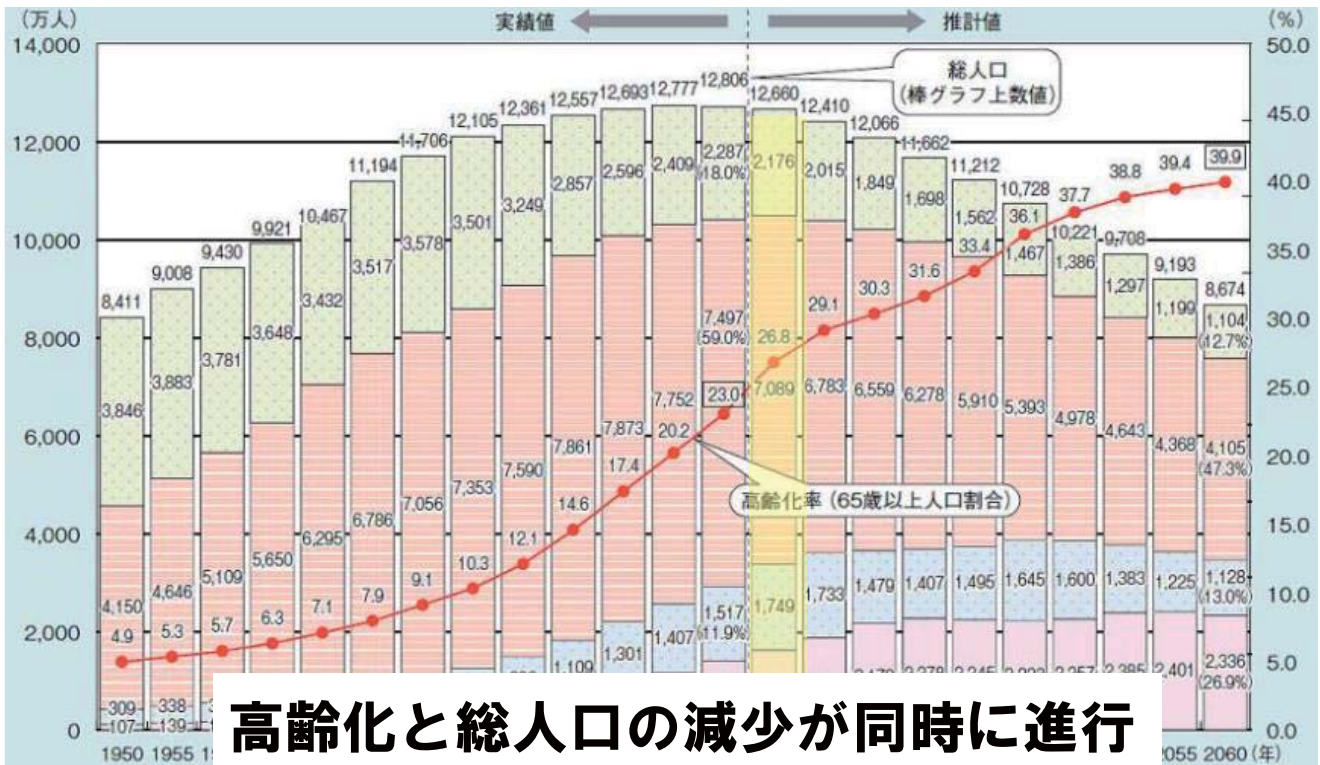


# i-Construction と 技術開発



立命館大学 理工学部  
建山 和由

## 日本における高齢化社会の実情と将来推計

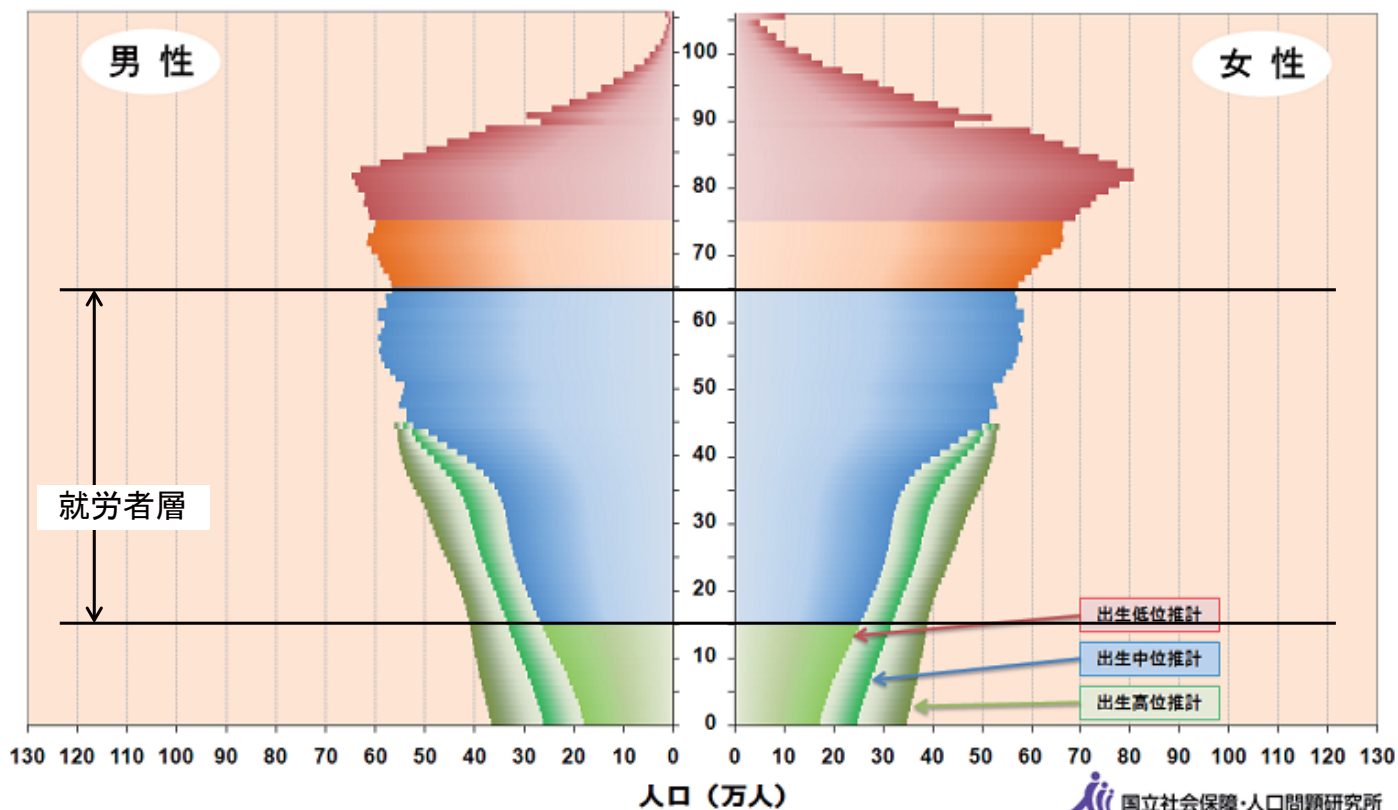


**高齢化と総人口の減少が同時に進行  
→ 生産年齢（就労者）人口の減少**

資料：2010年までは総務省「国勢調査」、2015年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果  
(注) 1950年～2010年の総数は年齢不詳を含む

