

Sustainability, the environment, & concrete

持続可能性・環境・コンクリート

Dr. Michael Henry

東京大学 生産技術研究所
都市基盤安全工学国際研究センター

2011年12月12日
at 芝浦工業大学

Today's topics 今日の内容

Background on sustainability
持続可能性の概要

Concrete & environmental issues
コンクリートと環境問題

Evaluating environmental impact
環境負荷評価方法

Towards sustainable concrete
サステナブルコンクリートへ

Environmental benefits of concrete
コンクリートがもたらす環境便益

BACKGROUND ON SUSTAINABILITY

持続可能性の概要

Sustainable development is development that

“meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs.”

将来世代のニーズを損なうことなく、
現在のニーズを満たすこと

United Nations, 1987

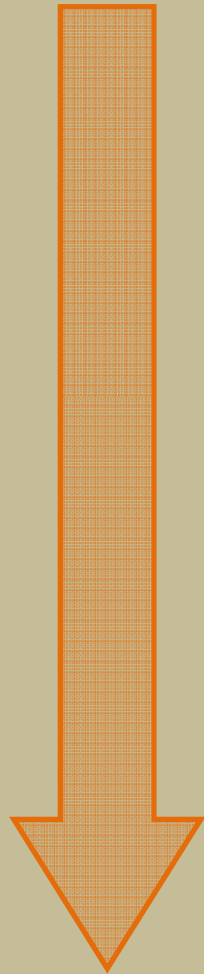
HOWEVER!

Sustainability remains difficult to apply practically as it has not been concretely defined

持続可能性に至るまでの方法はまだ明らかになっていない

Change in definition over time

意味は時間によって変化している



1980 World Conservation Strategy

Development which allows ecosystem and biodiversity to be sustained

生態系と生物多様性を持続する開発

1987 Brundtland Report

Changed the focus to development

開発のほうが中心となった

1992 UNCED and Agenda 21

View that sustainability is the integration of environment, social, and economic areas

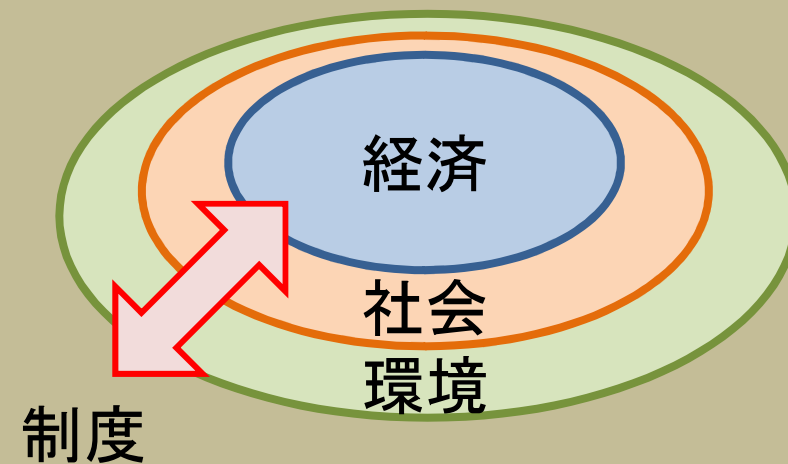
環境・社会・経済の「3側面」のイメージ

Sustainability is viewed as the integration of **economic** and **social** development with **environmental** protection

持続可能性は環境, 経済, および社会という持続可能性の「3側面」を統合したものとして可視化されている



Separate areas



Inter-related areas

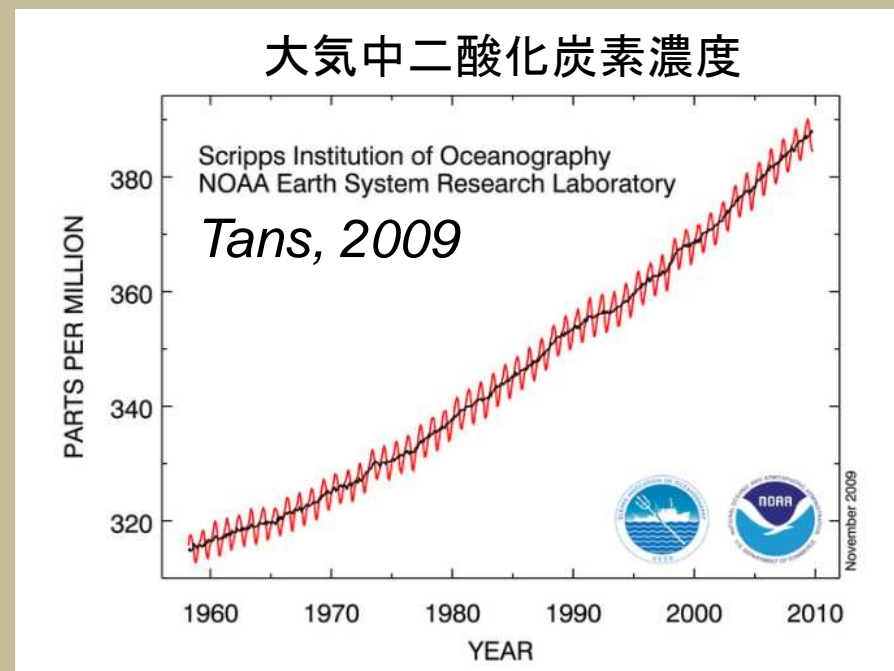
Environment 環境

(from the United Nations)

Resources & eco-system 資源と生態系

Atmosphere, land, seas, coastal areas, fresh water, biodiversity, etc.
気象、国土、海洋、海岸、淡水、生物多様性、など

Global warming
地球温暖化

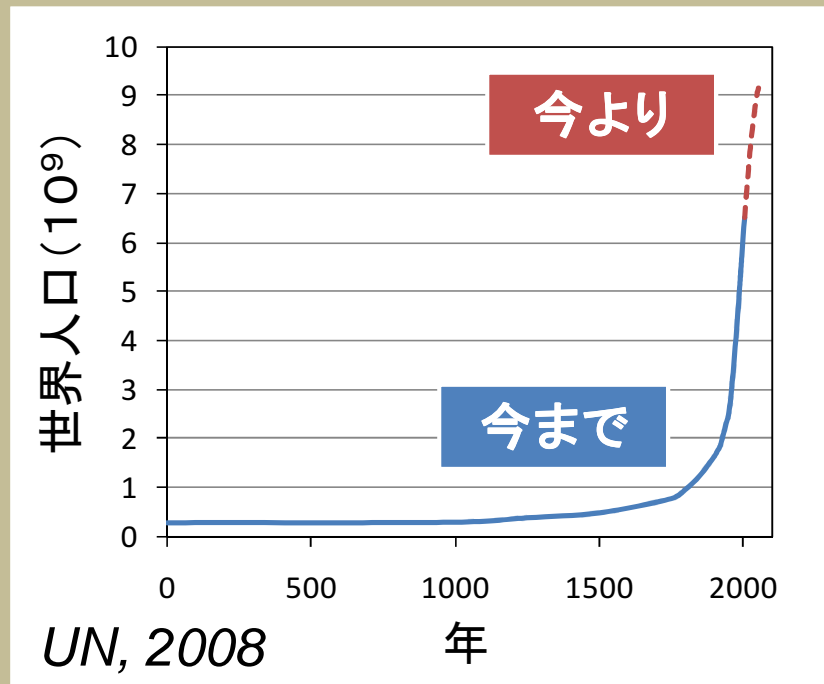


(from the United Nations)

Society 社会

Quality of life, health, and social equity
生活の質、健康と社会的公正

Equity, health, education, housing, security, population, etc.
格差問題、健康問題、教育、住宅、治安、人口、など



