

# 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!**

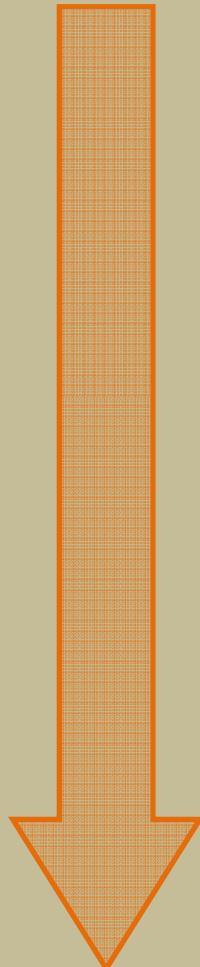
---

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*

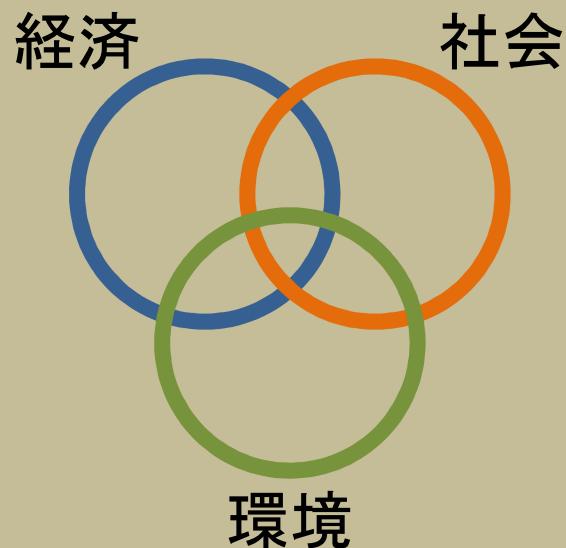
Changed the focus to development  
開発のほうが中心となった

### *1992 UNCED and Agenda 21*

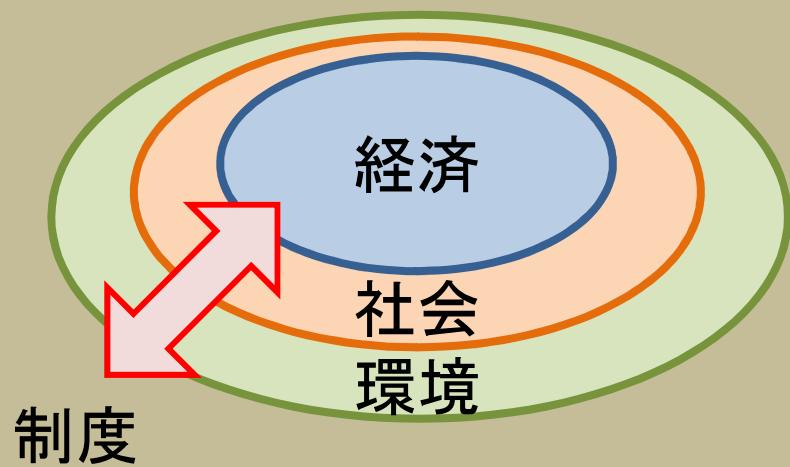
View that sustainability is the integration of environment, social, and economic areas  
環境・社会・経済の「3側面」のイメージ

