

求められるトータルシステム思考 個々のシステム境界を超えて

東京都市大学
野城智也

お話する趣旨

Green House ガス排出を抑制した者が
経済社会の中で、利得を得る
仕組み・慣行を作る
↑
Carbon Economy

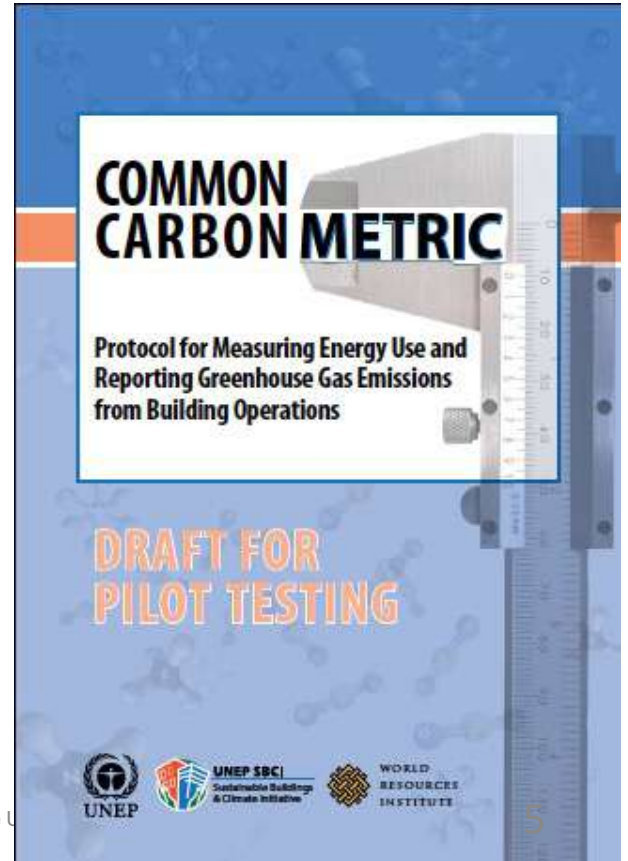
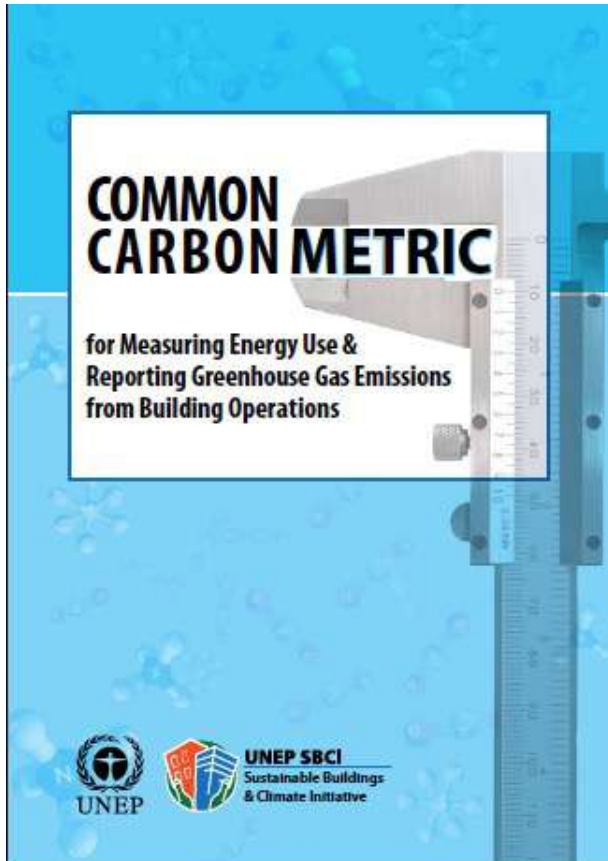
お話すること

1. はじめに
 - UNEP Carbon Metric of Building
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

お話すること

1. はじめに
 - **UNEP Carbon Metric of Building**
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

Carbon metric for carbon economy



The Metric Perimeter



UNEP SBCI
Sustainable Building
& Climate Initiative



System boundary definition →

- Two measurements:
 - Energy intensity
 - kWh/m²/year
 - Carbon intensity
 - Kg CO₂ eqv/m²/year
 - Kg CO₂ eqv/occupant/year
- Direct on-site emissions:
 - Purchased electricity
 - Purchased heat/steam/cool
 - On site fuel consumption
 - Refrigerants consumption

Source: slides titled as "A Common Language for CO2 performance of buildings" presented by Stéphane Pouffary, Niclas Svenningsen at Construction Counts for Climate COP15 Side Event – Friday 11 Dec 2009 at the Center - Copenhagen

ISO 16745 Environmental performance of buildings — Carbon metric of a building during the use stage

