍以上となっている。宇宙関連の民需も入れた日本の宇宙産業規模は1兆円程度である。日本の現在の経済状態では、政府の宇宙開発関連予算が大幅に増えることは望めない。諸外国のように軍需が宇宙産業を下支えする事も望めないの、民需、官需などの分野での需要を増やしていかなければならない。

これまでの宇宙開発は技術開発中心で、成果の利用を拡大する努力は少なかった。ロケットは衛星の輸送手段だし、衛星は通信・放送・測位や、気象をはじめとする地球観測の手段である。最終成果は衛星が提供するサービスと宇宙から得られる情報である。これらを利用するいわゆる利用産業を開拓することがこれからの重要な課

題である。宇宙利用産業が衛星やロケットの需要を牽引する状況を早く実現したい。

5. 将来の輸送系（ロケット）

現在のロケットは使い切りである。輸送できる荷物はわずかで、打ち上げ時の重量の9割以上が燃料である。そのため極めて高価である。将来は再利用型になるといわれている。スペースシャトルは再利用しているが、今の形式では米国でも音を上げるほど高価である。

宇宙空間は真空で何もないので、燃料を燃焼させるには酸素あるいは酸化剤をロケットに搭載しておかなければならない。この重量が大きい。打ち上げの最初は大気中なので、そこに20%ほど含まれる酸素を酸化剤として使えば搭載しなくても済むので軽量化できる。航空機は翼によって空気揚力を利用するうえに、大気中の酸素を使うので軽い。

宇宙輸送系も大気中は航空機型で、宇宙ではロケット型にする研究が進んでいる。しかし、一つのエンジンで両方を兼ねさせるのは容易でない。開発には時間が掛かる。そこで途中段階として、航空機とロケット機との抱き合わせ型が考えられている。それでも実現するまでには十年は掛かる。それまでは現在の使い切り型のロケットが使われるので、H-IIAの次世代型が必要になってくる。現在検討中である。

6. 通信・放送・測位

通信衛星と放送衛星は研究開発目的と実用目的のために一番早く開発され、数多くの衛星が実用された。ところが1990年に「実用衛星については内外無差別の公開調達をする」という日米合意が取り決められ、その後は研究開発目的の開発しか行われていない。そのうえ、技術試験衛星3機に故障が起き、十分な技術開発が行われたとは言い難い。しかし、商業用通信衛星は民間企業により国際調達されて打ち上げられ、衛星通信サービスや家庭向けのCS放送、BS放送などが盛んに行われている。

2001年に政府のIT戦略本部が策定した「e-Japan重点計画」で、「世界最高水準の高度情報通信ネットワークを形成するために行う研究開発」の一環として、2005年までに超高速インターネット衛星（WINDSと呼ばれる）を打ち上げ、無線超高速大容量の通信技術を開発し宇宙実証を行う。実用化すれば地上系の光ファイバなどの通信網が届きにくい離島や山間部などの過疎地、島嶼地域などのデジタルデバイドを解消することができる。間もなく自動車などの移動体を対象とした衛星ディジタ

ル音声放送の民間サービスも始まる。自動車で長距離を走ると地域ごとに選局をやり直すという不便が解消する。

GPS（全地球測位システム）を使った測位も自動車のカーナビゲーションや携帯電話に組み込まれて普及してきている。これから研究開発が始まる準天頂衛星システムでは、GPSを補完することによって測位誤差をメートル単位まで少なくする計画である。また、衛星のひとつがいつも頭上近くにあるように運用されるので、ビル陰、山陰の影響が無くなり、自動車はいつでも画像を含む大容量の情報を衛星から受けることができる。

国土地理院の電子基準点近くでは、そこで受けたGPS信号を元に計算された補正情報を利用しながらGPSを使うと、測位誤差をセンチメートルまで少なくできるというサービスが今年度（2002年度）開始予定である。測量にも使えることになる。

110番などの緊急通報が固定電話から携帯電話に移行しつつある。現在110番の約半分が携帯電話経由と言われる。緊急対応には即座に場所の特定が必要である。携帯電話に測位機能を組み込んで、緊急通報に位置情報を含ませたい。米国では政府が携帯電話事業者に、携帯電話利用者の居場所を特定する機能を搭載するよう義務付けている。

7. 地球監視・観測

1998年、北朝鮮がテポドンミサイルを発射したのを契機に、国家安全保障のための情報収集を目的として、情報収集衛星を開発することになった。最初の衛星は今年打ち上げられる。この情報は大規模災害、事件、事故対応などの危機管理にも使われる。

気象観測衛星「ひまわり」の後継機である運輸多目的衛星MTSAT-1Rは今年打ち上げられる。ひまわり画像は日本ばかりでなくアジア諸国、オーストラリアでも利用されており、打ち上げ失敗が許されないほど重要な役割を担っている。

地球環境観測は国際協力プログラムとして日本は積極的に参加あるいは先導している。昨年開かれた「持続可能な開発に関する世界首脳会議」において、小泉首相は「地球観測・地球地図の活用を通じた地球環境のモニタリングの推進」を表明した。

1997年に日本が議長となって纏めた京都議定書では、第一約束期間（2008～2012年）に温室効果ガス排出量を1990年レベルの6%削減が義務付けられた。義務を果たすかを的確に評価するには国別の温室効果ガス排出・吸収量を測定する必要がある。その計測技術を開発しなければならない。

2001年ヨハネスブルグ地球環境サミットなどで、自然資源としての真水の問題が浮上してきた。真水の恩恵を受けられない地域が現在でも少なくないし、気候変動が水循環を変えると新たな紛争の種にもなりかねない。

日本は国際協力、分担を考えながら、緊急性、必要性の高い地球温暖化問題に焦点を当て、温室効果ガスと水循環、それに気候変動の高頻度で継続的な観測システムを構築する。昨年は高性能マイクロ波放射計（AMSR-E）、環境観測技術衛星（ADEOS-II）を打ち上げたし、今後、陸域観測技術衛星（ALOS）、地球環境変動観測ミッション（GCOM）、全地球降水観測ミッション（GPM）などの開発打ち上げが計画されている。

地球環境の観測情報から直接我々個人が恩恵を受けるまでには時間が掛かるが、国の外交・内政上の政策決定に重要な情報を提供しつつある。

8. 有人宇宙開発

日本の有人宇宙開発は国際宇宙ステーション計画に参加する事によって行われている。1998年から構成モジュールを宇宙に打ち上げて組立が始まった。15カ国が参加している国際プロジェクトで、日本は米国に次ぐ2番目の大口参加者である。8人の宇宙飛行士（図-3）がいて、すでに4人は宇宙飛行の業務を行っている。



図-3 日本が誇る8名の宇宙飛行士（宇宙開発事業団提供）

莫大な旅費さえ出せば宇宙旅行も夢ではなくなったとはいっても、一般の日本人に手が届く値段に下がるまでには何十年かは掛かるうえ、予算上の厳しさもあって日本は独自の有人宇宙開発にはまだ手を着けていない。中国が有人宇宙船を近々打ち上げるといった情報もあり、打ち上げに成功すると日本の世論も変わるかも知れない。

ロケットも人を乗せて打ち上げるとなると、超高信頼性が要求される。現在の最も信頼性の高い無人ロケットである欧州のアリアン4でも成功率は97%台で、それ

でも乗りたいという人はいるだろうか。宇宙飛行士を乗せる米国のスペースシャトルの信頼度が99.8%程度と言われているが、それでも旅客機の信頼度（99.999%レベル）よりずっと低い。日本も将来有人宇宙開発に乗り出すのであれば、今から有人を考慮した超高信頼度設計のロケット開発を考えるべきであるとの意見がある。無人ロケットの信頼性も、有人宇宙技術があればもっと高められるという考えもある。

9. 宇宙環境利用

長期間の無重力、真空という宇宙環境の利用はこれまで主としてスペースシャトルを使ったスペースラブで行われた。毛利宇宙飛行士と向井宇宙飛行士が搭乗科学技術者として宇宙で行った実験は広く報道された。今後は国際宇宙ステーション（グラビヤ）を使って行われる。

国際宇宙ステーションには日本の実験棟「きぼう」がドッキングする予定である。「きぼう」は直径4.2メートル、長さ11.2メートルの与圧された船内実験室と、船外に暴露実験プラットフォームが付くという大きな構造物となっている。すでに出来あがり、機能確認試験が行われている。数年後に3回に分けて打ち上げられる。

船内実験室では微小重力・基礎物理学実験、ライフサイエンス・宇宙医学実験、科学・地球観測、通信実験などが行われる。そのほか、教育活動、エンターテインメント、文化活動なども計画されている。

10. おわりに

紙数の制限のためにここでは科学衛星や資源探査衛星、技術試験・工業実験をする衛星などには触れなかった。日本は宇宙科学の分野、とくにX線天文学などの分野で世界的な成果を上げてきている。

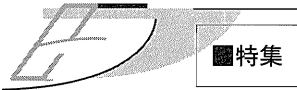
デフレ、構造改革、北朝鮮問題など大きな経済社会国際問題の影で、世間の宇宙への関心は一時ほど高くはない。しかし、宇宙開発の成果は次第に社会に還元され、そこから得られる情報の重要性は着実に増している。20世紀が航空の世紀であったと言えるならば、21世紀は宇宙の世紀になると思われる。

J C M A

【筆者紹介】

井口 雅一（いぐち まさかず）
文部科学省宇宙科学委員会
委員長
東京大学名誉教授





大深度地下空間の有効利用に向けて

吉川 和夫

東急建設では、1989年から都市部の地下深くに存在する堆積軟岩領域の有効利用を目的として、神奈川県相模原市郊外に深度50mまでの地下実験施設を構築し、大深度地下空間の建設技術やその利用技術の研究を進めてきた。

本報文では、大深度地下建設技術の現状と課題、東急建設で実施した研究成果の報告、および大深度地下空間の有効利用に向けての展望について述べる。

キーワード：大深度地下，STUD（Sub Terranean Urban Development），地下空間構築技術，環境技術，地下利用

1. はじめに

20世紀後半の日本は、バブル全盛期であるとともに、都市機能の大都市中心部への集中に伴い、地上部では、交通網の過密化、地価高騰などの諸問題を抱えていた。また、比較的浅い地下は、地下街、駐車場、鉄道（地下鉄、駅）、道路、共同溝、上下水道管、電話線などが輻輳して建設されており、都市機能の向上を図ろうにも、残り少ない地下空間では高度利用は困難であった。

これらを背景にして、1980年代後半から1990年代前半にかけて、これまで全く利用されていない大深度地下開発に注目が集まった。しかし、大深度地下開発は、1990年代のバブル崩壊ともいったん沈静化したのが、都市再生の起爆剤となりうる「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案（大深度地下利用法）」が平成12年5月26日に公布され、再び注目を浴びるようになった。そこで、本法案を有効に活用して、都市の再生化、地上の環境保全や景観保護を目的として大深度地下開発を進めることが重要であると考えられる。

ここでは、大深度地下利用の現状および今後の課題・展望について述べるとともに、都市部の地下深くに存在する堆積軟岩の有効利用（ジオトラボリス構想¹⁾）を目的として、東急建設（以下、当社）が1989年に神奈川県相模原市郊外の地上から深度50m間に建設した地下空間実験場で実施した調査研究成果について報告する。

2. 大深度地下利用法

（1）大深度地下の定義²⁾

大深度地下とは、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法案」において、「土地所有者等による通常の利用が行われない地下、

① すなわち地下室の建設のための利用が通常行われない深さ

または、

② 建設物基礎の設置のための利用が通常行われない深さ

のうち、いずれの深い方から下の空間」と定義されている。具体的には、①については、おおよそ地表面から40m程度、②については、建設物の基礎の支持層と考えられる地盤上面から10m程度下、のどちらか深い空間を大深度地下と定義している（図-1）。

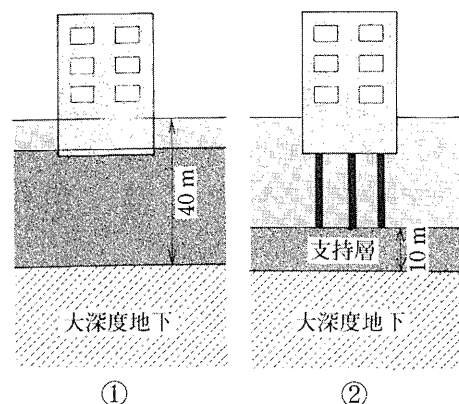


図-1 大深度地下の定義

2. 大深度地下空間利用への取組み³⁾

建設省（現：国土交通省）、運輸省（現：国土交通省）、通商産業省（現：経済産業省）において、これまで実施してきた大深度地下開発に関する取組みを以下に述べる。

（1）建設省（現：国土交通省）

建設省では、地下空間の有効利用を目的として、産学官協力のもとに道路・鉄道整備を中心に以下の整備および技術開発が進められた。

- ① 道路下空間を有効利用するための計画
- ② 地下鉄・地下街・地下駐車場・地下公共施設等が一つになった地下交通ネットワークの整備
- ③ 都市型災害対策として実施する下水道整備と一体となった地下河川の整備
- ④ 地下空間を建設するための計画・設計・施工・維持管理技術の開発
- ⑤ 地下空間の防災・環境制御技術、環境保全技術等の開発

（2）運輸省（現：国土交通省）

運輸省では、都市部の交通問題の解消と地下空間の高度利用を目的として、鉄道の整備を中心に以下の調査研究が進められた。

- ① 大深度地下鉄道の整備に関する調査研究（法制度の整備、技術面、経済性の検討）
- ② 大深度地下鉄道の防災に関する調査研究（駅部および駅間部の安全性の検討他、車両構造の検討、監視体制の強化、初期消火方法他）
- ③ 大深度地下鉄道推進のための技術調査（設計面および施工面での検討）

（3）通商産業省（現：経済産業省）

通商産業省では、地下利用が積極的に利用されることを予測して、資源・エネルギーの貯蔵・発電のみの利用だけでなく、総合的な大深度地下利用を目的に以下の調査研究が進められた。

- ① 大深度地下空間の開発・利用のための法的整備・地下空間建設技術の検討
- ② 大深度地下空間開発技術（ジオドームの設計・施工技術）の調査研究
- ③ 地下式下水処理施設の調査研究
- ④ 地下空間の環境シミュレーション解析手法の調査研究
- ⑤ 都市ガス地下貯蔵システムの調査研究

- ⑥ 廃棄物の地下保管およびその再資源化に関する調査研究

3. 大深度地下利用における技術・安全・環境分野の現状と課題

臨時大深度地下利用調査会答申で、大深度地下を構築・利用する場合に配慮すべき事項として、技術面、安全面、環境面を挙げている。

大深度地下は、地球上に残された貴重な空間であるとともに、一度建設してしまうと撤去が困難であるという特徴をもっている。そのため、計画段階において、地下空間の効率的、効果的な配置を行うことが重要である。また、設計面、施工面では、計画段階から安全の確保、環境保全等を設計に取込み、後戻りのない計画、設計、施工、維持管理までのライフサイクルコストを考慮した大深度地下計画を立てる必要がある。

以下に技術分野、安全分野、環境分野の3つの観点から、その現状と課題について述べる。

（1）技術分野における現状と課題

大深度地下利用に必要な技術として、

- ① 事前調査・設計技術
- ② 施工技術

の2つが挙げられる。以下にそれぞれについて現状と課題を述べる。

（a）事前調査・設計技術の現状と課題

大深度地下構造物を構築する場合、安定した地盤がどの深さにどの程度の範囲にあるか事前（計画・設計段階）に三次元的な地質構造を把握しておく必要がある。また、大深度地下構造物を構築するに当たり、地上空間、近接構造物への影響を考慮した設計、施工が求められるため、地下空洞掘削に伴う周辺地盤の変位および地下水の低下等が周辺地盤への影響も事前（設計・施工段階）に把握しておかなければならない。

（i）計画技術

地表から地下に向かって鉛直方向に掘削する場合、深度が増大するに従い、土砂掘削量の増大、運搬時間の増大、土留め壁芯材の厚壁化等によりコストは増大する。これに対して、地下を水平方向に掘削していく場合、安定した地盤中を掘削するためコストの増大も少なくなる。

大深度地下を構築する場合に、これらの条件を総合的に判断し、地上部で建設するコストに比べて経済的な地下空間計画を進める必要がある。また、既存施設との一体化を図りながら、効果的かつ効率的な地下計画を行うことが重要である。

(ii) 地質調査技術

地質調査方法は、間接的に地質を調査する方法として物理探査方法、直接的に地質を調査する方法としてボーリング調査による方法に分けられる。

前者の物理探査方法には、地表から実施する方法とボーリング孔間を利用する方法がある。具体的には、音波または電気を任意の位置（地表面もしくはボーリング孔）に発生させ、その応答から地質変化位置、断層・破碎帯、地下水脈等の境界を調べるものである。後者のボーリング調査は、一方向（深度方向）のデータのみであるが、物理探査方法は平面的なデータの取得が可能であり、ボーリング孔による方法と物理探査方法をうまく組み合わせることにより、調査精度を高めることができる。

また、物理探査法の現状は、地盤中の境界（例えば地層と地層の境界：不整合面）を調べることまでは可能であるが、三次元的な地質構造を精度良く把握できる段階には至っておらず、精度の高い大深度探査技術の開発が課題と考えられる。

(iii) 設計技術

立坑設計技術については、大規模土留め壁の設計実績（地下タンク、東京湾横断道路川崎人工島等）が徐々に蓄積されつつあり、また、掘削深度 100 m を超える大深度土留め壁の設計も行われ、現状の設計で対応可能な技術水準にある。

大深度地下トンネルの設計についても、深度 49 m に建設された大江戸線をはじめ、シールドトンネル分野では大深度、高水圧下での設計実績が徐々に蓄積されつつあり、シールド機の方向制御技術を含めて現状技術で対応できる。

NATM 工法についても、地下発電所や地下石油備蓄基地等の大深度・大規模地下空洞の建設に適用され、これまでに取得された計測および解析データの蓄積により、その技術水準は高いものとなっている。

今後の課題は、大深度地下利用関係者の技術的解釈の統一（国土交通省：大深度地下使用技術指針・同解説（平成 13 年 6 月））、維持管理、経済性を踏まえた設計手法の整備が挙げられる。

(iv) 耐震技術

大深度地下空間は、一般に地上との取付け部を除き、地表付近と比べて地震の影響を受けにくいという特徴をもつ。ただし、地下構造物は、異なる振動特性の起因となる活断層、地層境界を避けて構築する必要がある。活断層分布については、文部科学省で実施した研究成果⁴⁾にまとめられており、確認されている活断層を避けることは可能である。

地震に対する課題として、大深度地下空間の耐震性の

検証（既存の大深度地下空間施設を利用した地震に対する安全性の確認）、上記以外の活断層を避ける技術、地上との取付け部および立坑とトンネル部接合部の耐震設計技術の向上が挙げられる。

(b) 施工技術の現状と課題

大深度地下は、支持層以下に存在することから、一般には浅深度地下に比べて堅固で変形しにくい地層といえるが、施工面では高水圧下での工事となる。また、大深度地下建設に当たっては、有意な地盤変位および地下水位低下が生じないように、適切な工法選定と施工管理による近接構造物への影響抑制、供用時の施設内への漏水防止等の慎重な対応を行う必要がある。

(i) 立坑工事

大深度土留め工事は、大深度・大壁厚用に改良された掘削機の普及に伴い、深度 100 m クラスの地中連続壁の実績が蓄積されつつある。また、掘削中のデータ（土圧、土留変位、切梁軸力等）をもとに岩盤の物性値を逆に求めて、その物性値を用いて再計算しながら施工を進める、いわゆる情報化施工の実績も数多く蓄積されている。大深度土留め壁の施工は、深度 100 m 程度であれば現有技術で対応可能である。

今後の課題は、

- ① 耐久性確保の観点から完全止水が可能な防水工法の開発
- ② 経済性の追求の面から安全性を確保した上での経済的な施工技術の開発
- ③ 現状技術の整備

である。

(ii) トンネル工事

トンネル工事については、掘削中の諸問題

- ・近接構造物への影響低減
- ・湧水対策
- ・破碎帯との遭遇
- ・切羽崩壊

等に対応するための技術が、これまでの工事の中で NATM およびシールドの両分野で数多く蓄積されている。

シールド工事では、高水圧下、大断面トンネル用にシールド機が開発されている。例えば、高水圧下でのシールドトンネルでは都営大江戸線、大断面トンネルでは、東京湾横断道路、都営大江戸線駅部が挙げられる。

トンネル工事としての課題は、

- ・地震に強いトンネル接合部の設計・施工方法、
 - ・防水技術、
 - ・土砂搬入技術（運搬距離の長距離化対応技術）の向上、
- 等が挙げられる。

(2) 安全分野における現状と課題

大深度地下は、不特定多数の人が利用する閉鎖空間となるため、災害（特に火災、地震、洪水等）発生時を想定した安全の確保と通常時における快適で安心できる環境を確保する必要がある。

大深度地下空間における防災上の特徴として以下の事項が挙げられる。

- ① 災害時の避難方向が上方であり、その避難路もある程度限定されるため、消火活動、救助活動が困難となる。
- ② 停電時に、地下空間が混乱状態になる。
- ③ 災害発生時に、その被害状況が地下にいる人に伝わりにくい。また、地上にいる人が地下の被害状況を入手することが困難である。
- ④ 災害後の現状復旧が難しい。
- ⑤ 地下空間への浸水が大きな人的な被害をもたらす（洪水時）。
- ⑥ 煙、熱、有害物質が滞留する（火災時）。

地下空間での安全対策は、近年発生した都市型災害に伴う地下鉄構内や都内各地での浸水、地下街で火災事故に見られるように十分な対策が図られているとは言いがたい。これらの教訓を踏まえ、防災上の課題として、以下の事項が挙げられる。

- ① 地下空間でのさまざまな災害（シナリオ作成）を想定した時の対応マニュアル（防災方法、避難方法等）の構築
- ② 防災体制の整備（浸水、停電等）
- ③ 平面的避難経路の簡略化
- ④ 防火システムの最適配置技術
- ⑤ 地下空間監視システムの適切な配置技術
- ⑥ 地下空間の空調換気の計画・設計技術の整備

換気技術は、トンネル分野において、技術開発が進められており、この技術を応用することにより対応可能と考えられる。また、災害時の避難方法については、高層ビルでの防災システムを応用して地下空間に適用した場合の問題点を抽出し、その問題点を解決することで対応できる。

(3) 環境分野における現状と課題

地下空間の構築が、地下環境に与える影響として、地下水流動の阻害、施工中および施工後の地下水の汚染・汚濁、および長期的な地盤変形の影響等が挙げられる。これらの影響については、近年、解析技術の向上により比較的精度良く予測することができる。また、地下空間内の環境条件が人に与える影響も重要な要素となる。

(i) 周辺影響の検討

地下水流動の阻害を検討する技術として、地下水の流れを予測する解析技術⁵⁾、ボーリングを利用して地下水の流れやすい位置および流れやすさを推定する調査技術の開発が進められている。地下水流動の解析技術は、現状技術で対応できるが、地盤の水利特性を推定する技術については、予測精度の向上および大深度用に改良中である。

地盤変形が近接構造物に与える影響を検討する技術としては、都市部の近接施工で培った技術で十分対応可能である。

今後の課題（地下水流動解析）は、地上から透水性の高い領域（水の流れやすい領域）および透水係数を三次元的に精度良く予測する技術の向上や地下水環境をコントロールする技術である。

(ii) 地下空間内の環境

私たちが地下空間で快適な生活を送るためには、音、光、温度、湿度、空調等の環境条件を絶えず良好な状態に維持管理するシステムを構築する必要がある。

地下空間の長所は、

- ① 温度はほぼ一定であること
 - ② 安定した岩盤中であれば振動が小さいこと
 - ③ 遮音性に優れているため騒音を防止できること
- 等である。

これらの特徴を利用した快適な地下空間を創出するための研究を進める必要がある。地下空間の短所として、

- ① 停電により地下空間が暗闇となり混乱状態になること
- ② 日本の場合、湿度が比較的高いこと
- ③ 空気が循環しにくいいため有毒が溜まり人体に害を及ぼすこと

等が挙げられる。

これらの課題を解消するための技術課題として、採光システム技術、温度・湿度調節システム、地下空洞の形状に合わせた最適な換気設備の配置技術等の開発が挙げられる。また、地下空間において、音、光、温度、湿度、植物、香り等が人間の心理面に及ぼす影響を究明し、その成果を地下空間の設計に反映させる必要がある。

4. STUD プロジェクト

STUD (Sub Terranean Urban Development) プロジェクトは、堆積軟岩中の大深度地下都市（ジオトラポリス構想）の実現に向けて、設計・施工に関する技術から地下空間利用技術まで、地下空間を有効利用するためのさまざまな技術の開発・実証を目的に1989年に始め

られた。この中で、当社が実施した大深度地下空間の構築工法の検証、堆積軟岩の力学特性の把握、地下空間利用技術の開発について述べる。

(1) 大深度地下空間の構築工法の検証

STUD プロジェクトでは、堆積軟岩を安全かつ経済的に掘削するための技術開発を目的に、図-2 に示すように立坑掘削（形状：6 m×10 m、深度 50 m）と横坑（延長約 50 m）からなる大深度地下空間を構築した。

立坑掘削は、深度 24 m までを遮水性連続壁工法（ソイルセメント壁）+切梁・腹起こし形式、それ以深を吹付けモルタル+鉄筋挿入工法（TOP 工法⁹⁾：東急建設の開発技術）で構築し、地質状態の変化に応じて経済的な工法を選定し、安全に立坑掘削を終えた。

横坑は、TOP 工法+山岳トンネルで用いられる NATM 工法で横坑の断面形状を変化させながら掘削を行い（図-2 を参照）、断面形状が空洞へ与える力学的影響を調べた。

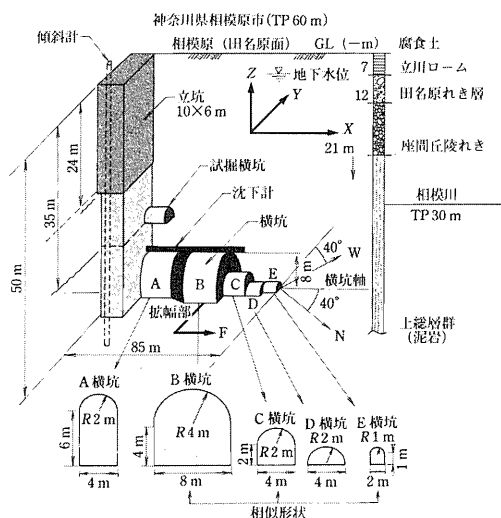


図-2 地下空間実験場

本プロジェクトにおいて、経済的な立坑、横坑の掘削工法を選定し、立坑、横坑を安全に掘削できることを確認した。

(2) 堆積軟岩の力学特性

堆積軟岩は土木分野では支持層と考えられ、当時、その力学特性は未解明の部分が多いことから、空洞の安全性を確認するためにも堆積軟岩の力学特性（室内試験、原位置試験）を把握する必要があった。ここでは 50 m 横坑で実施した現場測定結果から得られた知見⁷⁾について述べる。

- ① 横坑掘削に伴う坑道天端の沈下量は最大 6 mm 程度である（図-3）。

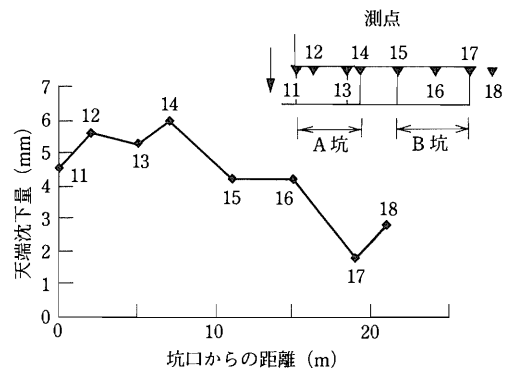


図-3 50 m 横坑の天端沈下量

- ② 長期間の岩盤変位（掘削後一定期間経過後の岩盤変位）は、ほとんど発生せず、現在は、安定した状態にある。

- ③ 岩石の室内クリープ試験（荷重を一定に保った状態で岩石の変形を長期的に計測する試験）を実施した。この試験データを用いて長期間（約 1 年間後）経過したときの 50 m 空洞内の岩盤変位を予測し、その結果が原位置での計測結果とよく一致した⁸⁾。

上記は研究成果の一例であり、その他にも堆積軟岩に関する力学特性が数多く取得されており、都市部における大深度地下空間を設計する上で有用なデータが得られている。

(3) 地下空間利用技術の開発

地下空間は、

- ① 断熱性（熱を外に逃がさない）
- ② 恒熱性（温度変化が小さい）
- ③ 気密性（内部の密閉性が高い）
- ④ 防音特性（音が外部に漏れない）

等に優れるという特徴をもつ。ここでは、深度 50 m の横坑を利用して、これらの特性の検証および地下空間が人間に与える心理的影響に関する研究成果の一部について述べる。

(i) 地下空間の温度、湿度

深度 50 m 横坑内の温度および湿度は、年間通して大きな変化はなく、温度が 16~18℃、湿度が 90% 前後でほぼ一定に保たれている。

(ii) 地下空間の色彩

地下空間内の色彩が、人の聴覚刺激に与える影響を調べる目的⁹⁾で、閉鎖されたシミュレーションルームを利用して、音楽、騒音等による聴覚的刺激が、内装仕上げ材料の色彩等の視覚刺激によって受ける心理的影響および効果について調べた。その結果、視覚刺激が人の心理面に与える影響が大きいことがわかり、色彩が地下空間

の快適性を追求する上で重要な要素となる。また、地下空間の自然光の役割も果たす点でも重要である。

(iii) 地下空間の緑化

地下空間の緑化は、火災の延焼防止、閉鎖感、圧迫感の緩和や空気清浄等の快適な地下空間の創造に効果的である。深度 50 m の地下空間内に花壇設けて、数種類の花、観葉植物、ハーブ、樹木を植栽し、以下の条件で観察を続けた（グラビヤ）。

・照明：

照度は、照明設備を設置して 400～500ルクス（一般的な地下街を想定）、点灯時間 14 時間/日

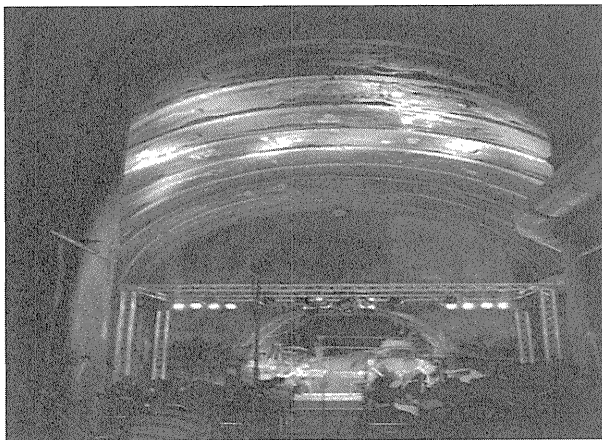
・室内環境：

自然換気状態で、気温 20℃、湿度 90% 前後

生育状況は、枯れる植物と枯れない植物に分かれ、地下環境に適用できる植物と適用できない植物が存在することが分かった¹⁰⁾。その中で、観葉植物や樹木については、良好な状態ではないが、地下街と同等レベルの照度が得られれば、長期栽培の可能性を確認することができた。

(iv) 地下空間の音響

地下空間での音響効果を調べるために、深度 50 m の横坑で模擬演奏会形式の音響実験を実施した（写真—1）。



写真—1 音響実験状況

大空洞内に多数の人が集まったときの音響効果の確認と聴講者からのアンケートの収集を行った。アンケート結果から、心理的な圧迫感はほとんど感じないという結果が得られた。

(v) 地下水流動の予測技術

大深度地下空間周辺に掘削したボーリング孔を利用して、当社の大深度地下空間直下 GL-50～82.5 m に掘削した地下空間（ミニドーム）* を埋め戻したときの、

地下水の水質、地下水位、地下水の温度¹¹⁾ の長期観測を行った。この結果を用いた地下水流動解析を実施し、地下空間周辺における地下水の流れを長期間にわたり再現することができた⁹⁾。

6. おわりに

大深度地下空間の構築がもたらす多くの利点として、例えば交通機関については、

- ・最適な線形計画が可能となる
- ・コストの削減（掘削区間の短距離化）
- ・列車走行速度の向上（混雑緩和）
- ・安全性の向上（線形の直線化）

等が挙げられ、大深度地下空間建設は、国レベルで推進していくべき事業の一つと考えられる。

大深度・大規模地下構築物を効果的、効率的に構築するためには、技術指針の整備および関係者の技術的解釈の統一を早急に進めるとともに、各段階において以下の事項が今後必要と考えられる。

(i) 計画・設計段階他

- ① 地下空間開発全体を管理する機関の設立（無秩序な地下空間建設の排除）
- ② 既存構築物と一体化した大深度地下空間の計画・設計技術の開発
- ③ 大深度地下マップへの情報の追加
- ④ 物理探査法を利用した三次元地質構造を把握する技術の向上（安全面では活断層の把握、環境面では地下水流動の阻害および地盤変形予測）
- ⑤ ボーリング孔を利用した検層結果およびボーリングコアを用いた室内試験結果と原位置の地盤物性値関係を明確化し、物理探査結果から地盤直接物性値を定量的に評価する技術の開発
- ⑥ 地盤内の応力評価技術
- ⑦ 地下構築物は永久構築物となることから、地下空間構築後の超長期的な地盤挙動（岩盤のクリープ変位）の計測を行い、その岩盤の変形挙動を再現する解析技術の開発
- ⑧ 環境影響評価技術の向上（地下水解析、地盤変形解析）
- ⑨ 災害時対応マニュアルの整備
- ⑩ 高齢化社会に向けたバリアフリー施設の構築

(ii) 施工段階

- ① 立坑掘削時の情報化施工技術の向上
- ② シールドの切羽前方探査技術、工期短縮および工費削減のための技術の向上
- ③ 切羽前方探査技術、切羽安定化技術、高圧地下水

* 通産省工業技術院の産業科学技術研究開発制度の一環として、新エネルギー・産業技術開発機構（NEDO）が（財）エンジニアリング振興協会に委託して構築した構築物である

の処理技術, 覆工の自動化技術, 振動・騒音低減技術等の向上

④ 掘削土砂搬出システム技術の向上, 防水技術の向上, 防火技術の向上, 地下浸水対策技術の開発

以上に述べたように, 大深度地下空間を構築するための課題は残されているものの, 地下空間の構築が不可能となるものでなく, 現状技術で大深度地下空間の構築は対応可能と考えられる。また, 地下空間構築後の地下空間図を作成し, その情報を外部に公開していく必要がある。

J C M A

《参考文献》

- 1) 越智健三, 壺内達也: 大深度地下開発フィールド実験—STUD プロジェクト—, 土木学会, 地下空間利用シンポジウム 1993, pp. 79-88, 1993年6月.
- 2) 佐藤寿延, 益田 浩: 「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」について, 建設オピニオン, pp. 19-29, 2000年7月.
- 3) 土木学会土構造物および基礎委員会地下空間研究小委員会: 地下空間と人間 ①地下空間の計画, 土木学会, pp. 139-145, 1995年12月.
- 4) 文部科学省: 地震調査研究成果報告書.
- 5) 伊藤 誠, 小島圭二, 登坂博行, 山川 稔: 地下構造物建設および埋め戻しに伴う地下水挙動に着目した地下水流れの数値シミュレーション (その1), 土木学会第55回学術年次講演会 (共通部門), CS-136, 2000年9月.
- 6) 西岡 哲, 越智健三, 壺内達也: 短ボルトと大型プレートによる切土補強効果に関する研究 (その3) —大型土層模型実験—, 土木学会第44回学術年次講演会 (Ⅲ部門), pp. 262-263, 1989年10月.
- 7) 越智健三, 壺内達也, 龍岡文夫: 空洞掘削と実験調査および線形逆解析による堆積軟岩の変形特性, 土木学会論文集, No. 487/26, pp. 177-186, 1994年3月.
- 8) 松本正士, 早野公敏, 龍岡文夫, 古関潤一: 地下空洞掘削に伴う堆積軟岩地盤の長期変形, 土と基礎, Vol. 48, No. 2, pp. 13-16, 2000年2月.
- 9) 猪股泰太郎, 杉野 潔, 戸井田義徳: 音と色彩の心理的關係に関する検討—地下空間利用における心理効果の基礎的検討—, 土木学会, 地下空間利用シンポジウム 1993, pp. 329-336, 1993年6月.
- 10) 伊藤 浩, 福田 淳, 吉岡美明華, 渡辺隆司, 谷本 亮: 地下空間緑化技術の研究 (2) —緑化の可能性の検討—, 土木学会第51回学術年次講演会 (共通部門), pp. 108-109, 1996年10月.
- 11) 高倉 望, 小島圭二, 島田 純, 山川 稔: 堆積軟岩中の地下構造物埋め戻し後の再冠水時における岩盤内地温変化観測, 土木学会第55回学術年次講演会 (共通部門), CS-119, 2000年9月.