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*

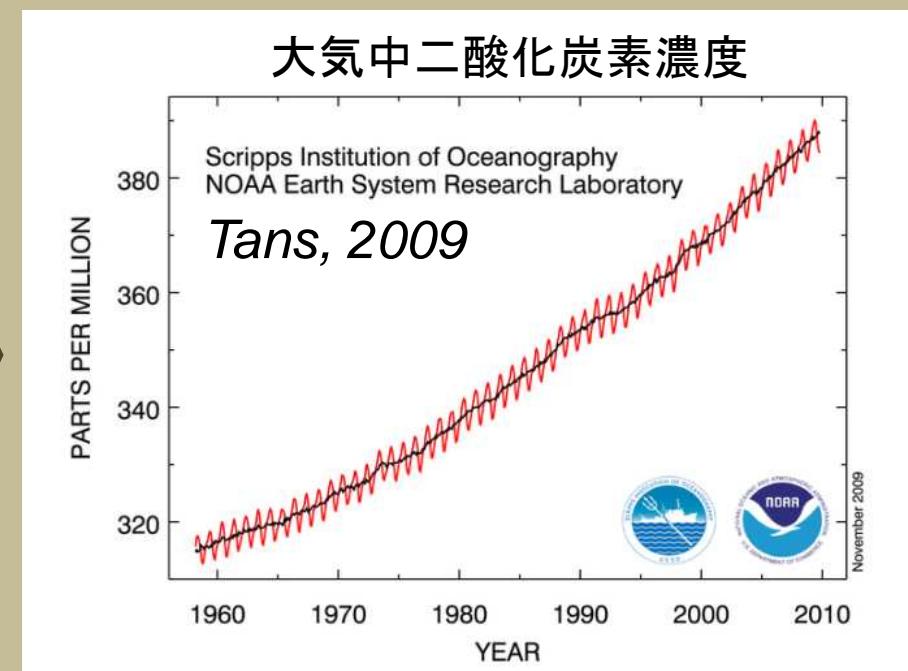


*Inter-related areas*

## 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

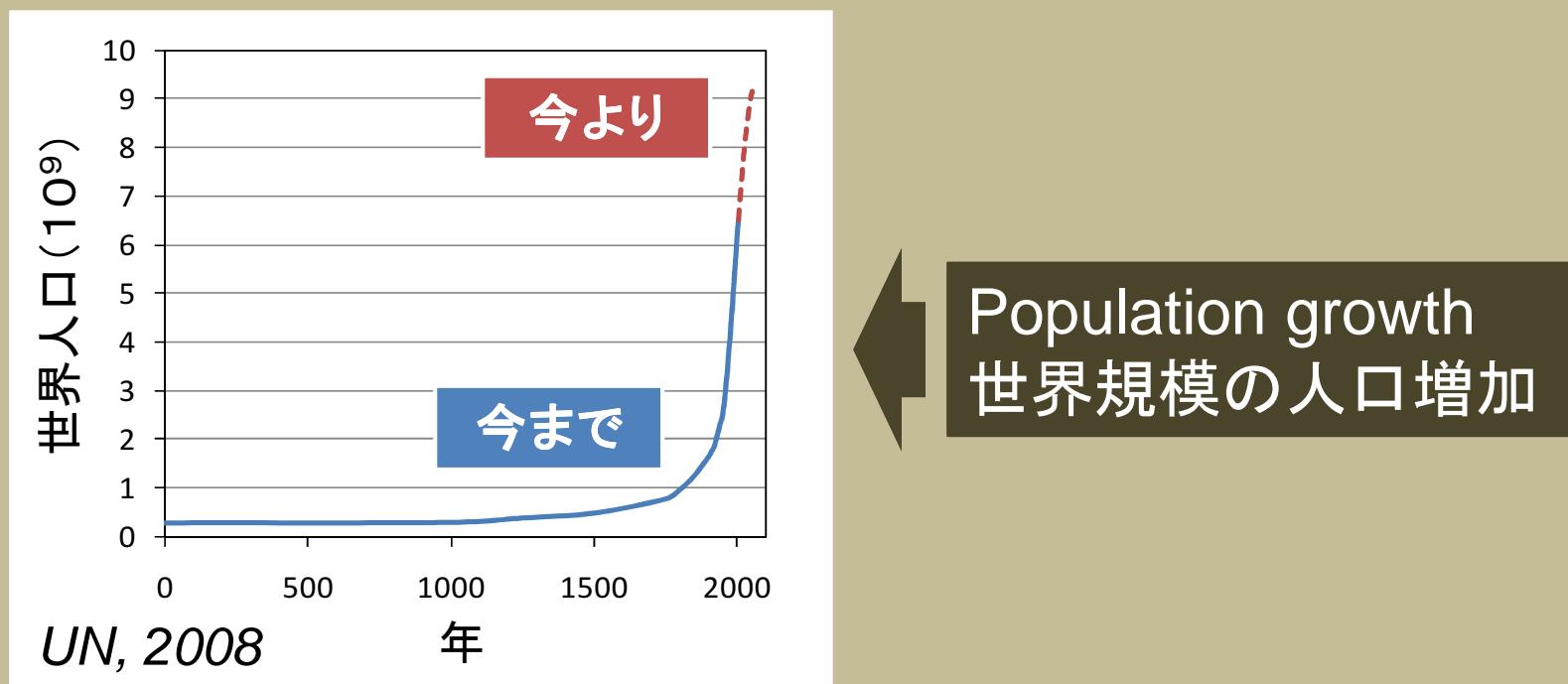


Quality of life, health, and social equity

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



## Employment & shareholder equity 雇用と自己資本

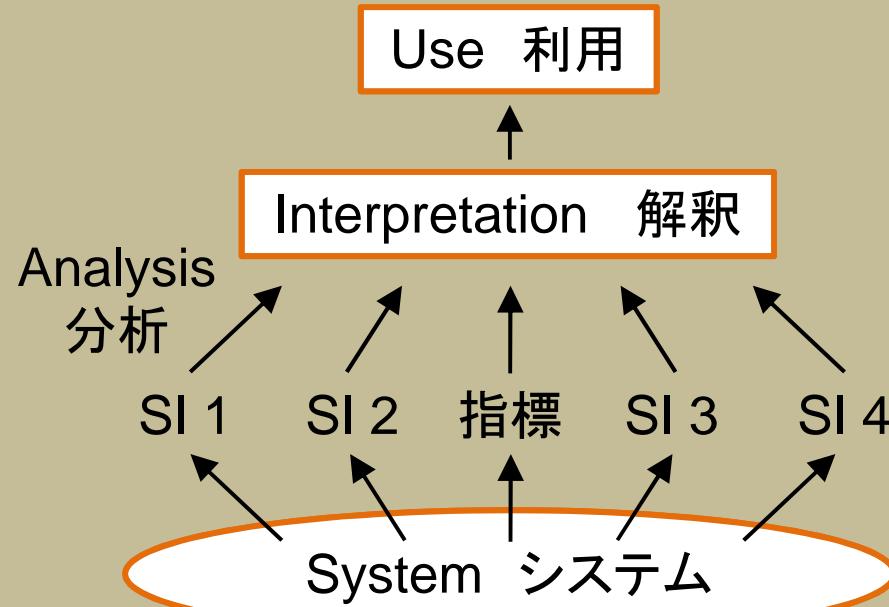
Economic structure, consumption & production patterns, etc.  
経済構造、消費及び生産の様式、など