Population growth
世界規模の人口増加

Employment & shareholder equity 雇用と自己資本

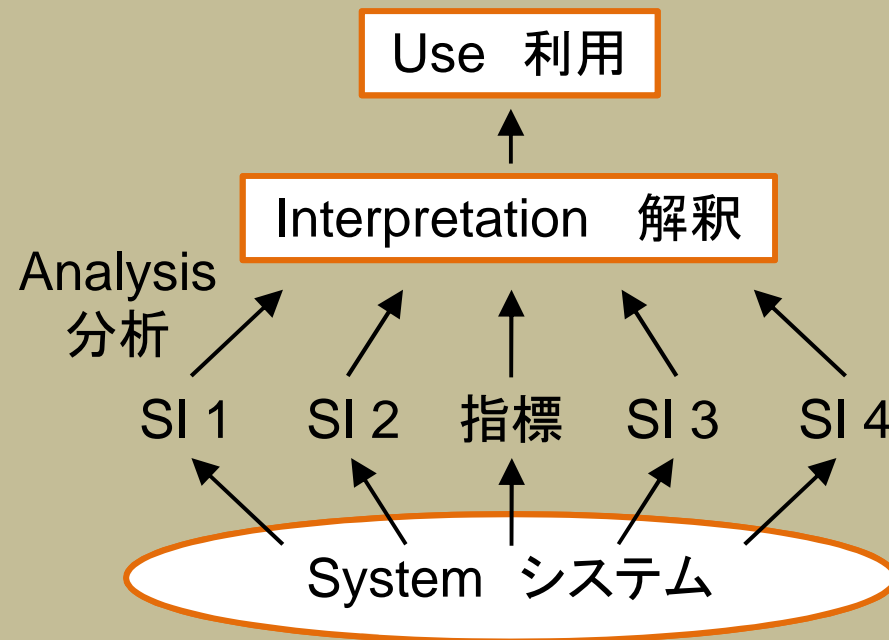
Economic structure, consumption & production patterns, etc.
経済構造、消費及び生産の様式、など

Public policies & management practice 公共政策と管理

Institutional framework, institutional capacity, etc.
制度的構造、政策能力、など

Evaluating sustainability with indicators

持続可能性指標



(Bell & Morse, 2008)

Top-down approach
トップダウン・アプローチ

Experts, politicians, etc.
専門家、政治家、など

Establish indicators
指標を設定する

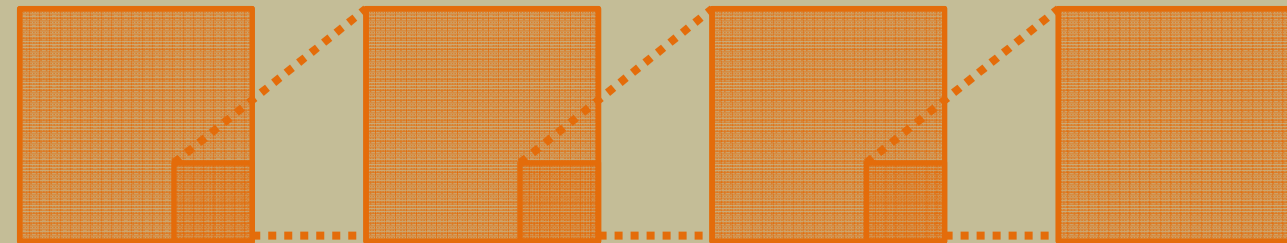
Bottom-up approach
ボトムアップ・アプローチ

Stakeholders
利害関係者

United Nations sustainability indicator framework

国際連合の持続可能性指標の枠組み

CONCEPT コンセプト



Dimension
寸法

Theme
テーマ

Sub-theme
サブテーマ

Indicator
指標

Social
社会

Equity
格差問題

Poverty
貧困

Unemployment
rate
失業率

EXAMPLE 例

Environment
環境

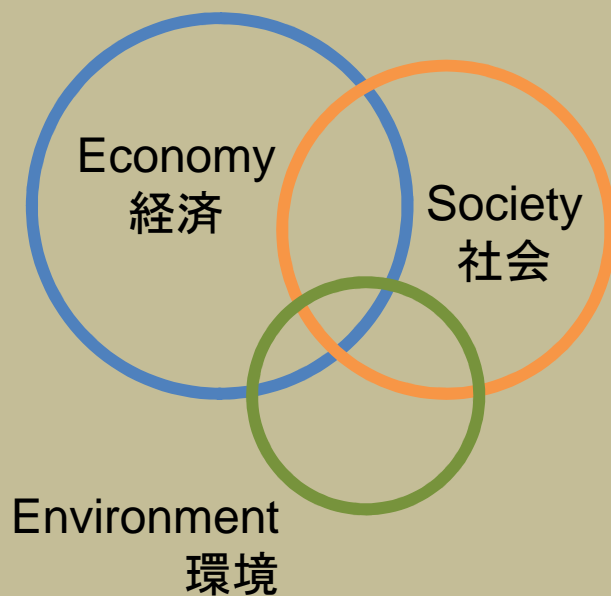
Atmosphere
気象

Climate
change
気候変動

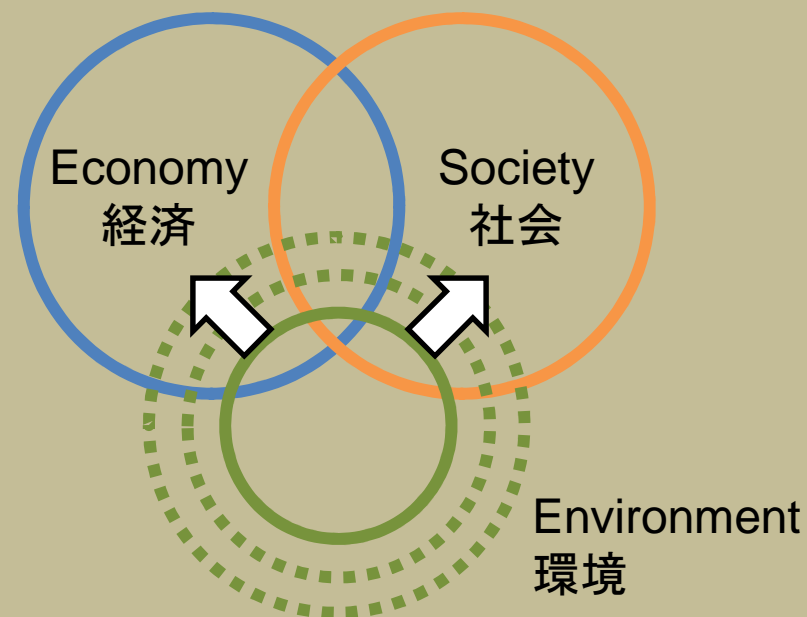
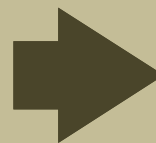
GHG
emissions
温室ガス排出量