【筆者紹介】

吉川 和夫 (よしかわ かずお)
東急建設株式会社
営業推進本部
土木エンジニアリング部



絵で見る安全マニュアル

〈建築工事編〉

本書は実際に発生した事故例を専門のマンガ家により、とても解いやすく表現している、新入社員の安全教育テキストとしてご活用下さい。

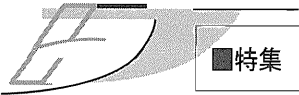
要因と正しい作業例

- ・物動式クレーン
- ・電動工具
- ・油圧ショベル
- ・基礎工事用機械
- ・高所作業車
- ・貨物自動車

A5版 70頁 定価650円(消費税込) 送料270円

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289



■特集 建設のフロンティア

大深度地下開発におけるシールドトンネル工事の現状と将来展望

佐々木 幸 信

大深度地下開発の構想は、1980年代中期には盛んに打ち出されていたが、バブル経済の崩壊と共に沈静化してしまった。

しかし 近年のシールドトンネル技術の進歩は目覚ましいものがあり、主な技術だけでもビット交換、機械式地中接合、分岐シールド、高速施工、自動組立に対応の内面平滑1パスセグメント、大深度対応の泥土圧シールド、異形断面シールド、外殻先行シールドなどが挙げられる。

これらの新技術と大深度地下の利用法制が制定されたことにより、大深度地下開発の気運が再度高まりつつある。

このような現状を踏まえ、シールドトンネル工事における大深度地下開発の現状と将来展望について述べる。

キーワード：大深度地下，シールド，新技術，トンネルコスト比，地下利用，地下開発

1. はじめに

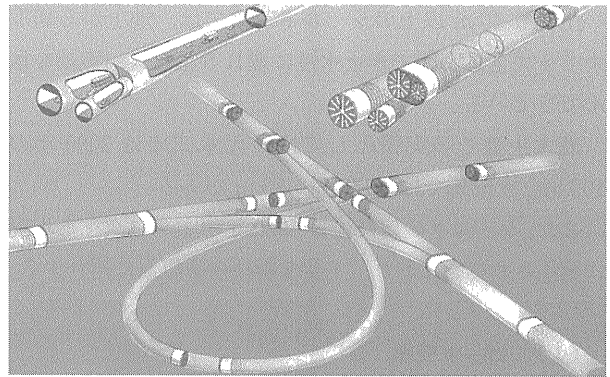
1980年代の大都市部及びその周辺では地価の高騰により、鉄道、道路、上下水道などの社会資本を整備するための用地確保が難しくなりつつあった。

また、電力、通信線等の地下化による地上部の景観や大地震時のライフラインの確保にも着目され、通常使われることのない大深度地下を開発して社会資本の整備を行う構想の提案が盛んになされていた。

しかし、土地の所有権問題や、バブル経済の崩壊により、大深度地下開発構想をめぐる動きも下火となってしまった。

一方、シールドトンネルの技術開発は継続的になされ、日本の最新技術によるドーバー海峡横断トンネルや東京湾アクアラインなどの施工技術がマスメディアを通して一般の人々の話題に上るようになり、再び大深度地下開発に関心が集まり始めている。

このような状況下、2000年5月には「大深度地下の公共的利用に関する特別措置法」^{※1}（以降、大深度地下法と呼ぶ）が公布され、通常の地下利用が行われないよう



図一 大深度地下ネットワークイメージ

な大深度地下に、公共性の高い事業の展開が出来るようになった。

大深度地下開発を行うための技術としては、地下空間を構築するハード面と防災、安全、維持管理などのソフト面に分けられる。

今回は地下空間を構築するハード面のうちでも特にシールドトンネルの施工技術について述べる。

2. シールド工事の現状

近年のシールドトンネル工事では、シールド機に隔壁を設け、地山（切羽）とトンネル坑内とを分離することが出来る、泥水式と土圧式の密閉型シールド機による施工が主流となっている。

「泥水式シールド」は、切羽と隔壁間を所定の圧力の泥水で満たし、切羽の安定を図るとともに掘削土砂を流

^{※1} 大深度地下は、建築物の用に通常供されることがない地下の深さとして政令で定める深さ（地表から40mとする予定）、または、通常の建築物の基礎杭を支持することができる地盤、いわゆる支持層の上面から政令で定める距離（10mとする予定）を加えた深さのうち、いずれか深いほうの地下としている（国土庁ほか、大深度地下マップ・同解説より）。

また、大深度地下マップでは三大都市圏の大まかな大深度の深さを明らかにしている。

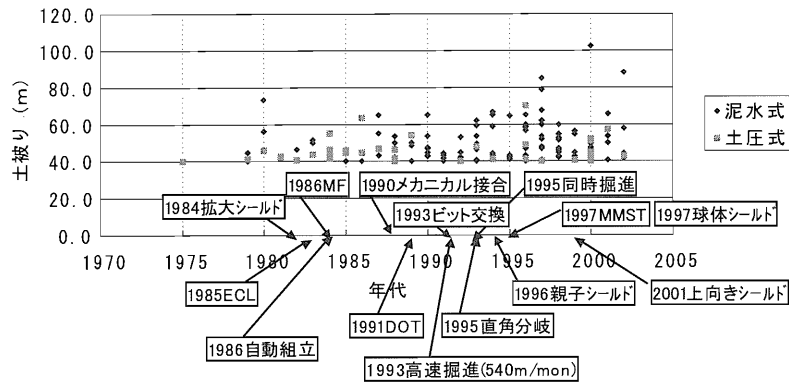


図-2 土被り 40 m 以上の施工実績と新技術

体輸送し、地上のプラントで泥水と土砂とに分離する方式で、1967年に東京・深川で施工された。

一方、「土圧式シールド」は切羽と隔壁間に掘削土砂を泥土化して満たし、所定の圧力を保ちながらスクリーコンベヤ等により土砂を排出する方式で、1974年に東京・葛飾で施工された。泥水式及び土圧式シールドの土被り 40 m 以上の施工実績及び新技術を図-2 に示す。

土被り 40 m 以上のシールド工事では、地上から切羽までを完全に密閉でき止水性に優れる泥水式が実績を積んできている。

最大土被りの実績としては、泥水式では 2000 年の 102 m、土圧式では 1996 年の 70 m がある。

また、シールドの新技術は 1980 年中頃から次々と現場に適用されてきており、主要な新技術を以下に紹介する。

(1) ビット交換

ここで取上げたビット交換は、点検立坑や補助工法を用いずに土中で行うもので、その方法としては、

- ① スポークの前後にビットを配置しスポークを回転することによりビットを交換する「スポーク回転方式」。
- ② 隔壁部に球体を設け、カッタディスクを 180° 回転することでシールド機内からビットを交換する「クルン方式」。
- ③ 連結したビットを外周部から中心部に向かってスライドさせ機内に取り込んで交換する「トレール方式」。
- ④ スポーク内に人が入って交換する「リレービット方式」。
- ⑤ カッタヘッドに予備ビットを配置し、ジャッキなどで押出して交換する「予備カッタ方式」。

など数種類がある。

(2) 機械式地中接合

機械式地中接合は、茶筒に蓋をするようにシールド機

同士を直接土中で接合するもので、その方法としては、

- ① 貫入側シールド機からリングを押出し、受入れ側シールド機の受圧ゴムリングに押付けて接合する「Mechanical Shield Docking 方式」。
- ② 受入れ側シールド機のカッタ全体を後方に引込み、貫入側シールド機を受入れ側シールド機に押込んで接合する「Concentric Interlace Docking 方式」。

などがある。

また、接合時に必要となるシールド機同士の相対位置を地上からのチェックボーリングを行うこと無しに検知することのできる技術も東京湾アクアライン等で採用されている。

(3) 分岐シールド

分岐シールドは、シールド機を必要に応じて土中で分離し、トンネルの方向や本数、断面を変化させるもので、その方法としては、

- ① シールド機隔壁部に球体を設け、球体を 90° 回転させ、そこからシールド機を発進させる「球体シールド」(軸直角方向分岐)。
- ② 親シールド機の内側に子シールド機を同心円状に抱込み、子シールド機を発進させる「親子シールド」(軸方向分岐)。
- ③ 親シールド機胴体に側方に向けて子シールド機を内蔵し、横方向に子シールド機を発進させる「地下茎シールド」。この方式では親機、子機とも引続き掘進することが出来る(軸直角方向分岐)。

などがある。

(4) 高速施工

高速施工には、高速で掘進した後、セグメントを組立てる高速掘進方式と掘進しながら同時にセグメントを組立てる同時掘進方式の 2 種類がある。

高速掘進では 1993 年に 540 m/月の実績があり、同時

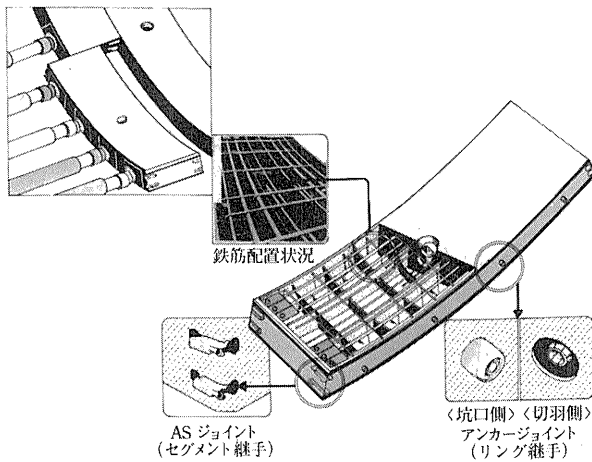
掘進による方法ではロングジャッキ方式で2000年に526 m/月を達成している。

なお、同時掘進には「ロングジャッキ方式（縦球面中折型及び圧力制御型）」と「ラチス式複胴方式」などがある。

(5) セグメント自動組立

セグメントの自動組立では、苦渋作業の解消と安全性向上を目的に1986年から現場に導入されている。

当初は通常のセグメントを用いていたが、最近では図一3に示すような内面平滑（2次覆工不要）で継ぎ手ボルトが無く、位置合わせ後シールドジャッキで押込むだけで組立てが完了する1パスセグメントが開発され、その採用により大断面シールドでも1リングを35~40 min程度で組立てることが可能となっている。



図一3 1パス新型セグメント
(株式会社クボタ DRC パンフレットより)

(6) その他

- ① 大深度対応の泥土圧シールドとしては、スクリーコンベヤに圧送ポンプを直結する方式や、高分子系の添加材によりスクリーコンベヤ部にプラグゾーンを作る方法により止水し、高水圧に対応出来るようになってきている。
- ② 掘削土砂の有効利用としては、掘削土砂を流動化処理（粒度調整や固化材を添加）して、シールドインバート部や他工事の埋戻しに利用したり、所定の強度が発生するように改質を行い、盛土や埋土に再利用している。
- ③ 長距離化では、既に施工延長5 kmを超える実績があり、現在10 km程度の工事計画もある。

さらに、多円形、矩形などの異形断面シールドや上向きシールド、MMSTのような外殻先行シールドも施工

されている。

3. シールド工事の将来展望

バブル全盛期には社会資本整備が追いつかぬまま市街地が拡大し、バブルが崩壊すると経済は低成長となり事業の縮小が余儀なくされてしまい、依然として社会資本整備が充実したとはいえない。例えば、突発的、局部的な洪水、河川、湖沼の汚染、交通渋滞やそのために発生する沿道住民の排気ガス被害などの問題が新聞ほかを賑わせている。

その対策として中小河川を集め浄化処理設備を設けると共に調節能力を持たせる河川網の整備や高速道路同士を結び不要な車両の都市部への進入を抑制する道路網等のネットワークの整備が挙げられる。

しかし、すでに地上に河川や道路網を新たに整備するスペースはなく、これらを整備するためには地下を利用してネットワークを構築することに目を向けなければならない。

(1) 大深度施工と長距離シールドトンネル

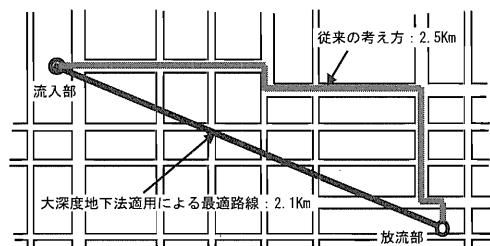
地下に、ネットワークを構築するための手段としてシールドトンネルがあるが、今までのシールドトンネル工事は、土地の所有権問題から道路地下や海底下に限定して施工されてきた。

しかし、新たに制定された大深度地下法を適用し、シールドトンネルを大深度地下に建設することにより、最適なルート及びトンネル断面の選定を行うことができるようになった。

図一4に示す雨水管路を例にとると、従来の考え方では、流入部と放流部を結ぶトンネル径以上の幅員のある道路地下にシールドトンネルを建設しなければならず、トンネルの施工延長が2.5 kmとなっている。

一方、大深度地下法を適用した場合、流入部と放流部を直線で結ぶことができ、施工延長を2.1 kmに短縮した最適路線の計画が可能となる。

つぎに、この大深度化したことによる施工コストについて考えてみる。



図一4 大深度地下法適用の路線計画

施工コストを立坑構築とシールド機、掘削工、2次覆工、防護工、残土処理に分け、試算してみると図-5のようになる。当然ながら同じ路線で大深度化すると、立坑の構築やセグメントのコストが増加することから浅深度よりコストアップとなる。

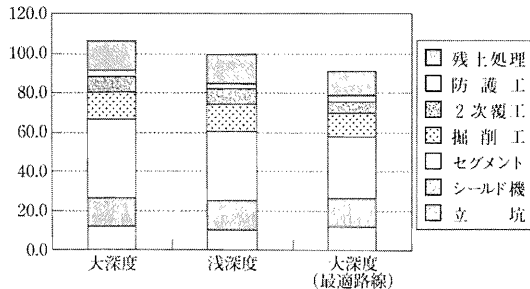


図-5 大深度のコスト比較

しかし、施工延長が短縮されたことを考慮に入れて比較し直すと、浅深度に比べ結果的に10%程度のコスト縮減となる。

また、シールドトンネル施工延長とコスト比(立坑含む)の試算結果を図-6に示す。

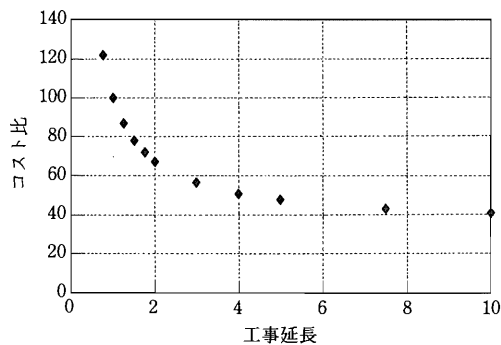


図-6 シールドトンネル施工延長とコスト比

図から明らかなように、施工延長が長くなると立坑やシールド機等の固定費の占める割合が下がることから、5kmの施工単価は1kmの50%程度となる。しかし、5km以上になるとセグメントや掘削などの変動費の比率が上がり、長距離化によるコストメリットは少なくなる。

(2) 将来展望

以上述べてきたように、シールドトンネルの最適路線を選び、シールドトンネルを長距離化することにより合理的な地下河川、地下道路網等のネットワークの構築が可能と考える。

例えば、立坑を10km程度の間隔で構築し、それらからシールドを発進させ、高速掘進を行い、機械式地中接合により長大トンネルを構築していくこともネットワーク構築の一つの手段であろうと考える。

また、地上部から幹線シールドトンネルに向かったり、逆に幹線シールドトンネル坑内から地上に向けてトンネルを構築する合流、分岐技術や駅舎部、非常駐車帯等の構築に必要な拡幅技術を新たに開発することも必要と考える(図-7参照)。

4. おわりに

このところ社会資本の整備が暫時縮小されてきているが、「社会資本整備はこれで十分だ」と実感している人は少ないのではないだろうか。

このような時代に、社会資本を充実させ豊かな生活を営むためには、より合理的な施工技術の開発が必要であり、今ほど「技術者は何をすべきか」とその真価を問われている時代はないと考える。

J C M A

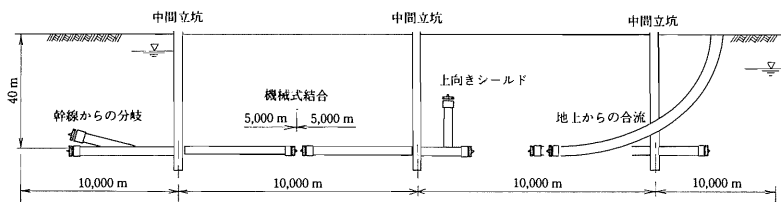


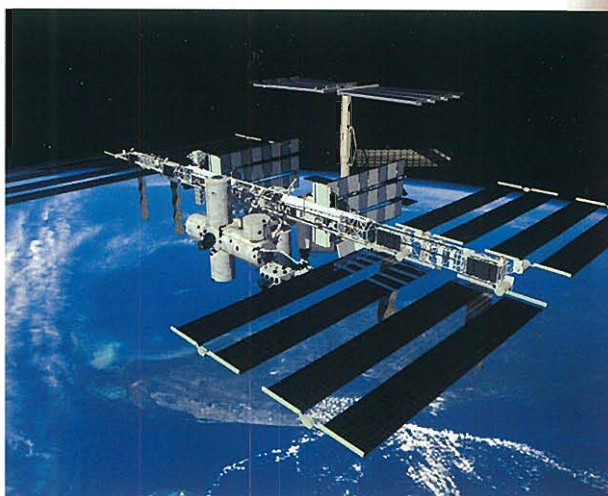
図-7 大深度地下利用

[筆者紹介]

佐々木 幸信 (ささき ゆきのぶ)
 鹿島建設株式会社
 東京支店
 機材部
 次長



1 宇宙開発の現状と将来動向



⇨国際宇宙ステーション
(宇宙開発事業団提供)

⇨HII-A3号機打上げ成功(宇宙開発事業団提供)

2 大深度地下開発におけるシールドトンネル工事の現状と将来展望

φ13.05mビット交換(リレービット)式シールド機

(写真提供 川崎重工業(株))



⇨水平方向スポークの白い穴がリレービット装着位置



⇨リレービット装着状況



⇨スポーク内からリレービット
装着部を見る(左側が切羽)



⇨リレービット引き出し状況
(左側が切羽)

建設のフロンティア

The frontier of construction

建設のフロンティア

The frontier of construction

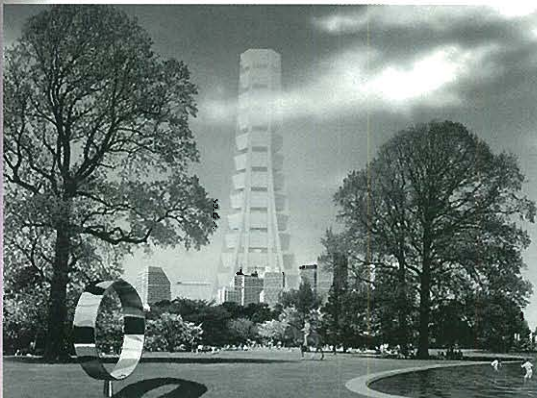
3 大深度地下空間の有効利用に向けて



⇩地下空間緑化スペース(東急建設提供)

⇨施工中の地下空間(東急建設提供)

4 空中に大地を築く挑戦

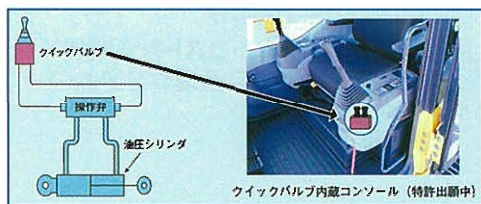


⇩縦型都市構想スカイシティ1000
(竹中工務店提供)



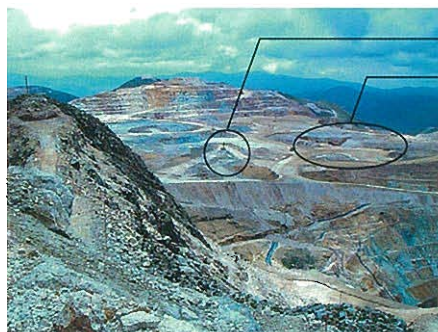
⇩縦型都市構想スカイシティ1000空中台地(竹中工務店提供)

5 装着が簡単な緊急災害用建設機械の遠隔操作システム



⇩油圧ショベルの搭載状況(コマツ提供)

6 超高地における建設機械

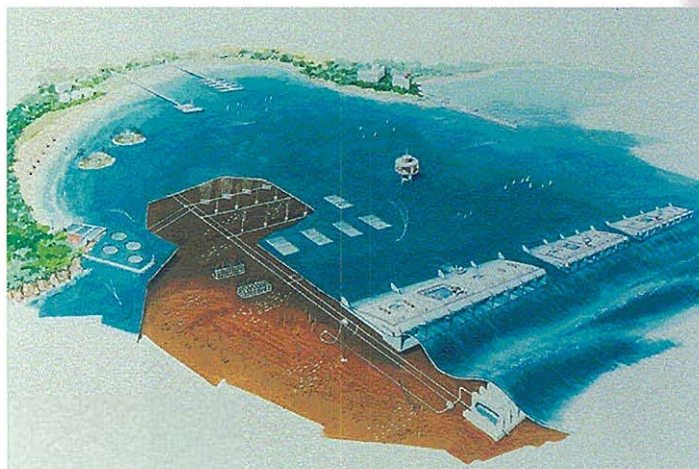


⇩標高4000mで稼働中の超大型油圧ショベルとダンプトラック(日立建機提供)

7 21世紀初頭の海洋利用技術



⇩IHIが開発中の
浮体式洋上風力発電装置
(石川島播磨重工業提供)



⇩「マイティール」の実用想像図
(海洋科学技術センター提供)

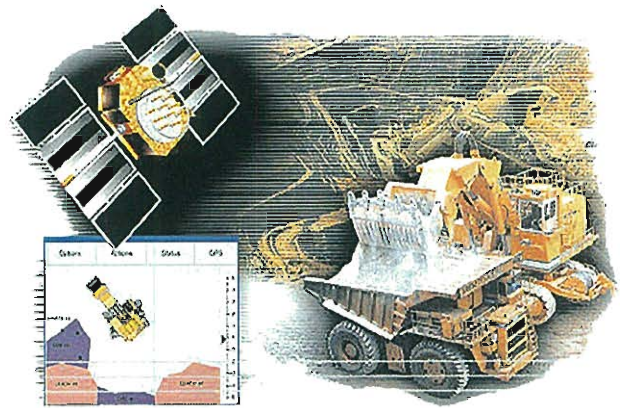
8 大規模土木の近未来風景



⇐Modular MineCare™
機械のライフサイクルコストを低減する
リアルタイム機械保全管理システムの
イメージ図

MineCare™ is a maintenance software tool designed to reduce mobile equipment life cycle costs through the real-time management of equipment health and maintenance processes. Remote condition monitoring, maintenance history, and operational data are integrated to provide the end user with sufficient information to make optimal maintenance decisions.

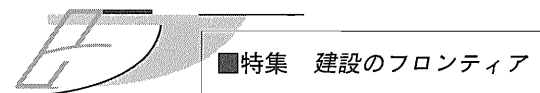
INTEGRATION
INNOVATION
TECHNOLOGY
INTERMINE



Modular ProVision™⇒
Excavator System
高精度GPSにより
計画高とベンチ高さや
掘削材料の管理をする



⇐ミリ波遠隔監視制御システムの無人走行実験車
ルーフ上はミリ波位置認識とミリ波通信アンテナ



大規模土工の近未来風景

—高度情報化施工への夢—

岡本直樹

専門工事業者として大規模土工を直接指揮し、さまざまな工事の施工計画立案に携わってきた。また、情報化や自動化の研究にも取り組む機会を得た。これらの経験を踏まえ、土工機械のエンドユーザとしての永年の夢や願望を近未来の風景として描いた。そして、この描写の背景として情報化・自動化の技術水準の現状を海外の事例も含めて紹介する。

キーワード：機械土工、情報化施工、無人化施工、自動化、群制御、遠隔施工、IT

1. はじめに

建設機械の発達史を俯瞰すると、牛馬や道具の類を利用してに過ぎない古代以来の建設作業に、漸く19世紀になってスチームエンジンを搭載したトラクタが出現した。そして、内燃機関の発明と共に建設機械の躍進が始まり、トルクコンバータ、油圧機器等の進歩と共に目覚ましい発展を遂げてきた。

我が国における建設機械の導入は、明治3年安治川の河川改修工事を嚆矢とする。以降、淀川、利根川、信濃川等の全国の河川改修に浚渫船、ラダーエクスカベータ、機関車、トロ等が輸入され、機械化を推進したが、その後の大恐慌による失業対策から機械化は中断された。

第二次大戦後、進駐軍とともにブルドーザやスクレーパがやって来た。それは、戦後復興に伴う御母衣ダム、

九頭竜ダム等の電源開発や名神高速道路から始まる高速道路時代の到来と共に、機械化の新しい曙となり、高度成長と共に飛躍的に普及、発展して今日に至っている。その間、機械は大型化、油圧化、タイヤ化を進め、1980年代からはエレクトロニクス技術を融合したメカトロニクス化が進行し、自動化、情報化を推進する新しい技術革新が始まった(図-1)。

2. 近未来の風景

ここはロックフィルダム工事現場の管制室である。プロットティングボードの地形図上に重機群の動態(マヌーバ)が点滅表示している。各土工機械は自律機能をもった無人機械で、無線LANによるデータリンクで情報を共有し、管制コンピュータとマルチエージェントシステムを構成している。1種情報化施工技士の資格を持つ群管理者が、意志決定支援システムの分析を参考に全体最適化を監視し、指令を発している。

土取場、盛場等の要所には群を監視するフォアマン(2種情報化施工技士)が配置されている。土工事は繰返し作業が中心で自動化に適している面もあるが、完全自動化には至ってなく、マンマシンシステムとして人間の判断に頼る部分はまだ多い。

原石山のベンチフロアを歩いている時、ヘルメット内蔵ホーンの接近警報でふり返ると100t無人ダンプが静かに目の前を通り過ぎた。燃料電池車なので、排気ガスのない静粛な無公害車である。原石山の作業でも、一人のフォアマンが監視している。土工機械は、ある程度の判断機能を持った自律機械である。しかし、難しい状況の変化にはフォアマンが対処する。場合によっては自ら操作して作業やティーチングを行う。

フォアマンのヘルメットにはディスプレイや無線

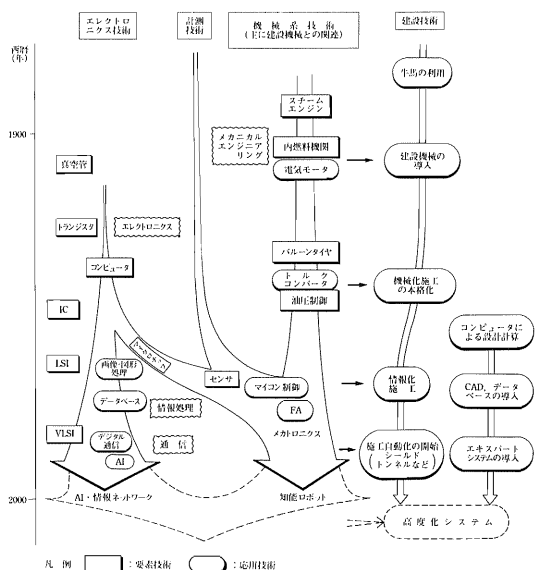
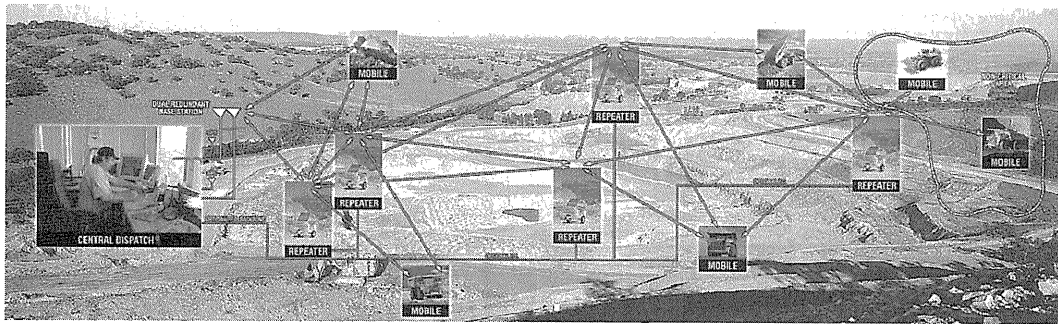


図-1 建設機械の進化¹⁾



写真—1 無線 LAN MasterLink

LAN が内蔵（ウェアラブルコンピュータ）され、必要な情報（図面、データ、映像等）は、データリンクにより管制センターや各機械から取得できる。ヘルメット内蔵のバイザーを降ろすとバイザーディスプレイに情報が表示される。現場の要所や各機械搭載カメラの映像や稼働データも瞬時に参照でき、ズーム・パン等の遠隔操作も自在である。

積み場では無人ローディングショベルがダンプに積み込みを行っている。画像認識によりダンプトラックと材料の状態を識別して積込んでいる。

発破はコンピュータが指示する発破パターンに基づいて、レーザ穿孔を行う。融解速度から岩層を解析して、装薬時のデッキチャージに反映する。

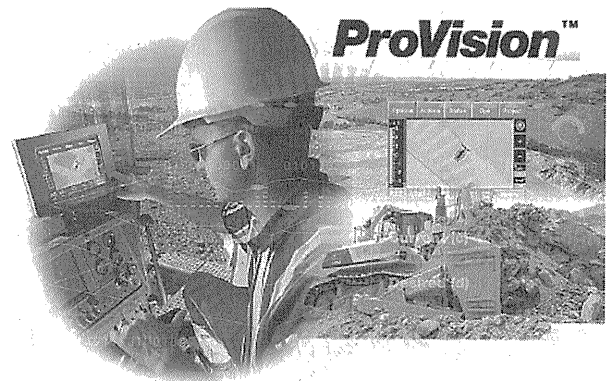
爆薬はエマルジョンを専用ミキサ車で混合し、装填する。発破粒度を調整するためのデッキチャージを自動的に行い、エアバックも併用している。点火はIC雷管を使用して、低振動、低騒音のアクティブ制御発破²⁾を行う。付近に民家はないが、自然生態系に配慮した静かな発破である。発破粒度、振動、騒音等の計測データは、次の発破設計に自動的にフィードバックされる。

洪水吐では、プラズマリッパを装着した2台のD11がリッピング掘削を行っている。

堤体のコア部は、ストックパイルから運ばれてきたコア材をブルドーザで敷均し、3両連結の無人ローラが1往復で、規定の6回転圧をクリアする。締固め度は、地盤反力センサでもチェックしている。

フィルタ材は、トレーラ式の2両連結ボトムダンプトラックが20 km先の採取場から運搬してくる。コンボイ運転を行い、先頭車両は有人運転で、後続車は自動追従運転を行う。途中の地域高規格道路はスマートロード化されAHS（Advanced Cruise-Assist Highway System）による自動運転モードで走行する。

この時代、パソコンはない。というより、何もかもがコンピュータである。あらゆる機器にマイコンが内蔵（Ipv 6）され、UWB（超広帯域無線）接続のユビキタスネットワーク社会となっている。

写真—2 HG-GPS Dozer System[®]

オフィス環境でも、形が変形していて、コンピュータをあまり意識させない。机は卓全面がディスプレイになっている。ノートや手帳はハイパーメディアとなり、めくられる柔らかいシートディスプレイを何枚も綴じられる。

支店の事務所では、特殊情報化施工技士の工務主任が大規模土工の施工計画に取りかかっている。机全面に原地形図を表示し、ボーリングや弾性波、リモートセンシング情報等から地層を解析してソリッドモデルを作る。そして、計画図のレイヤーを重ねて土量計算を行い、土質別の土量分布を3次元柱状図として表示して立体的に把握する。

次に、運土手順と土質を考慮した4次元運土計画を行って一般最適解を求める。それから条件設定や工程を調整し、実施運土計画を立案する。このシステムは、運土矢線と工程表のアクティビティを連動させ、割付けた土工機械の山積み、山崩しの自動平準化機能をもつが、工程スライダ³⁾によりマニュアル操作で運土手順を容易に変更できる。

次に、切羽展開シミュレーションを参考に搬土走路の道路線形を決める。始点、終点と縦断勾配、標準横断面（テンプレート）、必要に応じて経由点をセットすると数案のルートが自動表示される。その中から最適なルートを選択、若しくは小修正を加えてルートを決定すると3D道路図面ができあがる。走行シミュレーション⁴⁾機能で視距、離合間隔、走行速度、ブレーキ制動等のドラ

イバビリティとサイクルタイムをチェックする。自動運転を行う場合は、ドライバビリティをあまり気にする必要はない。組み合わせは、後で待ち行列シミュレーションによりチェックする。

計画ができあがると遠隔地の数名とインターネットで施工検討会（電子会議）を開く。まず、彼が施工計画の概要プレゼンテーションを行い、その後で、参加者はめがね型立体視ディスプレイを掛け、地形ソリッドモデルによるサイバースペース（仮想空間）に入り込む、4次元運土計画をヴァーチャルリアリティで視覚化し、重機が稼働する施工シミュレーション⁵⁾で仮想体験をしながら議論をする。参考になる意見を採り入れて、再シミュレーションを行い議論を収斂していく。

3. 自動化・情報化技術

建設機械の自動化への取組みは比較的早く1960年代に始まっている。そして、1980年代になると「建設ロボット」という呼称とともに自動化が推進された。背景として、ロボット導入による製造業の生産性向上が刺激としてあり、マイクロプロセッサの登場による技術革新と爆発的普及が機械の知能化への可能性を示唆したことにあった。制御法もアナログ制御からデジタル制御に移行し、メカトロニクス化を推進した。

一方、高齢化、熟練労働者の不足、生産性向上等の面からも建設機械の自動化、ロボット化が要請され、建設ロボットブームが到来した。初期に開発された建設ロボットは、位置計測が容易な左官ロボット、清掃ロボット、壁面ロボット等の構造化された環境下での平面移動型の建築系ロボットであった。

土工機械では、1970年代に電磁誘導ケーブル方式による無人ダンプトラックが開発され、1980年代末期にマイコン制御による無人ダンプトラックが出現した。

(1) 自動化

土工機械の自動化を大きく2つに分類すると走行系と作業装置系に分けられる。

作業装置系のブレード操作は熟練を要するため、早くから自動化の研究が進められていた。回転レーザを利用した整地作業のインジケータは、1970年代に米国で実用化し、圃場の拡大に威力を発揮した。日本でも今日、圃場整備では一般的な装備となっている。

そして、最近では自動追尾TS（トータルステーション）やGPSを利用したブレードコントローラ⁷⁾が多い。これらのブレード自動制御も古くから研究されているが、軽負荷の仕上げ制御用で、掘削作業（バカ押し）には向

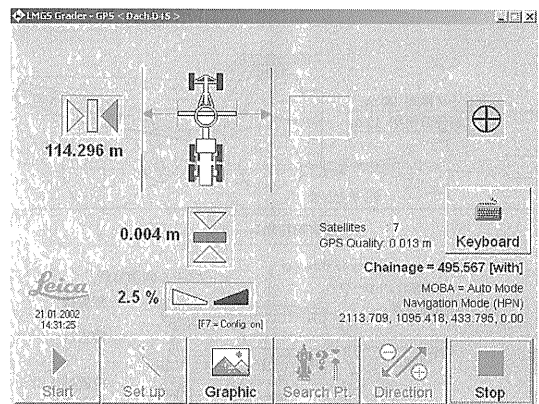
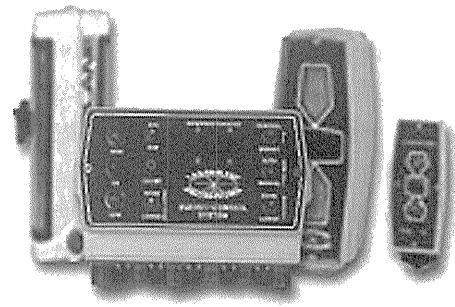