## 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

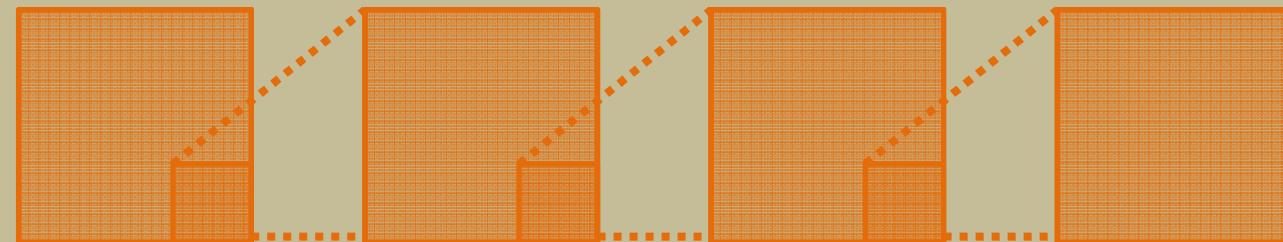
Bottom-up approach  
ボトムアップ・アプローチ

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



Social  
社会

Theme  
テーマ



Equity  
格差問題

Sub-theme  
サブテーマ



Poverty  
貧困

Indicator  
指標



Unemployment  
rate  
失業率

#### EXAMPLE 例

Environment  
環境

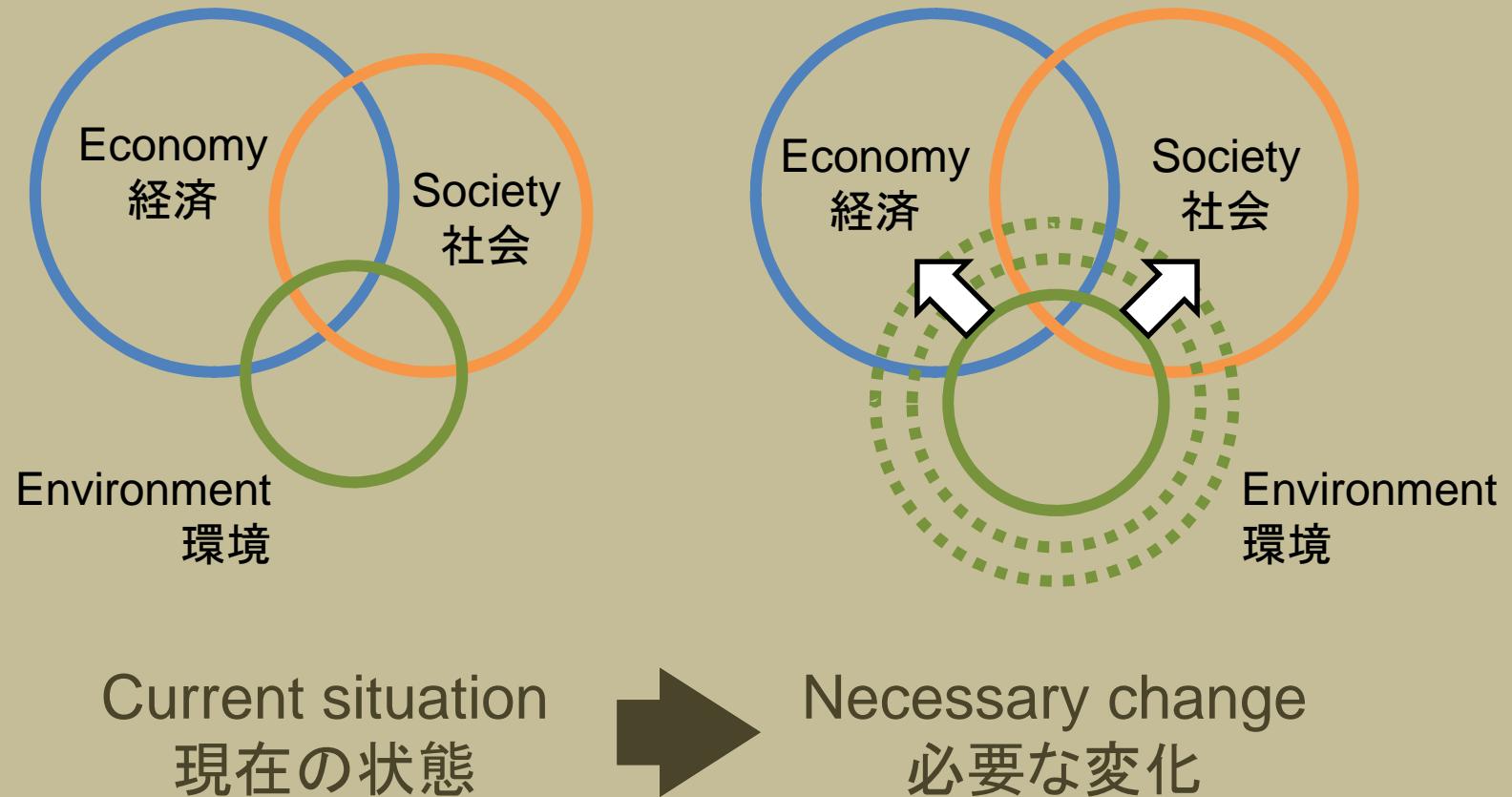
Atmosphere  
気象

Climate  
change  
気候変動

GHG  
emissions  
温室ガス排出量

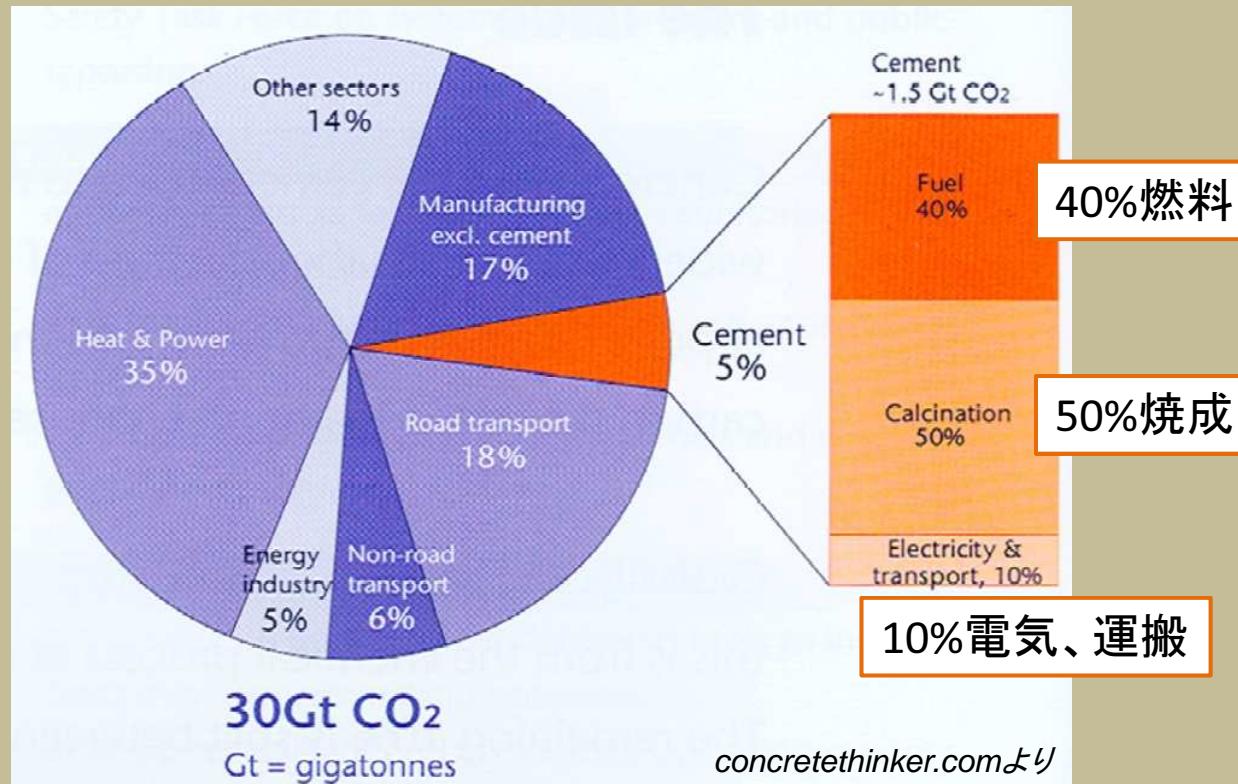
# **CONCRETE & ENVIRONMENTAL ISSUES**

**コンクリートと環境問題**



## CO<sub>2</sub> emissions and global warming

## CO<sub>2</sub>排出量および地球温暖化



Cement used in concrete is responsible for roughly 5% of global CO<sub>2</sub> emissions

世界のCO<sub>2</sub>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, 碎石
- ❖ 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

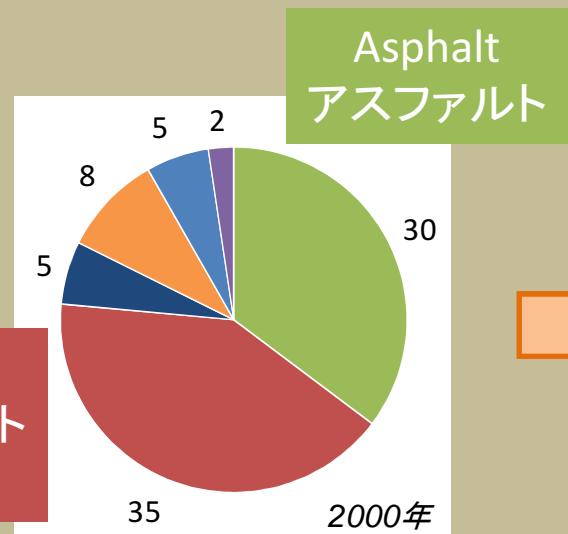
Worldwide generation of concrete and masonry rubble from construction demolition is estimated to exceed one billion tons

