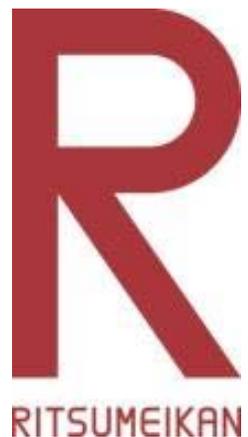


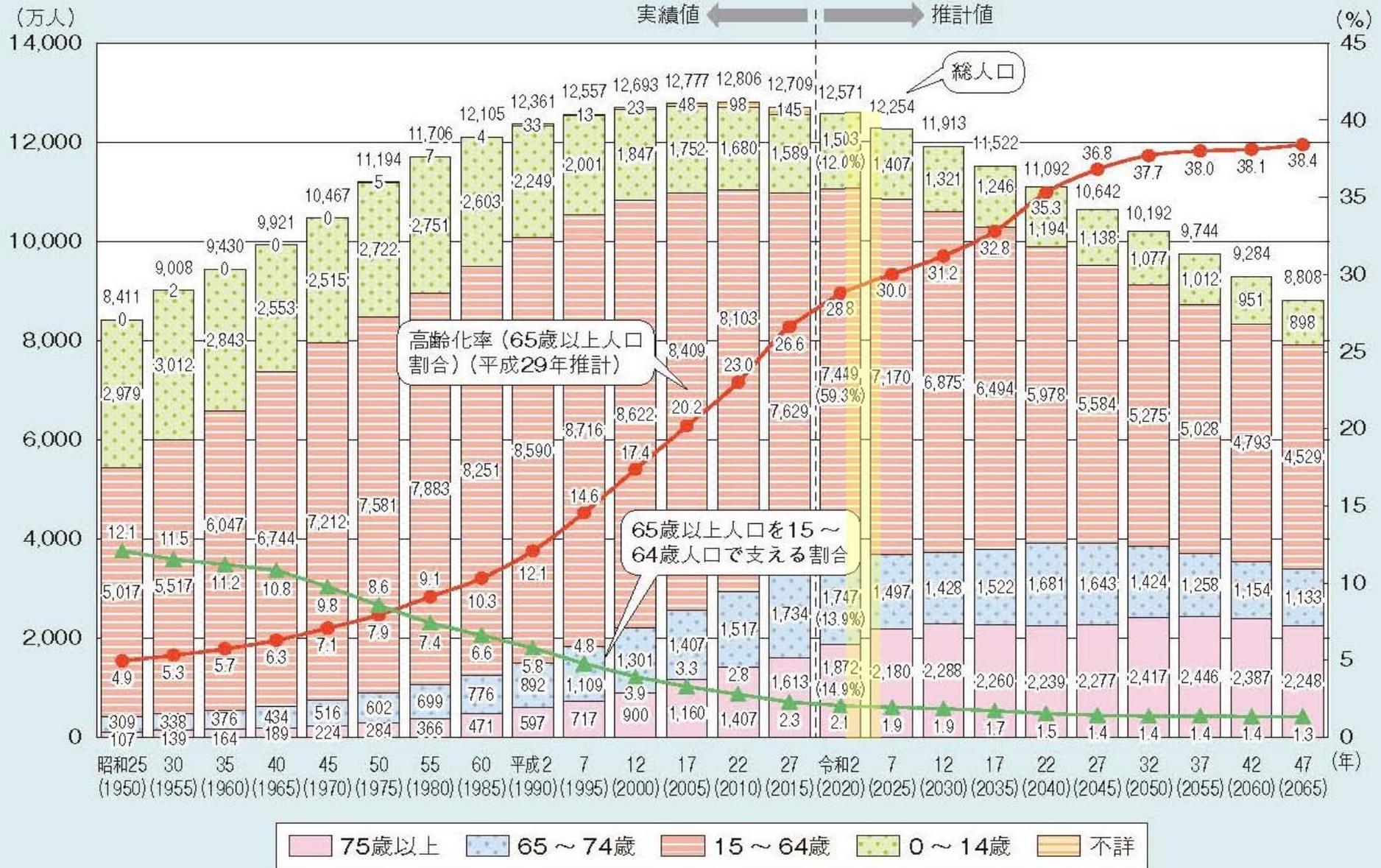
令和5年度インフラDX
i-Construction セミナー
北海道開発局

DX時代の新しい建設産業に向けて



立命館大学
総合科学技術研究機構
建山 和由

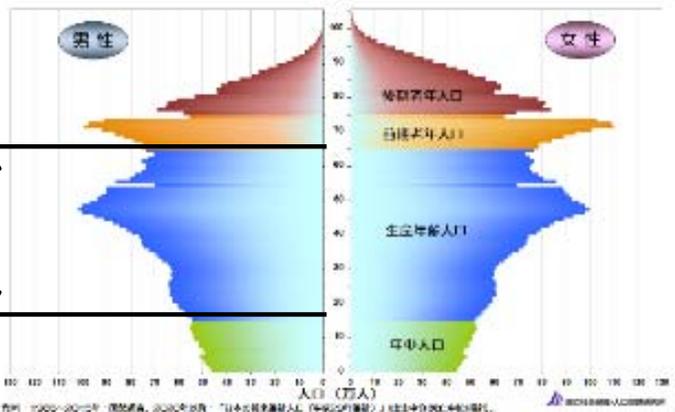
日本の人口問題からみた建設改革の必要性



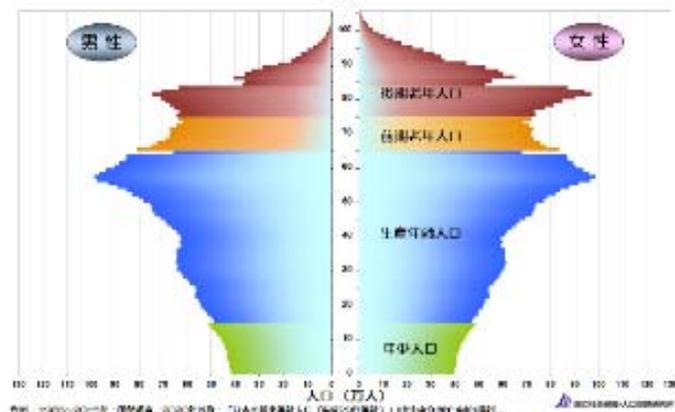
資料：棒グラフと実線の高齢化率については、2015年までは総務省「国勢調査」、2020年は総務省「人口推計」（令和2年10月1日現在（平成27年国勢調査を基準とする推計））、2025年以降は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口（平成29年推計）」の出生中位・死亡中位仮定による推計結果。