# 日本の人口ピラミッド 2055年

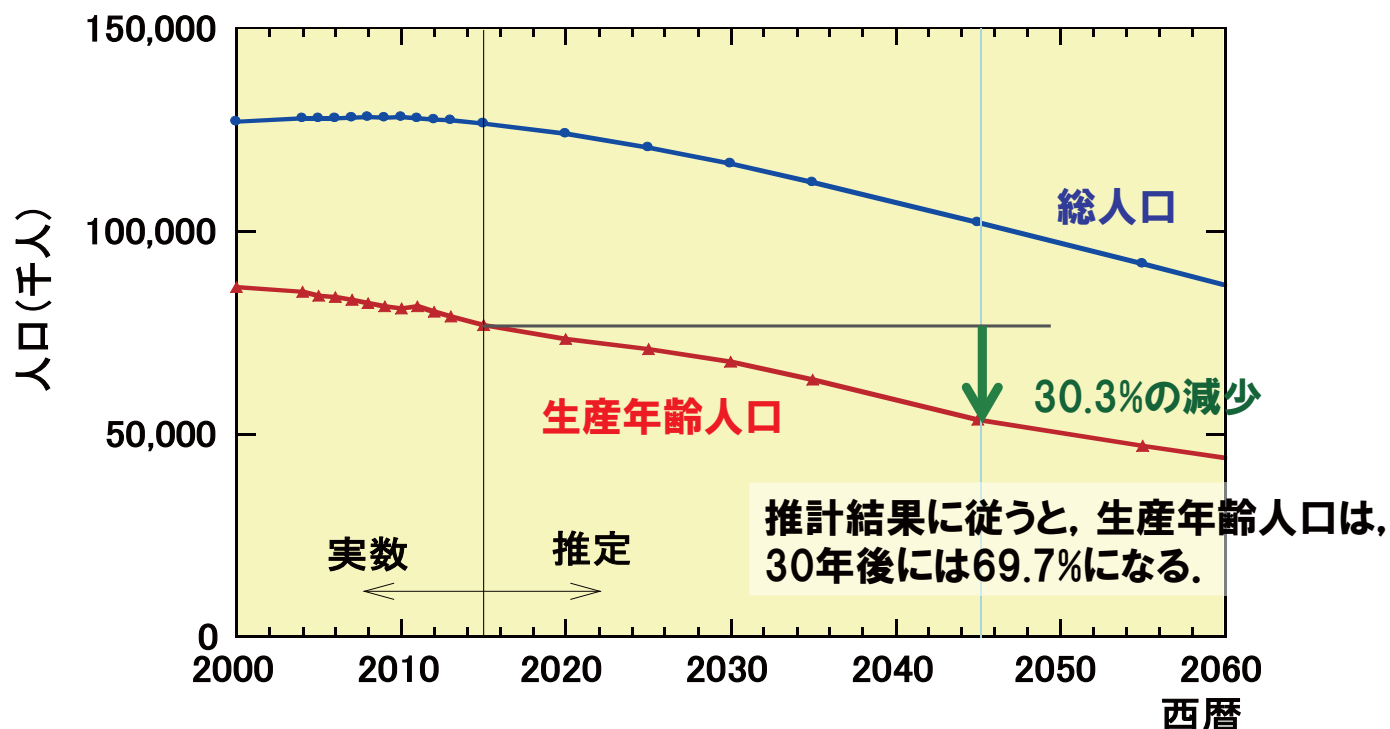
2055年



資料：1920～2010年：国勢調査、推計人口、2011年以降：「日本の将来推計人口（平成24年1月推計）」。

3

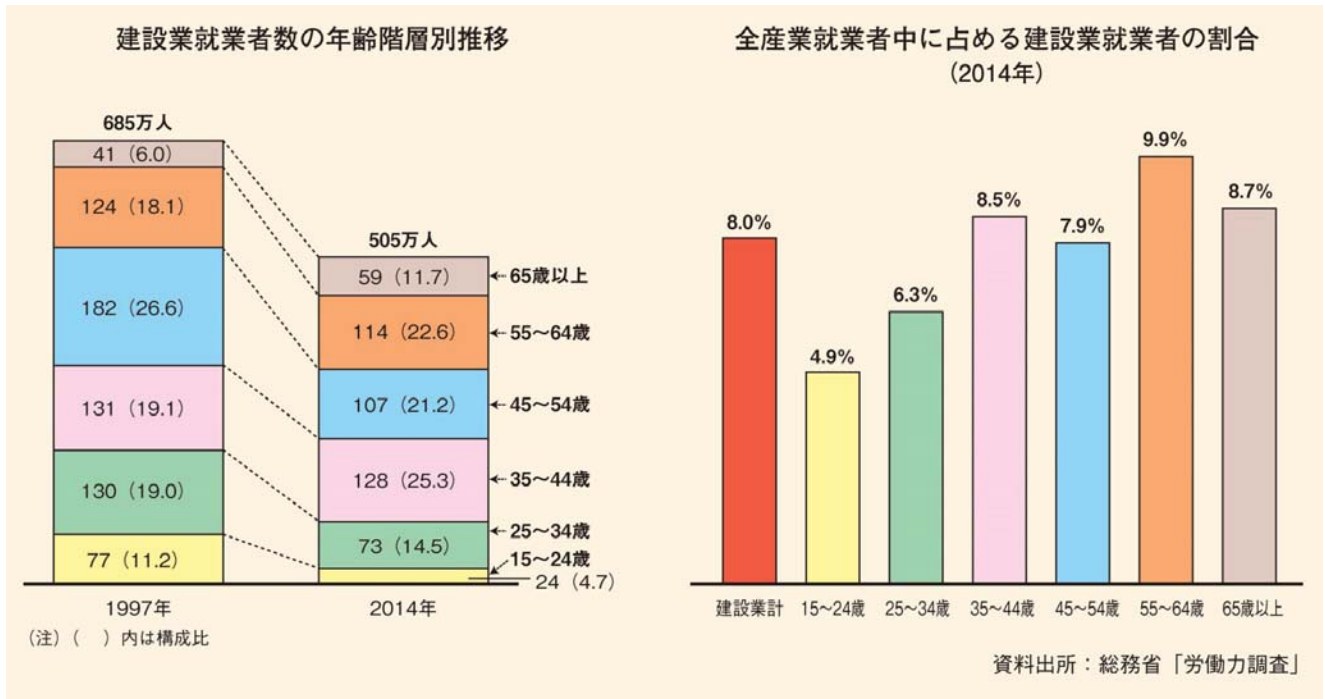
## 日本における生産年齢人口の推移



- ますます深刻化する建設従事者 (Construction workers becoming increasingly scarce)
- 生産年齢人口減 → 税金・使用料減 → インフラ投資予算の縮小 (Decrease in working-age population → decrease in taxes/fees → reduction in infrastructure investment budget)

4

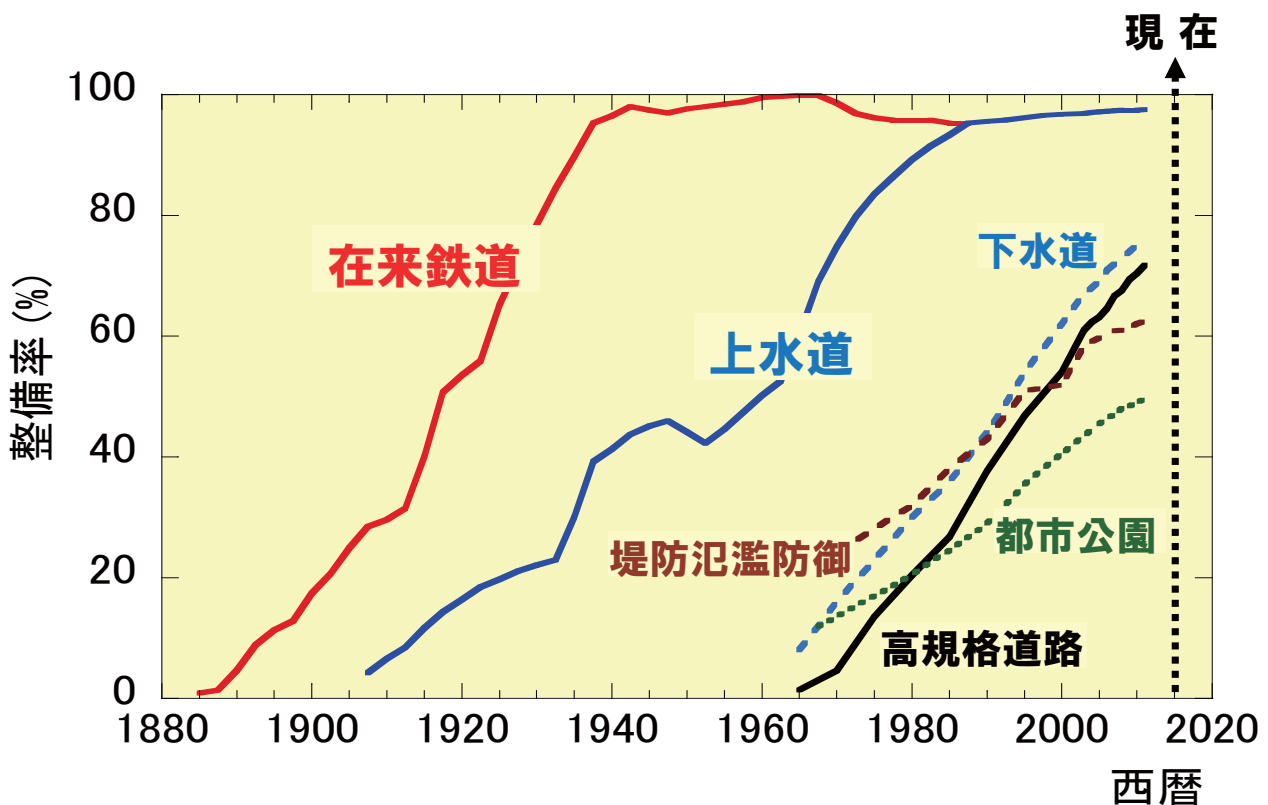
# 高齢化に起因する建設従事者不足



建設業ハンドブック2015（一般社団法人日本建設業連合会）より

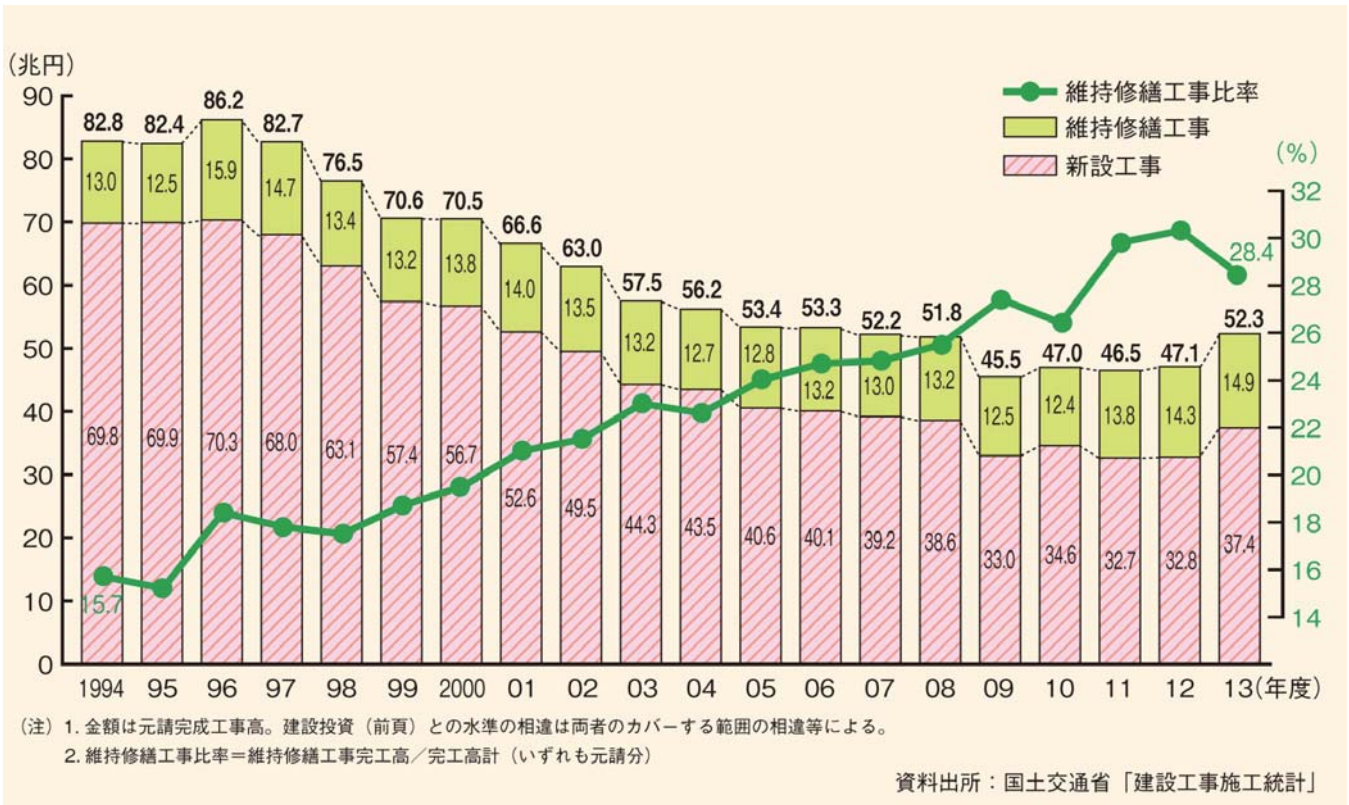
**高齢層が多い建設分野 → 熟練技術者のリタイヤにより、技術レベルの維持が困難になる。**

