

技術講習会（第13回）
～コンクリートの品質確保～

品質確保の取組みと 生産性向上について

国立高等専門学校機構 福井工業高等専門学校
校長 田村 隆弘

2019.9.17
山口県健康健康作りセンター

プロローグ

Iさん : 先生、今回は「品質確保と生産性」で講演をおねがいします！

田村 : 「品質確保と生産性」って、生産性を上げるにあたって品質もちゃんと確保しなさい。良い物を作りたいということですよ。ということで、以上、宜しくって感じかな。

Iさん : いやいや、生産性向上が注目される昨今において、丁寧な施行（施工の基本事項の遵守）をこれまでと同様に意識して取り組むことの重要性、また、密実なコンクリート構造物に期待できる長期耐久性等について、先生のご経験やご功績からコンクリート構造物に関係する県内外の技術者にご教授いただきたいです！

田村 : ……、勉強してみます。はい。

今、なぜ生産性を上げる必要があるのか。単なる流行か。
建設業界における生産性向上とは。
今更、なぜ「品質確保と生産性」と声高にいう必要があるのか。
安易に生産性を高めることに走ってしまうと、コンクリートに不具合が発生するという……過去がある。

災害大国日本、

周期的に訪れる震災・・・なのに、
繰り返される惨禍。



世界規模での気象変動
多発する豪雨災害
台風の大型化
高まる地震発生率、そして、**津波**



土木は、

- 人々の安全な生活を守る社会基盤をつくる
- 社会基盤を考える観点（切り口）は様々
 - 経済問題、環境問題、温暖化、人口問題、...
- 社会基盤を構築する材料や技術も進化
 - 材料・・・鉄、コンクリート、...
 - 技術・・・設計、解析、施工、...

- 都会への人口集中
 - 必要とされるさまざまなインフラストラクチャー
- 発展する世界の中で
 - 自然と人間社会の共存をどう考える
- 未来のために、今、どう行動する

思いて学ばざれば則ち殆うし（あやうし）

孔子

『なんとかしなければ』と思っても、
学ぶ努力をしなければ・・・あやうし

同じ失敗をくりかえす

耐久性と自然の摂理

• 全ては、化学反応

「化学変化によって物質が形成され、化学変化によって物質が解体する。」

- 樹木は二酸化炭素を固定する
 - 樹木を燃やすと、二酸化炭素が拡散する
- コンクリート→セメントの化学反応で材料を固定する
 - 経年劣化すると、材料は分散する
- 鉄鉱石は化学反応で鋼になり → そして、錆びて鉄鉱石に戻る

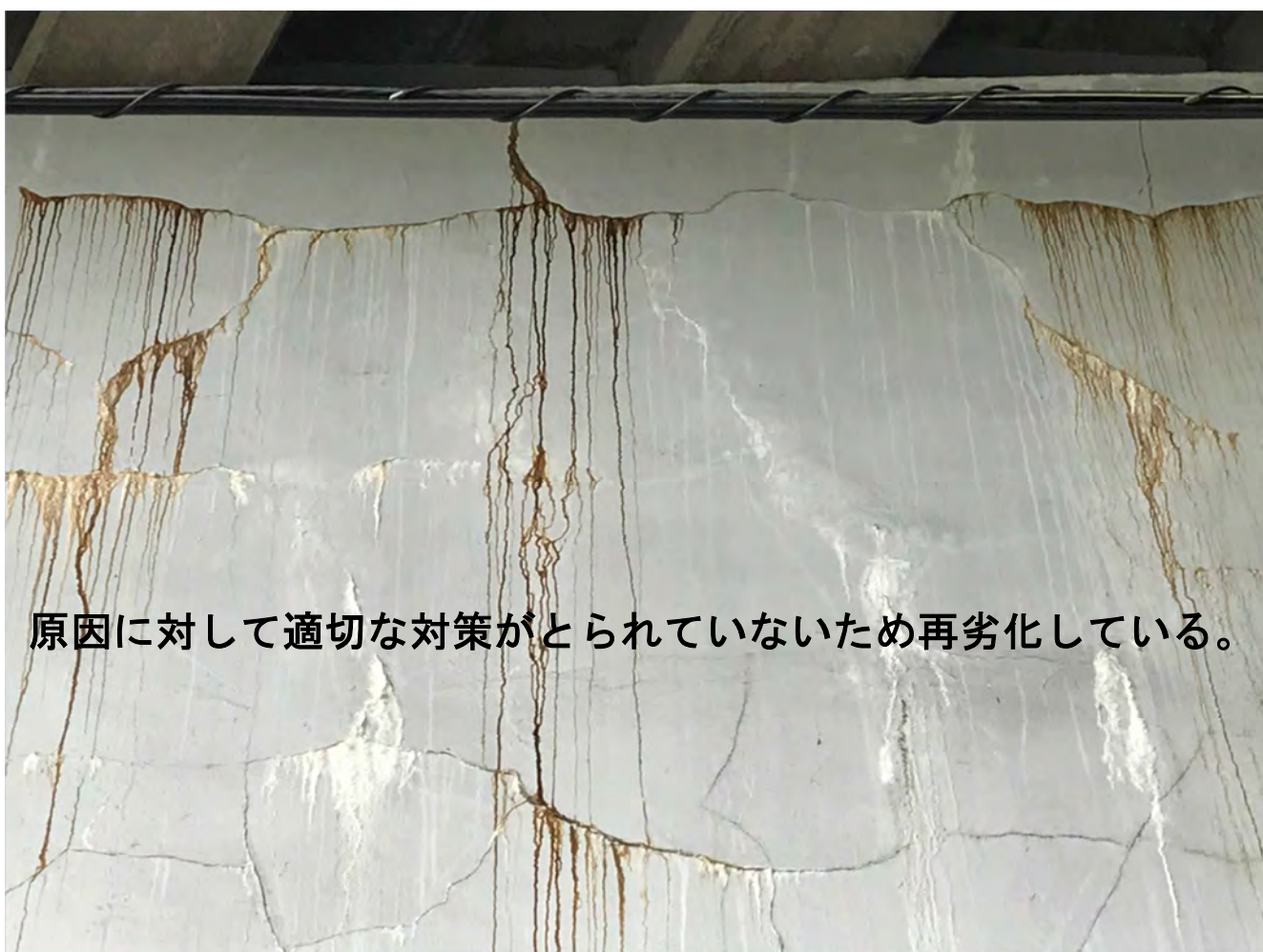
小樽港のコンクリート防波堤

当初の（廣井勇博士）コンクリートは未だに健全。
近年、嵩上げた防波堤は劣化

コンクリートは劣化する・・・という摂理

摂理（自然界を支配する法則）

- 全ての物質は、原子に帰ろうとしている（形あるものは、いずれ無くなる）
- 水と熱は高いところから低いところに流れる
- 重たい物は沈み、軽い物は浮かぶ
- 自然と人間社会の共生は、摂理（自然の性質）を理解することから



原因に対して適切な対策がとられていないため再劣化している。

学びて思わざれば則ち罔し（くらし）

孔子

『何をしたらよいか』を学んでも、
正しく行動しなければ、知らないのと同じ

いや、知らないことより罪が重いかも・・・。

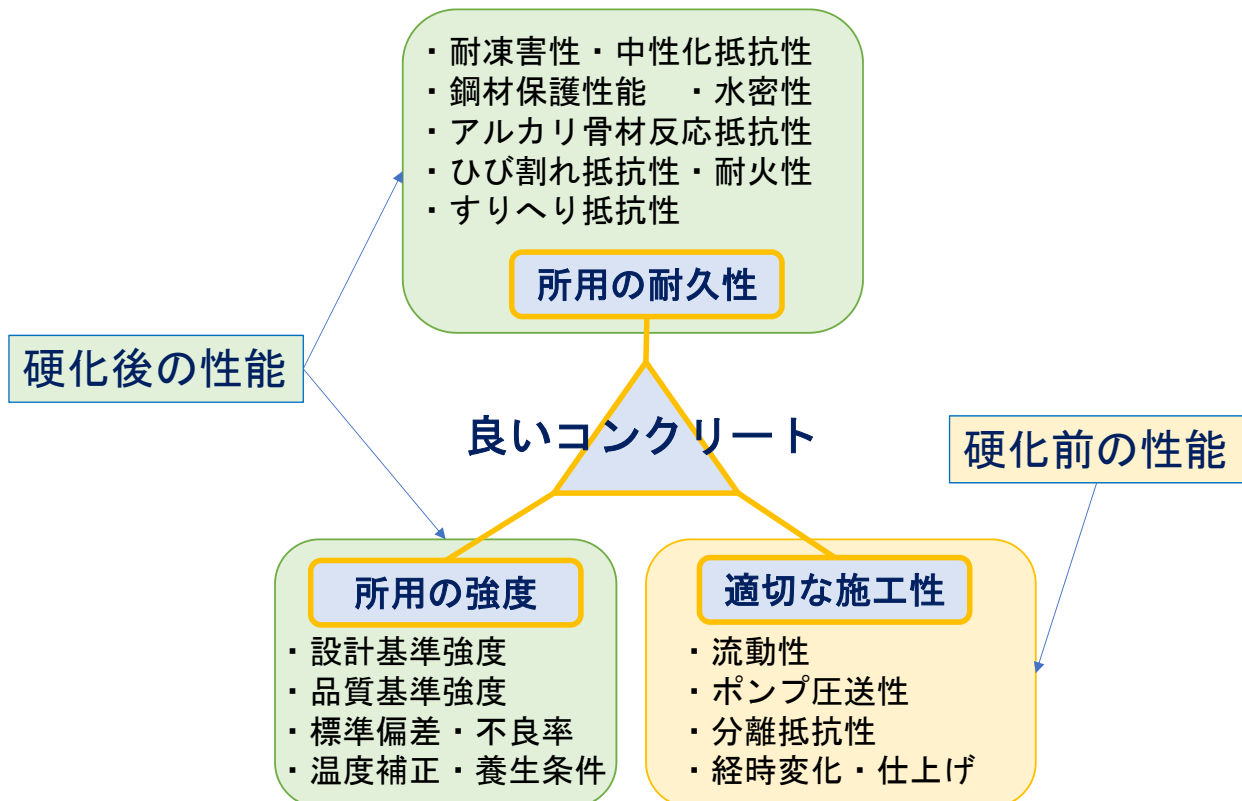
本日のキーワード1 「品質確保」の問題

- 品質確保は摂理を理解することからはじまる
- 鉄筋コンクリートの摂理・・・「寿命がある」
 - コンクリートが自然に帰ろうとする
 - 鉄筋が自然に帰ろうとする
- 鉄筋コンクリートが自然に帰るまでの時間を、社会基盤構造物として利用する。
 - 荷重など外力の作用によって、さらに寿命は縮まる。
- 自然に帰るまでの時間が耐久性能（寿命）。
 - 品質と外部作用の大きさが寿命をが決まる。
 - 良い品質のものを造れば、寿命が長くなる。

コンクリート(生コン)の品質確保と、 コンクリート構造物の品質確保

	コンクリート(生コン)の品質確保	コンクリート構造物の品質確保
所管	経済産業省	国土交通省
区分	まだ固まらないコンクリート	硬化したコンクリート
課題	生コンの品質	コンクリート構造物の品質
関係者	セメントメーカー 骨材メーカー 混和材料メーカー 生コン製造・運搬者 研究者	発注者 設計者 施工者 コンサルタント 生コン製造・運搬者 研究者

1. 良いコンクリート



2. 良いコンクリート構造物

- ✓安全性
- ✓耐久性
- ✓機能性
- ✓美観



写真 阪神大震災で倒壊した高速道路橋脚のせん断破壊鉄筋の「段落とし」が弱点となったと結論付けられて、その後、設計が見直された。

耐久性のあるコンクリート構造物を作るためのポイントは、

鉄筋を守るために、緻密な（密度の高い）コンクリートにすること

1. エントラップトエア（耐久性にとって良くない大きな気泡）を排除すること
→しっかり締め固めること
2. コンクリートを材料分離させないこと
→バイブレータを掛け過ぎないこと
(材料分離を起こさないこと)

1.と2.を両立させること

適切な締め固め（バイブレータの振動時間、挿入間隔、再振動のタイミング）がある。

コンクリートの緻密さを確認

ひび割れ抑制対策前 橋台（流通センターIC）

コンクリートの壁に水をかけて、
表層の緻密さ（透水性能）を確認
するJRの松田氏

参考：JCI中国支部 コンクリート構造物のひび割れ抑制対
策に関する講習会 横浜国立大学 細田 暁 教授

「コンクリートは
強度よりは密度に重点を」

工学博士 廣井 勇
現代語訳 浅田 英祺

ブロックに用いるコンクリートは、その
強度よりは密度に重点をおいて、海水にた
いして不透性であるようにすべきであつて、
各工事においては、そのつもりで用材の質
を調査し、工事に適切な配合と処理法を講
じなければならない。

『築港前編 訂正第五版』
（一九一九年昭和四年刊）一六八頁

柔らかいコンクリートと、 堅いコンクリートの締め

提供：株式会社 瀬口組



締め固め作業は、 コンクリートの摂理を理解して

コンクリートは、しっかり締め固めるほど密度が高くなり耐久性が上がる。しかし、コンクリートのスランプとバイブレータによる締め固め時間には密接な関係があり、エントラップトエアや材料分離に注意する必要がある。

- 大きな気泡（エントラップトエア）をしっかり追い出すためには、時間をかけて締め固める必要がある
- しかし、柔らかいコンクリートは、気泡を追い出すために長時間締め固めると材料分離を起こしてしまう
- スランプの小さな（硬めの）コンクリートは比較長時間締め固めても材料分離しにくい
- しかし、スランプを小さくして長時間締め固めるとコンクリート打設に時間が掛かる。



