ストック型社会の観点からみたカーボンマネジメント

Carbon Management and Stock-type society

谷川寛樹 Hiroki TANIKAWA
（名古屋大学 環境学研究科　教授）

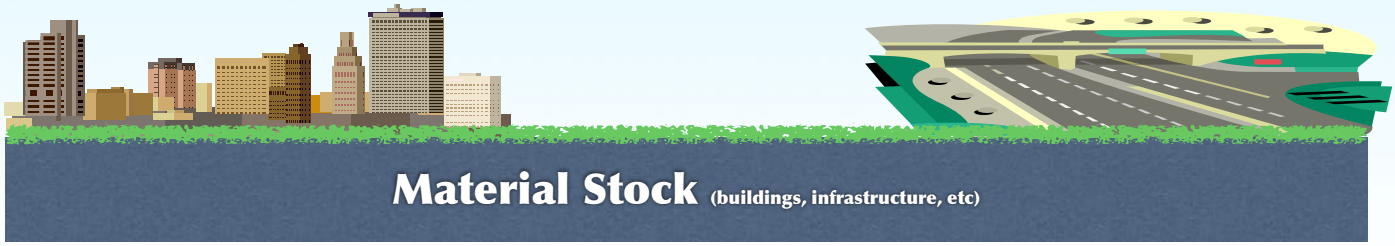
Key messages

EnSAP Lab

建設ストックは長期間利用することを念頭に、カーボンマネジメントを行う。

建設ストックのカーボンマネジメントは、TMR（関与物質総量）を考慮することで、背後の環境影響を考慮できる。

Well-beingへ導くストックマネジメントは、長期的にTMR/CO2を減らし、適切なリサイクルを含む理想的なCEとなる。



Key messages

EnSAP Lab

Design for generations, Use for generations.

"Every kilogram of material we use comes with an environmental impact."

(私達が使っているすべての物質の重さには環境影響が伴う)

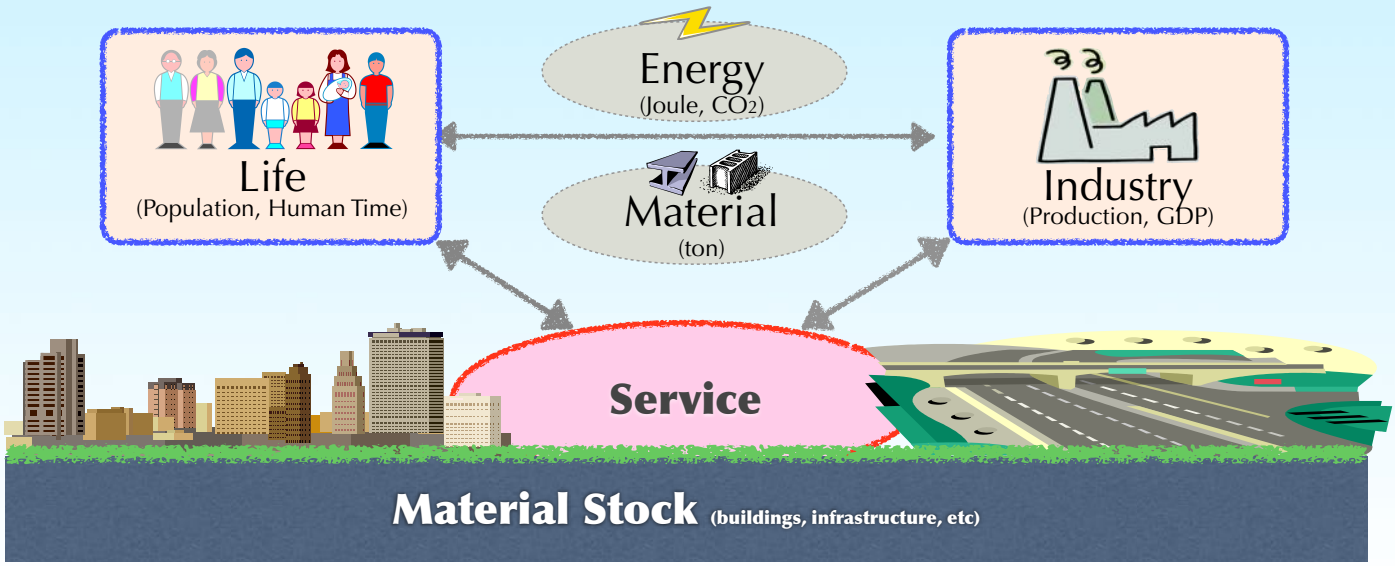
Professor. Dr. Stefan Bringezu, Universität Kassel




Stock and Service:

"How much material needs for our life?"