Tomonari Yashiro
The University of Tokyo
Convener
ISO/TC59/SC17/W4



ISO 16745

Environmental performance of buildings

Carbon metrics of a building
Use stage



First edition
2015-01-15

7

炭素指標：Carbon Metric

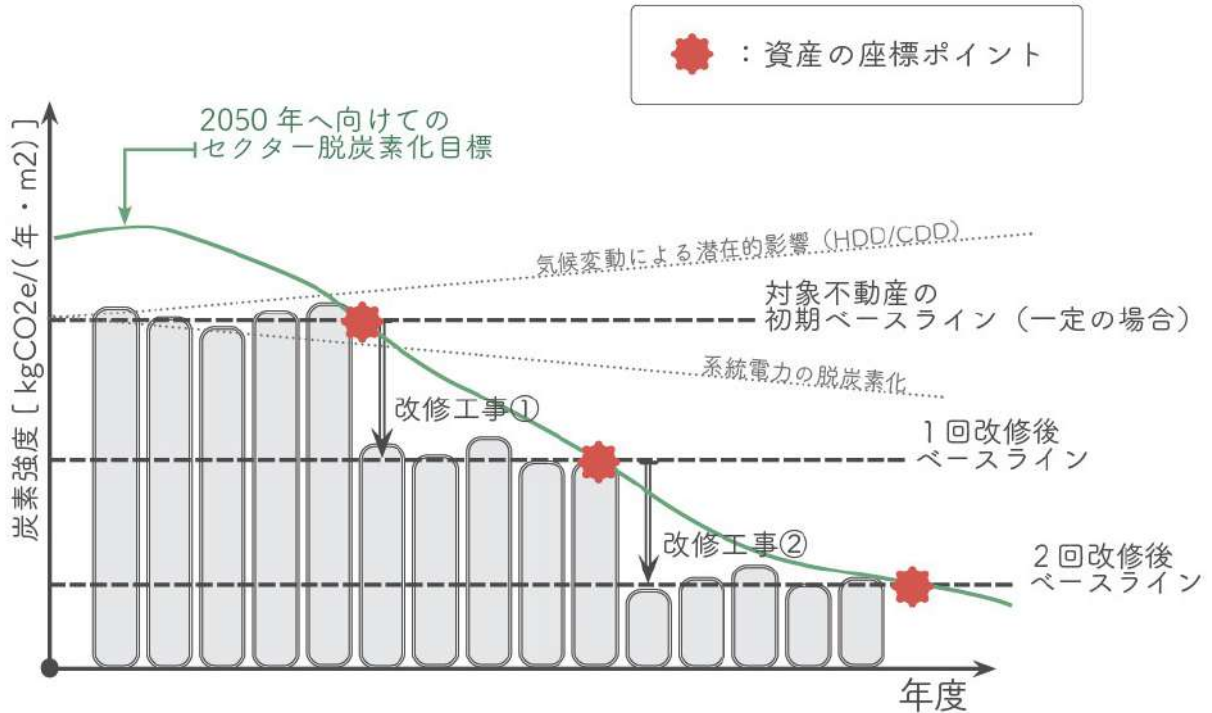
建築の使用段階における、
年間温室効果ガス排出量(annual greenhouse gas emissions)と
年間温室効果ガス吸収量(annual greenhouse gas removals)の
差し引き合計 [kg-CO₂e /year、 t-CO₂e/ year]

炭素強度：Carbon Intensity

建物の機能に関する特定の参照単位に関して表される炭素指標 (carbon metric)。計測単位は、
床面積あたりの場合は[kg-CO₂e /m² /year、 t-CO₂e/ m²/ year]、
ユーザーあたりでは[kg-CO₂e /人/year、 t-CO₂e/ 人/ year]
とされる。

建築資産の排出超過による「座礁」

出典<https://www.crrem.eu/objectives-and-benefits/> 日本語版は、国土交通省 第1回住宅の省エネルギー性能の光熱費表示検討委員会 不動産市場における省エネルギー性能開示への期待
2020年6月29日 CSRデザイン環境投資顧問(株) 代表取締役社長堀江隆一
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/content/001350652.pdf>



Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

9

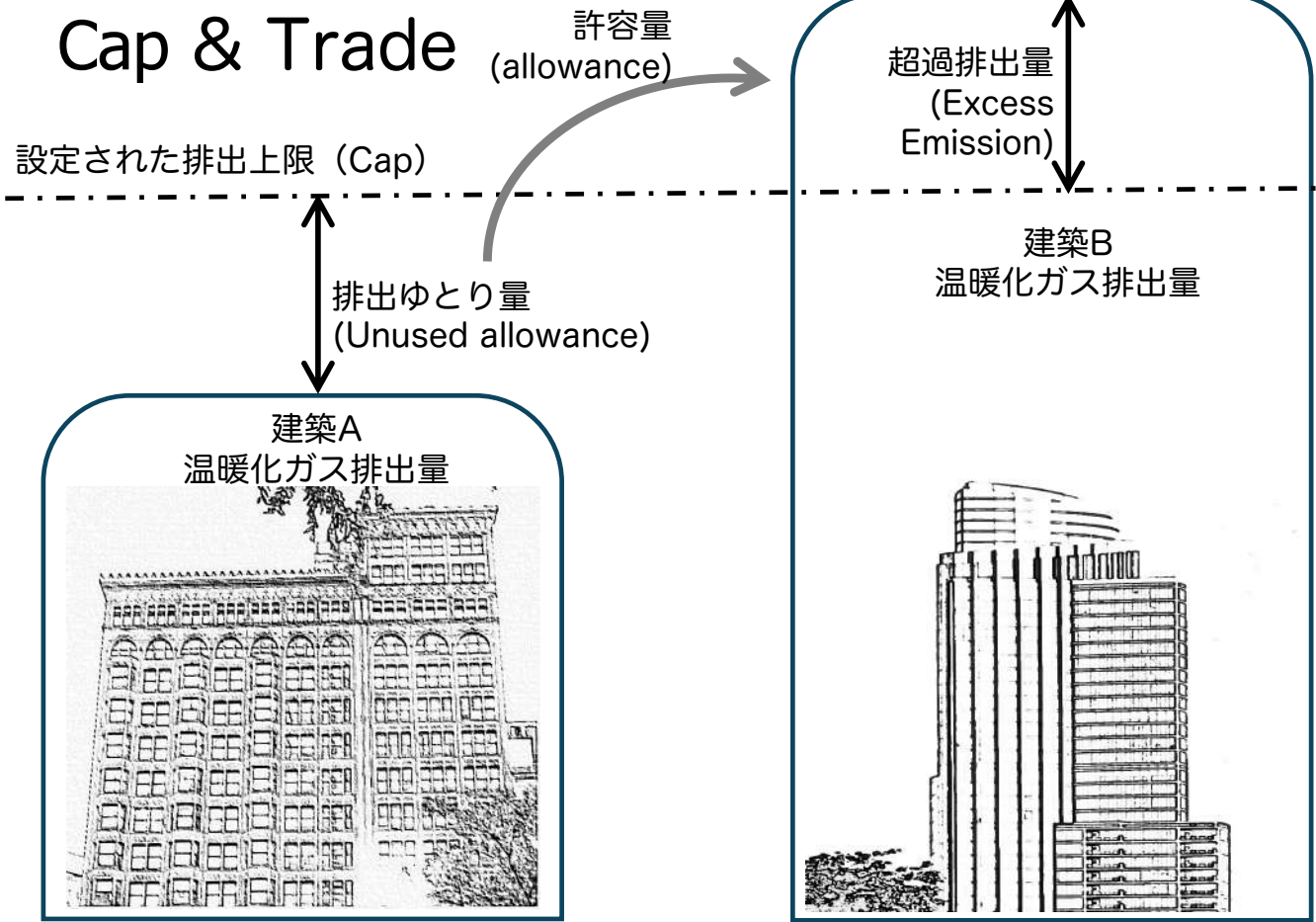
お話すること

1. はじめに
 - UNEP Carbon Metric of Building
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