2020年

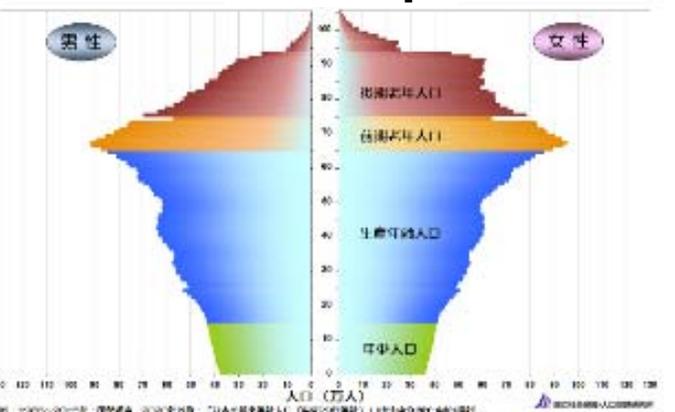
生産年齢人口



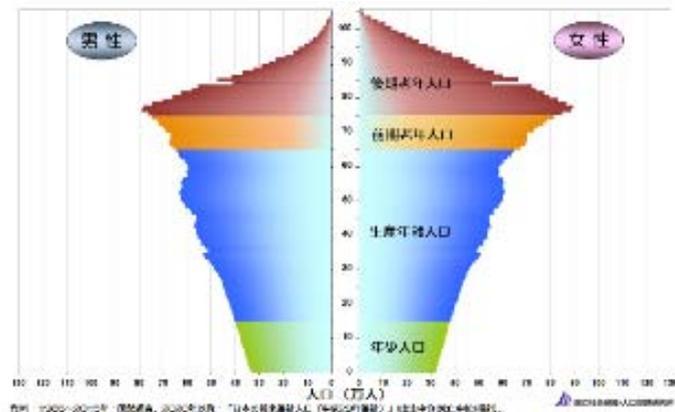
2030年



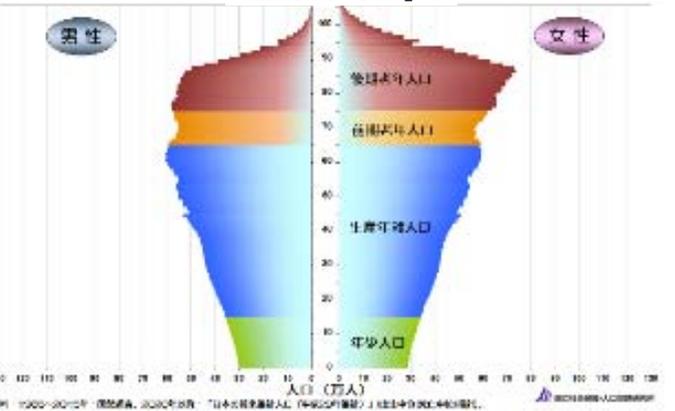
2040年



2050年

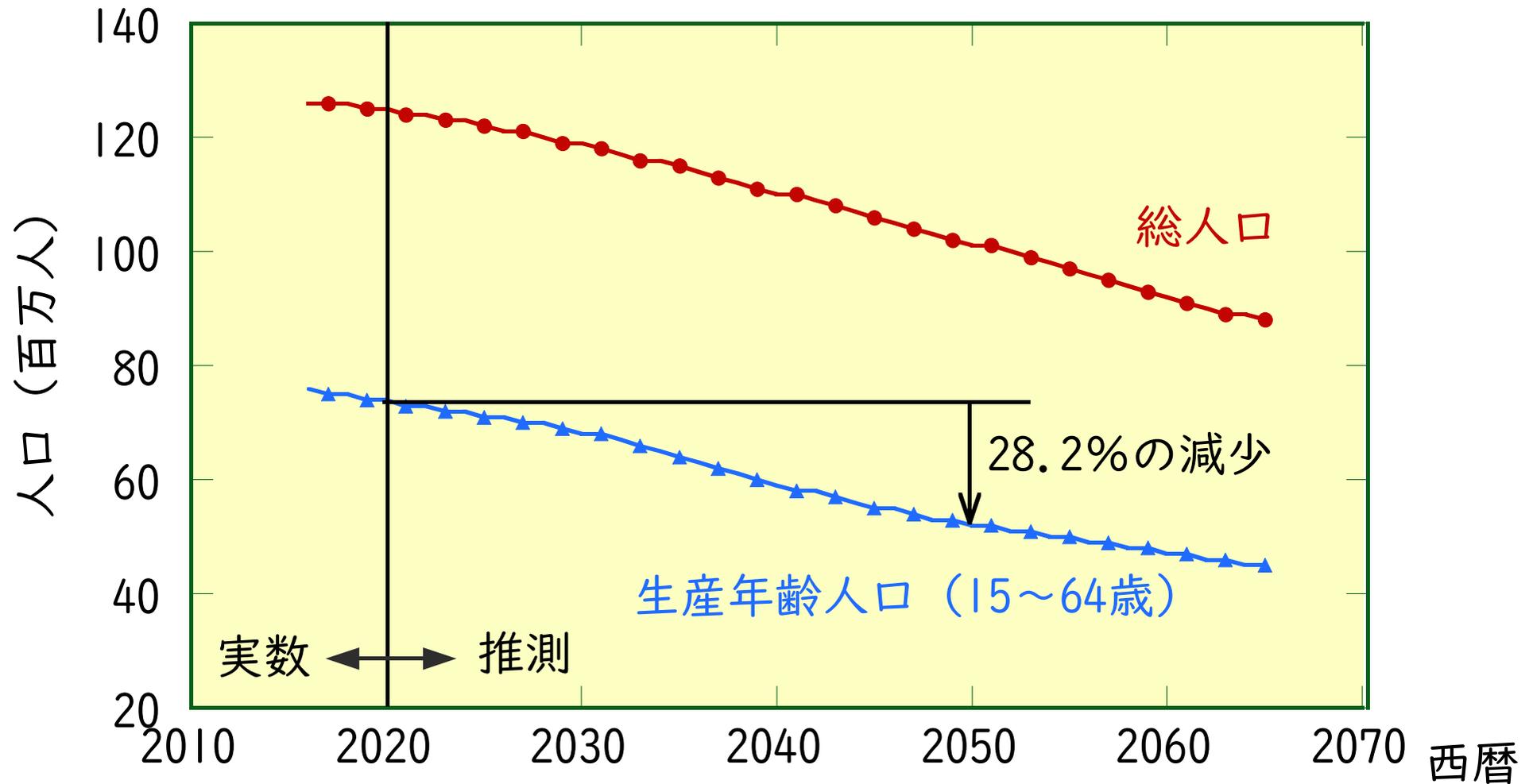


2060年



日本の人口ピラミッド

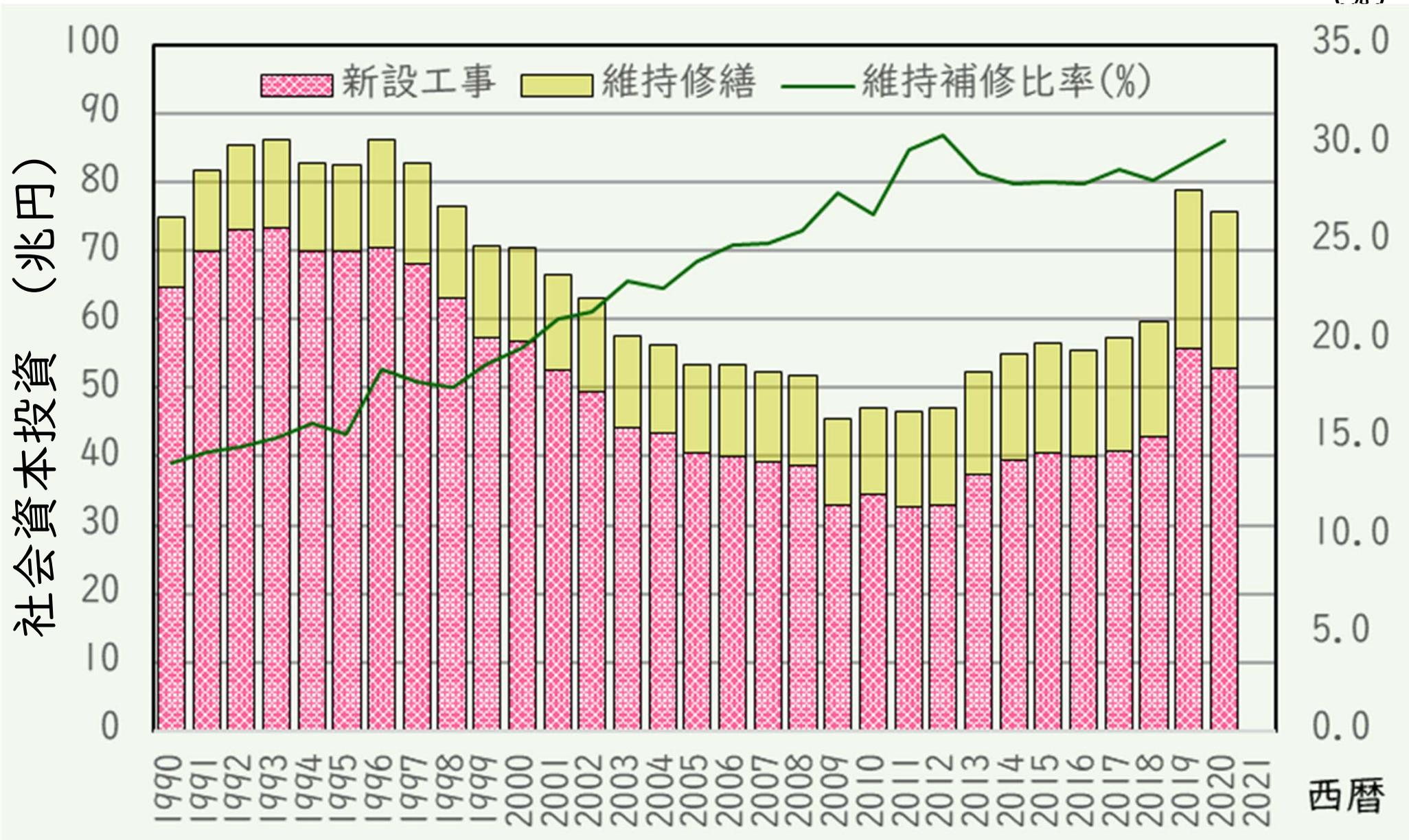
日本における生産年齢人口の推移



国立社会保障・人口問題研究所：日本の将来推計人口（平成29年推計）より作成

- ますます深刻化する建設従事者
- 生産年齢人口減 → 税金・使用料減 → インフラ投資予算の縮小

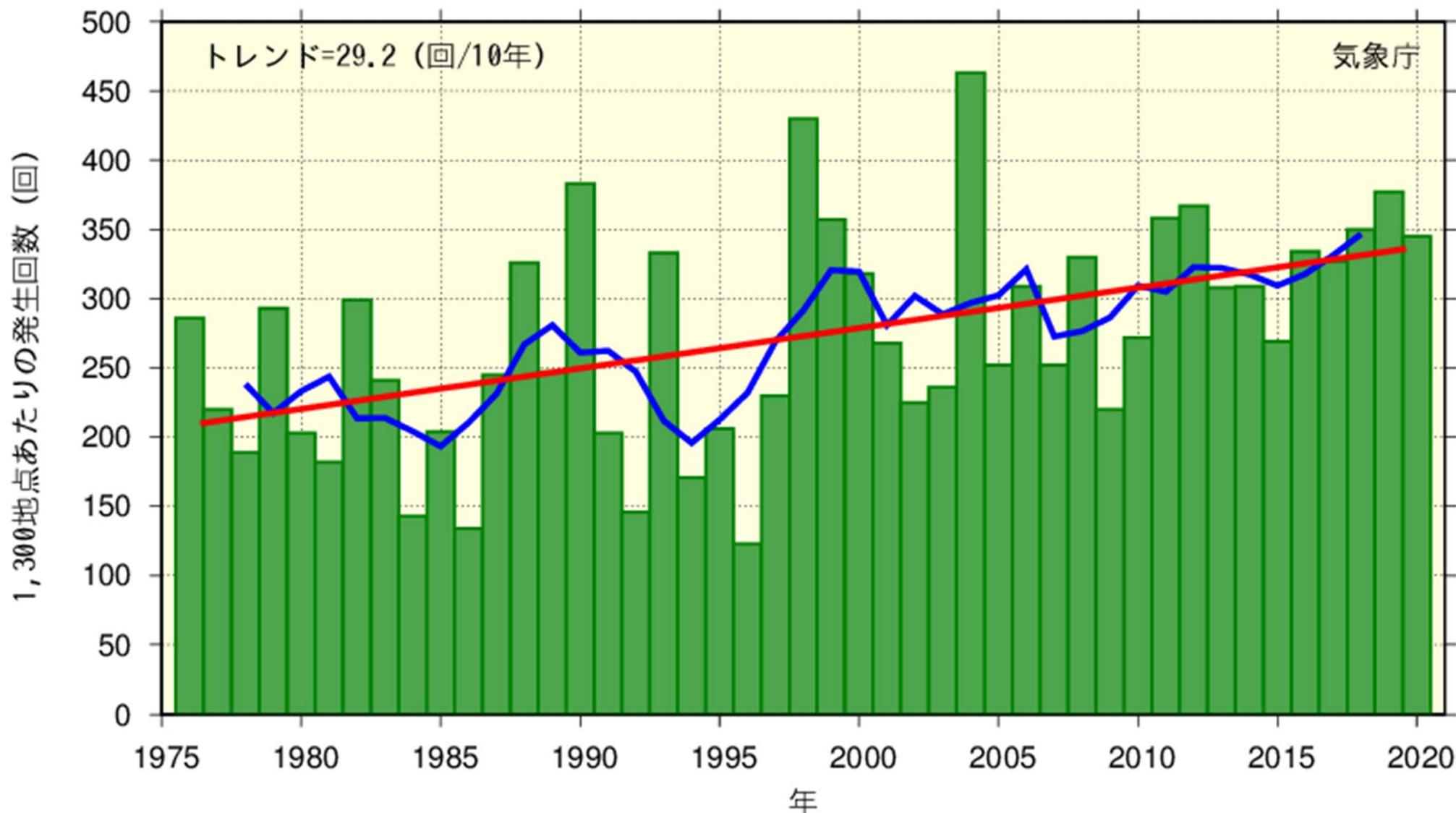
維持管理の視点から：社会資本投資の経年変化 (%)



1990年代に比べ、新設工事は減少／維持・修繕工事は増加。

激化する自然災害の視点から

全国〔アメダス〕1時間降水量50mm以上の年間発生回数



「気象庁・アメダスで見た短時間強雨発生回数の長期変化について」より

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。



福島民友新聞HP版から

2019年10月12日台風19号
20水系・71河川・142箇所
(国交省HP2019.10.31から)

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。

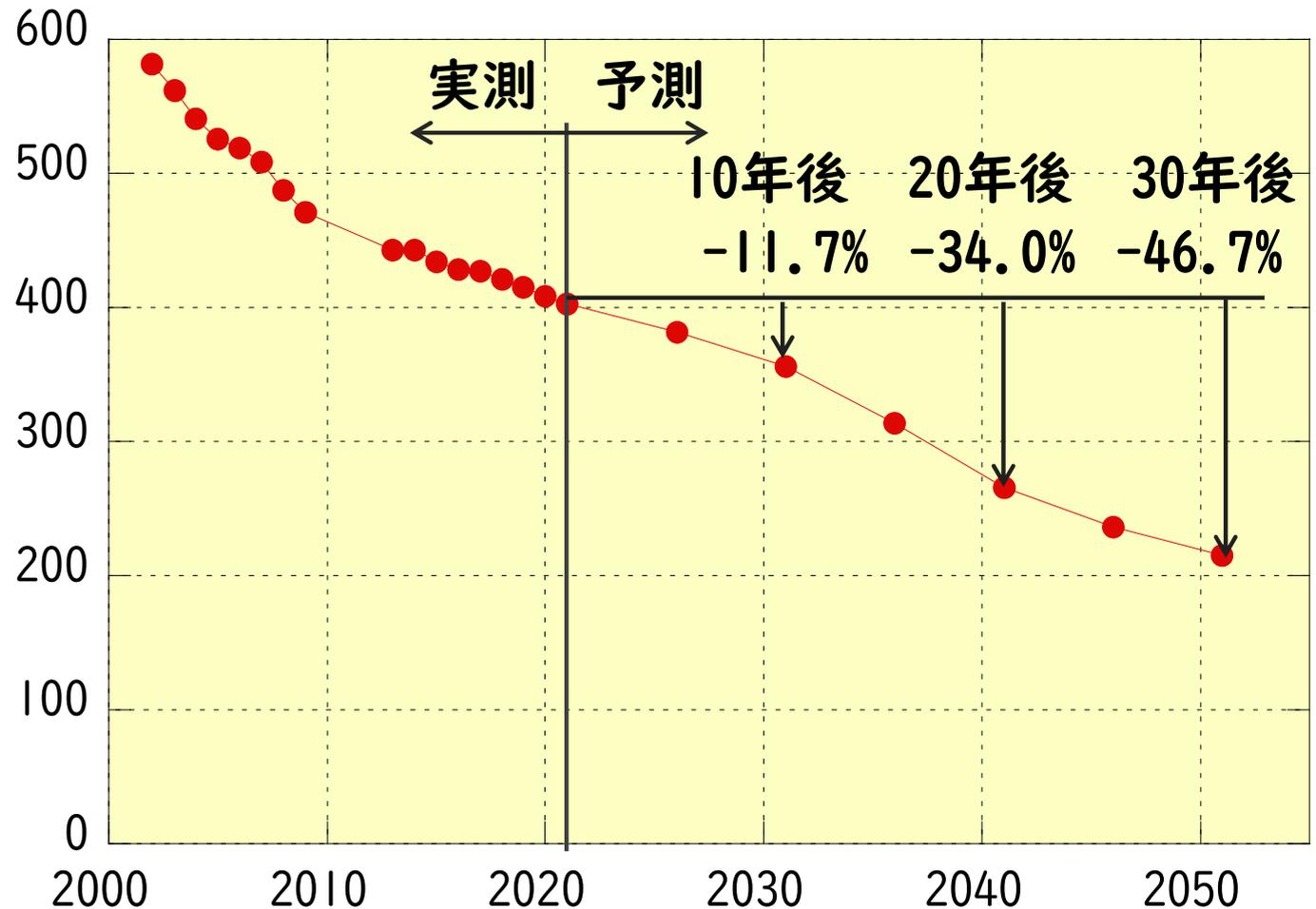
建設を取り巻く課題に対応するためには，これまでの延長線上の議論では対処できない。

建設業における就労者数（15歳～64歳）の予測

年齢層別就労者数（万人）

| 年齢層 | 2021年 | 5年後 |
|-------|-------|-----|
| 15-19 | 3 | 3 |
| 20-24 | 21 | 21 |
| 25-29 | 33 | 21 |
| 30-34 | 32 | 33 |
| 35-39 | 42 | 32 |
| 40-44 | 51 | 42 |
| 45-49 | 69 | 51 |
| 50-54 | 63 | 69 |
| 55-59 | 47 | 63 |
| 60-64 | 42 | 47 |
| 総数 | 403 | 382 |