EnSAP Lab



Lifecycle CO_2 and TMR (Total Material Requirement) of Steel

鉱山 Iron mine

採掘・輸送

鉄鉱石 Iron ore

Fe_2O_3, Fe_3O_4

コークス還元/*reduction* (CO_2)

スラグ*slag*→土石系材料

Fe (+C, Si, Mn, P, S)

鉄鋼材 Steel

都市構造物・耐久財 Structures

長期滞留 *stocked*

解体 *demolition*

スクラップ Scraped Steel

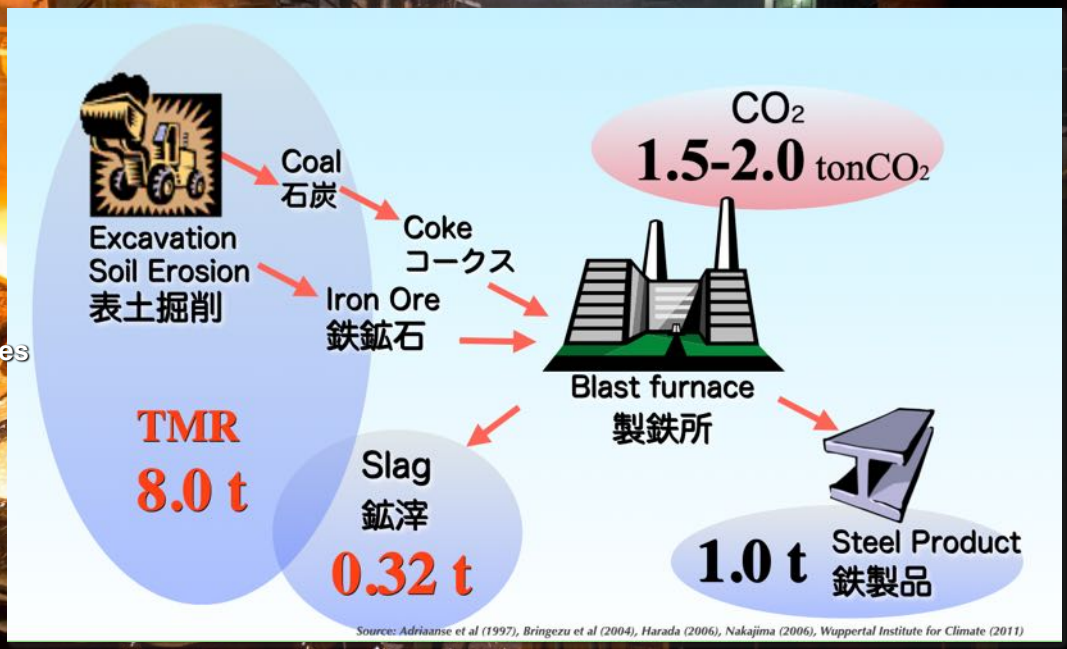
電炉 *electric furnace*

カスケードリサイクル *recycle*

棒鋼（鉄筋） Bar Steel

解体 *demolition*

コンクリート構造物 RC structures



Lifecycle CO2 and TMR (Total Material Requirement) of Cement

鉱山　limestone mine

↓ 採掘

石灰岩 limestone、粘土、珪石、酸化鉄、
$CaCO_3$, $MgCO_3$

↓ 焼成 *(>1450°C, CO_2)*

CaO + CO_2

クリンカ clinker