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%



Asphalt  
アスファルト



Concrete  
96%  
recycling rate  
リサイクル割合

# EVALUATING ENVIRONMENTAL IMPACT

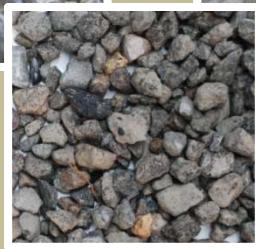
環境負荷評価方法

## *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

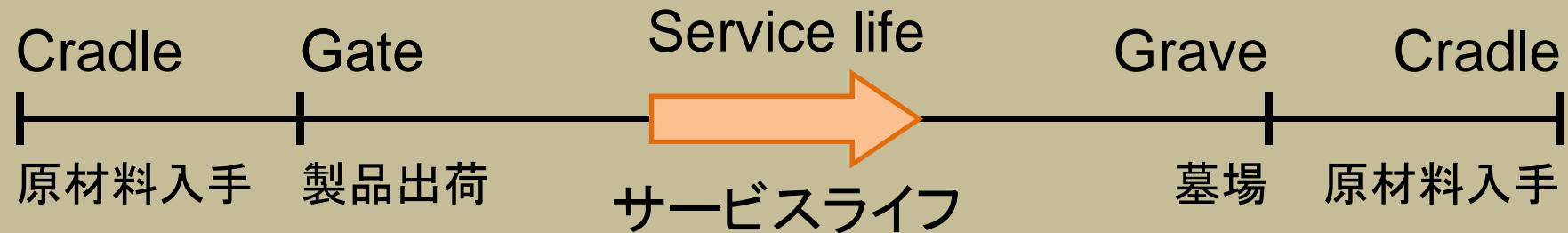


## Life cycle assessment (LCA)

### 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



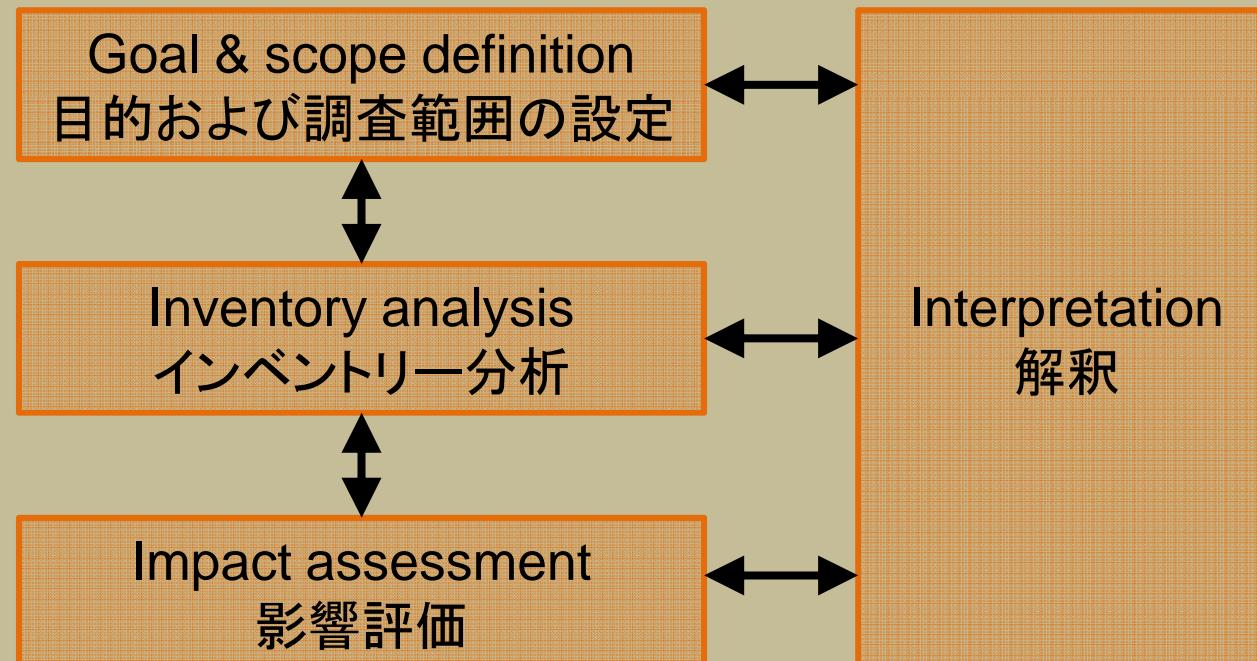
# Concept of LCA

## 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  
廃棄物再生品をする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

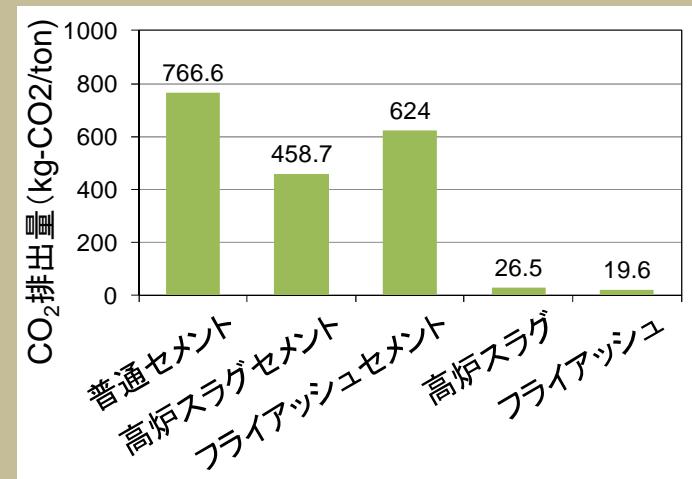
*Mehta, 1999*

# 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



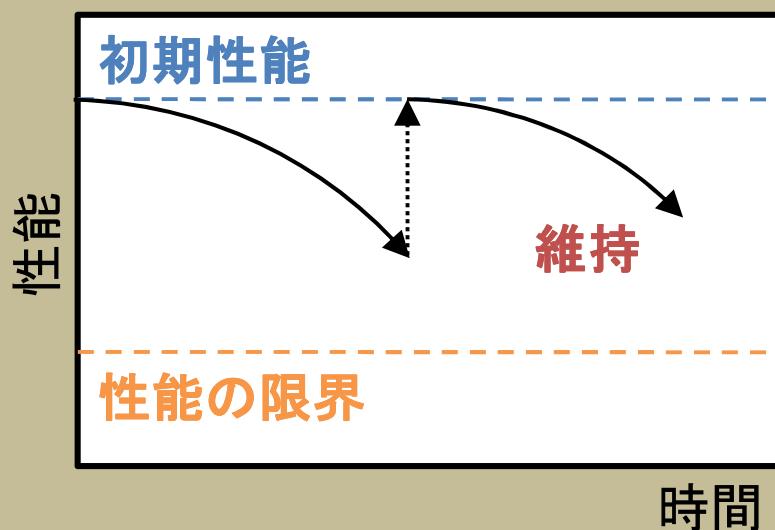
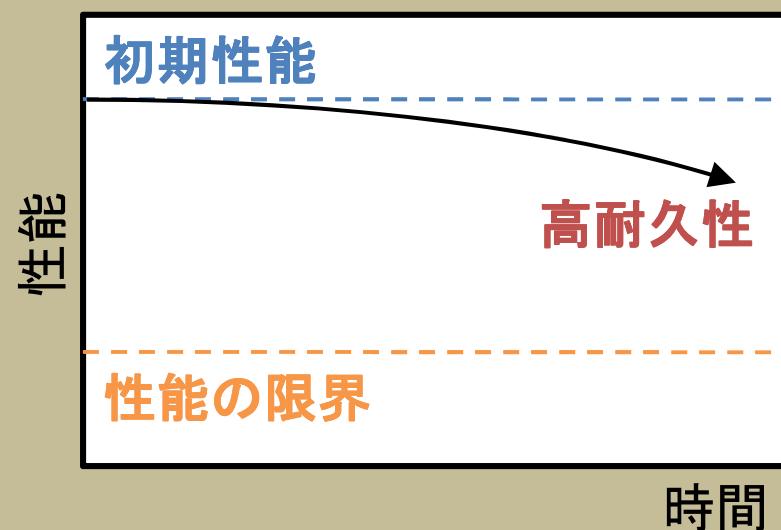
Reduce cement consumption to limit CO<sub>2</sub> emissions  
セメント使用量の抑制によるCO<sub>2</sub>排出量の減少



