

◆ 第53回建設省技術研究会報告特集 ◆

情報化施工による施工の合理化に関する研究

建設省建設経済局建設機械課

建設省土木研究所材料施工部機械研究室

建設省東北地方建設局道路部機械課、関東地方建設局道路部機械課

北陸地方建設局道路部機械課、中部地方建設局道路部機械課

近畿地方建設局道路部機械課、中国地方建設局道路部機械課

四国地方建設局道路部機械課、九州地方建設局道路部機械課

1. はじめに

近年の電子技術の発展とインターネットなどの情報基盤を背景とし、建設事業の効率化を目指した建設CALSの実現が間近になっている。施工においても、電子化された設計情報の活用と現場の情報を統合的に管理し、施工の自動化につなげようとする試みが始まっている。このような情報化施工の導入にあたっては、施工現場の合理化はもちろん、設計情報を提供とともに、発注者としての施工管理や、施工結果情報を施設の管理に活用する観点からも検討する必要がある。

本研究では、建設工事の施工の合理化・生産性の向上を目的として、これまでに直轄工事等で導入された情報化施工の事例を調査し、情報化施工の展開およびその効果、課題を整理し、今後の普及に資するものである。

2. 情報化施工とは

情報化施工とは、丁張などの施工支援、施工結果の計測・管理といった施工の各段階において情報化機器を活用した施工管理によって行われるもので、調査設計段

階で得られた情報を基に、施工計画から完成図書に施工情報を反映するまでの一連作業での情報活用と管理を、コンピュータを駆使して行う施工である。性能向上が著しい電子機器、自動制御装置(運転支援装置を含む。)などを利用してフィールドデータをリアルタイムに計測・蓄積し、施工管理に活用したり、あるいは施工計画データやフィールドデータを建設機械に入力することにより自動的に施工を行うなどの試みが始まりつつある。図-1に情報化施工のイメージを示す。

今後は、調査設計や完成図書を通じての施設管理への活用といった施工前後の段階と融合し、

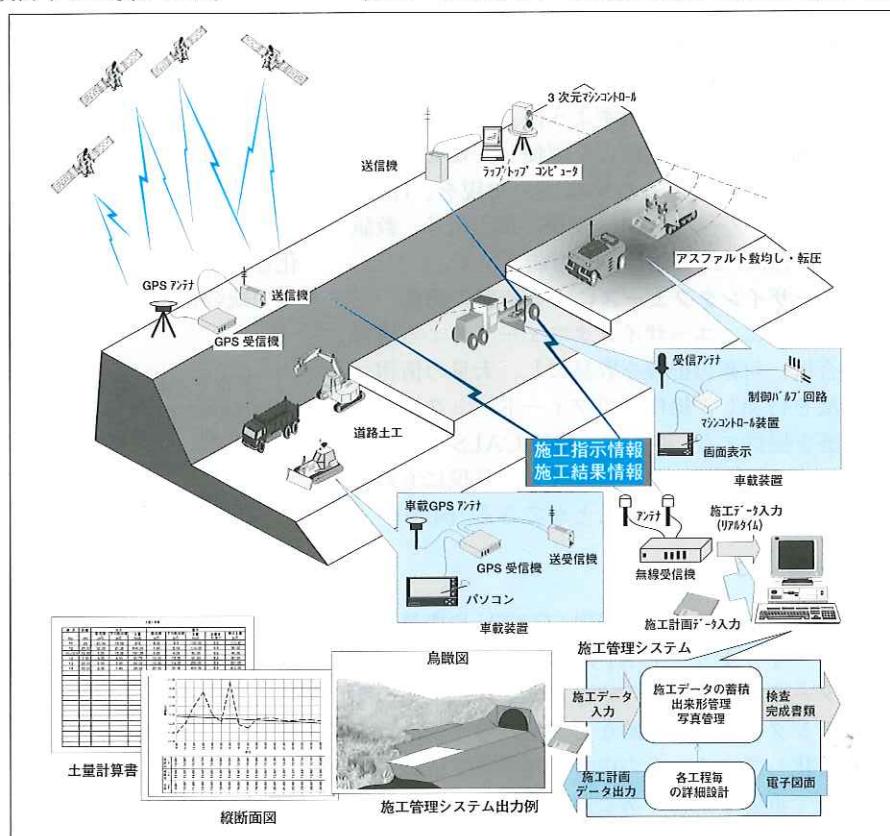


図-1 情報化施工のイメージ

A Study on Rationalization of Execution-process by Using Information Technology.