## 社会資本整備の推移：建設から維持管理の時代へ



国土交通白書他より作成

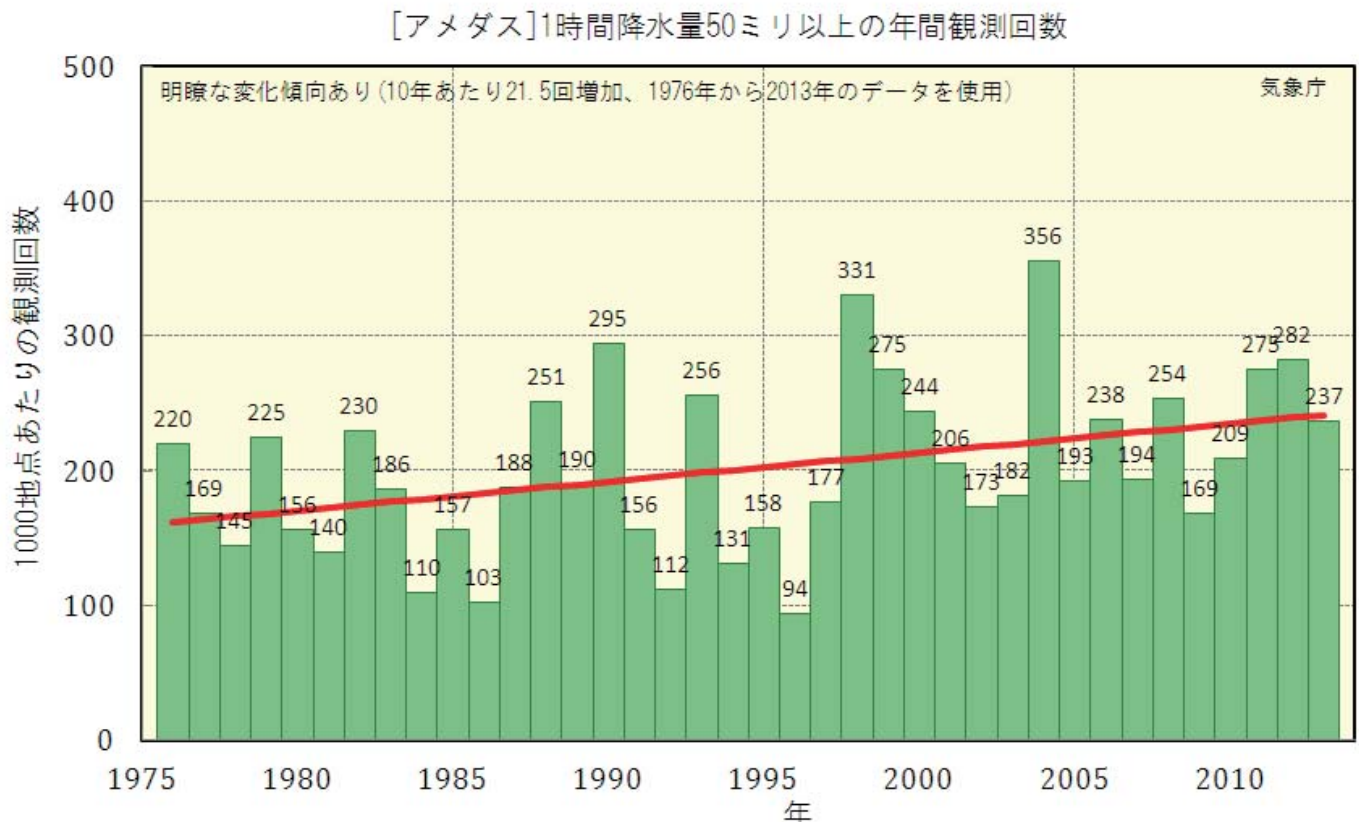
# 維持管理の視点から：社会資本投資の経年変化



1990年代に比べ、新設工事は1/2以下に、修繕・更新工事は増加。

建設業ハンドブック2015（一般社団法人日本建設業連合会）より 7

# 激化する自然災害の視点から



国土交通省・気象庁HPから



## 防災の考え方

- 災害対策には、どこまでの災害に備えるのかの目安が必要。
- 通常、過去最大の災害に備える形で基準を設定。

- より大きな災害が起こる度に、  
基準は更新される。  
(例:強化されていく耐震基準)
- 耐震補強等の防災対策の費用  
は増えざるを得ない。

2016年(平成28年)5月10日 火曜日 享月

### 新耐震の家全壊51棟

熊本・益城 00年以降の木造

熊本県などの一連の地震で被害を受けた同県益城町で、耐震基準が厳しくなった2000年以降に建てられたと見られる木造家屋の全壊が51棟あることが日本建築学会九州支部の調査でわかった。強い揺れが繰り返されたことで、耐震性能が多る古い建物だけでなく、比較的新しい建物にも大きな被害が出た実態が見えてきた。▼4面||補正7千億円、6面||観光地低調、35面||兄弟、別の暮らし

建築学会調査

益城町役場  
日本建築学会による  
益城町の調査範囲

2000年以降に建てられたと見られる木造の全壊が多い地域

# 建設が変わらなければならない理由

- ✚ 深刻化する建設従事者，熟練技術者不足
- ✚ 人口減→税収減→インフラ投資予算の縮小
- ✚ インフラの維持修繕・更新，災害対策の強化をはじめとする工事の増加

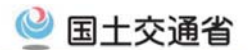


社会に対し，将来にわたって安定的にインフラを提供していくことのできる体制の構築。

建設を取り巻く課題に対応するためには，これまでの延長線上の議論では対処できない。

11

## 国の動き i-Construction



### 今こそ生産性向上のチャンス

#### □ 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

- ・ バブル崩壊後、建設投資が労働者の減少を上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となり、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

#### □ 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

- ・ トンネルなどは、約50年間で生産性を最大10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、改善の余地が残っている。(土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割が占める)(生産性は、対米比で約8割)

#### □ 依然として多い建設現場の労働災害

- ・ 全産業と比べて、2倍の死傷事故率(年間労働者の約0.5%(全産業約0.25%))

#### □ 予想される労働力不足

- ・ 技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職の予想

- ・ 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化が起こりつつある。
- ・ 建設業界の世間からの評価が回復および安定的な経営環境が実現し始めている今こそ、抜本的な生産性向上に取り組む大きなチャンス

### プロセス全体の最適化

#### □ ICT技術の全面的な活用

- ・ 測量・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新までの全てのプロセスにおいてICT技術を導入

#### □ 規格の標準化

- ・ 寸法等の規格の標準化された部材の拡大

#### □ 施工時期の平準化

- ・ 2カ年国債の適正な設定等により、年間を通じた工事件数の平準化



### プロセス全体の最適化へ

従来：施工段階の一部

今後：調査・設計から施工・検査、さらには維持管理・更新まで

### i-Constructionの目指すもの

- 一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善
- 建設現場に携わる人の賃金の水準の向上を図るなど魅力ある建設現場に
- 死亡事故ゼロを目指し、安全性が飛躍的に向上

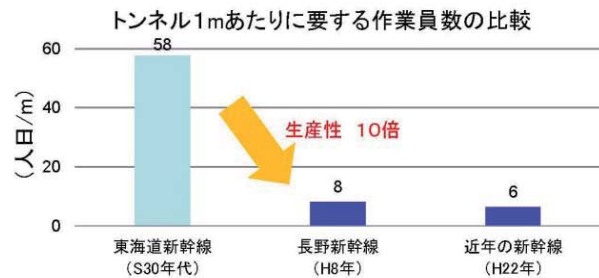
12

## ○土木工事における生産性の変遷

○トンネルは、約50年間で生産性を10倍に向上。一方、土工やコンクリート工などは、生産性向上の遅れた部分が残っている。

### ■トンネル工事

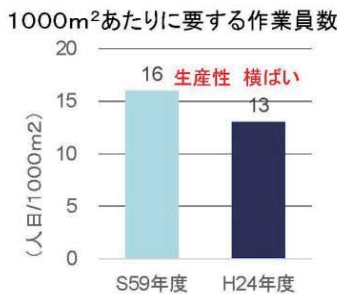
山岳トンネルの場合



出典：日本建設業連合会 建設イノベーション

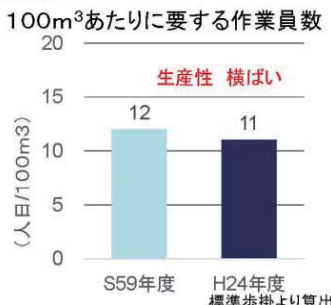
### ■土工

盛り土法面整形工(粘土・粘土質)の場合



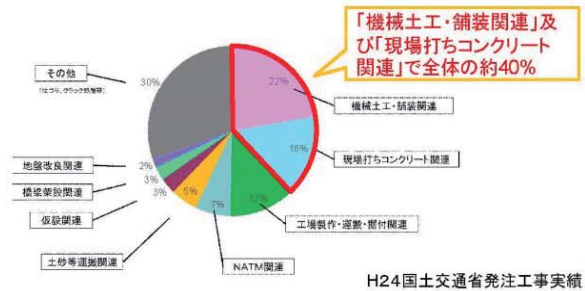
### ■コンクリート工

コンクリートポンプ車打設工(鉄筋構造物)の場合



## ○建設現場における工種別技能労働者の割合

○土工とコンクリート工で直轄工事の全技能労働者の約4割を占める。

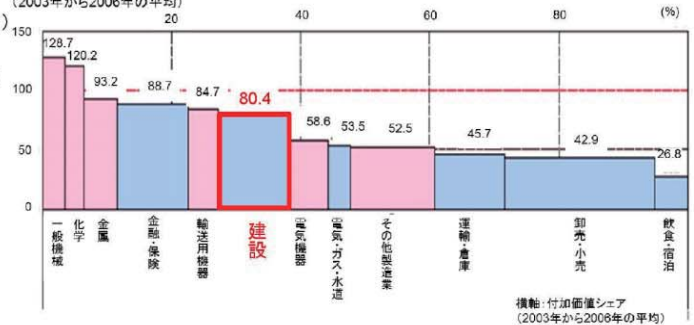


## ○我が国の産業別の労働生産性水準

○建設産業では約8割程度の水準(対米比)。

我が国の産業別の労働生産性水準(対米国比、米国=100)(出典：通商白書2013)

縦軸：労働生産性水準(米国=100)  
(2003年から2006年の平均)