↓ 粉砕

セメント cement＋砂 sand＋砂利

↓ 練り合わせ

生コン raw concrete

↓ 水和反応 *hydration reaction*
戻りコン

$Ca(OH)_2$

コンクリート構造物

↓ 経年変化

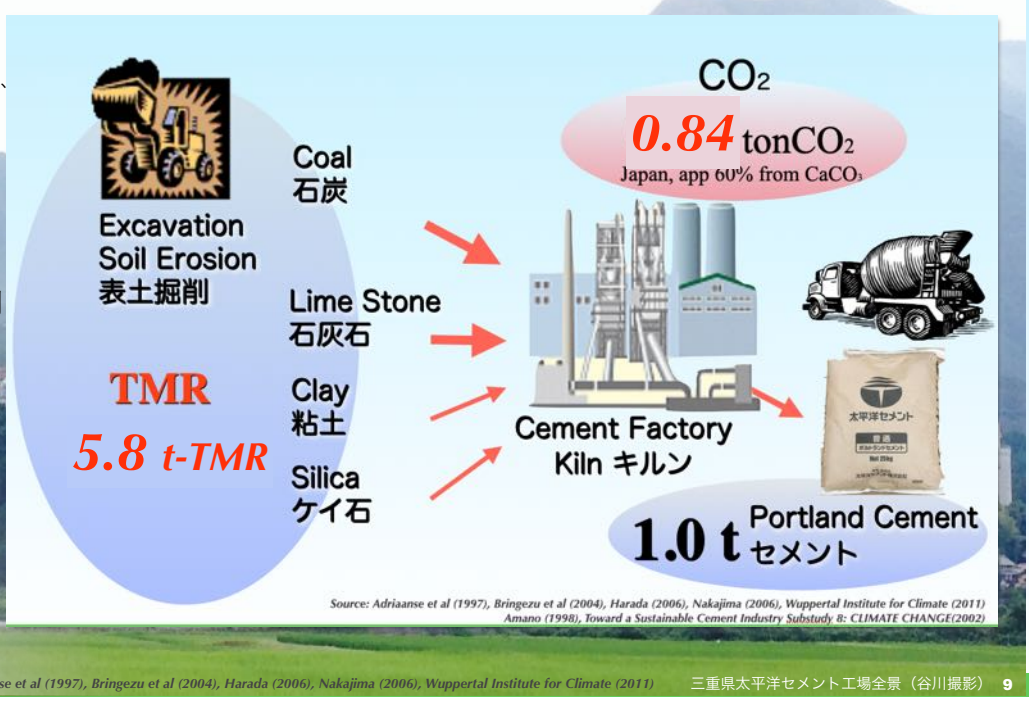
↓ 炭酸化（CO_2吸収）*

$CaCO_3$

↓ 解体・粒度調整

↓ カスケードリサイクル

道路基層、建築基礎



Source: Adriaanse et al (1997), Bringezu et al (2004), Harada (2006), Nakajima (2006), Wuppertal Institute for Climate (2011)

三重県太平洋セメント工場全景（谷川撮影）

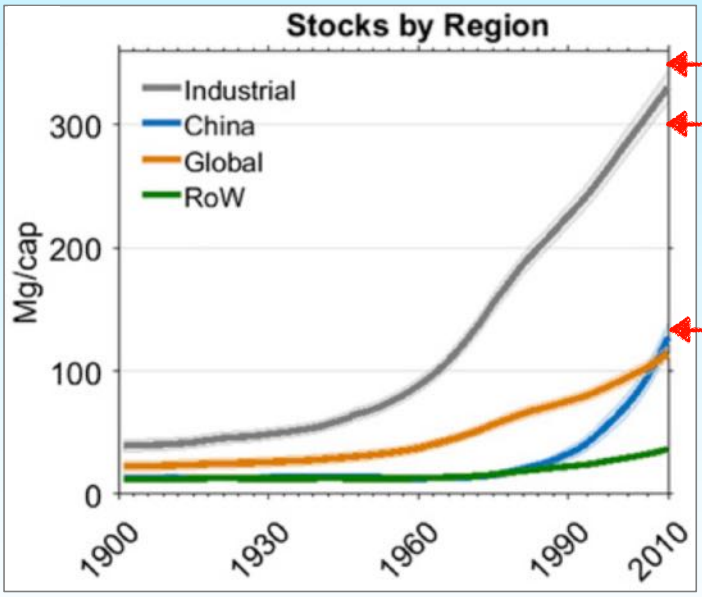
Material Stock per capita overtime

社会を支える資源量はいかほどか？世界の一人あたり物質ストック量

EnSAP Lab

DOI:10.1073/pnas.1613773114

Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use



23-fold over the 20th century!