スランプ12cmのコンクリートを60秒締固めた場合は、骨材が沈下して、上部で材料分離している。

スランプ6cmのコンクリートを60秒締固めた場合は、全体的に材料分離を起こしていない。

提供：株式会社 瀬口組

建築学会の 耐久性

コンクリートの品質基準強度
＝設計基準強度と耐久設計基準強度の大きい方

耐久設計基準強度

短期→30年	18N/mm ²
標準→65年	24N/mm ²
長期→100年	30N/mm ²
超長期→200年	36N/mm ²

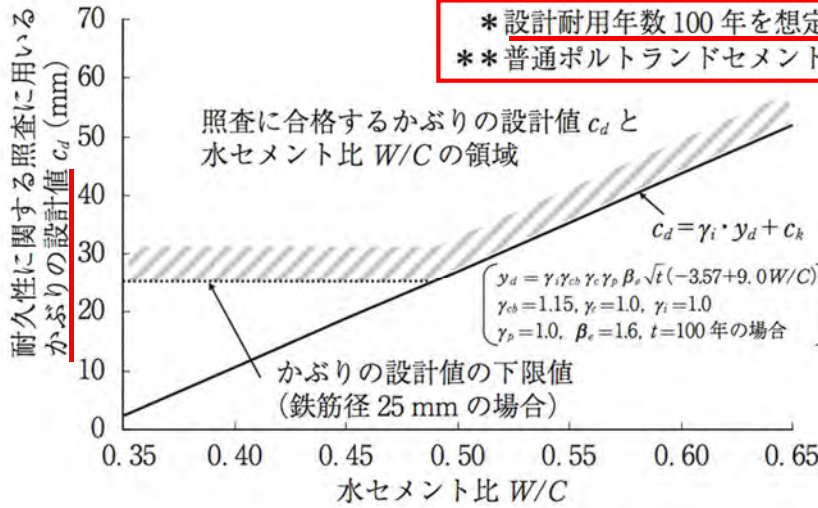
(ただし超長期設計で、かぶり厚さを10mm増やした場合は、30N/mm²でよい。)

スランプに関係なくコンクリートに強度を発現させることは出来るが、締固め条件を一定とすると強度の高いコンクリートの方が密度が高く耐久性が上がる

表-4 標準的な耐久性*を満足する構造物の最小かぶりと最大水セメント比¹⁾

土木学会の 耐久性

	W/C**の最大値	かぶり c の最小値 (mm)	施工誤差 Δc_e (mm)
柱	50	45	± 15
梁	50	40	± 10
スラブ	50	35	± 5
橋脚	55	55	± 15



* 設計耐用年数 100 年を想定
 ** 普通ポルトランドセメントを使用

耐久性は、「かぶり厚さ」と、「水セメント比」で、何年間、コンクリートが鉄筋を腐食から守れるかが決まる。

・水セメント比が同じなら、スランプを変えても、強度や耐久性は同じ

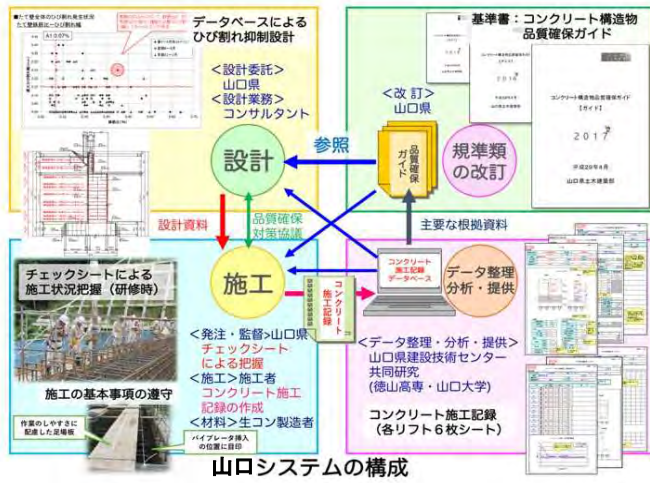
図-3 中性化深さと水セメント比の関係の一例¹⁾

1) 土木学会：2007年制定コンクリート標準示方書 [設計編] ,2008.3

山口県のひび割れ対策と品質確保

コンクリートが正しく製造管理され、コンクリート構造物が正しい手順で建設されれば、強度、機能、耐久性が確保された構造物が完成する。

- H17年～ 山口県試験施工→山口県ひび割れ抑制対策
- H19年～ 山口ひび割れ抑制システム (山口システム)
- H23年～ 日本コンクリート工学会や土木学会において、山口システム関連の委員会を設置
- H24年～ 東北震災復興道路構造物の品質確保を支援
- H26年～ 山口システムはひび割れ対策から→品質確保へ
- H29年～ 国土交通省、全国でチェックシートの活用を試行
- H30年 土木学会技術賞を受賞



本日のキーワード2 「生産性向上」の問題

- 生産性向上とは
- 今どきの生産性向上

生産性向上

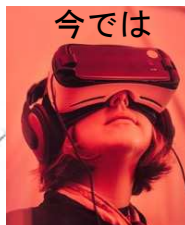
一般に「生産性向上」とは、
効率よく生産すること
式で表すと、

$$\text{生産性} = \text{生産するためのコスト} / \text{人数}$$

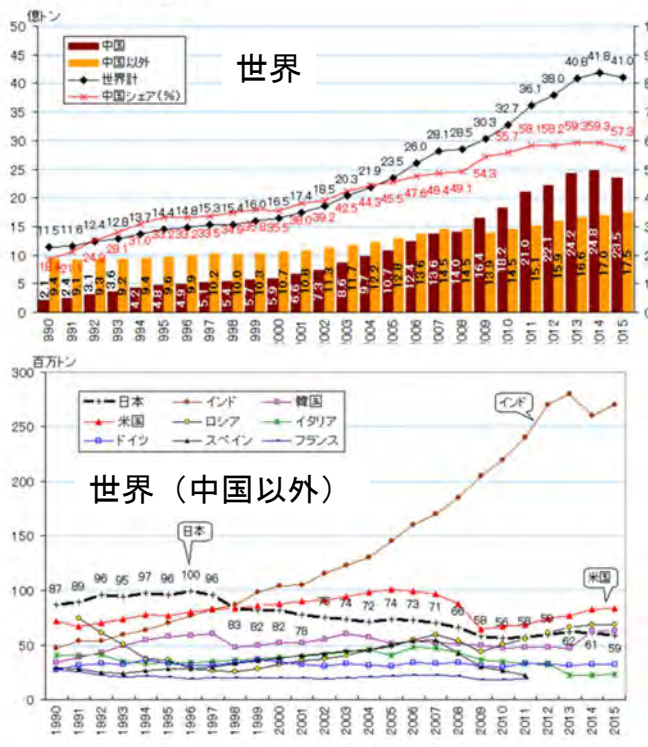
例えば、一つの橋脚を「10人」で造っていたところを、同じコストで「5人」で造ることができたら
ならば、生産性は2倍上がったことになる。
ただし、同じ品質のものをつくることが条件。

高度成長期の生産性向上の目的は、豊かな暮らし

- キーワード：大量生産、コストダウン、人口増加、家電製品の普及、新幹線などのインフラ整備

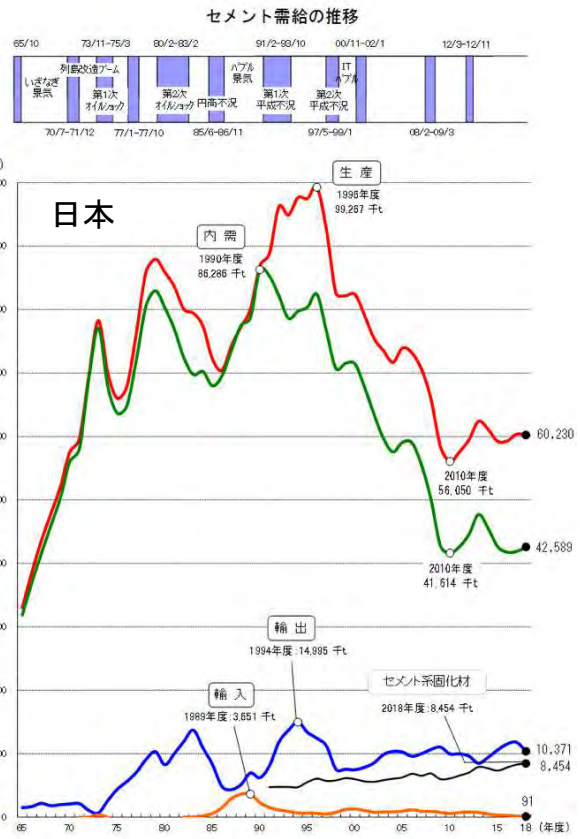


セメント生産量の推移



(資料) US Geological Survey, Mineral Commodity Summaries(2001～、日本のみはセメント協会HP「会計年度」、セメント協会「セメントハンドブック2005年度版」(1997～2000)、セメント新聞社「セメント年度」(～1996)

(資料) 社会実情データ図録
<http://honkawa2.sakura.ne.jp/5590.html>



(注) 1. 1990年度以降の生産には輸出用がリンカ等を含む
 2. 2004年度以降はコセメントを含む
 3. セメント系固化工材は1991年度より調査開始

(資料) 一般社団法人セメント協会
<http://www.jcassoc.or.jp/cement/1jpn/jc5.html>

今、なぜ生産性向上

- ・ 高度成長期の生産性向上の目的
- ・ 現代の生産性向上の目的

建設業界に限らず、すべての産業で生産性の向上を目指している

図 ロボットによる自動化前（おにぎりの移載工程）



図 ロボットによる自動化後（おにぎりの移載工程）

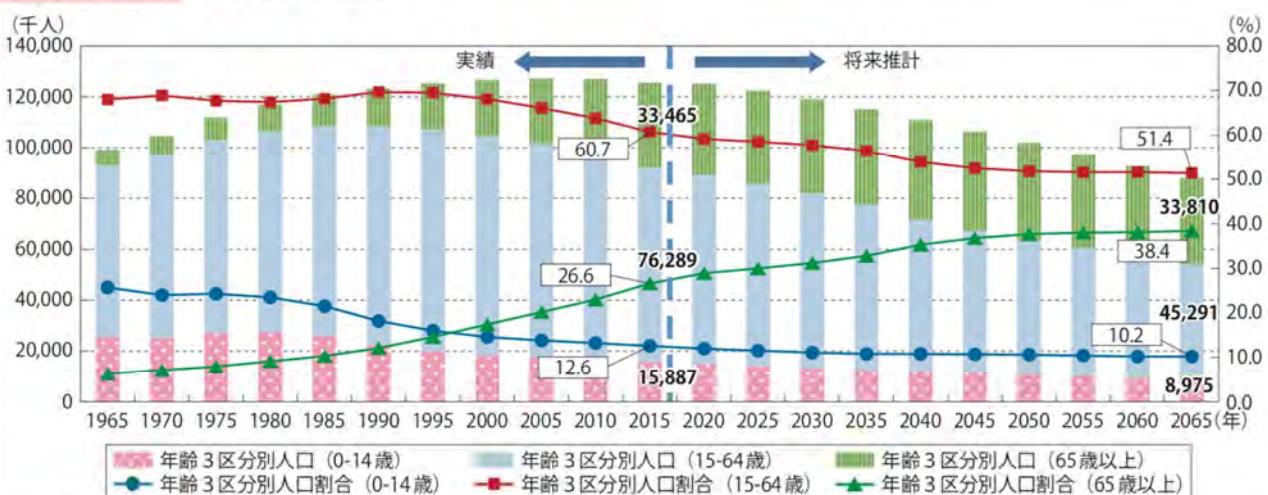


経産省：ものづくり白書2015版

現代の生産性向上の目的

- キーワード：人口減少→労働人口の減少、GDPの減少
- インフラの維持が困難な時代に突入

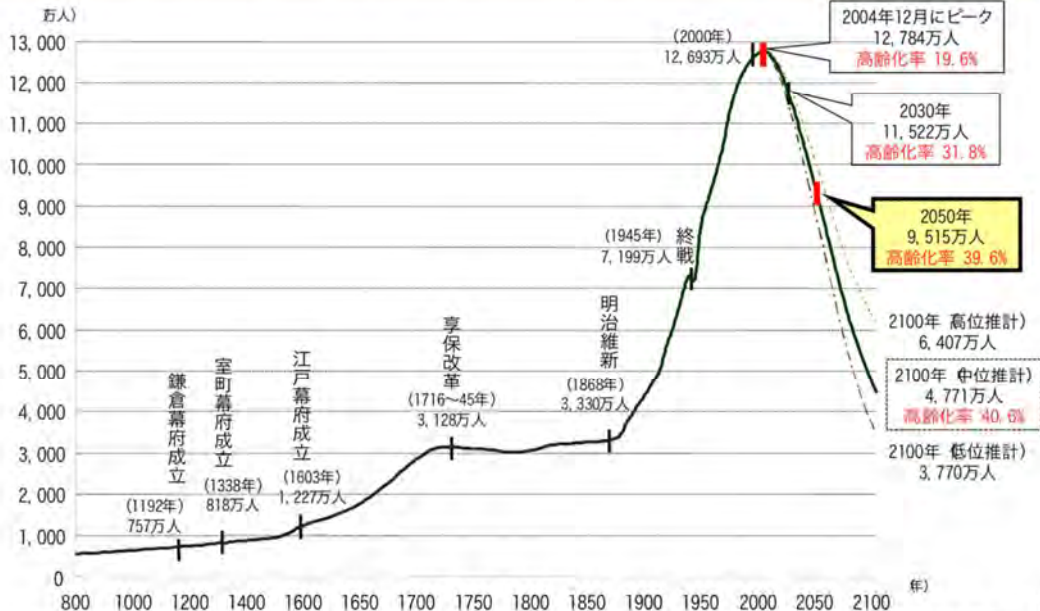
図表 I-1-1-1 我が国の人口推移



資料) 2015年までは総務省統計局『国勢調査』、推計値は国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口」(2017年推計)の出生中位(死亡中位)推計より国土交通省作成

我が国の人口は長期的には急減する局面に

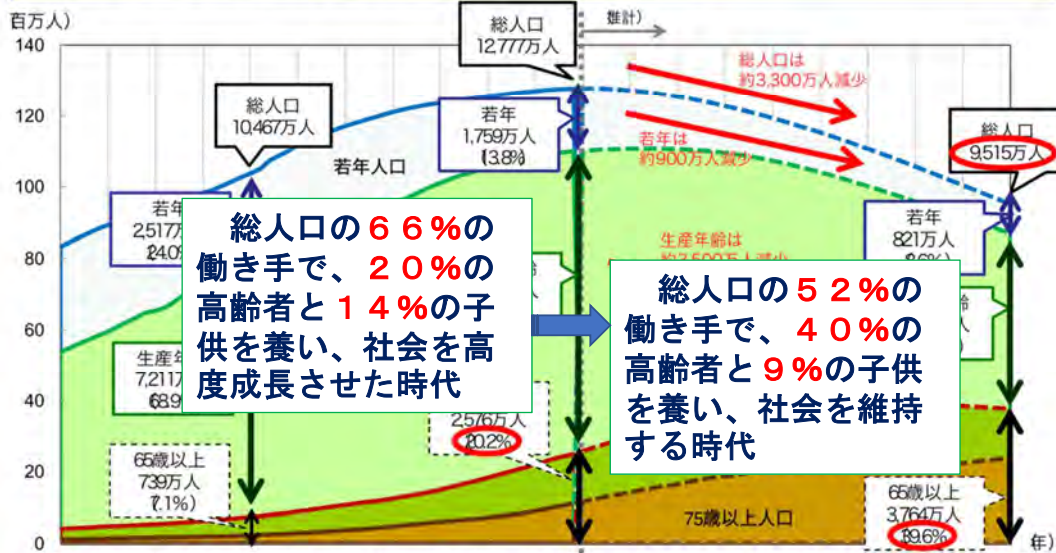
○日本の総人口は、2004年をピークに、今後100年間で100年前 明治時代後半)の水準に戻っていく。この変化は千年単位でみても類を見ない、極めて急激な変化。