連携を図ることにより、建設 CALS の中で整備された共通の基盤を活用する本格的な情報化施工に向けた展開が期待される。

3. 情報化施工の実態調査

3.1 調査方法

情報化施工の実態を把握するため、全国の建設省の工事事務所、建設省関連公団、主要な建設会社を対象としてアンケートによる実態調査を実施し、導入事例の内容、効果、問題点、改善点について、設計・測量、施工、施工管理に分類し整理した。

3.2 調査結果

アンケート調査の結果、直轄の事例 114 件、直轄以外の事例 104 件が得られた。その内容は以下のとおりである。

3.2.1 情報化 (CALS) の実態と今後の課題

(1) 情報化導入の実態

情報化施工の基盤となる CALS への取組みを工事分野別に見ると、図-2 に示すように、直轄工事で道路事業が 62%、河川事業が 37% を占め、直轄以外では道路事業が 48%、河川事業が 39% となっている。

工事段階別に見ると、図-3 のように、直轄工事で道路・河川ともその他が多い。これは、電子メー

ル等の一部における情報化の事例が多いことによるものである。直轄以外の工事では、施工および施工管理が多い。

(2) 情報化の評価

施工現場における情報化の内容は、地形図や距離標杭の測量に GPS 等を使用して測定結果を電子化したものや、測量データをデータベース化し、CAD データとして設計に活用したという技術内容が大半であった。

情報化の効果としては、ミスの低減と設計図修正の効率化が上げられていた。具体的には、設計図面作成時の測量結果入力における人為的なミスがなくなり、図面の修正・変更が容易に行え、作図時間の短縮により経費が節減できたといった事例があった。

問題点としては、使用機器によってプログラムソフトが異なり、データの共有化が困難、機器の故障や誤操作によりデータが消失してしまう危険性、新技術に対する操作・利用方法の習熟時間の確保などが多く指摘された。

今後の改善点としては、測量、設計、施工の間で共有しようとするデータのフォーマットの統一、技術講習会等の充実による、技術者的情報化施工に関する知識の向上・維持を図る体制の整備、機器操作の簡便化の推進と測量機器の低価格化などが挙げられた。

(3) 今後の課題

直轄工事では測量の電子化の事例は多いが、設計・測量と施工で発注部署が異なるため、測量の電子データが工事発注図面や施工管理の基準データに十分には活用されていない。このような状況を改善するためには、建設 CALS における情報の標準化を推進し、設計・測量業務の発注仕様書の中で、標準フォーマットによる成果品の電子納品を義務づけることが必要である。これにより、測量、設計、施工、施工管理の間でデータが共有でき、生産性および施工精度の向上が図られる。また、長期的には日常の管理で得られた情報を常に電子情報化して保存し、管理のノウハウを蓄積していくシステムを構築することも可能になってくると思われる。