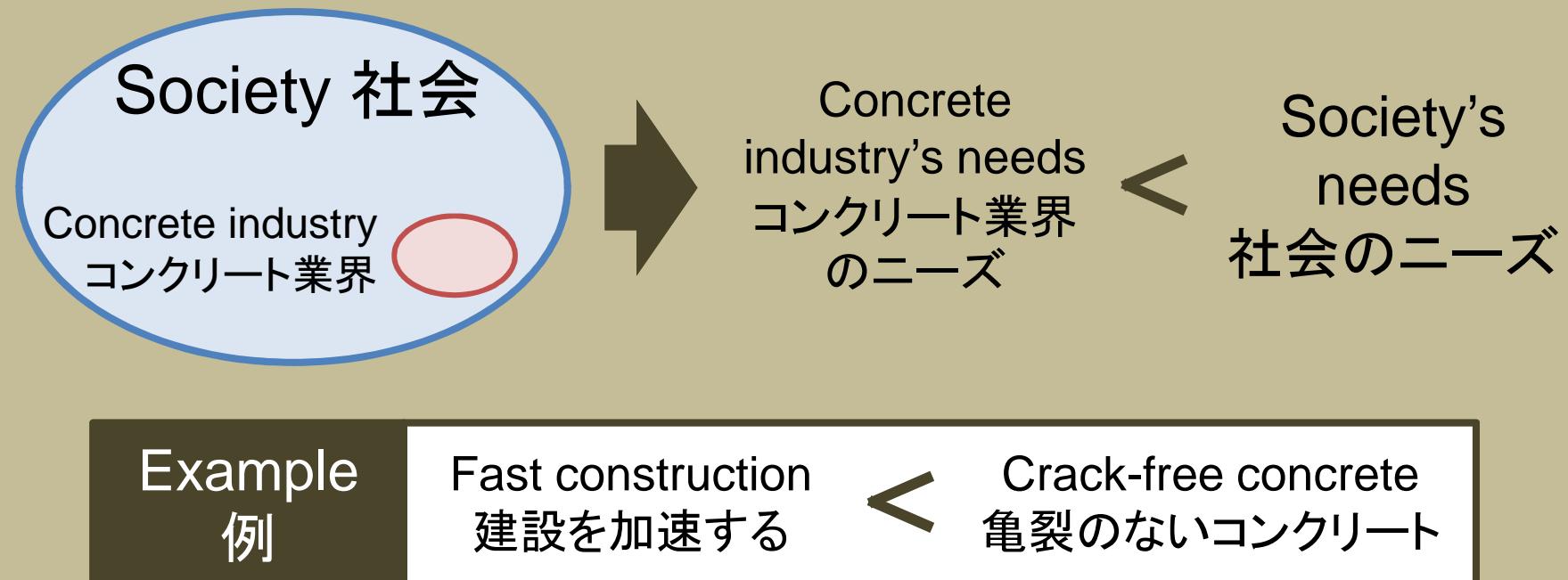
## Durability 耐久性



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



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



“Soft”  
research  
ソフトの研究

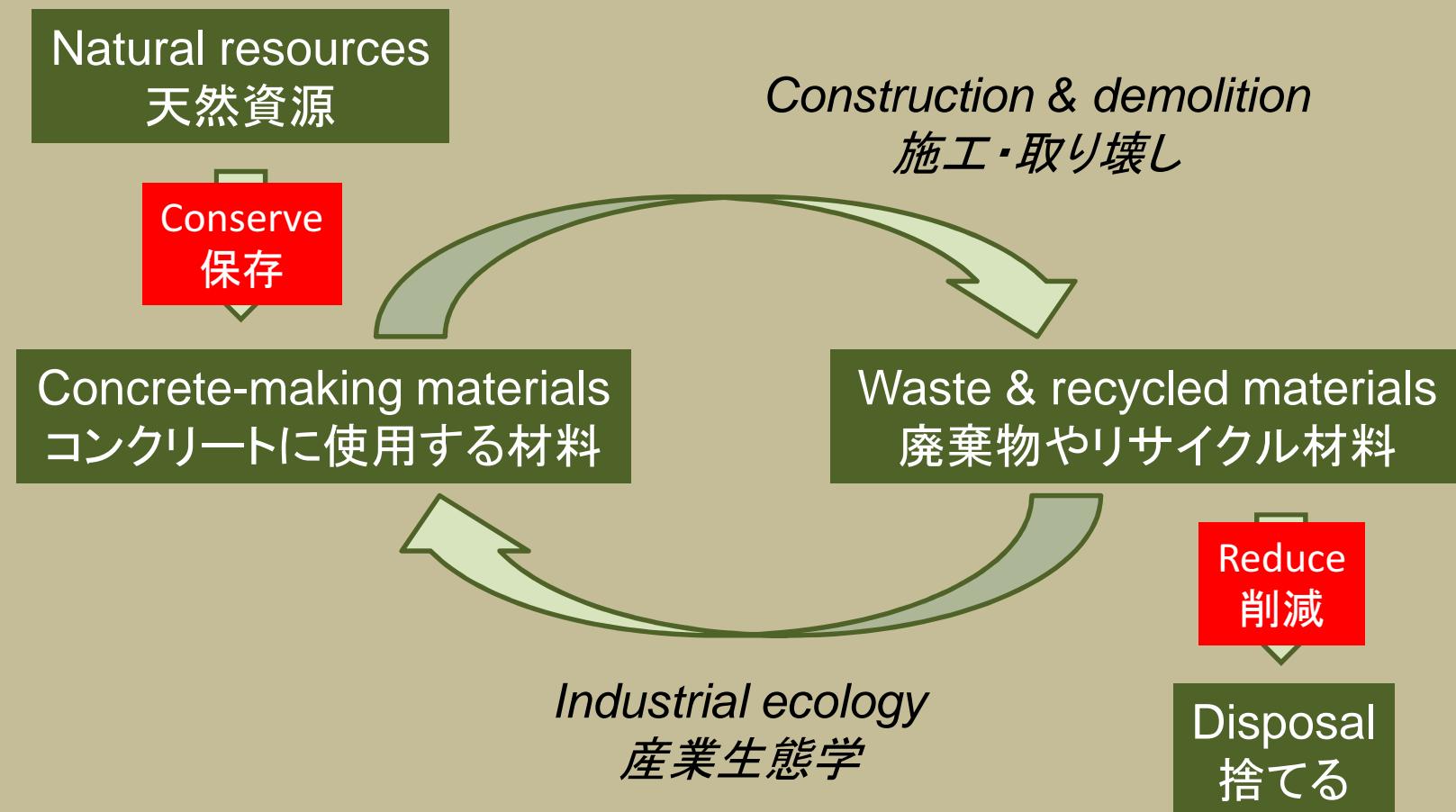
Concrete technology  
コンクリート技術

# **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



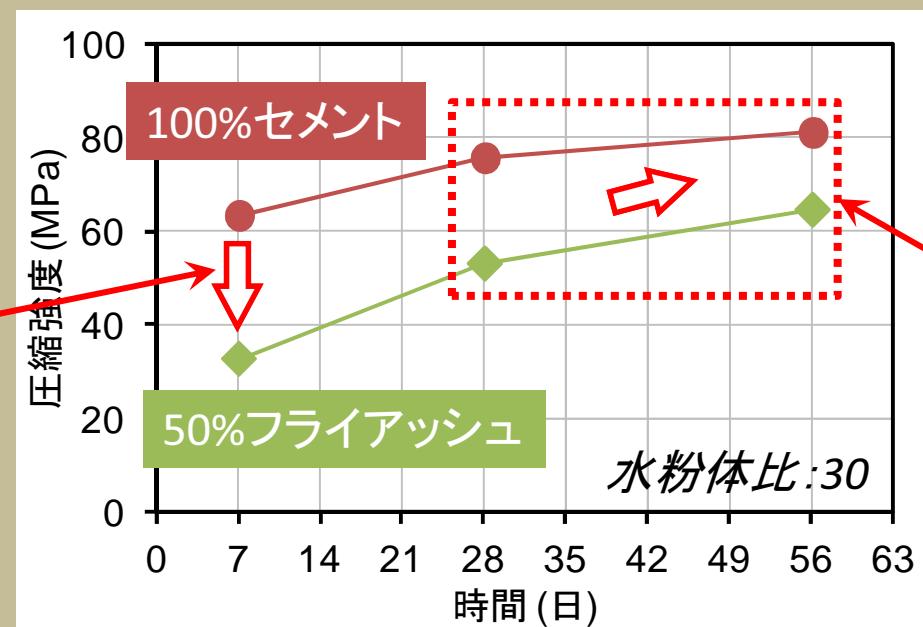
# High volume fly ash concrete 多量フライアッシュコンクリート