出典)総務省「国勢調査報告」、同「人口推計年報」、同「平成12年及び17年国勢調査結果による補間推計人口」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」、国土庁「日本列島における人口分布の長期時系列分析」(974年)をもとに、国土交通省国土計画局作成

日本の総人口は3,300万人減少

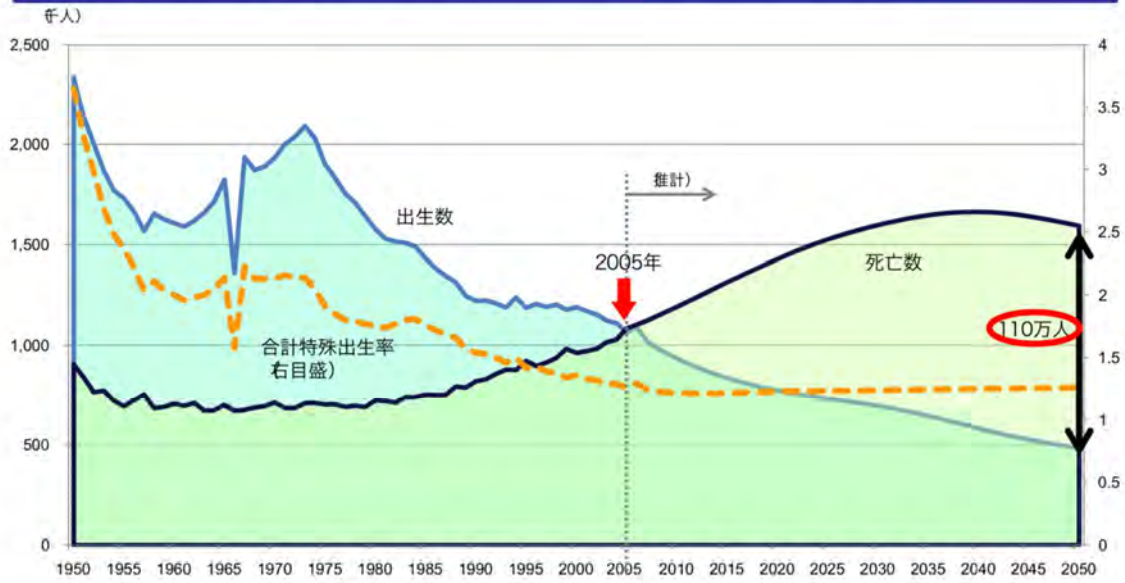
○日本の総人口は、2050年には、9,515万人と約3,300万人減少(約25.5%減少)。
○高齢化率でみればおよそ20%から40%へと高まる。65歳以上人口は約1,200万人増加するのに対し、生産年齢人口(15-64歳)は約3,500万人、若年人口(0-14歳)は約900万人減少する。



(出典)総務省「国勢調査報告」、同「人口推計年報」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」における出生中位(死亡中位)推計をもとに、国土交通省国土計画局作成
(注1)「生産年齢人口」は15~64歳の者の人口、「高齢人口」は65歳以上の者の人口
(注2) ()内は生産年齢人口、高齢人口がそれぞれ総人口のうち占める割合

出生数・死亡数は2005年に逆転

○2005年に死亡者数が出生者数を越えたが、2050年には1年あたりの自然減が110万人となる。

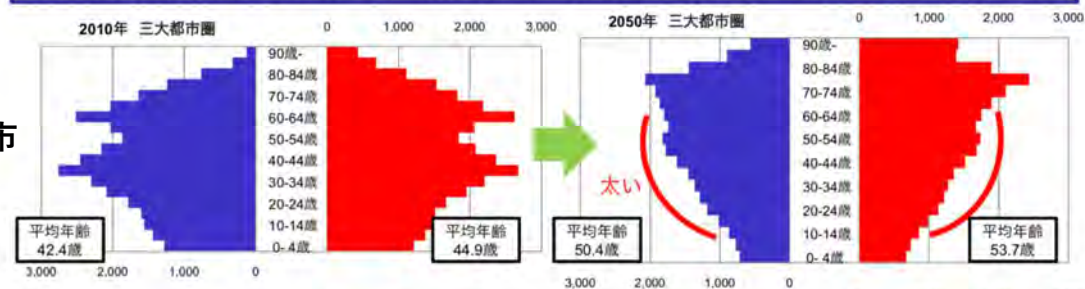


(出典) 厚生労働省「人口動態統計」、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」における出生中位(死亡中位)推計をもとに、国土交通省国土計画局作成
(注) 2005年までは実績値、2006年以降は推計値

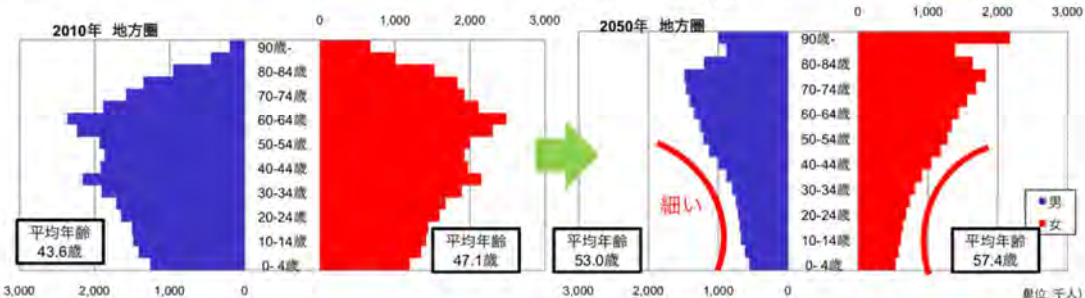
人口ピラミッドでみると若年層が少なく、不安定な形状に

○《人口ピラミッド》でも、三大都市圏以外の地域では、第2次ベビーブームやその子供の世代が少ないこともあって65歳未満人口が細る(細い壺型)一方、三大都市圏では、同年齢層が膨らむ。地域的な差が顕著になる。

3大都市



地方



⇒生産年齢人口をはじめとした人口構成の地域的な偏りによる課題をどのように克服するか。そのための社会のあり方を整理していく必要。

国土交通省「国土の長期展望に向けた検討の方向性について」

H22.12.17

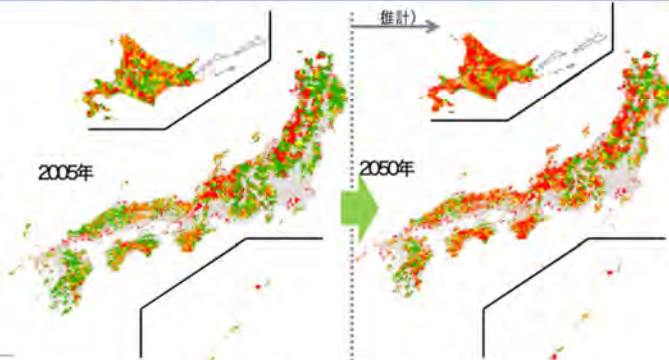
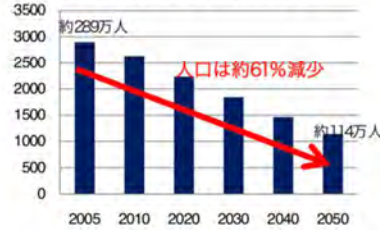
過疎化が進む地域では、人口が現在の半分以下に

国土交通省

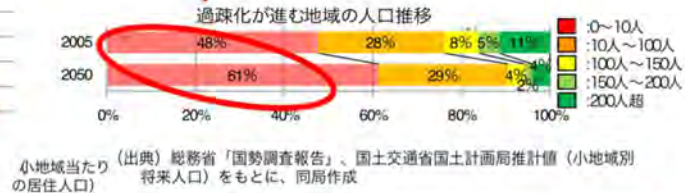
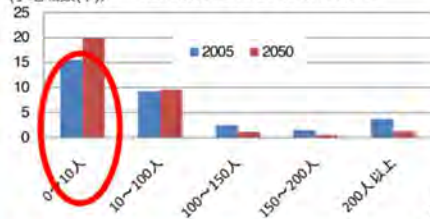
○過疎化が進む地域をみると、人口は、全国平均の人口減少率 約 25.5%) よりも大きく減少 約 61%) し、また、0～10人の小地域が大宗を占めるようになる。

(注)「過疎化が進む地域」は、現時点の人口密度が、過疎地域の平均的な人口密度(約51人/km²)を下回っている国勢調査上の小地域(町丁・字等の地域)。約3万地域、国土面積の約6割。なお、「過疎地域の平均的な人口密度」は、過疎地域自立促進特別措置法上の「過疎地域」(平成22年4月1日時点で776市町村)における人口の合計と面積の合計から算出

(千人) 過疎化が進む地域の人口推移



(小地域数(千)) 過疎化が進む地域の人口分布



⇒過疎化が進む地域を中心に集落の消滅が加速していくと予想されるが、地域コミュニティへの影響など生じる現象を整理していく必要。

17

国土交通省「国土の長期展望に向けた検討の方向性について」

H22.12.17

居住地域の2割が無居住化

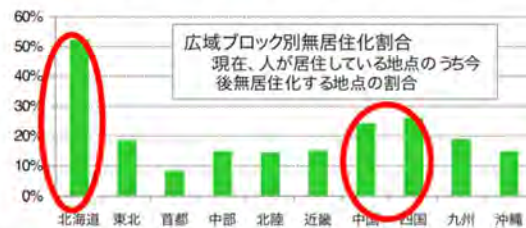
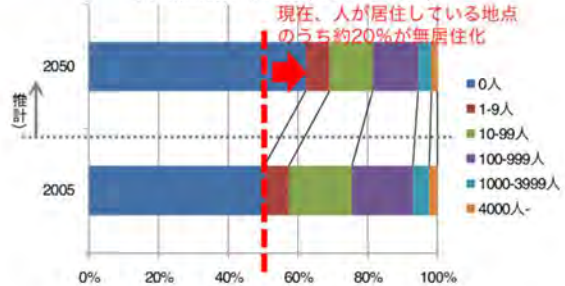
国土交通省

○《居住 無居住の別》でみると、現在、人が居住している地域のうち約2割の地域が無居住化が進む。無居住地域も含めた国土全体でみると、現在国土の約5割に人が居住しているが、それが4割にまで減少。とりわけ離島においては、離島振興法上の有人離島258島(現在)のうち約1割の離島が無になる可能性。

2050年までに無居住化する地点



人口規模別メッシュ数(2005→2050)

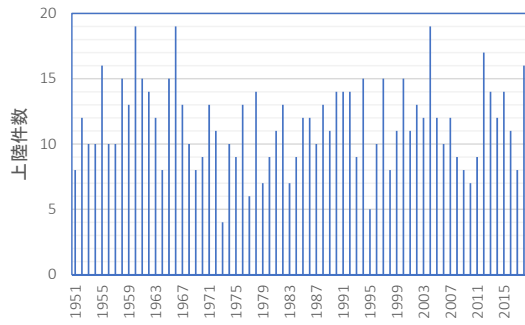


⇒無居住エリアの増加は、周辺の自然環境、社会環境にどのような影響を与えるのか、国境、奥山などで生じる現象をさらに整理していく必要。

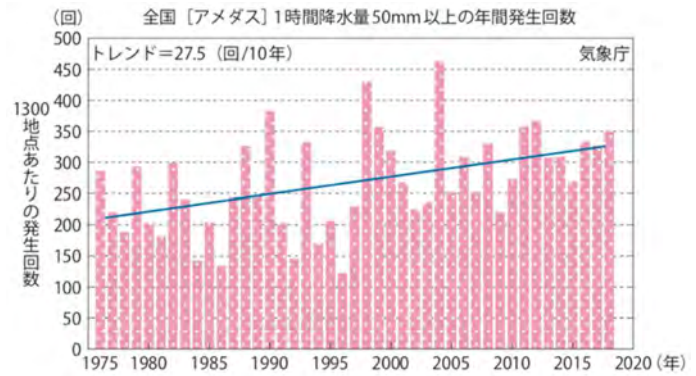
18

災害の増加

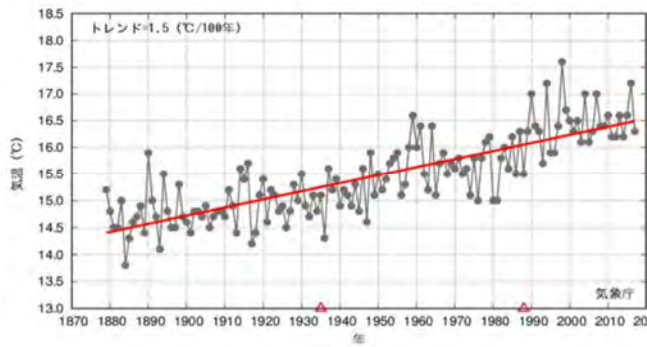
(参考) 気象庁データから



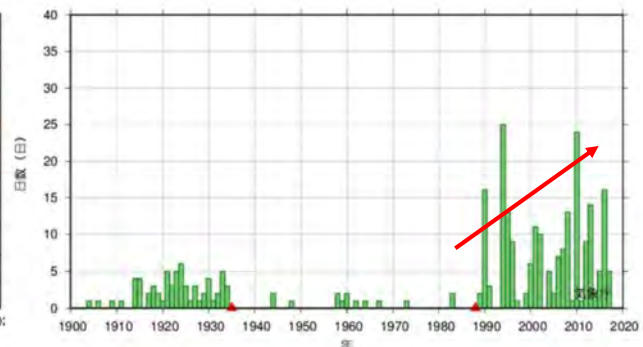
台風の上陸件数



大雨の年間発生回数



広島のア平均気温の変化

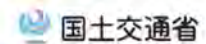


広島のア猛暑日の年間日数

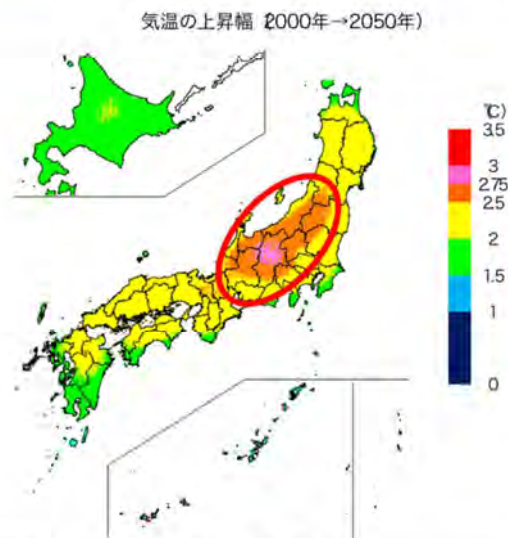
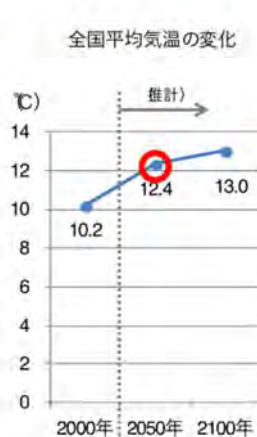
国土交通省「国土の長期展望に向けた検討の方向性について」