3.2.2 情報化施工の事例と今後の課題

(1) 情報化施工の事例

技術内容としては、施工機械の自己の

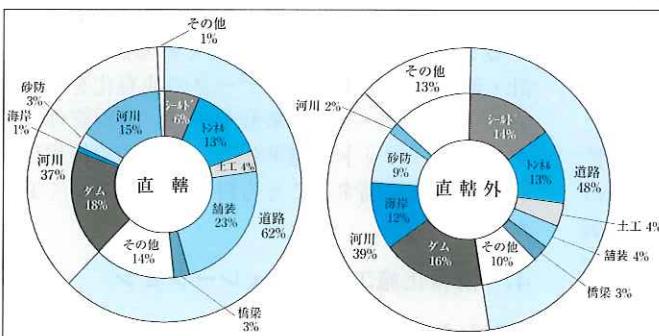


図-2 情報化事例の工事分野別比率

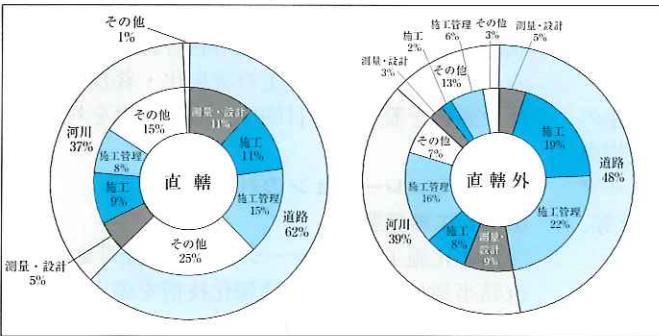


図-3 情報化事例の工事段階別比率

位置・姿勢を認識し、機械本体あるいは作業装置の動きをコンピュータ制御するシステムが多い。

情報化施工で使用されているセンサー機器としては、機械の位置・姿勢を検出するための GPS、ジャイロコンパス、レーザを使用してターゲットまでの距離と方向から座標を自動計測するトータルステーション、レーザを回転させて基準となる平面を作るレーザーレベル等の他、それらからのデータとともに自動制御や施工管理を行うコンピュータで、これらがネットワークシステムを構築している。

情報化施工の導入目的としては、作業方法の改善と作業環境の改善(安全化)を挙げたものが多い。その効果としては、省力化、品質向上等が表れたとする報告が多い。

情報化施工導入の問題点としては、前出の情報化(CALS)に関するものと同様に、機器が高価、機器の使用に習熟が必要、機器の維持管理に要員、手間、費用がかかる等が挙げられた。

(2) 今後の課題

情報化施工においては、施工と同時に施工管理や品質管理の方法が電子化されるため、基準で定められた文書を基本とする方法と異なることが、情報化施工導入の障害のひとつになっている。そこで、建設CALSの推進に伴って、これらの基準類に情報化施工に適合した電子情報による管理を追加するなど、情報化施工を導入しやすい環境を作ることが必要である。

また、情報化施工を一層効果的にものにするために、施工機械の環境認識(走行地盤の形状、性状を認識する)技術の向上を図ることと、機械の速度および姿勢変化に応答し、補正できる作業装置の制御ソフトを開発することや情報の標準化が今後の目標になるものと考えられる。

3.2.3 施工管理の情報化事例と今後の課題

(1) 情報化実施事例

技術内容としては、施工と同時に施工管理としての計測やリアルタイムで書類等の作成を行うシステムが大半を占めている。

使用されているセンサー機器としては、近年のハイテク技術の進歩、機器の低コスト化、使用条件の拡大(耐久性等の向上)により、GPS、トータルステーション、パソコン、デジタルカメラ等、各種の機器がある。

主として省力化を目指したものが多いが、その導入効果として、安全性の向上、品質の向上、工程短縮等にも寄与していることが挙げられている。

導入に際しての問題点としては、機器費用が高価、施工現場や施工機械、規格に即したソフトウェアの開発に時間が必要、データファイルの互換性が不充分などが挙げられている。また、施工管理基準や品質管理基準に合致しないとの指摘はないものの、指定された帳票等に出力しなければならず、設計図書で規定するフォーマットに適合させるのが困難であるなど、基準運用上の問題点も指摘されている。

(2) 今後の課題

新たな情報化施工システムを開発しても、施工管理の手法が現行の規定や検査・管理基準類と異なるために、情報化施工導入の障害になる恐れがある。これを回避するためには、検査・管理の規定・基準類に情報化施工に適合したものを作り加する必要がある。

情報化機器の導入により、施工および施工管理の省力化が図られ、安全性の向上、品質の向上、工程短縮に貢献している。その一方で、機器費用、ソフトウェアの開発期間、データファイルの互換性等の課題があり、現場導入の障害となっている。

施工管理の情報化を効率的かつ効果的に実施するためには、「施工機械」の情報化と一体で行うことが理想であり、そのためには、施工管理データ(測量、計測、出来形、品質)を収集する要素技術の開発とそのデータを施工機械にフィードバックするシステムの開発が不可欠である。また、「設計・測量」、「施工」とのデータの共有化を図るために、設計データ、出来形データ、品質管理データのフォーマットを標準化し、総合的な情報伝達システムを整備することも併せて進めていく必要がある。

4. 情報化施工のシミュレーション

4.1 シミュレーションの目的

シミュレーションは、工事の各工程(測量、施工、施工管理)に情報化技術を導入した場合の現状施工と比べた情報化施工の利害得失を明確にするとともに、情報化施工の実用化・普及促進に向けた課題を整理する目的で、直轄工事を対象に実施した。