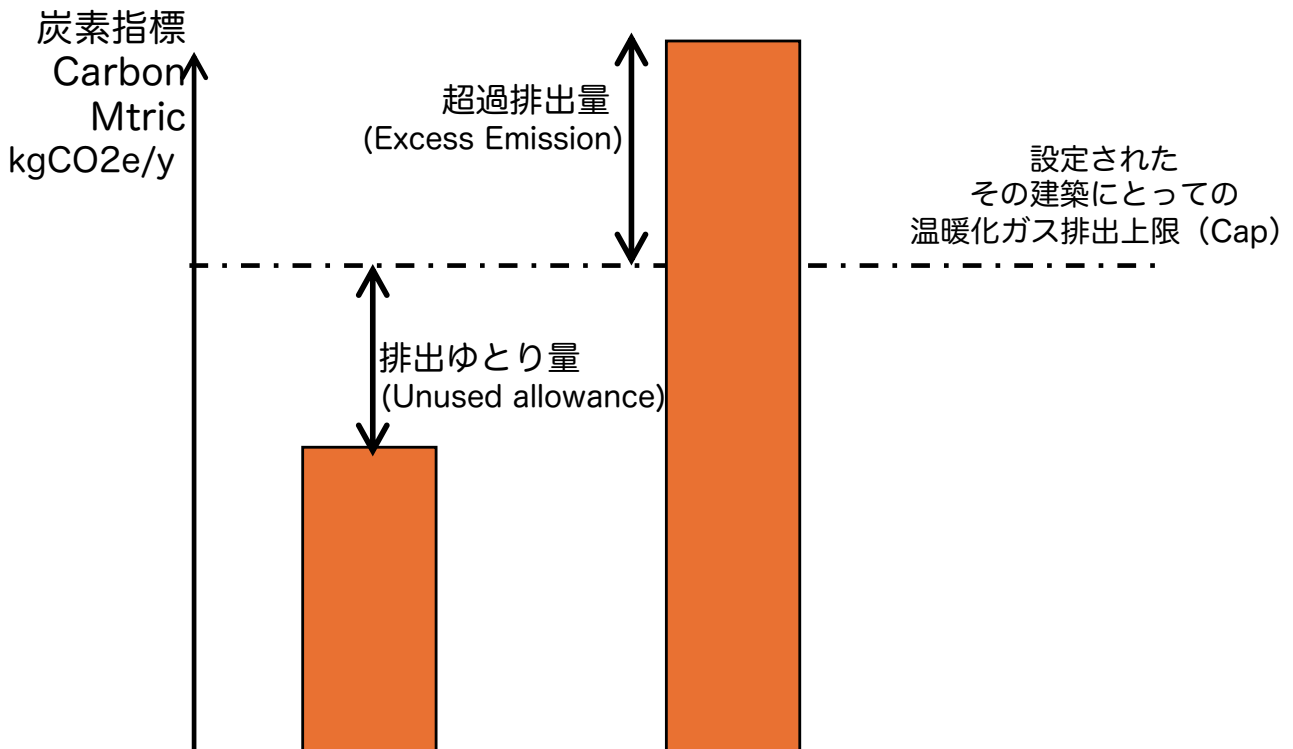
10

Cap & Trade



Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

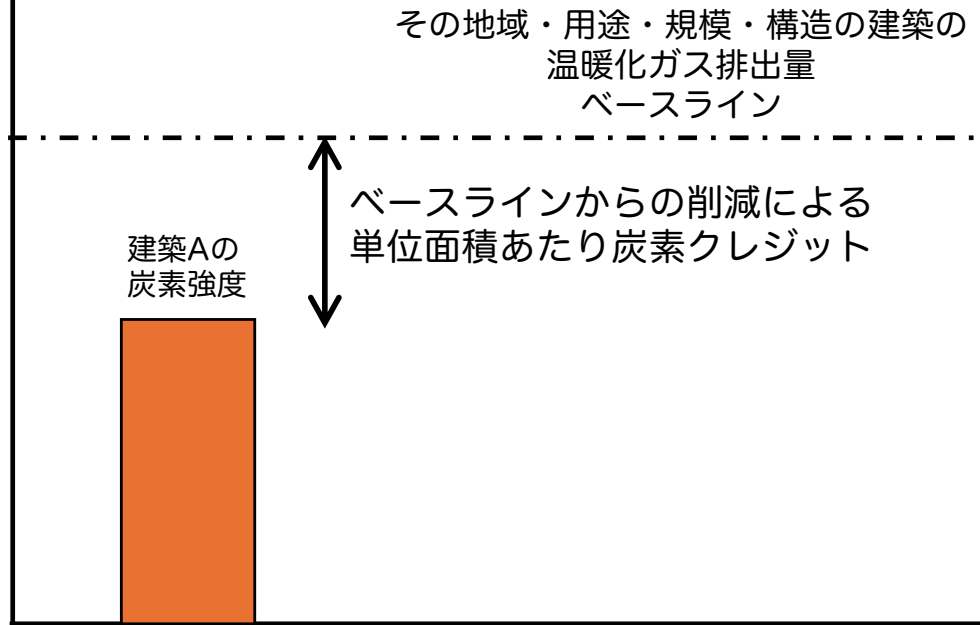
Cap and Trade



Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

Baseline Trade

単位面積あたり
炭素指標
(炭素強度)
kgCO₂e/y/平米



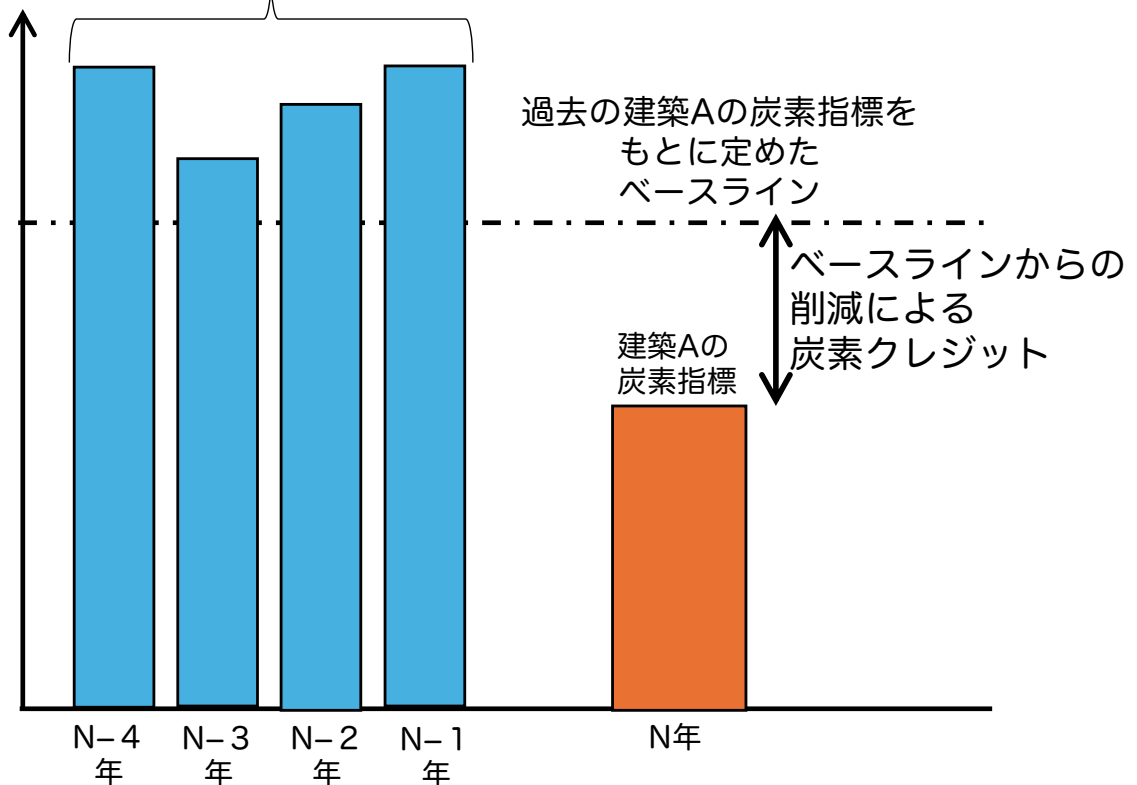
Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