H22.12.17

気温の上昇



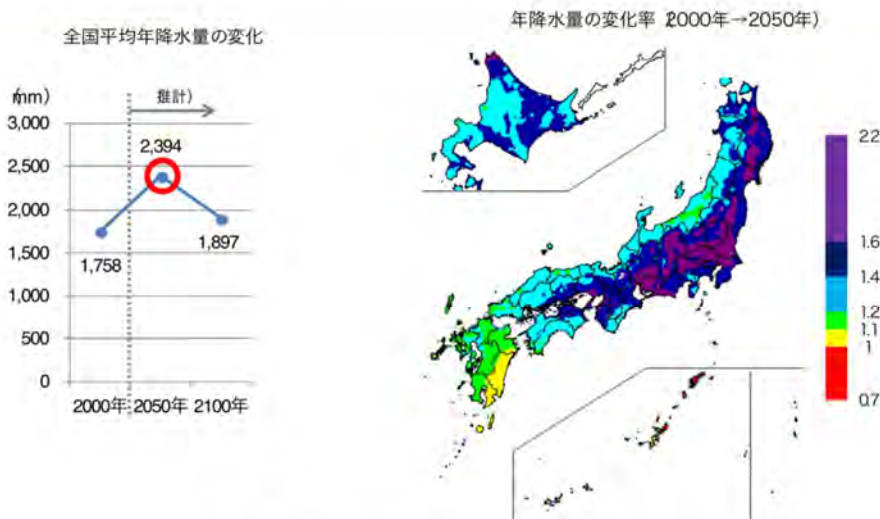
- 気温の全国平均値は、2000年に比べ、2050年には2.1°C (2100年には2.8°C) 上昇する可能性が示されている。
- 2050年には中部地方北部において、気温の上昇幅が大きい。



出典) 気象庁「地球温暖化予測情報第6巻」(2005)をもとに、国土交通省国土計画局作成
 注) 予測結果の一例であり、予測モデルや排出シナリオが異なると、予測結果に違いが生じる可能性がある

降水量の増加

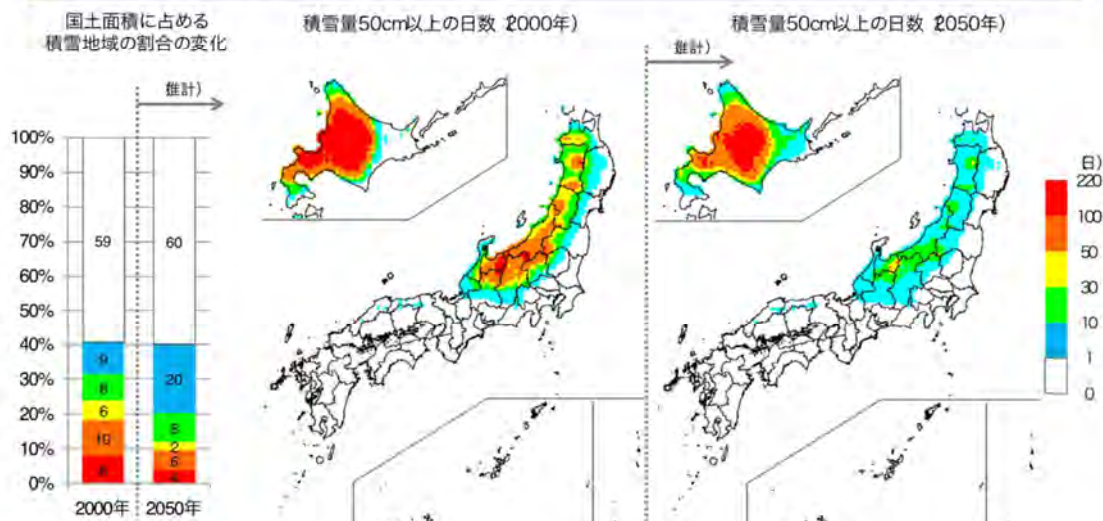
○年降水量の全国平均値は、2000年に比べ、2050年には約650mm増加し、東北太平洋側、関東甲信、東海地方において大幅に増加する。ただし、2100年までの超長期でみると再び年降水量は減少すると予測されている。



出典) 気象庁「地球温暖化予測情報第6巻」(2005)をもとに、国土交通省国土計画局作成
 注) 予測結果の一例であり、予測モデルや排出シナリオが異なると、予測結果に違いが生じる可能性がある

積雪量の減少

○年間を通じて積雪量が50cm以上に1日でも達する地域の面積は、2000年と2050年では殆ど変化なく、国土の4割程度である。
 ○一方で、各地域の積雪量50cm以上となる延べ日数は大幅に減少し、本州以南では富山県の一部を除き、積雪量50cm以上である日数が50日以上ある地域はなくなる。

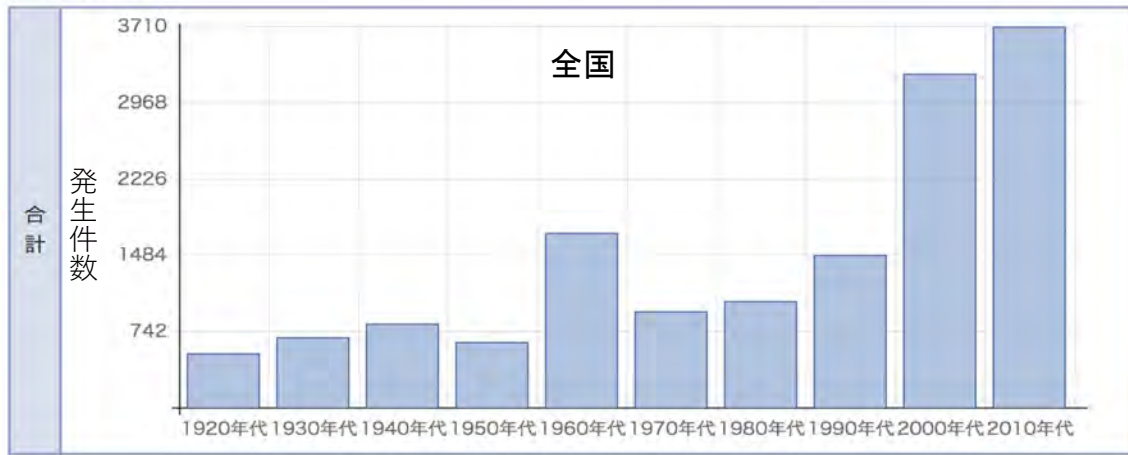


出典) 気象庁「地球温暖化予測情報第6巻」(2005)をもとに、国土交通省国土計画局作成
 注) 予測結果の一例であり、予測モデルや排出シナリオが異なると、予測結果に違いが生じる可能性がある

地震の発生件数

気象庁（震度データベース検索より）

地震回数グラフ



地震回数グラフ



※震度3以上の地震の発生件数

国土交通省「国土の長期展望に向けた検討の方向性について」

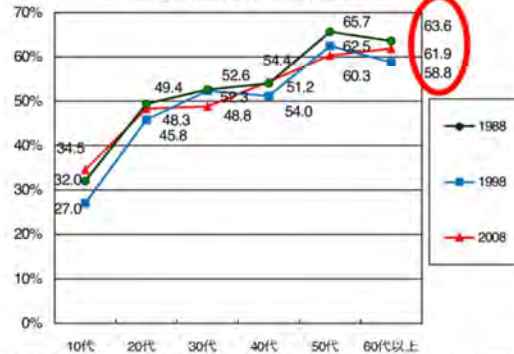
H22.12.17

国内観光旅客の半数は高齢者に

国土交通省

○将来の高齢化を踏まえると、2050年には国内観光旅客の概ね半数が60歳以上と予測される。

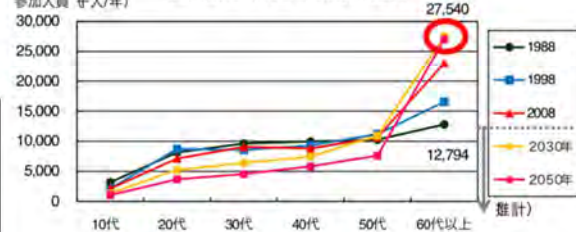
国内観光旅行参加率の推移



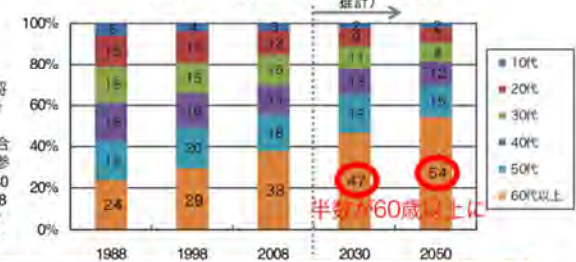
出典)国土交通白書(国土交通省)、国立社会保障・人口問題研究所「日本の将来推計人口(平成18年12月推計)」における出生中位(死亡中位)推計をもとに、国土交通省国土計画局推計

注)国内観光旅行参加率 国内観光旅行を1年間に1回以上おこなった人の割合
国内観光旅行参加人数 国内観光旅行を1年間に1回以上おこなった人数。参加率に15歳以上の世代別人口を掛け合わせて推計。2030年及び2050年の参加人数については、過去20年間(1998～2008)の国内観光旅行参加率の平均値に、国土交通省国土計画局で推計した2030年及び2050年の15歳以上の世代別人口を掛け合わせて推計

国内観光旅行参加人数の推計

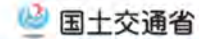


国内観光旅行の年代別シェアの推計

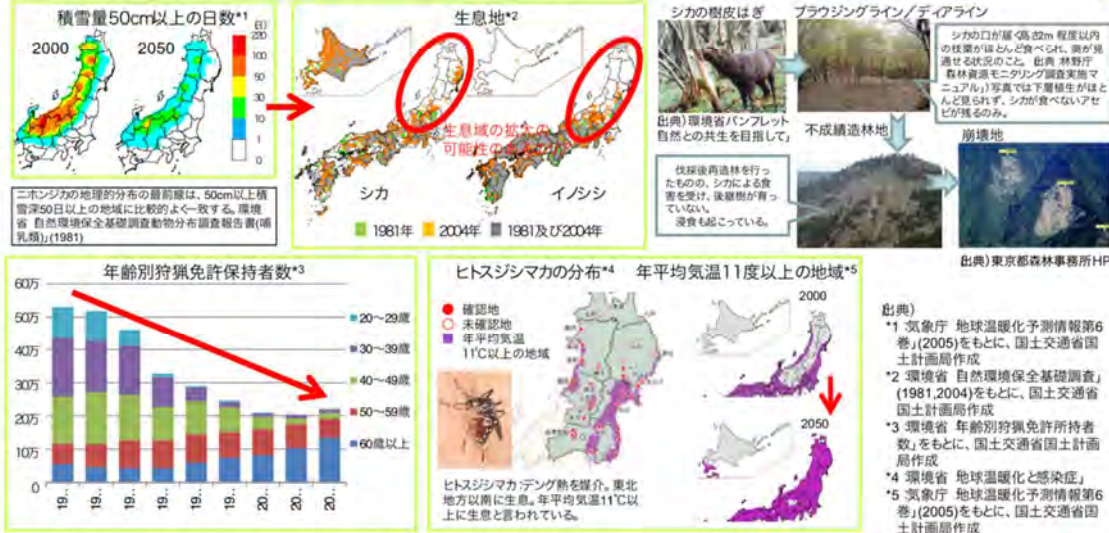


⇒国内観光旅客の高齢者割合が半数を占める可能性があり、国内観光旅行について、高齢者の需要増加を考慮したソフト、ハード一体の取組が必要。

温暖化により、野生生物による人への影響が増加

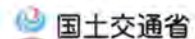


- 2050年までに積雪日数が減少することから、シカやイノシシの生息可能域が拡大し、獣害が増加する可能性がある。
- 一方、イノシシ等の生息数や生息密度のコントロールに寄与してきたハンターの数は減少し、高齢化も進んでいる。
- 冬期の低温で数がコントロールされていた南方系の外来種や病害虫などは、今後越冬が可能になったり、生息域を拡大したりするなど、人との接触機会が増大する可能性がある。

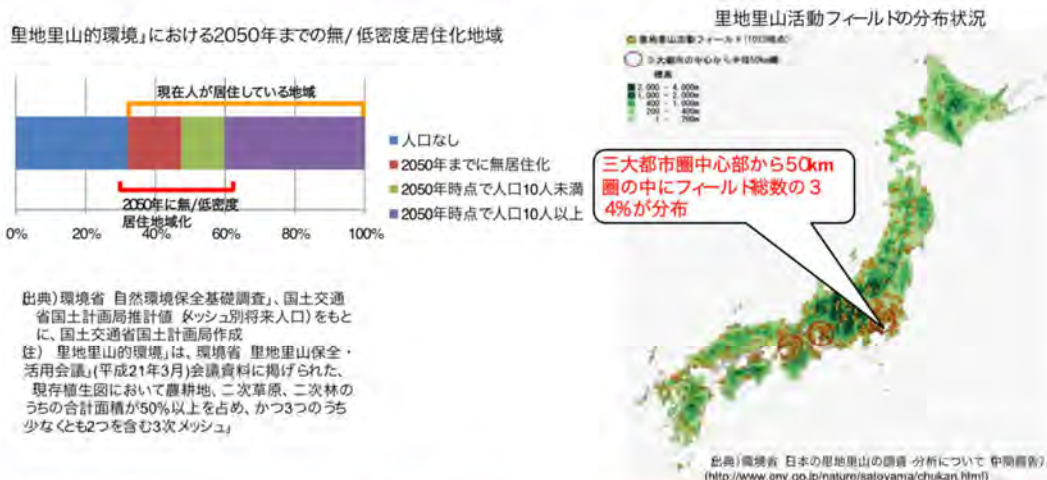


⇒ いわゆる害獣の生息域の拡大、病害虫の発生域の拡大が国民生活へ具体的にどのような影響を与えるのか整理し、その対応策を検討する必要。 39

里地里山から人間がいなくなる

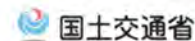


- 里地里山とされる地域のうち現在人が居住している地域の約4割(国土全体の1割)が無/低密度地域になる。
- 里地里山活動フィールドの分布状況を見ると、その多くは都市近郊に位置しており、特に、東京・大阪・名古屋の三大都市圏中心部から50km圏(国土の約5%)の中にフィールド総数の34%が分布している。