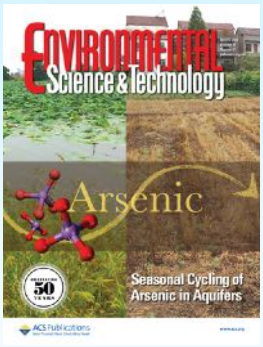
全世界の物質ストックは20世紀中に 23倍に！

Krausmann, F., D. Wiedenhofer, C. Lauk, W. Haas, H. Tanikawa, T. Fishman, A. Miatto, H. Schandl, H. Haberl, 2017. Global socioeconomic material stocks rise 23-fold over the 20th century and require half of annual resource use. PNAS.

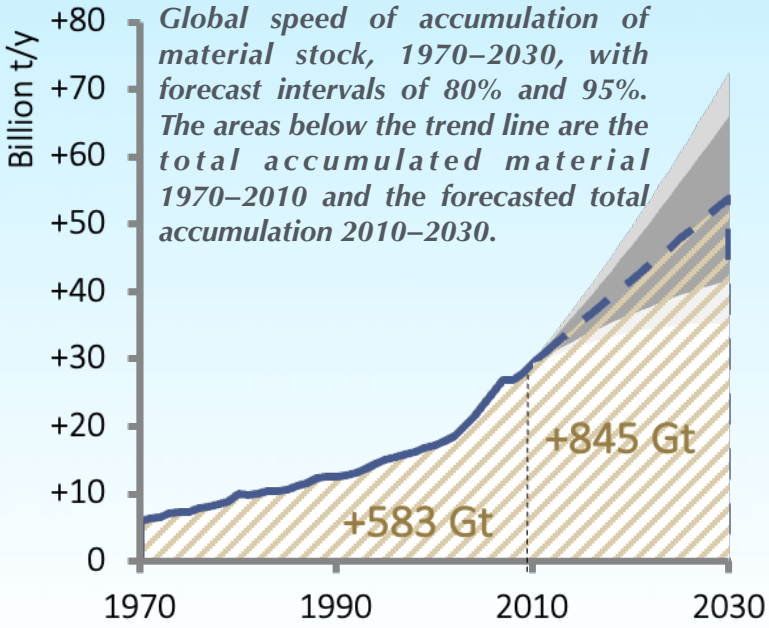
What maybe the future stock? 将来の物質ストック量は？