就労者数（万人）

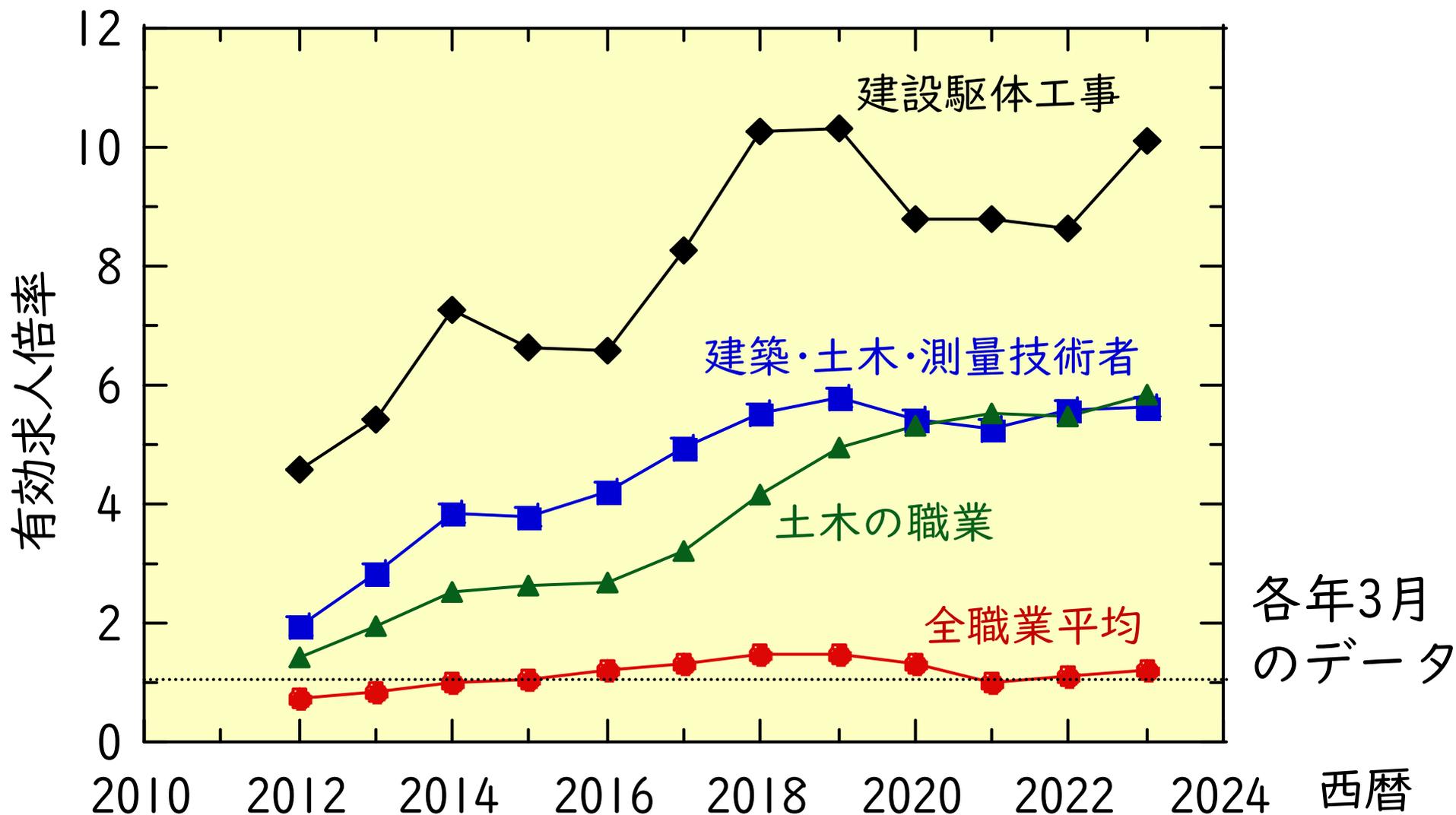


e-Sat>労働力調査>年齢階級，産業別就業者数 から作成

西暦

- 年齢層別の就労人口構成がそのまま推移すると仮定して予測。
- 途中の離職者と入職者は考慮していない。
- 15歳～24歳の入職者数は2021年と同じと仮定（実際には減少）

益々厳しくなる建設業の人材確保



有効求人倍率 = 求人数 / 求職者数 (パートを含む常用の数値)

出典：政府統計窓口 e-Star (<https://www.e-stat.go.jp/>)
 > 一般職業紹介状況 (職業安定業務統計)

人材確保困難時代の対策

1. 少ない人手で今まで以上の仕事ができる
仕組み作り
2. 入職者を増やす取り組み
 - 2-1 建設のイメージ改善
 - 2-2 これまでとは違う担い手の活躍

人材確保困難時代の対策 その1

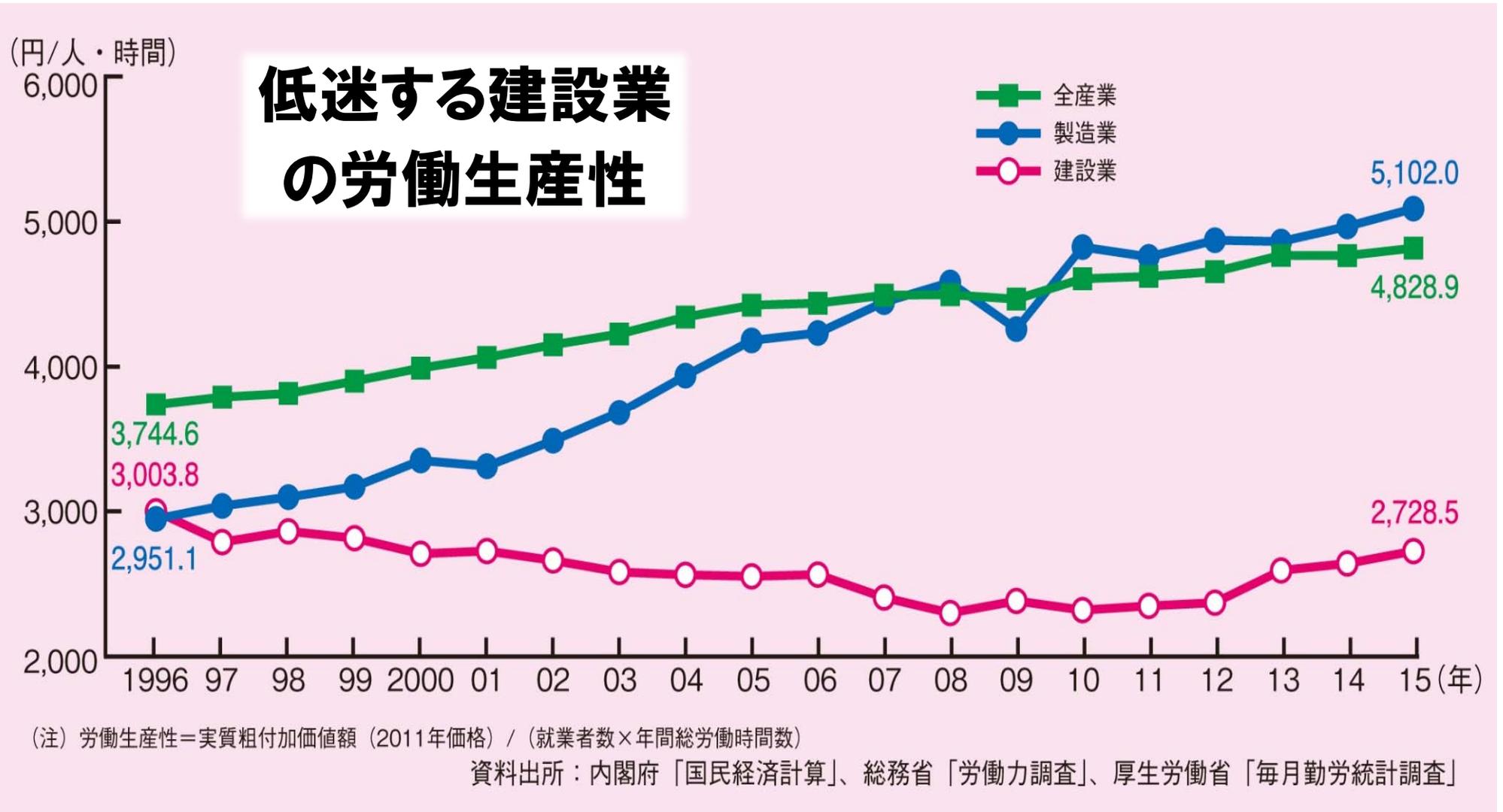
少ない人手で今まで以上の仕事ができる仕組み作り

例えば、今までの半分の人手で
今まで以上の量と質の仕事をこなすには、
どうすれば良いか？

<生産性向上>

実現可能か？

産業別労働生産性の比較



建設業ハンドブック2017（一般社団法人日本建設業連合会）より

★ 建設業は、生産性を大幅に改善する可能性を有している。 ★

建設ICT先進国のスウェーデンとフィンランド

Sweden Volvoの建設機械

Dig Assist

チルトローテーターバケット



Finland Infra BIMプロジェクト



| 国名 | 国土面積 (万Km ²) | 人口 (万人) | 人口密度 (人/Km ²) |
|--------|--------------------------|---------|---------------------------|
| 日本 | 37.8 | 12,550 | 332.0 |
| スウェーデン | 45.0 | 1,045 | 23.2 |
| フィンランド | 33.8 | 553 | 16.4 |

ICTの活用



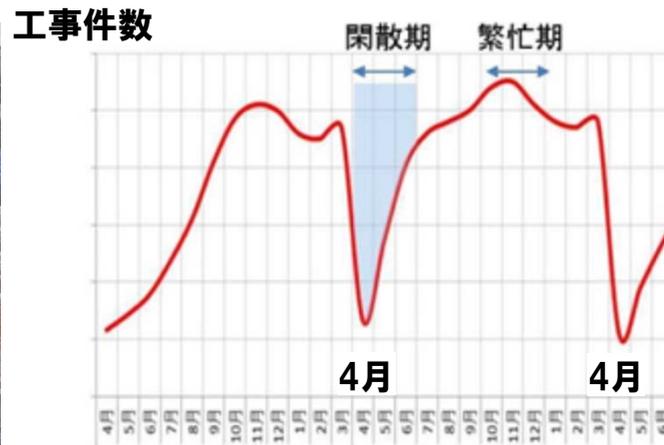
人力に頼る作業

標準化・工場生産



現場作業・単品作業

発注の平準化



季節変動の多い発注



ICT活用による省力化



標準化・工場生産



年間を通じた発注の平準化

II. デジタイゼーション：3Dデータの共有による建設のシステム化

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



③ICT建設機械による施工

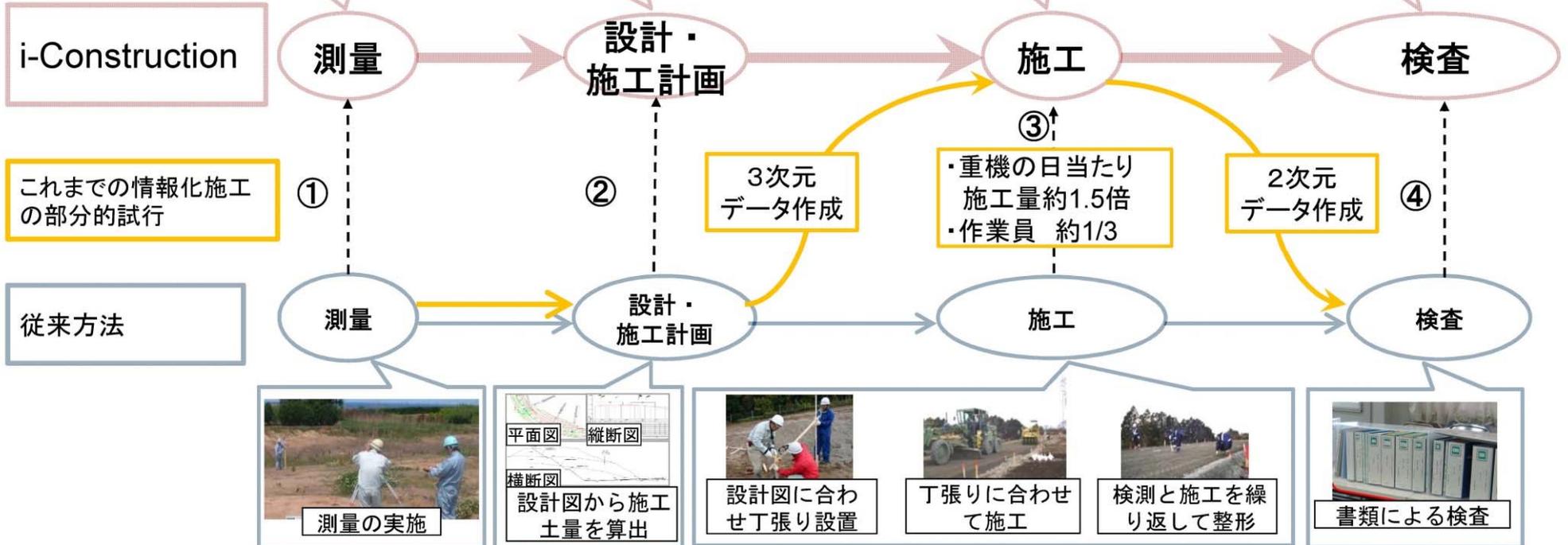
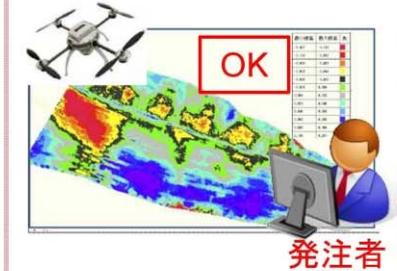
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