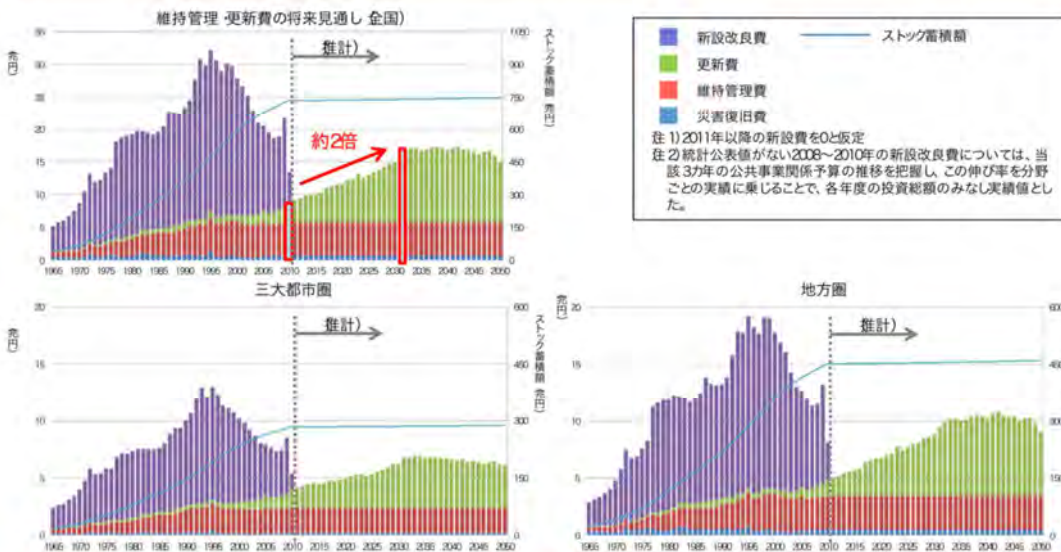


⇒当該地域の居住者による管理が減少するだけでなく、都市住民の活動によるカバーも減少する可能性があり、里地里山全域を現在と同水準で管理することは困難になると考えられることから、今後の里地里山の管理の考え方についての整理が必要。また、里地里山は生物多様性を涵養する場としての意義が大きいが、里地里山における人の関与の低下により生物多様性の維持にどのような影響を及ぼすのか明らかにしていく必要。 43

国土基盤の維持管理・更新費は倍増

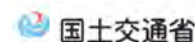


○耐用年数を迎えた構造物を同一機能で更新すると仮定した場合、現在ある国土基盤ストックの維持管理・更新費は今後とも急増し、2030年頃には現在と比べ約2倍になると予測される。

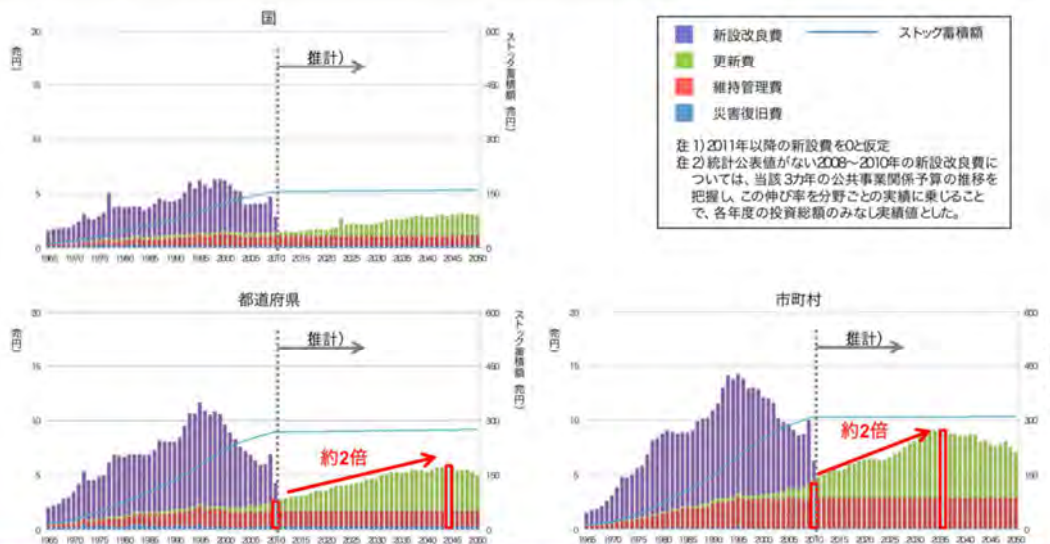


⇒ 維持管理・更新を適切に実施できない場合は、機能、安全性の低下が懸念される。現在の維持管理・更新費の水準では、増加する将来の維持管理・更新需要に十分に対応できない。例えば、計画的な維持補修や長寿命化等により維持管理・更新費の平準化を図るようするなど、維持管理・更新の考え方の整理が必要。

特に市町村事業の維持管理・更新費の増加が顕著



○事業主体別では、国と比較し、都道府県、市町村の事業の維持管理・更新費が大きい。
○2030年頃で比較すると都道府県、市町村ともに維持管理・更新費は現在の約2倍となると予測される。



⇒ 財政基盤の弱い市町村事業の需要が大きく、費用の確保、効率的な維持管理・更新など考え方の整理が必要。

コンクリート工事の生産性向上

土木工事で生産性が向上していないのは、バブル崩壊によって建設投資が抑制されたことで、建設業従事者が余剰状態になったことが理由の一つとされているが・・・

今どきの生産性向上：手段

デジタル化による生産性の向上

最近30年で、手書きや手計算はコンピュータ化

- 図面 → CAD
- 書類 → 電子書類
- 見積 → 積算ソフト
- 写真整理 → 電子アルバム
- 成果物提出 → 電子納品

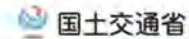
進化するデジタル技術

- 2次元CAD → 3次元CAD → BIM、CIM
- ロボット → ロボット+IoT → ロボット+IoT+AI

生産性の向上 国土交通省の取組

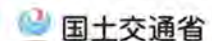
I-construction

報告書目次



1. 今こそ生産性向上に取り組むチャンス
2. i-Construction を進めるための視点
3. トップランナー施策の推進
4. ICT の全面的な活用（ICT 土工）
5. 全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）
6. 施工時期の平準化
7. i-Construction の目指すべきもの
8. i-Construction を推進するために

1. 今こそ生産性向上に取り組むチャンス



- (1) 労働力過剰を背景とした生産性の低迷
バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少を上回り、労働力過剰の時代
- (2) 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化
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
- (3) 安全と成長を支える建設産業
激甚化する災害に対する防災・減災対策、老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新、強い経済を実現するためのストック効果を重視したインフラ整備など役割
- (4) 安定的な経営環境
建設投資、公共事業予算が下げ止まる状況の中、建設企業の業績も上向き、建設企業においても、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になりつつある
- (5) 生産性向上の絶好のチャンス
我が国は世界有数のICTを有しており、生産性向上のためのイノベーションに突き進むことができるチャンスに直面している国

2(3)①. 建設現場を最先端の工場へ

- 調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データ等を導入することで、ICT建機など新技術の活用が実現するとともに、コンカレントエンジニアリング※1、フロントローディング※2の考え方を導入。

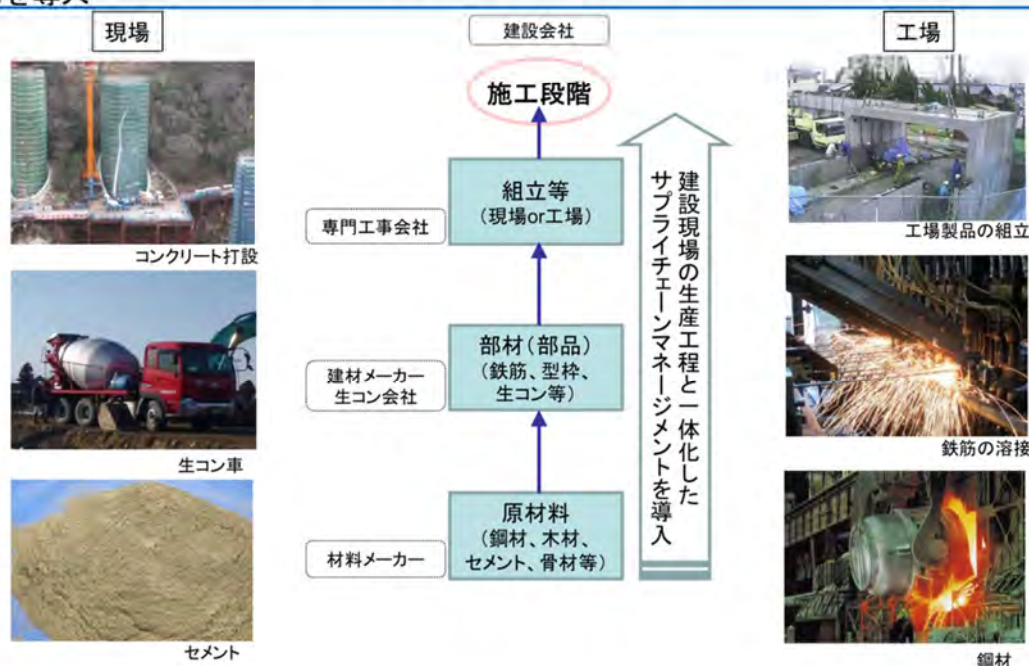


※1コンカレントエンジニアリング
製品やシステムの開発において、設計技術者から製造技術者まですべての部門の人材が集まり、課題を計画的に協議しながら同時に作業にあたる生産方式。開発のある段階が終わってから次の段階に移るのではなく、開発段階の最後のほうですでに次の段階をオーバーラップしながら開始していく。(出典: 大辞林)

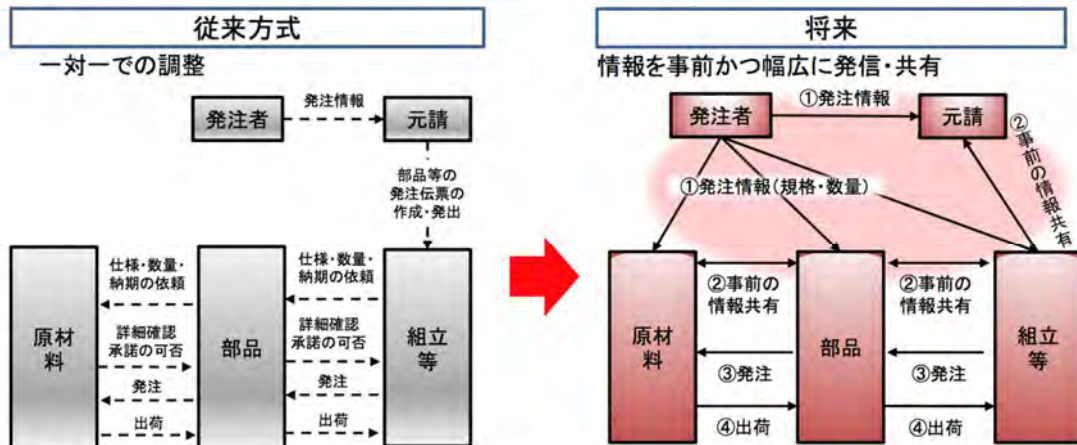
※2フロントローディング
システム開発や製品製造の分野で、初期の工程において後工程で生じそうな仕様の変更等を事前に集中的に検討し品質の向上や工期の短縮化を図ること。CIMにおいては、設計段階でのRC構造物の数量干渉のチェックや仮設工法の妥当性検討、施工手順のチェック等の施工サイドからの検討による手戻りの防止、設計段階や施工段階における維持管理サイドから見た視点での検討による仕様の変更等に効果が見込まれる。(出典: (一財)日本建設情報総合センター HP)

2(3)②. 建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入

- 原材料の調達、各部材の製作、運搬、部材の組立等の工場や現場における作業を最適に行う効率的なサプライチェーンマネジメントを実現
- 効率的なサプライチェーンマネジメントを実現するため、設計段階に全体最適設計の考え方を導入



- ① 関係者間で工事発注情報を早期の共有できる仕組みの構築
⇒ より早期に工事情報が関係者間で共有されることで、調達計画の検討を促す
- ② 施工関連情報の電子化
⇒ コンクリート工場からの生コン伝票でやりとりされていた情報を電子化することで、出荷状況のリアルタイムでの把握、データ打ち替え等の手間の省略が図られる
- ③ 部材の仕様(サイズ等)の標準化
⇒ ボックスカルパート等における標準寸法による設計(資料4参照)
⇒ 型枠の転用による合理的な製造(今後、詳細検討)



3

②-1. 施工関連情報の電子化

現状の課題

- コンクリートの品質等の情報については、生コン工場で発行された紙伝票により情報が伝達。結果、工事情報の共有・保管・提出等の場面で、改めてデータ入力作業が生じている
- 現場での試験結果や運搬状況がリアルタイムでやりとりできないので、現場やプラントでの状況を相互にやりとりするのに時間がかかり、状況によっては打設の手戻りが生じている