EnSAP Lab

Global stock growth assuming current trends
DOI:10.1021/acs.est.5b05790

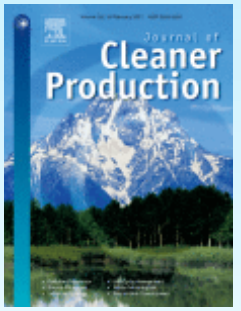


Read our study:
doi:10.1016/j.jclepro.2020.125450

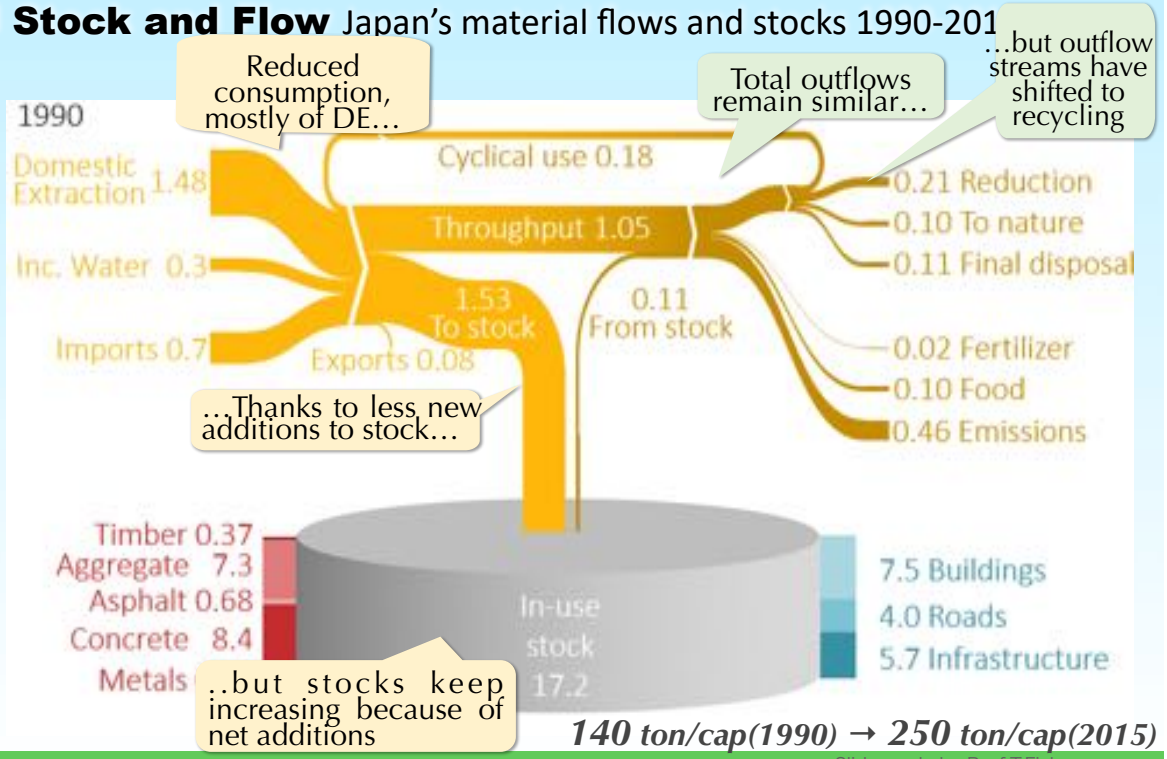


Global speed of accumulation of material stock, 1970–2030, with forecast intervals of 80% and 95%. The areas below the trend line are the total accumulated material 1970–2010 and the forecasted total accumulation 2010–2030.