写真-3 グレードコントロール機器と画面⁹⁾

かない。負荷制御の研究も古くから行われているが、非線形制御要素が多く実用化には至っていない。このような中、1994年にコマツが姿勢制御を重視したブレード自動制御を発表し、マルチオペレーションの提案と共に注目される（図-2）。

無人ブルドーザのマルチオペレーション（岸際垂直面レーザ・地磁気センサシステム）

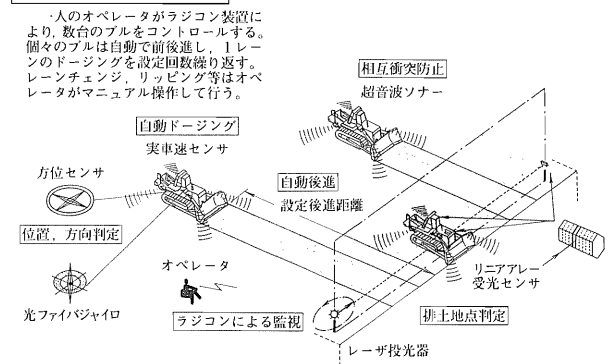


図-2 無人ブルドーザのマルチオペレーション

バケット制御については、マイクロプロセッサの登場と共に法面等の仕上げ制御が試みられ、回転レーザの利用や、最近では自動追尾TSやGPSを利用したものが多。また、バケット操作のイージオペレーションを狙った1本レバー操作の研究事例もある。これは、ヒューマノイド型のような2本アームの操縦に威力を発揮しようである。

積み込み作業については、単純なルーズ土の積み込みはティー

チングブレイバックも考えられるが、積み込み対象材の位置や形状の認識が進まないとなし。研究事例としては、浚渫作業の全自動油圧ショベルが1986年に発表されている。近年は、画像処理等を用いたロード積み込みの研究が始まり、成果の発展を期待している。

自動走行の誘導制御法は、ガイドレス方式では、車輪エンコーダとジャイロによるデッド・レコニング (dead reckoning) が基本で、スリップ等の累積誤差の補正用にコーナキューブやGPSが利用されている⁸⁾。

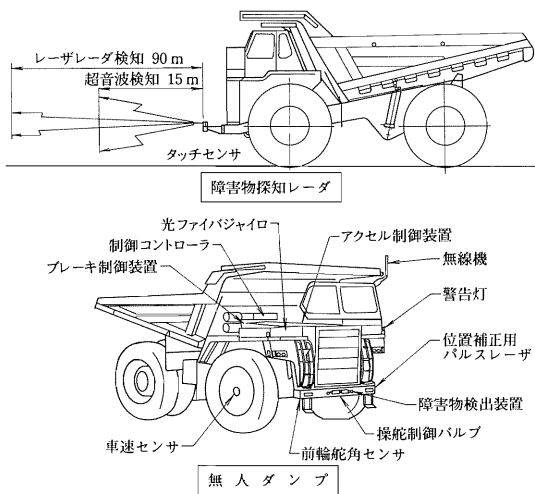


図-3 無人ダンプトラック⁹⁾

建設機械のラジオコントロールは、1960年代後半から利用されていたが、雲仙・普賢岳の災害復旧工事では、多数の建設機械群を中距離以上で遠隔操作するために様々

な問題が生じた。特に遠隔操作に必要な映像情報の移動体伝送用 (無指向性) の電波が電波法上使えないことから、自動追尾法等さまざまな方法が検討された。遠隔操作では、極限ロボット等で研究されたテレグジスタンス (tele-existence) 技術の活用が将来は望まれる。

センシング技術と知能化が進展すれば、個別の自律機能を高めると共に協調制御へと進む。

まず、自動走行においては、単なる車両誘導制御から閉塞制御による車間維持、衝突・追突防止の保安制御が必要となる。次に、交差点制御、合流部の織込み、障害物回避等のアルゴリズムを付加した交通管制や積み込みとの協調制御等の群制御の段階に発展する¹²⁾。

図-4はミリ波電波灯台方式による無人走行システムで、障害物検知とデータ通信にもミリ波を利用して、交通管制等の群管制を行った。

(2) 情報化

土工事への情報化の取組みは、メインフレーム時代に日報管理、機械管理、原価管理等をバッチ処理していたものが、PCの登場によりタイムリーに活用できるようになった。また、積算は勿論、施工計画等の技術計算への利用も容易になり、大型工事ではCADやシミュレーションの利用が一般化している (表-2)。今後は、CALS/ECの推進によって、設計CADデータが入手でき再入力の手間が省けて、運土計画や走路設計、切羽展開図の作成や各種シミュレーションが容易に行えるよう

表-1 自動化の事例

① 作業装置系	<ul style="list-style-type: none"> ブレード制御 (負荷制御, 姿勢制御) 回転レーザによる仕上げ制御 3次元制御 (自動追尾 TS, GPS) リッパ制御 (負荷制御) バックホウのマニピュレータ化 バックホウの1本レバー化 ロード積み込みの基礎研究 全自動油圧ショベル (浚渫)
② 自動走行	<ul style="list-style-type: none"> ダンプトラックの自動運行 転圧機の自動運転 締め目: GPS, 振動加速度計 クローラダンプ自動運転 ロード&キャリア作業
③ 遠隔操作・監視	<ul style="list-style-type: none"> ラジコン建設機械各種 バックホウのマスタースレーブ操作 バイラテラル テレグジスタンス 自動測量 重機稼働監視 GPS, 自動追尾 TS, レーザ灯台, 電波灯台
④ 運行管理システム	<ul style="list-style-type: none"> トランスポンダ方式による車両通信 自動積載量計測

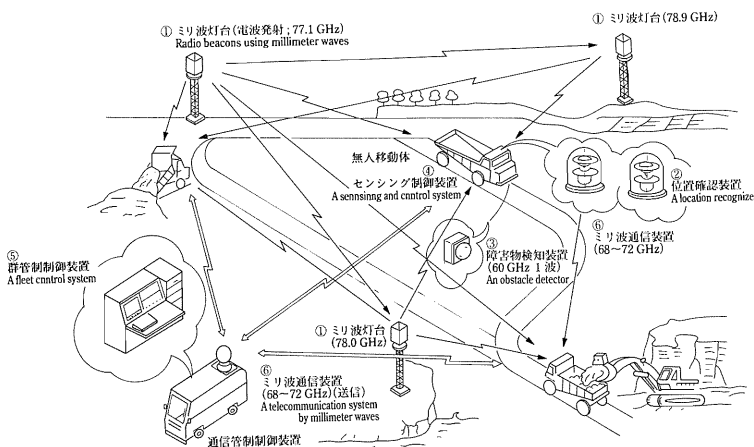


図-4 ミリ波による遠隔監視制御システム^{10), 11)}

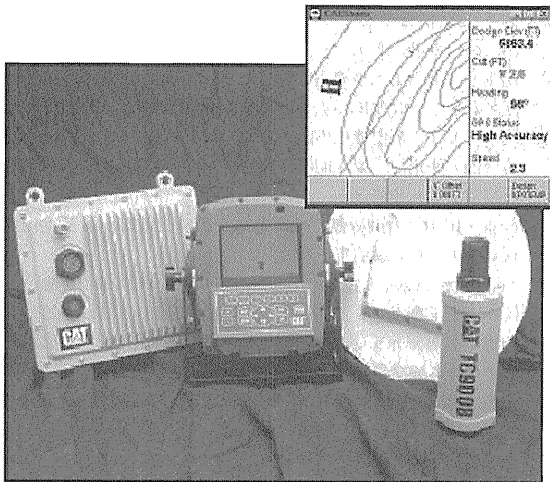
表-2 パソコンの利用例

地形処理システム	土量計算, 土量配分計画
CAD	地形モデリング, 走路設計, 土量計算
走行シミュレーション	搬土機械のサイクルタイム
待ち行列シミュレーション	必要ダンプトラック台数
地形シミュレーション	プレゼンテーション
工程管理ソフト	PERT, 山積み・山崩し
表計算ソフト	作業能力算定, 積算

になる。

一方、大手ゼネコンでは、空港等の大型工事に統合土工管理システムを導入している。GPSと運土計画を組合わせたものが多い。また、GPSを利用した締固め管理が道路公団等の工事で一般化しつつある。近年、国内で情報化施工として導入されている3D-MC (TOPCON)は、CAD情報と自動追尾TSやGPSによる3次元位置情報を照合して機械制御を行える。

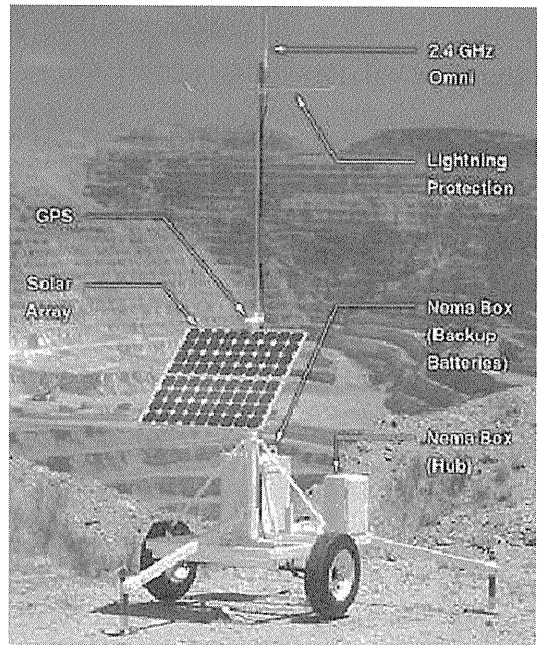
自動化、省人化を進めていくと中央官制センターでの情報処理も、瞬時に状況把握が行えるMMI (マンマシンインタフェース) や迅速な意志決定支援のために意志決定理論や最適化理論の導入が重要となってくる。この方面では、リアルタイムリアクションを求められる軍事面での技術が参考になる。戦闘機のHUD (ヘッドアップディスプレイ) やグラスコックピット、またCIC (戦闘情報指揮所) の戦術情報の集中表示法やデータリンクによる最新のC⁴ISRのシステム設計には参考になる点が多い。



写真—4 CAT CAESbasic[®]

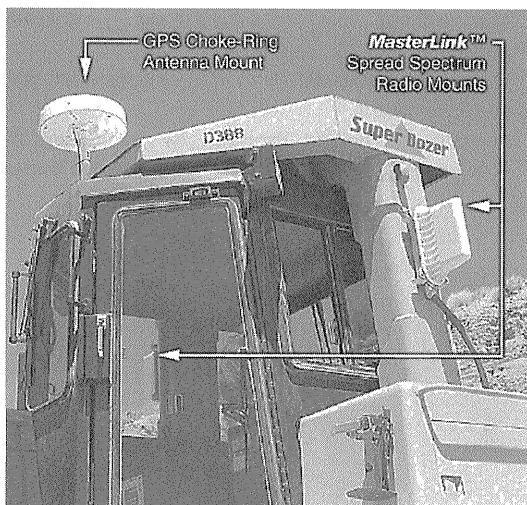
(3) 海外の状況

海外の動向では、建機搭載型のGPS製品が測量メーカだけではなく、建設機械メーカのオプションとして急速に普及し始めている。これらは無線LANでネットワークを構成するのが特徴である。キャタピラー社のCAESの基本構成は、GPSアンテナ、受信機、コンピュータ、無線LANである(写真—4)。写真—5は、コマツのブルドーザに搭載されている同様のシステムのGPSとMasterLinkで、写真—6は2.4GHz帯SS無線LANの移動式中継器である。

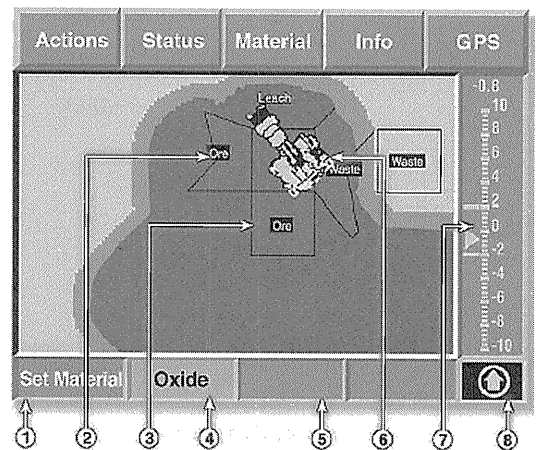


写真—6 MasterLink リピータ[®]

鉱山機械統合管理システムには、MineStar (CAT) や IntelliMine (Modular) があり、いずれも高精度GPS搭載のブルドーザやショベルが地層情報を参照



写真—5 GPS と MasterLink[®]



- ① オベ選定材
- ② ポリゴン名
- ③ 材料ポリゴン色
- ④ HP-GPS 選定材
- ⑤ 積載量と車番
- ⑥ ショベルアイコン
- ⑦ 予定高
- ⑧ 方位

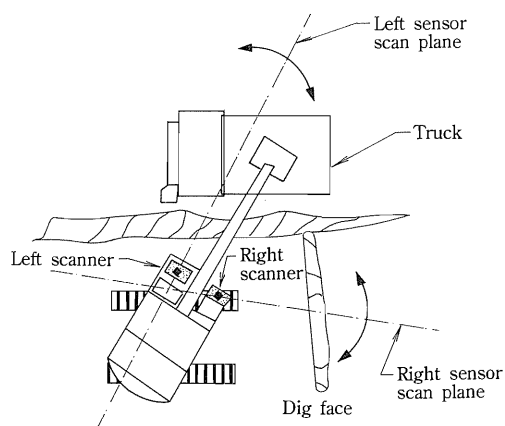
写真—7 掘削機の周辺状況[®]

(写真一7)しながら掘削し、穿孔機はピンポイント穿孔を行う。各重機は無線 LAN で結ばれ、稼働データを自動記録し、施工にフィードバックする。管制センターでは、稼働モニタリングにより重機の最適配置を行っている。また、機械の健康状態からメンテナンス、定期修理等を含めた統合管理を行う¹³⁾。

この辺は、実際に機械を保有して運用する米国のシステムと機械を持たない日本のゼネコンが作る統合土工管理システムの運用思想に違いが出てくる。

近年、土工操作系のヒューマンインタフェースは、電子化に伴いロードのジョイスティック採用やドーザブレードのフィンガーコントローラ等画期的な改善がみられる。そして、運転席の計器類も航空機と同様にグラスコックピット化が始まろうとしている。それに伴い GUI (グラフィカルユーザインタフェース) の改善が望まれる。例えば、ブレードコントロール用 GUI は、各社共に現状は稚拙である。HUD を採用してもっと洗練した精密仕上げに適した表示が可能はずだ。これはバケットコントロールにも適用できる。

GPS 自動走行については、CAT が 1996 年の MineExpo において、アリゾナから GPS 無人ダンプ走行の実況中継を行った。コマツは、豪州で 1996~1998 年にプロトタイプの開発とテスト (Pj. 8001) を行っている。その後、Modular 社が加わり、新しい開発プロジェクト (2000 年 7 月~2001 年 3 月) が進行した。そして、2001 年後半にパース近郊でデモンストレーションイベントが 2 回開催され、試験段階からまもなく商業ベースでの実用化に入ろうとしている。これに伴うように自動積込みの研究も盛んになった。図一5 はカーネギー・メロン大学ロボット研究所の実機システムである。バツ



図一5 自動掘削・積込み¹⁴⁾

クハウに 2 基のレーザーレンジセンサを搭載し、掘削材とダンプトラックの形状を認識して自動積込みを行っている。

4. おわりに

情報化施工の言葉は、当初、土質の計測管理の分野で使われ、その狭い意味の定義に不満を抱いていたが、近年、CALS/EC や IT の推進を背景に情報化施工が本来の意味を持ってきた。そして、情報化施工への成熟と同時に、自動化への黎明期をも迎えつつある。その背景には、一向に衰えないコンピュータ技術の進歩に加え、センシング等の要素技術が揃ってきたことが挙げられる。無人ダンプトラックの実用化を目前に、自動積込みの研究も活発化している。これらの研究を見守り、自動化と高度情報化施工の早期実現を期待したい。 J C M A

《参考文献》

- 1) 常田・芝崎：建設技術の高度化の現状と課題，土木技術資料，第 31 巻 2 号，p. 3，1989. 2
- 2) 岡本：IC 雷管を用いた新発破技術報告書，ジェオフロンテ研究会，pp. 42-45，1998. 11
- 3) 岡本・大下：土工の GUI による対話型工程計画，第 10 回建設マネジメント問題に関する研究会・討論講演集，1992. 12
- 4) 岡本・大下：搬土機械の走行シミュレーションにおける走行速度の合理的決定法，第 9 回建設マネジメント問題に関する研究会・討論講演集，1991. 12
- 5) 岡本・田中：重機稼働アニメーションについて，第 17 回土木情報シンポジウム講演集，1992. 10
- 6) Trimble, Leica, CAT, Modular : Technical Bulletin 他
- 7) 岡本：土工ポケットブック，山海堂，pp. 310-311，2000. 4
- 8) 岡本：ダンプトラックの自動化の趨勢，第 2 回西日本資源開発シンポジウム論文集，1995. 11
- 9) 岡本：無人ダンプトラック，建設機械施工ハンドブック，日本建設機械化協会，pp. 219-220，2001. 2
- 10) ミリ波を利用した遠隔監視制御システム，建設ロボット・自動化便覧，先端建設技術センター，p. 66，1995
- 11) 岡本：機械化土工の歴史と課題，建設作業のロボット化，工業調査会，1999. 6
- 12) 岡本，宮本：無人ダンプトラックの交通制御，土木計画学研究・講演集，No. 15 (1)，1992. 11
- 13) 岡本：大型土工機械の動向とコンピュータ管理，建設の機械化，pp. 62-65，2001. 5
- 14) Stentz 他：A Robotic Excavator for Autonomous Truck Loading, The Robotics Institute, Carnegie Mellon University

【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)
山崎建設株式会社
土木本部
技術部
技術課長





空中に大地を築く挑戦

宇治川 正 人

縦型都市スカイシティ1000は、1980年代に起きた東京の都市問題を解決する手段として、都市を垂直に築き、地表にオープンスペースを取戻す提案であり、空中台地という方式をはじめ、構造計画、耐震、防災、省エネルギー、交通・輸送システムなどにユニークなアイデアが込められていた。また、その提案をきっかけに、多くの調査研究が開始された。地表並みの安全性と快適性を空中に実現することが、縦型都市の目標であり、現代の技術と想像力の挑戦課題である。

キーワード：超高層建築、人口土地、構造計画、省エネルギー、物流、安全性

1. 東京プロブレムと縦型都市構想

1989年（平成元年）6月に、竹中工務店の有志と建築家の原田鎮郎氏からなるグループV1000は、「縦型都市構想・スカイシティ1000」を発表した（グラビヤ）。これはその2年前に日本マクロエンジニアリング学会で提案された「縦型都市構想」の概念と、財団法人機械振興協会が研究開発を進めていたエネルギーなどの自給自足性、自律性の高い大規模建築物「オートノマスビル」を受継ぎ、発展させたものであった。

当時、東京への一極集中に伴う地下高騰、地上げ、通勤地獄、交通ラッシュ、熱汚染やごみ戦争など様々な弊害が社会問題化していた。

その対策として、東京湾を埋立てたり、都市部を周辺に拡大する提案も出されていた。しかし、当時の東京23区の建物平均階数は3階未満。低層の小規模の家屋からなる市街地が、都心部を埋めつくしていた。その零細で低密度な土地利用形態のまま、埋立てや周辺部の市街化をすると、環境破壊や既成社会の侵食までもが広がってしまう。

一方、生活者の側からすれば、通勤地獄は激化する。長時間の通勤通学は、家族と過ごす時間を奪う。家庭は、塾や主婦の労働参加など、家族を遠ざける多くの脅威に曝されている。どんなに優れた住宅を作っても、そこで過ごす家族が不在では、何のための住宅供給だろうか。住宅が都心部に近いこと、空間を高度に利用することは、笑顔の集う住宅を取戻す方策でもある。

2. 局所高密度高層化

根本的な問題解決策は、公園や緑地などの大きなオー

プンスペースを確保するとともに、部分的に高密度高層化すること、すなわち、「局所高密度高層化」である。

例えば、シンガポールでは、政府の主導で、道路や緑地など基盤施設を整備し、公共住宅の高層化を進め、美しいガーデンシティを作りあげた。豊かな緑の中に高層建築がそびえる様子は清々しい。

縦型都市構想は、いわばガーデンシティを作るための提案であった。日本では、国民所得の向上によって、働くだけの生活は過去のものになりつつある。豊かな余暇や自由時間を過ごすために、文化・スポーツをはじめ、新たな都市施設のニーズは高まっている。かつて、王族や貴族など権力者は庭園を作り、都市に住みながら自然を享受したが、一般の人々が、その贅沢や豊かさを手に入れたいと願う時代が到来している。

3. 空中台地

提案されたスカイシティの高さは1,000メートル、地上部の直径は400メートル、最上部の直径は160メートルで、上部ほど細い多角錐の形をしている（図一）。

従来のビルとの違いは、交通施設や上下水道などの都市基盤施設を組み込み、棚状のスペース（人口土地）を作った上で、その上に住宅やオフィス、商店などを建てることのできる場を作ろうという点である。スカイシティが作りだす人工土地の延べ面積は800ヘクタール、占有する土地の面積は12ヘクタールだから、67倍のスペースをつくりだす。800ヘクタールは、千代田区の面積の8割に相当し、その4分の1を住宅用とすれば、160平方メートル（約50坪）の区画を1万区画とそれに付随する道路を造ることができる。マンションやアパートなどの集合住宅ではなく、戸建て住宅が1万戸建てられるのである。そして、居住者3万5千人、就業者10万人が生活

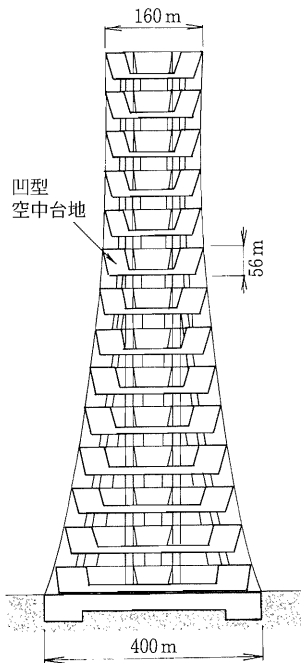


図-1 スカイシティ断面図

する都市となる。

この構想には、空間構成、構造形式、垂直輸送方式、新素材、建設ロボット、防災、エネルギーなど多くの提案が含まれていた。その一つが空中台地と名づけた方式である。スカイシティは断面の形が凹型の構造物14個が、少し間隔をあけて積層している。この構造物は空中台地と名付けられた。凹という形は、外気に接する面積が大きいので、採光や通風条件のよい場所を多くできる。凹形の窪んだところは広場とし、植物が植えられる。広場からは空が見え、日光や風が入る。

広場の外周は10層の人工土地が取囲んでいる。人工土地の階高は約4メートルで取外しもでき、2階や3階の建築物も建てられる。一つの空中台地の人工土地の総面積は平均およそ60ヘクタール、その中には、劇場などの文化施設、学校や公園などの公共施設も備えることができ、一つの「まち」を形づくる。この広場を中心とする空中台地の生活空間は、高さの恐怖を感じにくい構成となっている（グラビヤ）。

都市にはいろいろな職業の人々、子供から老人までが住む。スカイシティは、交通事故の心配が無く、公園や図書館、学校が身近な生活空間であり、今後の高齢化社会にも適合しやすい。

下層の空中台地は、面積が大きく、外部の地域からアクセスしやすいため、オフィスや商業施設を主体とした構成が適している。上部は放送通信に関連した産業や研究開発業務などに向いている。総合大学のキャンパスを展開させることもできよう。変化に富んだ構成は、人々に刺激を与え、豊かな生活の舞台となる。

4. スカイシティの技術

(1) 1,000メートルを支える構造計画

スカイシティは総重量600万トンの巨大な構造物であり、一般の建物のように柱と梁で組立てることはできない。自重や地震と風の力がなめらかに下部に伝達するように下部の面積が大きくなる多角錐の形を採用した。全体的には、下部が2本に分かれる6本の巨大な支柱と、それを横に繋ぐ部材による多数の「力学的に有効な面」（メンブレン）を作り、硬い殻のようにになっている。この構造形式は「多角錐シェル構造」と命名された。

地下部分の建設に際して排出する土量の重量は、スカイシティの総重量とバランスしており、地盤沈下は起こりにくい。構造体は、上総層群など第三紀層の強固な地盤に直接支持させる。

(2) 耐震、耐風と防火・防災

一般的には、高い構造物ほど地震の衝撃力は減少し、大きな構造物ほど単位面積当りの風の圧力も減少する。むしろ、巨大構造物では、地震や風の力より、自重を支えることに何十倍もの強度が要求される。通常の構造物は自重に比べて、風や地震力の方が大きいため、自重を支える強度があっても地震には耐えられない。スカイシティは、多角錐シェル構造で巨大な自重を支えており、自重よりはるかに弱い地震や台風の力には十分に安全な強度を確保している。

また、制振装置を空中台地に組み込み、風や地震による揺れを小さくして安全性と快適性を高める。

スカイシティでは、建物レベル、地区レベル、さらに凹形の空中台地の地域レベルの3段階に防災ブロックを設け、延焼被害の防止を図っている。消防、防災センター、

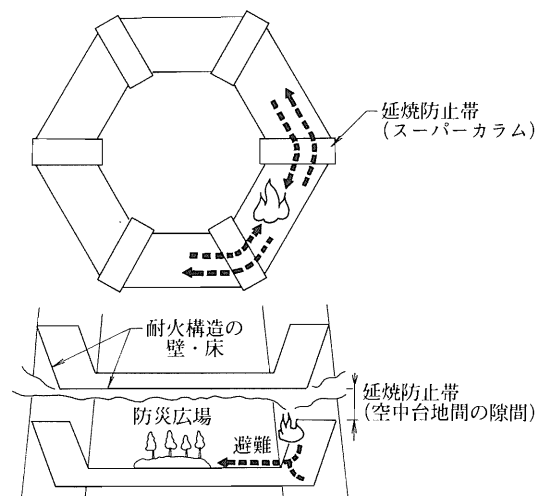


図-2 延焼防止の仕組み

遮断壁、消火設備、避難経路、火災情報システムをレベルに応じて整備する。空中台地の中央広場は、緊急時の避難空間となる。スカイシティとその周辺のオープンスペースは、周辺の人々の避難や被災者を収容する防災拠点ともなる（図-2）。

（3）省エネルギー都市の実現

現在の超高層ビルは、空調設備や照明など人工的に環境を調整することを前提としているが、空中台地方式は、自然の力を積極的に取り入れることを目指している。

雨水も水源として利用し、上水道と、下水を浄化した中水道を併用する。各空中台地ごとに水処理施設を設け循環系を作る。一部の個所が故障しても、上下層のシステムからバックアップできるこの冗長性に富む方式は、火災や非常時の安全性を高めている。

電力は燃料電池や廃棄物焼却発電で供給する。水の落差を利用した発電も可能である。それらの工夫により、節水率は90%以上、電気やガスなどの省エネルギー率は20%から30%となり、エネルギー自給率の高い都市が実現する。廃棄物は真空輸送システムで搬送し、空中台地ごとに処理され、コンポストやエネルギー源として再利用される。

一つの都市は、周辺の地域に影響を及ぼし、依存もしている。都市に人口が増加しても、交通や水、エネルギーなどの周辺の都市設備に負担を与えないように限られた範囲でそれらをリサイクルさせ、自給自足性と自己調節性、すなわち「自律性（オートノマス）」の高い仕組みを作り上げてゆくことが望ましい。

（4）交通・輸送システムと高度情報化

スカイシティには4種類の交通機関が組合わされている。縦方向の輸送動脈は、空中台地を結ぶ3階建て大容量高速エレベータと、地下の巨大駐車場から、らせん状に走るモノレールである。停留所は空中台地ごとに設置される。さらに、人工地盤上はバッテリー駆動の小型バスで移動できるし、空中台地各層を上下するエレベータは人々をスカイシティの端まで運ぶ毛細血管の役割を担っている。

ところで、「屋台の効用」というのをご存知だろうか？ 都市計画の専門家でも、人間の行為や要求を予測し、十分に準備することは難しい。市街地の飲食店の不足を補ったり、バラエティをもたらしてくれるのは屋台や軽トラックの移動店舗である。それらが、スカイシティの超高層の空間にも出没できるように、外部の一般道路からスムーズにアプローチできることが望ましい。

電力や電話線などの配線はまとめられて、巨大な柱の

中に納められる。頂上部の高度1,000メートルにはパラボラアンテナをはじめ、各種通信システムの中継、発信の装置が設けられ、そこからスカイシティの各部に通信ネットワークが張り巡らされる。地下のように工事のたびに掘り起こす必要がないので、新增設しやすい。そのために、知識集約的な産業、ソフトウェア関連産業、情報関連産業などにも魅力的な情報環境となる。

（5）工期と建設費

スカイシティの建設工期は資材の搬送、膨大な作業量、各工事の必要最小限の日数、周辺の道路環境などから、およそ14年と算定された。現行の法制度では、建設中に一部を使用すること（部分共用方式）は認められていないが、都市空間を拡大するという期待に早くこたえるには、法的な整備も必要である。

スカイシティの建設費は、当時の単位床面積当たりの単価を基に、坪当たり約200万円、総額約4兆7,000億円と試算された。建設費が半減している現在では、総額も約半額程度になると思われる。この建設費は、交通手段やエネルギー供給システムなどの都市基幹施設の建設費も含んでいる。

建設単価は、生産方式や生産量に大きな影響を受ける。スカイシティのような超大型工事は、鉄鋼やコンクリートなどの原料調達や生産方式そのものも見直されるに違いない。今後大型建設機械、作業ロボットの開発による効率化や、材料の大量購入による価格の低減を考えれば、現時点の単価より下回る可能性が高い（図-3）。

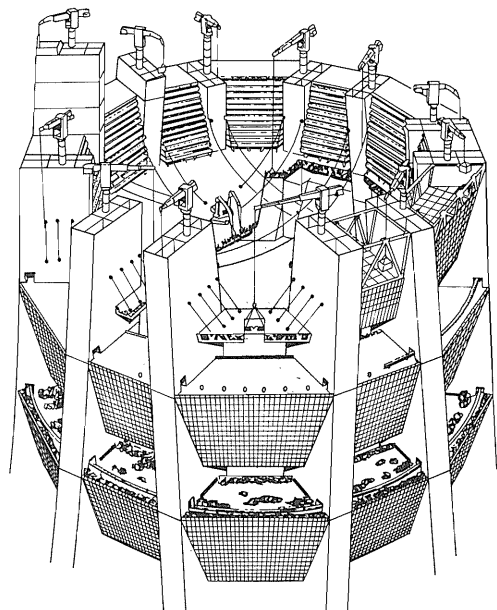
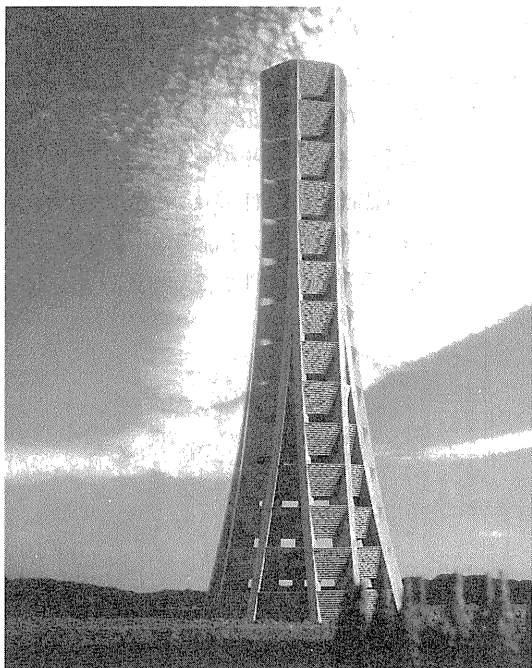


図-3 建設ロボットによる施工

5. 様々な提案と調査研究の隆盛

スカイシティ（写真—1）の提案は、大きな社会的関心を呼んだ。そして、同業の建設業各社からも、多くの構想が発表された。中には、数千メートルの高さの提案もあった。残念ながら、それらの提案には、地表部の空間の使い方に関する検討を欠いたものも少なくなかった。都市問題への対処、都市生活者の豊かな生活の場の創出という主旨からは、高さの競争には意味が無い。

スカイシティは当時の技術でも建設可能であることを前提に検討された。しかし、超高層都市を対象とした本格的な研究開発は行われておらず、それに挑戦すれば、多くの成果が期待できる。まず、1990年には、建設業だけでなく、鉄鋼、重工業、エレクトロニクスなど多くの分野が参加し、財団法人エンジニアリング振興協会で「超高層都市空間システムの開発」がスタートした。さらに、ハイパービルディング研究会（日本建築センター）や、超高層特別研究（日本建築学会）も開始された。1980



写真—1 スカイシティ全景

年代に提案された日本マクロエンジニアリング学会の縦型都市の概念は、国内外に広がっていったのである。

6. 現代の知恵と創造力

快適な生活空間も、安全性が保証されてこそ存在意義がある。スカイシティは、地震や台風などの天災だけでなく、火災や停電、テロリズムなど人間や人間の作った設備を原因とする災害も防災上の要因である。その安全性は、大地（地表）と同等以上の水準を目標にすべきであろう。

東京や大阪をはじめ、かつて海であった場所が都市部になっている例は多い。そこが再び海中に没するとを誰も疑わず、多様な生活が展開されている。私達は空中に、安全で快適な空間を築くことができるのだろうか。

科学や技術が発達した現在の人類の力はどこまで到達したのだろうか。海を埋立てず、都市周辺の自然を守り、大地を開放し、緑と豊かな生活を両立させることに、現代の人間の知恵と創造力が試されているのではないだろうか。

都市を作る主人公は都市に住む人々である。一握りの技術者が勝手に構想を描いただけでは、ひとりよがりの夢想でしかない。大勢の人々と未来のあり方について意見を交換しながら、構想をよりよく変えてゆく努力が重要である。

J C M A

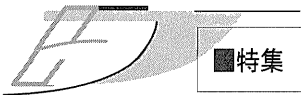
《参考文献》

- 1) 原 喬, 「21世紀縦型都市構想」, 第2回日本マクロエンジニアリング学会年次研究大会予稿集, 1987年
- 2) グループV1000編「縦型都市構想」, 海文堂, 1989年
- 3) 宇治川正人「快適居住空間をつくる一個と全体のシステムデザイン」, 日本機械学会誌, 第93巻, 863号, 1990.10

【筆者紹介】

宇治川 正人（うじがわ まさと）
株式会社竹中工務店
技術研究所
企画部長





■特集 建設のフロンティア

火山災害と無人化施工

三村 洋一・間野 実・森 利夫

建設業の中での本格的な無人化施工は、雲仙・普賢岳における火山災害復旧工事に初めて適用された。その後有珠山、三宅島といった民家に隣接する噴火災害にも無人化技術が適用されている。本報文では、火山災害と現状施工可能な無人化施工技術について説明する。また、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所とフジタの共同開発技術である遠隔操縦ロボットとフジタの開発した無人化測量システムについて説明し、無人化施工の課題点と今後の展望について述べる。

キーワード：無人化施工，災害復旧，遠隔操縦，無人化測量，ロボット

1. はじめに

日本には、世界の活火山の約1割があり、世界有数の火山国で、活火山は86座ある。気象庁では、活動の盛んな浅間山、桜島などの19座の活火山について常時観測を行っている。

この現状において、無人化施工と呼ばれる遠隔操作付き建設機械による施工は、雲仙・普賢岳で行われた災害復旧工事で本格的に導入され、発展してきた。本報文では、現状施工可能な無人化施工技術、フジタが最近開発した無人化技術と今後の無人化施工の展望について述べる。

2. 火山災害と無人化施工の歴史

火山災害には、火山の噴火のタイプや周辺の地形にもよるが、噴火による噴石、溶岩流、火砕流、土石流などの災害発生がある。まず、過去に無人化施工が行われた火山災害とその施工の歴史について述べる。