CONCRETE & ENVIRONMENTAL ISSUES

コンクリートと環境問題



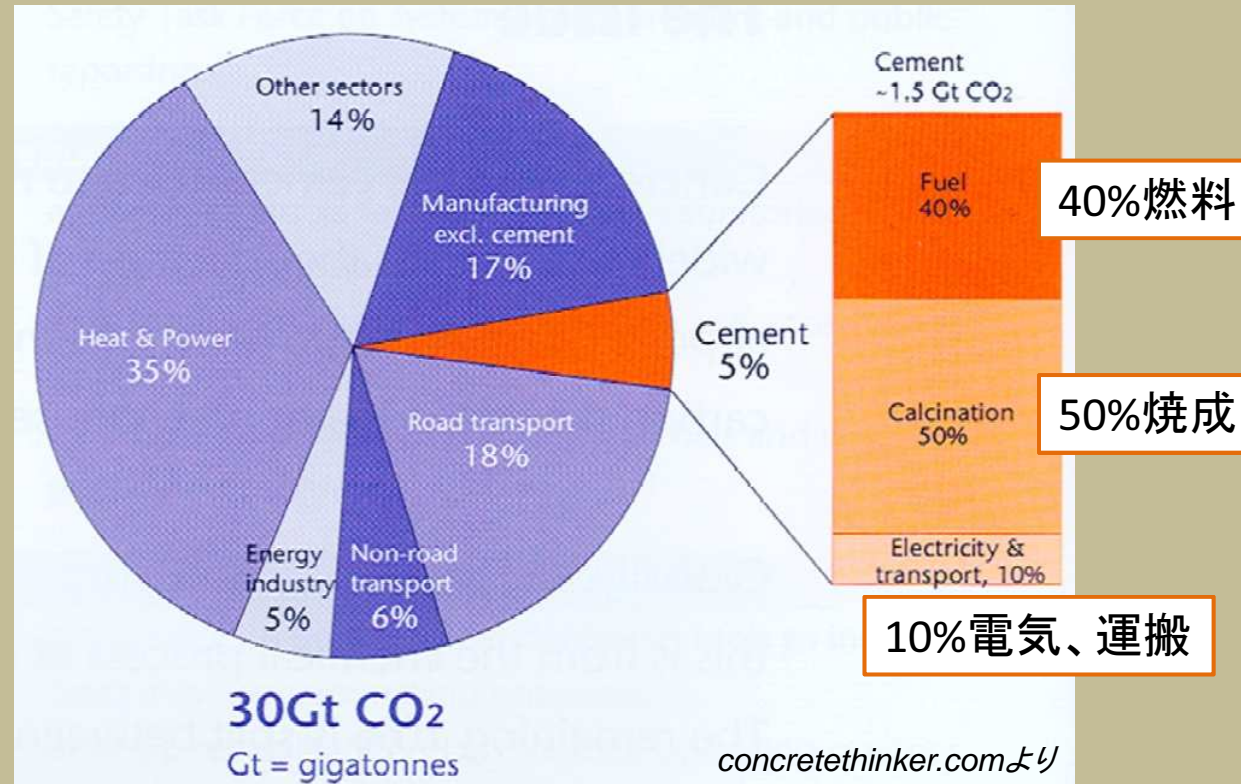
Current situation
現在の状態



Necessary change
必要な変化

CO₂ emissions and global warming

CO₂排出量および地球温暖化



Cement used in concrete is responsible for roughly 5% of global CO₂ emissions

世界のCO₂排出量の約5%は、ポルトランドセメントの製造に由来している

Resource consumption

資源消費

Concrete production consumes:

- ❖ More than 11 billions tons of sand, gravel and crushed rock per year
- ❖ Over 1 trillion liters of water

コンクリートの製造では:

- ❖ 年間110億トンを超える砂, れき, 砕石
- ❖ 1兆リットル以上の水が消費されている

Concrete is the second most-used resource after water
世界的に、コンクリートが2番目に最も使用している資源です

Waste generation

廃棄物の発生

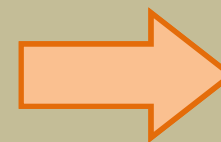
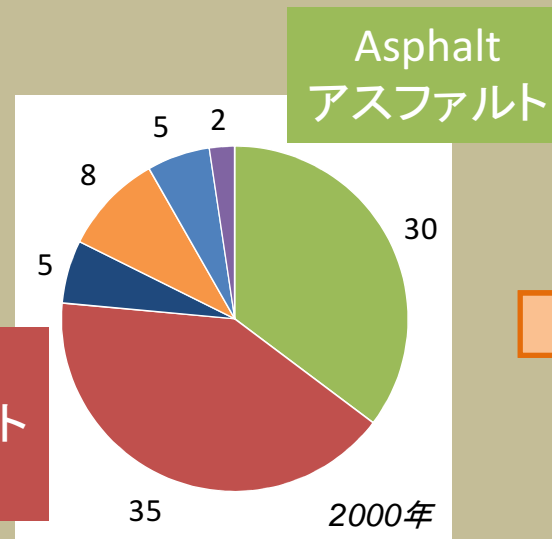
Worldwide generation of concrete and masonry rubble from construction demolition is estimated to exceed one billion tons

世界中で建物の解体から生じるコンクリートや組積みの廃棄物は、10億トンを超えると見積もられている

In Japan... 日本では...

Construction waste
建設の廃棄物
(10万トン)

Concrete
コンクリート
41%



Concrete
96%
recycling rate
リサイクル割合

EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACT

環境負荷評価方法

Evaluating environmental impact

環境負荷評価とは

To measure the extent of the impact on the environment caused by concrete materials, construction, and structures

コンクリート材料、施工、構造などが環境に及ぼす負荷を測ること

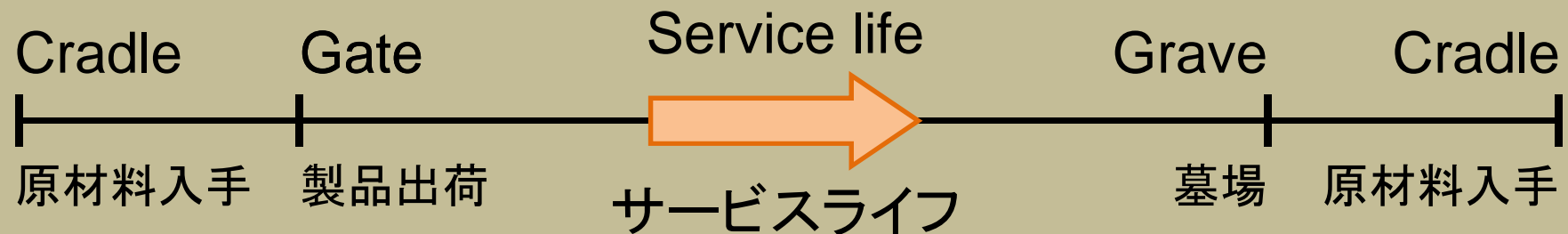


Life cycle assessment (LCA)

ライフサイクルアセスメント

Life cycle assessment is a technique for evaluating the environmental impact of a product over its life cycle

ライフサイクルアセスメントとは、ある製品が生産されてから廃棄されるまでの間に、環境に与える影響や負荷を評価する



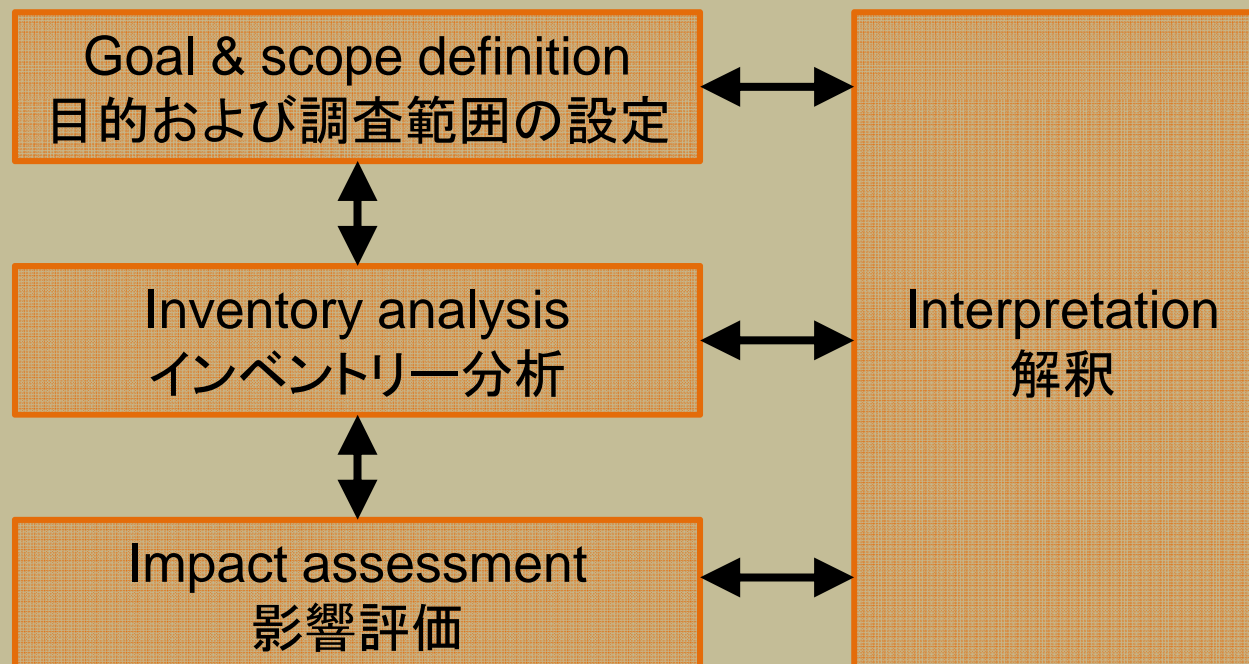
Concept of LCA

ライフサイクルアセスメントのコンセプト

ISO-14040 series

Environmental management system international standards

環境マネジメントシステムに関する国際規格



Other environmental evaluation tools

他の環境負荷評価ツール

Green building evaluation systems

建築環境総合性能評価システム（グリーンビルディング評価システム）

CASBEE, LEED, etc.