## Conservation of cement セメントの保存



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

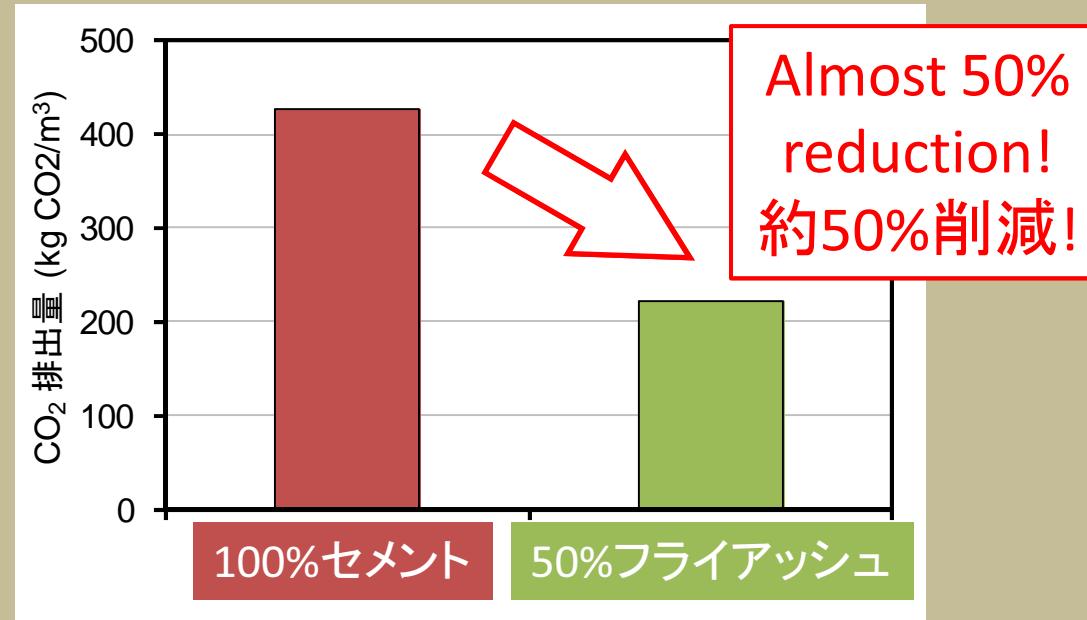
Reduces initial  
strength...  
初期強度が  
下がる



...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

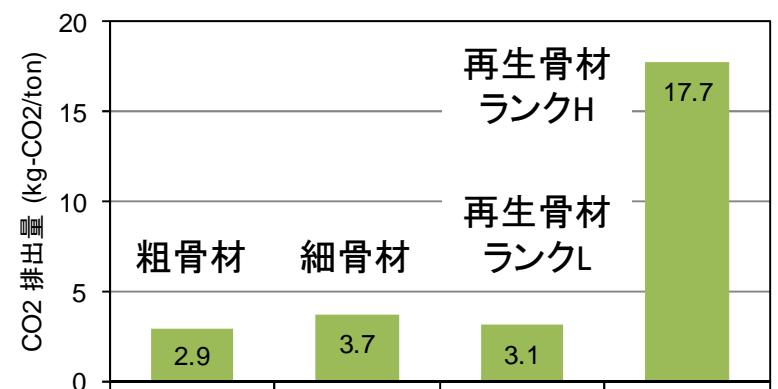


解体廃棄物 Demolition waste



再生骨材 Recycled aggregate

インベントリーデータ



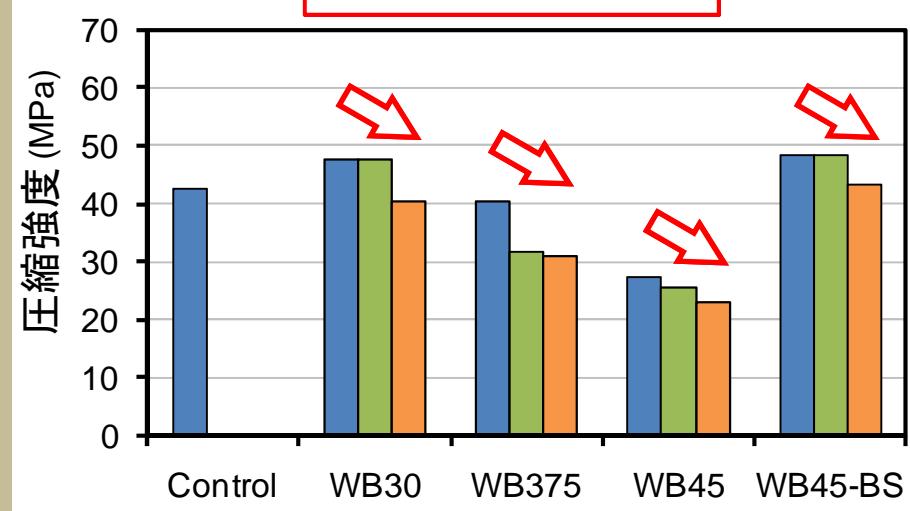
Residual mortar attached to  
aggregate  
骨材に付いているモルタル

## Conservation of aggregates 骨材の保存

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

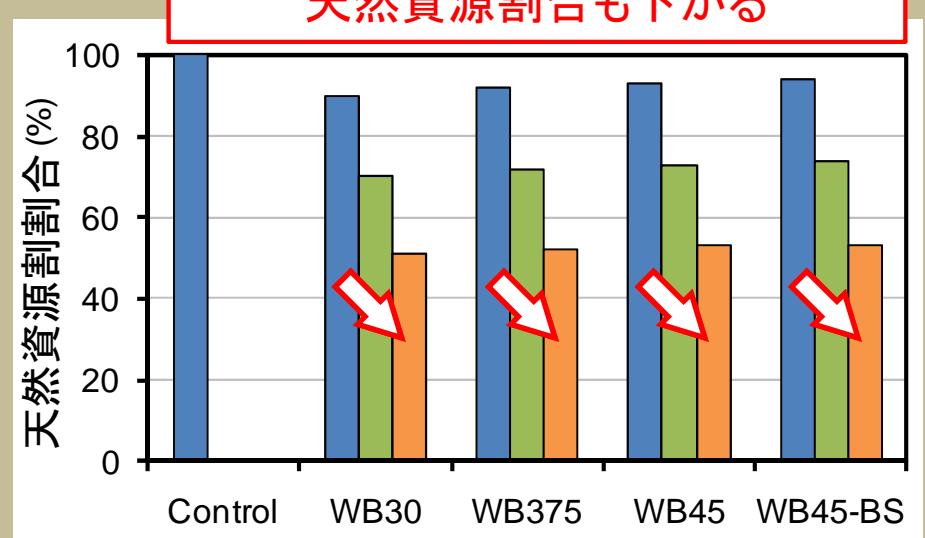
Using recycled aggregates...  
再生骨材を使用すると...