4.2 シミュレーションの対象工事

4.2.1 工事概要

情報化施工シミュレーションの調査対象工事は、直轄事業に適用可能な情報化技術を導入できる工種(道路事業では、土工～舗装、河川事業では、築堤工)が含まれる工事を対象とした。

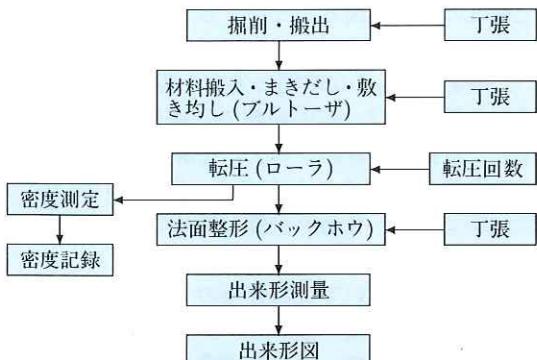


図-4 現状工程フロー (施工: 土工)

4.2.2 現状調査

情報化施工のシミュレーションに向けて、現状の施工フローや受発注者間の情報交換の実態を把握とともに、各工種の作業時間と人工数等のデータを収集することを目的として現状調査を実施した。

4.3 工事工程分析及び作業フロー分析

情報化施工時の作業フローを想定するために、今回調査対象とした工事の工程及び作業フローを現地でのヒアリングを踏まえて整理した。例として、施工(土工)の現状工程フローを図-4に示す。

4.4 対象工事における情報化施工システムの想定

情報化施工のシミュレーション対象工事で、採用が可能な情報化施工システムを工程の各段階で示すと以下のようなになる。

(1) 施工計画、起工測量

工事受注者は、CALS/ECで電子データ化された仕様書、図面に基づき施工計画書を作成する。作成された施工計画書は、電子メールにて発注者に提出・承諾を得る。施工に必要な座標データは、原地形の GIS データと設計 CAD データを合わせて作成される施工計画の CAD データから作成する。

(2) 施工

施工に使用する情報化システムは、施工機械に施工位置データ(3次元位置情報: X、Y、Z)を指示でき、また、施工機械の軌跡(施工データ)を確認することにより施工結果を確認できるシステムを施工機械に搭載する。施工機械の位置管理のシステムとしては、GPSを利用した方式とトータルステーションを利用した方式が考えられる。シミュレーションでは、必要な精度を得るとともに、建設機械と位置情報以外に作業情報や品質管理情報を頻繁にやり取りするため、レーザで高精

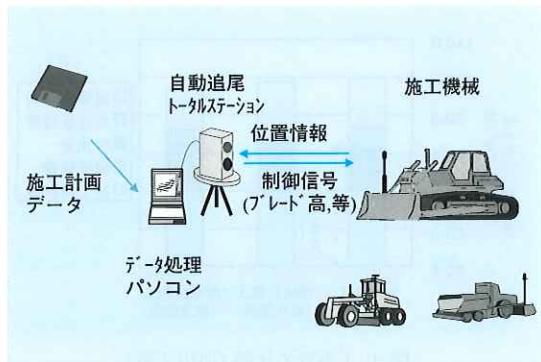


図-5 3次元制御システム

度の位置計測と通信を合わせて行える自動追尾トータルステーションを利用した、図-5に示すような3次元制御システムを採用する。

(3) 施工管理

施工管理は、出来形や品質を確保するために、施工中、施工直後および竣工検査前までに施工者が段階的に行っている。情報化施工システムの適用によって、オペレーターは、施工の目標が表示されるモニターと自動制御の支援を得て機械を運転する。施工後は施工データの確認作業となる。施工結果のデータ(形状や品質の自動計測結果)は施工管理システムに転送され、完成検査でも、これら施工データによる図表確認が主体となる。

(4) 検査

現状施工の検査は、発注者立会いで施工の途中段階で行われる段階検査と竣工時に行われる完成検査に分けられる。本研究の情報化施工では、施工業者の施工データが連続かつリアルタイムに得られ、データベースに蓄積される。これを電子メールで送ることで、発注者側も施工データをほぼ同時に共有できることから段階検査を省略し、竣工時に行われる完成検査のみで充分可能である。