- ▶ Don't directly assess the impact of concrete materials
- ▶ これらのシステムは建設全体を網羅的に評価するものであり、コンクリートに特化したシステムではない

JSCE Recommendation of environmental performance verification for concrete structures (Draft)

土木学会のコンクリート構造物の環境性能照査指針（試案）

ISO Environmental management for concrete and concrete structures

ISO コンクリートおよびコンクリート構造物の環境マネジメント

**TOWARDS
SUSTAINABLE CONCRETE**

サステナブルコンクリートへ

Strategies for sustainable concrete

サステナブルコンクリートへの戦略

Conservation 保存	Conserve raw materials by recycling waste materials 廃棄物再生品を使うことで天然資源の使用を抑制
--------------------	-------------------------------------------------------------------------------

Durability 耐久性	Improve durability of concrete to reduce maintenance 維持管理を減らすためのコンクリート耐久性の向上
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------

Holistic 総合	Adopt holistic approach in technology and education 技術と教育に総合的な視点を取り入れる
----------------	---------------------------------------------------------------------------

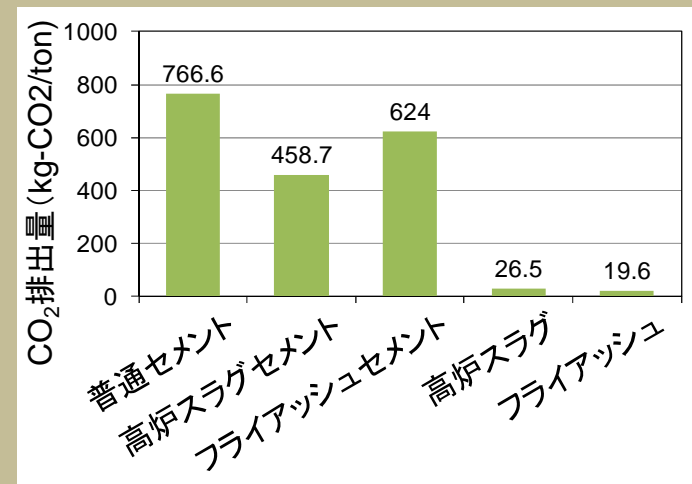
Mehta, 1999

Conservation 保存

Reduce consumption of natural resources by utilizing waste and recycled materials
廃棄物やリサイクル材料の利用による天然資源の使用量抑制



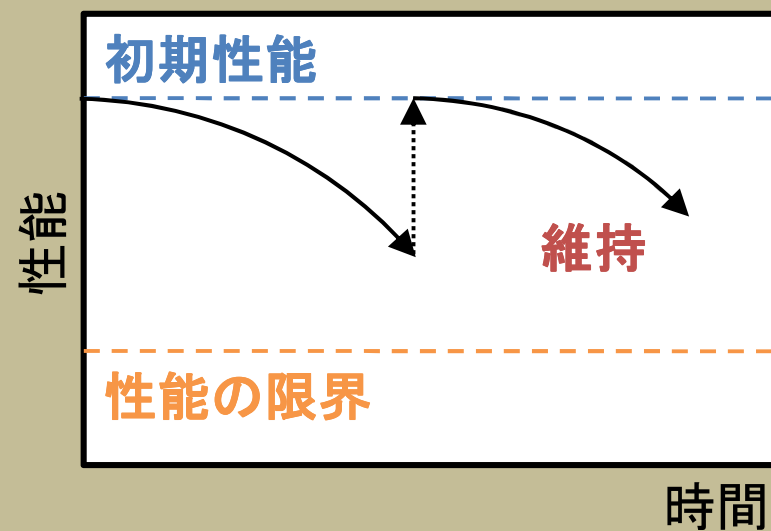
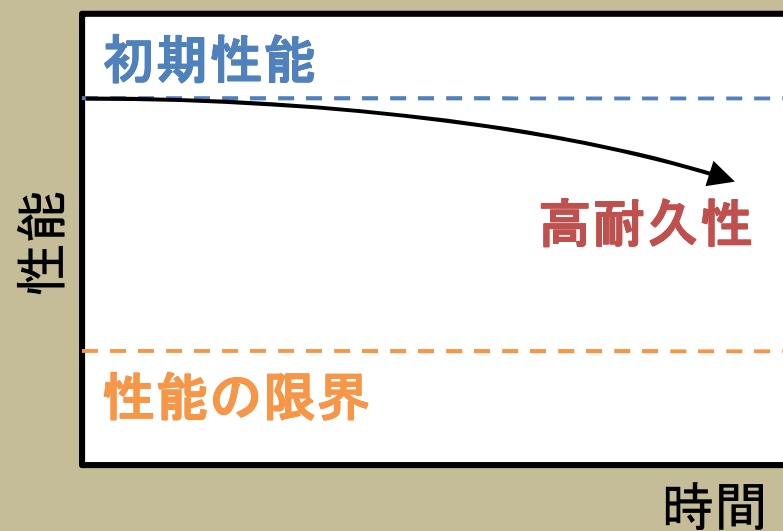
Reduce cement consumption to limit CO₂ emissions
セメント使用量の抑制によるCO₂排出量の減少



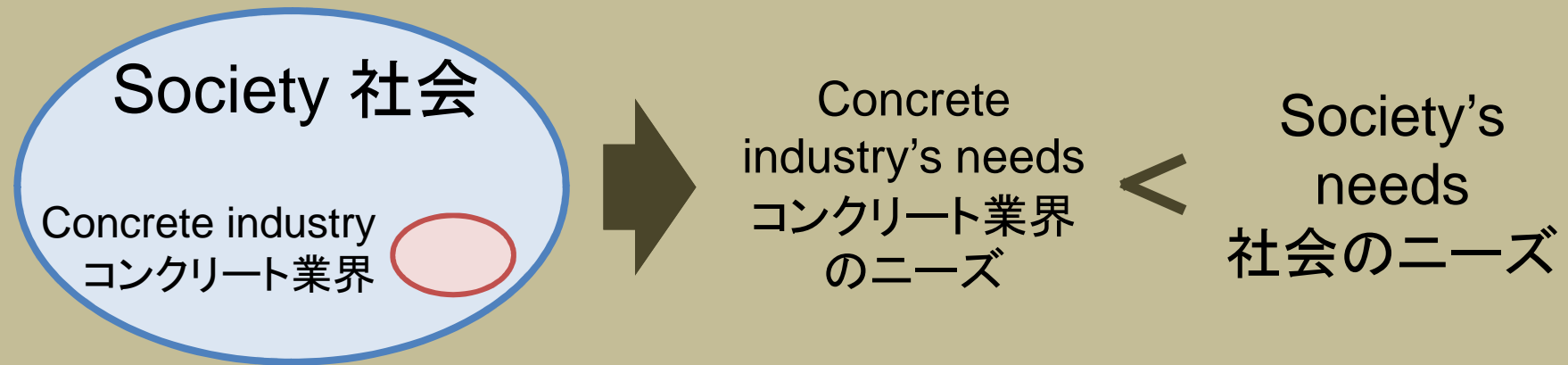
Durability 耐久性



Enhance concrete durability to
reduce maintenance costs
維持管理費を軽減するための
コンクリートの耐久性向上