13

Baseline Trade

炭素指標
kgCO₂e/y

建築Aの
過去の
炭素指標



Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

14

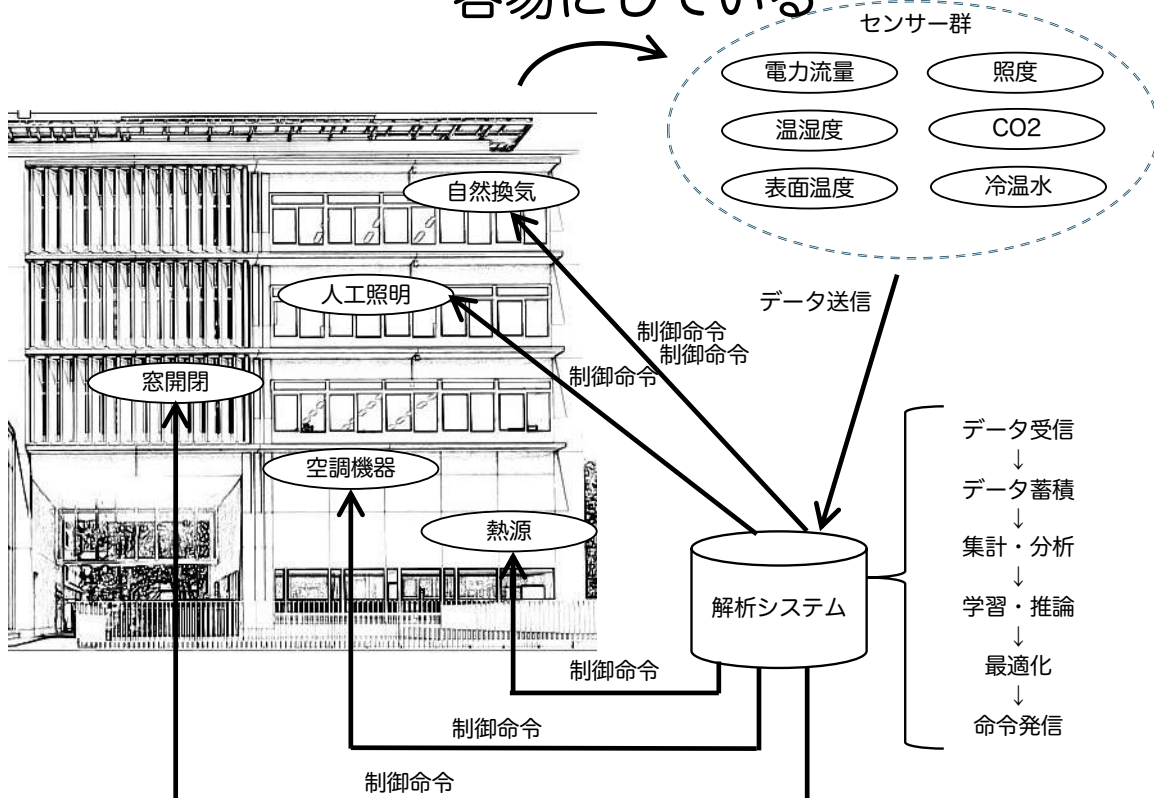
建築における Carbon trading の実行可能性は高まっている

いままでは個別散在の少量計測をMRVに則って展開することは難しかった。しかし。。。。

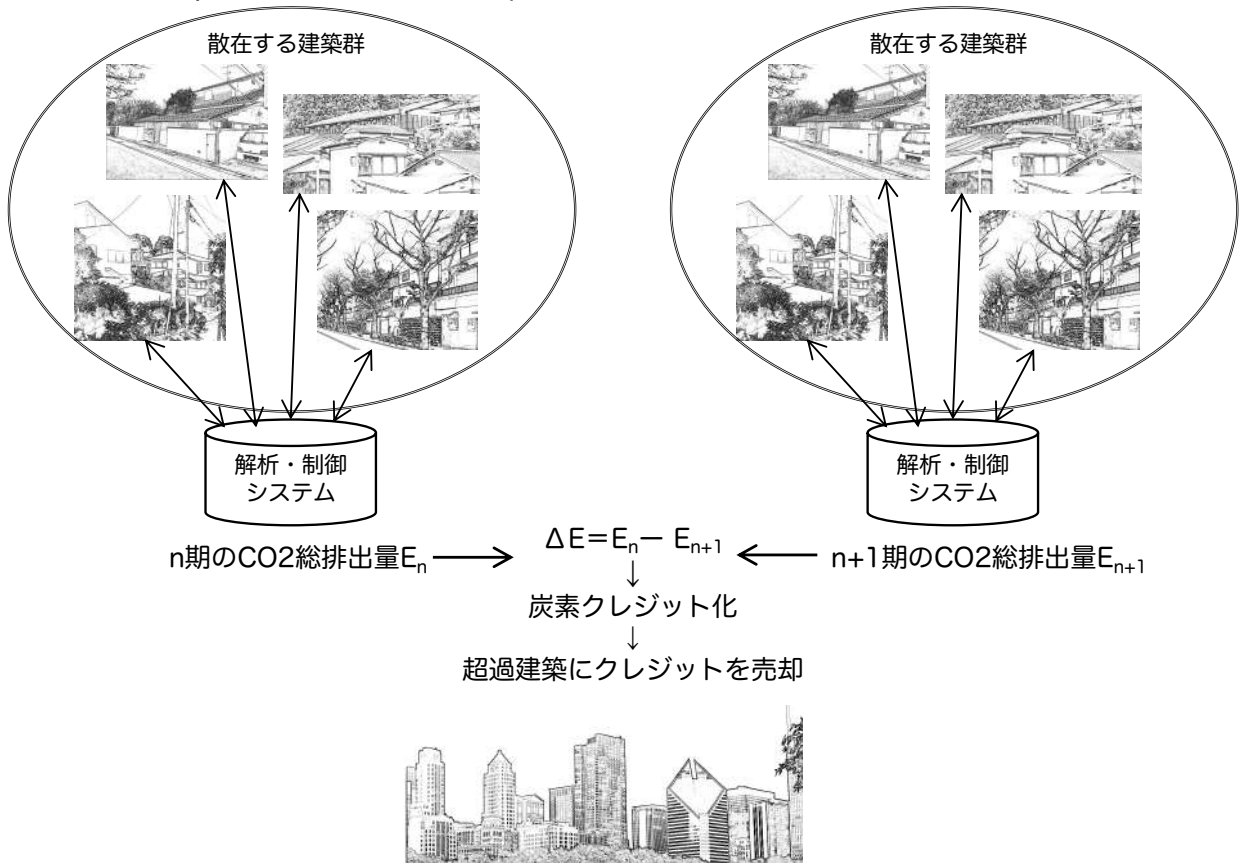
1. IoTによるエネルギー運用改善サービスの普及
2. 新たなクレジット創出可能性
3. 再生可能エネルギーの導入促進 など