※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。



- 国交省では、ICTの活用のための基準類を拡充してきており、構造物工へのICT活用を推進。
- 今後、中小建設業がICTを活用しやすくなるように小規模工事への更なる適用拡大を検討

| 平成28年度 | 平成29年度 | 平成30年度 | 令和元年度 | 令和2年度 | 令和3年度 | 令和4年度 | 令和5年度 (予定) | |
|--------|---|------------|--|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------|--------------|
| ICT土工 | | | | | | | | |
| | ICT舗装工(平成29年度:アスファルト舗装、平成30年度:コンクリート舗装) | | | | | | | |
| | ICT浚渫工(港湾) | | | | | | | |
| | | ICT浚渫工(河川) | | | | | | |
| | | | ICT地盤改良工(令和元年度:浅層・中層混合処理、令和2年度:深層混合処理) | | | | | |
| | | | ICT法面工(令和元年度:吹付工、令和2年度:吹付法砕工) | | | | | |
| | | | ICT付帯構造物設置工 | | | | | |
| | | | | ICT舗装工(修繕工) | | | | |
| | | | | ICT基礎工・ブロック据付工(港湾) | | | | |
| | | | | | ICT構造物工 (橋脚・橋台)(基礎工) | | | (橋梁上部、基礎工拡大) |
| | | | | | ICT海上地盤改良工(床掘工・置換工) | | | |
| | | | | | | 小規模工事へ拡大 (小規模土工) | | (排水構造物等) |
| | | | 民間等の要望も踏まえ更なる工種拡大 | | | | | |

建設における ICT導入：Next Stepの必要性

- ・ 土工と舗装工におけるMG, MC, ドローン測量を主軸にしたICTは一定導入が進みつつある。
- ・ 建設における生産性向上の兆しは見え始めている。
- ・ 導入できる企業は、導入している。所定のICT導入に対応できない企業には別のスキームが必要。
- ・ 特に地方のインフラ整備を支える地方自治体とローカル企業への導入が課題になっている。

+

社会におけるDX推進 ⇒ 建設のデジタル化

Society 5.0

我国が目指すべき未来社会の姿
(第5期科学技術基本計画)

- 狩猟社会 (Society 1.0)
- 農耕社会 (Society 2.0)
- 工業社会 (Society 3.0)
- 情報社会 (Society 4.0)

新たな社会
"Society 5.0"

5.0



2.0



Society 2.0 農耕



Society 3.0 工業

3.0

4.0



Society 4.0 情報

[内閣府作成]

Society 5.0のベース

IoT (Internet of Things) by Kevin Ashton (1999年)

社会の様々な物がインターネットでつながれ、相互に情報をやり取りすることにより、個々の物が持つ機能を画期的に高めていこうとするという概念。

DX (Digital Transformation) by Erik Stolterman (2004年)

高速インターネットやクラウドサービス、人工知能(AI)をはじめとするデジタル技術を活用して、既存の組織や仕組み、手順、モノや情報の流れといったものを根本的に変革することにより、業務の効率化や省力化を超えて、事業や商流の在り方そのものを改革するという概念。

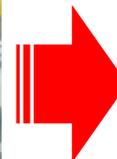
社会の様々な場面で、デジタル化の推進が進んでいく

建設分野におけるデジタル化推進

〔大林組 古屋弘氏の資料を参考に作成〕

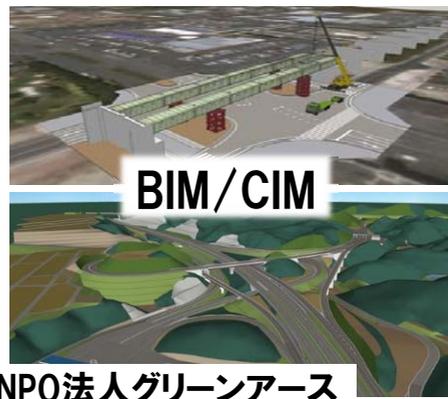
I. デジタイゼーション Digitization

アナログ（作業）→デジタル化



II. デジタライゼーション Digitalization

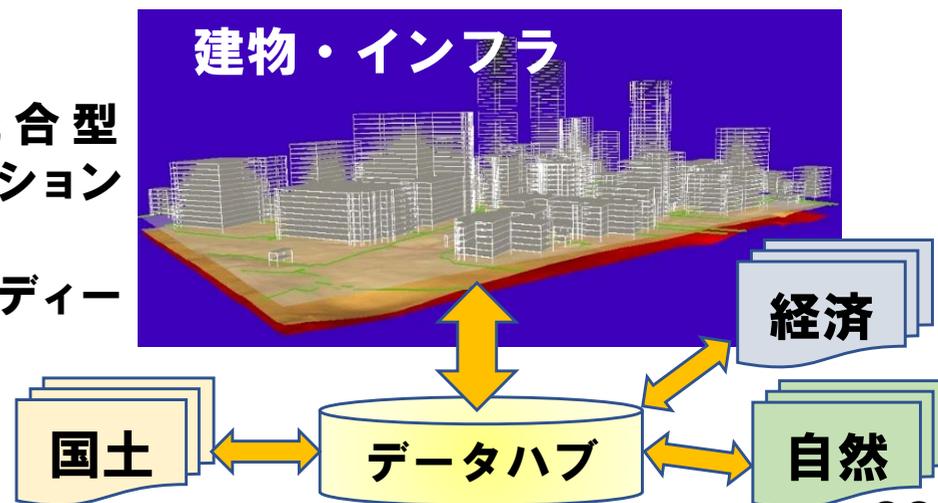
ICTによる建設のシステム化



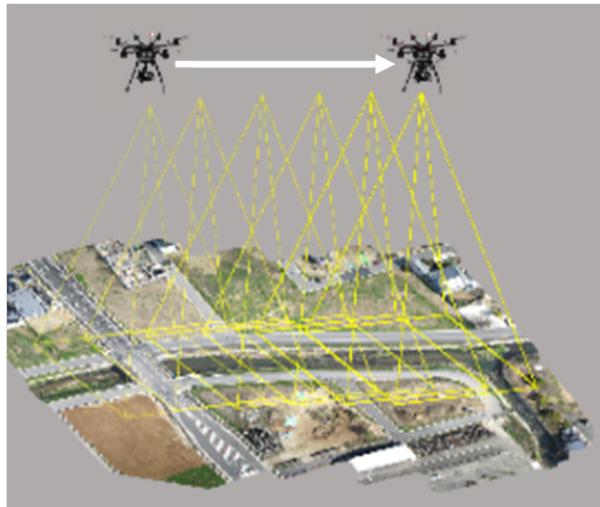
III. 最終形のDX Digital Transformation

データ融合→新たなコンテンツ

データ統合型
シミュレーション
↓
ケーススタディー



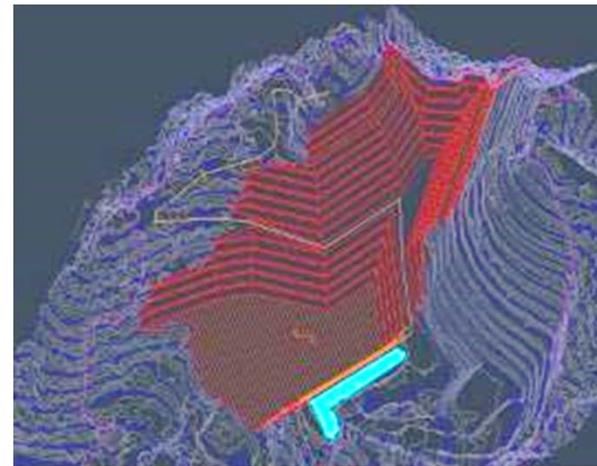
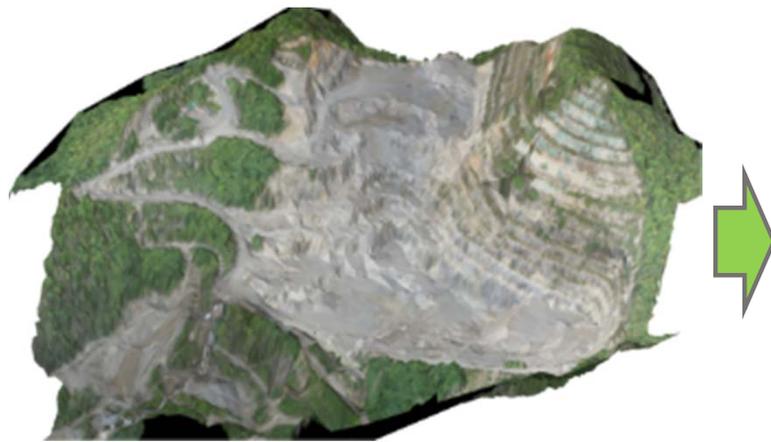
I. デジタイゼーション：ドローン測量



写真のオーバーラップ



画像関連ソフトにより点群を発生



奥村組土木興業(株)

鹿島建設(株) HPより

| 計測方法 | 計測面積 | 計測日数 | 成果品作成日数 | 概算費用 |
|---------|------|------|----------|------|
| UAV測量 | 2ha | 1時間 | 1人工(1日) | 1 |
| 3Dレーザ測量 | 2ha | 1日 | 2人工(2日) | 4.0 |
| 光波測量 | 2ha | 3日 | 10人工(5日) | 5.6 |

II. デジタライゼーション：3Dデータの共有による建設のシステム化

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



③ICT建設機械による施工

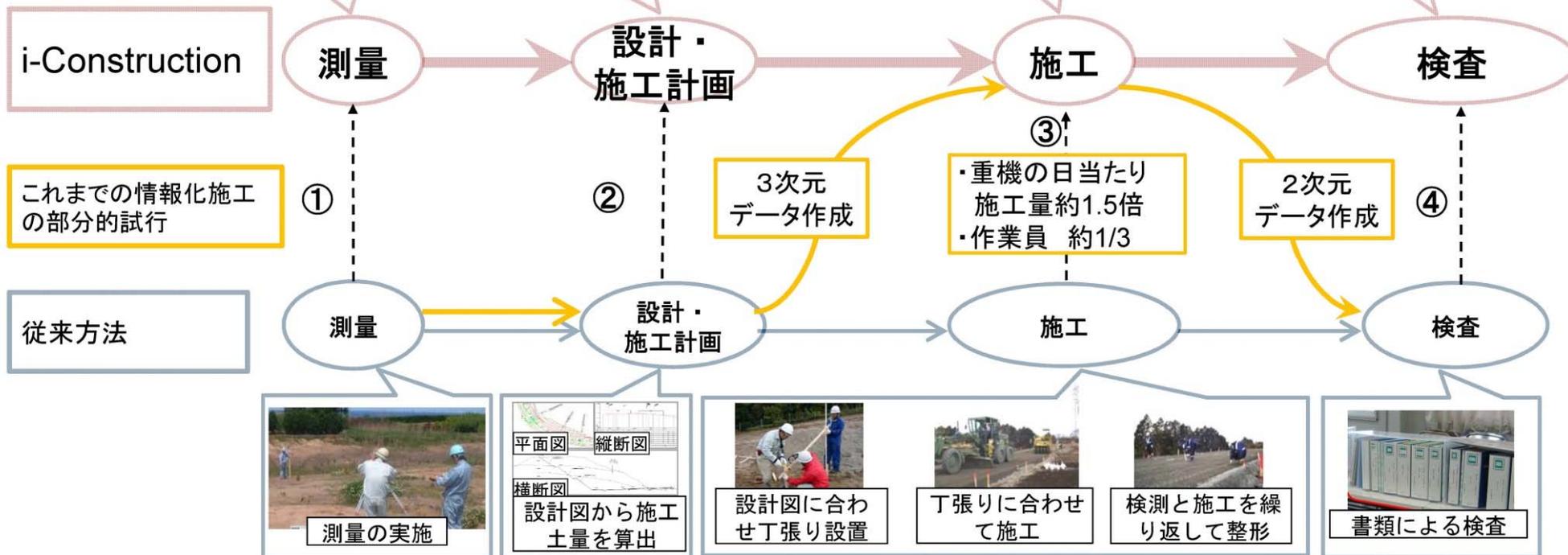
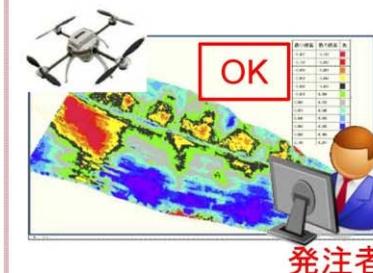
3次元設計データ等により、ICT建設機械を自動制御し、建設現場のIoT(*)を実施。