Holistic 総合



Example 例

Fast construction
建設を加速する



Crack-free concrete
亀裂のないコンクリート

It's necessary to apply multi-disciplinary research to solve the complex problems of today's society

今日の社会にある複雑な問題を解決するためには様々な分野の研究を行っていく必要がある

Taking a holistic approach

総合アプローチより

Need to understand construction and maintenance in the context of social, economic, environmental, and institutional conditions

社会、経済、環境そして制度を踏まえて成り立つと理解されていますが、現在、建設と整備において技術とは違った側面に関してはあまり考慮されていない

*“Hard”
research*
ハードの研究



Concrete technology
コンクリート技術



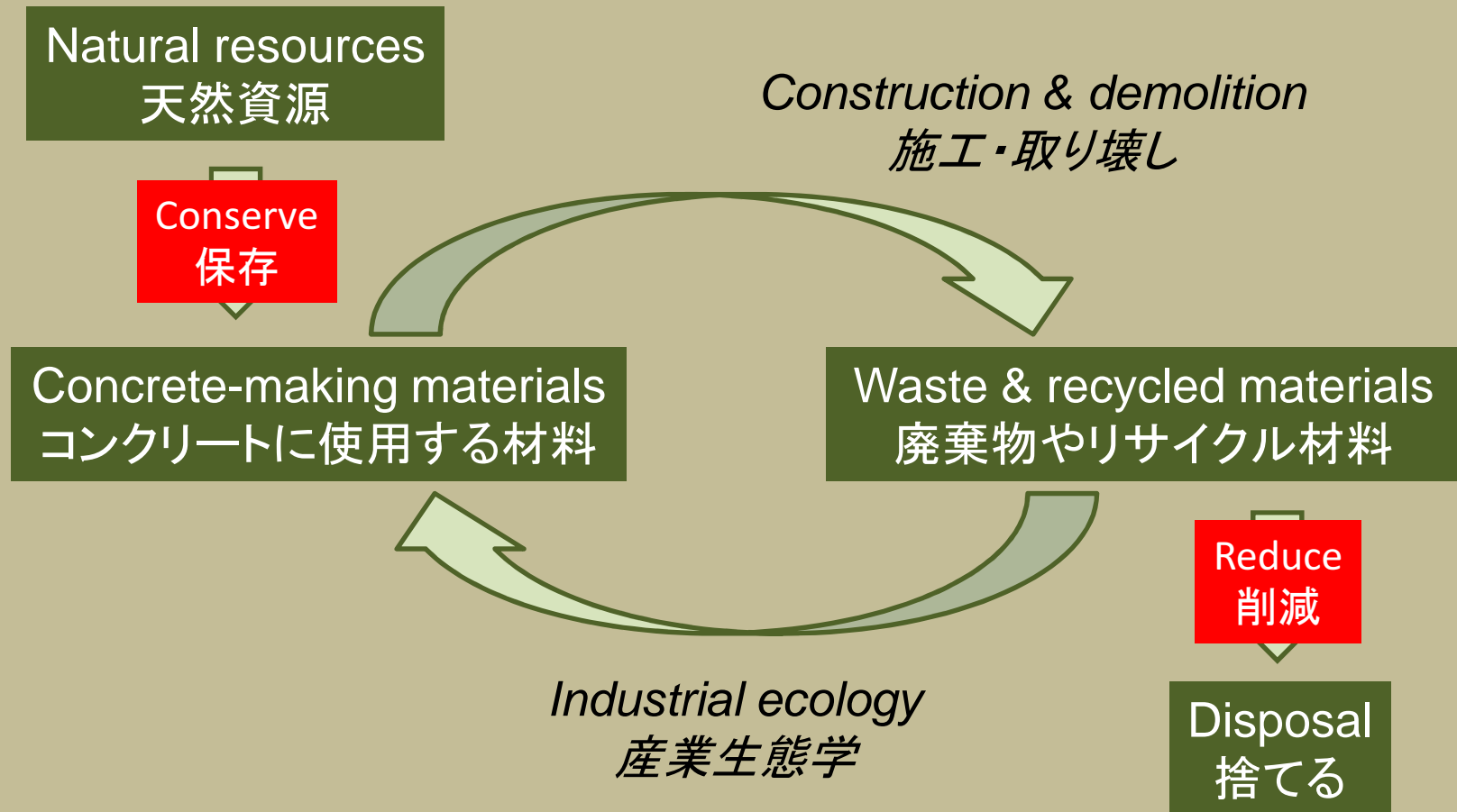
*“Soft”
research*
ソフトの研究

ENVIRONMENTAL BENEFITS OF CONCRETE

コンクリートが
もたらす環境便益

Resource efficiency

資源効率



High volume fly ash concrete 多量フライアッシュコンクリート

Conservation of cement セメントの保存

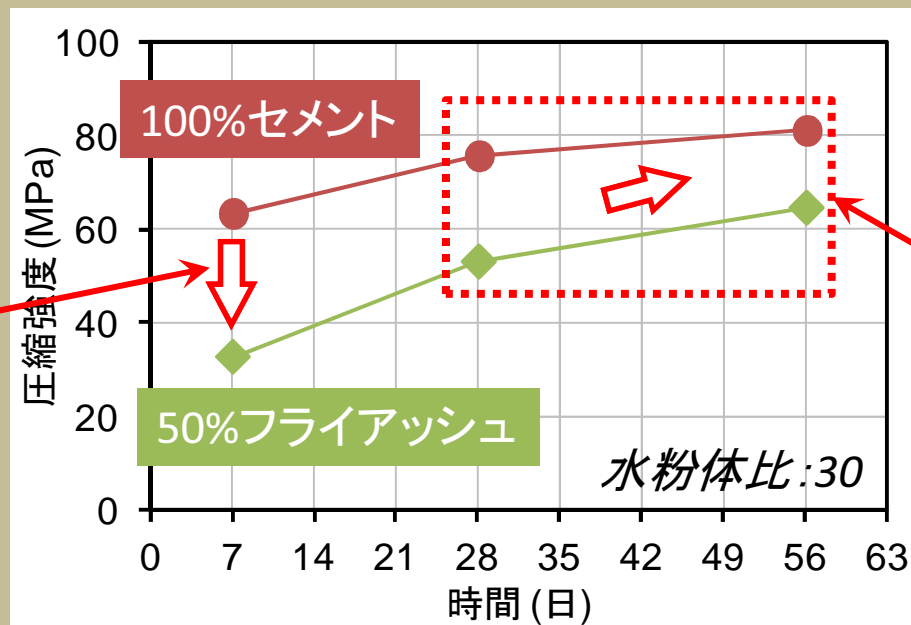
Cement
セメント



Fly ash
フライアッシュ

By-product of coal combustion
石炭を燃料として用いる
火力発電所の副産物

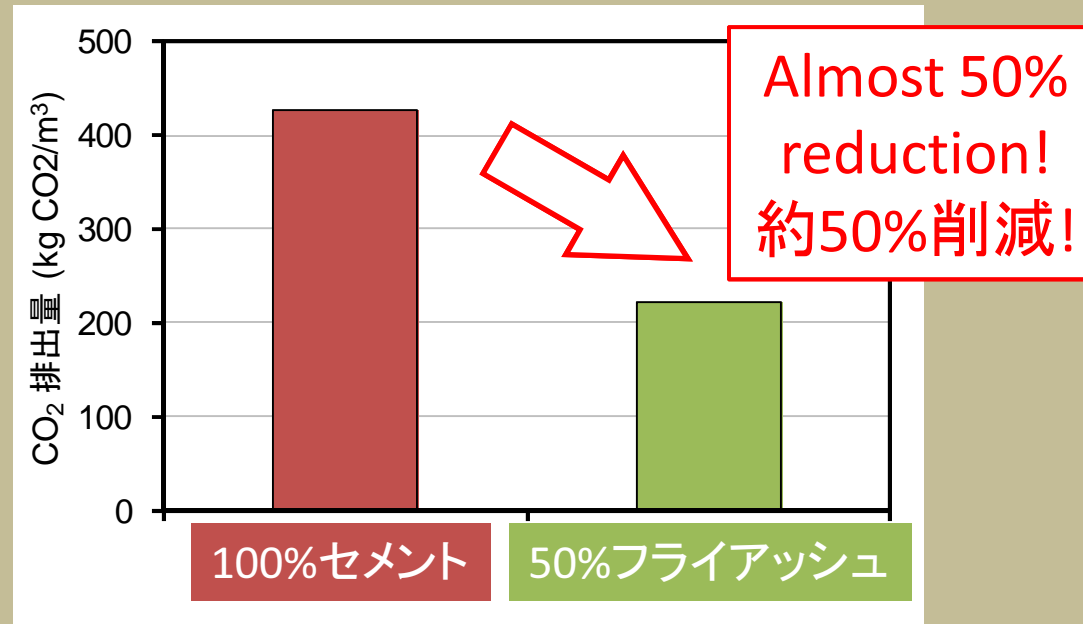