Reduces strength...  
強度が下がる



再生 0%    再生 50%    再生 100%

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



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



直径  
1~3mm  
程度



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

*After compressive strength test*  
圧縮強度実験後

水セメント比: 30  
ゴムチップ無

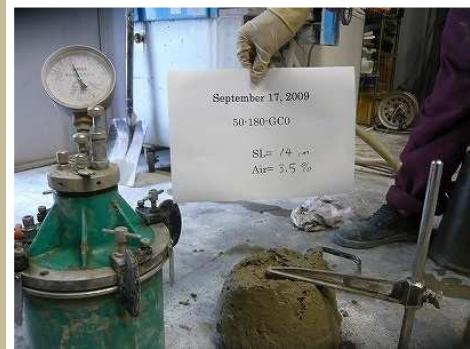
ゴムチップ有



*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<sup>0</sup>

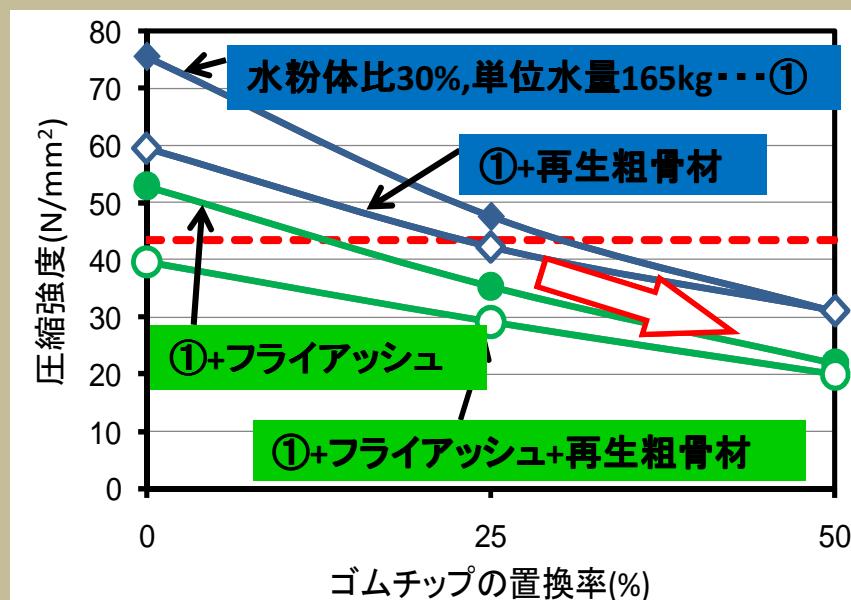


50%ゴムチップ<sup>1</sup>

Large reduction in workability  
ワーカビリチーが下がる



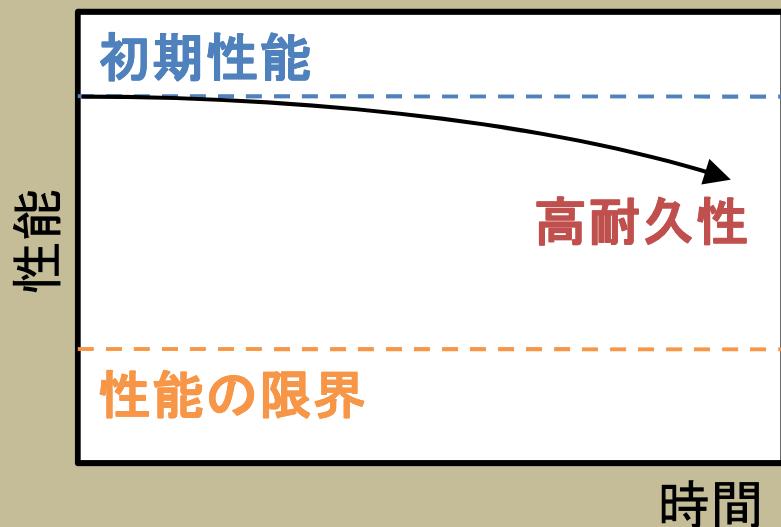
100%ゴムチップ<sup>2</sup>



Also reduction in  
strength  
圧縮強度も下がる

## Longevity & durability

### 長寿と耐久性

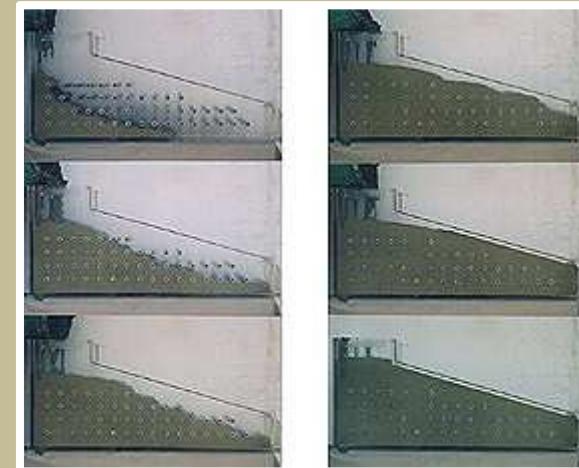


Durable concrete materials can extend service life and ensure safety  
高耐久性があるコンクリートは、サービスライフを延長されるし、安全を守れる