※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。



III. 最終形のDXの具体例：デジタルツイン DT

「リアル（物理）空間でIoTなどを活用して集めたデータを元にサイバー（仮想）空間でリアル空間を再現する技術」。従来の仮想空間と異なり，よりリアルな空間をリアルタイムで再現できることが特長。現実世界の環境を仮想空間にコピーする鏡の中の世界のようなイメージであり，「デジタルの双子」の意味を込めてデジタルツインとぶ。（SoftBankビジネスブログから）



デジタルツイン と インフラ整備

デジタルツインを導入すると

様々なシナリオを想定したシミュレーション

何度でもやり直せる

最適なシナリオの抽出 ⇒ 都市計画の最適化

新技術導入の効果推定 ⇒ 新技術導入の推進

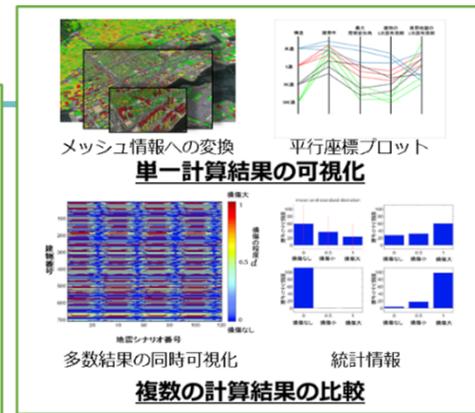
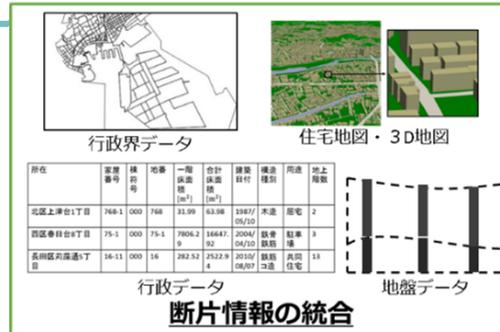
新たな技術開発の誘発 ⇒ インフラ整備の革新

(建設ロボットを前提とした施工法の開発等)

DT 異種シミュレーションの統合

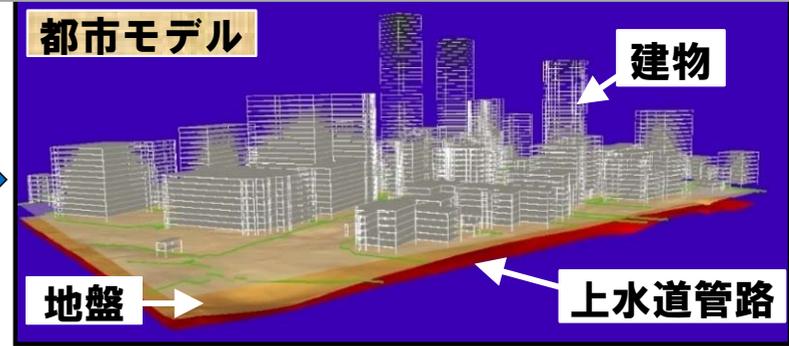
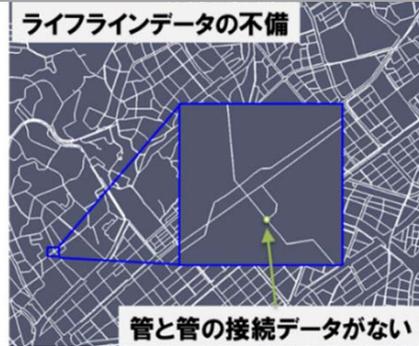
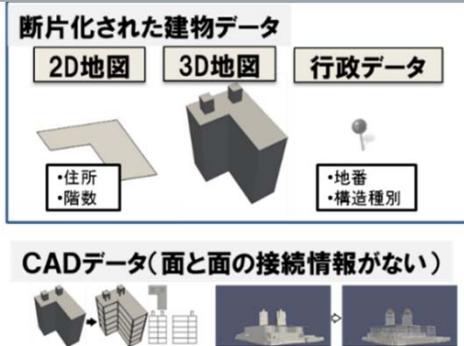
異種データ群

市町村資産
台帳など

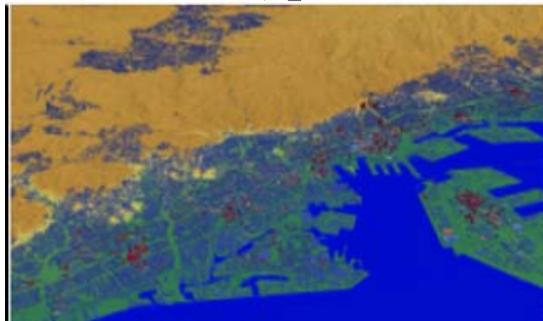


- 民間地図情報
- 行政データベース
- モニタリングデータ
- センサーデータ

データ処理プラットフォーム (IES : Integrated Engineering System)



都市モデルの自動構築 (IES)



地震災害計算



津波災害計算



風水害計算



避難計算

街の丸ごとシミュレーション by 神戸大学 飯塚敦氏

建設分野の情報化 → デジタル化

〔大林組 古屋弘氏の資料を参考に作成〕

I. デジタイゼーション Digitization

アナログ（作業） → デジタル化



II. デジタライゼーション Digitalization

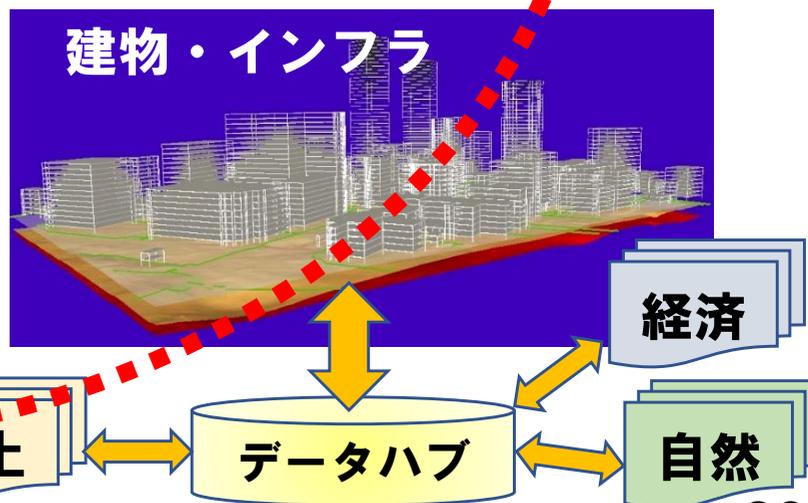
ICTによる建設のシステム化



III. 最終形のDX Digital Transformation

データ融合 → 新たなコンテンツ

データ統合型
シミュレーション
↓
ケーススタディー



DX時代の i-Construction

これまでの i-Construction

II. デジタイゼーション・ICTによる建設のシステム化



これからの i-Construction

- I. デジタイゼーション・アナログ（作業）のデジタル化
- II. デジタイゼーション・ICTによる建設のシステム化
- III. 最終形の DX・多様なデータの融合と活用

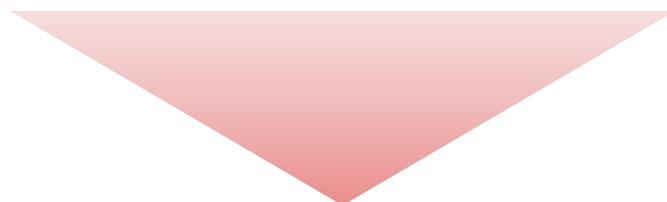
3DのICT施工だけでなく、多様なデジタル技術の活用

インフラ分野のDX(業務、組織、プロセス、文化・風土、働き方の変革)