Reduces initial
strength...
初期強度が
下がる



...but better
long-term
strength gain
長期的に見ると
強度が上がる割
合が高い

High volume fly ash concrete 多量フライアッシュコンクリート

Conservation of cement
セメントの保存



Additional value

- ❖ Improved durability
- ❖ Reuse industrial waste

さらなる価値をもたらす

耐久性向上
産業の廃棄物を再生する

Conservation of aggregates 骨材の保存

Recycled aggregate concrete 再生骨材コンクリート

コンクリート構造 Concrete structure



解体廃棄物 Demolition waste



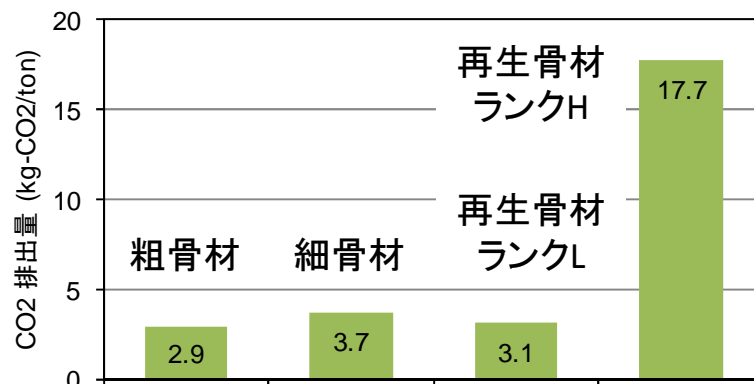
再生骨材 Recycled aggregate



Residual mortar attached to
aggregate

骨材に付いているモルタル

インベントリーデータ

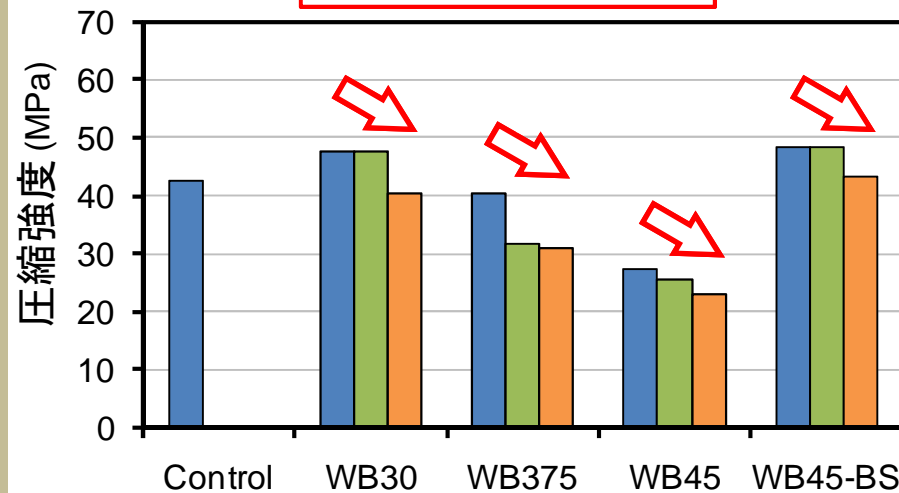


Conservation of aggregates 骨材の保存

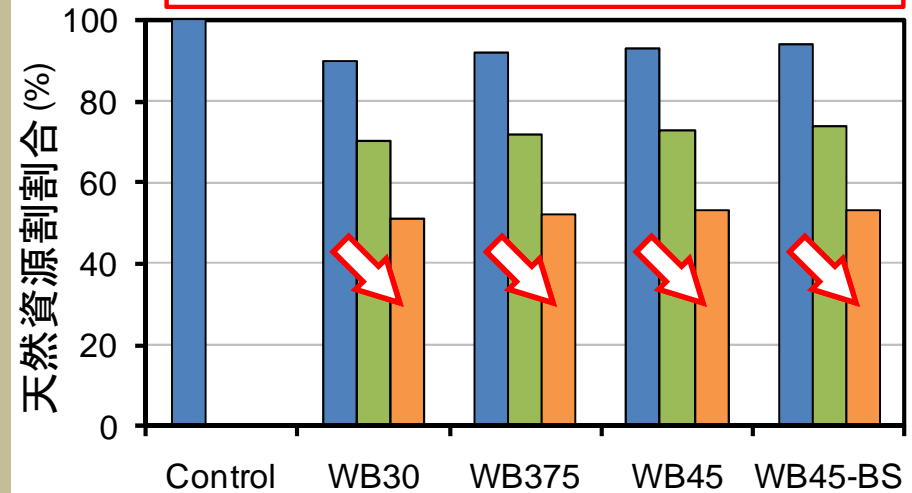
Recycled aggregate concrete 再生骨材コンクリート

Using recycled aggregates...
再生骨材を使用すると...

Reduces strength...
強度が下がる



...but also reduces raw materials!
天然資源割合も下がる



再生 0% 再生 50% 再生 100%

How to balance these criteria?
どうやってバランスをとる?