4.5 シミュレーション結果

シミュレーションの結果、各施工段階での効果は以下のようになった。

4.5.1 測量

品質の向上：従前の図面を使用しないため、図面作成時の座標データの記入ミスや野帳に転記する際のミスがなくなる。

コストの縮減：全体工事費の中で測量作業の占める割合は少ないが、起工測量に要する工数が低減し、また丁張測量が省略できる。これにより図-6および図-7に示すように、共通仮設費が低減するとともに工期も短縮できる。

工程の短縮、省力化・省人化：紙の図面と現地

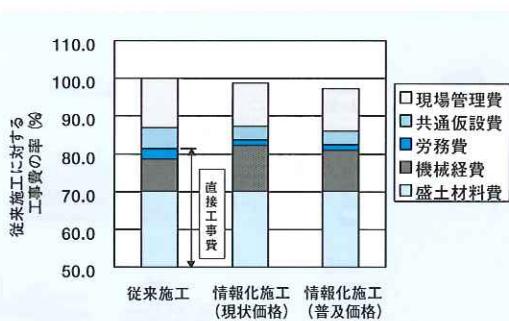


図-6 工事費の比較(河川工事)



図-7 書類作成時間の比較(河川工事)

との相違を検証するスピードが速くなる。すなわち、現状施工では、工事を中断して測量した上で、紙の図面上に記載された形状と比較する必要があり、手間と時間を要していた。これが、電子化されたデータでは差違の発見がコンピュータ上で半自動的に実施することが可能で、その結果が施工中の運転席のディスプレイや自動制御装置に伝達されるため、時間の短縮と施工精度の向上が可能になる。

安全性の向上：機械の位置(現況形状)と計画形状の差がディスプレイに表示されたり、自動制御装置に伝達されるため、丁張設置作業を省略できる。これにより、施工中に工事区域内に測量員が立ち入る必要がなくなるため、人と施工機械との接触事故などがなくなる。

4.5.2 施工・施工管理

(1) 施工管理および品質管理

現状では丁張等を目安にして施工するためにオペレータの技量による差が大きい。これに対し、ブレードの高さや角度を自動制御するシステムを取り入れて敷均し厚さ管理を行えるようにしたブルドーザや、基準面に沿った整形が可能な自動制御掘削機能付きバックホウなどを使用することにより、オペレータの技量に大きく左右されず、施

工精度の向上を図ることができる。また、現行の砂置換法による締固め度管理は、工事の中止を伴い、測定そのものに時間と労力を要する。しかし、情報化施工では、転圧回数の管理やRIなどを利用した自動品質計測システムを導入することで施工の合理化を図ることができ、図-6および図-7に示すように、共通仮設費が低減できる。

(2) 現場管理費の縮減

現状施工において現場管理の大半を占める書類作成時間を、書類の電子化により図-7に示すように削減することで、現場管理費を削減することができ、コスト縮減を図ることができる。現場管理費の縮減率は図-6に示すように河川工事で10%程度となり、道路工事では15%程度見込まれる。

(3) 直接工事費の縮減

今回のシミュレーションでは、情報化施工と現状施工とで直接工事費の差はあまりみられなかつた。この理由としては、購入土による路体工や道路舗装工では材料費の占める割合が80%以上と高く、機械経費・労務費の単価差が生じても全体工事費に与える影響が少ないと想定され、情報化施工に用いる電子機器の価格が高く、多少の労務費の低下では機械経費の上昇により施工費(労務費+機械経費)を押し上げてしまうこと、があげられる。

5. 情報化施工を普及させるための施策

5.1 普及の阻害要因

情報化施工を促進する上で、その構成要素である情報化技術の普及状況を把握することは重要である。しかし、情報化施工機能を付加した建設機械はほとんど普及していないのが現状である。この主な理由は次のように考えられる。

- ① 建設工事は作業工種が多く、また作業が複雑で広範囲である。このため、ポジショニングシステムや自動制御装置を搭載して情報化施工に対応できる建設機械を一部の作業のみに導入しても、工事全体の施工コスト低減に反映できない。
- ② 新たな情報化施工システムを開発しても、施工管理の手法が現行の規定や検査・管理基準類に適合しないことがある。
- ③ 建設工事の施工条件が個々に異なるために、情報化施工に対応できる建設機械の多くは特殊仕様となっており、汎用性に欠ける。
- ④ 類似機種を各社各様に開発し、共通性がなく効率が悪い。
- ⑤ 情報化機器が高価で、ソフトウェアの開発期間