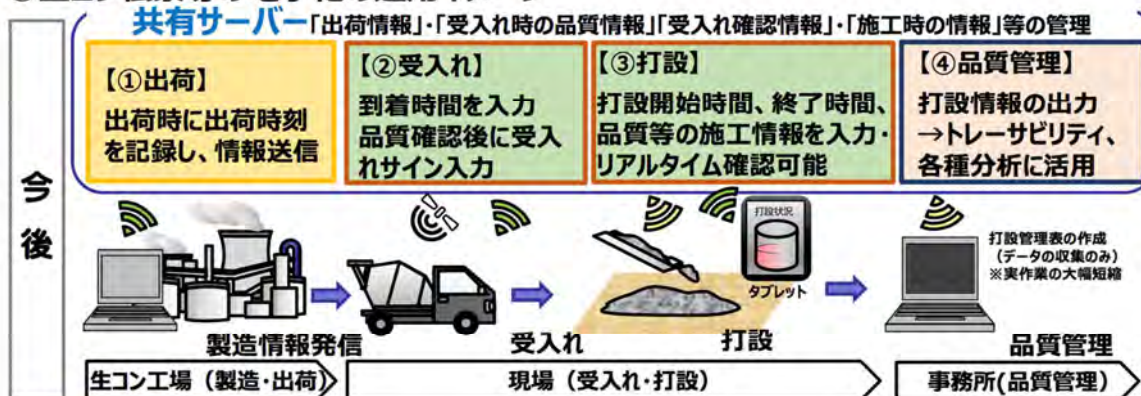
○生コン伝票の従来型運用



5

②-2. 施工関連情報の電子化

○生コン伝票等の電子化の運用イメージ



想定される効果

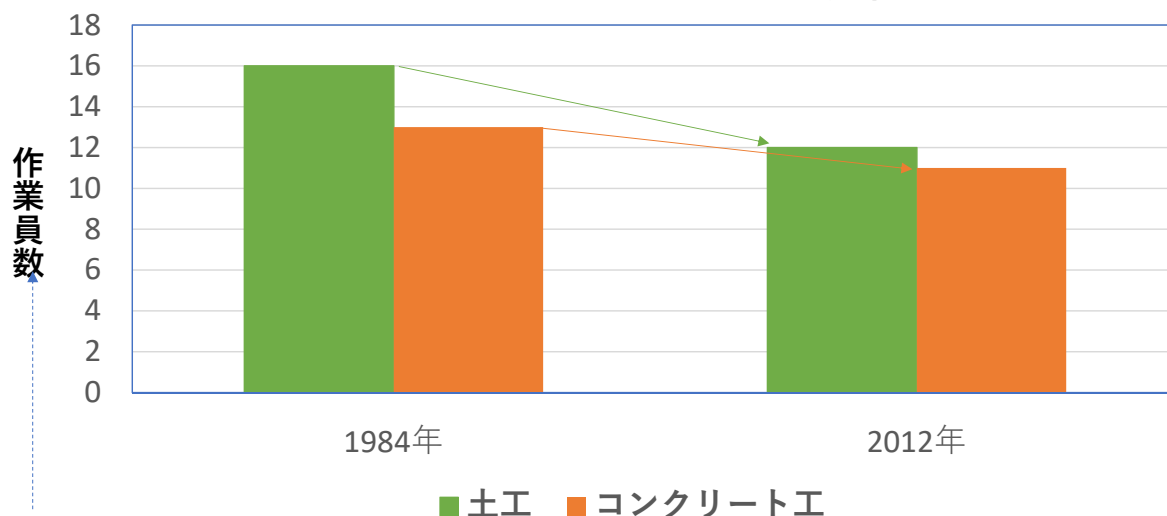
- データ打ち替えの手間が省かれる他、リアルタイムに情報を確認することが可能となり手戻りが未然に防がれる。
- 情報がほぼ自動的に蓄積されるため、維持管理を含めた多くの場面での利活用が促進される。

- 生コン伝票の電子化等に向けて、関係者間への必要な調整を行う協議の場において、生コン工場(製造側)及び施工業者(施工側)双方において最適な運用とできるよう必要な調整を図る

6

実はほとんど生産性が変化していないと言われている土工やコンクリート工事

土工とコンクリート工の生産性

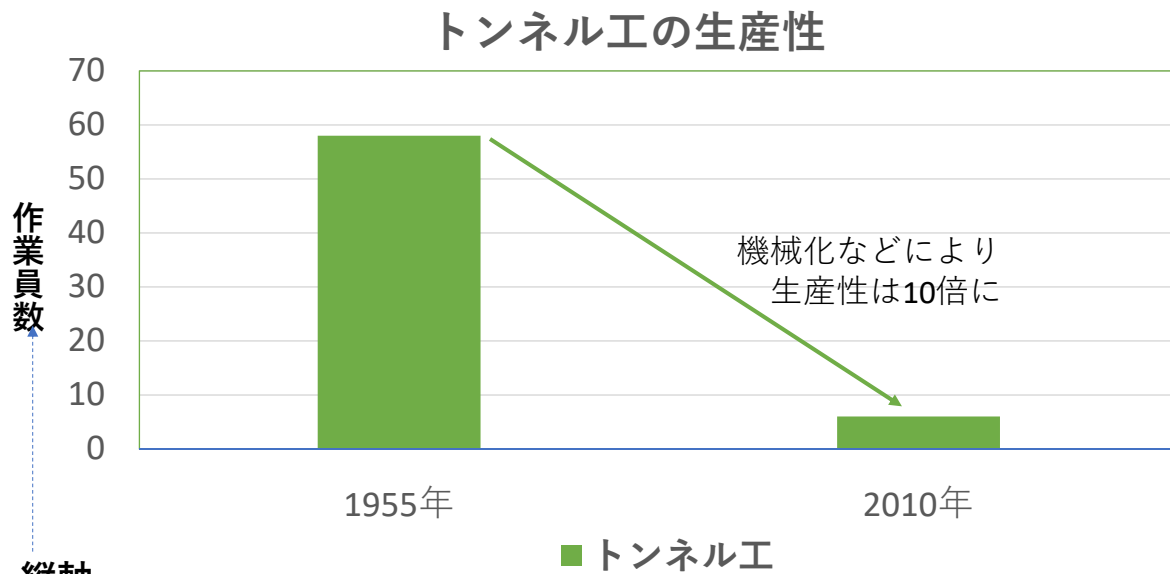


縦軸

※ 土工：盛り土法面整形で1000m²あたりに要する作業員数

※ コンクリート工：ポンプ打設工で100m³あたりに要する作業員数

トンネル工事の生産性



縦軸

※ トンネル工：トンネル1m当りに要する作業員数

トンネル工事では同じ構造物を連続して造るので機械化で生産性を上げることができる。

日本建設業連合会 建設イノベーション

技術革新によるコンクリート工事の実産性向上

- 100年前の工事（小樽港の写真）
- 生コン車の発展
- ポンプ車誕生
- バイブレータの開発
- 混和剤の発明
- 混和材料の開発

100年前の工事（小樽港）



おたるこう さいしよ せいざく
小樽港最初のケーソン製作
みなみほうはてい ていとろふ たいしやうがんねん
(南防波堤堤頭部 大正元年 1912)

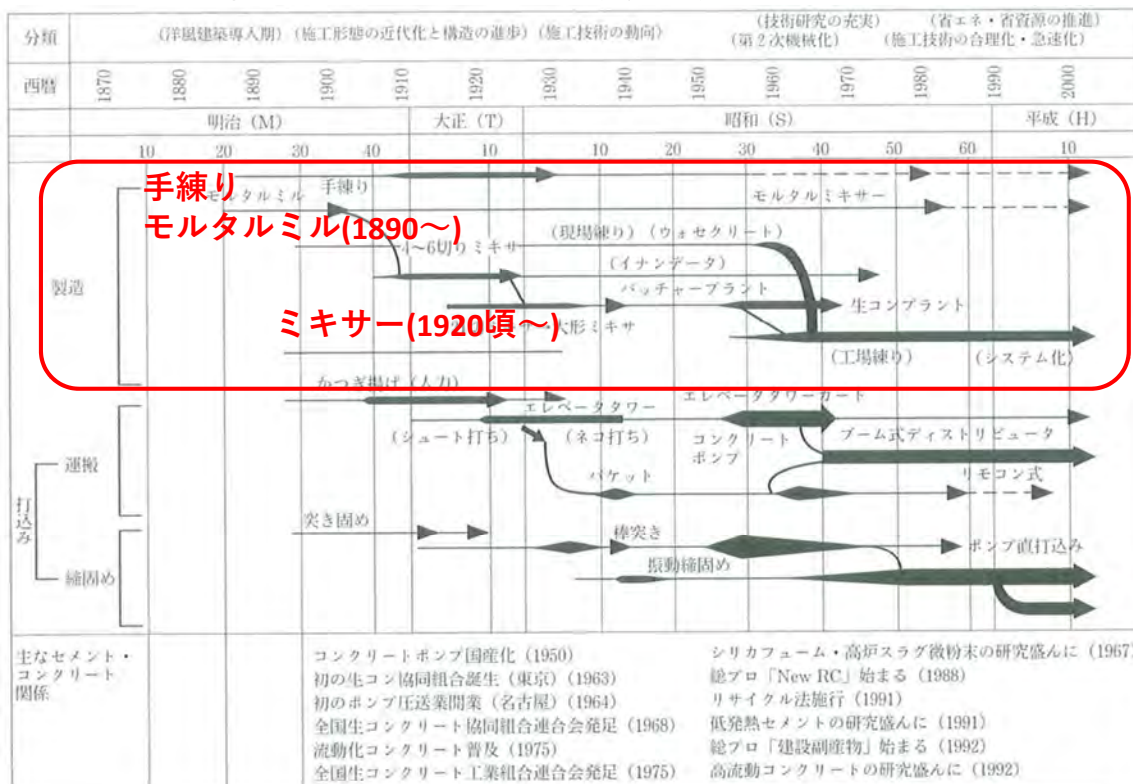
小樽港防波堤

100年前のコンクリートは未だに健全。
近年（年代不詳）、嵩上げた防波堤は劣化



生コン製造技術における生産性向上

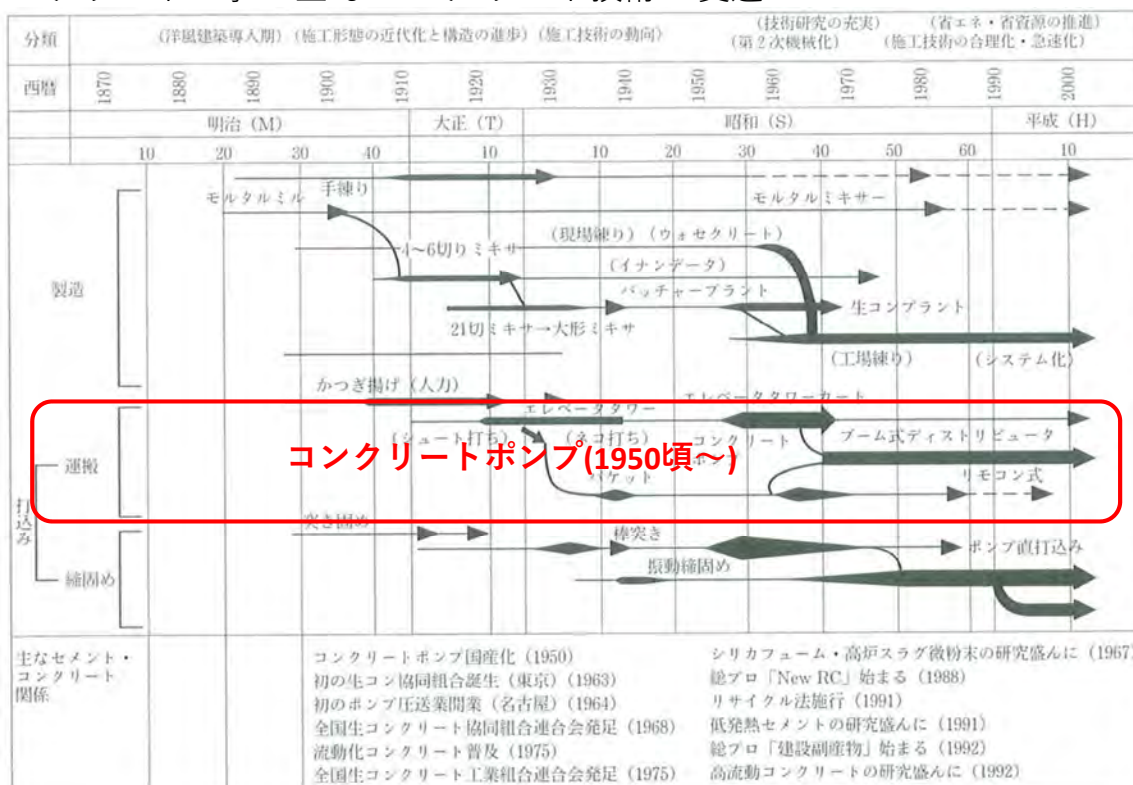
コンクリート工事と主なコンクリート技術の変遷



日本コンクリート工学協会、コンクリート工学, Vol. 47, No. 10, p.53, 2009. 10

ポンプ車の発明による生産性向上

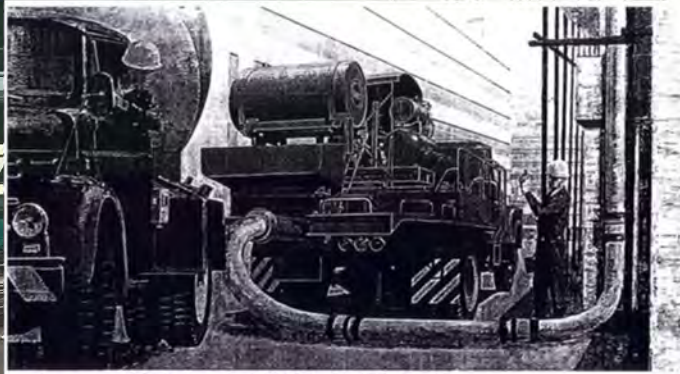
コンクリート工事と主なコンクリート技術の変遷



日本コンクリート工学協会、コンクリート工学, Vol. 47, No. 10, p.53, 2009. 10

ポンプ車の発明

昭和40年前後にわが国に登場したコンクリートポンプ工法は、その後の高度経済成長に呼応するように画期的な新工法として急速に普及し、生産性の向上に寄与することにより、社会資本の整備に大きな貢献をいたしました。コンクリート打込みと言えればコンクリートポンプ圧送と言われるほど、現在はこの工法が主流となっているが、その歴史は古く、今から100年ほど前の1907年（明治40年）にドイツで発明されたと言われている。