備考：製造業は赤、非製造業は青で色づけている。  
資料：EU KLEMSから作成。

## ICT技術の全面的な活用(土工)

### ①ドローン等による3次元測量

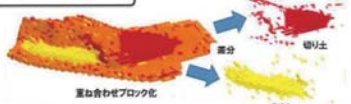


ドローン等による写真測量等により、短時間で面的(高密度)な3次元測量を実施。

### ②3次元測量データによる設計・施工計画



3次元測量データ(現況地形)と設計図面との差分から、施工量(切り土、盛り土量)を自動算出。



### ③ICT建設機械による施工

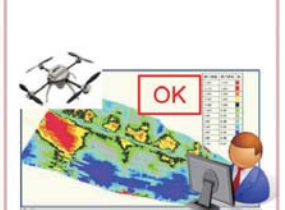
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(\*)を実施。



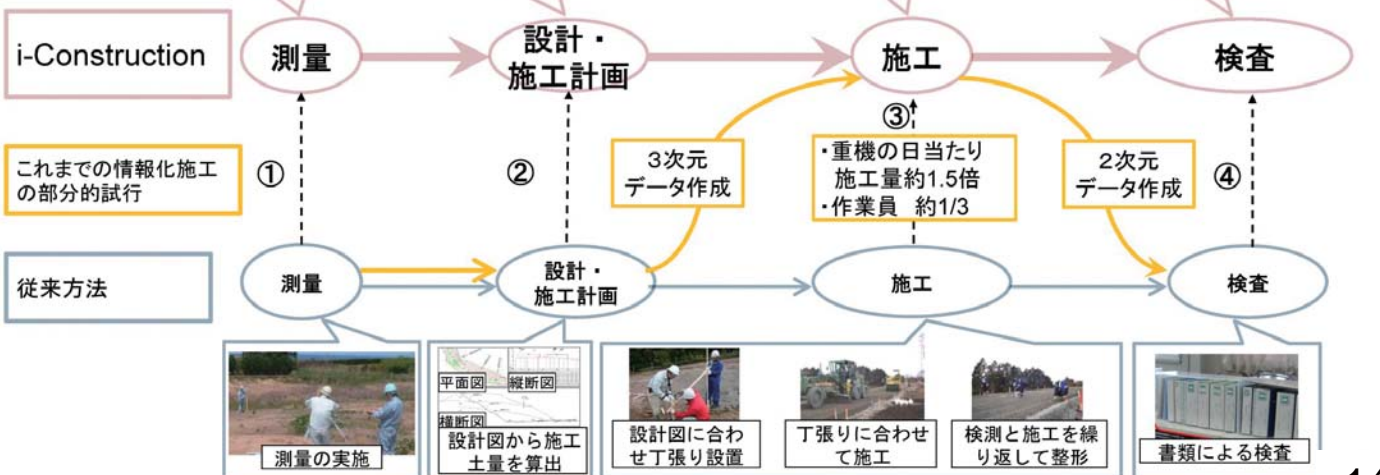
※IoT(Internet of Things)とは、様々なモノにセンサーなどが付され、ネットワークにつながる状態のこと。

### ④検査の省力化

ドローン等による3次元測量を活用した検査等により、出来形の書類が不要となり、検査項目が半減。



発注者



## ○効率的な工法による省力化、工期短縮(施工)

(例) 鉄筋をプレハブ化、型枠をプレキャスト化することにより、型枠設置作業等をなくし施工

**現場打ちの効率化**

**従来方法**

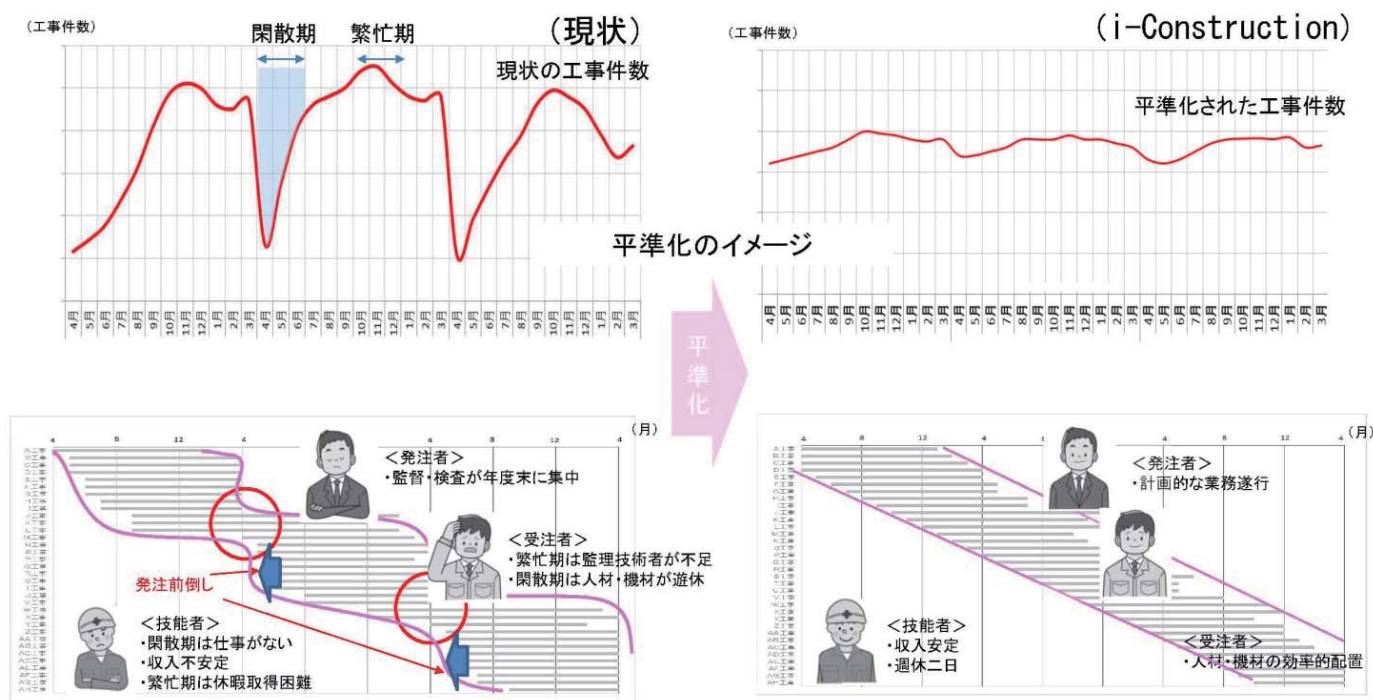
**プレキャストの進化**

(例) 各部材の規格(サイズ)を標準化し、定型部材を組み合わせて施工

ラーメン構造の高架橋の例

# 施工時期の平準化

○2カ年国債の活用等により、4~6月の閑散期、年度末の繁忙期を解消し、資機材・人材の効率的な活用を図ると共に、労働環境の改善を図る。





# ICTを活用して建設を1ランク上の技術に改革

## 課題1：人口減を背景に深刻化する建設従事者不足

- ・ 少ない人手で作業を行う省力化の推進
- ・ 建設従事者の範囲の拡大による生産力の向上
  - 高齢者や経験不足層（外国人を含む）が生産を担うことのできる仕組みの開発

## 課題2：建設投資の縮小

限られた予算の最大活用→施工の効率化、高品質化  
大幅な生産性の向上

「安かろう・悪かろう→安かろう・良かろう」の追求

ICT：有望なツール

ICTを活用した3つの切口

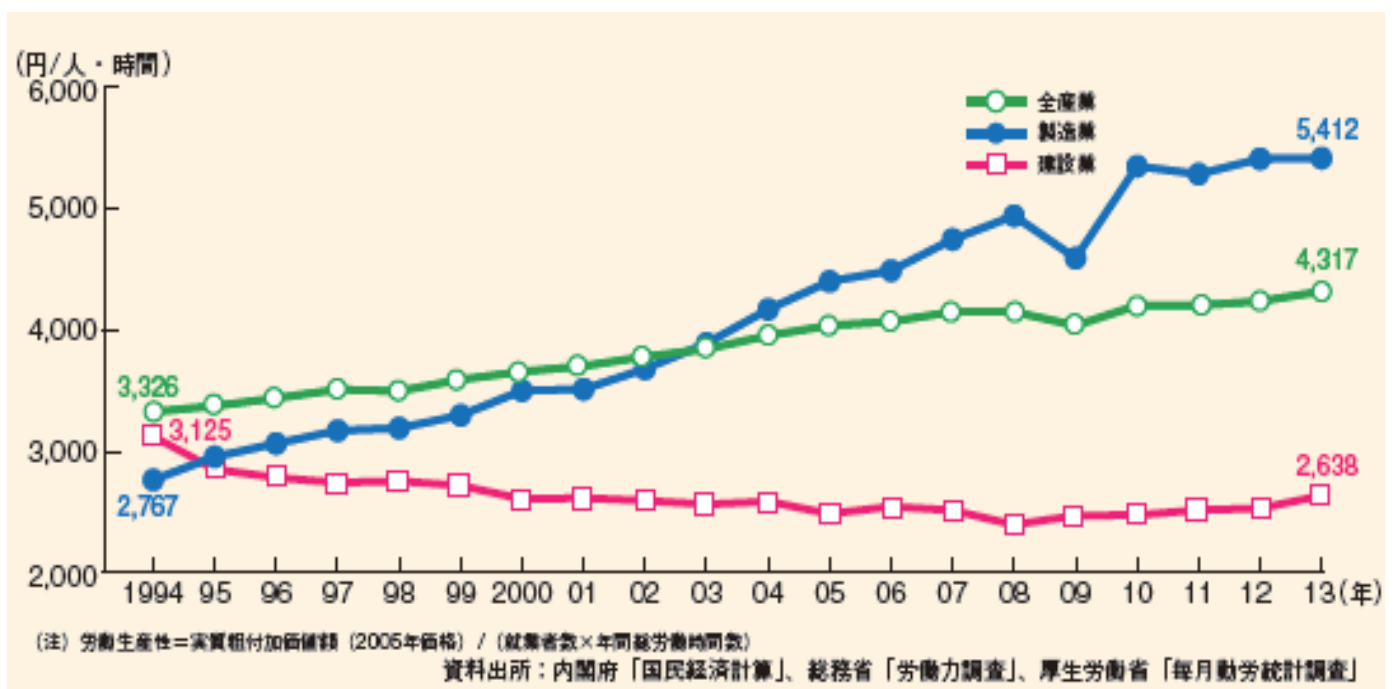
情報化施工

建設ロボット

CIM

17

## 他産業に比べ極めて低い生産性に見る可能性



建設業ハンドブック2015（一般社団法人日本建設業連合会）より

他産業は、生産システムの高度化により生産性を着実に向上させている。  
建設業は、逆に生産性の低下を来している。

18

# i-Constructionによる施工・施工管理（鹿島建設・植木氏提供）

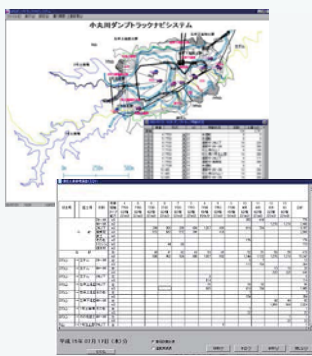
ICT技術の活用により施工・施工管理を効率化し、日々の作業時間の短縮・安定した休暇の取得を実現