(1) 雲仙・普賢岳

1990年に198年ぶりに活動を再開した雲仙・普賢岳は、火砕流、土石流による大きな災害をもたらした。

(a) 火砕流

高温の岩塊、火山灰、軽石などが高温のガスと混合し、それらが一体となって流れる現象である。流下速度が約100 km/hにも達する。平成3年6月に発生した火砕流は、43名もの尊い命を奪った。

(b) 土石流

噴火活動による多くの土砂が堆積し、堆積した土砂が降雨により土石流となる。雲仙・普賢岳の水無川流域では、家屋や田畑への被害も大きく、また、道路を寸断した。

火山災害の更なる拡大を防ぐため1994年に公募による試験フィールド制度にて、本格的な無人化施工が始まった。施工条件として、温度100℃、湿度100%、施工離隔距離100 mが挙げられた。

この水無川流域の試験施工において、特定小電力無線を中継する遠隔操縦方式で、2 km離れた距離からの建設機械を操作し施工を行った。

(2) 有珠山

有珠山は2000年に23年ぶりに噴火した。新火口が次々と出現して、熱泥流、噴石、火山灰により大きな被害をもたらした。また、地殻変動などにより道路が変状した。

ここで用いられた新たな無人化施工技術として、建設無線がある。この建設無線は、水無川の際に用いた無線が遠距離になると直接操作することができなくなるという問題を解決すべく特別な許可のもとで使用できる無線である。この無線により2 km程度の距離でも、建設機械を直接遠隔操作することができた。

(3) 三宅島

三宅島は2000年に17年ぶりに噴火した。大規模な噴火で大量の火山灰を降らせて、それと共に大量の火山ガスを噴出している。このため、全島民の避難が今も続いている。

火山ガスの主な成分は、水蒸気、炭酸ガス、亜硫酸ガス、硫化水素、塩化水素などである。三宅島では、有毒

性の亜硫酸ガスの噴出が続いている。

現在、災害復旧工事が無人化施工で行われている。ここでは、火山ガスの危険性からオペレータの身を守るため、遠隔操縦室自体を亜硫酸ガス対策を施したクリーンルームとしている。

3. 無人化施工可能工種

これまで、火山災害の災害復旧を含む無人化施工に様々な無人化施工技術が用いられているが、現状で無人化施工可能な工種は、除石工、撤去工、コンクリート工、型枠工、導流堤構築工などの実績がある。以下にこの概要を述べる。

(1) 除石工

火山災害では、噴火活動による土砂の堆積による土石流災害が発生しやすく、1994年水無川の試験フィールド制度で、バックホウ、ブレイカ付きバックホウ、ホイールダンプ、クローラダンプ、ブルドーザなどを遠隔操作し、火砕流および土石流の危険性のある地域で、大規模な遊砂地等の除去工事を施工した。

(2) 撤去工

水無川では、破碎機で、作業上支障となる小屋の撤去作業を行った。

有珠山の西山川では、町道橋のこびら橋が流路を塞いだため早急に撤去する必要に迫られた。そこで、ブレイカ付きバックホウと油圧破碎機で切断破碎、バックホウでクローラダンプに積込み運搬した。

(3) 構造物の施工

(a) RCC工法

水無川では、砂防堰堤の越流部をRCC (Roller Compacted Concrete) による土砂型枠を使用した無人化施工を行った。

貧配合のコンクリートを有人地域で製造し、無人のダンプトラックで運搬し、無人ブルドーザで敷均し、無人振動ローラで締固めた。また、工事の伴う施工管理では、GPSを利用した3次元情報を基にした撒出し厚、転圧、掘削高さなどを管理した。

水無2号砂防堰堤では、土砂型枠の代わりに副堤と本堤の一部にコンクリートブロックを積んで型枠代わりとして施工した。

(b) 大型土のうの設置

大型土のうは、崩落箇所の緩衝材や、押え盛土、土留部材や構造物の端部処理、コンクリート型枠、道流堤な

どの仮設的に用いられている。

土のうは、クレーン仕様のバックホウに自動玉外し装置などを取付けて施工する。玉掛け作業は、無人では難しく、有人区域で行うか玉掛け部に工夫が必要になる。

(c) コンクリートブロックの設置

大型コンクリートブロックの2次製品を積上げて擁壁や導流堤などを施工することも行われている。無人で施工されるコンクリートブロックは、機械での把持および吊り下げが容易な形状になっていること、安定性に優れていること、機械で取扱える重量になっていることなどが必要である。機械は、コンクリート運搬用機械と把持装置を取付けたバックホウになる。

(4) その他の無人化施工

(a) 高流動コンクリート

有人区域にコンクリートポンプを設置して、無人化施工区域内の砂防ダムを高流動コンクリートに施工する方法が行われている。

(b) クレーン

有人区域にクレーン車を設置して、土のうやブロックなどを無人化施工区域内にセットする方法も行われている。

4. 遠隔操縦ロボット

無人化施工による災害復旧工事の施工実績が増えているが、遠隔操縦用の建設機械は、大型で被災地への輸送には、機械の解体、組立てが必要であり、緊急時の早急な対応ができない等の問題があった。

そこで、汎用の建設機械に簡単に着脱可能なコンパクトタイプの遠隔操縦ロボットを国土交通省九州地方整備局九州技術事務所とフジタで共同開発・製作した。製作した遠隔操縦ロボットには、バックホウ用とブルドーザ用がある。それぞれの概要を以下に述べる。

(1) バックホウ用

汎用のバックホウの遠隔操縦ロボットは、

- ① 運転席に組立・装着する7つのユニット (図—1参照)、
- ② バックホウの屋根に装着する受信装置や表示灯、
- ③ 装置の動力源となるサプライユニット (エンジンコンプレッサ)、
- ④ 遠隔操縦用の携帯ユニット、
- ⑤ モニタリングユニット、

で構成されている。

バックホウに付いている2本の操作レバーおよび2本

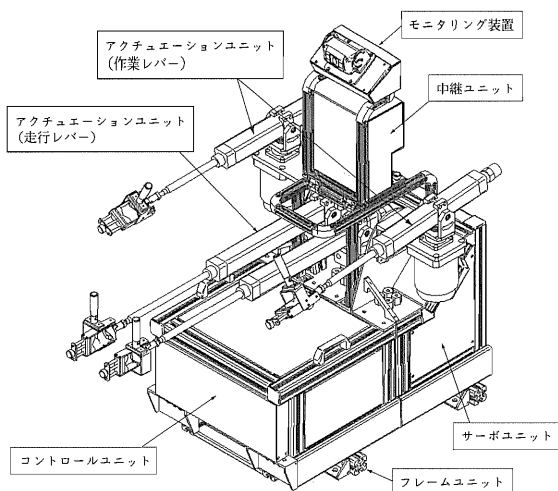


図-1 バックホウ用遠隔操縦ロボット外観図

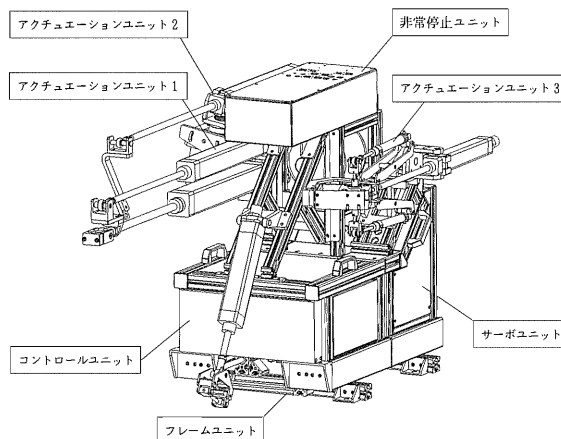


図-2 ブルドーザ用遠隔操縦ロボット外観図

表-1 遠隔操縦ロボット（バックホウ用）諸元

項目	内容
取付け人員	2～3名
取付け時間	3時間程度
寸法	W 620 mm × D 1,100 mm × H 1,040 mm
重量	180 kg
ユニット数	10個
無線方式	特定小電力無線

表-2 遠隔操縦ロボット（ブルドーザ用）諸元

項目	内容
取付人員	2～3名
取付時間	3時間程度
寸法	W 1,000 × D 1,600 × H 1,100 mm
重量	260 kg
ユニット数	11個
無線方式	特定小電力無線

の走行レバーを操作する空圧のアクチュエータを遠隔で操作し、バックホウを間接的に動かせる装置である。複数のメーカーや機種に対応、調整できるように工夫してある。表-1にバックホウ用の遠隔操縦ロボットの諸元を示す。

(2) ブルドーザ用

バックホウ用を改造し、ブルドーザの燃料調整およびブレーキペダルの保持ができる空圧アクチュエータ、ブルドーザのブレード操作レバーを保持できる空圧アクチュエータ、操向レバーを保持できるアクチュエータなどを組込んで、ブルドーザ用も製作した(図-2参照)。ブルドーザは、各メーカーおよび機種ごとに運転・操作方法が違っている。このため、開発した機種以外に装着することはできないが、汎用のブルドーザを簡単に無人化することができる。表-2にブルドーザ用の遠隔操縦ロボットの諸元を示す。

5. 無人化測量システム

無人化施工の作業の中で、測量・検査や散水養生および清掃等の作業については、当初無人化は難しい状況であった。これらの作業の中で測量・検査についてフジタは技術開発を行った。以下にその概要を述べる。

(1) システムの構成

本システムは、

- ① マーキング機構搭載重機、
- ② トータルステーションシステム、
- ③ 制御ユニット、

の3つの部分で構成されている。図-3にシステムの構成図を示す。

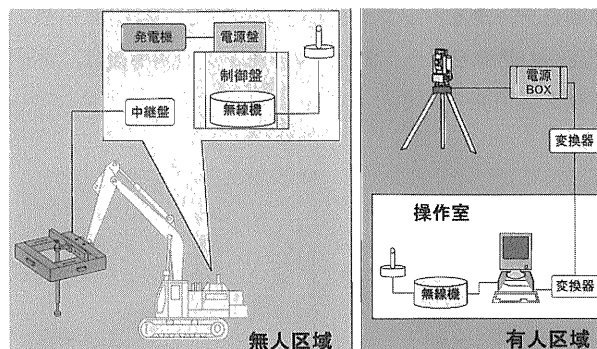


図-3 無人化測量システム構成図

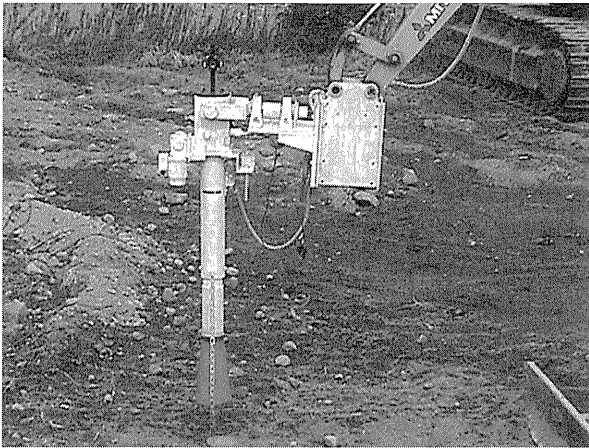
トータルステーションシステムは、マーキング機構に取付けられたプリズムを自動追尾することで、目標マーキング点への誘導を行うシステムである。

本システムは、無線による測定命令とデータ取得機能により遠隔操作が可能であり、また、重機旋回時にアー

ム等でプリズムが隠れた場合でも自動でプリズムのサーチを行うため、危険な環境下での無人測量が可能となっている。

(2) 測量マーキング機構 1号機 (写真—1 参照)

測量マーキング機構 1号機は、無人バックホウのアタッチメント部分にマーキング機構を取付けた重機である。制御盤や発電機は重機後方に搭載されている。マーキング機構の上部に測量用プリズムが付いており、重力による鉛直保持で、その下部の位置を常時測量することができる。



写真—1 測量マーキング機構 1号機

(3) 測量マーキング機構 2号機 (写真—2 参照)

マーキング機構 2号機では、測量精度の向上と測量時間の短縮を図るため、マーキング機構に微小位置決め操作が可能な XY テーブル機構を付加した。

制御ユニットは、トータルステーションシステムからの測量データをパソコン画面上表示させ、目標マーキング点への誘導を行う。また、マーキング点誘導後は、マーキングが可能である。



写真—2 測量マーキング機構 2号機

6. 無人化施工の展望

無人化施工は、近年の火山災害復旧工事対応として発展してきた。これまで述べてきた無人化施工の歴史と開発技術を踏まえて、以下に無人化施工の展望について述べる。

(1) 施工方法

現状施工可能な無人化機械は、バックホウ、ブルドーザ、クローラダンプ、振動ローラ、クローラドリルなどがある。これらを組合わせた無人化工法が今後も発展していくものと思われる。

遠隔操作できる機械の種類を増やすには、研究開発しなければならないことが多く、当面は、バックホウのアタッチメントなどに工夫する方向で進んでいくと思われる。

また、新たな無人化施工の機械として、ラフタークレーンの無人化⁸⁾への試みやコンクリートポンプの無人化への試みが始まっている。

(2) 視覚の情報

雲仙の試験施工を通して、遠距離無人化施工の場合には、画像による視覚情報の支援が必要であり、施工範囲の広範な情報、操作対象近傍情報などの映像情報が必要なることが分かった。

しかし、無人化施工では、効率および施工精度が落ちる。この原因として、

- ① 搭乗時と同じ視点の映像が見えない。
- ② カメラが人間と同じように首を振ったり、視点をずらしたりできない。
- ③ カメラの解像度が低く奥行きが分かりにくい。
- ④ バケット刃先などが見えない。
- ⑤ 映像にタイムラグがある。
- ⑥ 長時間作業すると、疲労する。

などが挙げられる。

今後は、これらを解決すべく視覚情報の高度化およびより臨場感のあるオペレーションシステムの開発が期待される。

(3) 無線

遠隔操作には、設営、操作性などの点から、有線より無線の方が有利である。しかし、現状、見通しの利かない場所での無線技術の使用や複数台での使用を行う場合に台数制限があるなどの無線上の課題を有している。

無線上の課題を解決することは、無人化施工を進める

うえで非常に重要な技術となる。これを解決すべく統合化デジタル無線の研究などが行われている⁹⁾。

(4) これからの技術

今後は、各機械が知能を持って自律的に稼働するような自律制御や複数の機械が共同で作業を行う協調制御などの技術が発展し、より高度な無人化施工の技術が発展することが期待される。

また、画期的な試みとして、人間型のロボットが、建設機械に搭乗運転する研究もされており、今後の発展が期待されている¹⁰⁾。

7. おわりに

水無川流域での導入から、無人化施工技術は火山災害と共に実用的な技術として発展してきた。今後も、展望に述べたような技術開発を推進し、無人化施工および工法の発展を通して、豊かで安全な社会の実現に貢献できればと願う。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省のホームページ (<http://www.mlit.go.jp/>)
- 2) 国土交通省九州地方整備局九州技術事務所のホームページ (<http://www.qsr.mlit.go.jp/kyugi/>)
- 3) 千葉達郎さんのホームページ (<http://www.geo.chs.nihon-u.ac.jp/tchiba/chibaj.html>)

- 4) 国土交通省雲仙復興工事事務所のホームページ (<http://www.qsr.mlit.go.jp/unzen/>)
- 5) 建設グラフ 2000年9月号 (<http://www.jiti.co.jp/graph/toku/usu/usu2-1.htm>)
- 6) 東京都地質調査会のホームページ (<http://www.tokyo-geo.or.jp/>)
- 7) 第18回建設用ロボットに関する技術講習会 (社)土木学会
- 8) 国土交通省北陸地方整備局のホームページ (<http://www.hrr.mlit.go.jp/press/2002/1406/13kanazawa.html>)
- 9) 小笠原 保・持丸修一：統合型デジタル無線を利用した遠隔縦横システム、建設の機械化、2002年3月号, No.625, p.55
- 10) 独立行政法人産業総合研究所知能システム部門のホームページ (<http://www.aist.go.jp/>)

【筆者紹介】

三村 洋一 (みむら よういち)
株式会社フジタ
土木本部
土木統括部
機械部

間野 実 (まの みのる)
株式会社フジタ
土木本部
土木統括部
機械部

森 利夫 (もり としお)
株式会社フジタ
土木本部
土木統括部
機械部

大深度地下空間を拓く建設機械と施工技術

最近の大深度空間施工技術について取りまとめました。主な内容は鉛直掘削工、単円水平掘削工、複心円水平掘削工、曲線掘削工等実施例を解説、分類、整理したものです。工事の調査、計画、施工管理にご利用ください。

頒 価 2,310円(本体価格2,200円) 送料500円
申 込 先 本部：FAX.03-3432-0289

社団法人 日本建設機械化協会

東京都港区芝公園3-5-8(機械振興会館) TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289



装着が簡単な緊急災害用建設機械の遠隔操縦装置

荒川輝昭・伊藤喜一

建設機械に遠隔操縦装置を装着するには、コントローラ、EPCバルブ（電磁比例弁）、シャトルバルブ等の部品が必要となり、取付け、取外しにそれぞれ約3日間を要する。このため緊急災害復旧工事には、迅速に対応することが困難であった。

コマツ社は、PPCバルブ（比例制御弁）、EPCバルブを一体化し、かつ小型化したクイックバルブを開発（特許出願中）した。

新開発のクイックバルブを採用したのがクイックラジコン（新型遠隔操縦装置）で、従来の遠隔操縦装置に比較して、取付け、取外しが約1日で可能である。機械に簡単に装着することができ、緊急災害復旧工事に迅速な対応が可能になった。

従来の遠隔操縦装置に必要であったEPCバルブ、シャトルバルブが不要となり、また油圧ホースの本数を大幅に削減する事ができ、メンテナンス性が向上した。

取付け、取外しのコスト低減、遠隔操縦機械を現場毎に移動するコストが不要となり、さらにユーザの利便性、トータルコストの低減に寄与するものである。

キーワード：遠隔操縦、災害復旧、無人化施工、油圧ショベル、クイックラジコン、ロボット、機械組込み型

1. 建設機械の遠隔操縦装置

(1) 遠隔操縦装置の概要

緊急災害復旧工事には、遠隔操縦装置付きのブルドーザ、油圧ショベル、ダンプトラック、クローラダンプ等が作業用途により様々な組合せで使用されている。

これら建設機械の遠隔操縦装置は一般的な搭乗運転で使用される建設機械の標準機に装着し、使用される。本章では、緊急災害復旧工事に最も多く使用される中型油圧ショベルの遠隔操作装置について説明する（図-1）。

オペレータが、運転席で操作レバーやスイッチを運転操作している搭乗運転と、遠隔操縦装置によるラジコン運転は、運転席に取付けた切換えスイッチで切換えることができる。

遠隔操縦装置は、オペレータが運転席で操作するレバーやスイッチに替わる送信機と、機械に取付ける受信機、コントローラ、EPCバルブ（電磁比例制御弁）から構成されている。

(a) 送信機

レバー・スイッチの操作信号を無線電波に変え、機械に取付けた受信機に送信する。受信機は、送信機から送られてきた無線電波から操作信号を取出し、コントローラに送る。

(b) コントローラ

操作信号をEPCバルブが作動する電気信号に変換する。EPCバルブは操作弁を駆動させ機械が作動する。

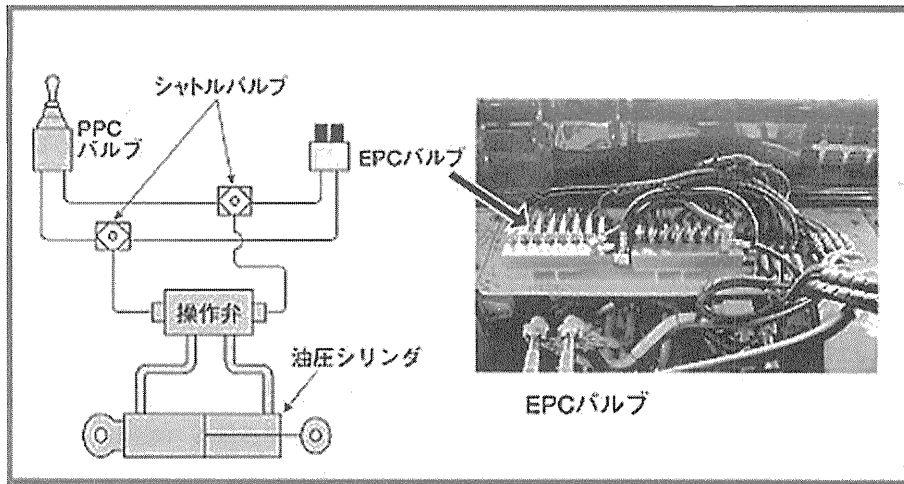
(c) 遠隔操縦装置の油圧回路

標準機の油圧回路にシャトルバルブを介して装着する。シャトルバルブの機能は、PPCバルブ（比例制御弁）からの油圧、またはEPCバルブからのパイロット油圧を切換え操作弁に送る。

(2) 現行の遠隔操縦装置の問題点

遠隔操縦装置の油圧回路は、標準機の油圧回路に、シャトルバルブを介して装着するため、油圧回路が複雑になっている。

- ① 建設機械に遠隔操縦装置を取付けるには、受信機、コントローラ、EPCバルブ、シャトルバルブ等の部品、また、これらを機械に取付けるブラケットを溶接取付けしなければならない。遠隔操縦装置の取付け、取外しに約3日間を要する。
- ② 建設機械の標準車に、遠隔操縦装置の油圧機器（EPCバルブ、シャトルバルブ）を追加するため、各油圧機器を接続する油圧ホースが多量に必要となる。
- ③ 現行の遠隔操縦装置では、EPCバルブが大型で、小旋回、後方超小旋回機には、取付けスペースがな



図一 油圧ショベルの遠隔操縦装置の油圧回路図

く装着が不可能であった。

2. クイックラジコン（新型遠隔操縦装置）

（1）新開発クイックバルブの構造（特許出願中）

建設機械の標準機では、オペレータが運転席から操作する操作レバーの下に、PPCバルブ（比例制御弁）が取付けられており、オペレータが操作レバーを操作しその操作レバー傾きに比例してパイロット油圧の流量を変化させることで操作弁のスプールが移動して作業機への流量を変える。

他方、遠隔操縦装置の油圧回路では、コントローラからの電気信号を受け EPCバルブ（電磁比例制御弁）がパイロット油圧の流量を変化させる。この両方のバルブを一体化しかつ小型化したのが、クイックバルブであり、PPCバルブ、EPCバルブの機能を併せ持つ。

（2）クイックラジコン（新型遠隔操縦装置）の特徴

新開発のクイックバルブを採用したのが図-2 に示したクイックラジコン（新型遠隔操縦装置）で、下記の通

り大きな特徴を持つ。

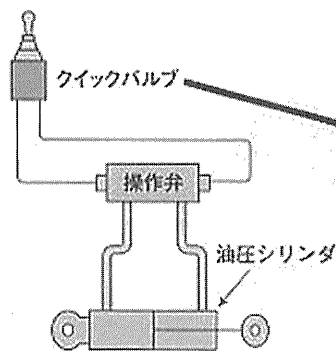
- ① 従来の遠隔操縦装置に比較して、取付け、取外しが約1日で可能であり、取付け、取外しのコストを低減することができる。

また、クイックラジコンを、機械に簡単に装着することができ、緊急災害復旧工事に迅速な対応が可能となった。クイックラジコンのみを災害現場に輸送し現地装着することで、遠隔操縦機械を現場ごとに移動する費用が不要となりコスト低減となる。

- ② 遠隔操縦装置の専用装備となっていた EPCバルブ、シャトルバルブが不要となり、油圧ホースの本数を大幅に削減する事ができ、メンテナンス性が向上した（表-1）。

表-1 現行遠隔操縦装置とクイックラジコンの油圧ホース比較 (単位:本)

	現行遠隔操縦装置	クイックラジコン
入力	10	10
出力	48	16
合計	58	26



クイックバルブ内蔵コンソール（特許出願中）

図-2 クイックラジコン（新型遠隔操縦装置）の油圧回路図

- ③ 現行の遠隔操縦装置では、取付けスペースがないことから対応できなかった、小旋回、後方超小旋回機への取付けが可能となった。

3. 今後の課題

従来の遠隔操縦装置に比較して、EPCバルブ（電磁比例弁）、シャトルバルブ、油圧ホースの追加が不要となり利便性が向上した。については今後多くの実績を残していきたい。

4. 今後の展開について

現在、建設機械の遠隔操縦装置の方式を大別すると、次の3種類に分類することができる。

- ① メーカー、機種を問わず簡単に装着が出来るロボット型、
- ② 搭乗運転と同等な操作性を求めた機械組込み型、
- ③ 新開発した装着が容易であり操作性が優れているクイックラジコン。

以下にそれぞれの特徴を述べる。

(1) ロボット型

ロボット型は、建設機械の運転席に備えている操作レバーにワイヤケーブルを取付け、そのワイヤケーブルをステッピングモータまたは、エアシリンダで駆動させ、操作レバーを動かす方式である。

受信機、制御器、動力源、駆動部、をそれぞれユニット化し、運転席オペレータシート上にユニットを組付けることで、機能する構造となっている。外観があたかもロボットに似た格好をしているのでロボット型と称している。

- ① 取付け、取外しに、それぞれ約1日でできる。
- ② 操作レバーを機械的に操作しているため、微操作が難しい。
- ③ オペレータシートに機器を装着するため、搭乗運転ができない。
- ④ エンジンの回転制御および始動、停止ができない機種もある。

(2) 機械組込み型

受信機、コントローラ、EPCバルブ（電磁比例弁）、シャトルバルブを機械に取付け、搭乗運転の操作系統とは別に、遠隔操縦の操作系統を設ける。油圧回路だけで

はなく、エンジンの回転制御、始動操作系統も併せ持ち、搭乗運転と同等の操作機能を持つ。

- ① 搭乗運転と同等の操作性
- ② エンジンの回転制御および始動、停止ができる。
- ③ 取付け、取外しに、それぞれ約3日掛かる。
- ④ 油圧ホースが多くなり、メンテナンス性がやや劣る。

(3) クイックラジコン

ロボット型、機械組込み型両方の特性を生かした新機軸である。建設機械の標準車に装着しているPPCバルブ（比例制御弁）をクイックバルブに組替えることで遠隔操縦が可能となる。

- ① 取付け、取外しに、それぞれ約1日でできる。
- ② 搭乗運転と同等の操作性
- ③ エンジンの回転制御および始動、停止ができる。
- ④ 油圧ホースの追加が少なく、メンテナンス性がよい。

コマツ社は雲仙・普賢岳の無人化試験施工以来、遠隔操縦装置の性能および機能向上に努力してきた。特定小電力無線の高速化による操作性の向上および拡張性を図り、さらに機種別にはダンプトラックの速度感应型ステアリング（中立型）・最高車速制御、ホイールローダの速度感应型ステアリング（保持型）・速度感应型ブレーキ等、オペレータの操作性を向上する支援機能の充実を図って来た。旧来の遠隔操縦装置は、単に遠隔操縦ができるレベルであり、現在求められている遠隔操縦装置には、搭乗運転と同等な作業効率と操作性の向上が求められている。

今回開発したクイックラジコンが、数多くのユーザーに活用いただけることを願う。

J C M A

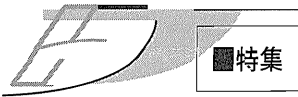
【筆者紹介】

荒川 輝昭（あらかわ てるあき）
コマツ
建機マーケティング本部
営業本部
直轄事業部
ラジコン営業部



伊藤 喜一（いとう きいち）
コマツ
建機マーケティング本部
営業本部
直轄事業部
ラジコン営業部





■特集 建設のフロンティア

超高地における建設機械

玉根 敦司

世界に点在する大きな金や銅などの鉱山は標高3,000 mを超える高地に位置するものも多く、中には4,000 mを越えるものもある。近年、これらの鉱山では鉱石の掘削積込み機が機械式ショベル（ドラグライン）やホイロロードから大型油圧ショベルに移行してきており、顧客からは空気密度が薄く、気圧が低い高地でも機械の耐久性を落とさず、作業効率が落ちないようにすることが求められてきている。

日立建機株式会社では油圧ショベルの高地稼働における問題点とその対応策を検討し、種々の改良を加えたことによって、超高地での超大型油圧ショベルの稼働率を標準仕様機と同じく高くすることが出来た。

キーワード：油圧ショベル、高地稼働、エンジン、耐久性、作業効率

1. はじめに

南米には世界でも有数の大きな金、銅などの鉱山が多数あり、中でもペルー、チリ、アルゼンチンなどのアンデス山脈に点在する鉱山は主に標高3,000 m以上の高地にある。ペルー北部の標高4,000 m～4,200 mにある北米・南米大陸で一番大きな金鉱山では日立建機株式会社（以下、当社）のEX 5500が5台稼働している。

また、アジアでもインドネシアのイリアンジャヤ島の金と銅の採掘鉱山は標高4,100 m程度に位置し、EX 3500が3台とEX 1800が3台稼働している。

中国では青海省とチベット自治区を結ぶ青蔵鉄道（総延長1,956 km）など内陸部での鉄道建設を強化しているが、この青蔵鉄道の大部分は標高4,000 m以上の高地を通り、最高で5,000 mを越える箇所もある高山鉄道で、この鉄道建設現場でもEX 220-5、EX 300-5、EX 400-5をはじめ、他社の40 tクラスまでの中型油圧ショベルが稼働している。

2. 高地稼働における性能面の問題点と対応策

前述したような超高地では、標高が高いために空気が薄く、気圧も低く、かつ気温も低い場合が多く、機械にとっても機械の操作やメンテナンスをする人間にとっても過酷な現場である。このような現場だからこそ故障せずに高い安定した稼働率と作業量を維持することが顧客から求められる。

近年、世界中の大規模な鉱山では機械式ショベル（ド

ラグライン）やホイロロードから大型油圧ショベルに掘削積込み機が移行してきており、中でも油圧ショベルの心臓とも言えるエンジンとポンプの耐久性を落とさず、かつ作業量を落とさないようにすることは非常に重要なことである。

大規模な鉱山では掘削積込み機は鉱石処理のプラントと同様に設備機械であり、一日で機械が止まるのは朝晩のシフトチェンジと給油時のみで、1日に22時間以上稼働する。また、250時間毎（約2週間毎）あるいは500時間毎の油脂類、フィルタ類の交換と数千時間毎の定期的な点検・部品交換を行い、年間で6,000時間以上稼働することが要求される。

表一に超高地における問題点とそれらに対して考えられる対応策を示す。

エンジン始動性については、一般に平地に比べて、大気圧が低いと始動性は悪化すると考えられるが、 -20°C 程度までは実用上問題なく始動出来ると考える。これ以下の極低温時でもエンジンブロック、オイルパンヒーターなど予熱を行い、低粘度のエンジンオイルを使用することや、大容量バッテリーを使用するなどして対応可能であると考えられる。

実際のエンジンでは耐久性を確保するためにターボの回転数、ターボ入口での排気温度、吸気負圧（抵抗）、排圧で制限がある。エアクリーナ目詰まりによる吸気抵抗の増大、排気ガス濃度、ターボの赤熱、バックファイヤの発生など実機の状況によって耐久性を確保するためにエンジン出力や負荷トルクの低減が必要である。

エアクリーナの目詰まりの進行具合によって吸気抵抗が変化していくので、エンジン出力や負荷トルクの低減

表一 超高地における問題点と対応策

環境条件	現象	問題点	対応策
空気が薄い (酸素濃度が低い)	エンジン着火遅れによる排気ガス温度の上昇	ターボ破損	・エンジン出力を絞る ・ポンプ吸収馬力を下げる
	排気ガス中の黒鉛増加	エンジンオイルの劣化が早い	・エンジンオイルおよびフィルタの交換インターバルを短縮する
気圧が低い	背圧低下によるターボの過回転	ターボ破損	・エンジン出力を絞る ・ポンプ吸収馬力を下げる
	ポンプ自吸性低下	キャビテーションによるポンプ破損	・作動油タンク加圧 ・エアプリーザ設定圧力変更
	沸点低下	オーバーヒート発生	・エンジン出力を絞る ・ポンプ吸収馬力を下げる ・ラジエータ加圧 ・ラジエータキャップセット圧変更 ・冷却水濃度変更
気温が低い	低温時の始動性悪化		・エンジンプレヒータ装着 ・大容量バッテリー装着
その他	砂塵によるエアクリナーの目詰り	吸気抵抗の増加	・目詰りインジケータの作動圧を下げる ・こまめな清掃

をする場合にはエレメントの交換を知らせるインジケータの設定を標準仕様に対して低く変更してエレメントの交換を早める必要がある。

また、排気ガス濃度の悪化により、エンジンオイルが早く悪化するので、オイルとフィルタの交換インターバルを標準仕様よりも短くする必要がある。さらに燃料やオイルの性状が悪い場合には更なる交換インターバルの短縮が必要であるので現地での調査を行う必要がある。

気圧が低いことによって沸点が下がることからオーバーヒートが発生する可能性が出てくるので、ラジエータキャップのセット圧を変更したり、冷却水濃度の変更を行うことも必要である。

さらにポンプの自給性が低下するので、作動油タンクの加圧を考える必要もある。

作業量に対しては、エンジンの耐久性を確保するためにエンジン出力あるいはポンプの吸収馬力を下げると機械のスピードが遅くなり、サイクルタイムが遅くなるなどの影響が出る。例えばポンプの吸収馬力を下げた場合、掘削や旋回ブーム上げなどの作業時に影響が出てサイクルタイムが遅くなる。機械の能力や作業内容によって、この影響の大きさは異なる。

大規模な鉱山では先に述べたように設備機械と同列の位置付けで、稼働率保証を要求される場合がほとんどであり、中にはサイクルタイムについても契約上、数値が規定される場合もある。

表一の内容は一般に考えられる問題とその対応策であって、車体の能力や各限界値に対する余裕度、あるいはエンジンの性能/制御方法によっては必ずしも全てについて対応しなければならないものではない。当然のことながら、高地仕様機と標準仕様機との違いは少ないほうがサービス面や稼働現場が変更になる場合などを考えると、顧客・ショベルメーカー双方にとって好ましいが、

リスクを冒しても顧客に迷惑をかけるだけである。あらかじめこれまでの実績を踏まえて対策を施し、顧客にその内容を納得していただき、実際に車体の技術者とエンジン技術者が現地に出張して測定・調整を行い、その環境下でのベストの状態にして納入するのが最善の対応だと考える。

3. 超高地への納入実績

(1) ペルー金鉱山での実績

先に述べたペルー北部カハマルカのヤナコチャ金鉱山に2年前にEX 5500の最初の2台を納入した際には筆者が品質保証担当者、プロダクトサポート員、組立て指導員と共に出張し、エンジンメーカーのカミンズ社および、その現地代理店の技術者と協力して測定・調整を行って顧客に納入した。

この顧客との間にはアベイラビリティ（稼働率）に関して契約が交わされており、契約値を下回った場合にはペナルティ（罰金）を支払わなければならないが、1、2台目は順調に稼働し、その後3台の受注を得た。表二にこの現場における現在までの5台の稼働状況を示す。これらの機械は平地の標準仕様機と同じ高い稼働率を保持している。

表二 EX 5500 稼働状況 (2002年6月)

	納入時期	稼働時間
1台目	2000年6月	16,000
2台目	2000年6月	16,000
3台目	2001年7月	8,445
4台目	2001年7月	8,146
5台目	2001年11月	4,500

このヤナコチャ金鉱山へは飛行機の便の関係で最寄の町カハマルカには日本からアメリカ経由で3日かかる。帰りは時差の関係で4日かかる。カハマルカは首都リ

マから北に約 500 km離れた標高 2,800 m の町で、宿泊施設がある鉱山に一番近い町である。ここから車で 1 時間半走ると鉱山の入口ゲートがあり、稼働現場までは更に 30 分以上車で上る。リマの港から組立て現場までは通常のトレーラにて搬入することが出来たが、途中重量制限のために分割した本体を載せたトレーラが通ることが出来ない橋があり、迂回して川を渡らなければならない箇所があった。雨季は川の水量が多く渡れないので、5 月以降の乾季の間に搬送しなければならない。乾季でも水の流れるためトレーラをブルドーザで引張る必要があった（写真—1）。