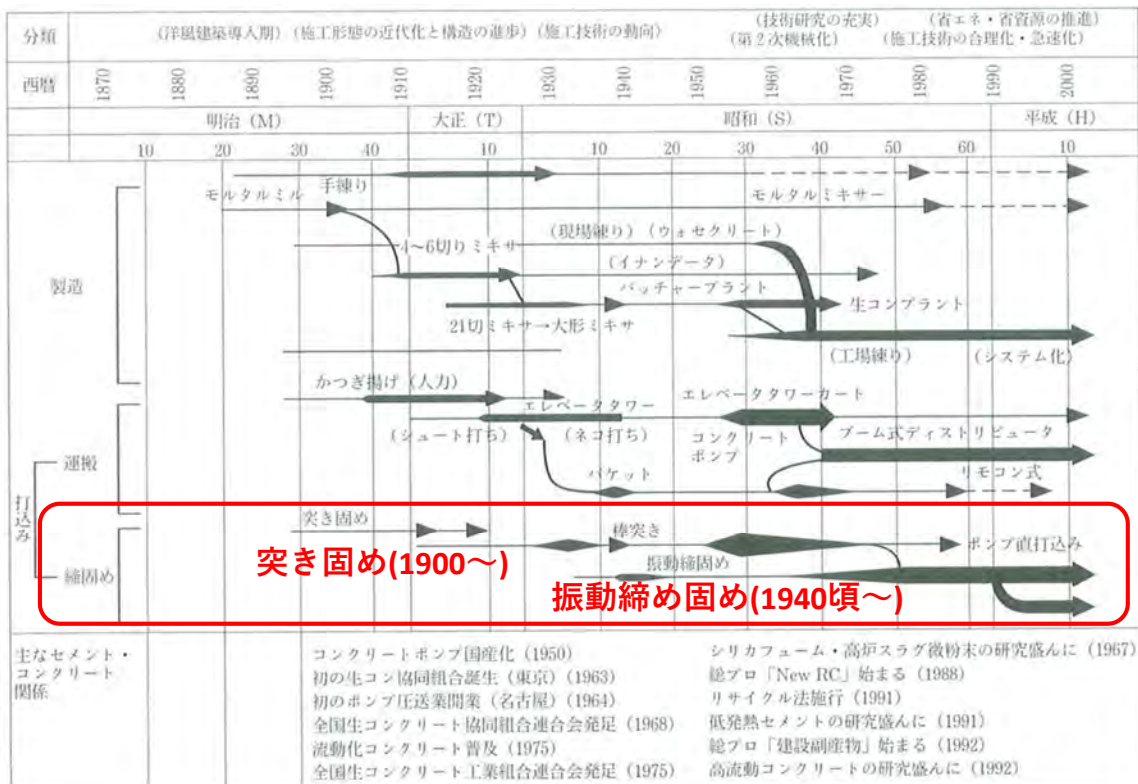
生コン打設の画期的な革命!!
コンクリートポンプ車



昭和40年頃のカタログ：北海道コンクリート圧送協同組合

バイブレータの発明による生産性向上

コンクリート工事と主なコンクリート技術の変遷





バイブレータによる締固め

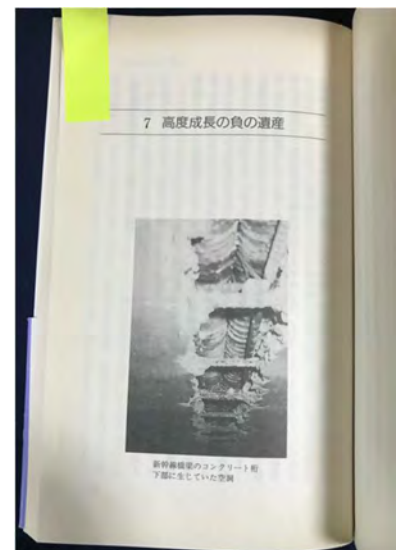
高度成長期の工事の高速化と品質の問題を小林一輔氏が指摘

小林一輔著、岩波新書、1999.5.20 初版

1995.5.20日に初版が発行され、「近未来、コンクリート構造物が一斉に壊れだす。」と発表。直後の6月27日、山陽新幹線の福岡トンネルでコンクリート塊落下事故が発生した。



写真はイメージ(by Tamura)



品質確保に対する多くの示唆が記されている。

遅れた研究者の品質確保への対応

- 頭では理解「生産性よりも品質確保」
 - 生コン製造者や施工者は、当然、品質確保していると思いたかった。
- 力学に強い土木研究者→化学に弱い土木研究者
 - 高性能化「より強く、より高く」
- 材料の問題も化学的解決が遅れた
 - 材料枯渇問題への対応
 - アルカリ反応性骨材対応
- 維持管理の研究者よりも新技術の研究者の方がスター的存在

学会や研究機関は、生産性向上より、材料の変化に対する品質確保を重視

- 骨材の変化
 - 玉砂利から砕石へ
 - 海砂の使用
 - 溶融スラグ等の活用
 - 再生骨材の活用
- セメントの変化
 - 高炉スラグの活用
 - 低熱セメント
 - その他各種セメントの開発
- 混和剤の進化
 - AE剤、高性能AE剤
 - その他各種混和剤の開発
- 混和材の開発
 - 高炉スラグやフライアッシュの活用
 - その他各種混和材の開発

混和剤の発明による生産性向上

コンクリートよらず研究会テキスト
「コンクリート用混和剤（材）の選び方、使い方」より

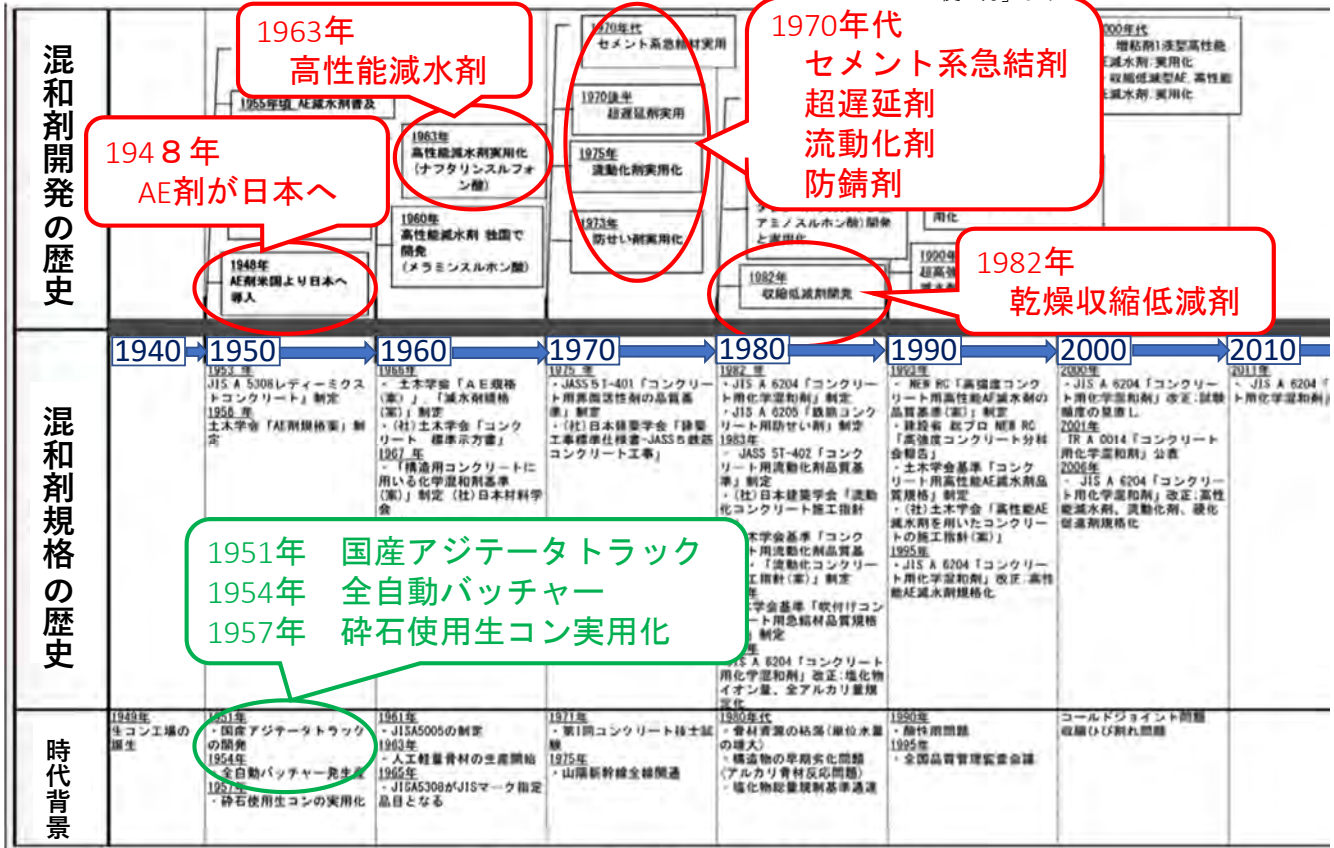


図 3.2.1 混和剤の変遷 (混和剤の開発および規格化)

混和剤活用による災害時の応急復旧をヒントに生産性向上

増粘剤一液型混和剤 災害復旧現場での活用 使用実績

豪雨による河川護岸破損・空洞化補修工事



修復前



修復後

(山口県HPより) 技術講習会 (第12回資料) [混和剤が変えるコンクリートの未来](#)
国際企業株式会社 筒井達也氏

土木学会の生産性向上に向けた取り組み

- スランプ値の改正
- 機械式継手の開発
- プレキャストコンクリートの活用
- 従来禁止していた同一断面への継手の集中は一、塑性化を想定する部位への継手配置も、部材が必要な性能を満足することが確認できる場合には許容する。
- 学会としては、生産性向上より、生産性向上に伴う品質確保の見守りを重視

スランプ値の改正によるコンクリート工事の生産性の向上

流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン

【流動性を高めた現場打ちコンクリート活用の効果事例】

- 一般的な鉄筋コンクリート構造物の場合、流動性を高めたコンクリート(目標スランプ12cm)を活用することにより、施工性(時間当たりの打込み量・作業人員)は約2割向上。

施工実績例



目標スランプ	8cm	12cm	効果
時間あたりの打込み量	18.9m ³ /hr	23m ³ /hr	22%向上
作業人員	14人	11.3人	19%向上

約2割向上

(山口県HPより) 技術講習会(第11回資料)『流動性を高めた現場打ちコンクリートの活用に関するガイドライン』の制定の経緯および考え方について 徳島大学 橋本親典

橋梁上部工のプレキャスト化による生産性の向上 (タイの高架鉄道工事にて 2016.11)



プレキャスト製品 補強土壁の開発

北見工大
補強土壁研究チーム
テールアルメの研究



女性技術者の登用による生産性向上

- コンクリートの試験は、屈強な男性が力仕事をするのが前提となっている
 - 曲げ試験供試体の重さ
 - スランプコーンの重さ
 - 試験練りの作業
- もし、女性しかいない社会、あるいは、男性の力が軟弱だったら、それなりの試験方法が開発されたはず。

建築のコンクリート工事、
土木のコンクリート工事
生産性は・・・

建築のコンクリートの打込み



土木のコンクリート打設



コンクリートポンプ工法における 施工の計画と実状に関する調査

柳井 修司鹿島建設(株)・近松・石川・河野

施工に関わる遵守項目とその規定 (目安)

学会	規 準	打重ね時間間隔	
日本 建築 学会	建築工事標準仕様書・ 同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2003	通常期 (外気温が25℃未満)	150分 (目安)
		夏期 (外気温が25℃以上)	120分 (目安)
土木 学会	コンクリート標準示方書 【施工編】 【2002年制定】	通常期 (外気温が25℃以下)	2.5時間 (標準)
		夏期 (外気温が25℃を超える)	2.0時間 (標準)

学会	1層の打込み高さ	筒先の移動距離		自由落下高さ	
		日本 建築 学会	棒形振動機の長さ以 下を目安 (公称棒径45mmの場 合, 60~80cm以下)	通常 の コン クリ ート	(横流しをできるだけ避け, 目 的の位置に近づける)
土木 学会	40~50cm以下を標準 (使用する内部振動機 の性能を考慮)	通常 の コン クリ ート	(型枠内で横移動させてはなら ない)	通常 の コン クリ ート	1.5m以下 (標準)
		高流 動 コン クリ ート	8~15m以下 (標準)	高流 動 コン クリ ート	5.0m以下 (原則)

コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.2, 2008, pp.253-258

「かんじんなことは、目に見えないんだよ」

サン・テグジュペリ 『星の王子さま』

目に見えない現象を考える

目に見えない摂理

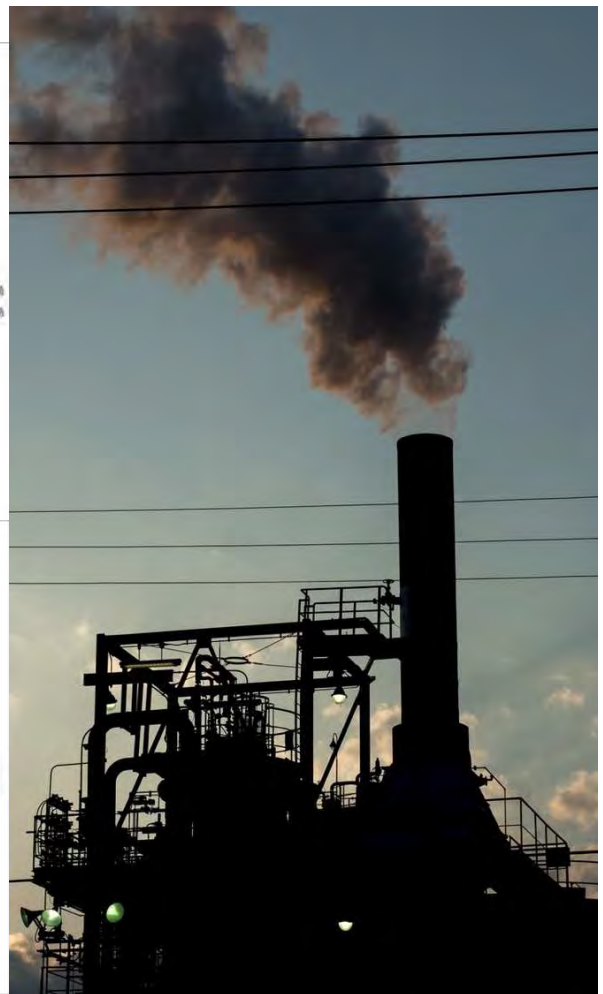
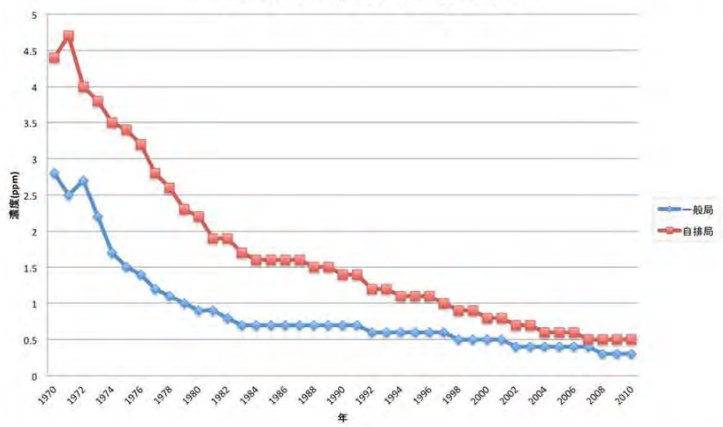
目に見えない速度で起きる摂理