例)ロックフィルダム・造成工事に適用した場合の施工サイクル比較



## ①ダンプトラック運行管理

- リアルタイムで運搬土量を集計
- 管理項目毎に帳票を自動出力



## ②三次元施工システム

- 測量作業(丁張り、トンボ)の削減
- 作業効率と仕上がり制度の向上



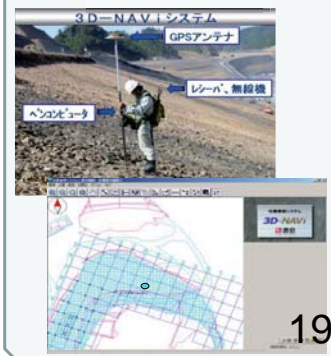
## ③締固め管理システム

- 無駄のない転圧による効率化
- 転圧帳票の自動出力



## ④GNSSを用いた測量

- 測量作業、データ処理作業の省力化・高速化

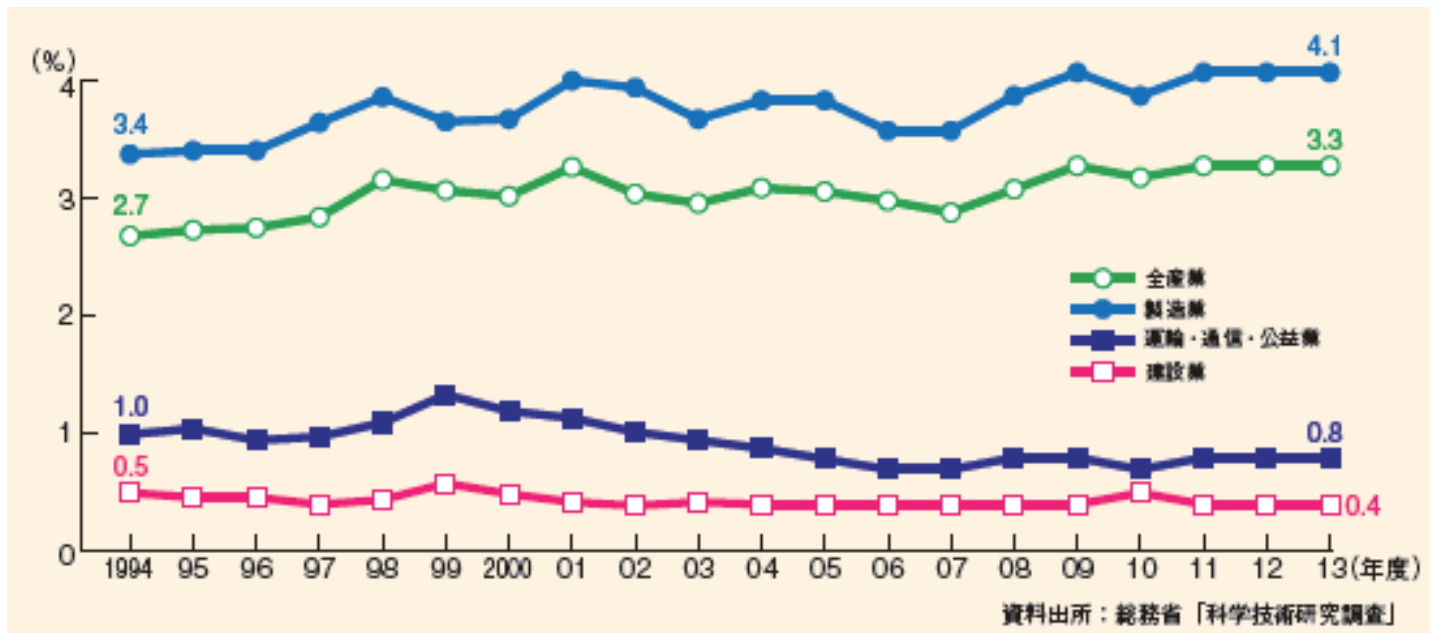


## i-Construction と 技術開発

- i-Construction**では、ICTの導入を前提に、これまで固定しがちであった基準やマニュアルが大きく見直される。
  - その過程では、現場の実情に応じて数多くの新しい技術の導入が模索される。
  - i-Construction**は、大規模プロジェクトだけではなく地方の中小規模のプロジェクトも対象にしている。
  - 様々な規模の工事プロジェクトにおいて、実現可能な**i-Construction**の形が議論されるようになる。
- 現場における技術開発の機運が高まることを期待。

# 建設分野の技術開発の特徴

## 極めて低い売り上げ高に対する研究費の比率



建設業ハンドブック2015一般社団法人日本建設業連合会) より

21

## 建設における技術開発の特徴

- ・ 新技術開発のための予算はほとんどない。
- ・ 実工事プロジェクトの中で開発せざるをえない。

- ・ 実施工で使える技術の開発。
- ・ 高度さより実用性重視。

22

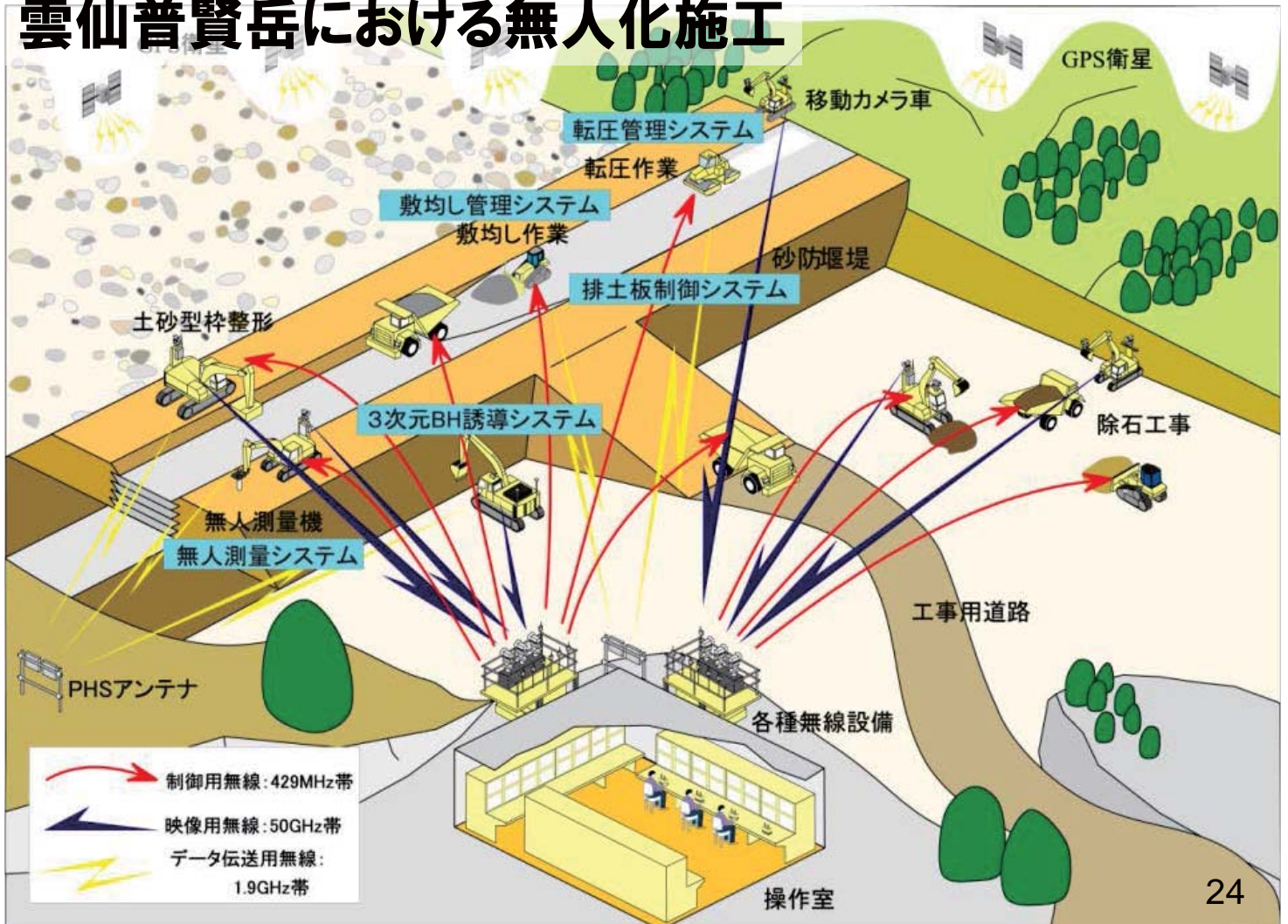
# 雲仙普賢岳 砂防事業

1990年11月 噴火, 1991年2月再噴火, 5月火砕流発生  
 死者・行方不明者:43名の, 負傷者:9名



国土交通省 九州地方整備局 雲仙復興事務所 HPより

## 雲仙普賢岳における無人化施工



# 遠隔操作による無人化施工

- ✚ 複数制御の電波干渉
- ✚ 遠隔操作における現場状況の把握
- ✚ 想定外の状況への対応
- ✚ 施工効率の低下



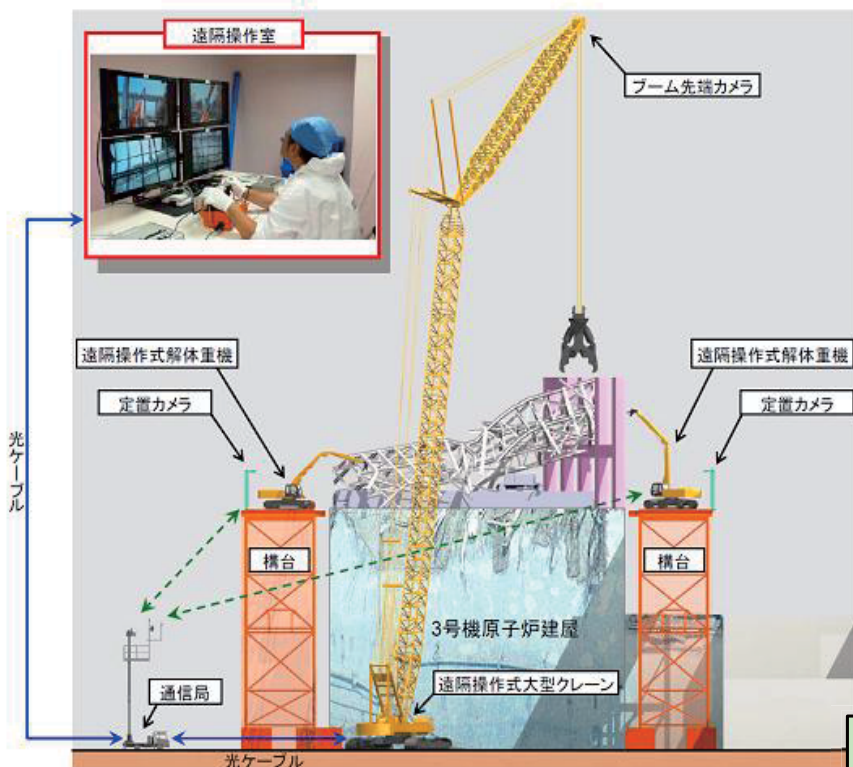
20年にわたる現場での実用的な技術開発の積み重ねが、緊急時に対応することのできる技術を培ってきた。