Rubberized concrete ゴムチップ混入コンクリート

Conservation of aggregate 骨材の保存

Sand
細骨材

Rubber crumbs
ゴムチップ

Recycled from waste tires
廃棄物タイヤからリサイクルした



直径
1~3mm
程度



After compressive strength test
圧縮強度実験後

水セメント比: 30
ゴムチップ無

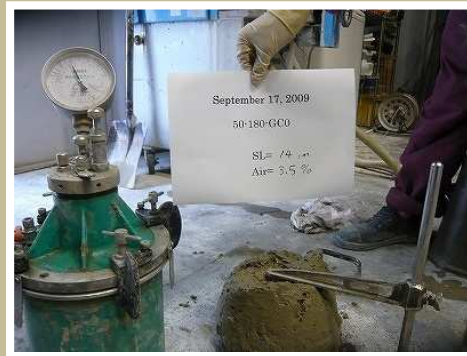
ゴムチップ有



Prevent explosive failure
コンクリートの爆裂をある程度防
ぐことができる

Rubberized concrete ゴムチップ混入コンクリート

Conservation of aggregate 骨材の保存

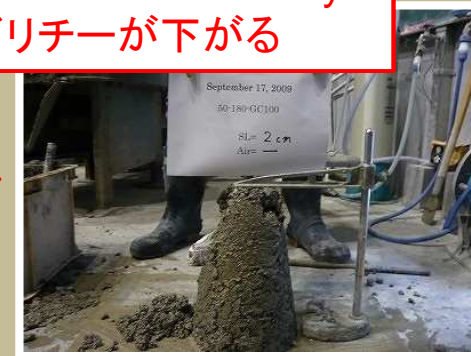


0%ゴムチップ

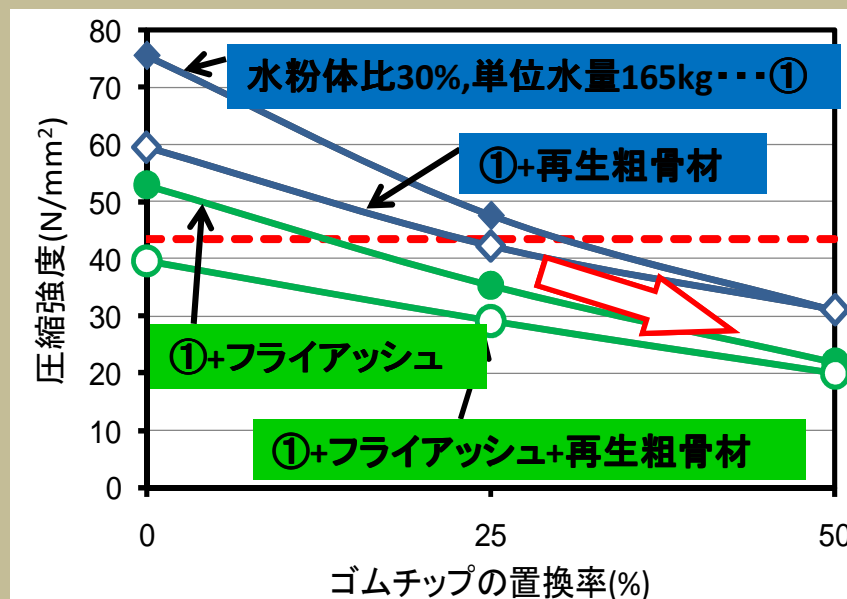


50%ゴムチップ

Large reduction in workability
ワーカビリティが下がる



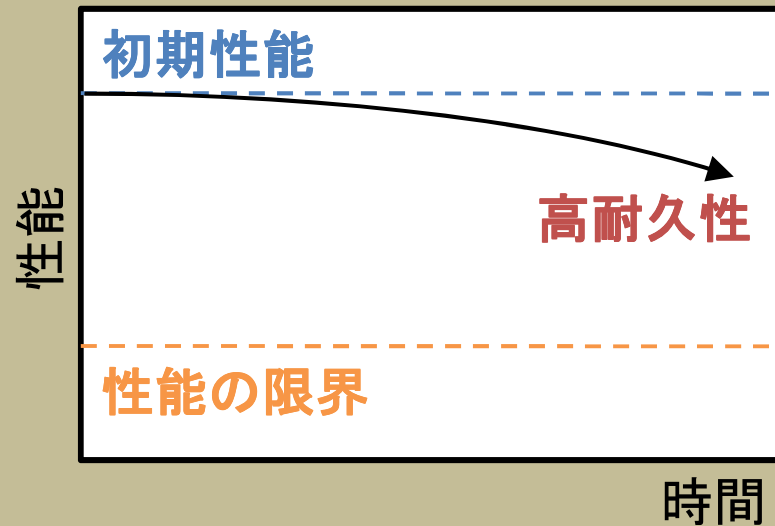
100%ゴムチップ



Also reduction in strength
圧縮強度も下がる

Longevity & durability

長寿と耐久性



Durable concrete materials can extend service life and ensure safety
高耐久性があるコンクリートは、
サービスライフを延長されるし、安全を守れる

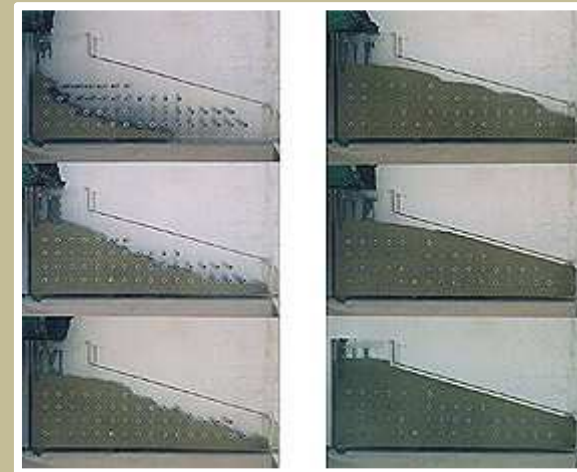


Self-compacting concrete 自己充填コンクリート

Enhanced durability
耐久性向上



High workability and flowability
コンクリートが高い充填性・高
ワーカビリティを持つ

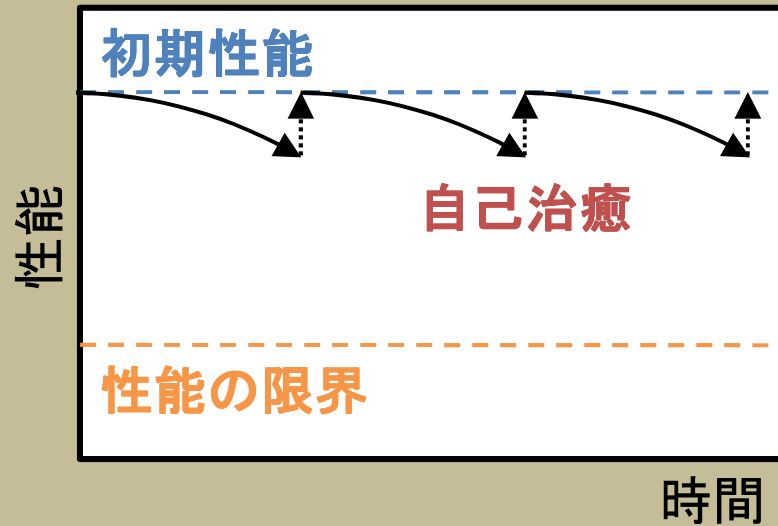


三井住友建設より

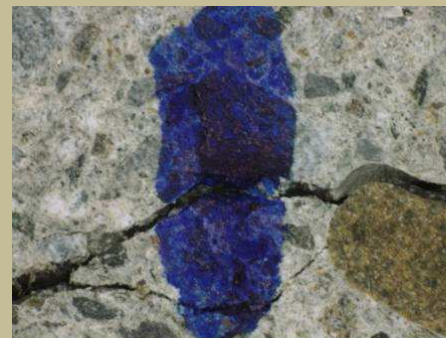
Improve durability and quality
耐久性と品質を向上する