Material Stock and Flow Japan's material flows and stocks 1990-201

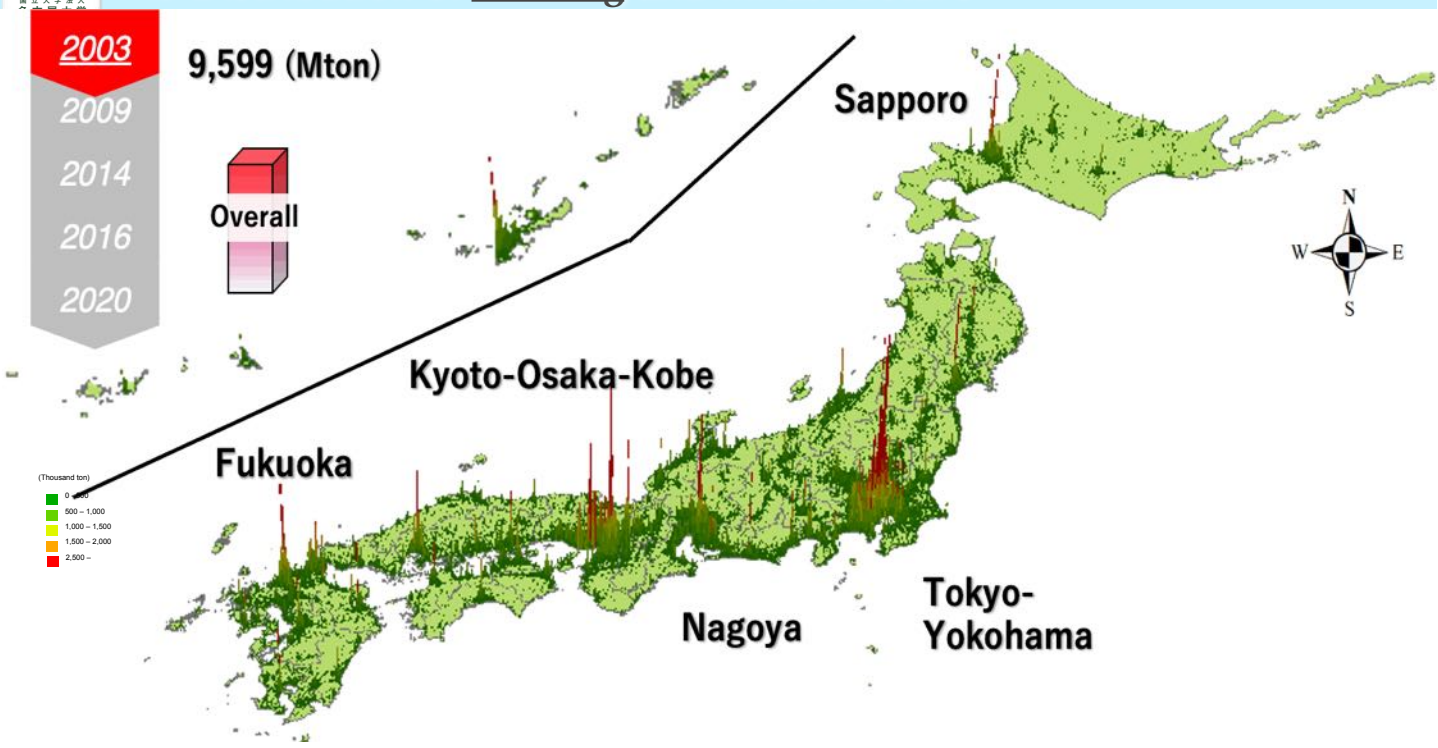


Read our study:
doi:10.1016/j.jclepro.2020.125450

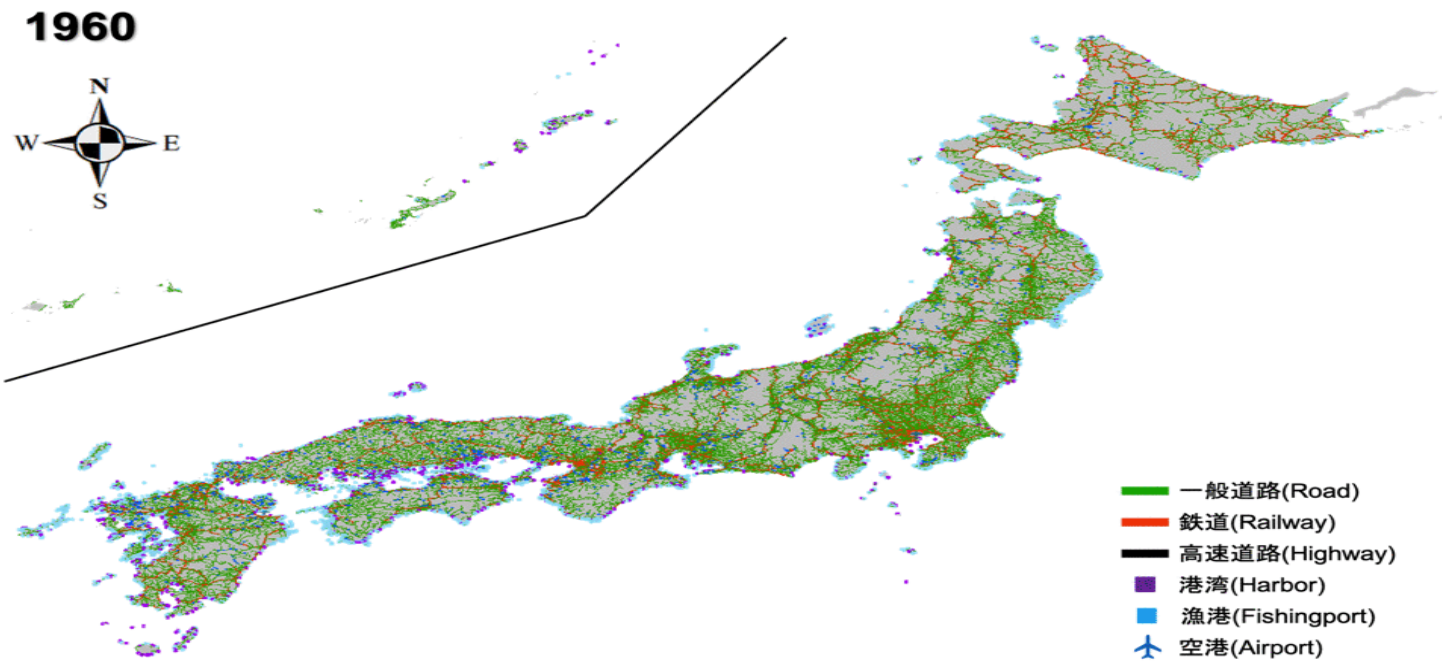


140 ton/cap(1990) → 250 ton/cap(2015)