表-1 情報化施工に適合した基準類の改善提案

区分	改訂・改善項目	現状	改訂・改善の方向性
検査	提出書類のフォーマット	発注者ごとに提出書類のフォーマットが異なる。	各情報のデータベース化のためには、提出書類の標準化、共通化が望ましい。
	立会検査	各種立会検査が多い。	情報化施工では、現状よりも多くの管理データを収集できるので、管理データ検査を主体とする。
施工管理	出来形及び品質管理基準	汎用機械での施工及び人力中心による品質管理基準である。	情報化施工による施工精度や品質のリアルタイム測定を考慮した改訂。
	締固め度の管理方式	品質管理規定方式が主体である。	工法規定方式との併用。
	写真撮影での出来形管理	出来形寸法確認のため、丁張りを基準とした出来形管理写真撮影が多い。丁張り不要の施工システムでは現行の検査基準に合わない。	写真管理項目と管理データでの確認項目の整備。

がかかり、データの互換性が乏しい。

- ⑥ 振動や埃などが発生する悪環境に耐えるセンサや電子機器の開発がまだ不十分で、整備に高度の技術を要する。

5.2 普及方策

上記の阻害要因に対し情報化施工を普及させるために必要と考えられる方策をまとめると次のようにある。

- ① 情報化施工では、電子情報によるデータの伝達となるので、発注者・施工業者とも機器整備などの体制作りが必要である。
- ② 設計図書と完成図書の電子化を進め、設計データ、品質管理データ、出来形データや数量調書、検査書類などのフォーマットの標準化とともに、施工現場情報交換の標準化を推進する。
- ③ 検査・管理の規定・基準類を情報化施工に適合したものに改訂し、整備する。表-1にその改善提案を示す。
- ④ 施工情報交換の標準化によって、多用なシステムに対応する情報化機器開発を促進し、レンタル使用等による稼働率の向上、普及を図る。
- ⑤ 情報化施工に対応した建設機械の操作と情報化施工の知識を有する人材を育成する。
- ⑥ コスト縮減、安全性の向上、環境保全等に効果のある情報化施工を導入し、パイロット工事を積極的に発注して効果の実証を行う。
- ⑦ 発注仕様と異なる新技術や機械を積極的に導入できる環境を整備する。
- ⑧ 情報化施工に対応した歩掛りを設定する。
- ⑨ 技術評価制度等で評価されたものや情報化施工機械の投資費用について、税制面で優遇する。

6. まとめ

本研究では、情報化施工の現状実態調査、現状

技術調査およびシミュレーションにより情報化施工を適用した場合における効果等を把握する研究を行った。

情報化施工による効果としてのコスト縮減は現時点では少ないものの、工期の短縮、省人化や、品質の向上、安全性向上の効果は現時点でも見込まれる。また、現時点では、情報化機器のコスト低減や施工管理基準の変更など改善すべき課題は多いが、一方では建設CALS/ECの推進や、国土地理院による電子基準点の設置および運用開始、GIS技術の普及など情報化技術は確実に進展している。社会資本に対する高い要求とコスト縮減が望まれている今こそ、次世代の施工方法としての情報化施工を推進することが求められており、技術開発を推進することが必要である。

参考文献

- 1) 建設省：情報化施工による施工の合理化に関する研究、第52～53回建設省技術研究会報告、1998～1999
- 2) 建設省総合技術開発プロジェクト「建設事業における施工新技術の開発」平成8年3月建設省
- 3) 舗装における合理化施工技術の開発に関する研究、平成8年度共同研究報告書、平成9年3月、建設省土木研究所、(財)先端建設技術センター等
- 4) 施工-維持管理段階の情報活用方策研究報告書(施工維持WG)(案)平成11年3月
- 5) 平成6年度舗装の自動化技術の開発検討業務報告書、平成7年3月、建設省東北地方建設局東北技術事務所、財団法人先端建設技術センター
- 6) 統合情報活用による建設事業の高度化技術に関する共同研究報告書、平成11年3月、建設省土木研究所他

<文責>

建設省土木研究所材料施工部機械研究室長 村松敏光
同 機械研究室主任研究員 持丸修一
同 機械研究室 水上紀明
関東地方建設局利根川下流工事事務所 小林誠
(前：機械研究室研究員)