大気汚染物質の大気環境基準

二酸化窒素(NO₂)濃度の年平均値の推移



一酸化炭素(CO)濃度の年平均値の推移



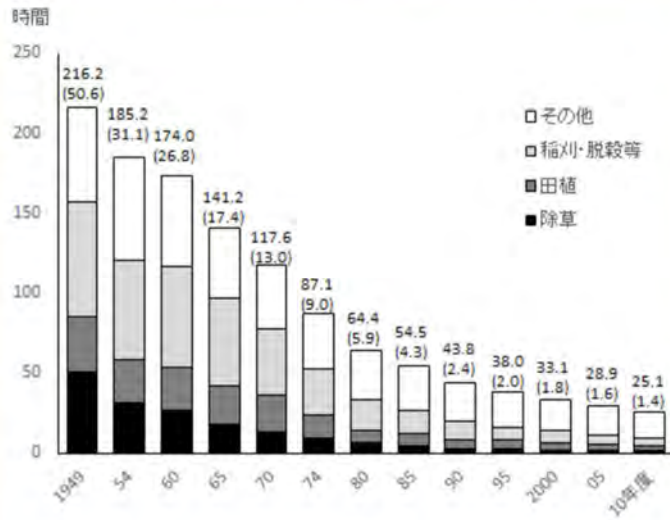
「沈黙の春」レイチェル・カーソン、1962年

農業の生産性を向上させるために当時広く利用されていた殺虫剤、除草剤他の化学物質が、ターゲット以外の生物や環境に、世代を超えて悪影響を与えることを初めて警告した。



農薬使用による 水稲作における生産性の向上

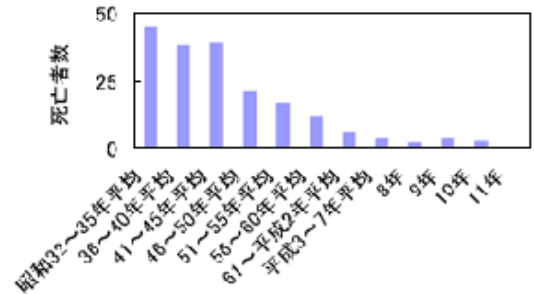
水稲作における主要作業時間の年次変化



*数字は10a当りの総労働時間、()内は除草時間。「その他」は防除、耕起、かん排水など。
(公益財団法人 日本植物調節剤研究協会編「植調五十年史」より作図)

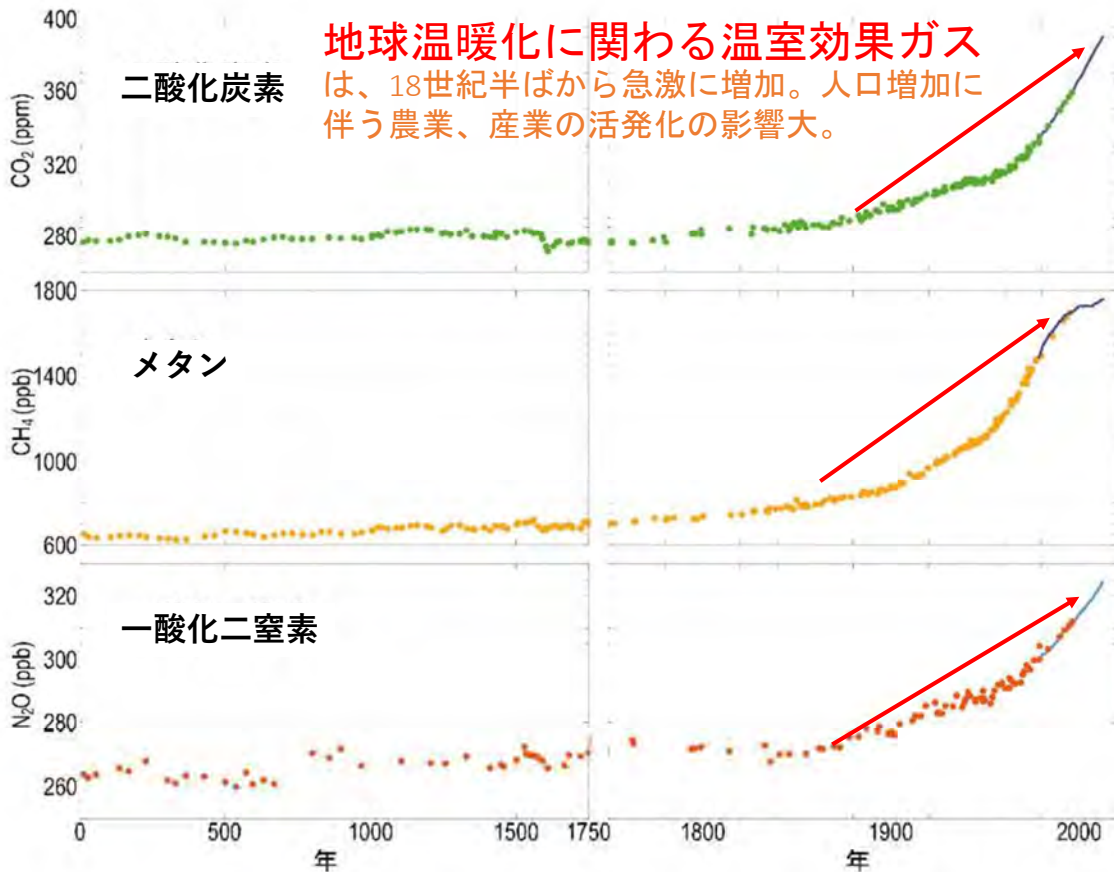
その陰で . . .

農薬による死亡事故数



農林水産省HP「農薬の基礎知識 詳細」
http://www.maff.go.jp/j/nouyaku/n_tisiki/tisiki2.html

農薬工業会HP : https://www.jcpa.or.jp/qa/a6_18.html

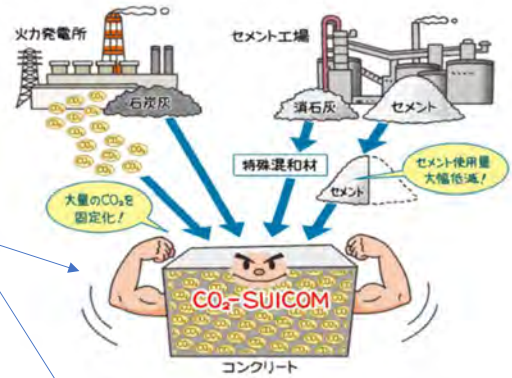


西暦0年から2011年までの主な温室効果ガスの大気中の濃度の変化
気象庁HP (IPCC第5次評価報告書より)

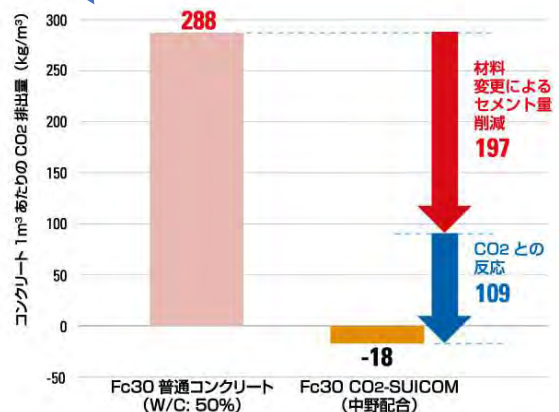
コンクリート（セメント）の生産とCO₂

コンクリートの原材料であるセメントは、製造工程で多量の二酸化炭素（CO₂）を排出するが、最新技術では、CO₂を吸着するコンクリートも開発されている。

鹿島、中国電力、電気化学工業の共同研究で開発されたCO₂を吸い込み固まるコンクリート「スイコム」



セメント製造からのCO₂排出量の推移 (環境省HP)



SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS 17 GOALS TO TRANSFORM OUR WORLD



Society5.0 第5期科学技術基本計画

これまでの情報社会(4.0)



[内閣府作成]

Society 5.0



令和元年版 国土交通白書が示す生産性向上

- 気象データを活用したビジネスにおける生産性向上の取組み
- AIを活用した建設生産システムの高度化に関する研究
- i-Constructionにおける「ICTの全面的な活用」の貫徹について
- 大規模構造物詳細設計においてBIM/CIMの適用
- AI・ロボット等革新的技術のインフラ分野への導入

AI・ロボット等革新的技術の インフラ分野への導入

「人の作業」の支援に加え、「人の判断」の支援が生産性向上のカギ。建設生産プロセス、維持管理、災害対応分野での人工知能(AI)の社会実装を推進する。このために、土木技術者の正しい判断を蓄積した「教師データ」を提供し、民間のAI開発を推進するとともに、技術開発成果を活用できる環境整備を進めている。

図表 II-10-4-1

次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進



水中維持管理技術の例



災害調査技術の例



応急復旧技術の例

おわりに

- 大量の需要がある製品の生産性と、社会基盤の建造で求められる生産性は意味が異なる
- 一つの構造物を造るにあたって、コストが同じなら、一人あたりの生産性を高める（少人数で作る）ことを考える必要がある
- しかし、品質が下がって耐久性が低下しては、生産性が上がったとは言えない。インフラ構造物のコストは、ライフサイクル（建設費＋維持費のトータル）コストで考えるべき

インフラの生産性

= “ライフサイクル”コスト / 作業員数

Q. 大量生産では無い、一品物の現場打ち構造物の生産性を挙げることは出来るのか？

A. 一つの構造物を類似した多くの物の内の一つと考えれば、アイデアは出てくる。

Q. しかし、新設工事が少なくなると、OJTで技術の伝承ができなくなる。技術が伝承されなくても良い構造物を作る仕組みが出来るのか？

A. ロボット、IoT、AI、ビッグデータで合理的に対応できる！？→研究中

A. ロボットが人間のように仕事するようになる！？→研究中

Q. 真に生産性と品質確保を両立させるには・・・

A. 新設コストのみならず、補修や維持管理のコストが大きくなるコンクリート構造物は、耐久性を大きくすることが生産性を高めることにつながる。

A. 山口システムで品質が確保されることは、確かに『生産性の向上』に寄与していると言える。

大切なことは、

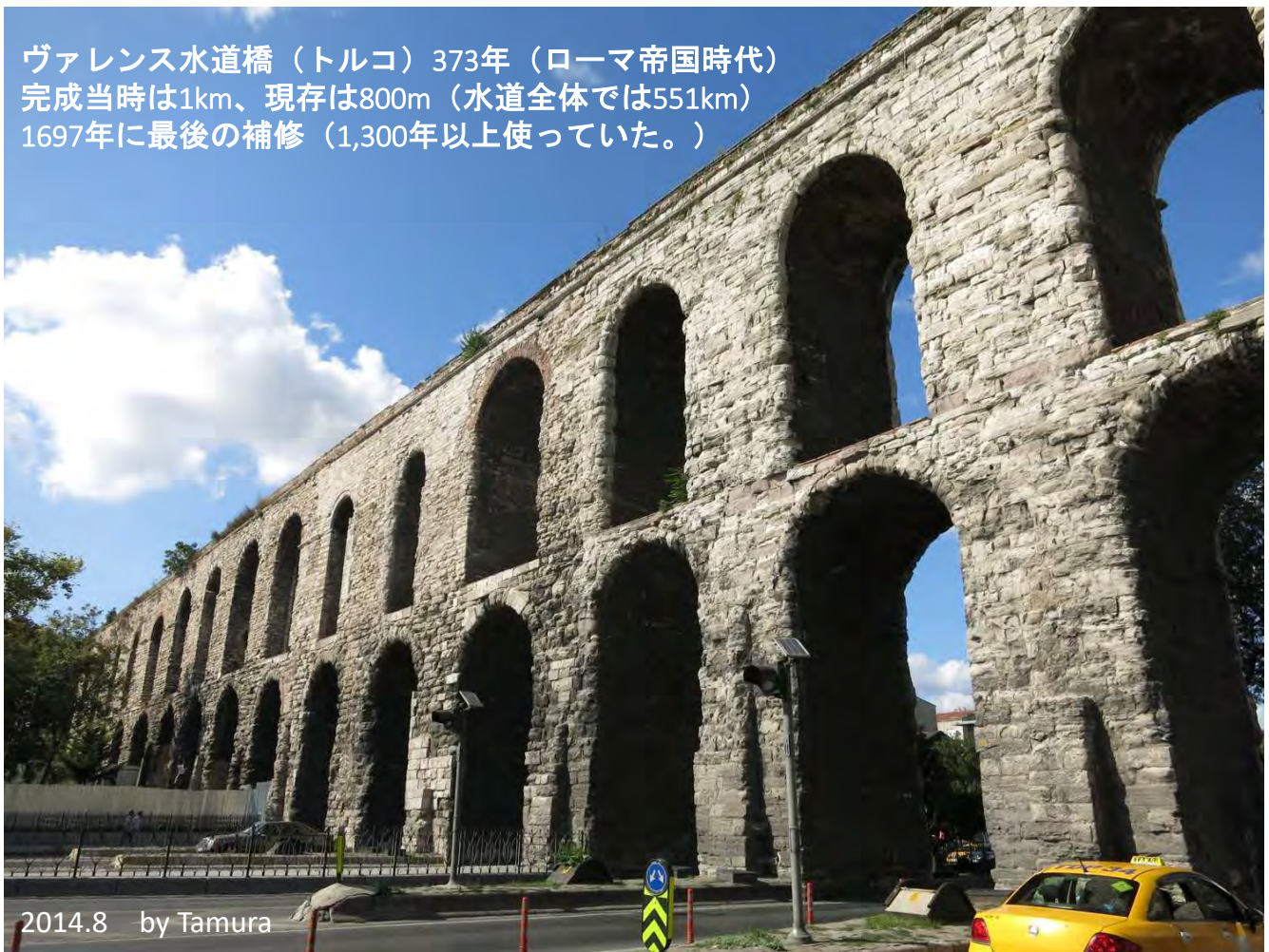
• 技術開発によって生産性を向上させる。

と同時に、最も大切なことは、

• 技術者としての『矜持』をもち、工事関係者の気持ちを一つにして『やる気』を涵養すること

『良いものを作ろう！』という気持ちを。

ヴァレンス水道橋（トルコ）373年（ローマ帝国時代）
完成当時は1km、現存は800m（水道全体では551km）
1697年に最後の補修（1,300年以上使っていた。）



2014.8 by Tamura

エピソード

Iさん : 結局、「良いものを作ろうなんですね。」・・・。

田村 : だから、最初にそう言ったでしょ・・・。

ただし、子孫が苦労しないで済むように、ただ単に耐久性の長い構造物を作ろうとすることは、危険。創業者が、子供や孫のためにただ財産を残しても、子供達はそれを使い果たして、破産するのと同じ。

目指すべきは、生産性を上げつつ良いものを造り続けるために「学習する組織、学習しつづける仕組み」をつくることです。

ご静聴ありがとうございました。