写真：  
国土交通省 九州地方整備局  
雲仙復興事務所 HP,  
(株)熊谷組より



## 東日本震災に伴う福島第1原子力発電所事故 冷温停止後の作業 3号炉のガレキ撤去

東京大学  
浅間先生提供



3号機におけるガレキの撤去



地面でのガレキ撤去



実用的技術開発が継続  
する仕組みの重要性

# 現場における技術開発事例

- ・ 深礎工事の高度化 岐阜県 エイト工業(株)  
孔内における人力作業の大幅削減
- ・ 杭工事における基盤確認 兵庫県 (株)オーク  
孔内における標準貫入試験装置
- ・ 映像を用いた現場管理 愛知県 可児建設(株)  
現場映像を活用した現場管理と人材育成

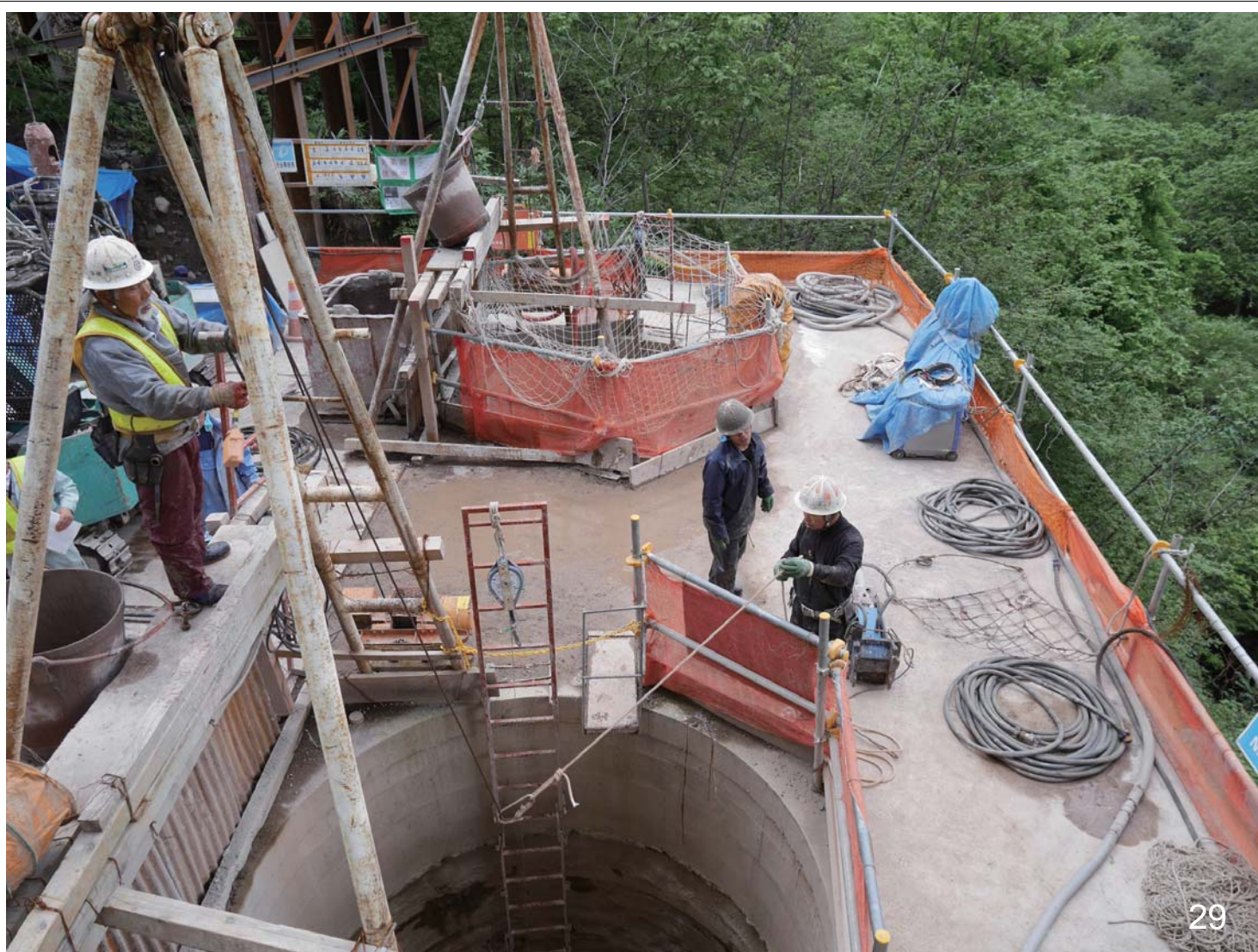
27

## 深礎工事の高度化技術

山岳部における鉄塔  
や橋梁の基礎施工は、  
狭隘部の施工で人力  
に頼らざるを得ない。



28



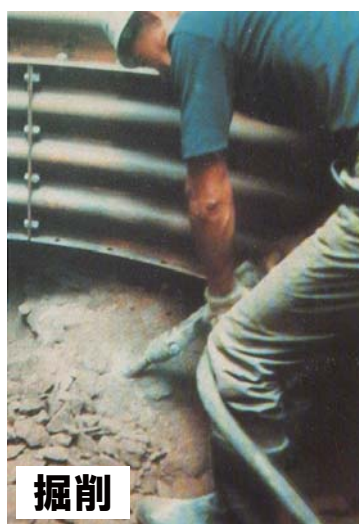
29



ライナープレートの据え付け



掘削・排土



掘削



排土

写真：建設物価調査会 土木施工の実際と開設より

30



ライナープレートの組み立て



掘削・排水



掘削・掘り下げ



鉄筋籠の組み立て

写真:建設物価調査会 土木施工の実際と開設より 31



コンクリートの打設

狭隘な孔内における  
苦渋作業

機械や道具が交錯し、  
事故が起こりやすい  
作業環境

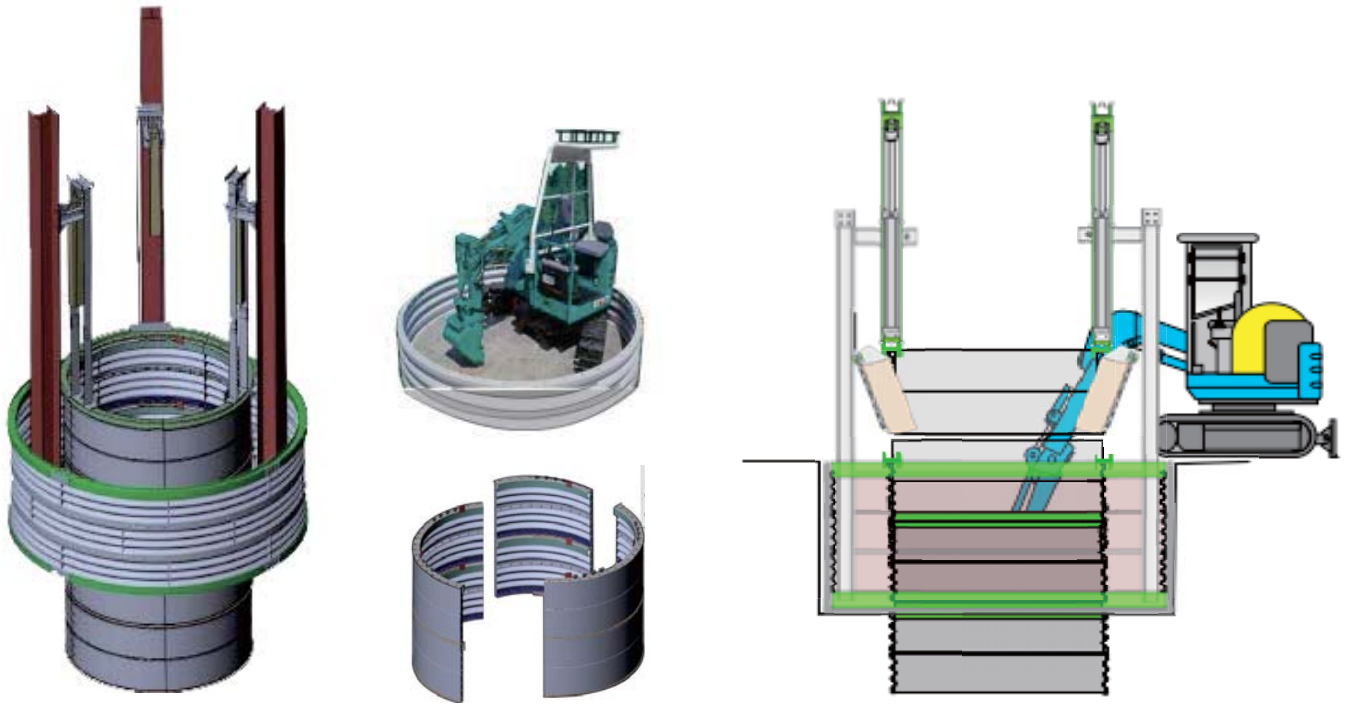


写真:建設物価調査会 土木施工の実際と開設より 32



# 深礎杭の孔内無人化施工システム

作業員が孔内に入らず深礎を施工する技術の開発



岐阜市・エイト工業(株) 辻 八郎氏 提供 33

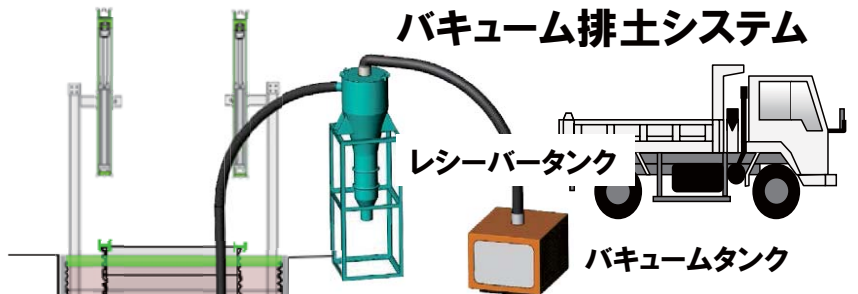
## 深礎杭の孔内無人化施工システム

遠隔操作の油圧ショベルによる掘削とバキュームによる排土  
土留用ライナープレートの地上からの挿入と引き抜き  
孔外での鉄筋の組み立てと挿入, コンクリートの打設