Digitalizationを活用した、ブロックチェーン的な管理を導入することで実行可能

IoT/BEMS/HEMSの発展は 建築のCarbon Metric を計測することを 容易にしている



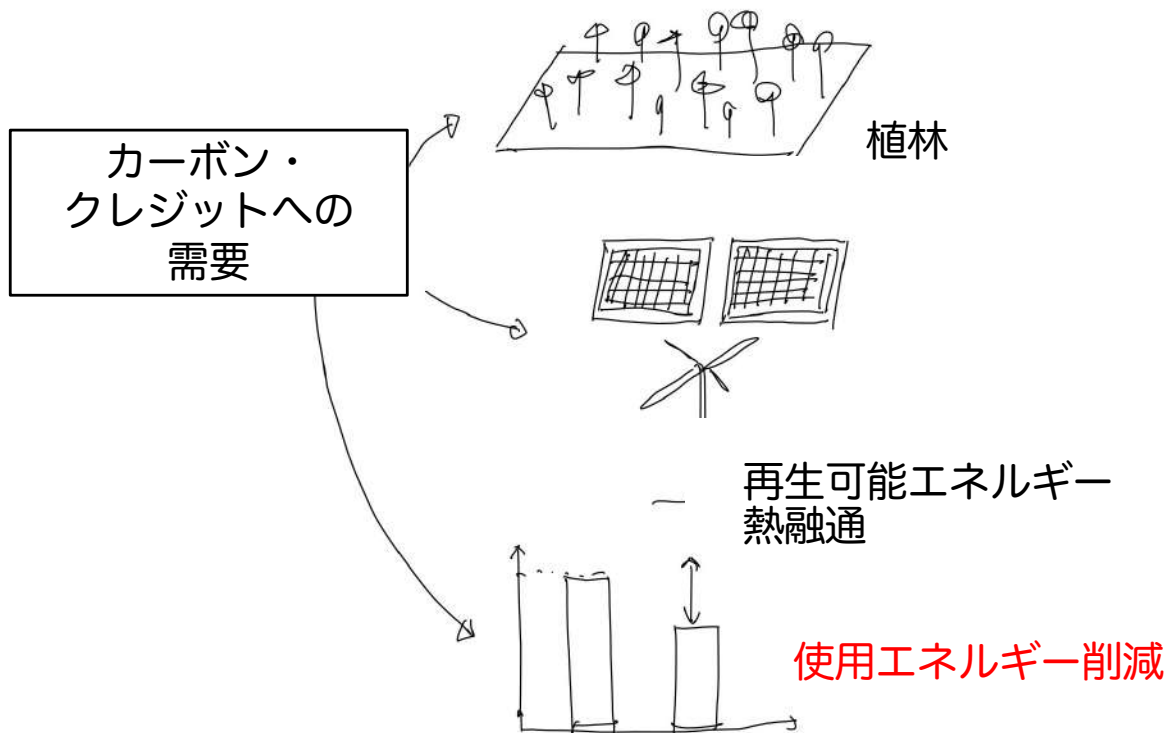
既存建築ストック群からのCarbon credit生成



Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

17

セクターを超えた取引の可能性



Copyright(C)202

University, All rights reserved

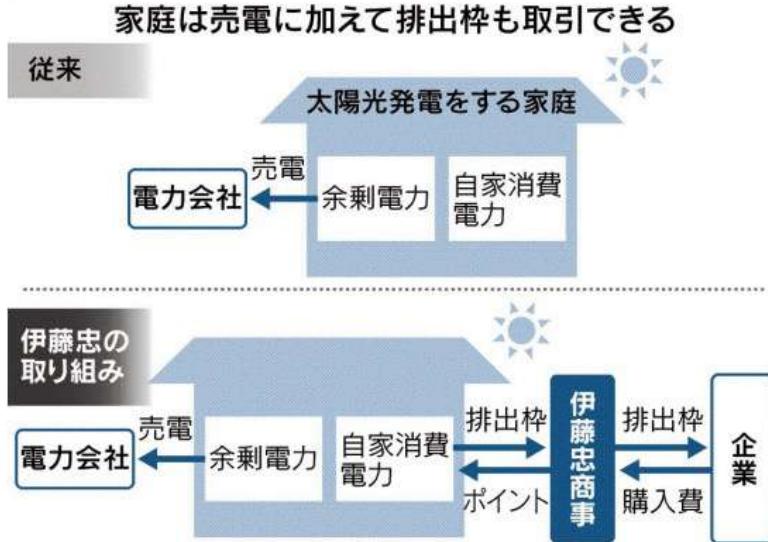
18

伊藤忠、家庭も排出枠取引 太陽光発電の自家消費把握 CO2削減分、企業に

2021年3月3日 2:00 [有料会員限定]