i-Constructionから始まったICT導入

まずは、導入してみる段階



効率化・省人化効果を確実に得る段階

法面工事の省人化・安全性向上（大翔）

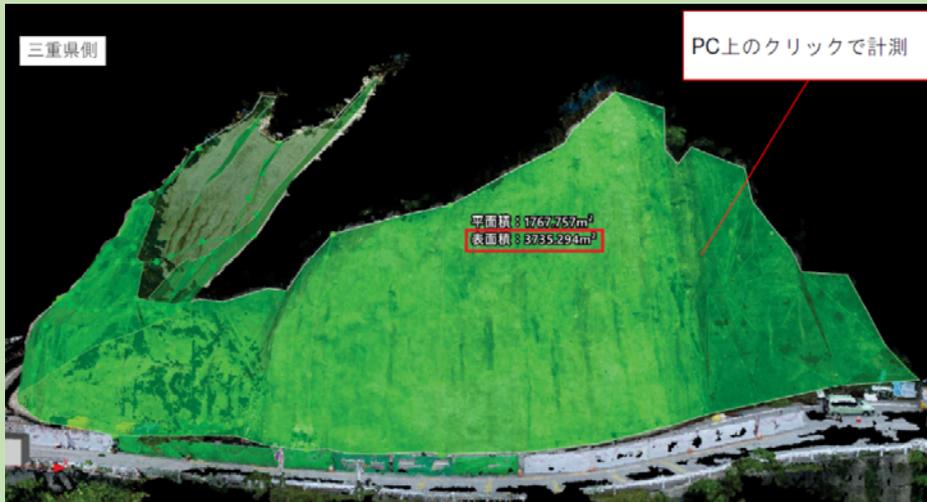


法肩でテープ
を押さえる人

従来計測

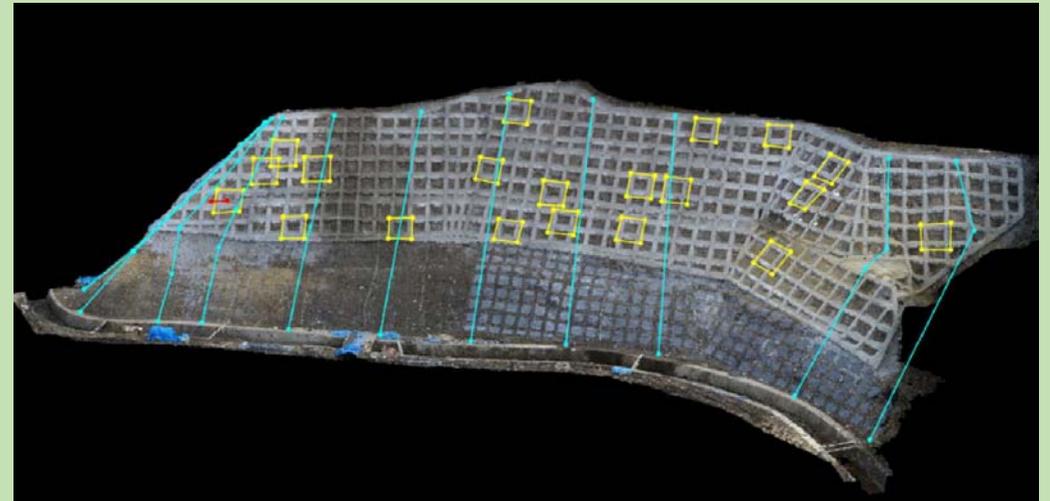


ドローンICT計測
要求精度 10mm



PC上のクリックで計測

平面積: 1767.257m²
表面積: 3735.294m²



法枠の桁延長や中心間隔、幅と高さまでICTで出来形管理を実現

法面工事の省人化・安全性向上（大翔）

法枠桁延 従来計測



発注者の監督員も現地計測

計測テープを押える人

測量時間：4人×16時間
図面作成：4時間

法枠桁延長 ICT計測



測量時間：2人×2時間
図面作成：4時間

法枠中心間隔 従来計測



測量時間：2人×8時間
図面作成：4時間

法枠中心間隔 ICT計測



桁延長計測と同時計測

総作業時間：88時間 ⇒ 8時間 + 過酷・危険作業の削減

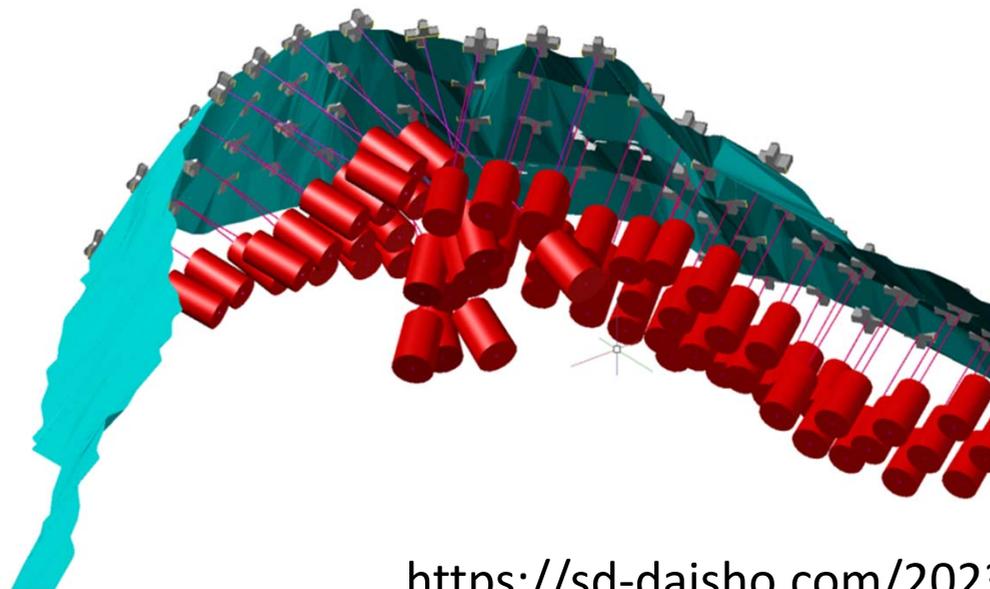
法面工・グラウンドアンカーの干渉確認（大翔）

アンカー同志が1.5m以上離れていることが必要（アンカーのグループ効果の低減）。

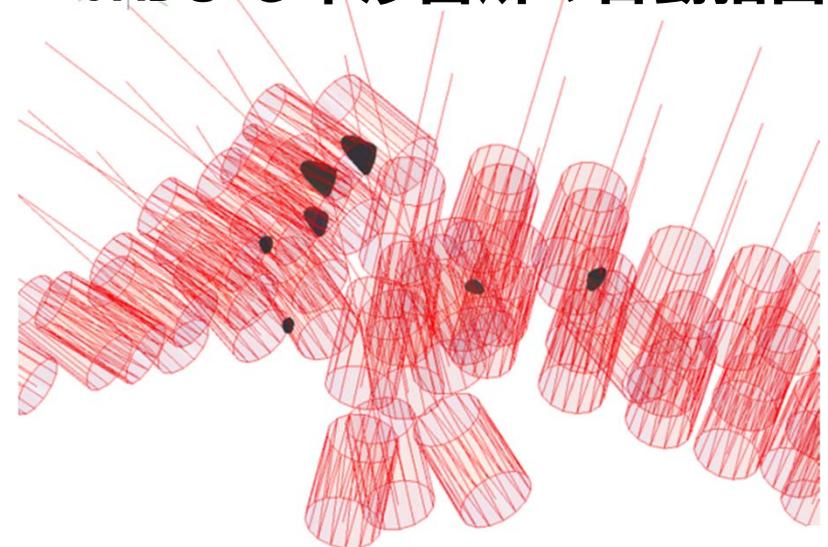
曲面形状法面の場合，地中でのアンカーの干渉チェックが困難。



3Dデータで確認 ⇒ BIM/CIM



CADによる干渉箇所の自動抽出



株式会社 大翔（滋賀県）の事例

目的と目標
の明確化



https://sd-daisho.com/2023/02/08/kensetsu_director/

施工管理者の負担を減らすために、ICT担当の女性社員の採用と育成。

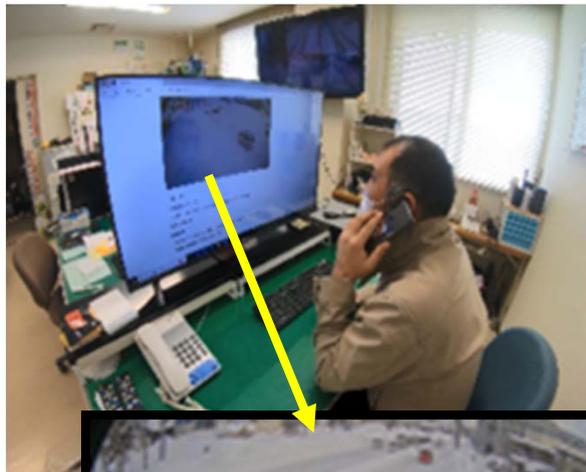
写真整理, 工事書類作成, 起工測量, UAV測量, TLS測量, 点群データ解析, 出来形計測 + 社内のムード作り.

過酷な除雪作業・高齢化する担い手（留萌市 堀口組）

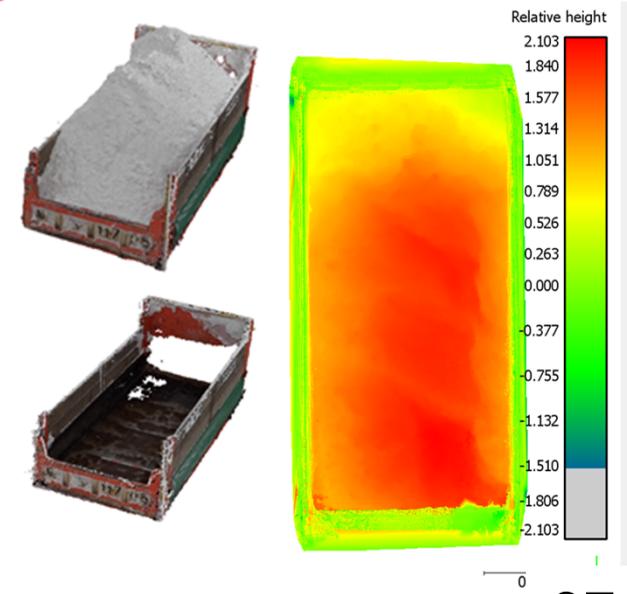


除雪作業の省人化・負担減（留萌市 堀口組）

雪見巡回の効率化

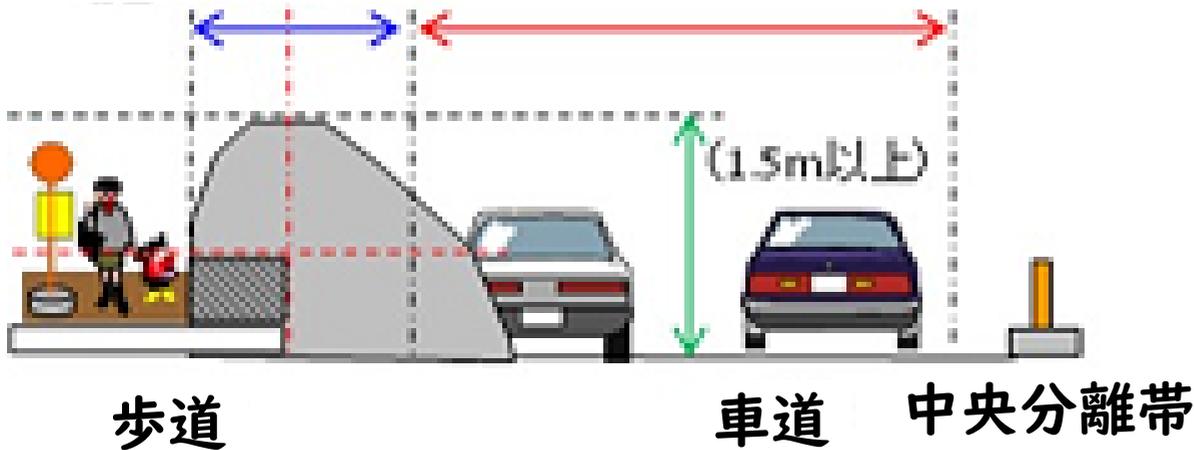


除雪量計測の省人化・効率化

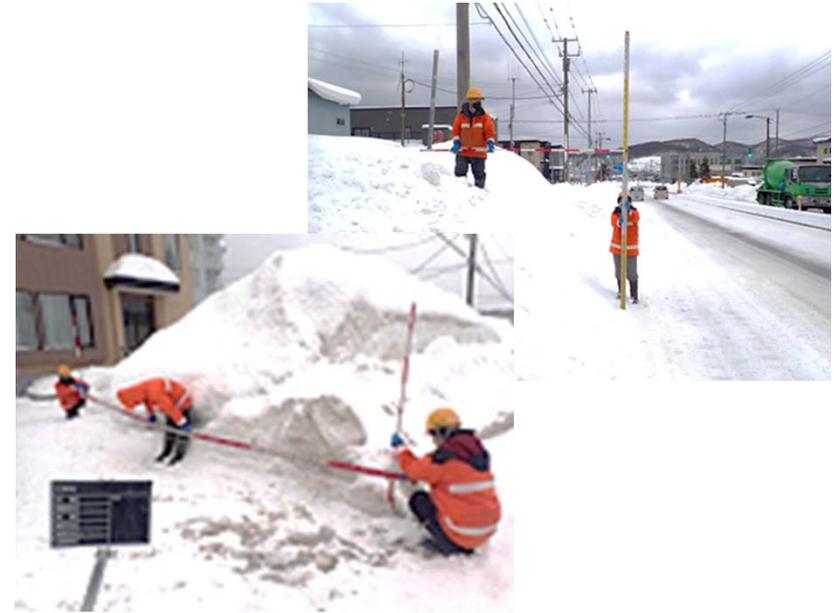


除雪作業の省人化・負担減（留萌市 堀口組）

堆雪スペース 2車線幅 (3.25m以上)



排雪作業の実施基準



積雪量の算出

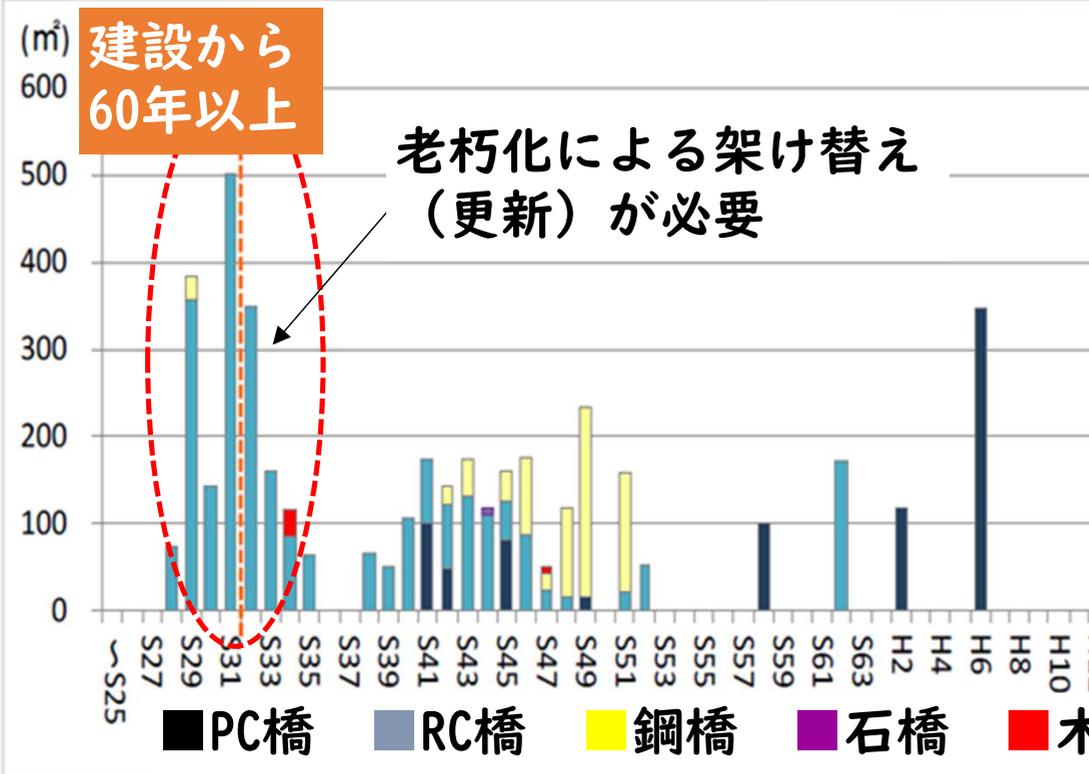
夏季における道路情報の3D計測

積雪状況の3D計測

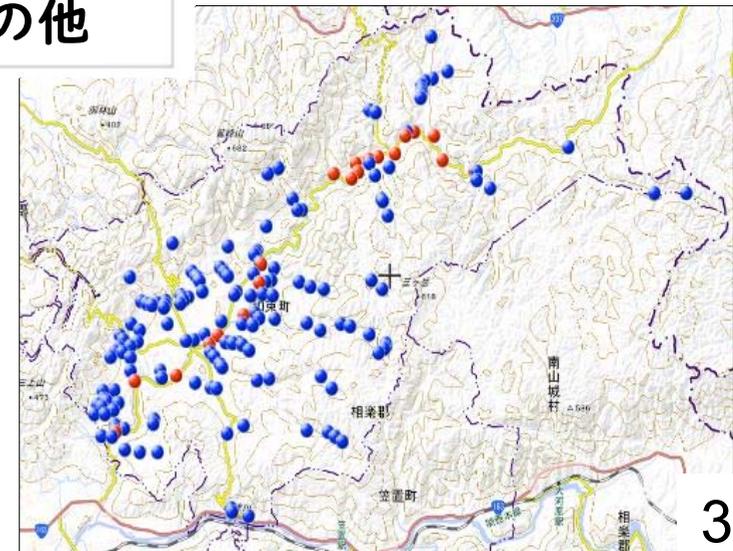
建設IoT研究所，北海道大学，(株)環境風土テクノ等
とコンソーシアム形成

京都府相楽郡和束町

面積：64.93km²・人口：3,304人



| 項目 | 橋梁数 | 比率 |
|---------|------|-----|
| 橋長15m以上 | 20橋 | 12% |
| 橋長15m未満 | 151橋 | 88% |
| 健全度Ⅲ | 6橋 | 4% |
| 健全度Ⅱ | 112橋 | 65% |