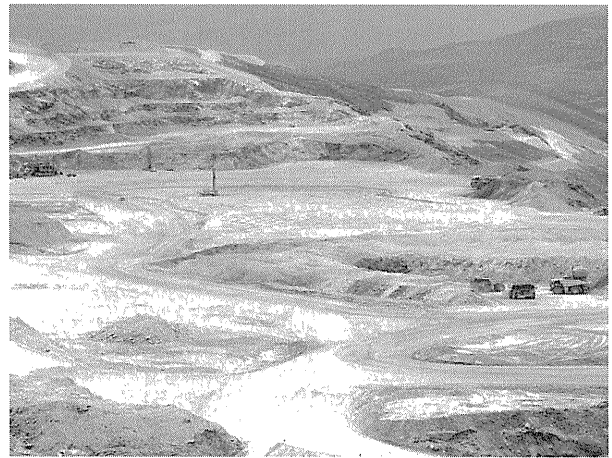
写真—1 川を渡るトレーラ

この鉱山は南緯 7 度に位置しているが、標高が高いため年間の気温は -4℃ ~ 26℃ 程度である。出張した 5 月の気温は朝、夜は 0℃ 近くまで下がり、昼間晴れば 16℃ 程度まで上がったが、雨が降ると日中でも 3℃ ~ 4℃ までにしかならなかった。3 週間ほど滞在したが、幸い標高 4,000 m でも高山病にならずに済んだ。しかし、測定のため計測器など重量物を持って車体に上がったりすると血液が脳に行かずに頭が痛くなることがあった。機械だけではなく、人間の耐久試験のようなところであった（写真—2、写真—3）。

当社ではこの顧客とフルメンテナンスサービス契約を交しており、現場に交代で常駐し、5 台の定期メンテナンスと突発的に発生する不具合に対応している。

(2) インドネシアでの実績

港の近くにある空港から山岳ロードを車で 2 時間以上走ったところに鉱山会社のベースキャンプがある。鉱山での作業者はこのキャンプで寝泊りをする。このベースキャンプは標高 1,600 m にあり、ここから車で 30 分走るとロープウェイの始発駅に到着する。全長 1,800 m のロープウェイで標高 3,500 m まで一気に上がり、終点



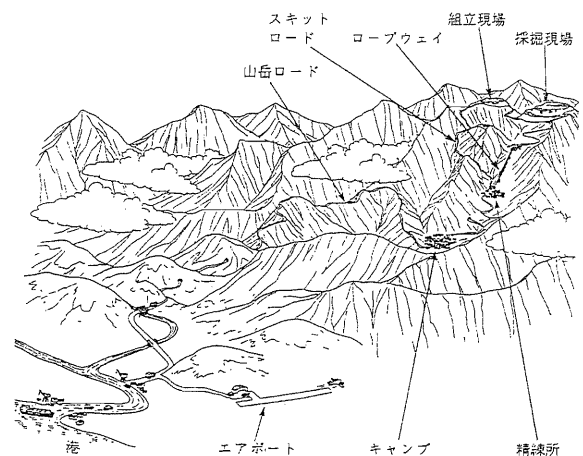
写真—2 稼働現場



写真—3 稼働中の EX 5500

から更に車で 30 分走って上がり、4,200 m にある稼働現場に到着する。帰りはこの逆を毎日通勤する。道路は砂利道で振動が激しく乗り心地は良くない。高地ではなくとも具合の悪くなるような場所である。

本体部品を組立て現場に上げるには、先に述べたペルーの鉱山とは異なり、ロープウェイ吊上げ許容範囲内の質量、大ききまで分解するか、スキッドと呼ばれる「そり」



図—1 稼働現場



図-2 稼働現場（詳細）

に載せてブルドーザで組立て現場までひきずり上げなければならない（図-1，図-2）。

最初に EX 1800 を 3 台納入した時には設計者、品質保証担当者、組立て指導員が出張し、測定、調整などを行い顧客に引渡した。この鉱山は南緯 4 度に位置しているが、前述のペルー同様、年間の気温は -4°C ～ 24°C 程度である。

4. おわりに

最近のエンジンはエンジン自体に気圧センサや各種温度センサを搭載し、設定条件以上の標高では出力を自己制御（低減）出来るものもあり、平地の 100% 出力を保証する標高も高くなってきている。顧客や車体設計者からすれば標高 4,000 m までは 100% 出力が出来るエンジンが望まれる。

今後はエンジンの制御コントローラと車体制御コントローラとをつないで、衛星通信を利用したモニタリングシステムを活用して超高地のような隔地での稼働機についてもエンジンや車体の状態をモニタしながら故障が発生しないように予防保全の管理を強化する予定である。

世界中の鉱山ではまだ掘削積み込み機として大型油圧ショベルが使われていないところがたくさんあるように聞いている。南米のように高地にある鉱山に対しては、ペルーやインドネシアでの実績を活かして今後に対応して行こうと考えている。

また、超高地では、エンジンなどの車体性能に関わる検討だけではなく、インドネシアの鉱山のように通常よりも小さな大きさに分解しなければならないなど、輸送に関する検討も行う必要がある。

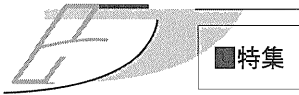
JCM A

【筆者紹介】

玉根 敦司（たまね あつし）

日立建機株式会社
資源開発システム事業部
開発設計センター
超大型ショベルグループ
主任技師





■特集 建設のフロンティア

21世紀初頭の海洋利用技術

—持続可能な海洋利用を目指して—

小林 日出雄

海洋は、豊富な食料、エネルギー等を内蔵している。我が国は国土の12倍ほどの排他的経済水域を持っており、その利用が大いに期待されている。環境問題への関心の高まりの中、海洋環境を維持しつつ持続可能な海洋利用が強く求められており、近年、多くの研究開発が進められている。洋上風力発電システム、波力発電システム、沖合設置自律型メガフロート、深層水活用海洋肥沃化装置、海洋温度差発電装置など、21世紀初頭の実現を目指して進められている海洋利用技術の研究開発例をいくつか紹介する。

キーワード：海洋利用、海洋開発、海洋エネルギー、洋上風力、深層水、CO₂

1. はじめに

平成13年4月に文部科学大臣から「長期的展望に立つ海洋開発の基本的構想及び推進方策について」の諮問を受け、科学技術・学術審議会（阿部博之会長）は下部組織の海洋開発分科会（平啓介分科会長）の審議に基づき、平成14年8月に「21世紀初頭における日本の海洋政策」との副題付きの答申を行った¹⁾。

今後の海洋政策の展開に当たっては、

「海洋を知る」

「海洋を守る」

「海洋を利用する」

という3つの観点をバランスよく調和させながら、持続可能な利用の実現に向けた戦略的な政策及び推進政策を示すことが重要であるとして、21世紀初頭の戦略的目標を3つ挙げている。

- ① 海洋環境の維持・回復を図りつつ、「健全な海洋環境」を実現すること
- ② 「持続可能な海洋利用」を実現し、循環型社会の構築に寄与すること
- ③ 国民の財産として、「美しく、安全でいきいきとした海」を次世代に継承すること

今回の答申の特徴は、上記目標の2番目にある。

我が国の国土面積は約38万km²であり世界で60番目の広さにすぎないが、その周囲には約447万km²の領海+排他的経済水域があり、この面積は世界で6番目の広さである。この広大な海洋は海上輸送と漁業の場以外にまだ十分に利用されていない。今回の答申の下、国の施策として、広大な領海及び排他的経済水域を活か

した「持続可能な海洋利用」が本格的に始まり、我が国の循環型社会の構築に寄与することが期待されている²⁾。

本報文では、新しい海洋利用について紹介をしたい。特に、沖合から大洋で展開が期待される海洋利用技術について述べてみたい。

2. 自然エネルギーの利用

自然エネルギーには太陽エネルギーと地熱など地球自体の持つエネルギーがある。ここでは海洋における太陽エネルギー利用について紹介する。

地球上に降り注ぐ太陽光のエネルギーは1.2兆kW、地球上で消費されているエネルギーの1万倍といわれている。この太陽エネルギーは、海水や地表を温め、風を起し波を発生させる。また海水を温め海水循環を起し潮流を生み出す。海洋では太陽エネルギーを光や熱として利用するのみでなく、風の力、波の力、潮流の力、海水温度差などの形態で利用できる。

これらのエネルギーの特徴は、密度は小さいが無限であることである。そして化石燃料のように炭酸ガスや二酸化窒素を排出しないクリーンなエネルギーであることである。石油や天然ガスは約50年、石炭は約200年で掘り尽くすと云われている。陸上で採れるウランも同様である³⁾。

人類がその生存を持続させるためには、化石燃料とウランを使い尽くす前に太陽エネルギーなど自然エネルギーだけで賄えるようにしたいものである。広大な海洋は、太陽エネルギー利用の場として特に有望である。



図一 洋上風力ファーム Horns Rev (出典：ホームページ)

(1) 洋上風力発電システム

日本における風力発電は近年、加速的な成長をしている。資源エネルギー庁は2001年の風力発電の導入目標を設備容量300万kWと上方修正した。しかし、日本の2010年における総電力需要予測は約1兆kWhであり、設備容量300万kWによる年間総発電量は高々100億kWhであり、電力需要の1%にしかならない。この導入目標は主要エネルギー源としての位置付けからはるかに遠いものである⁹⁾。

ヨーロッパではその数倍の目標値で導入が進んでいる。ドイツ、デンマーク、オランダなどでは将来の中心的なエネルギー源として位置付け、国を挙げての開発が進められている^{5,6)}。

ヨーロッパでは大西洋から偏西風が年間を通じて吹きつけるうえに、領海や排他的経済海域に遠浅の沿岸海域が海岸線から数十kmも広がって洋上風力発電に最適な自然条件となっている。近年は、その自然条件を活かし海底に基盤をもつ大規模洋上風力発電開発が進められている。

例えば、デンマークでは本土沿岸から14~20km離れ、水深5~15mの北海洋上の四角形浅瀬に1基2MWの発電装置を10基×8列、計80基、設備容量総計160MWの洋上風力ファーム Horns Rev (図一)が2002年11月に完成した。

また、ドイツでは、ドイツ最西端のボルクム島から45km北方にある水深30mの浅瀬に5MWの大型発電装置を212基配置し総設備能力1,060MWとするBorkum Westプロジェクトの計画が進められている。

ヨーロッパにおける洋上風力発電の可能性について、グリーンピースがEC委員会の委託を受け予測した。風力発電の採算性や社会的な受容を考え、立地水深40m以下、海岸線からの離岸距離30km以下、海底傾斜5度以下、船舶の航路外、海底油田や海底ケーブルから距離をとる、自然保護海域の干渉は除外する、などの条件の下、試算した。

デンマークでは洋上風力発電の開発限界は550TWh/a、年間総消費電力の17倍、ドイツでは237TWh/aで0.55倍、イギリスでは986TWh/aで3倍、オランダで

は136TWh/aで1.8倍となり、いずれも将来の主たるエネルギー源となり得ることを示している。

日本は山が多く陸上の風力発電の適地は海岸線を含めても目標値を満たすに足りないという予測もある。沿岸では遠浅の海域は少なく、あっても航路や漁場であったり、自然な景観を保護すべき国立公園であったり、海底に基礎をもつ構造の洋上風力発電の大々的な導入は望めない。しかし、沖合で浮体式の洋上風力発電システムが使えれば、日本の広大な領海及び排他的経済水域を活用することが可能となり、風力発電は将来の日本の主要なエネルギー源の一つとして、可能性は大きく広がる。このような観点から、近年、研究者を中心として浮体式洋上発電システムの研究開発が進められつつある⁷⁾。

日本の沖合洋上では陸上に比べ1.5~2倍の風速の風が吹いている。風力発電装置で発生するエネルギーは風速の3乗に比例するので、沖合洋上では陸上の数倍のエネルギー取得が可能となる。また、陸上では資材輸送に制約があり、大型化が難しいが、洋上では大型構造物の輸送は容易であり、発電設備の大型化を阻害する制約は小さい。

陸上では現在1基1.5~2MWクラスが最大級であるが、洋上用では前述の海外において1基2.5~4MWの大型機の導入が進められている。将来は1基5~10MWの風力発電設備の実現も可能となろう。

IIIでの検討例を示す(グラビヤ)。この例では1つの浮体の上に2.5MWの大型風力発電装置を5基搭載している。陸から10~20km離れた水深100~500m程度の沖合に設置することを想定している。年間を通じて風速が大きい洋上では、発電コストを10円/kWh以下にできると試算している。大型風力発電装置が導入がされれば、さらに経済性が高まり、将来の発電コストは約5円/kWh程度となるとの試算もある。こうした仮定が成立するとなれば、経済性の観点からも、陸上の既存発電システムに比べて十分に競争できる。

(2) 風力発電によるメタノール等の製造

洋上風力発電では、海底ケーブルを介して電力を陸上に送ることになるが、送電距離が数十kmを超えると、

経済性が問題となってくる。自然の力で獲得したエネルギーを送電なしで利用できれば、広大な排他的経済水域をもっと有効に活用できる。そこで、船舶による海上輸送が可能な形態にエネルギー変換を洋上で行うことが考えられる。

文部科学省科学技術政策研究所の瀬谷道夫氏らが関係の方々から意見をいただくための Discussion Paper としてまとめた提案はたいへんスケールの大きなものである。日本の排他的経済水域に深海洋上風力発電を大々的に設置し、そのエネルギーを利用して洋上で水素製造を行う。陸上の火力発電所で回収した炭酸ガスを海上輸送し、水素と反応させてメタノールを生産する。メタノール

を海上輸送して、自動車や家庭用の燃料電池の燃料として使用する。炭酸ガスをエネルギーの輸送媒体として利用するので炭酸ガス削減にも寄与できる⁸⁾。

瀬谷氏らの想定した規模は、日本の排他的経済水域の中で得られる自然エネルギーで日本のエネルギー自給を可能とするものである。12 km×12 km の1 風力発電ブロックには、3 MW の浮体式風力発電装置を624 基配置し、1 ブロックで実効値 75 万 kW の電力を得て、年間 120 万 kL のメタノールを生産する (図-2)。

このようなブロックを3×3の合計9つ配置した57 km×57 km を1 製造単位とし、1 製造単位あたり 1,064 万 kL/年のメタノールを生産する。風況の良い沖ノ鳥

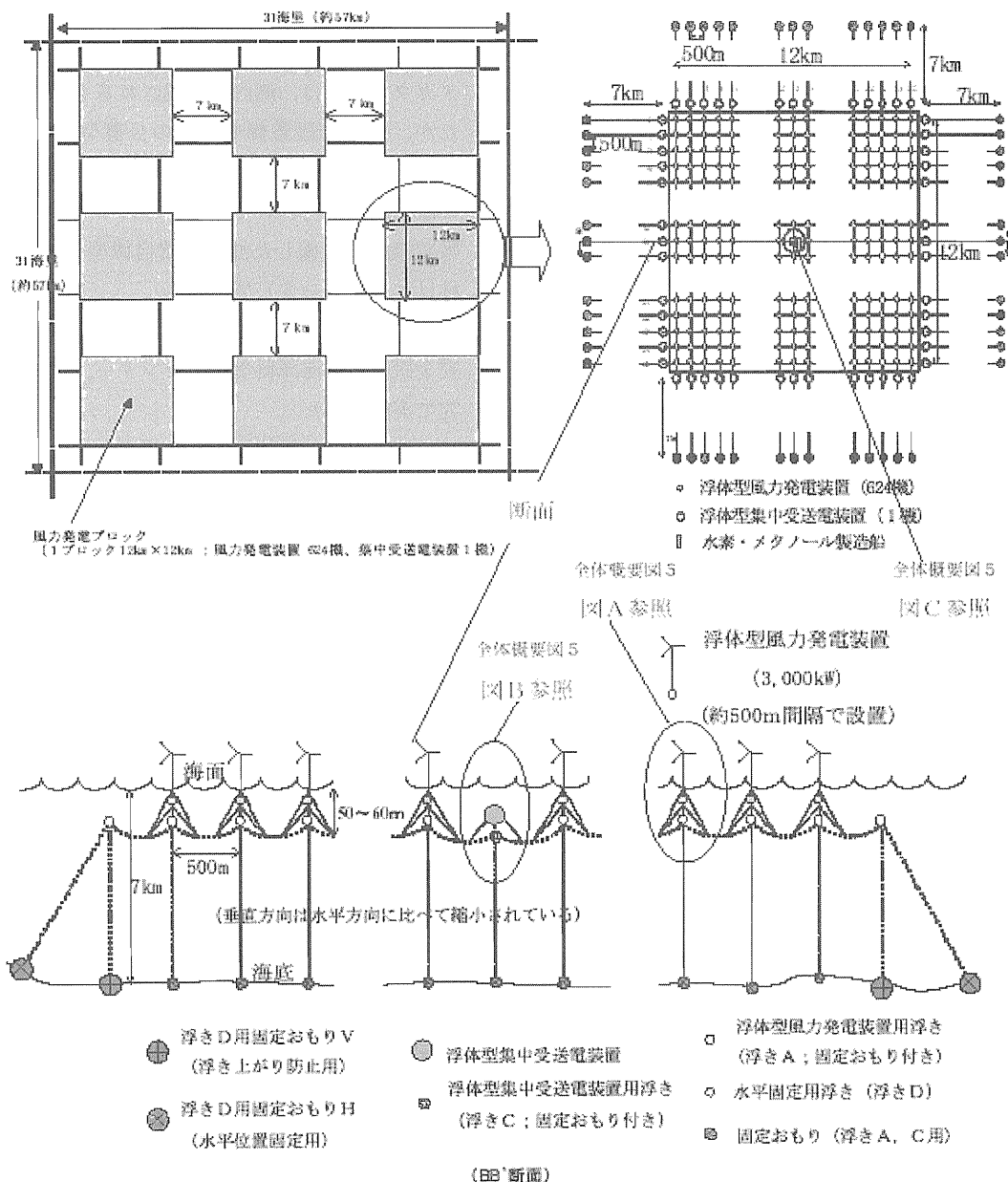


図-2 深海洋上風力発電を利用したメタノール製造装置全体配置
(出典：文部科学省科学技術政策研究所，Discussion Paper，No. 20)

島周辺や三陸沖などを設置海域と想定し合計 120 製造単位配置し、実効値の総合計 8 億 kW の電力で年間 12 億 kL を超えるメタノールが得られると試算している。

この量は、日本の全エネルギー需要をメタノール換算した場合の 10 億 kL/年を超え、エネルギー自給が可能となる。占有面積は約 39 万 km² であり日本の排他的経済水域の 9% 程度であり、海上輸送や漁業などの利用と共存可能と考える。

この提案を想定海域で実現するうえでの最大の技術課題は水深 6,000 m~7,000 m の海域で多数の洋上風力発電システムを係留することと思われる。近年、石油ガス開発では大水深係留技術の開発が急速に進められているが、まだ 3,000 m 程度までしか実績がない。日本の造船業界と海洋土木業界の英知を結集し、この課題に挑戦したいものである。

(3) 波力発電システム

地球は太陽に暖められ、風が発生する。海の上に風が吹けば、波を生じる。そして、風と広大な海洋がある限り波浪エネルギーは半永久的に存在を続ける。

波エネルギーを電気エネルギーに変換する試みは日本の文部科学省海洋科学技術センター (JAMSTEC) が世界に先行して行ってきた⁹⁾。

水中に開口を持った箱 (空気室) を海に伏せて置くと、開口より入ってくる波により箱の中の水柱が上下し箱の上部の空気を圧縮したり減圧したりする。箱の上部に小孔をあけておくと、孔を介して空気の流れが発生する。この空気の流れによりタービンを回し発電を行う。

JAMSTEC は世界で最初の浮体式波力発電装置「海明」を山形県由良町に 1988 年に設置した。日本をはじめ、アメリカやイギリスなど各国で考案された波力エネルギー変換装置が「海明」上で試された。これらの研究成果に基づき、沖合浮体式波力装置「マイティーホエール」を開発した。そのプロトタイプ機が 1998 年に三重県南勢町の五ヶ所湾の湾後部に設置され 2002 年 3 月まで実海域実験が行われた。

「マイティーホエール」プロトタイプ機は幅 30 m、長さ 50 m の浮体に 3 つの空気室を設け、合計 120 kW の発電機を持つ。6 本のチェーンで係留している。実海域実験では年間を平均して 1 m の幅単位で約 10 kW の発電ができることを実証した。また、4 年の実海域実験のあいだに 2 回もの台風の直撃を受けたが、安全に稼働できることを実証した。

日本の海岸線は約 3,500 km ある。例えばその海岸線にぐるりと波力発電装置を設置すると仮定すると、年間約 3 千億 kWh の発電量が得られる。この量は日本の全

発電量の約 1/3 に相当するものであり、波エネルギーの潜在力が大きいことを示している。

「マイティーホエール」(グラビヤ) の実用段階の想像図にも見られるように、発電を行うだけでなく、波エネルギーを吸収することで浮体の後ろに静穏海域を作り出すことを併せ狙っている。また、発電による電力をエアレーションなど海洋浄化や養殖漁場に役立てることも可能である。浮体の固定費を発電設備の設置コストと考えると、洋上風力発電と比べると高いものとなるが、静穏海域を作る浮き消波堤の付帯設備として発電設備を考えれば、浮き消波堤の付加価値となり安いものである。

(4) 自然エネルギーで自立する超大型浮体

超大型浮体 (メガフロート) 技術は、日本の造船及び鉄鋼各社が結集して開発した世界的な技術である。従来、メガフロートは、湾内に設置されるものと考えられていたが、運輸施設整備事業団の公募型研究として、平成 12 年~13 年にかけて、沖合設置を目指したメガフロートの研究開発が行われている。その一つが「波エネルギー吸収機構を装備した沖合設置自律型メガフロート」(愛称はエコフロート) である¹⁰⁾。

この研究開発はメガフロート技術研究組合、海上技術安全研究所、海洋科学技術センター、東京大学の共同研究で実施された。

メガフロート浮体の周囲に「マイティーホエール」のように空気室を設けた浮き消波堤を設け、波エネルギーを吸収し波を半減させると共に発電も行う。さらに、メガフロート浮体本体の辺部にも空気室を装備して、波エネルギーを吸収し浮体の動揺をさらに抑え、波の高い外洋でもメガフロートを設置できるようにしたものである。

このエコフロートを沖合に設置し使用するには、エネルギーや水をその浮体上で自給できるようにする必要がある。本研究では航空輸送用ハブ空港と海上輸送用ハブ港湾の両方の機能を持つ Dual Port 概念を提案している (図-3)。広大な面積を活用した太陽光発電を主体に、風力発電、波力発電を組合わせて利用し Dual Port で使用する全電力を賄う。また、上水は広大な面積に雨水を受け蓄積・供給することを原則とし、海水淡水化装

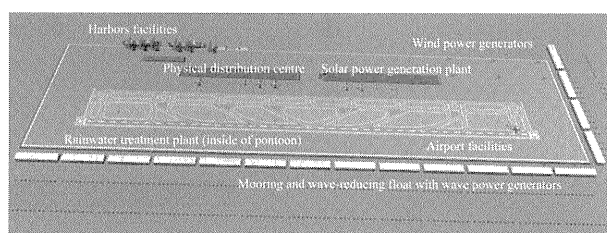


図-3 エコフロートの利用概念 Dual Port (運輸施設整備事業団提供)

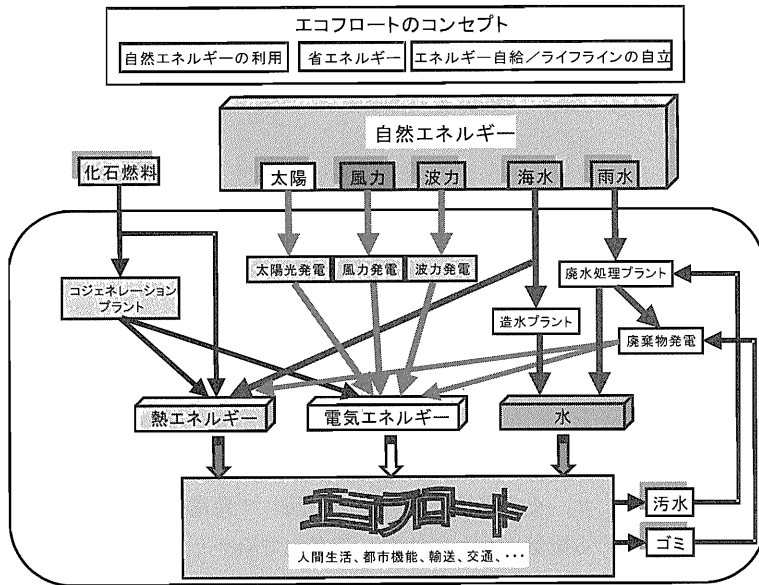


図-4 エコフロートのコンセプト（運輸施設整備事業団提供）

置を補助として使用する。中水は排水を浄化して使用する（図-4）。試算では、エコフロートで使用する全エネルギー（ピーク時40 MW）と水（上水2,100 m³/日、中水680 m³/日）を、自然エネルギーですべて賄える。超大型浮体が沖合で自給自律が可能であれば、日本の海洋空間利用の可能性は大きく広がる。

3. 深層水の利用

深層水は、

- ① 栄養塩に富んでいる、
- ② 冷たい、
- ③ 清浄度が高い、
- ④ ミネラル成分が多い、

などの特徴を持っており、近年、その利用研究が様々な進められている。飲料や化粧品など各地の地場産業への活用は、大変な活況を示している。ここでは、さらなる可能性を追求した利用法を2例紹介する。

（1）深層水活用海洋肥沃化装置

20世紀から21世紀にかけての人口の爆発的な増加は、人類にとって大きな問題である。特に、その人口を養う食糧の確保は緊急かつ最大の課題である。漁業は動物性蛋白質の供給の観点で大きな役割を担っている。日本人の場合、動物性蛋白質の約4割を魚から摂取している。しかしながら獲り過ぎや海洋環境の悪化により、日本の漁獲量は20年前に比べると半減し低迷を続けている。最も比重の大きな沖合漁業の近年の漁獲量は、ピーク時の4割にも達しない。1965年には110%あった自給率

も平成12年には50%に落ち込んでいる^{11),12)}。

そのような状況の中、深層水を活用し新たな漁場を日本近海に造成しようとする試みが、水産庁の助成の下、社団法人マリノフォーラム21で進められている。

世界的に漁獲高の大きい漁場は特定の海域に偏っている。湧昇流のある海域は、海洋の全面積の0.1%にすぎないが、漁獲高の50%がその海域に集中している。湧昇流により、栄養塩に富んだ深層水が表層に運ばれる。光が差し込むと、この豊かな栄養塩を栄養素として光合成が行われ植物性プランクトンの生産（一次生産）が活発に行われる。これを食糧とし動物プランクトンが増殖し、さらに食物連鎖が行われ魚類が大量に生産されるこ

ととなる。

マリノフォーラム21では、「深層水活用型漁場造成技術開発委員会」（高橋正征委員長）のもとで海洋肥沃化装置を開発し、世界ではじめて外洋実海域での深層水の海洋肥沃化効果の検証を行おうとしている。

深層水は表層海水に比べて重いので、人工的に表層に散布しただけですぐに沈降してしまい光合成が起きない。光合成を盛んにするには、栄養塩を有光層に滞留させる必要がある。水深200mから冷たくて重い深層水を汲み上げ、暖かくて軽い表層海水と混ぜ合わせ密度を調節したうえで水平に流しだしてやると、同程度の密度

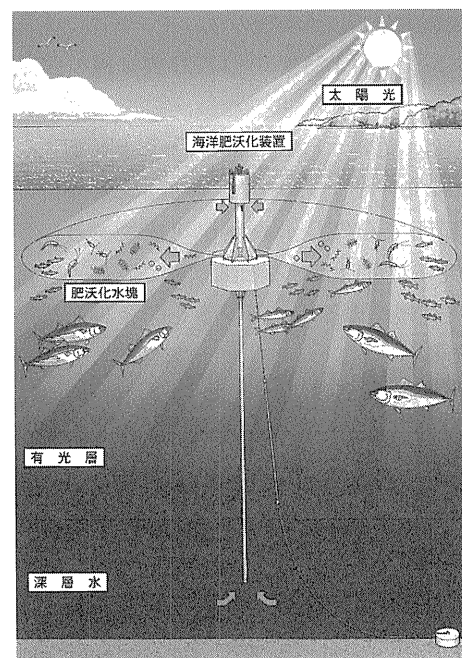


図-5 海洋肥沃化装置の概念（マリノフォーラム21提供）

の海水層に滞留する。マリノフォーラム 21 の開発した海洋肥沃化装置（図一5）は、そのような原理を活用している¹³⁾。

本装置は、平成 15 年 5 月に相模湾中央部の水深約 1,000 m の三浦海丘に設置され、2 年間の実海域実験が始められる。本装置はプロトタイプであり、1 日 10 万 m³ の深層水及び 20 万 m³ の表層水を 23 kW のポンプで散布する。今回は、肥沃化効果の検証が目的であるので動力として小型ディーゼル発電機を搭載しているが、1 日 50 万 m³ の深層水を海水温度差発電で汲み上げる実用機的设计も提案されている。

海洋肥沃化装置を日本の排他的経済水域内の貧栄養海域に設置すれば、新しい漁場の造成が可能となり、魚類の自給率の向上及び食糧の増産に大きく寄与する。

深層水活用海洋肥沃化はアメリカでも注目されており、このたび国の予算がつき研究開発が始められようとしている。

（2）海洋温度差発電装置

海水温度は、水深 700 m ぐらいまでは深くなるに従い下がり続ける。表層水と深度 1,000 m の深層水の温度差は、赤道付近では 24℃ にもなる。このような表層水と深層水の温度差により発電を行う装置が OTEC (Open Thermal Energy Conversion) である。

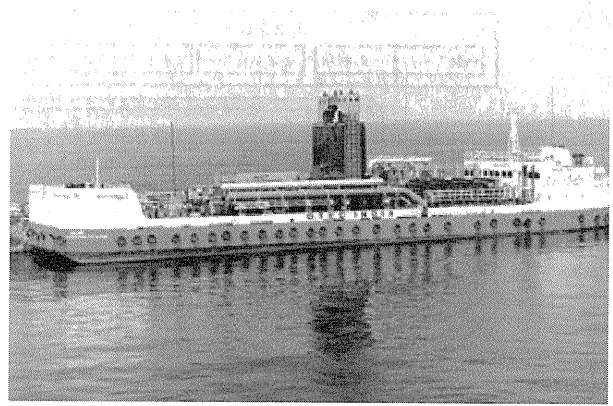
OTEC の研究は、フランスが発祥の地であり、110 年以上前に提案されている。1970 年代からは世界各国で研究が進められているが、中でも注目を集めているのは上原春男教授（佐賀大学）等を中心とした日本の研究（ウエハラサイクル）である¹⁴⁾。

その佐賀大学の技術支援の下、インド国立海洋技術研究所（NIOT）が 1 MW の OTEC 実証機の開発を行っている。

インドは、近年、自然エネルギーの利用促進を積極的に進めている。インドの排他的経済水域の中の 1.5×10⁶ km² の範囲で OTEC の設置が可能であり、約 18 万 MW の発電が可能であると試算している。当面の目標は、5 MW 規模の商用プラントを開発し 1,000 基設置する、としている。

NIOT の実証機は、「SAGAR-SHAKUTI」と命名されたバージュ式であり（図一6）、インド南東部の Tiruchendur 沖 35 km に設置された。2002 年に完成し、最初の 3 年はランキンサイクルの試験を行い、その後、ウエハラサイクルにする。

装置は蒸発器、凝縮器、タービン、発電機、温海水ポンプ、冷海水ポンプ、作動流体ポンプなどから構成される。アンモニアと水の混合流体を表層海水で暖め蒸発さ



図一6 OTEC 実証機「SAGAR-SHAKUTI」
（出典：佐賀大学ホームページ）

せ、その気体でタービンを回して発電する。タービンから排気された気体を、深層水で冷やし液体に戻す。発電された 1 MW の電力の約半分は温海水ポンプや冷海水ポンプの動力に使われ、正味電力として 493 kW を取得できる。

OTEC は表層水と深層水の温度差が大きい赤道海域の方が、より有望であるが、日本の排他的経済水域でも大きなポテンシャルがある。佐賀大学の試算では、日本の排他的経済水域全体で年間約 1,000×10¹¹ kWh の発電ポテンシャルがある。石油換算で約 86 億トンとなる。

近年、南洋島嶼国では、清水の確保が大きな問題となっているが、佐賀大学は OTEC を利用し清水を製造する提案しており、OTEC の可能性はさらに広がりつつある。

4. CO₂ の海洋固定

地球の温暖化の主因は CO₂ の増加と言われている。産業革命から現在までの 2 世紀で、大気中の CO₂ 濃度は 280 ppm から 370 ppm に変化し、さらに毎年 1.5 ppm 増加し続けている。大気中の CO₂ 増加速度を重量で表すと 125 億トン/年となる。この増加は人間活動によるものである。

CO₂ は、様々な形で地球上に貯蔵されている。炭素換算で言えば、地上の植物に約 6,000 億トン、土壌の中に約 16,000 億トン、大気中に 7,500 億トン蓄えられている。海洋には、他の合計をはるかに超え、40 兆トン蓄えられている¹⁵⁾。

京都議定書の目標値を達成しても大気中の CO₂ 濃度は低下せず、増え続けると言われている。持続的成長を実現するには CO₂ の排出量抑制・削減だけでは不十分であり、回収・固定処理が必須と考えられる。近年、植林やマングローブ増殖、CO₂ の地中封じ込めなど様々な回収・固定の提案が行われているが、その貯蔵能力の大

きさから海洋でのCO₂固定が本命である。

海洋へのCO₂固定は溶解法と貯留法に分かれる。溶解法は、水温躍層より深い水深1,000~2,000mの海中にCO₂を液体で注入し溶解希釈させる方法である。海中でCO₂が高濃度となると、海水が酸性化し動物性プランクトンや微生物に影響を与えると心配する声もあるので、希釈・拡散を適切に行う必要がある。この方法は、永久的にCO₂を海水中に固定することはできず、数百年後には大気中のCO₂濃度とバランスすることになるが、未来の人類が更に優れた方法を編み出すまで時間を稼いでくれる。

貯留法(図-7)では、水深が3,000mより深くなると、CO₂がCO₂溶解海水より重くなることを利用する。CO₂は海底まで自由沈降し、深海底の窪地に貯留池状に溜まる。深海底ではCO₂はハイドレートを形成し安定した状態で数千年はそのまま貯留される。この方式は独立行政法人海上技術安全研究所がCOSMOS(CO₂ Sending Method for the Ocean Storage)プロジェクトとして世界にさががけ開発を進めている¹⁶⁾。

CO₂の海洋への封じ込めについては、生態系への影響など、さらに確認をする必要があるが、実施しない場合の地球環境への影響や、実施した場合の地球環境へのプラス面も併せて評価していくことが大切である。

5. おわりに

持続的な発展は今や世界共通の目標であり、近年の我

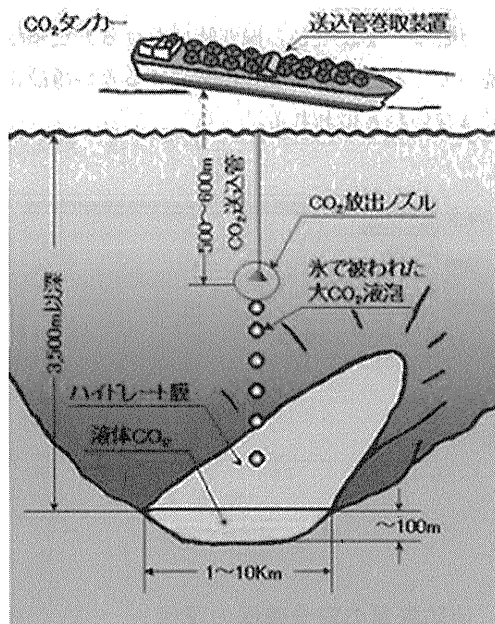


図-7 COSMOSの概念(海上技術安全研究所提供)

が国の政策方針でも、その実現に重点を置いている。一方、地球規模の気象変動、環境破壊など、今までに私たち人類が行ってきた活動に起因する問題は山積している。世界的な人口の爆発的増加は21世紀初頭も続くと思われる、環境を修復し守りながら、エネルギーと食糧を確保することは容易ではない。今までとは異なった発想が求められている。

海洋は、陸上では考えられない規模の自然エネルギーと資源を持っている。また、海水それ自体が大きな資源である。特に、日本の広大な排他的経済水域は、エネルギーや食糧の確保、CO₂固定など、持続的発展の実現の鍵となるに違いない。 J C M A