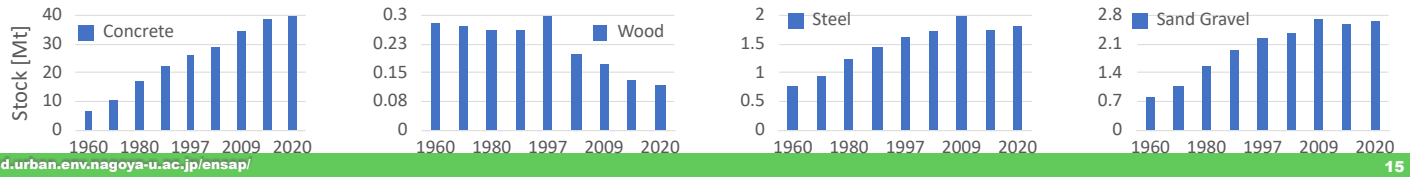
MS Distribution of Building and Infrastructure



Distribution: MS of Building and Infrastructure



4d-GIS database
Nagoya City Centre, Japan, 1960 - 2020

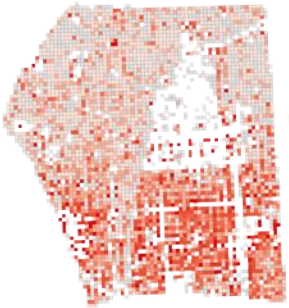


MSFA by using 4d-GIS, Urban Mine

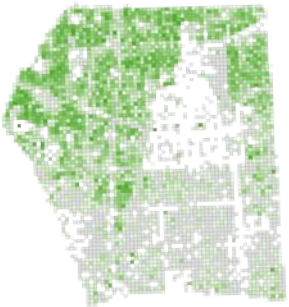
Distribution by Material

Cement Concrete

Steel

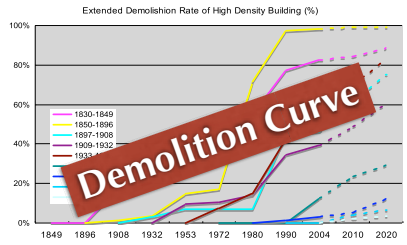


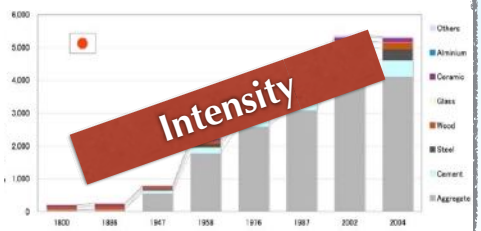
Wood



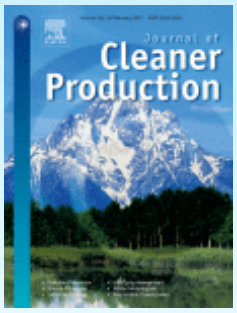
- age of accumulation
- amount with quality
- possibilities for recycling, Urban Mining

Speed of Metabolism





物質フロー指標をサポートする物質ストック指標の必要性



Read our study:
doi:10.1016/
j.jclepro.2020.125450

資源生産性の向上

$$\frac{GDP}{DMI}\left(\frac{人間活動量}{DMI}\right)$$

物質投入量（物質フロー）あたりの経済活動。

物質フローと物質ストックはお互い影響あり。分母部分の物質投入を抑えつつ、分子の人間活動行うためには、物質ストック側から影響要因も考慮する必要がある。**循環型社会構築に資する物質ストックの質**を「物質の入れ替わり」、「サービス容量」、「稼働率・利用度」で評価した。