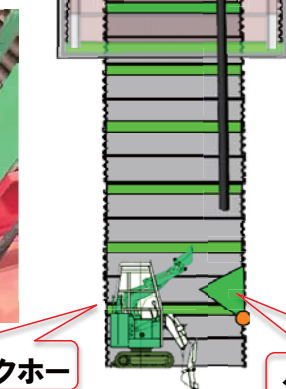
### 遠隔操作式無人化掘削機

バケット排土からクラッシャー  
付きバキューム排土で孔内作  
業が向上した上, 孔内換気も  
改善される。

### バキューム排土システム

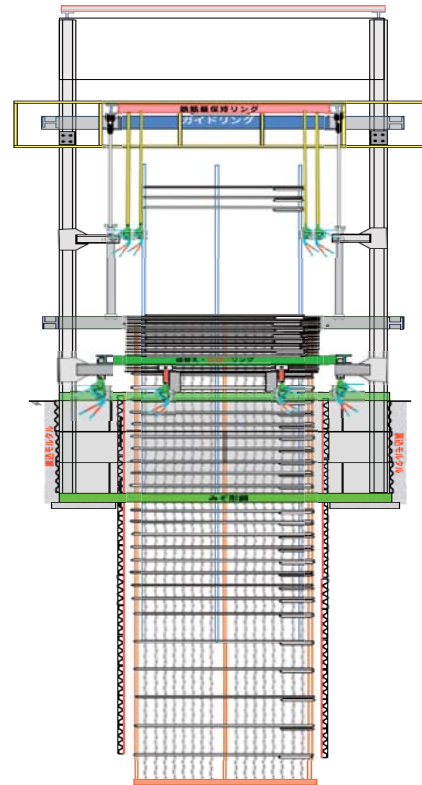


電動ミニバックホー



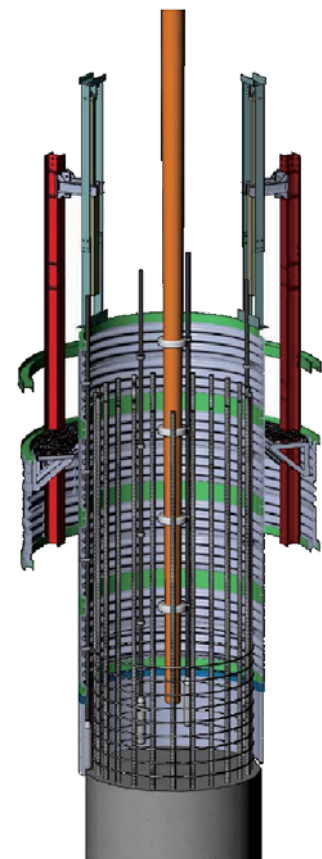
クラッシャーホッパー

# 鉄筋の組み立ての孔外作業化



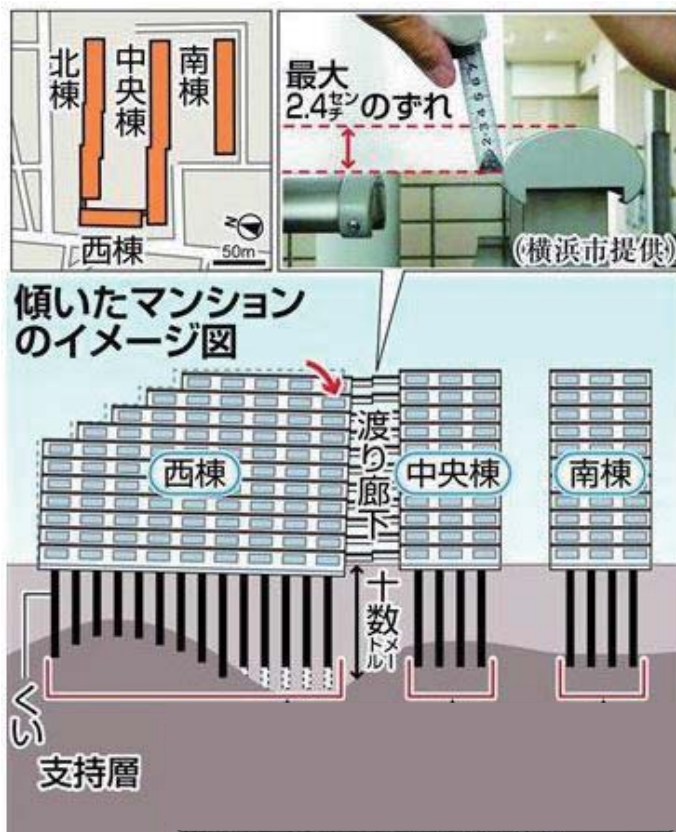
資料提供: エイト工業(株) 35

# コンクリート打設とライナーの引き抜き



資料提供: エイト工業(株) 36

# 杭工事における基盤確認技術の開発



## 杭基礎の施工

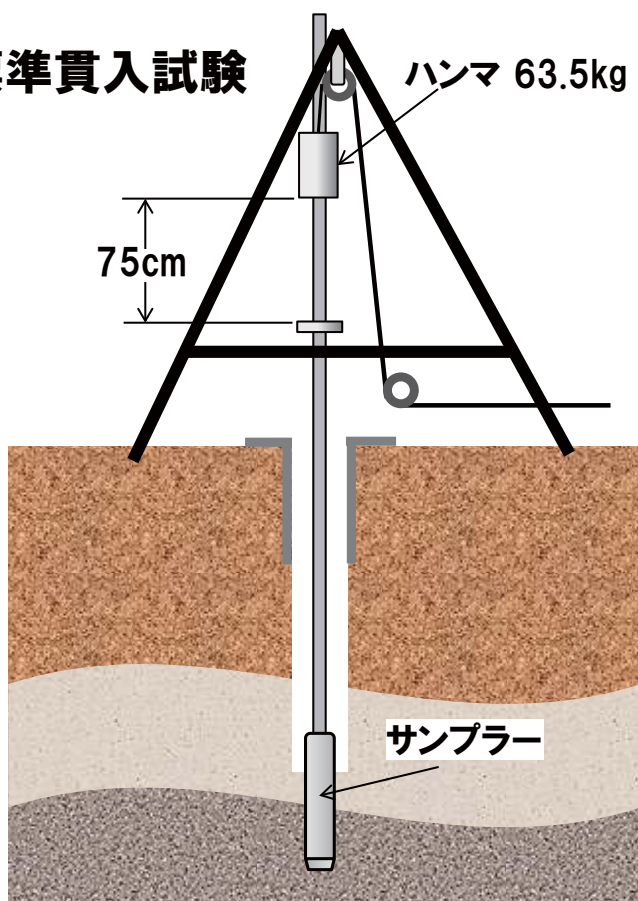
設計時における支持層の設定と実際との差異

杭毎の支持層確認の手法の開発

37

## 杭基礎の支持層の要件

標準貫入試験



N値: サンプラーが30cm地面に貫入するのに必要な打撃回数

基礎杭の支持層

堅固(N値 > 50)でかつ十分な層厚を持つ洪積層が望ましい。

構造物, 地域により規定

例: 粘土層 N値 > 20  
砂層 N値 > 30 等

38

先端支持力管理革命

# Rebec

Revolution of end bearing capacity of pile control



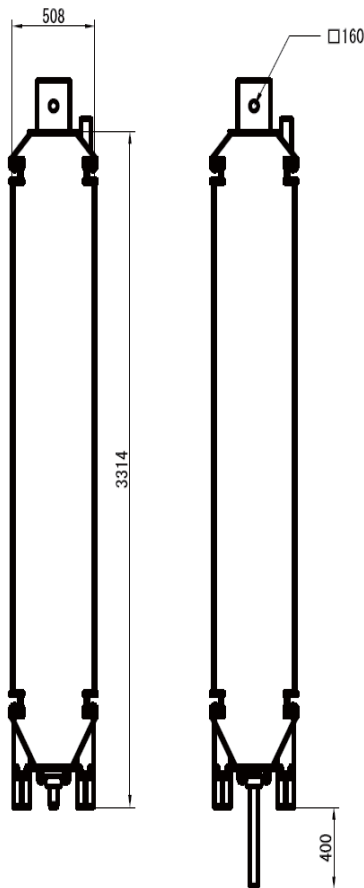
## 鉛直孔底でN値計測

基礎工 2106年6月号  
(株) オーク

アースドリル機の各種N値計測工事に適用  
アースドリル工法における  
原位置先端標準貫入試験

39

## 装置概要



対象工種	アースドリル工法
対象地盤	砂質、礫質、粘性土
全長	3.3m
外径	φ 508mm( φ 318mm)
体積	約0.67m <sup>3</sup> (0.26m <sup>3</sup> )
重量	約1100kg
ドライブハンマ	63.5kg
落下高さ	76cm
打撃回数	約12回/min
サンプラー	JIS規格



コントロールパネル



サンプラーロッド

40

# 自動標準貫入試験装置



資料提供 (株) オーク

41

## 映像を用いた現場管理 愛知県 可児建設(株)

工事名 : 平成26年度庄内川大治築堤工事(愛知県海部郡大治町地先)

工期 : 平成26年7月17日~平成27年3月27日

発注者 : 国土交通省中部地方整備局庄内川河川事務所庄内川第一出張所

請負者 : 可児建設株式会社

工事内容 : 河川堤防内の樋管構造物撤去に伴う堤体掘削盛土(3,100m<sup>3</sup>)