祝橋の概要と工事概要

- 所在地：京都府相楽郡和東町式部
- 橋名：祝橋（いわいばし）
- 祝橋（旧） 橋長：38.7m（3径間RC単純T桁橋）
※昭和29年（1954）12月5日竣工
- 祝橋（新） 橋長：46.1m 形式：鋼単純I桁橋
※令和4年（2022）10月31日竣工（周辺道路整備を除く）



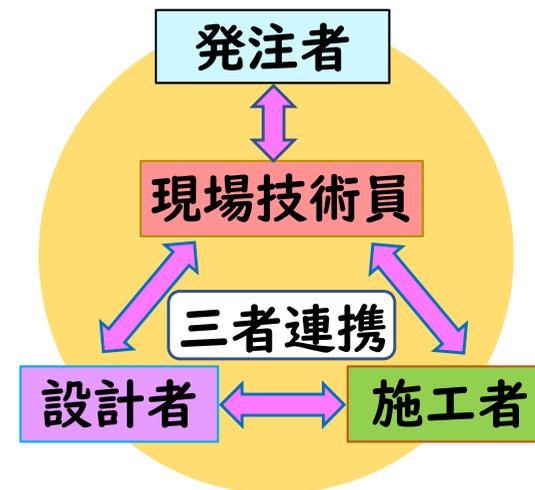
祝橋（旧）2021/03/03撮影



祝橋（新）2022/09/28撮影

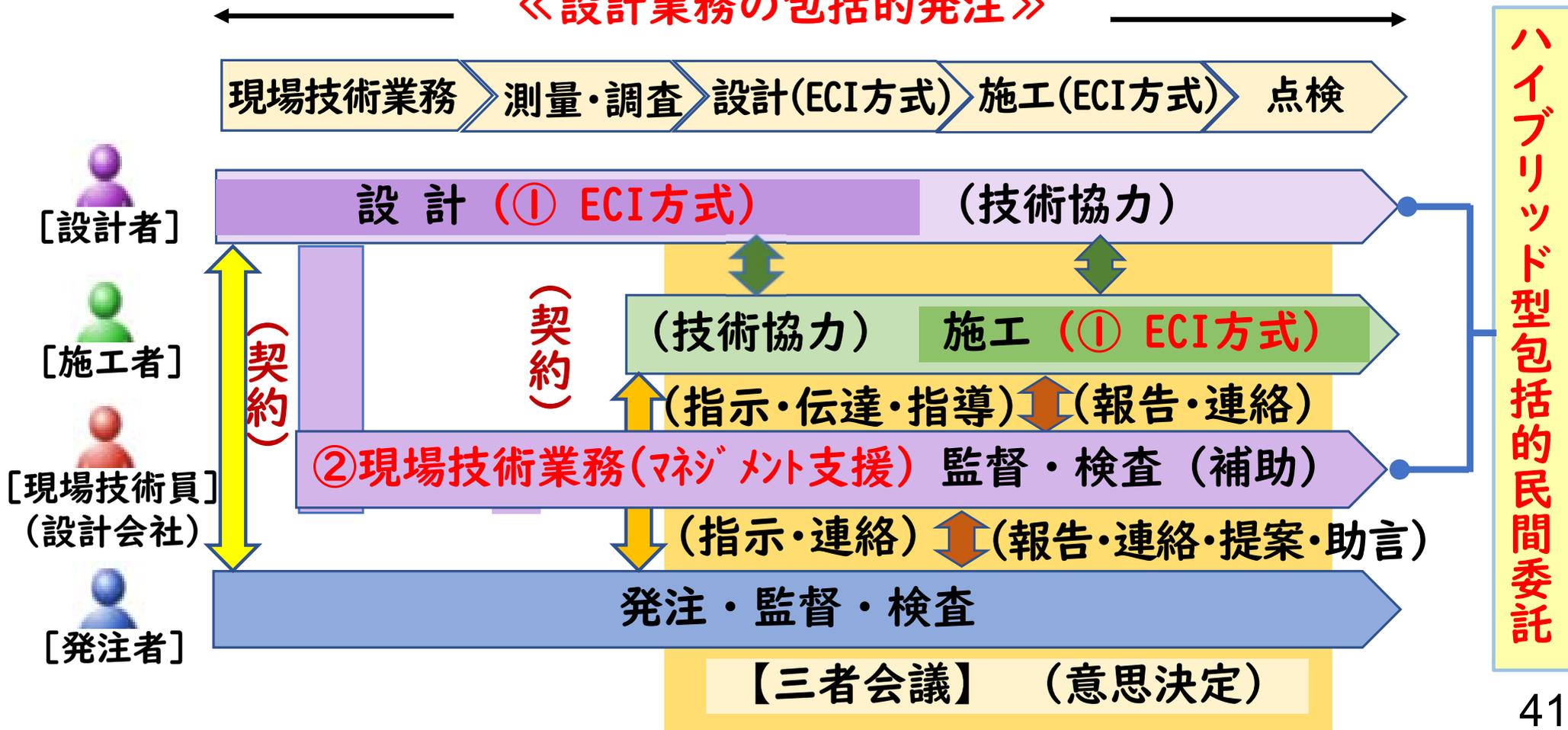
ハイブリッド型包括的民間委託の導入

ECI方式(基礎自治体仕様) + 現場技術業務による支援



【ECI方式+現場技術業務】

《設計業務の包括的発注》



主なDX試行の一覧

調査・測量

橋梁詳細設計～
関係機関協議等

施工（施工管理・段階
確認・出来形検査）

点群による地
形データの取得



重機の配置・
動作確認



ウェアラブルカメラに
よる段階確認



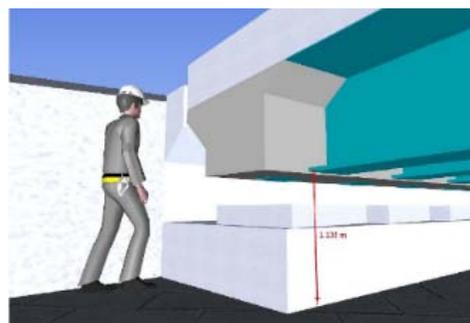
AI配筋検査システ
ムによる確認



橋梁設計
(BIM/CIM化)



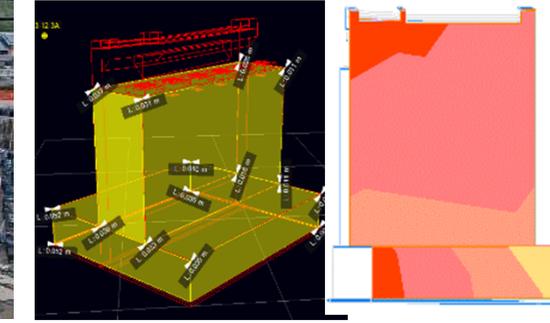
維持管理スペースの確保確認



定点カメラによる
全体進捗把握



国交省要領に
よる出来形検査



工期内に所定の品質を有する新橋の架設を完了

DXのさらなる導入に向けて

- 有用な技術は、多数開発されている。
- それをどう使うかが問われている。

企業がDX推進を実現するには

1. 企業の経営層が導入（投資）を決断
2. 現場担当者が有効に活用

この構図は、発注者（自治体）でも同じ

北海道 堀口組コンソーシアム PRISM総括報告会 2023.6.9
統括討論会 『DX推進が北国のインフラ維持を変える』から

ICT導入に積極的に取り組んでおられる 企業の経営層に聞いてみました

『なぜ、ICT導入に舵取りしたのか？』

受働的な理由

- 国が進めているから
- 総合評価で評価されるから

主導的な理由

- 将来の人手不足に備えた企業体質の改善
- 熟練技術者の退職による技術力低下対策
(若手技術者の現場経験知の早期育成)

ICT導入に取り組んでいる企業の技術者に聞いてみました

ICT導入で困っていることは？

- 新しい技術に関する情報が無い
- 何から始めれば良いのかわからない
- 行き詰まっても、相談できる人がいない
- 社内でなかなか評価されない

- 
- 経営層と現場技術者の協調が重要
 - 組織を超えた相互サポート体制が必要

1. 効率化と省人化が進む。

- 遠隔臨場 → 現場へのアクセス時間が大幅に削減
- ドローン測量 → 時間と手間を大幅に削減

2. 技術者の経験知の早期育成

- 熟練技術者の現場知の継承
- 豊富で多様な情報と手法による現場経験

3. 多様な人材の活躍

- これまで建設工事に関わることが無かった人に仕事を分担してもらえる。
- 技術者は浮いた時間を使い、より専門性の高い技術的な仕事に余裕を持って取り組むことができる。

2. 技術者の経験知の早期育成<映像活用の事例>



① 映像の記録機能の活用効果

- 不具合, 事故が起こった際の原因分析等
- アーカイブ化による後発工事の事前検討
- 施工計画の検証とそのフィードバック

② 社員の技術教育での活用

→ バーチャル教育による若手の経験知の育成



3. 多様な人材の活躍



ICTによる建設のシステム化

(株)マツザワ瓦店（名古屋市）の取り組み

課題から始まった屋根工事のシステム化



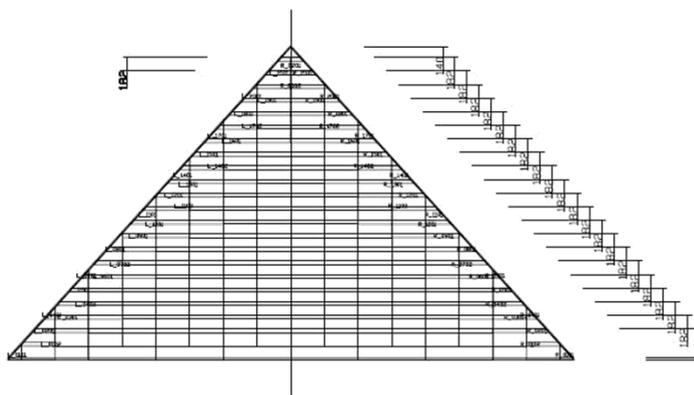
高所での作業，職人の高齢化と後継者不足，
低迷する生産性，…………… 課題の多い職種

屋根工事のシステム化

ドローン等を用いた3D測量



→ 3D CAD → プレカット作業 → 屋根上作業



図面調達 (新築)
現地測量 (葺替,
災害復旧)

3Dデータによる設計・施工計画・積算

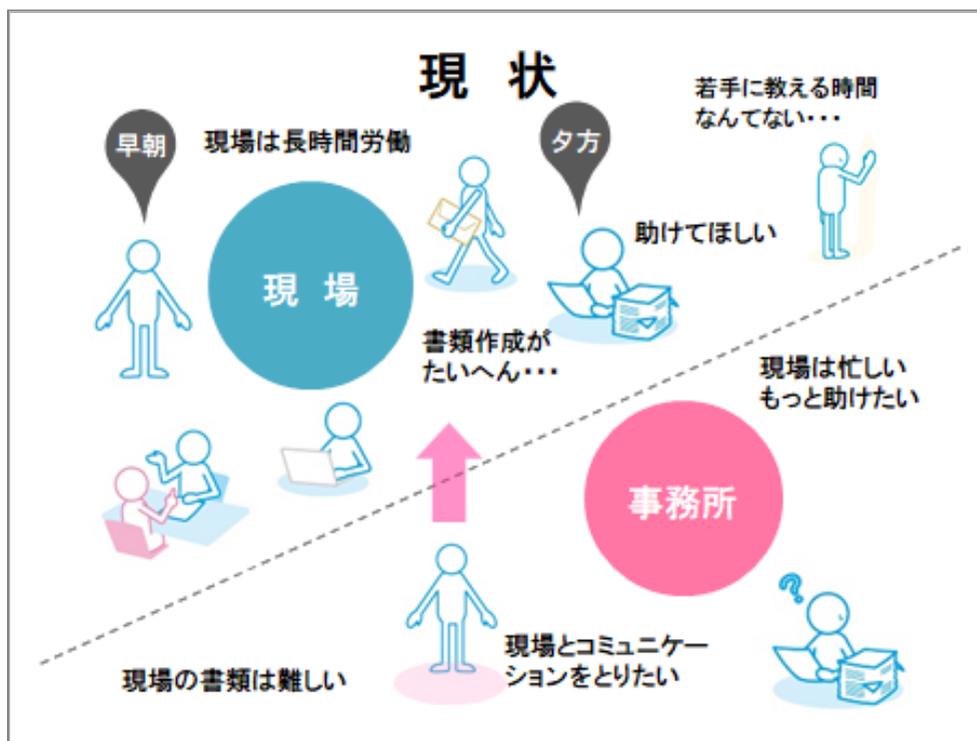
材料の加工

工事

付随作業

付加価値作業

建設ディレクターによる技術者支援



- 現場技術者は、書類作成業務で長時間労働
- 人材不足で技術継承が困難
- 現場と事務所のコミュニケーションレス

事務職は、専門スキル習得でスキルアップ
ITとコミュニケーションスキルで現場支援

建設ディレクター育成プログラム



社会人基礎力/キャリア/建設業法、施工管理/書類作成
写真管理/CAD/積算/原価管理/コミュニケーション
全60時間 修了認定 一般社団法人建設ディレクター協会