# Self-compacting concrete 自己充填コンクリート

*Enhanced durability*  
耐久性向上



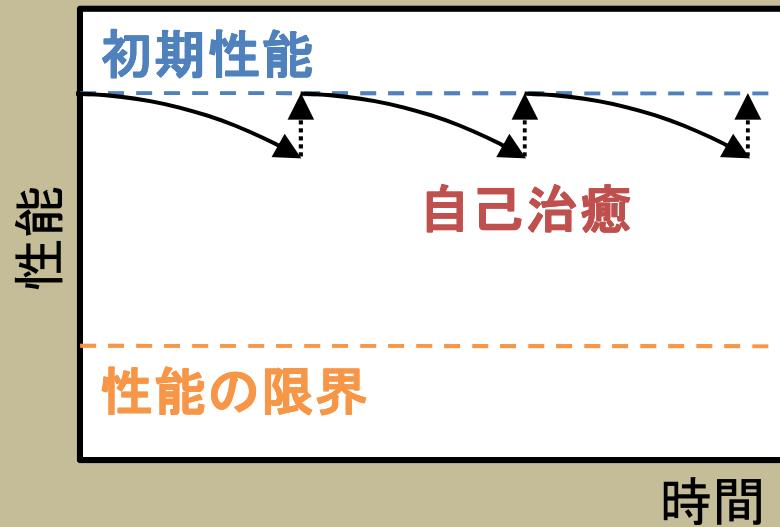
三井住友建設より

*High workability and flowability*  
コンクリートが高い充填性・高  
ワーカビリチーを持つ

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

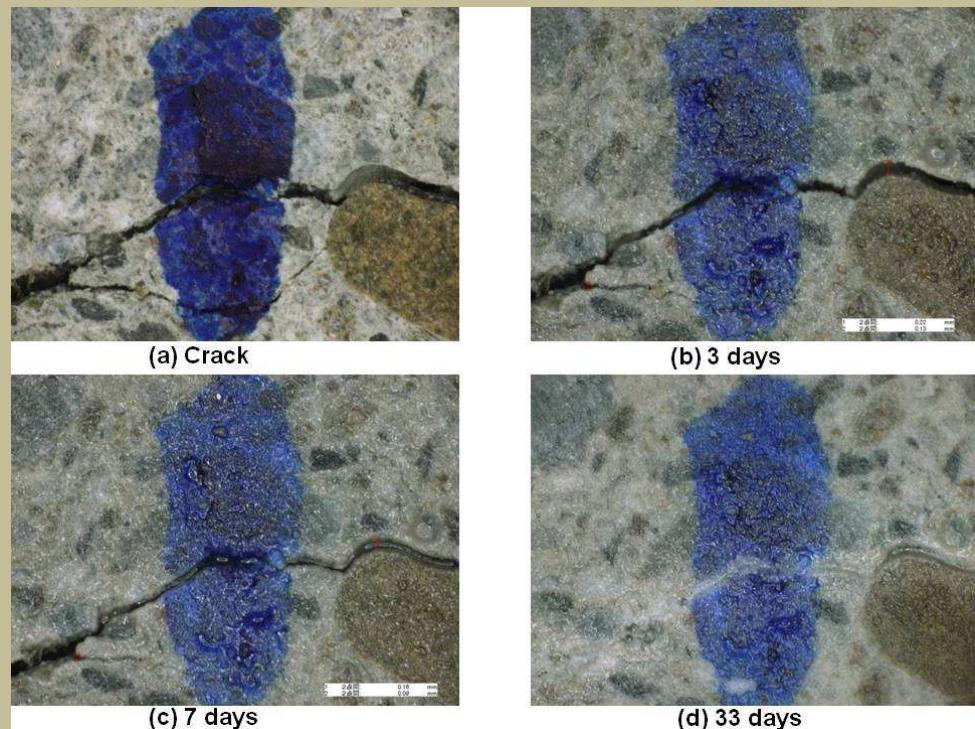
## Enhanced durability 耐久性向上

## Self-healing concrete 自己治癒コンクリート



*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

東京大学 安台浩氏より



## Permeability functions

### 透水作用



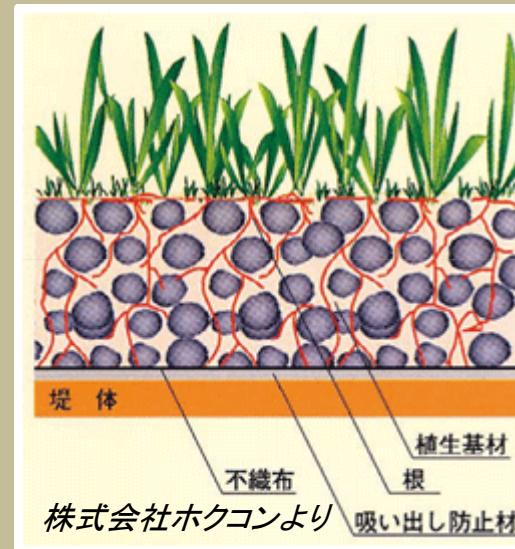
*Efficient use of land and water  
by utilizing permeability*  
透水作用により、土地や水を  
有効利用する



# Porous concrete ポーラスコンクリート

Plant life   Permeability   Biodiversity  
緑化   透水作用   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

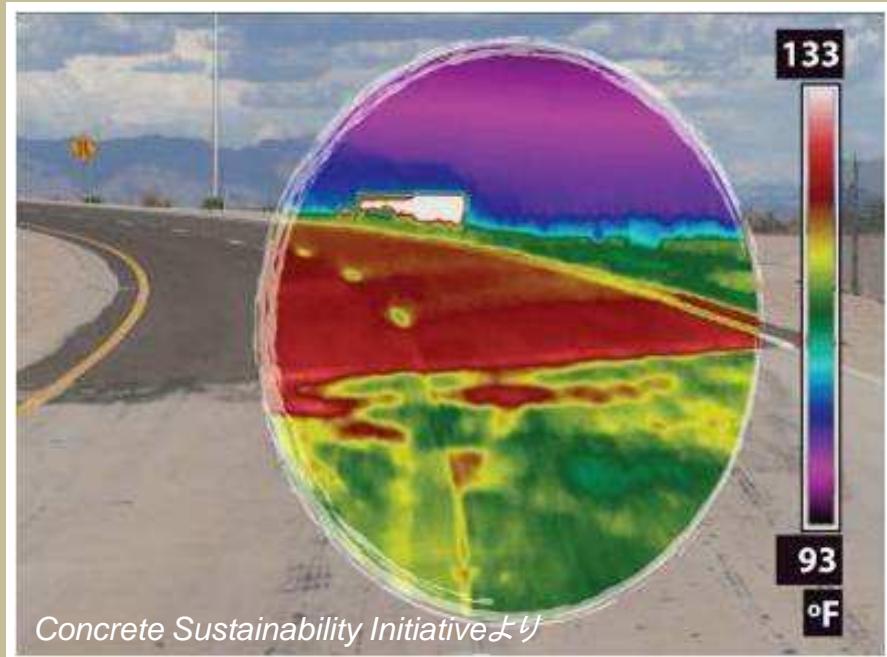


Drainage and noise reduction  
排水性および低騒音舗装に利用される

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



Fire protection  
防火

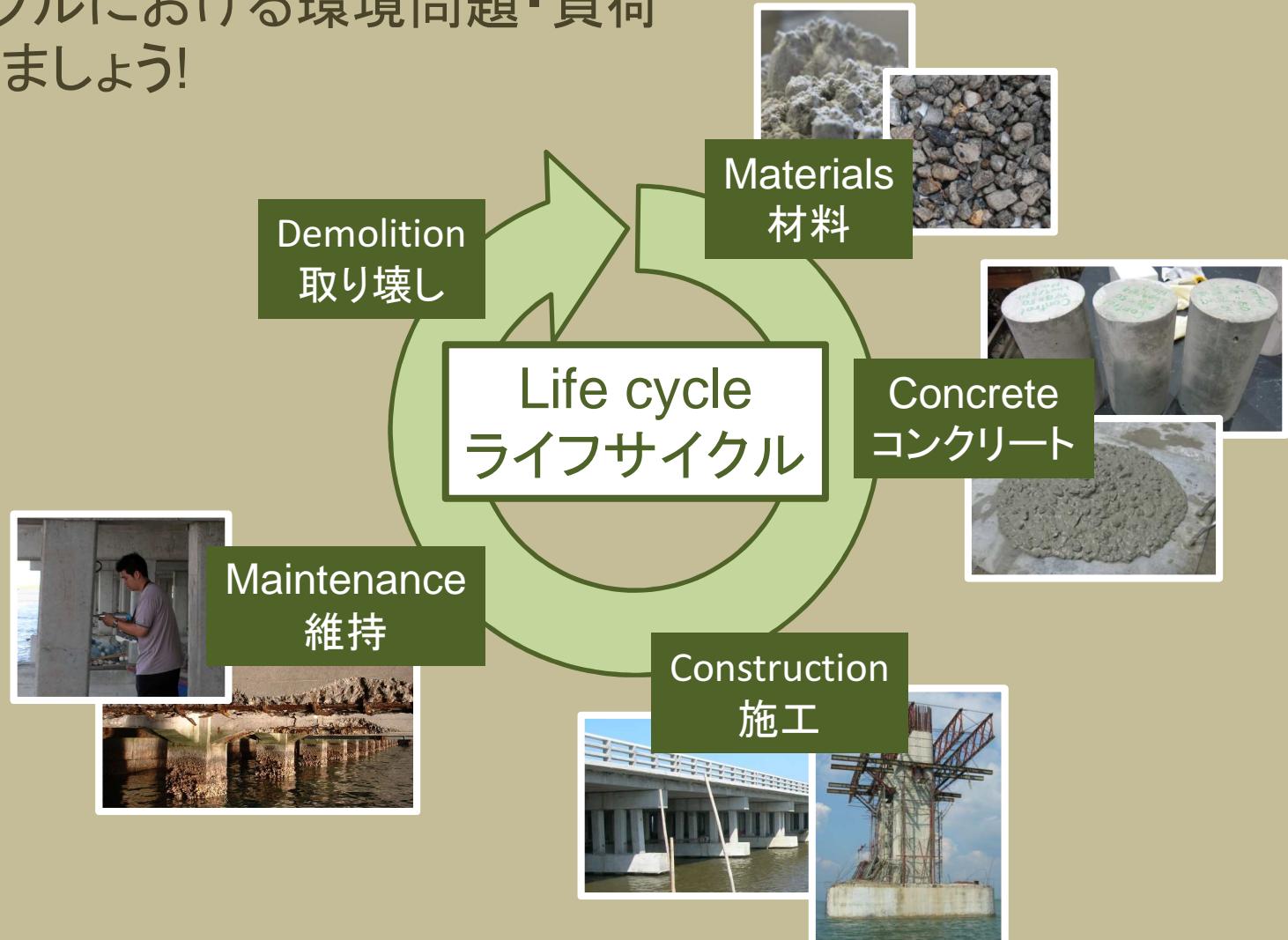
- ▶ Sound absorbing  
吸音・遮音
- ▶ CO<sub>2</sub> absorption  
CO<sub>2</sub>吸收
- ▶ More!  
他のもある!

# **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