油圧ショベルのMG  
ローラの転圧軌跡管理  
映像用カメラ  
静止画像カメラ  
3Dデータ管理



知財集積データベース



42

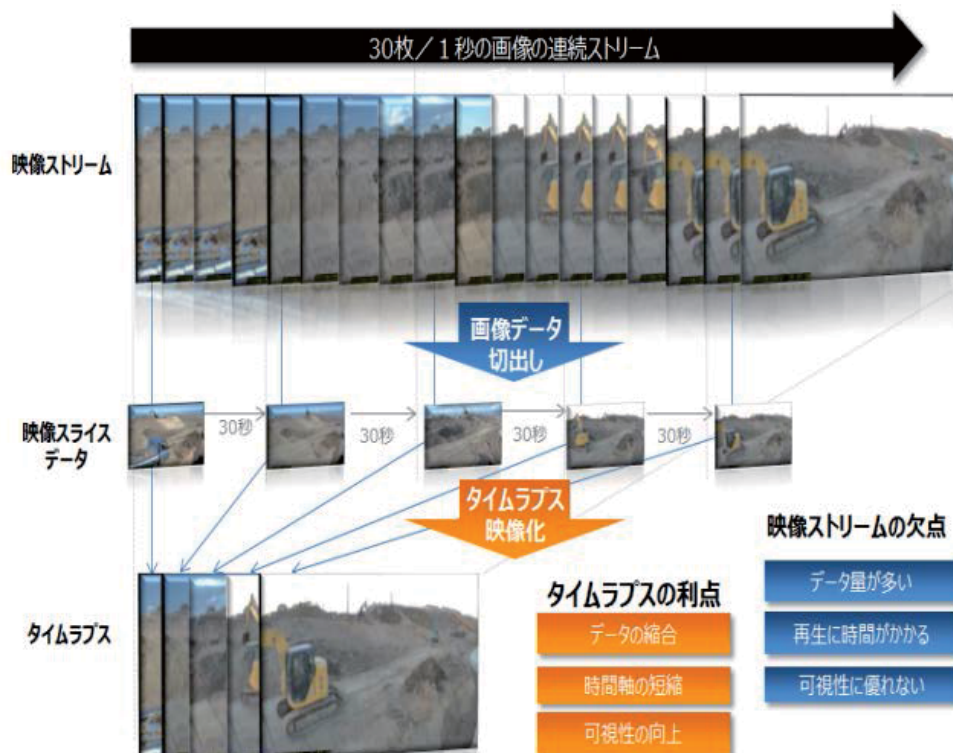
# 動画映像用システム構成



資料提供：可児建設(株) 43

# タイムラプス映像

一定間隔で記録された静止画から動画を作るもので、長時間の事象の変化を**短時間で表現**できる。



資料提供：可児建設(株) 44

# タイムラプス映像サンプル サンプルングタイム別



1秒スライスデータ (30倍速)



5秒スライスデータ(150倍速)



10秒スライスデータ(300倍速)

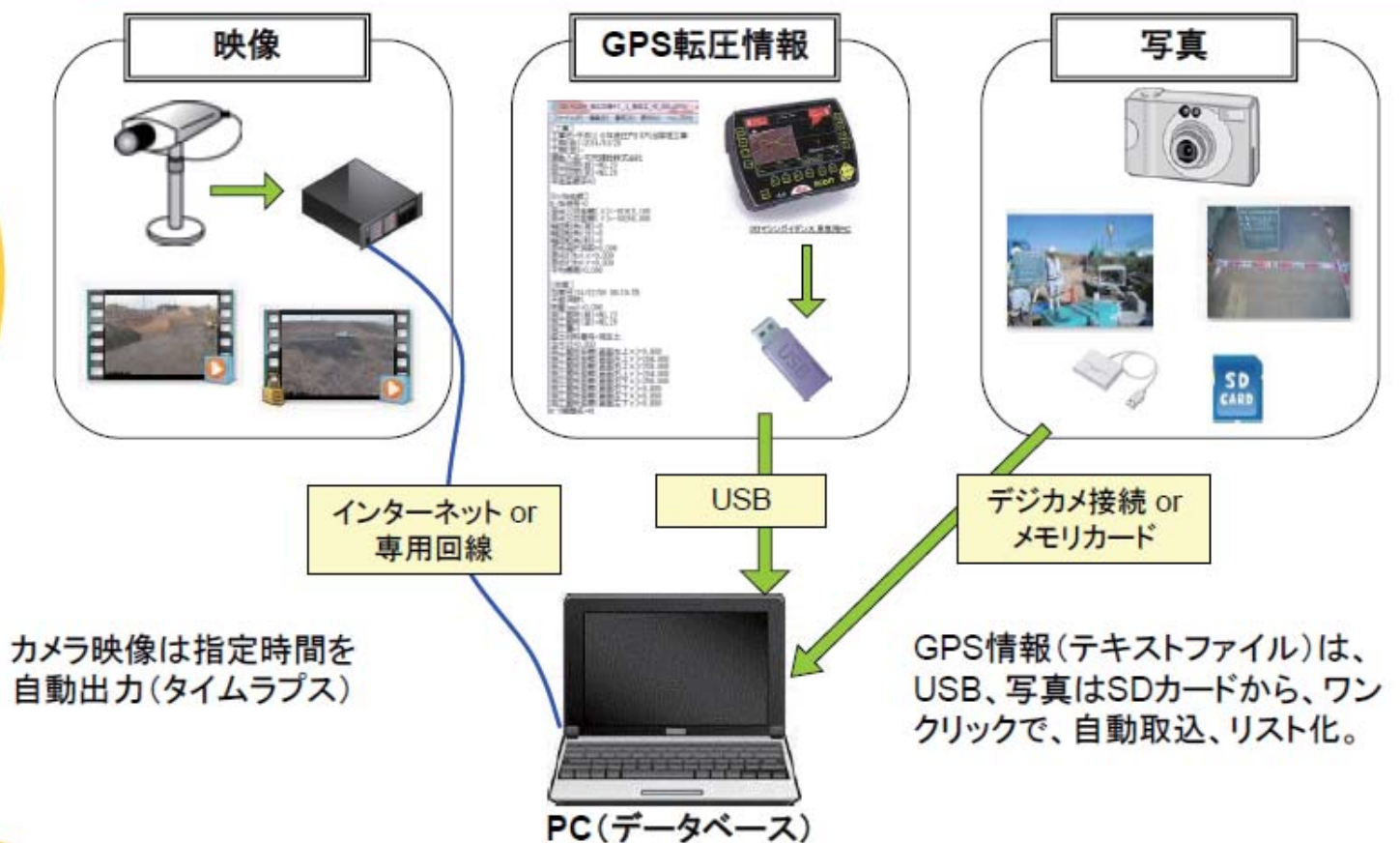


30秒スライスデータ(900倍速)

資料提供：可児建設(株)

45

## 現場情報のデータベースへの書き込み



資料提供：可児建設(株)

46

# 知財集積データベース（情報検索/一括閲覧）

The screenshot shows a complex software interface with multiple panels and toolbars. The top navigation bar includes buttons labeled A through D. The main workspace contains several panels: a data table on the left, a 3D model in the center, and various control panels on the right. A bottom toolbar contains buttons labeled E through L.

**Navigation Bar:**

- A 検索情報設定
- B 日別施工実績一覧
- C 日別工事記録入力
- D 工事現場3D図

**Main Panels:**

- Table: 施工実績表 (Construction Performance Table)
- 3D Model: 現場3D図 (Site 3D Diagram)
- Control Panel: 実行設定 (Execution Settings)
- Control Panel: アラート画面 (Alert Screen)
- Table: 転圧記録 (Compaction Record)
- Table: カメラID (Camera ID)
- Table: 転圧GPS (Compaction GPS)
- Table: 転圧GPS (Compaction GPS)
- Table: 工事現場写真 (Construction Site Photos)

**Bottom Toolbar:**

- E 転圧・盛土進捗
- F 定点カメラ映像再生
- G 水位アラート
- H 転圧作業(GPS)情報
- I 転圧作業映像再生
- J 転圧作業GPS軌跡図
- K 転圧作業GPSグラフ
- L 工事記録写真

資料提供：可見建設(株) 47

# 知財集積データベース（情報のリスト化・可視化）

The diagram illustrates the process of data collection, list creation, and visualization. It is divided into three main stages:

**1. 取込実体データ (Raw Data Collection):**

- 映像(タイムラプス) AVI (Video/Timelapse AVI)
- 写真 JPG (Photos JPG)
- GPS転圧情報 TXT (GPS Compaction Information TXT)

**2. 自動リスト作成・DB化 (Automated List Creation & DB Conversion):**

This stage shows a table of file names and their acquisition dates, representing the automated processing of the raw data.

No.	ファイル名	取得日時
10	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 18:20
11	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
12	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
13	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
14	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 15:28
15	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
16	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
17	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
18	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
19	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08
20	FL_201402010000-201402010000.avi	2014/02/01 08:08

**3. 可視化(グラフ・作図) (Visualization (Graphs & Diagrams)):**

This stage shows three types of graphs generated from the data:

- Bar chart showing frequency or count over time.
- Line graph showing a cumulative or increasing trend over time.
- Area chart showing a fluctuating signal over time.

資料提供：可見建設(株) 48



# 画像CIMの特徴

## ① 画像データを利用したCIMの展開可能性.

CIMの課題:後工程で利用には,前工程で取得すべきデータを特定しておかなければならない.

→ 画像情報からは,種々の情報を引き出すことが可能.

**確定情報:特化した情報収集 vs. 不確定情報:網羅的画像情報**

## ② 3Dデータだけではなく,各工程を跨いで施工に関わる多様な情報の共有と活用を狙ったシステム.

## ③ CIMシステムの社員の技術教育での利用.

一人の管理技術者の技能への依存度が高い中小工事.

→ CIMシステムを利用した技術者へのバーチャル教育による経験知の向上.



- 発注者と受注者の工事に関する情報共有とそれを利用した管理の合理化・効率化
- 同種の後発工事の事前検討

49

## i-Construction と 技術開発

- **i-Construction**では,ICTの導入を前提に,これまで固定しがちであった基準やマニュアルが大きく見直される.
  - その過程では,現場の実情に応じて数多くの新しい技術の導入が模索される.
  - **i-Construction**は,大規模プロジェクトだけではなく地方の中小規模のプロジェクトも対象にしている.
  - 様々な規模の工事プロジェクトにおいて,実現可能な**i-Construction**の形が議論されるようになる.
- 現場における**技術開発**の機運が高まることを期待.

50

**ご静聴ありがとうございました。**