《参考文献》

- 1) 科学技術・学術審議会：「長期的展望に立つ海洋開発の基本構想及び推進方策について(答申)21世紀初頭における日本の海洋政策」,平成14年8月
- 2) 日本財団「海洋と日本 21世紀における我が国の海洋政策に関する提言」
- 3) <http://www.nedo.go.jp/taiyo/jpn/intro/>
- 4) 経済産業省総合資源エネルギー調査会「今後のエネルギー政策について」,平成13年7月
- 5) NEDOパリ事務所「欧州の洋上風力発電ファーム建設の現状」,NEDO海外レポートNo.888(2002.8.10),No.889(2002.9.2)
- 6) <http://www.hornsrev.dk/Engelsk/nyheder/>
- 7) (社)日本機械工業連合会・(社)日本海洋開発産業協会「平成13年度海洋資源・エネルギーを複合的に活用する沖合洋上風力発電等システムの開発調査研究報告書—風力発電を核とする大規模浮遊式洋上エネルギー供給システムの実現性に関する調査研究」(平成14年3月)
- 8) 文部科学省科学技術政策研究所 瀬谷道夫・山口充弘・多田国之：「Discussion paper, No.20 深海洋上風力発電を利用したメタノール製造に関する提案」;<http://www.nistep.go.jp>
- 9) <http://www.jamstec.go.jp/jamstec-j/tech/group/3/>
- 10) 小林日出雄,他「新形式沖合いメガフロートのデュアルポートへの適用」,第16回海洋工学シンポジウム,日本造船学会,平成13年7月
- 11) 農林水産省「漁業・養殖業生産統計年報」
- 12) 農林水産省「食料需給表」
- 13) マリノフォーラム21「平成13年度深層水活用型漁場造成技術開発;機器開発ワーキンググループ報告書(要約)」,平成14年3月
- 14) <http://www.ioes.saga-u.ac.jp/otec-tech/>
- 15) 別冊日経サイエンス135「新時代に挑むエコサイエンス」
- 16) 独立行政法人海上技術安全研究所「平成14年度(第2回)海上技術研究所講演会」講演集

【筆者紹介】

小林日出雄(こばやし ひでお)
株式会社IHI マリンユナイテッド
開発部
部長



危険作業従業者の安全管理の未来

田中 藤 尚

作業における死傷事故をなくし作業者の安全を確保することは、人命尊重および作業の効率化を図る点から重要であり、現在および将来の大きな課題である。消防隊員は自ら危険地帯に飛び込んで消火・救助活動を行うものであり、彼らの安全を確保することはより切実な問題である。本報文では消防隊員の安全管理の現状およびその未来を紹介すると共に、消防隊員を含めた作業者の安全を確保する方策について若干の考察を行う。
キーワード：危険作業，安全管理，携帯警報器，監視カメラ，消防服，意思決定

1. はじめに

建設業に限らず、作業者の安全を確保することは重要な課題である。これは人命尊重の観点からはもちろんであるが、作業者を作業に専念させてその効率化を図るうえでも重要である。

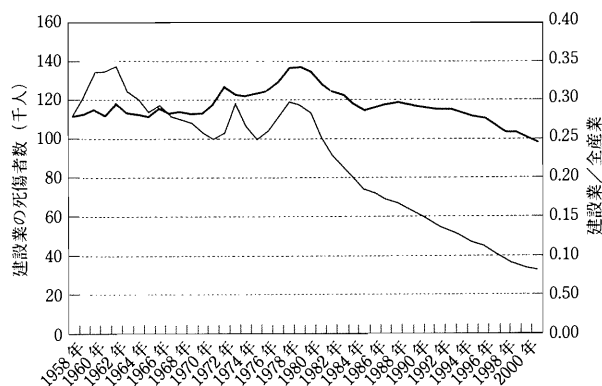
株式会社モリタは数十年の間一貫して消防車の生産に携わり、その関係上消防士の安全確保についても研究開発を行っているので、消防士の安全確保の方策について紹介する。消防士と建設作業者という違いはあるが、危険作業に従事するという点で共通点多々あると思われる。本報文が何かのお役に立てば幸せである。

なお、筆者は建設業は門外漢である。思い違いなどあると思われるが、その点をご容赦いただきたい。

2. 建設業における労働災害の現状

(1) 労働災害の死傷者数の推移

図一は1958年から2001年までの建設業における労働



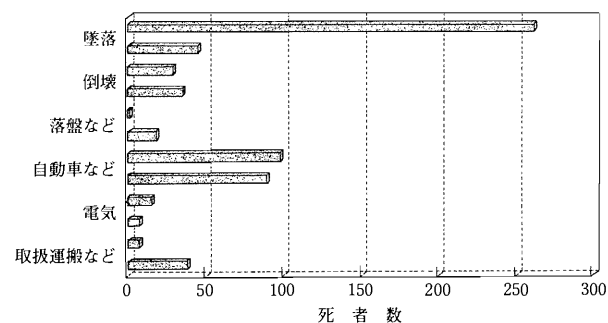
図一 死傷者数

働災害の死傷者数および全産業に対する建設業の死傷者の比率の推移を表したグラフである。死傷者数は一貫して低下しており、特に1980年以降低下が著しい。このころは日本が安定成長期に入った頃であり、機械化が進んで危険作業が少なくなったためではないと思われる。

全産業に対する建設産業の死傷者の比率は、1980年頃まではやや上昇傾向にあるが、それ以降下がりが続いている。作業の安全に努力されている成果が現れているためであろう。

(2) 建設業における死亡者数の分類

図二は2001年の建設業における工事の種類、災害の種類別の死亡者数のグラフである。墜落死が圧倒的に多く、自動車や建設機械の操作時における死亡事故がそれに続いている。ちょっとした気のゆるみが事故に繋がるのではないと思われる。



図二 原因別死者数

3. 消防隊員の安全確保の現状

(1) 携帯警報器

ここで、消防士の安全確保の現状について概要を説明

する。消防士は自ら危険地帯に飛び込んで消火活動や負傷者の救出を行うのが任務であるので、その安全を確保することは重要である。そのため、どのような事態が生じてもそれに対応できるように、普段から訓練を重ねている。これは、建設業などで資格が重視され、一定の資格がないと特定の作業ができないようになっていないことと共通しているのではないと思われる。

しかし、いくら訓練を重ねても、あらゆる事態に対応することは不可能であるので、事故をゼロにすることはできない。そのため、一部の消防本部では、加速度センサでその動きをチェックして、一定時間動かない場合は警報を発する携帯警報器を消防士に持たせてその安全を確保している。

図-3は現在試作中の新型携帯警報器の外観である。消防士の動きを検出する加速度センサ、直立しているか横臥しているかを検出する傾斜センサや明暗センサを内蔵し、従来の同種の携帯警報器に比べて異常検出の確度を高めている。また、単独行動は危険なので、電波を利用して周囲に同じ警報器を持った隊員がいなくなると知らせる単独行動センサを内蔵している。



図-3 携帯警報器

しかし、消防士は火災現場で常に動いているわけではないので、このような加速度センサを使用した行動監視の警報器には誤報が多いという大きな欠点がある。また、騒音が大きかったり周囲に人がいないと、警報が聞こえないこともある。

(2) 安全管理システム

図-4は現在構想中の安全管理システムの構成図である。図-3の携帯警報器がスタンドアロンの警報器であるのに対して、図-4のシステムでは消防車(4~5人の消防士が搭乗する)を単位として消防士の状態を管理する。すなわち、無線を使用して定期的に消防士の状態データを消防車に集め、さらにこのデータを指令本部に送信する。そのため、警報を見落とすことがなくなる。

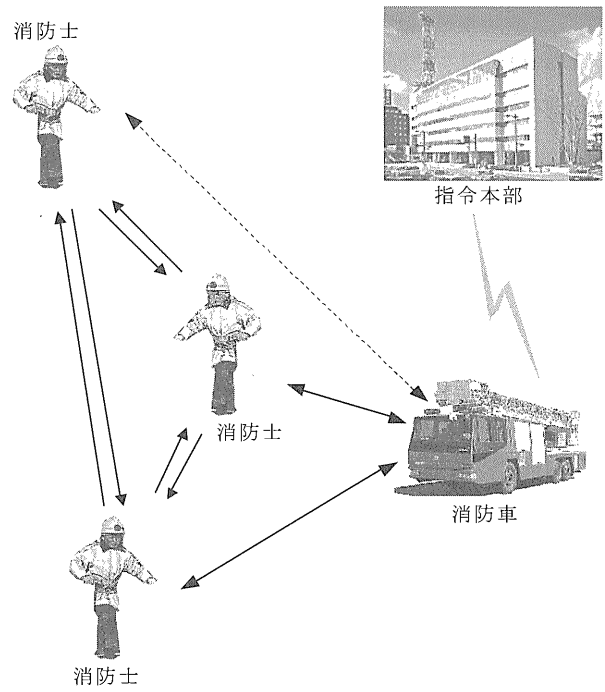


図-4 安全管理システム

また、正常/異常というオンオフ状態だけではなく、消防士のよりきめ細かい状態を管理することができるので、早期に異常を検出して対策を行うことができる。なお、建物内に入ったときには消防車まで無線が届かない場合もあるので、他の消防士を経由して情報を集めるようにする。また、無線が通じないということは孤立していることであるので、それ自体重要な情報となる。

(3) 監視カメラ

このように、消防士の状態を監視してその安全を確保する方法の他に、現場の状況を正確に把握することも安全管理上重要である。

図-5は当社が製造・販売しているLIVE CATCHという監視カメラである。消防車にこのカメラを設置して、火災現場の映像をリアルタイムで指令本部に伝送する。

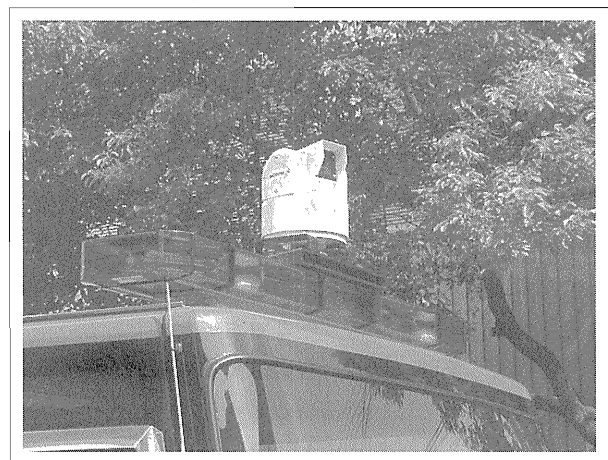


図-5 LIVE CATCH

また、消防車に GPS 受信機を取付けると、指令本部で消防車の位置を把握することができる。この監視カメラの主な目的は指令本部で現場の状況をリアルタイムに把握して効率的な消火活動を支援することであるが、消防士の安全を守ることに寄与している。

4. 安全管理の未来

(1) 安全確保のために

作業者の安全確保を担保する第1の方策は、当然なことであるが、危険作業を減らすことである。そのためには、機械化、将来的にはロボット化を推進しなければならないと思われる。消防においても、消火ロボット（「ロボット」というよりは工作車と言った方がいいかもしれない）が導入され、歩みは遅いながらも徐々に機械化が進行している。

しかし、機械化による危険作業の減少には限界がある。今後、建設現場は大深度地下、深海、はては宇宙へと広がっていく。このような未知の領域では、単純作業は自動機械（ロボット）に任せるとしても、判断を要する作業には人間が不可欠であり、かつ現場に密着した所で作業をする必要はむしろ増加するのではないと思われるからである。

消防においても、大深度地下など隔離された状況下でどのように消火・救助活動を行うかが研究されている。しかしながら、このような状況では消防士の現在位置を把握することも困難であり、有効な対策はいまだ確立されていない。

死傷事故が発生する大きな原因の一つは、管理者（そして作業者も）が現場の状況を十分把握できない、つまり情報不足のためである。特に消防の場合は事前に現場の情報を得ることが難しい場合が多く、また状況が時々刻々変化するので、現場で情報を収集することが大切になる。

(2) 未来の消防服

図-6はこのような観点から考えられた未来の消防服の一例であり、筆者が一部手を加えている。

胸部のベストにはバイタル（生体）モニタと位置確認のセンサが内蔵されており、常時消防士の状態を監視する。この情報は頭部のアンテナを通じて指令本部に送られる。また、マイク、スピーカで消防士同士あるいは消防士と指令本部間で自由に会話をすることができる。騒音が大きい環境では、骨伝導のマイク、スピーカを用いる。額にはライトとカメラが装備され、災害現場の画像を指令本部に送る。さらに、目にはHMD（Head

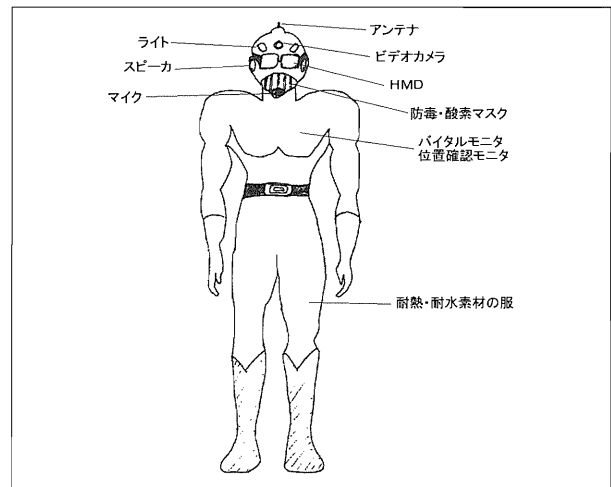


図-6 未来の消防服

Mount Display) を装着して、外界と指令本部などから送られてきた建物等の情報を一体化して表示する。

このような未来の消防服は決して夢物語ではない。バイタル情報を検出するセンサは高齢者のモニタリングなどに用いるために、盛んに研究がなされている。マイク、スピーカ、カメラは現在の技術でも実現化が可能であり、HMDも眼鏡と見間違えるくらい小型のものが試作されている。さらに、VR（Virtual Reality；仮想現実）や外界と仮想的な世界をシームレスで繋いで表示するMR（Mixed Reality；複合現実）の技術も日進月歩の勢いで進歩している。

しかし、装備を複雑にすればするほどその取扱いが難しくなり、訓練を要する。消防士のように危険場所で活動するのが仕事の場合には、訓練によって複雑な装備を使いこなすことが出来るが、それをそのまま他の危険作業者に適用することは難しいと思われるので、一層の改良が必要になるだろう。

(3) 事故時における意思決定

事故を回避するためには、何らかの意思決定を行わなければならない。意思決定は、

- ① 異常への気づき
- ② 原因の同定
- ③ 将来への予測

の三つのステップを経由して行われると言われている。

「人間の誤った思いこみ」がこれらのステップを阻害して事故の原因になることは希ではなく、また「人間の状況判断」が大きな事故を未然に防いだ例も多い。

人間は過去の経験から状況を判断することが多く、大局的に状況を把握することは得意であっても、多数の情報から素早く客観的に判断を下すことは必ずしも得意ではない。したがって、人間の判断を支援するシステムも

また必要になるのではないかとと思われる。

しかし、多くの作業者を含み、状況が時々刻々変化する作業現場に対応する支援システムを構築するためには膨大な知識の蓄積と解析手法の確立が必要であり、システムの構築は機器の開発に比べると多大の時間が必要である。現場の状況を検出し、作業者と管理者間の密なコミュニケーションを行うだけで死傷事故を撲滅することは困難なので、機器やシステムの発達のみを依存することはできない。作業者等の能力向上と死傷事故を撲滅するという社会的コンセサスもまた重要な要素になる。

5. おわりに

消防士を例にとって、危険作業者の安全管理の未来を考察してみた。自ら危険場所に赴いて消火・救助活動を行う消防士の安全管理をそのまま他の危険作業者に適用することは難しいが、作業者と管理者のコミュニケーションを密にして管理者が現場の現状を把握することは、作

業者の安全のみならず作業の効率化を図る上からも重要である。現在の IT およびセンシング技術の急激な発達を考えると、技術的には今世紀の第 1 四半期中には可能になるであろう。

図-1 の死傷者数の推移グラフを外挿すると、2010 年代には死傷者数がゼロになる。社会的なコンセサスが当事者の努力および安全管理のための機器の発達を促して死傷者数を削減させ、それがさらに社会的なコンセサスを発展させるという好循環が行われると、近い将来に危険作業における死傷者数をゼロにすることは決して夢物語ではないと思われる。

J C M A

【筆者紹介】

田中 藤尚 (たなか ふじひさ)
株式会社モリタ
技術研究所
課長



// 大幅改訂 //

建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック

「特定建設作業に伴って発生する騒音の規制に関する基準」(環境庁告示)が平成 8 年度に改正され、平成 11 年 6 月からは環境影響評価法が施工されている。環境騒音については、その評価手法に等価騒音レベルが採用されることになった等、騒音振動に関する法制度・基準が大幅に変更されている。さらに、建設機械の低騒音化・低振動化技術の進展も著しく、建設工事に伴う騒音振動等に関する周辺環境が大きく変わってきている。建設工事における環境の保全と、円滑な工事の施工が図られることを念頭に各界の専門家委員の方々により編纂し出版した。本書は環境問題に携わる建設技術者にとっては必携の書です。

■掲載内容：

- 総論 (建設工事と公害, 現行法令, 調査・予測と対策の基本, 現地調査)
- 各論 (土木, コンクリート工, シールド・推進工, 運搬工, 舗装工, 地盤処理工, 岩石掘削工, 鋼構造物工, 仮設工, 基礎工, 構造物とりこわし工, 定置機械 (空気圧縮機, 動発電機), 土留工, トンネル工)
- 付録 低騒音型・低振動型建設機械の指定に関する規程, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法, 建設機械の騒音及び振動の測定値の測定方法の解説, 環境騒音の表示・測定方法 (JIS Z 8731), 振動レベル測定方法 (JIS Z 8735)

■体 裁：B5 判, 約 340 頁, 表紙上製

■定 価：会 員 5,880 円 (本体 5,600 円) 送料 600 円

非会員 6,300 円 (本体 6,000 円) 送料 600 円

・「会員」本協会の本部, 支部全員及び官公庁, 学校等公的機関

・申込先 **社団法人 日本建設機械化協会**

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289



古戦場探訪記

横山 茂

単身赴任七年目となる。生まれつきの不精者であり、休日はあてどもなく過ごす。愚妻の小言にも煩わされずに、単行本などを読みつつ、気楽な一日が暮れる。

格別のこだわりもない雑食動物のごとき読書だが、最近では歴史物に傾いている。といっても、古代史論争など難しい題材であれば、数頁で睡魔との戦いになる。戦国時代を舞台にした、いわゆる戦記物がどうやら性に合っているようだ。

広く知られている太閤記や信長公記もさることながら、関八州古戦録や南海治乱記録などローカル色溢れた素朴な作品が、また実に面白い。歴史的な価値は低いようであるけれども、戦国の争乱を題材にした講釈師風な語り口は、肩が凝らず息抜きには都合がよい。榎島昭武や江西逸志子など、元禄・化政の江戸文化爛熟期に輩出した文筆家の手になる作品が、現代語訳で多数出版されている。

興味は多彩な登場人物や軽妙な展開だけにとどまらない。そこに登場する地名を探しあて現地に訪れることも、この類の本がもたらす楽しみの一つとなる。当時の日本は、戦国大名の富国強兵策によって地域経済が発達し、中世から近世への変動を始めた時期である。人口の増大や流動化が始まって、今の地名が定着したのであろうか。登場する地名の多くを地図の上に発見することができる。

この七年、東京を中心に神奈川や千葉などを転々としている関係上、関八州古戦録や小田原北条記を反芻するように読み、気が向くと古戦場や旧跡を訪れている。旧跡の多くは公園として整備が行き届いている。園内を散策し、古の栄枯盛衰に思いを馳せながら瞑想に耽けるつもりが、混沌とした頭は意に反して勝手な妄想を開始する。妄想し、散策によって適当に汗をかきながら、休憩所で飲むビールの喉ごしは誠に甘露である。

現在は船橋に住居し、単行本と地図を片手に千葉県内を徘徊する。戦国時代には、千葉氏、南総里見氏などの大名が蟠踞して、古戦場には事欠かない。

西船橋から京成線で数駅西にか国府台こうのだいという駅がある。古代における下総国府の地であろう。国分寺、国分尼寺

跡がある。周辺は閑静な住宅地であり、東京医科歯科大などの学校や国立国府台病院などが数多く建ち並んで、さながら学園都市の景を呈している。近くにはじゅん菜池公園もあって、対岸の東京とは別世界の趣である。

江戸川左岸に沿って10分ほど北に向かうと、川の中ほどまで岬のように突き出す小高い台地がある。坂道を上ると20m程の断崖上にある里見公園に到達する。

この台地に15世紀、太田道灌が城塞を築いたといわれているが、公園はその旧跡である。16世紀に、ここで二度の大会戦が行われたことは意外と知られていない。江戸後期の大改修以前は利根川の本流であった江戸川を挟み、武相の大軍を率いた小田原北条氏と、国府台に陣地を築いた房総勢が、双方万余の軍兵を擁して対峙した。優勢な武相方の軍が渡河して、国府台の房総軍を二度とも撃ち破っている。

公園は市民の憩いの場として整備され、避難所ともなっているが、休日でも人は疎らで散策には好都合である。二度の会戦で敗れた房総軍に多数の戦死者がでたが、園内に幾つかの碑が建立されて兵どもの霊を慰めている。その一つは亡霊塚と称され、鬱蒼とした木立の中に幽気が漂って近づく人もいない。

公園の奥にある茶店で、眼下の江戸川を見渡しながらい息入れる。本丸跡からは遠く秩父、丹沢も展望できるとのことであるが、西の彼方は霞がたなびいて山の姿形は定かではない。都会の雑踏を忘れ、しばし戦国の世に思いを馳せながら時を過ごす。

渴きを癒したところで再び江戸川に沿い北へ30分、矢切の渡しに着く。水戸街道の要衝であるが所以で決戦の場となったのであろう。矢切の名称は、このとき両軍が激しく戦い、互いに矢を射尽くしたからとも伝えられている。

夕暮れとともに寮へ戻り、一人飯を喰らう。風呂に入って床につくと、心地よい疲れからたちまち寝付く。明日からの喧噪に備えて、英気を養った一日であった。

— ずいそう —

ボーダーレスに思う

田中 利典



『着陸と同時に、乗客達の間で自然と拍手が沸き起こった。7月30日、チューリッヒ空港に到着。生涯初、ヨーロッパ大陸に足を踏み入れた。スイス人の友達の家に数日泊まった後、一人で欧州周遊へ出発。旅を始める前に決めていたことは2つあった。ひとつは、最終目的はパリということ。もうひとつは、ミケランジェロの3体のピエタを見ること。それ以外の計画は敢えて立てなかった。予定より、その時の気分を優先する旅をしたかったから。イタリアでは、ミケランジェロに惚れた！ 晩年は腕が不自由になりながらも、死ぬ数日前まで必死で作品作りに没頭したミケランジェロ。そして、もっとも感銘を受けたのは、バチカンのピエタ。20代前半時の作品。今の自分の年齢だ。文字通り、鳥肌が立った。何故か涙が溢れてきた。この気持ちは実際に見た人にしか分からないだろう。とにかく訴えてくるものが凄い！ 聖母マリアが異様に若々しい。イタリアをはじめ、オーストラリア、チェコ、ギリシア、ドイツ、フランスを訪れた。旅を続けていくにつれて、旅のスタイルを身につけてきた。…(中略)…これ以外にも、たくさん人の親切に触れた。言葉は通じなかったけど、心で会話をすることができたチェコ人のおじいさん、最後までおれを“Simpatico Giapponess”（イタリア語、nice Japaneseの意味）と呼んでいたヴェネツィアのおばさん、列車の中で知り合って自分が関わっているCDをくれたミラノのおじいさん、偶然にも旅の途中で2度遭遇し、一時行動を共にしたデンマーク人の若者、一緒にプラハを散歩したアルゼンチン人、日本に興味を持ってくれたギリシア人、オルセー博物館で出会って、一緒にパリの街を夜通し歩いた日本人など、数え切れない人との出会いがあった。もし、どこかで一日でも旅の日程をずらしたら彼らに出逢う事はなかった。そう考えると、なんか、神様を信じたくなる。“人生の夏休み”の最後に、最高の仲間と、最高の財産を得た。出発した頃は真っ黒だったTシャツも、今ではメッセージで埋めつくされている。』

この体験記は私の友人の子息が学生生活最後の思い出にと、米国に次いで欧州一人旅をした時のものである。私が学生の頃にはとてもできなかった事を、いとも簡単に自由奔放にやってのけているこの青年の体験記には、驚きとうらやましさを覚えたものだ。私の青年期には、外国に行くなどという事はせいぜい旅行目的で、しかも数年に一度も行けば十分であり、それが当時では一般的

であったように思う。

ところが今日では、高校生、大学生においては官民で多種多様な留学制度が有り、数多くの学生がその制度を利用して数ヶ月から一年間の留学を、現地では一般的にホームステイという形で行っている。私が所属するロータリークラブでも高校生を対象に、毎年日本と外国との交換留学を行っているし、大学生を対象とした留学制度やアジアから日本に留学している学生への支援も行っている。私も数年前にロータリー交換留学生として来日したオーストラリアの女の子を我が家に3ヶ月間受け入れた事がある。

又、最近では18才から30才を対象とし、仕事をする事で滞在資金を補いながら最長1年間の海外生活を体験できるワーキングホリデーなる留学制度があり、日本では1980年にオーストラリアとの間でこの制度がスタートされ、以来ニュージーランド、カナダ、韓国、フランス、ドイツ、イギリスへと広がったようだ。この制度は「長期間の滞在によって相手国の文化と一般的な生活様式などを理解する」ことを前提とし、それによって「人生経験豊かで広い国際的視野を持った青少年を育成、ひいては両国間の相互理解、友好関係の促進を目的としている」との事。主目的はロータリー留学制度と同じである。現在まで日本人のワーキングホリデー利用者の総数は約15万人で、日本に来た若者は約4万4000人だそうである。

この様に日本の青年達が世界中のいろんな国へ行き、同世代の青年達と友達になり、その国の歴史や文化に触れ、言葉を覚え帰国する。外国を知ると同時にそれまでと違った日本が見えてくるに違いない。

こういう、いわゆる世界がボーダーレス化されていくなかで、日本の青年達が外国の青年達と互角に向き合っていて、世界という舞台上で頼もしく活躍していくためには、やはり日本の学校教育の見直しが迫られていることは当然の流れであろう。これまでの受験教育オンリーではなく、国際教育、語学（特に英語）教育、コンピューター教育などが同時に重要となり、又、日本人としてのアイデンティティ確立のための、日本の歴史、伝統、文化の教育も重要で、特に日本人としての誇りが持てる教育が最も大切なことではないかと思う次第である。

新工法紹介 広報部会

08-37	無振動・低騒音の揺動式 海上コンポーザー： SAVE-マリン工法	不動建設
-------	--	------

▶概要

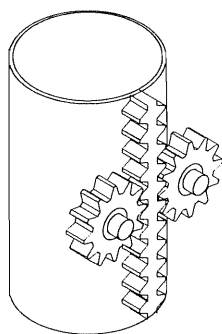
近年、海上の護岸基礎などの地盤改良工事において、住民の環境への意識の高まりと水際における工場などの立地により、環境対応性が要求されて来ており、振動や騒音を伴う従来のバイプロを使用した海上コンポーザー工法ではそれらの工事に適用が難しくなってきた。

そこで、振動エネルギーを用いずに無振動・低騒音の締め固め砂杭造成を可能にし、環境対応が求められる臨海部の地盤改良工事に適用可能な工法として、「SAVE-マリン工法」を開発した。

当工法は、今回の実工事（愛知県企業庁発注の臨海用地造成事業護岸工事衣浦3号地）において周辺環境対応性（振動・騒音）と品質（杭芯N値）及び施工性についてもその有効性を確認した。

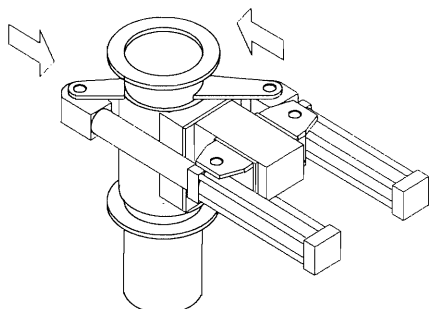
▶特長

- ① 従来のバイプロ方式による圧入・造成機能を強制昇降装置（図-1）と揺動装置（図-2）を開発実用化し



圧入力 50 ton, 引抜力 70 ton, 重量 6 ton

図-1 強制昇降装置（ラック & ピニオン方式）



水平に配置された2本の水圧シリンダーを伸縮（押し引き）させることでケーシングパイプに揺動動作を与える。

図-2 ケーシング揺動装置（水圧シリンダー方式）

たことで、無振動・低騒音での施工が可能となり、周辺環境へ与える影響が少なくなり、既設構造物に近接した施工が可能となった。

- ② 強制昇降装置、揺動装置の採用により圧入・造成用装置が軽装化され、他の環境対応型の地盤改良工法と比べて経済的な工法である。
- ③ 豊富な実績のある従来のコンポーザー工法と同様の改良目的に使用でき、同等の改良効果が得られる。
- ④ 新管理システム“CONOS (Composer Numerical Operation Supporting System)”を使用することにより、確実な砂杭の造成と信頼性の高い施工管理が出来る。
- ⑤ 材料は、砂の他に碎石、スラグ、再生材など各種の材料が使用可能である。

▶用途

臨海部における水際付近での護岸基礎改良他

▶実績

愛知県企業庁発注の臨海用地造成事業護岸工事（衣浦3号地）（写真-1）

▶工業所有権

特許出願中

▶問合せ先

不動建設(株)ジオエンジニアリング本部営業統括部
〒110-0016 東京都台東区台東 1-2-1
電話 03(3837)6032

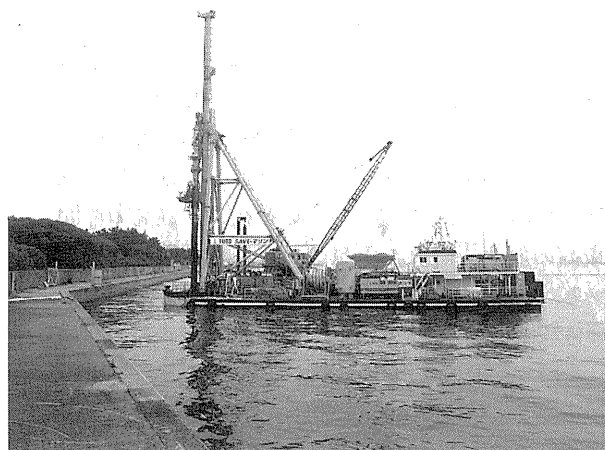


写真-1 臨海用地造成事業護岸工事

新工法紹介

09-08	油汚染土壌浄化工法： 連続式気泡連行処理装置	鹿島建設
-------	---------------------------	------

▶概要

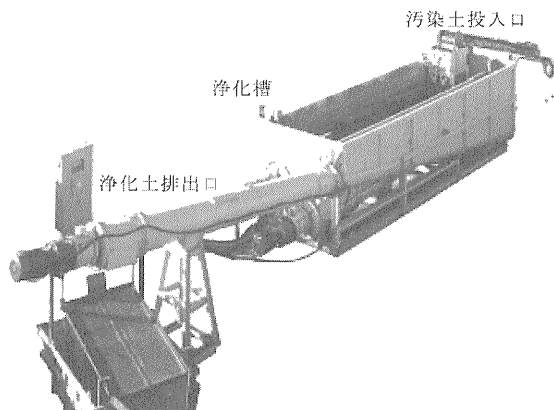
油汚染土壌は、油の種類、濃度、土質など様々なケースがあり、特に油の種類によってその浄化工法は異なる。

気泡連行法は、軽油、重油及び原油などの比較的揮発性の低い重質系油による汚染土壌の浄化を目的に開発した技術で、その原理は、アルカリ溶液中の油汚染土に微細気泡を作用させることにより、油を土粒子から剥離するとともに水面へ連行して浄化するものである。

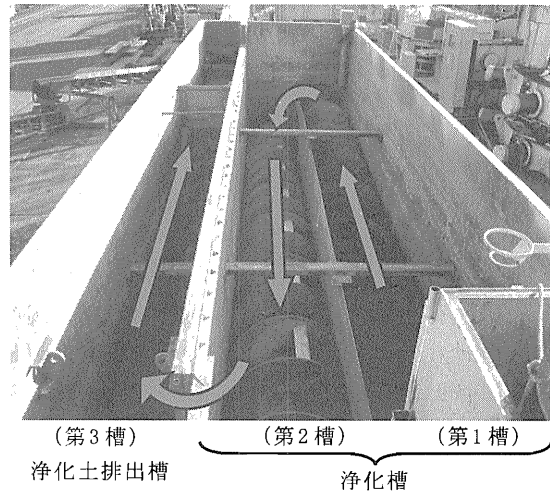
これまでバッチ方式で浄化工事を実施してきたが、新たに連続式処理装置を開発した。

本装置は、浄化時間を30分としたとき最大15m³/hの連続処理能力を有し、土壌を混合・移送するスクリーコンベヤを内蔵した浄化槽（第1槽、第2槽）と浄化土排出槽（第3槽）から構成される。

第1槽から投入された汚染土は、スクリーコンベヤにより第1槽及び第2槽内を移動し、その間に浄化される。浄化された土壌は第3槽へ移動し、装置外に排出される。排出された浄化土は、振動ふるいにより固液分離が行われ、分離された洗浄液はポンプで浄化槽に戻され再利用される。また、浄化槽内に浮上した油は、浮上油回収ポンプにより油回収タンクに回収し、さらに油水分離を行い洗浄液は浄化槽に戻され再利用される。



写真一 装置全景



写真三 装置内部

▶特長

- ① 単純な原理で高い浄化効果が得られる。
- ② 高分子(アスファルテン、レジン)も除去できるため、後工程として生物処理と組合わせた高度処理が可能。
- ③ 浄化土、洗浄液、回収油のリサイクルにより廃棄物発生量が少ない。
- ④ 可搬式でありオンサイト処理（場内処理）が可能。

▶用途

- ・揮発性の低い重質系油による汚染土壌の浄化工事

▶実績

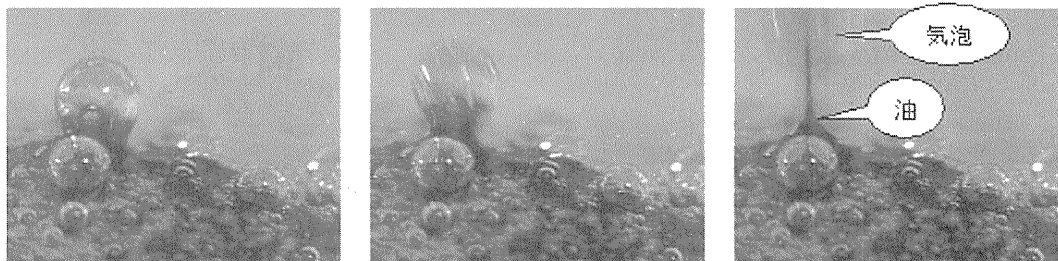
- ・三重県 A 社浄化工事（1998年）
- ・神奈川県 B 社浄化工事（1999年）
- ・鹿児島県 NEDO 実証工事（2001年）
- ・福島県 C 社浄化工事（2002年）
（バッチ方式工事含む）

▶工業所有権

- ・取得済み及び出願中

▶問合せ先

鹿島建設（株）環境本部土壌環境グループ
〒163-1029 東京都新宿区西新宿 3-7-1
新宿パークタワー 29階
Tel : 03 (5321) 7325
Fax : 03 (5321) 7331



写真二 油の剥離・連行状況

新機種紹介 広報部会

▶ <01> ブルドーザおよびスクレーパ

02-<01>-04	新キャタピラー三菱 ブルドーザ	BD 2 J II	'02.10 発売 モデルチェンジ
------------	--------------------	-----------	----------------------

各種仕様を揃えてモデルチェンジした小形のブルドーザである。乾地車と湿地車のブレード装置には、パワーアングルチルトまたはサイドシフト式パワーアングルチルトが、また、超湿地車と超超湿地車には、ストレートパワーチルトが装着されている。国土交通省の排出ガス対策2次基準値をクリアしたエンジンを搭載しており、乾地車と湿地車のダイレクトパワーシフトトランスミッション搭載車においては、排気管出口の形状変更や吸音材、制振材の装着で低騒音型基準値をクリアしている。ダイレクトドライブ車については、クラッチペダルを踏み込まないとエンジンが始動できないよう安全機構を採用した。ブレード支持フレーム取付けピンへの給脂は、足回り装置の泥かぶりがない上部にニップルを設けてリモート式で行えるようにした。そのほか、キャブ、エアコン、各種シューなどが特別装備品