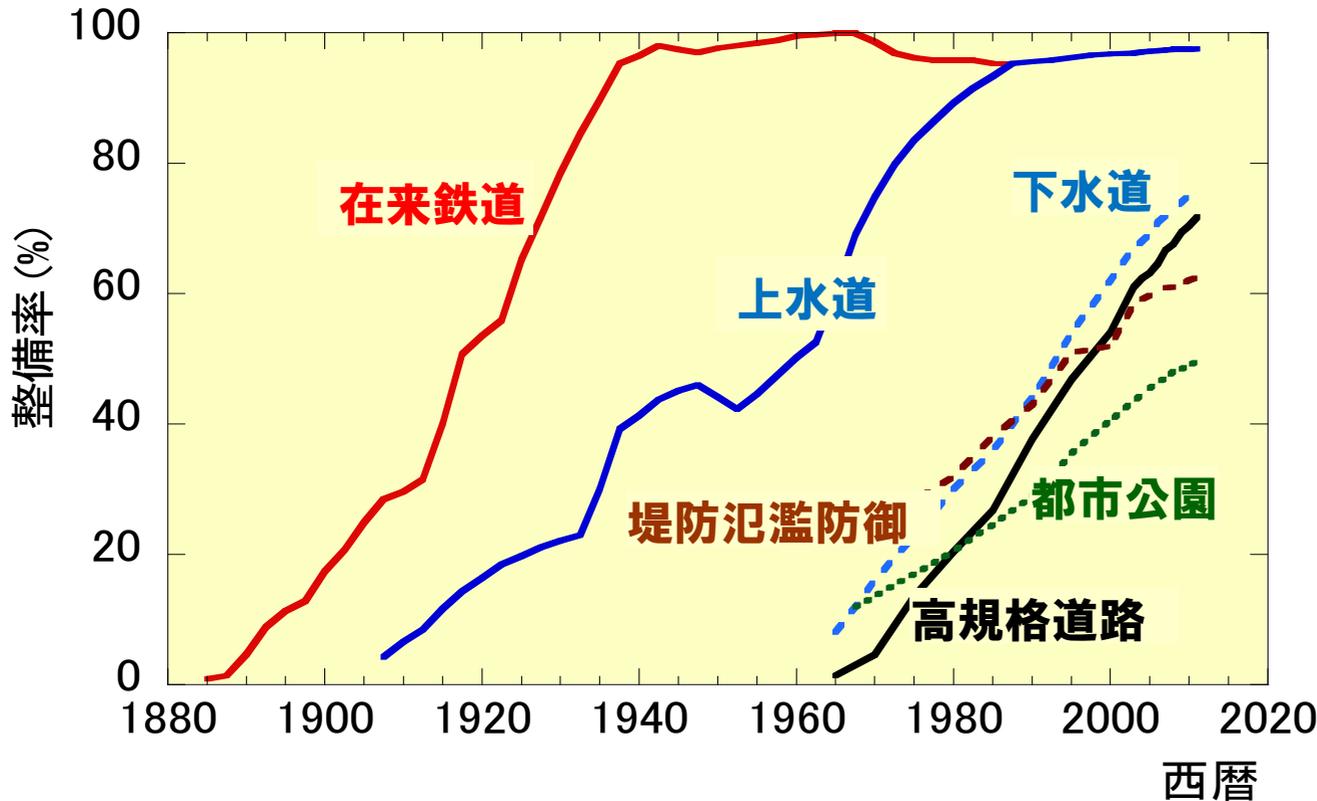
女性が働き方(役割)を変えて活躍する

- 事務職の職域拡大(職務追加、配置転換)
- 女性技術者の復帰ポジション(産休、育休)
- 新規雇用(情報技術、未経験者)

業務の効率化・生産性向上！
働き方改革の実現へ

資料提供: 京都サンダー(株)

ICTの導入意義：技術者の技術力の視点から



設計の体系化
基準の設定
施工のマニュアル化



効率的なインフラ整備の仕組み



工事方法の固定化
技術者の技術力の低下

技術者の技術力とは

計画外, 予定外, 未知なる
事象に適切に対応する力

付加価値の高い現場での仕事への
集中による豊富な経験と知識

ICT, AI等の先端技術の活用による
的確な状況認識と意思決定

これからの技術者に求められる素養

人材確保困難時代の対策 その2

<建設業への入職者を増やす>

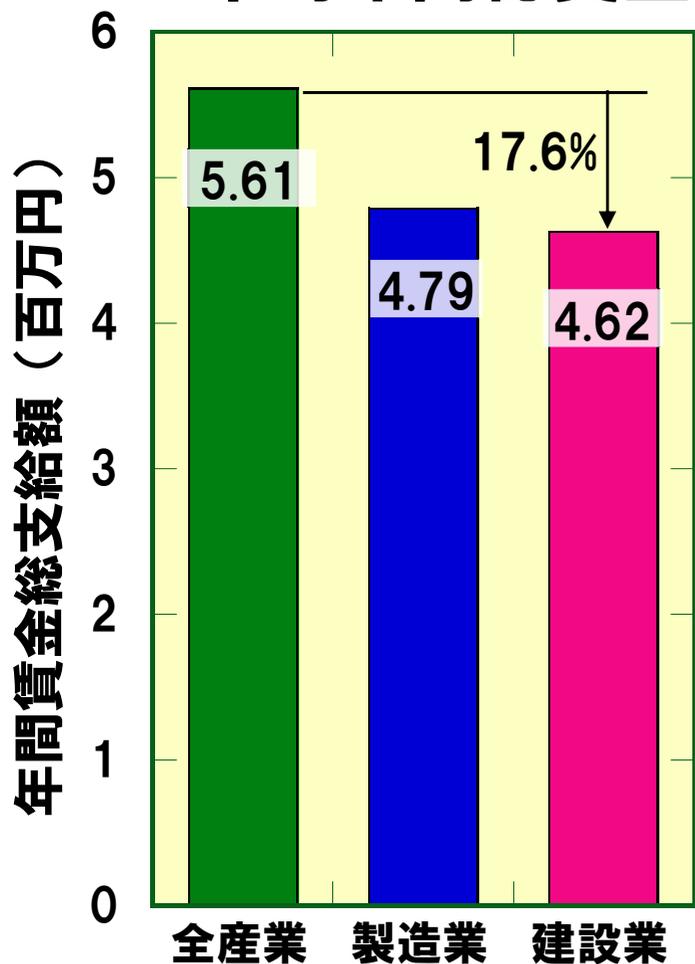
「なぜ建設業への入職者は、少ないのか？」

- ① 旧態依然としたイメージ
- ② 3Kで象徴される産業体質
- ③ 知識や経験が必要そうで入り難い

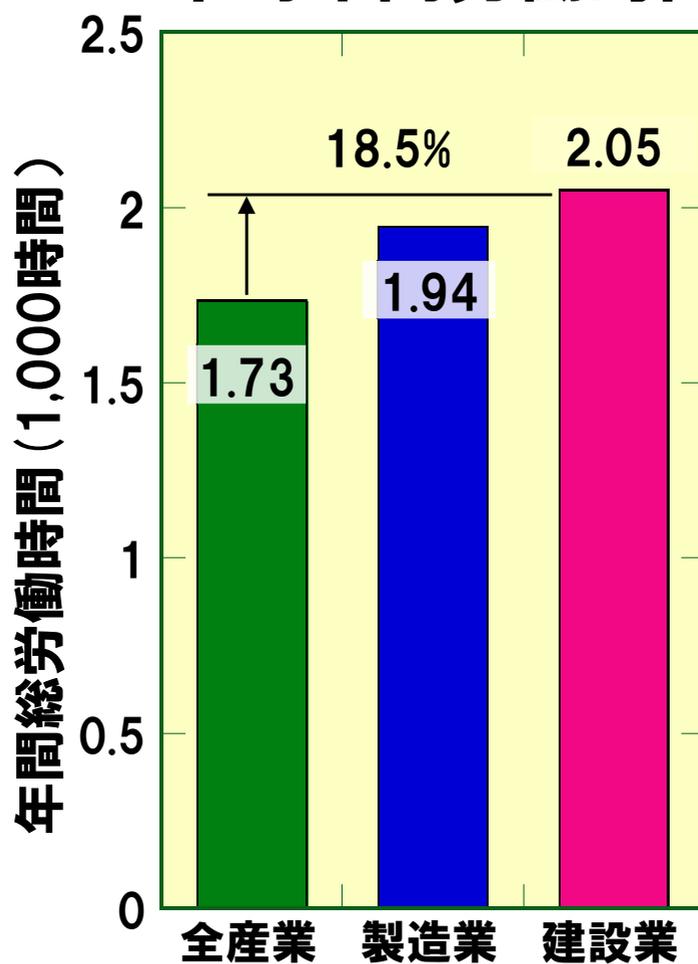


建設産業の実情 他産業と比較して

平均年間総賃金



平均年間労働時間



年間死亡者数



他産業に比べて低い賃金水準
(全産業平均の82%)

他産業に比べて長い労働時間
(全産業平均の118%)

全産業の32%を占める労働死亡者数

人材確保困難時代の対策 その2

<建設業への入職者を増やす>

「なぜ建設業への入職者は、少ないのか？」

- ① 旧態依然としたイメージ
 - ② 3Kで象徴される産業体質
 - ③ 知識や経験が必要そうで入り難い
- 他産業に比べ
マイナス
のイメージ

人口減少の中、他産業でも人材確保に力を入れてくる。

マイナスを無くすだけでは入職者は増えない。

他産業にはないプラスの要因（魅力）の創出が必要

建設業の魅力とは？

多くの人々が「この業界で仕事をしたい」と考えるようになるには、何をすれば良いか？

今の従事者が、やりがいを感じ、生き生きと仕事をする姿をみせること。

それを実現するには、

- ① 給料・休暇・希望 ⇒ 新3K
- ② 仕事に対する自負 ⇒ 社会への貢献
- ③ 創造性・工夫・チャレンジ ⇒ 新鮮さ

地域生活に直接貢献する建設業



生活インフラの維持管理

やりがい



和歌山県 水道橋の崩落



水道管の破裂による道路陥没



舗装の劣化



橋梁の劣化

激化する自然災害への対応

やりがい

外水氾濫



浸水・内水氾濫



(1999年6月29日 福岡市 朝日デジタル)

土石流



2011年8月 田辺市中辺路町

地すべり・がけ崩れ



滋賀県朽木村
2006年6月

社員の意識改革 普段を当たり前と思わない

1966年設立

社員数 55名

社員による工事・
作業の改善提案

社内共有サイト

改善のヒント

| 年度 | 提案件数 |
|-------|------|
| 2014年 | 79 |
| 2015年 | 55 |
| 2016年 | 58 |
| 2017年 | 69 |
| 2018年 | 74 |
| 2019年 | 61 |
| 2020年 | 63 |
| 2021年 | 68 |

社外展開



はつりガード（市販）59



寿goodJob

福島県福島市の寿建設です。当社の「私の提案制度」で実施された、現場の改善事例を紹介します。
<https://www.kotobuki-c.net/>

6 フォロー 4 フォロワー

+ フォロー

ホーム 記事 マガジン スキ 月別

固定された記事



【商品化された改善事例】ブレーカー飛散防止装置

【改善】大型ブレーカーでの研り作業時の飛散防止として、ブレーカーのノミ先に壊れた網戸からはずした網...

寿goodJob
1か月前



https://note.com/kotobuki_goodjob/

社員のイノベーションマインドの育成

建設業の魅力とは？

今の従事者が、やりがいを感じ、生き生きと仕事をする姿。

チャレンジングな要素が必須

小さな取り組みから始めて、うまくいくようであれば、さらに進めれば良い。

建設でも、失敗を責めるのではなく、挑戦を評価する文化の醸成が重要。

少しでも余裕のある今、できることに積極的にトライすることの重要性

建設改革の推進に向けて

やらない理由を考えるのは、やめよう。



少しでもやってみようと思うのであれば、

- 何を目指すのか。
 - その実現のために何をすれば良いのか。
- を考えよう。

Be uniform !



Be different !