物質の入れ替わり
- 建築、インフラ、耐久財の長寿命化
- 実寿命、期待寿命

サービス容量
- 小型化、軽量化、省資源化（技術革新）
- 高機能化、技術革新による機能向

稼働率・利用度

建築、インフラ、耐久財
- 稼働率、空家問題
- 年間退役量

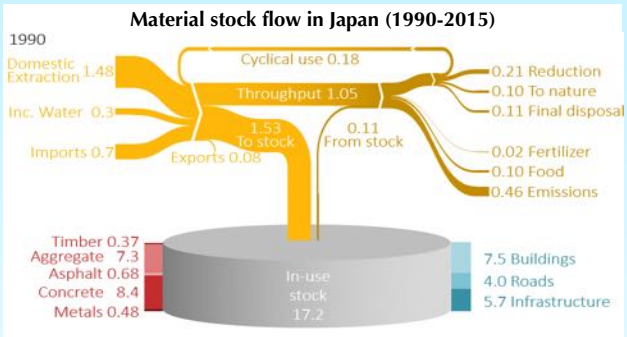
$$\frac{GDP}{DMI} = \frac{DMI+R}{DMI} \times \frac{MS(total)}{DMI+R} \times \frac{サービス（潜在）}{MS(total)} \times \frac{サービス（実際）}{サービス（潜在）} \times \frac{GDP}{サービス（実際）}$$

資源生産性	循環利用	物質の入れ替わり	サービス容量	稼働率・利用度	実サービスあたりのGDP
DMI: 直接物質投入量	R: 循環利用量	MS(total)：総物質ストック量	サービス(潜在)：設計サービス量	サービス(実際)：サービス利用量	

物質ストック指標群

S18-4(2) Climate Change Adaptation - M-Stock Management

https://s-18ccap.jp



Inflow
(new/recycled material)

Reduction of direct material input, TMR and CO_2 emissions

Stock
(Retention of material)

Lifespan / Durability
Carbon absorption and accumulation
- Carbonation/ neutralization (concrete)
- Carbon absorption/ fixation (timber)

Outflow
(Demolished/discarded material)

Reduction of outflow
Recycle and CO_2 emissions

CO_2 TMR

Speed of Metabolism:
Flow-based Society vs Stock-based Society

EnSAP Lab

Lifespan of MS	State	Impact
Shorter フロー型	Keep re-building MS by every generation 毎世代ごとのMS更新	High Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. High cost to keep city service. Over capacity of recycling
Longer ストック型	Accumulation of CAPITAL beyond generations. For Generations! 世代を超えた資産の蓄積	Low Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. Possibilities of Urban mining with future tech. Barrier to install innovative technology

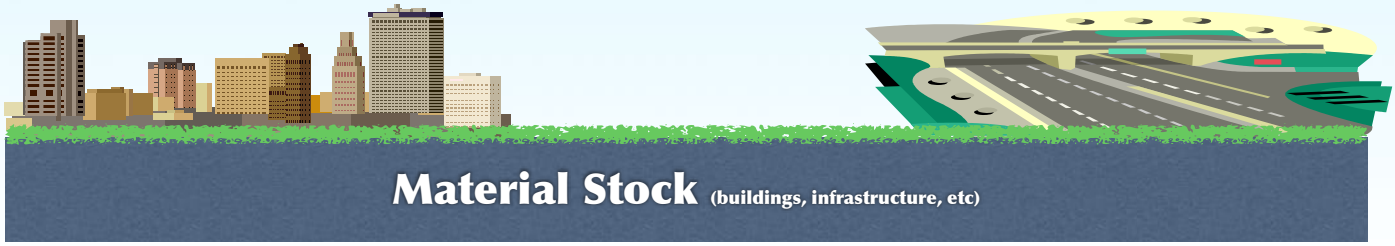
Key messages

EnSAP Lab

建設ストックは長期間利用することを念頭に、カーボンマネジメントを行う。

建設ストックのカーボンマネジメントは、TMR（関与物質総量）を考慮することで、背後の環境影響を考慮できる。

Well-beingへ導くストックマネジメントは、長期的にTMR/CO2を減らし、適切なリサイクルを含む理想的なCEとなる。



Key messages

EnSAP Lab

Lifetime of MS	State	Impact
Shorter	Keep re-building MS by every generation	High Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. High cost to keep city service. Over capacity of recycling
Longer	Accumulation of capital beyond generations	Low Lv. resource input / output and CO2 emission for MS. Possibilities of Urban mining with future tech. Barrier to install innovative technology

Design for generations, Use for generations.

Hiroki Tanikawa
谷川 寛樹
tanikawa@nagoya-u.jp
https://sd.urban.env.nagoya-u.ac.jp/ensap/

Tanikawa Lab HP

Google Scholar H.Tanikawa