表-1 BD 2 J II の主な仕様

	乾地車	湿地車	超湿地車	超超湿地車
機械質量 (t)	3.78(3.97)	4.13(4.32)	4.30	4.65
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	29.4(40)/ 2,300	29.4(40)/ 2,300	36.8(50)/ 2,400	36.8(50)/ 2,400
ブレード幅×同高さ (m)	2.23×0.595	2.54×0.595	2.6×0.585	3.18×0.5
ブレードチルト量/ アングル角 (m)/(度)	0.3/25	0.34/25	0.3/-	0.3/-
ブレードサイド シフト量 (m)	[0.3]	[0.4]	-	-
最高走行速度 F ₀ /R ₀ (R ₂) (km/h)	7.9/9.4	7.9/9.4	7.6/(6.2)	7.6/(6.2)
登坂能力 (度)	30	30	30	30
接地圧 (kPa)	35.3(37.3)	23.5(25.5)	15.7	10.8
最低地上高 (m)	0.3	0.29	0.29	0.29
全長×全幅×全高 (m)	3.355(3.385) ×2.23×2.345	3.375(3.405) ×2.54×2.335	3.33×2.6 ×2.335	3.44×3.18 ×2.335
価 格 (百万円)	5.4	5.9	6.25	7.4

- (注) (1) 鉄クローラ付仕様を示す。(乾地車、湿地車にはゴムクローラ仕様が用意されている)
 (2) 乾地車及び湿地車はダイレクトパワーシフト仕様を、超湿地車及び超超湿地車はダイレクトドライブ仕様を示す(乾地車、湿地車にはダイレクトドライブ仕様が、超湿地車にはダイレクトパワーシフト仕様が用意されている)。
 (3) ブレード・サイドシフト式仕様値を〔 〕書きで示す。

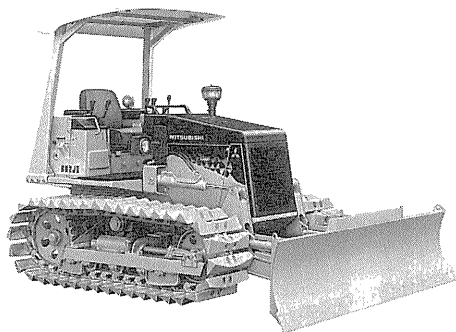


写真-1 三菱 BD 2 J II ブルドーザ (湿地車)

として用意されている。

▶ <02> 掘削機械

02-<02>-20	コマツ 油圧ショベル (トンネル仕様車) [GALEO] PC 228 US-3T/ PC 228 USLC-3 T	'02.09 発売 応用製品
------------	---	-------------------

トンネル工事用として仕様を確立している油圧ショベル(後方超小旋回形) PC 228 US [LC]-2 T のモデルチェンジである。国土交通省のトンネル工事用排出ガス対策2次基準値ならびに低騒音基準値をクリアしており、労働安全衛生規則に適合するヘッドガードキャノピを標準装備している。ブーム、アーム、バケット、足回り(600 mm 幅トリプルグロウサシュー)などに強化形を採用し、燃料ウォータセパレータ、大容量バッテリー、オルタネータ、スタータ、ダブルエレメント式エアクリーナ、ラジエータ防塵ネットなどを装備している。油圧回路にはバイパスフィルタやリターンフィルタを増設し、オイルを常時濾過して信頼性を高めている。また、アタッチメントに合わせて切替えができる1ウェイ/2ウェイ切替機能付共用配管が装備されており、ブレーカや回転切削機との交換も容易である。運転席は積層ビスカスマウントとして振動、騒音の低減で居住性を向上し、大容量燃料タンク(320 l)の搭載で長時間

表-2 PC 228 US-3 T [PC 228 USLC-3 T] の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.8
機械質量	(t)	22.15 (23.45)
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	107 (145)/1,950
最大掘削深さ×同半径	(m)	4.63×7.98
最大掘削高さ	(m)	9.365
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	2.19/1.68
走行速度 高速/低速	(km/h)	5.5/3.0
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	55 (45)
全長×全幅×全高	(m)	7.58×2.98×3.29 (7.77×3.08×3.29)
価 格	(百万円)	29.2 (30.4)

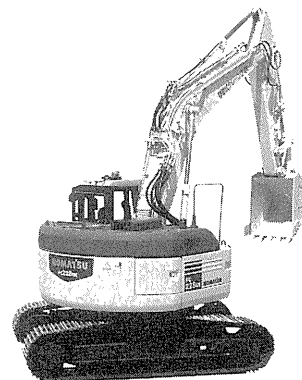


写真-2 コマツ「GALEO」PC 228 US-3 T 油圧ショベル (トンネル仕様車)

新機種紹介

連続運転を可能にしている。ラジエータとオイルクーラの間隔増大やオイルクーラの傾斜取付けなどでメンテナンス性にも配慮している。

02-(02)-21	日立建機 小型油圧ショベル (後方超小旋回形) EX 10 ₀₋₃	'02.10 発売 新機種
------------	---	------------------

市街地での下水道工事や道路補修、造園作業などに使用される小型油圧ショベルとして、狭所作業や狭所通過に便利なクローラ全幅を変更できる可変脚式クローラを装備した機械である。クローラ幅を縮めた時はブレード幅も折り曲げ式で縮めて車幅を縮小する。クローラ幅時においては、上部旋回体後端のみ出しが小さく後方超小旋回形に適合する。操作レバーは油圧パイロット式で、運転席前方にスタンド式として配置している。ブームシリンダのブーム背面装着、ホースをブームやアームに内装など損傷防止に配慮している。エンジンカバーはフルオープン式で日常点検、整備を容易にしている。そのほか、ラジエータは錆難いアルミ製を採用、ゴムシューはラグパターンの工夫により強化するなど耐久性の向上も図っている。国土交通省の超低騒音型基準値をクリアしており、環境対応に配慮している。

表一三 EX 10₀₋₃の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.022
機械質量	(t)	0.98
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	7.4(10.2)/2,050
最大掘削深さ×同半径	(m)	1.8×3.38
最大掘削高さ	(m)	3.055
バケットオフセット量 左/右	(m)	0.34/0.45
最大掘削力(バケット)	(kN)	10.4
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	1.25/0.5
走行速度 高速/低速	(km/h)	4.0/2.0
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	24.5
全長×全幅(縮～拡)×全高	(m)	2.985×(0.75～0.99)×1.38
価格	(百万円)	3.7

(注) (1) 無キャノピ仕様を示す。
(2) 全幅はクローラおよびブレードの縮拡時寸法を示す。



写真一三 日立建機「Landy KID」EX 10₀₋₃ 小型油圧ショベル (後方超小旋回形)

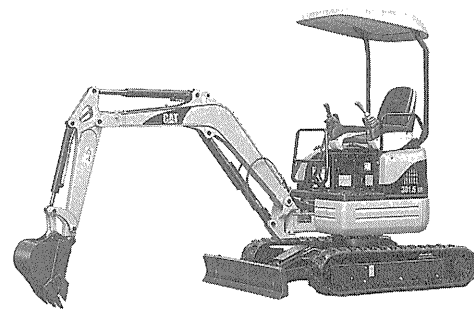
03-(02)-22	新キャタピラー三菱 小型油圧ショベル (後方超小旋回形) CAT 301.5 CR	'02.11 発売 新機種
------------	--	------------------

狭所作業性、狭所進入性が要求される都市土木作業機として汎用性と環境保全対応も考慮した新機種である。トラックにクローラの油圧スライド式拡張機構を備えており、ブレード幅もクローラ幅に合わせて縮めることができる。クローラ幅時は上部旋回体後端がクローラ幅内に収まり、後方超小旋回形となる。2t積みトラックを用いた輸送において、荷台、スペース、質量ともに余裕があるので発電機など他の建設機材との共積みが可能である。エンジンは国土交通省の排出ガス対策2次基準値をクリアするもので、騒音対策においても国土交通省の超低騒音型基準値をクリアしている。リストタイプの油圧パイロット式操作レバーを採用することで、スムーズな操作性と運転席の広い足元空間を確保している。バケット回りの給脂は50h毎、その他のフロント部の給脂は500h毎として給脂間隔を延長しているほか、電気系統には防水性の高いDTコネクタの使用や、油圧ラインの全コネクタ部にオーリングシールタイプを採用して信頼性を高めている。

表一四 CAT 301.5 CRの主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.044
機械質量	(t)	1.5
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	11.3 (15.4)/2,100
最大掘削深さ×同半径	(m)	2.17×3.8
最大掘削高さ	(m)	3.57
バケットオフセット量 左/右	(m)	0.445/0.61
最大掘削力(バケット)	(kN)	14.4
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	1.42/0.625
走行速度 高速/低速	(km/h)	4.0/2.3
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	25
全長×全幅(縮～拡)×全高	(m)	3.47×(0.98～1.34)×2.32
価格	(百万円)	4.6

(注) (1) キャノピ、ゴムクローラ仕様値を示す。
(2) 全幅はクローラおよびブレードの縮拡時寸法を示す。



写真一四 CAT 301.5 CR「REGA」小型油圧ショベル (後方超小旋回形)

新機種紹介

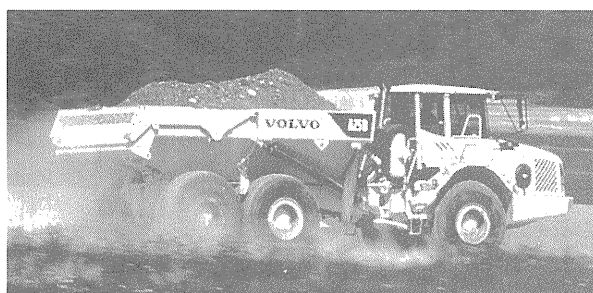
▶ <04> 運搬機械

02-(04)-09	日本ボルボ (スウェーデン Volvo 社製) 重ダンプトラック (アーティキュレート式) A 25 D ほか	'02.04 発売 輸入新機種
------------	---	--------------------

許容荷重の増加による生産性、低燃費による経済性などの向上を図った D シリーズ 4 機種である。エンジンは電子制御による直接噴射式で、ラジエータファンにはサーモスタット制御による油圧駆動式可変速ファンを採用している。また、A 25 D と A 30 D は排気ブレーキ機構を、A 35 D と A 40 D はボルボエンジンブレーキ機構（特許）を備えている。自動ロックアップ付きトルクコンバータと制動力可変の油圧リターダ付きプラネタリ式トランスミッションを搭載し、アクスルへのドロップボックスにおいては 100% デフロク機構のほか、A 35 D と A 40 D では高速/低速の選択機能を有する。A 40 D ではさらに、低速 6 速から高速 6 速への自動シフトアップ機能を有する。フロントアクスルは 3 点支持式としており、全アクスルとも 100% デフロク付きで縦方向 1 箇所と横方向 3 箇所のデフロクは走行中に選択が可能である。また、走路状況に応じて 4 駆または 6 駆の走行中の選択も可能である。ロー

表—5 A 25 D ほかの主な仕様

	A 25 D	A 30 D	A 35 D	A 40 D
最大積載質量/山積容量 (t/m ³)	24/15	28/17.5	32.5/20	37/22.5
運転質量 (t)	45.56	51.06	60.80	68.27
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	228(310)/2,000	242(329)/2,000	289(393)/1,800	313(426)/1,800
荷台上縁高さ (m)	2.778	2.856	2.912	3.075
最高走行速度 低速/高速 (km/h)	-/53	-/53	35/56	41/55
最小回転半径(最外側) (m)	8.105	8.105	8.72	8.863
最低地上高 (m)	0.456	0.456	0.572	0.617
輪距(前後とも) × 軸距(前/後) (m)	2.258 × 4.175/1.67	2.216 × 4.175/1.67	2.515 × 4.501/1.82	2.636 × 4.451/1.94
タイヤサイズ (-)	23.5 R 25	750/65 R 25	26.5 R 25	29.5 R 25
全長 × 全幅 × 全高 (m)	10.22 × 2.859 × 3.428	10.394 × 2.941 × 3.428	11.167 × 3.208 × 3.681	11.31 × 3.432 × 3.746
価 格 (百万円)	42	59	64	69



写真—5 日本ボルボ A 25 D 重ダンプトラック
(アーティキュレート式)

ド & ダンプブレーキ（特許）を搭載しており、ダンプ時にはボタン一つでギヤを中立に、後 2 軸にサービブレーキを作動させる。騒音レベル 74~76 dB(A) の ROPS/FOPS キャブの搭載や緊急ステアリング装着付きの装備など安全に配慮している。

▶ <09> 骨材生産機械

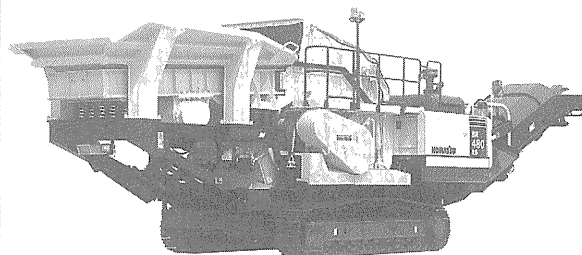
02-(09)-01	コマツ 自走式生産破砕機 BR 480 RG-1 (GALEO)	'02.09 発売 新機種
------------	--	------------------

砕石現場や解体工事現場などで使用されるインパクトクラッシャ搭載の自走式破砕機である。クラッシャスピード 2 速切換えと油圧式自動隙間調整機構が採用されており、カラー液晶モニタに隙間量をインプットするだけで自動的に隙間の変更が可能である。上り勾配フィーダとガラが詰まり難い 2 段ズリバーを採用した振動式グリズリフィーダを搭載しており、フィードスピード可変機構により投入量が調整される。また、フィーダセミオートシステムによって、クラッシャの負荷に応じてフィーダの速度を自動制御することができる。排出コンベヤはワイドで高速としているので排出能力が大きく、排出高さが高いため製品のストックおよびスクリーンとのシステム化が容易である。油圧ショベル PC 200 LC で実績ある足回りを使用しており、エンジンには日・米の排出ガス対策 2 次規制をクリアしたもの

表—6 BR 480 RG-1 の主な仕様

処理能力 (ズリ分 40%) (t/h)	400
運転質量 (t)	38.3
定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	228 (310)/1,950
最大供給塊寸法 自然石 / コンクリートガラ (m)	0.35 × 0.35 × 0.35 / 0.75 × 0.5 × 0.35
ホッパ高さ (m)	3.47
ホッパ寸法 (m)	4.39 × 2.99
排出ベルトコンベヤ幅/同排出高さ (m)	1.2/3.37
走行速度 低速/高速 (km/h)	0.9/1.9
登坂能力 (度)	25
クローラシュー幅 × 同接地長 (m)	0.5 × 3.655
全長 × 全幅 × 全高 (m)	14.25 × 2.995 × 4.12
価 格 (百万円)	75

(注) 処理能力は、投入破砕物の種類、形状および作業条件により異なる。



写真—6 コマツ「GALEO」BR 480 RG-1 自走式生産破砕機

新機種紹介

を搭載している。輸送時は、クラッシュケーススライド機構により全高を3.5m以内に抑えることができる。

▶ <11> コンクリート機械

03-<11>-02	いすゞ自動車 トラックミキサ KL-CXZ 51 K 3 (改) ほか	'02.10 発売 新機種
------------	---	------------------

エンジンの低回転域から高トルクを発生し得るインタークーラ・ターボ付きのエンジン6WF1-TCを搭載し、無過給エンジンに匹敵する発進加速性能と低燃費性能を実現したものである。平成11年排出ガス規制、「自動車NO_x法」による特定自動車排出基準および中期ブレーキ安全規制に適合する車両で、アンチロックブレーキシステムやエアコントロール式のホイールパーキングブレーキを採用しているほか、ブレーキを踏んで停車した時にペダルから足を離してもブレーキ力をそのまま保持する機構や永久磁石式リターダなどを装備している。6×4駆動方式で、駆動軸の前後いずれかのタイヤスリップ時に駆動力を確保するための前後デフロック機構を備えている。ミキサドラムの傾斜角は16度で、生コン積載量は9.72t (CXZ) と11.24t (CZY) としている。

表-7 KL-CXZ 51 K 3 (改) ほかの主な仕様

	KL-CXZ 51 K 3 (改)	KL-CYZ 51 P 3 (改)
ドラム容量/最大混合容量 (m ³)	8.9/4.5	10.2/5.2
車両総質量(定員2人) (t)	19.91	21.91
最高出力 (kW(PS)/rpm)	272(370)/1,750	272(370)/1,750
ドラム最大径×同全長 (m)	φ2.1×3.53	φ2.1×3.9
水タンク容量 (L)	200	200
ホップエンド高さ (m)	3.39	3.43
最小回転半径 (m)	6.6	7.8
軸距×輪距(前/後) (m)	4.535 ×(2.065/1.855)	5.52 ×(2.06/1.855)
タイヤサイズ(6輪とも) (-)	11 R 22.5-14 PR	11 R 22.5-16 PR
全長×全幅×全高 (m)	7.895×2.49×3.71	9.19×2.49×3.75
価格 (百万円)	14.059	-

- (注) (1) 仕様値はK社架装仕様値を例として示す。
(2) タイヤはチューブレスラジアルタイヤを標準装着とする。



写真-7 いすゞ「GIGA」KL-CXZ 51 K 3 (改) トラックミキサ

▶ <17> 原動機、発電装置等

02-<17>-02	ヤンマー エンジン発電機 AG 13 SS ほか	'02.08 発売 新機種
------------	--------------------------------	------------------

都市部工事や夜間工事に対応して開発されたコンパクトで騒音低減を図ったディーゼルエンジン発電機である。大形マフラや折返しダクト構造の採用により排気・排風を消音し、吸気ダクト付き二重構造扉と大形吸気チャンバの採用により吸気音も低減して、周囲7m騒音値(平均値)51/53dB(A)(50/60Hz)の極超低騒音を実現した。エンジンは低燃費を考慮した燃料直噴式を使用しており、さらに燃料自動給油装置を標準装備して、外部燃料タンクと本機のホース接続による長時間連続運転を可能にしている。国土交通省の超低騒音基準値や排出ガス対策2次基準値をクリアしており、環境に配慮している。

表-8 AG 13 SS ほかの主な仕様

	AG 13 SS	AG 15 SS
発電容量 3相 (kVA)	10.5 [13]	12.5 [15]
発電容量 (kW)	8.4 [10.4]	10 [12]
電圧×電流 (V×A)	200×30.3 [220×34.1]	200×36.1 [220×39.4]
単相出力 (kVA)	1.5×2	1.5×2
エンジン定格出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	11.3(15.4)/1,500 [3.5(18.4)/1,800]	12.3(16.7)/1,500 [14.8(20.1)/1,800]
燃料タンク容量 (l)	70	70
運転質量 (t)	0.75	0.76
全長×全幅×全高 (m)	1.57×0.78×1.05	1.57×0.78×1.05
価格 (百万円)	1.9	2.1

(注) 60 Hz仕様値を〔 〕書きで示す。



写真-8 ヤンマー AG 15 SS エンジン発電機

02-<17>-03	デンヨー エンジン発電・溶接機 DLW-300 ES	'02.10 発売 新機種
------------	----------------------------------	------------------

経済性と環境保全対応を考慮して開発された新機種である。国土交通省の超低騒音型基準値および排出ガス対策型2次基準値をクリアしており、さらに、冷却を工夫したボンネット構造によりソフトな運転音を実現している。出力に見合ったエンジン回転数で溶接する省エネルギーモード(eモード)を設定しており、2,300rpmのアイドルン

新機種紹介

回転で 30~160 A (2~4 mm 棒) の溶接が可能である。交流電源使用時や大電流での溶接時では自動的に高速回転となり、溶接機と発電機の同時使用を可能とする。高速ス

イッチングが可能なトランジスタ制御 (IGBT 制御) や溶接特性調整ダイヤルの採用により、溶接棒や作業姿勢を問わず、高品質のアーク特性が得られる。発電機ロータには電圧波形歪を抑えるダンパ巻線を採用しており、さらに高性能な AVR (自動電圧調整器) を使用しているので高品質な交流電源を供給できる。

表-9 DLW-300 ES の主な仕様

直流定格出力 A/B	(kW)	7.90/8.74 (4.22)
直流定格電流 A/B	(A)	260/280 (160)
直流定格電圧 A/B	(V)	30.4/31.2 (26.4)
溶接電流範囲 A/B	(A)	30~280/30~300 (30~160)
適用溶接棒	(mm)	2.0~6.0 (2.0~4.0)
三相定格出力	(kVA)	9.9
三相定格電圧 A/B	(V)	200/220
单相定格出力	(kVA)	8.0
单相定格電圧 A/B	(V)	100/110
エンジン定格出力 A (50 Hz)	(kW(PS)/min ⁻¹)	12.9 (17.5)/3,000
エンジン定格出力 B (60 Hz)	(kW (PS)/min ⁻¹)	15.1 (20.5)/3,600
運転質量	(t)	0.427
全長×全幅×全高	(m)	1.41×0.68×0.76
価格	(百万円)	1.35

(注) 省エネルギーモード設定時仕様値を [] 書きで示す。

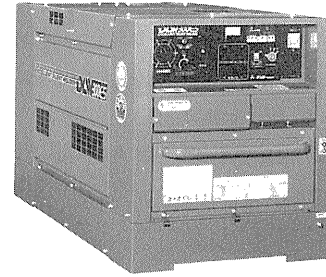


写真-9 デンヨーDLW-300 ES エンジン発電・溶接機

// 新刊 //

現場技術者のための

建設機械整備用工具ハンドブック

- ・ 建設機械整備用工具約 180 点の用語解説と約 70 点の使い方を集録。
- ・ 建設機械の整備に携わる初心者から熟練者まで幅広い方々の参考書として好適。

■ A5判 約120頁

■ 定価 : 会員 1,050 円 (消費税込)、送料 420 円

非会員 1,260 円 (消費税込)、送料 420 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

TEL : 03(3433)1501 ・ FAX : 03(3432)0289

建設業の受注動向について

1. まえがき

11月号で「建設業の業況」について報告したが、今回は企業の経営方針策定の基本となる受注状況の実態を詳細に紹介することにした。本資料は国土交通省が発表している「建設工事受注動態統計調査」結果によるもので平成13年度の実績である。

なお同統計は在来の「公共工事着工統計調査」「民間土木工事着工調査」及び「建設工事受注統計調査」に替わるものであるとともに、企業統計としての特徴をも有している。

2. 受注高の状況

(1) 受注高の概況

平成13年度における建設業者の総受注高(表一参照)は、58兆9,783億円(前年比8.9%減)であり、そのうち元請受注高は39兆3,282億円(同8.8%減)で、総受注高の66.7%、下請受注高は19兆6,501億円(同9.2%減)で33.3%であり、発注者別にみると、民間発注の方が多い。

表一 受注高総計

	平成13年度		
	総計(百万円)	前年比	構成比(%)
受注高総計	58,978,304	△8.9	100.0
・元請受注高	39,328,242	△8.8	66.7
公共機関	17,612,675	△8.8	29.9
民間等	21,715,566	△8.8	36.8
・下請受注高	19,650,062	△9.2	33.3

(2) 資本金階層別にみた元・下請受注高

元請受注高のうちの41%は、資本金50億円以上の業者による受注高であり、一方下請受注高のうち33%は資本金1,000~3,000万円の業者である(表二参照)。

表二 資本金階層別受注高

単位:百万円, % 括弧内は構成比(%)

		平成13年度	
		元請受注高	下請受注高
総	数	39,328,242 (100.0)	19,650,062 (100.0)
個	人	57,071 (0.1)	10,436 (0.1)
法	人 合 計	39,271,171 (99.9)	19,639,626 (99.9)
資 本 金 階 層	300万円未満	2,165 (0.0)	1,047 (0.0)
	300万円以上 500万円未満	157,163 (0.4)	261,506 (1.3)
	500万円以上 1,000万円未満	182,075 (0.5)	489,851 (2.5)
	1,000万円以上 3,000万円未満	6,802,164 (17.3)	6,494,632 (33.1)
	3,000万円以上 5,000万円未満	3,904,794 (9.9)	2,481,068 (12.6)
	5,000万円以上 1億円未満	3,434,256 (8.7)	2,311,523 (11.8)
	1億円以上 3億円未満	2,635,063 (6.7)	1,500,843 (7.6)
	3億円以上 5億円未満	1,306,039 (3.3)	708,191 (3.6)
	5億円以上 10億円未満	937,818 (2.4)	583,821 (3.0)
	10億円以上 20億円未満	1,372,987 (3.5)	719,141 (3.7)
	20億円以上 50億円未満	2,269,985 (5.8)	816,053 (4.2)
	50億円以上	16,266,662 (41.4)	3,271,951 (16.7)

(3) 資本金階層別にみた官・民受注高の概況

資本金階層別の元請受注高を官・民別でみると、資本金1千万円~1億円の業者の元請受注高は、50%以上が公共機関からの受注で、それ以外の階層では、50%以上が民間等からの受注である階層がほとんどで、特に個人業者は約78%が民間等からの受注である(図一参照)。



図一 資本金階層別・発注者別受注高の状況

統計

(4) 建設業種別受注高の概況

建設業種別に総受注高に占める元・下請状況をみると、総合工事業の総受注高は41兆9,453億円で、そのうち約77%は元請受注工事であり、約23%は下請受注工事である(表-3参照)。

表-3 建設業種別受注高 単位:百万円, %

	平成13年度		
	受注高総計	元請受注高	下請受注高
総数 (構成比)	58,978,304 (100.0)	39,328,242 (66.7)	19,650,062 (33.3)
総合工事業 (構成比)	41,945,260 (100.0)	32,319,873 (77.1)	9,625,387 (22.9)
職別工事業 (構成比)	5,358,077 (100.0)	1,127,150 (21.0)	4,230,928 (79.0)
機械設備工事業 (構成比)	11,674,967 (100.0)	5,881,219 (50.4)	5,793,748 (49.6)

職別工事業は21%は元請受注工事であり、79%は下請受注工事である。

設備工事業は約50%は元請受注工事であり、約50%は下請受注工事である。

(5) 地域別建設業種別受注高の概況

建設業種別に総受注高に占める元請受注状況を地域別にみると元請比率の最も高い地域は、総合工事業では北海道(総合受注高に占める割合約82%)であり、職別工事業で

表-4 地域別, 建設業種別受注高

		単位:百万円, %		
		受注高総計	元請	下請
全	国	58,978,304 (100.0)	39,328,242 (66.7)	19,650,062 (33.3)
総合工事業	全国計	41,945,260 (100.0)	32,319,873 (77.1)	9,625,387 (22.9)
	北海道	2,094,032 (100.0)	1,718,618 (82.1)	375,414 (17.9)
	東北	2,448,015 (100.0)	1,834,774 (74.9)	613,240 (25.1)
	関東	19,029,339 (100.0)	15,117,219 (79.4)	3,912,120 (20.6)
	北陸	2,525,789 (100.0)	1,644,911 (65.1)	880,878 (34.9)
	中部	3,018,888 (100.0)	2,122,398 (70.3)	896,490 (29.7)
	近畿	7,191,113 (100.0)	5,626,350 (78.2)	1,564,763 (21.8)
	中国	1,941,883 (100.0)	1,450,919 (74.7)	490,964 (25.3)
	四国	836,630 (100.0)	607,518 (72.6)	229,112 (27.4)
	九州・沖縄	2,859,571 (100.0)	2,197,166 (76.8)	662,405 (23.2)
職別工事業	全国計	5,358,077 (100.0)	1,127,150 (21.0)	4,230,928 (79.0)
	北海道	592,979 (100.0)	89,977 (15.2)	503,002 (84.8)
	東北	374,339 (100.0)	67,139 (17.9)	307,200 (82.1)
	関東	2,149,824 (100.0)	534,067 (24.8)	1,615,757 (75.2)
	北陸	416,753 (100.0)	73,230 (17.6)	343,523 (82.4)
	中部	410,956 (100.0)	63,113 (12.9)	357,843 (87.1)
	近畿	719,205 (100.0)	157,274 (21.9)	561,931 (78.1)
	中国	169,505 (100.0)	32,400 (19.1)	137,105 (80.9)
	四国	117,435 (100.0)	24,721 (21.1)	92,714 (78.9)
	九州・沖縄	407,082 (100.0)	95,230 (23.4)	311,852 (76.6)
機械設備工事業	全国計	11,674,967 (100.0)	5,881,219 (50.4)	5,793,748 (49.6)
	北海道	425,883 (100.0)	156,349 (36.7)	269,534 (63.3)
	東北	334,358 (100.0)	161,971 (48.4)	172,387 (51.6)
	関東	5,853,139 (100.0)	3,210,921 (54.9)	2,642,218 (45.1)
	北陸	450,592 (100.0)	203,045 (45.1)	247,546 (54.9)
	中部	957,917 (100.0)	503,777 (52.6)	454,140 (47.4)
	近畿	2,082,117 (100.0)	913,248 (43.9)	1,168,869 (56.1)
	中国	511,111 (100.0)	225,994 (44.2)	285,116 (55.8)
	四国	192,050 (100.0)	107,661 (56.1)	84,389 (43.9)
	九州・沖縄	867,800 (100.0)	398,253 (45.9)	469,547 (54.1)

は関東(25%),機械設備工事業では四国(約56%)である。

3. 公共機関からの受注工事の状況

(1) 受注者別受注工事の概況

平成13年度における公共機関からの受注工事は16兆8,415億円で、前年比8.5%の減少であった。このうち国の機関からの受注工事は5兆4,885億円(公共機関からの受注工事に占める割合は32.6%)で、前年比4.3%の減少、地方の機関からの受注工事は11兆3,530億円(同67.4%)で前年比10.4%の減少であった。

表-5 発注者別・公共機関からの受注工事

		単位:百万円, %		
		平成13年度		
		受注高	前年比	構成比
公共機関からの受注工事		16,841,508	△8.5	100.0
国の機関		5,488,484	△4.3	32.6
国		3,098,088	0.4	18.4
公団・事業団		1,589,036	△16.4	9.4
政府関連企業		801,359	7.0	4.8
地方の機関		11,353,024	△10.4	67.4
都道府県		4,927,248	△9.8	29.3
市区町村		4,893,929	△10.3	29.1
地方公営企業		843,778	△7.4	5.0
その他		688,069	△18.1	4.1

(2) 目的別工事分類からみた受注工事の概況

公共機関からの受注工事16兆8,415億円について目的別工事分類の内訳をみると最も多かったのは道路工事の4兆9,106億円(公共機関からの受注に占める割合29.2%)であった。次いで教育・病院(同11.6%),下水道工事(同10.9%)と続いている。

表-6 目的別工事分類からみた受注工事の状況

		単位:百万円, %		
		平成13年度		
		受注高	前年比	構成比
総数		16,841,508	△8.5	100.0
目的別工事分類	治山・治水	1,797,897	△16.3	10.7
	農林水産	1,588,142	11.5	9.4
	道路(含共同溝工事)	4,910,614	△4.8	29.2
	港湾・空港	964,789	△12.2	5.7
	下水道	1,830,363	△17.7	10.9
	公園・運動競技場施設	391,882	△13.4	2.3
	教育・病院	1,957,650	△0.7	11.6
	住宅・宿舍	638,423	△11.9	3.8
	庁舎	395,131	△1.7	2.8
	再開発ビル等建設	33,612	△28.7	0.2
	土地造成	147,966	△39.2	0.9
	鉄道等交通事業用施設	497,178	2.7	3.0
	郵政事業用施設	42,518	△15.4	0.3
	電気・ガス事業用施設	62,735	11.1	0.4
	上・工業水道	627,941	△10.1	3.7
	廃棄物処理施設等	440,102	△33.2	2.6
	他に分類されない工事	514,565	△10.0	3.1

表一 資本金階層別等での受注工事の状況

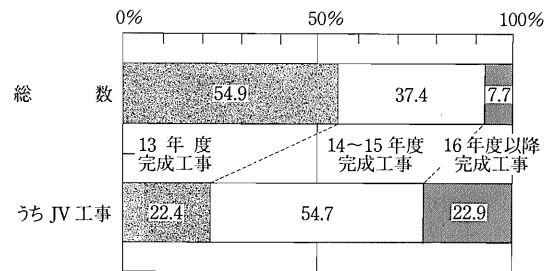
単位：件、百万円、%

	総 数		総合工事業		職別工事業		設備工事業	
	工事件数	請負契約額 (構成比)	工事件数	請負契約額 (構成比)	工事件数	請負契約額 (構成比)	工事件数	請負契約額 (構成比)
総 数	303,193	16,841,508 (100.0%) (100.0%)	261,355	14,584,252 (86.6%) (100.0%)	12,351	477,252 (2.8%) (100.0%)	29,486	1,780,003 (10.6%) (100.0%)
個 人	735	11,627 (0.1%)	710	11,504 (0.1%)	0	0 (0.0%)	25	123 (0.0%)
法 人 合 計	302,458	16,829,881 (99.9%)	260,645	14,572,748 (99.9%)	12,351	477,252 (100.0%)	29,462	1,779,880 (100.0%)
資 本 金 階 層	300万円未満	73 (1,494 (0.0%))	73 (1,494 (0.0%))	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)
	300万円以上 500万円未満	3,251 (40,048 (0.2%))	3,223 (39,835 (0.3%))	0 (0.0%)	0 (0.0%)	28 (213 (0.0%))	28 (213 (0.0%))	28 (213 (0.0%))
	500万円以上 1,000万円未満	7,197 (72,252 (0.4%))	6,739 (66,618 (0.5%))	51 (768 (0.2%))	407 (4,866 (0.3%))	407 (4,866 (0.3%))	407 (4,866 (0.3%))	407 (4,866 (0.3%))
	1,000万円以上 3,000万円未満	143,366 (3,993,632 (23.7%))	126,342 (3,577,800 (24.5%))	6,785 (151,510 (31.7%))	10,240 (264,322 (14.8%))	10,240 (264,322 (14.8%))	10,240 (264,322 (14.8%))	10,240 (264,322 (14.8%))
	3,000万円以上 5,000万円未満	59,278 (2,399,106 (14.2%))	54,171 (2,258,008 (16.5%))	1,474 (32,653 (6.8%))	3,633 (108,445 (6.1%))	3,633 (108,445 (6.1%))	3,633 (108,445 (6.1%))	3,633 (108,445 (6.1%))
	5,000万円以上 1億円未満	31,952 (1,695,497 (10.1%))	27,356 (1,550,611 (10.6%))	1,637 (55,751 (11.7%))	2,959 (89,136 (5.0%))	2,959 (89,136 (5.0%))	2,959 (89,136 (5.0%))	2,959 (89,136 (5.0%))
	1億円以上 3億円未満	13,360 (924,662 (5.5%))	11,287 (812,847 (6.6%))	825 (37,968 (8.0%))	1,248 (73,847 (4.1%))	1,248 (73,847 (4.1%))	1,248 (73,847 (4.1%))	1,248 (73,847 (4.1%))
	3億円以上 5億円未満	4,361 (362,568 (2.2%))	3,418 (306,828 (2.1%))	224 (18,515 (3.9%))	720 (37,225 (2.1%))	720 (37,225 (2.1%))	720 (37,225 (2.1%))	720 (37,225 (2.1%))
	5億円以上 10億円未満	4,819 (375,993 (2.2%))	3,245 (286,031 (2.0%))	78 (7,903 (1.7%))	1,496 (82,059 (4.6%))	1,496 (82,059 (4.6%))	1,496 (82,059 (4.6%))	1,496 (82,059 (4.6%))
	10億円以上 20億円未満	3,965 (427,048 (2.5%))	2,833 (317,923 (2.2%))	48 (5,207 (1.1%))	1,084 (103,918 (5.8%))	1,084 (103,918 (5.8%))	1,084 (103,918 (5.8%))	1,084 (103,918 (5.8%))
20億円以上 50億円未満	5,520 (763,896 (4.5%))	4,478 (684,739 (4.7%))	82 (16,313 (3.4%))	960 (62,844 (3.5%))	960 (62,844 (3.5%))	960 (62,844 (3.5%))	960 (62,844 (3.5%))	
50億円以上	25,316 (5,773,684 (34.3%))	17,479 (4,670,015 (32.0%))	1,148 (150,663 (31.6%))	6,688 (953,006 (53.5%))	6,688 (953,006 (53.5%))	6,688 (953,006 (53.5%))	6,688 (953,006 (53.5%))	