Enhanced durability
耐久性向上

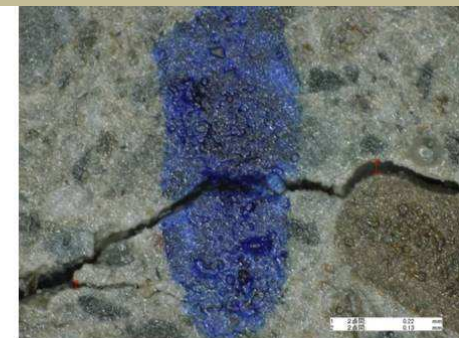
Self-healing concrete 自己治癒コンクリート



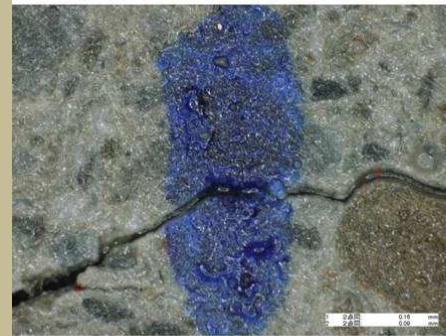
東京大学 安台浩氏より



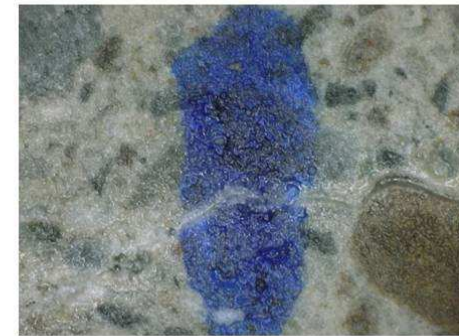
(a) Crack



(b) 3 days



(c) 7 days



(d) 33 days

*Closing of crack by
self-healing in water*
水をつけるとコンクリート
が自らひび割れを塞ぐ

Permeability functions

透水作用



Efficient use of land and water
by utilizing permeability
透水作用により、土地や水を
有効利用する



Porous concrete ポーラスコンクリート

Plant life
緑化

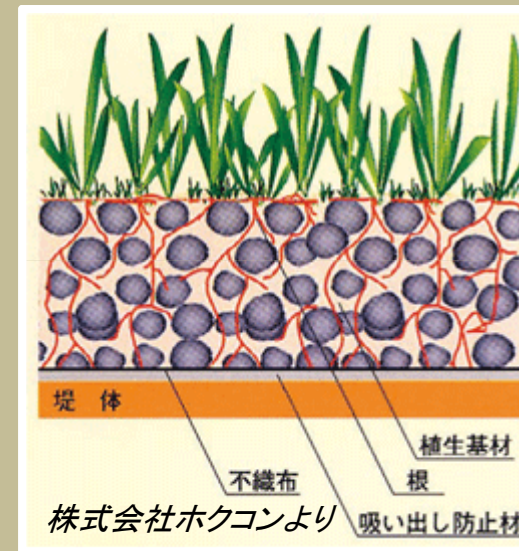
Permeability
透水作用

Biodiversity
生物多様性

Porous concrete reduces the amount of fine aggregates
多孔質のコンクリートは単位細骨材量を極端に減らした



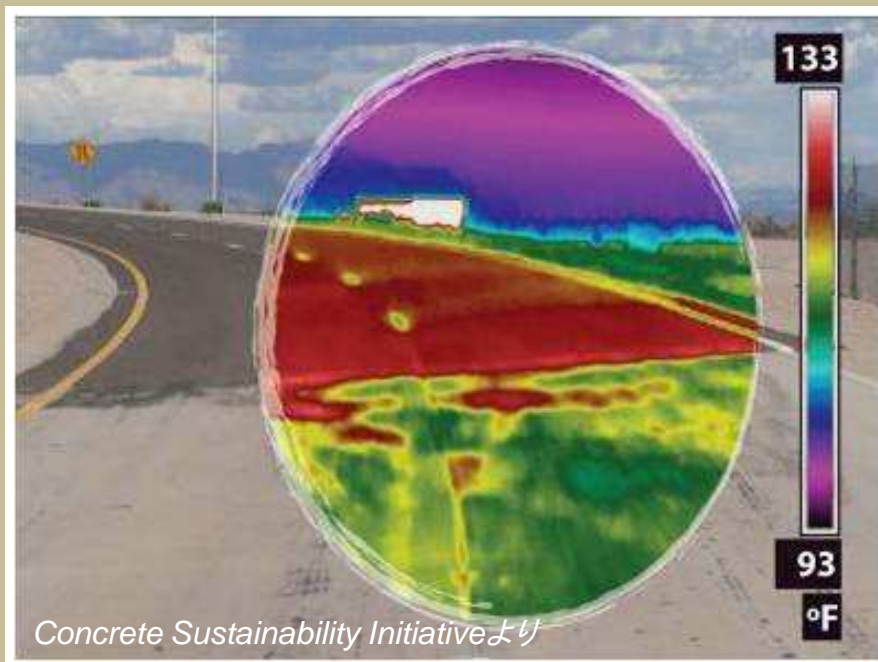
Drainage and noise reduction
排水性および低騒音舗装に利用される



Support plant growth
植物の生育や微生物の棲息が可能に
使用される

Heat storage

蓄熱効果



Reduce urban heat island
effects
ヒートアイランド現象の影響を
削減する

Other benefits of concrete

他の環境便益

Aesthetics
美学的思想

Concrete Sustainability Initiativeより



Concrete Sustainability Initiativeより



Concrete Sustainability Initiativeより



Fire protection
防火

➡ Sound absorbing
吸音・遮音

➡ CO₂ absorption
CO₂吸収

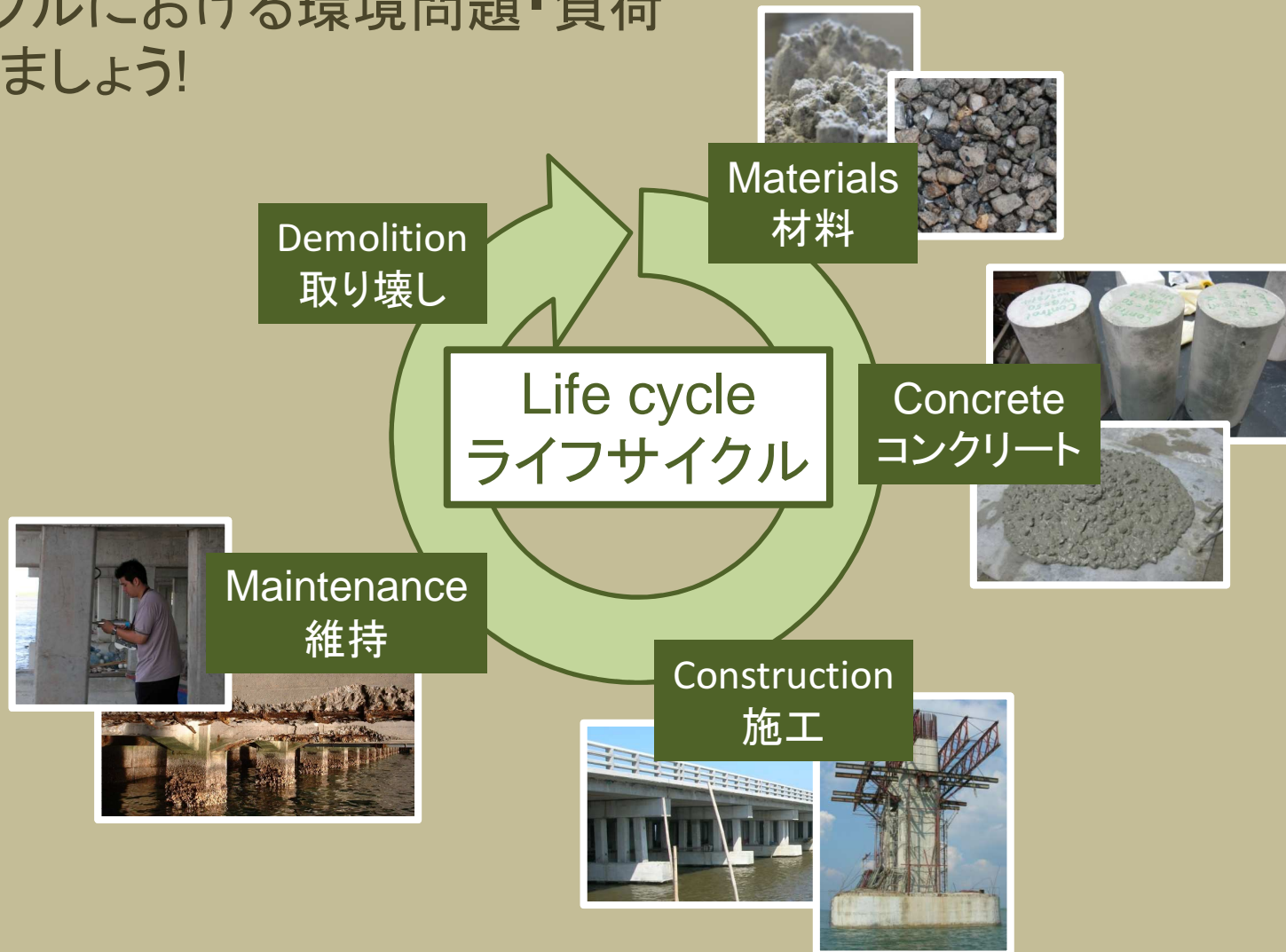
➡ More!
他のもある!

SUMMARY

おわりに

Need to consider environmental issues over the life cycle of concrete!

ライフサイクルにおける環境問題・負荷などを考えましょう!



Sustainability, the environment,
& concrete

持続可能性・環境・コンクリート

Thanks for listening
ご清聴ありがとうございます