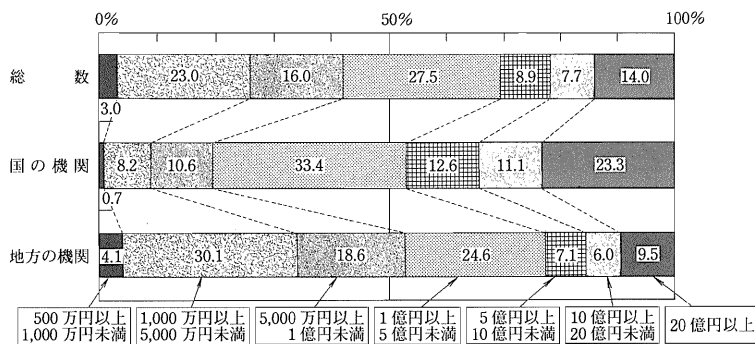
(3) 受注業者の資本金階層別等での受注工事の概況
公共機関からの受注工事を受注業者の資本金階層別にみると、資本金50億円以上の業者が5兆7,737億円（公共機関からの受注工事に占める割合は34.3%）で最も多く、次いで1,000万円～3,000万円の業者が3兆9,936億円（同23.7%）、3,000万円～5,000万円の業者が2兆3,991億円（同14.2%）となっており、この3階層で全体の70%以上を占めている（表一）。

また、これを建設業種別にみると総合工事業が14兆5,843億円（同86.6%）でほとんどを占めており、職別工事業が4,773億円（同2.8%）、設備工事業が1兆7,800

億円（同10.6%）となっている（表一）。



図一 平成13年度受注工事の完成年度



図三 公共機関からの受注工事の工事規模

統計

(4) 受注工事の完成年度別内訳の概況

平成13年度に受注し、平成13年度中に完成する工事は年間受注工事額の約55%で、このうちJV工事(共同請負工事)は22%である(図-2)。

(5) 受注工事の工事規模の概況

公共機関からの受注工事の工事規模別状況は1~5億円未満の工事規模が最も多く4兆6,296億円で全体の約28%を占めている。発注者別にみると、国の機関は、1億円以上の工事が約75%を占めているが、地方の機関は1億円未満の工事規模が約53%と半数を若干上回っている(図-3)。

(6) 受注工事の地域別の状況

公共機関からの請負工事額の多いのは関東で24%を占め、次いで九州・沖縄13.4%、中部12.1%となっており、全都道府県でみると、北海道9.2%、東京6.9%、愛知5.5%、大阪4.3%となっている。

4. 民間等からの受注工事の状況

(1) 発注者別受注工事の状況

平成13年度の民間等からの受注工事は、土木工事が1兆9,145億円(1件±500万円以上の工事)であり、前年比1.3%減少した。建築工事は5兆4,831億円(1件±5億円以上の工事)で、同0.2%増加し、機械装置等工事は1兆510億円(1件±500万円以上の工事)で、同1.3%減少した(表-8)。

(2) 受注工事の工事規模

土木工事は1~5億円未満の工事規模が最も多く5,127億円で約27%を占めている。

建築工事は5億円以上を対象としていることから、20億円以上の工事規模が2兆5,257億円で建築工事全体の46.1%を占めている。

表-8 発注者別受注工事の状況 単位:百万円,%

	平成13年度		
	受注高	前年比	構成比
■土木工事			
総数	1,914,528	△1.3	100.0
農林漁業	9,991	△8.3	0.5
鉱業・建設業	28,080	△54.1	1.5
製造業	172,635	△0.3	9.0
電気・ガス・熱供給・水道業	316,576	△12.4	16.5
運輸業	550,223	△5.6	28.7
通信業	307,539	61.0	16.1
卸売・小売業,飲食店	28,351	△8.3	1.5
金融・保険業	2,344	△38.4	0.1
不動産業	142,687	△21.9	7.5
サービス業	276,226	26.7	14.4
その他	79,875	△35.2	4.2
■建築工事			
総数	5,483,065	0.2	100.0
農林漁業	2,917	△74.1	0.1
鉱業・建設業	90,818	△31.0	1.7
製造業	608,023	△36.3	11.1
電気・ガス・熱供給・水道業	33,254	△66.8	0.6
運輸業	312,001	38.5	5.7
通信業	94,621	5.0	1.7
卸売・小売業,飲食店	272,173	△0.7	5.0
金融・保険業	189,535	116.6	3.5
不動産業	2,207,216	17.7	40.3
サービス業	1,545,131	△0.6	28.2
その他	127,376	△23.9	2.3
■機械装置等工事			
総数	1,050,965	△1.3	100.0
農林漁業	9,814	△53.6	0.9
鉱業・建設業	33,802	△36.5	3.2
製造業	499,628	△11.6	47.5
電気・ガス・熱供給・水道業	200,892	4.4	19.1
運輸業	27,339	17.3	2.6
通信業	128,522	20.7	12.2
卸売・小売業,飲食店	17,253	36.8	1.6
金融・保険業	18,110	314.1	1.7
不動産業	1,435	12.2	0.1
サービス業	90,680	63.5	8.6
その他	23,490	△19.1	2.2

機械設備等工事は1,000万~5,000万円未満の工事規模が最も多く2,782億円で26.5%を占めている(図-4)。

(3) 受注工事の完成年度別内訳

図-5に受注工事の完成年度別内訳を示す。

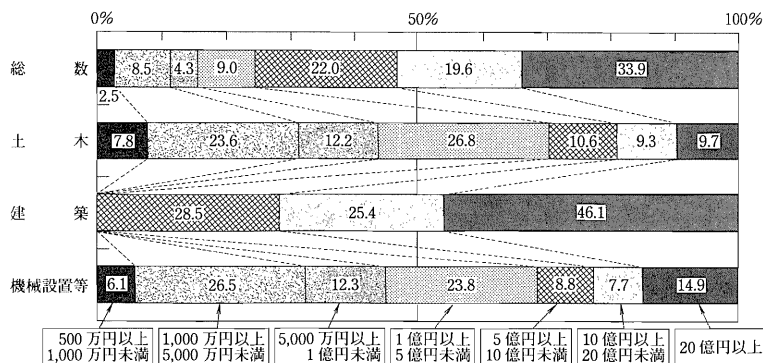


図-4 民間等からの受注工事の工事規模

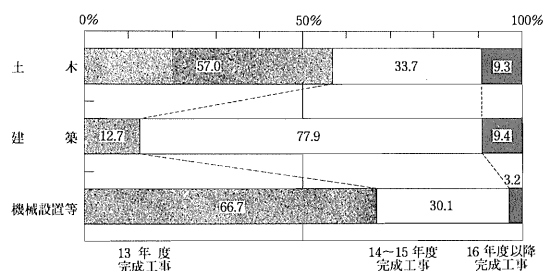


図-5 民間等からの受注工事の完成年度

(4) 受注工事の地域別概況

全都道府県のうち最も受注工事額の多いのは、東京都で全国の25.1%を占め、次いで神奈川県(全国の9.1%)、大阪府(同7.6%)となっている。

またブロック別にみると、関東は全国の48.8%を占め、次いで近畿(全国の13.9%)、中部(同、9.9%)となっ

ており、民間等からの受注工事は、この3圏で全国の70%以上を占めている。

5. おわりに

本調査資料は建設業界の大きな特色となっている重層構造、すなわち元請・下請別に区分整理している。

発注者側も政府、民間別は当然として政府にあっては国、公団・事業団、政府関連企業と地方機関にあっては、都道府県、市区町村、地方公営企業、その他と詳細に区分整理してある。

特に民間の発注者では製造業、運輸業、不動産業、サービス業等細分化して計上しており、企業統計として、経営方針策定等における参考資料として十分価値あるものと考えられる。

—2001年版— 日本建設機械要覧

本書は、国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事中機械等を選択して写真、図面等のほか、主要諸元、性能、特長等の技術的事項を網羅しております。なお、今回は「環境保全およびリサイクル機械」を第10章にまとめ内容の充実をはかっており、建設事業に携わる方々には欠かすことのできない実務必携書です。

掲載内容

- ブルドーザおよびスクレーパ
- 掘削機械
- 積込機械
- 運搬機械
- クレーン、インクラインおよびウインチ
- 基礎工事機械
- せん孔機械およびブレーカ
- トンネル掘削機および設備機械
- 骨材生産機械
- 環境保全およびリサイクル機械
- コンクリート機械
- モータグレーダ、路盤機械および締固め機械
- 舗装機械
- 維持修繕・災害対策機械および除雪機械
- 作業船
- 高所作業車・エレベータ、リフト
- アップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- 空気圧縮機、送風機およびポンプ
- 原動機および発電設備
- 建設ロボット、情報化機器、タイヤ、ワイヤロープおよび検査機器等

- 付 録
1. 建設機械関係日本工業規格
 2. (社)日本建設機械化協会規格(JCMAS)
 3. 土工機械関係ISO規格

体 裁：B5判、約1,400頁/写真、図面/表紙特製
 定 価：会 員 44,100円(本体42,000円) 送料 1,050円
 非会員 52,500円(本体50,000円) 送料 1,050円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館) Tel. 03(3433)1501 Fax. 03(3432)0289

統計

建設関連統計

建設投資（名目値）の推移

（単位：億円）

	平成 8年度	9年度	10年度	11年度	12年度見込み	13年度見込み	14年度見通し
総計	828,077	751,906	714,269	685,039	665,000	604,100	571,300
総計 { 政府間	345,775	329,642	339,930	319,379	304,400	275,500	251,100
総計 { 民間	482,302	422,263	374,339	365,660	360,600	328,600	320,200
総計 { 建築	457,742	398,866	349,115	346,535	336,200	300,200	288,500
総計 { 土木	370,335	353,040	365,154	338,504	328,800	303,900	282,800

（国土交通省：建設統計月報）

建設工事施工額（工事種類別・発注者別）（元請完成工事高）

（単位：億円）

	平成 6年度	7年度	8年度	9年度	10年度	11年度	12年度
総計	827,660	823,903	861,638	826,839	765,136	705,857	704,882
民間	518,550	508,301	536,949	517,716	472,965	421,926	426,097
公共	309,110	315,602	324,689	309,122	292,171	283,931	278,785
土木工事等	262,099	268,955	280,270	264,236	250,291	241,023	242,042
民間	76,263	76,889	76,881	70,876	65,272	60,023	58,260
公共	185,836	192,066	203,389	193,360	185,019	181,000	183,782
建築工事	498,811	480,556	503,638	485,062	439,172	400,196	390,572
民間	388,239	372,281	398,457	385,414	347,180	311,372	310,932
公共	110,572	108,275	105,181	99,648	91,991	88,824	79,640
機械装置等工事	66,750	74,392	77,730	77,541	75,674	64,637	72,268

（国土交通省：建設統計月報）

土木建設機械、トラクタ生産金額推移

（単位：億円）

	平成 10年	11年	12年	13年	平成 14年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
土木建設機械、トラクタ	9,989	9,426	10,182	8,769	767	854	965	803	779	814	876	780
装軌式ブルドーザ	899	695	642	645	60	63	61	56	51	55	48	44
装輪式トラクタ*		2,200	2,282	1,905	162	183	214	189	164	149	159	123
ショベルトラック	915	888	862	823	62	57	72	49	53	58	58	52
ショベル系掘削機（油圧式）	5,070	5,532	6,390	5,233	365	394	407	379	367	397	436	365
トンネル掘進機	429	298	225	232	2	17	44	20	19	20	32	29
トラッククレーン**	987	602	638	517	41	44	48	39	40	34	40	38
クローラクレーン	423	279	353	262	25	18	29	12	21	38	32	37
整地機械	447	420	399	312	19	26	24	20	18	21	22	22
アスファルト舗装機械	103	95	101	101	6	11	8	4	11	10	6	12
コンクリート機械	302	265	271	240	14	13	30	11	16	14	16	20
基礎工事用機械	124	110	135	97	4	12	13	10	6	6	11	22
高所作業車	262	218	140	106	9	15	15	15	14	13	17	15

* 装輪式トラクタには農業用を含む。

（経済産業省：機械統計月報）

** トラッククレーンにはトラッククレーン、ラフテレンクレーンを含む。

…行事一覧…

2002年11月1日～30日

広報部会

■機関誌編集委員会

月 日：11月12日(火)

出席者：橋元和男委員長ほか25名

議 題：①平成15年2月号(第636号)原稿内容の検討・割付 ②平成15年3月号(第637号)の計画

■建設経済調査委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：高井照治委員長ほか4名

議 題：12, 1月号原稿の検討

■新機種調査委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：渡部 務委員長ほか5名

議 題：①新機種情報について検討・選定作業 ②技術交流討議

■新工法調査委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：村本利行委員ほか10名

議 題：新工法調査審議

機械部会

■建機用生分解性作動油分科会

月 日：11月5日(火)

出席者：杉山玄六分科会長ほか15名

議 題：①グリーン購入法提案経緯説明 ②製造エネルギーコスト検討 ③適用範囲の制限及び全体スキーム検討 ④前回議事録確認 ⑤生分解性作動油のBHYの取組み状況及びヨーロッパの現状 ⑥ISO 15380の規格内容確認 ⑦ISO生分解性試験内容とエコマーク ⑧生分解性作動油使用時のトラブル事例 ⑨A2Fポンプ試験紹介

■機械部会運営連絡会

月 日：11月5日(火)

出席者：高松武彦部会長ほか4名

議 題：①燃料評価基準の今後の取扱い ②C規格原案作成委員会状況 ③機械の遠隔管理システムフォーマット標準化提案 ④技術連絡会議議題 ⑤情報化委員会 ⑥燃料動向勉強会

■基礎工用機械技術委員会幹事会

月 日：11月6日(水)

出席者：両角和嘉委員長ほか6名

議 題：①平成14年度下期活動内容の確認 ②現場見学会の企画

■圧入機標準化分科会

月 日：11月6日(水)

出席者：浦田 修分科会長ほか7名

議 題：①油圧式圧入引抜き機の構造及び杭打設方法調査 ②圧入機本体の名称検討

■オールケーシング掘削機標準化分科会

月 日：11月6日(水)

出席者：松尾龍之介分科会長ほか9名

議 題：オールケーシング掘削機用語の定義

■トラクタ技術委員会

月 日：11月8日(金)

出席者：笹本龍也委員長ほか7名

議 題：①ブル、ホイローダの作業燃費評価試験方法(案)について ②安全性C規格原案の具体的進め方について

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：11月12日(火)

出席者：森谷幸雄分科会長ほか5名

議 題：①クローラ形自走式建設リサイクル機械用語 ②機械の能力制限について

■建築生産機械技術委員会幹事会

月 日：11月12日(火)

出席者：柳田隆一委員長ほか5名

議 題：①全体会の日時決定 ②C規格対応 ③委員会の進め方について及び編成

■情報委員会ホームページ分科会合同委員会

月 日：11月12日(火)

出席者：田中雄次委員長ほか9名

議 題：①メンバー紹介 ②トンネル機械技術委員会HP内容説明 ③今後の方針

■路盤・舗装機械技術委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：福川光男委員長ほか30名

議 題：①安全対策分科会活動報告 ②我が国におけるフォームアスファルト施工の現状 ③アジア、アフリカ、ヨーロッパにおける現地再生工法(路盤、舗装)

■仮設工用エレベータ分科会

月 日：11月13日(水)

出席者：河西正吾分科会長ほか8名

議 題：①仮設エレベータ用語統一と目次内容の調整 ②第5章2～3仮設エレベータの据付計画及び基礎の執筆用語統一

■ダンプトラック技術委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：浦中恭司委員長ほか5名

議 題：①不整地運搬車用語見直し案説明、審議 ②C規格進め方審議

■コンクリート機械技術委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：大村高慶委員長ほか7名

議 題：①ミルウォーキ国際会議報告(TC195/WG4及びTC195/TC127JWG) ②来年度C規格原案作成委員会 ③コンクリートポンプ、吹付け機、ディストリビュータprEN12001の和訳案検討

■土工機械技術委員会

月 日：11月15日(金)

出席者：田中健三委員長ほか5名

議 題：①JIS案Aaaaa-1, Ver.6審議 ②JIS案Aaaaa-5, Ver.5参考審議

■定置式クレーン分科会

月 日：11月20日(水)

出席者：三浦 拓分科会長ほか13名

議 題：クライミングクレーン仕様書様式の見直しについて

■廃棄物処理分科会

月 日：11月20日(水)

出席者：森田芳樹分科会長ほか7名

議 題：「シールド及び山岳トンネルの建設副産物調査報告書」まとめ審議

■ショベル機械技術委員会

月 日：11月21日(木)

出席者：田中利昌委員長ほか10名

議 題：①油圧ショベル安全基準JIS案

審議(C規格) ②油圧ショベル燃費測定法審議 ③JCMAS油圧ショベル安全基準第2部長尺作業装置付審議

■トンネル機械技術委員会リサイクル分科会

月 日：11月28日(木)

出席者：田中正樹分科会長ほか2名

議 題：平成14年度活動報告書について

■トンネル機械技術委員会幹事会

月 日：11月28日(木)

出席者：平地正憲委員長ほか11名

議 題：①今後の予定 ②委員長交代の件 ③分科会中間報告

■空気機械・ポンプ技術委員会

月 日：11月29日(金)

出席者：村田栄作委員長ほか5名

議 題：①幹事会の内容報告 ②EN規格「コンプレッサ」のC規格化への可否検討

標準部会

■ISO/TC127土工機械委員会安全性及び居住性(SC2)分科会TOPS試験作業グループ

月 日：11月14日(木)

出席者：西ヶ谷忠明主査ほか9名

議 題：規格案文検討

■情報化施工標準化作業グループ

月 日：11月18日(月)

出席者：吉田 正リリーダほか5名

議 題：①フランクフルト会議の宿題項目検討 ②予備業務項目案文3件(システムアーキテクチャ、データ辞典、用語)

■国内標準委員会

月 日：11月22日(金)

出席者：大橋秀夫委員長ほか21名

議 題：①JIS原案審議：JIS A 8910 転倒時保護構造追保案検討 ②JCMAS案7件審議：F002 クライミングクレーン仕様書様式、F006 タワークレーン用語、F004 不整地運搬車-用語、F018 クローラ形自走式建設リサイクル機械-用語、F019 クローラ形自走式建設リサイクル機械-仕様書様式、F017 土工機械-危険探知システム及び視覚補助装置-性能要求及び試験方法、F018 6トンを超える油圧ショベル転倒時保護構造(ROPS)-試験方法及び性能要求事項

■国内標準委員会第2分科会

月 日：11月26日(火)

出席者：大橋秀夫委員長ほか7名

議 題：①JIS改正の趣旨 ②JIS A 8610:1993 コンクリート棒形振動機改正検討 ③JIS A 8611:1993 コンクリート型棒振動機改正検討

■「コンクリート機械関係国際規格共同開発調査」委員会

月 日：11月28日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか10名

議 題：①ISO/TC195 WG ミルウォーキ国際会議報告 ②ISO/TC195-TC127 JWG ミルウォーキ国際会議報告 ③国際規格化の経済効果について

業種別部会

■製造業部会小幹事会

月 日：11月13日(水)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか11名
 議題：①建機の省エネルギーに向けての基本方針 ②省エネルギー機械 ③グリーン調達 ④燃費測定標準 ⑤今後の方針

■建設業部会見学会

月日：11月7日(木)～8日(金)
 参加者：西上雅朗部会長ほか16名
 見学先：①広島空港大橋左岸側下部工現場 ②苫田ダム建設工事現場

■建設業部会小幹事会

月日：11月27日(水)
 出席者：西上雅朗部会長ほか14名
 議題：①国土交通省との意見交換会 ②協会幹部との意見交換会

■建設業部会施工技術活性化分科会

月日：11月27日(水)
 出席者：石橋則秀分科会長ほか9名
 議題：①若手機電技術者意見交換会について ②ホームページについて

■建設業部会建設機械事故防止分科会

月日：10月31日(木)
 出席者：山本武彦分科会長ほか11名
 議題：①思わぬ事故事例のデータベース化 ②事故事例分類方法について

… 支部行事一覧 …

北海道支部

■2級建設機械施工技術研修

月日：11月13日(水)～15日(金)
 場所：札幌市・北海道建設会館
 受講者：1種27名、2種81名

■除雪機械技術講習会

月日：11月22日(金)
 場所：札幌市・ナショナルビル
 受講者：小町谷信彦部会長ほか16名
 内容：①除雪機械技術 ②札幌市の除雪事業 ③貸与機械の取扱い ④除雪作業と交通安全 ⑤除雪トラックとブラウ系装置 ⑥ロータリ除雪車 ⑦除雪グレーダ ⑧除雪ローダ ⑨凍結防止剤散布機械 ⑩講習修了証交付

■除雪機械技術講習会

月日：11月29日(金)
 場所：札幌市・ナショナルビル
 受講者：230名
 内容：①除雪機械技術 ②除雪計画と除雪工法 ③冬期交通と交通安全 ④除雪トラックとブラウ系 ⑤ロータリ除雪車 ⑥除雪ローダと除雪グレーダ ⑦凍結防止剤散布作業のビデオ上映 ⑧講習修了証交付

東北支部

■除雪講習会

・秋田会場(第2回)
 月日：11月6日(水)
 会場：秋田テレサ
 受講者：270名
 ・秋田会場(第3回)
 月日：11月7日(木)
 場所：秋田県JAビル
 受講者：303名

■建設部会

月日：11月18日(月)
 出席者：三浦吉美部会長ほか7名
 議題：委員交代について

■EE 東北作業部会

月日：11月29日(金)
 出席者：斎恒夫事務局長ほか1名
 議題：「EE 東北 2003」の実施について

北陸支部

■除雪機械管理施工技術講習会

・新発田会場
 月日：11月8日(金)
 場所：新発田市カルチャーセンター
 講師：日本除雪機製作所田中 仁ほか
 受講者：93名
 ・長岡会場
 月日：11月12日(火)
 場所：ハイブ長岡
 講師：長岡警察署佐野交通課長ほか
 受講者：380名

・小出会場
 月日：11月13日(水)
 場所：湯ノ谷地域振興センター
 講師：コマツ新潟吉村 敏ほか
 受講者：298名
 ・上越会場
 月日：11月15日(金)
 場所：上越商工会議所
 講師：北越TCM 豊田 衛ほか
 受講者：196名

・新潟会場
 月日：11月22日(金)
 場所：新潟県建設会館
 講師：新潟鉄工所池野利夫ほか
 受講者：230名
 ・富山会場
 月日：11月27日(水)
 場所：テクノホール
 講師：北陸キャピラー三菱販売松田興四郎ほか
 受講者：198名
 ・金沢会場
 月日：11月28日(木)
 場所：労済会館
 講師：金沢工事事務所中橋機械課長ほか
 受講者：2種160名

■2級建設機械施工技術研修

月日：11月19日(火)～21日(木)
 場所：ウェルシティ新潟
 受講者：60名

中部支部

■企画部会

月日：11月5日(火)
 出席者：五嶋政美部会長ほか7名
 議題：建設技術フェアの協賛参加内容

■技術部会

月日：11月6日(水)
 出席者：杉本彰男部会長ほか4名
 議題：新技術情報のHP掲載内容

■広報部会

月日：11月6日(水)
 出席者：石丸俊明部会長ほか4名

議題：支部より編集会議・校正作業

■技術研修講師打合せ

月日：11月11日(月)
 出席者：梅田佳男事務局長ほか8名
 議題：2級建設機械施工技術研修実施要領

■部会長・副部会長会議

月日：11月18日(月)
 出席者：五嶋政美企画部会長ほか11名
 議題：平成14年度上半期事業報告及び同経理概況報告について

■施工部会

月日：11月20日
 出席者：田中晴之副部会長ほか6名
 議題：平成14年度道路除雪講習会実施について講習内容検討

■広報部会

月日：11月25日(月)
 出席者：石丸俊明部会長ほか7名
 議題：支部ニュース No.11 の内容検討

■運営委員会

月日：11月26日(火)
 出席者：土屋功一支部長ほか18名
 議題：平成14年度上半期事業報告及び同経理概況報告の審議

■2級建設機械施工技術研修

月日：11月30日(土)～12月2日(月)
 場所：名古屋昭和ホール
 受講者：158名

関西支部

■施工技術研修講師打合せ

月日：11月1日(金)
 出席者：堀内 憲総括試験監督者ほか7名
 議題：平成14年度施工技術研修実施要領

■橋梁技術委員会

月日：11月5日(火)
 出席者：岸川秩世委員長ほか11名
 議題：①今年度の検討項目「油圧ジャッキ」及び「安全施工マニュアル」の件 ②橋梁施工技術報告会総括 ③現場研修会

■リースレンタル業部会見学会・懇談会

月日：11月7日(木)
 場所：建設技術展 2002 近畿(ATCホール)
 参加者：木村統一部会長ほか11名
 見学先：①本部リース・レンタル業部会との意見交換会 ②「建設施工の安全」に関する意見交換会の報告

■建設技術展 2002 近畿

月日：11月7日(木)～8日(金)
 場所：ATCホール

■磨耗対策委員会

月日：11月12日(火)
 出席者：深川良一委員長ほか8名
 議題：①玉石混じり砂礫層掘削におけるシールド機の磨耗対策(戸田建設)堀 昭 ②磨耗に関する文献調査

■広報部会編集会議

月日：11月15日(金)
 出席者：三村邦有出版班長ほか5名
 議題：JCMA 関西(第82号)の編集

■広報部会

月 日：11月15日(金)

出席者：名竹利行部会長ほか7名

議題：平成14年度部会活動の取組状況
確認及び問題点討議

■シールド技術分科会幹事会

月 日：11月15日(金)

出席者：河田 巖分科会長ほか3名

議題：施工実態調査アンケートと取組み

■2級建設機械施工技術研修

月 日：11月18日(月)～20日(水)

場 所：大阪キャッスルホテル

受講者：1種14名、2種66名

■企画部会

月 日：11月22日(金)

出席者：渡辺 昭部会長ほか8名

議題：①平成14年度上半期事業報告及
び同経理概況報告 ②同年度事業執行計画

■2級建設機械施工技術研修

月 日：11月25日(月)～27日(水)

場 所：大阪キャッスルホテル

受講者：2種83名

■水門技術委員会

月 日：11月26日(火)

出席者：羽田靖人委員長ほか26名

議題：①新技術の紹介 ②各WG活動
報告 ③意見交換会

■建設災害公害分科会

月 日：11月27日(水)

出席者：金田一行分科会長ほか9名

議題：①平成14年度の活動計画(変更)
②具体的な取組み

■広報部会編集会議

月 日：11月28日(木)

出席者：三村邦有出版班長ほか2名

議題：JCMA 関西(第82号)の編集

■運営委員会

月 日：11月29日(金)

出席者：高野浩二支部長ほか33名

議題：平成14年度上半期事業報告及び
同経理概況報告

中国支部

■「しまね建設技術展2002」

月 日：11月1日(金)～2日(土)

場 所：出雲ドーム(出雲市)

参加者：4,500人

内 容：当協会より、熊谷組、ガイアートク
マガイ、黒本鉄工所、中国電力の4社出展

■講演会「ITを活用した建設施工の情報化」

月 日：11月7日(木)

場 所：広島JAビル

参加者：69名

演 題：①無人化施工の現状と将来(先端
建設技術センタ) 藤野健一 ②油圧ショベル
のメカトロ制御技術(コベルコ建機) 林
憲彦 ③小口径推進における遠隔施工支
援システム(コマツ) 藤井松幸 ④建設機
械情報化への取組(新キャタピラー三菱)

藤井敏 ⑤ITを活用した機械管理(e-
service)(日立建機) 荒見学

■中国地方建設技術開発交流会(岡山会場)

月 日：11月8日(金)

場 所：岡山県市町村振興センタ

参加者：260名

内 容：基調講演ほか13課題

■運営委員会

月 日：11月13日(水)

出席者：佐々木康支部長ほか41名

議題：①平成14年度上半期事業報告及
び同経理概況報告 ②同下半期主要行事計
画 ③本部理事会の概要報告

■技術活用専門委員会(国土交通省委員会)

月 日：11月25日(月)

場 所：広島合同庁舎

出席者：佐々木輝夫委員長ほか5名

内 容：底泥置換覆砂工法の活用・低騒音、
低振動型の地盤締め固め工法・石炭灰を利用
したトンネル一次覆工における吹付けコン
クリート

■2級建設機械施工技術研修

月 日：11月25日(月)～27日(水)

場 所：広島JAビル

受験者：2種64名

四国支部

■「グリーン購入法」に関する講習会

月 日：11月1日(金)

場 所：サン・イレブン高松

受講者：101名

内 容：①「グリーン購入法」について
(四国地方整備局技術管理課) 松尾義文
②「建設副産物のリサイクルの現状と将来」
(大阪市大大学院) 山田 優

■運営委員会

月 日：11月12日(火)

出席者：室 達朗支部長ほか36名

議題：①人事異動に伴う役員変更の件
②平成14年度上半期事業及び同経理概況
報告 ③同下期事業計画(案)

■「くらしと技術の建設フェア」に出展

月 日：11月22日(金)～23日(土)

場 所：高松市、サンメッセ香川

参加者：四国電力ほか7社

内 容：四国地方整備局主催「くらしと技
術の建設フェア」に協賛、支部団体会員が
新技術・新工法等のパネル・模型等を出展

■現場見学会

月 日：11月25日(月)

参加者：26名

見学先：①サンポート高松「シンボルタワー」
建設現場 ②高松自動車道「高松市内区間」
建設現場

■2級建設機械施工技術研修

月 日：11月27日(水)～29日(金)

場 所：高松市、ウェルシティ高松

受講者：2種108名

九州支部

■コンサルタント委員会

月 日：11月7日(木)

出席者：吉竹正致委員長ほか6名

議題：ゲート及びポンプ設備設置時のチェッ
クリスト標準化についての検討

■第8回企画委員会

月 日：10月7日(月)

出席者：相川 亮委員長ほか15名

議題：(1)支部行事の推進について ①
環境リサイクルセミナーと実演開催 ②第
19回施工技術報告会開催 ③土のリサイ
クルセミナー in 宮崎開催 ④平成14年度
秋期運営委員会開催 ⑤工事見学研修会実
施 ⑥建設機械に関わる労働災害防止のア
ンケート調査(安全委員会) (2)その他
①2級建設機械施工技術研修実施 ②雲仙・
普賢岳、無人化施工・ソイルセメント現地
講習会開催

■2級建設機械施工技術研修

月 日：11月12日(火)～14日(木)

会 場：博多駅東、福岡建設会館

受講者：第1種10名、第2種123名

■環境リサイクルセミナー & 実演

月 日：11月21日(木)～22日(金)

会 場：鳥栖市・ホテルビアントス及び筑
紫野市・九州建設機械販売広場

内 容：21日(土質系)特別講演「建設
行政の動向と九州地区建設汚泥リサイクル
の現況」(国土交通省九州地方整備局) 中
島謙次郎; セミナー ①建設汚泥リサイク
ルの事例(コズエテクノ) 家入英俊 ②固
化材について(日本粒状改良協会) 早坂佑
③MR126自走式土質改良機(新キャタピ
ラー三菱) 岡田礎 ④実演: 汚泥処理機、
土質改良機、振動ふるい機/22日(木質系)
セミナー ①伐採材のリサイクル事例(鈴
建) 梅村正裕 ②コンポスト化について
(緑産) 藤井満 ③バイオマス燃料利用発
電について(三菱重工業) 吉良雅次 ④実
演: 木質系一次破砕機、2軸シュレッド
参加者：126名

■第19回施工技術報告会

月 日：11月26日(火)

会 場：博多駅前・パークホテル

内 容：①IT技術を活用した排水機場に
おける総合管理の効果について(国土交通
省筑後川工事事務所) 山下繁昭 ②博多川
上昇式セクターゲート(ミゾタ) 鶴丸隆二
郎 ③雲仙・普賢岳の無人化施工による
RCCダムの施工(西松建設九州支店) 池
ノ内烈 ④遠隔操縦による施工の効率化につ
いて(ロボQの用途拡大)(国土交通省九
州技術事務所) 松川浩 ⑤自走式土質改良
機による汚染土壌対策(日本建設) 橋本久
儀

参加者：70名

編 集 後 記

みなさま、新年おめでとうございます。
ます。

みなさま当然お気づきのこととは思いますが、今月号より「建設の機械化」をA4判化にしました。併せて文字を大きくするなど、読者の方々により読みやすい誌面を提供できるように工夫したつもりですが、いかがでしたでしょうか。

目次を従来の2頁から1頁にまとめ、報文を従来の偶数頁に対して一部奇数頁にするなど、いくつか試行的に実施しています。読者の方々のご意見により、よりよい誌面にできるように努力していきますので、こうした方がもっと読みやすい等の御意見を積極的に編集委員会にお寄せいただければと思いますので、今後ともよろしくお祈りします。

この特集号であり、新年号である巻頭言は、恒例によりまして本協会会長の玉光弘明氏より、これにふさわしいものを載せました。

さて、今月号は新しい年の最初の号ということで、「建設のフロンティ

ア」と題して特集号とさせていただきますました。

報文では、建設工事の最前線として、宇宙、大深度地下、超高地、超高層、災害箇所から大規模土工まで様々な場所を取り上げ、夢のある話から現実的な話まで多様な報文を紹介することで、我々の携わっている建設事業の未来の可能性を読者のみなさまにお伝えすることができればと考えた次第です。まだ正月気分の抜けきらないうちに未来の宇宙ステーションの建設に思いを馳せてみてはいかがでしょうか。

最後になりましたが、本特集号をとりまとめるに当たり、ご多忙中にもかかわらず快くご執筆、ご寄稿いただいた皆様に対し、改ためて心より御礼申し上げますと共に、今後共にご指導、ご鞭撻のほどよろしくお祈り申し上げます。

新年にあたりまして、読者および会員の方々のご健勝とますますのご活躍、ご発展を心よりお祈り申し上げます。
(久保・緒方・斎藤)

2月号予告

- ・巻頭言 鉄道建設のコスト比率
- ・線路直下での円形大断面トンネルの施工—HEP & JES 工法による「りんかい線第2トンネル工事」
- ・高水圧下における斜坑泥水推進システムの開発—今井川地下調整池建設工事その10—
- ・角型鋼管推進工法の設計・施工—つくばエクスプレス六町駅工事—
- ・深層混合処理機の建入れ精度制御システム—バット工法—
- ・Non-SC 型泥土圧シールド機の開発
- ・拡大・縮小シールド工法の開発—ES Tube 工法—
- ・トンネル覆工コンクリート打音診断機の開発—トンネルドクター「ソニックマイスター」の開発—
- ・細流化装置付き凍結防止剤散布車の開発

機 関 誌 編 集 委 員 会

編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
新開 節治	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
中野 俊次	本田 宜史
両角 常美	渡邊 和夫

編集委員長

橋元 和男

編集委員

久保 和幸	国土交通省
小幡 宏	国土交通省
池田 哲郎	国土交通省
窪 豊則	農林水産省
江藤 祐昭	原子力安全保安院
本多 明	日本鉄道建設公団
軍記 伸一	日本道路公団
門田 誠治	首都高速道路公団
坂本 光重	本州四国連絡橋公団
山崎 劭	水資源開発公団
高村 和典	日本下水道事業団
吉村 豊	電源開発
渡辺 博明	大林組
土井 重孝	鹿島
橋本 弘章	川崎重工業
岩本雄二郎	熊谷組
矢仲徹太郎	コベルコ建機
金津 守	コマツ
奥山 信博	清水建設
山口喜久一郎	新キャタピラー三菱
増子 文典	大成建設
星野 春夫	竹中工務店
加藤 謙	東亜建設工業
境 寿彦	日本国土開発
斉藤 徹	日本鋪道
館岡 潤仁	ハザマ
緒方浩二郎	日立建機

No.635 「建設の機械化」

2003年1月号

(定価) 1部 840円 (本体 800円)
年間購読料 9,000円

平成15年1月20日印刷

平成15年1月25日発行 (毎月1回25日発行)

編集兼発行人 玉光弘明

印刷所 株式会社技報堂

発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501 ; Fax. (03) 3432-0289 ; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支部	〒951-8131 新潟市白山浦 1-614-5	電話 (025) 232-0160
中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄 4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 1-3-27	電話 (06) 6941-8845
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支部	〒810-0041 福岡市中央区大名 1-12-56	電話 (092) 741-9380