保存

あA 印刷 送信 共有 ツイット Facebook 共有

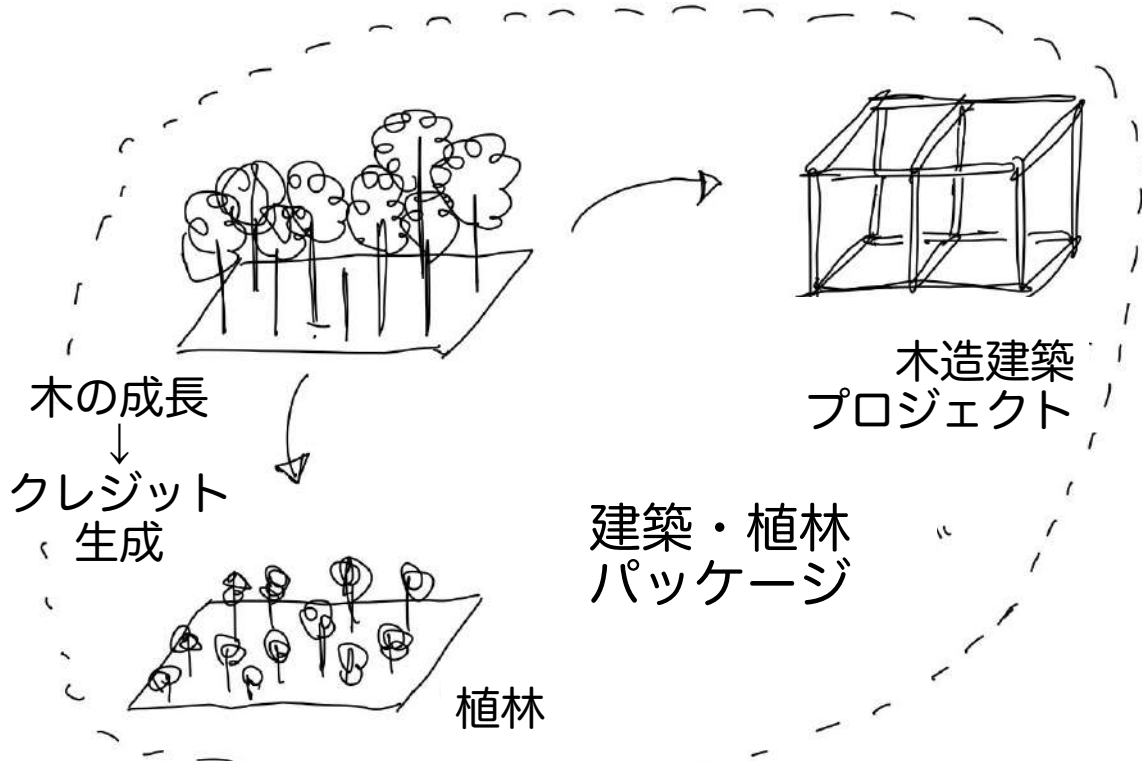


個別散在の対象を計測・集計できるからこそ成立する仕組み

(注)伊藤忠を介さない排出枠取引の仕組みも今後構築

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

木造建築と植林をリンクしたプロジェクトによるカーボン・クレジットの生成

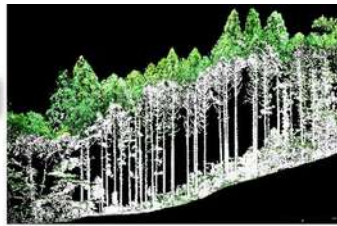


Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved



リモートセンシングなどICTの発展は 木の成長量をモニターすることを可能にしている

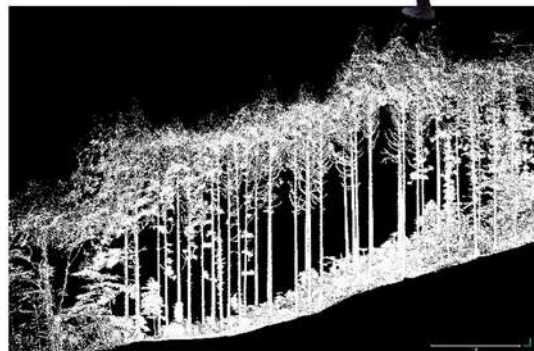
中村裕幸; 飯田富和子. 11056 バックパック型レーザスキャナを用いた 3D モデル化の研究
その 1 森林計測を対象としたバックパック型レーザスキャナの正確度検証. 情報システム技術,
2019, 2019: 127-128.



新型の
バックパックレーザ



ドローンレーザ(DJI M300 + L1)による
樹冠上からの取得点群 (高度約60m)



バックパックレーザによる林内からの
点群 (立木上部までほぼ点群取得)

お話すること

1. はじめに
 - UNEP Carbon Metric of Building
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

取引の計測単位として
炭素指標：Carbon Metric
の計測・評価に求められる原則

Principle of MRV
for sustainability indicators

Measurable	計測可能
Reportable	報告可能
Verifiable	検証可能

お話すること

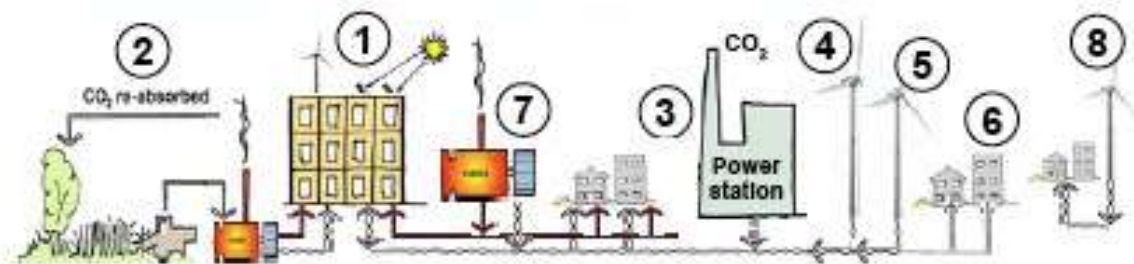
1. はじめに
 - UNEP Carbon Metric of Building
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

25

Slides by Chris Twin presented at SB08 conference in Melbourne

Understanding Zero Carbon definitions:

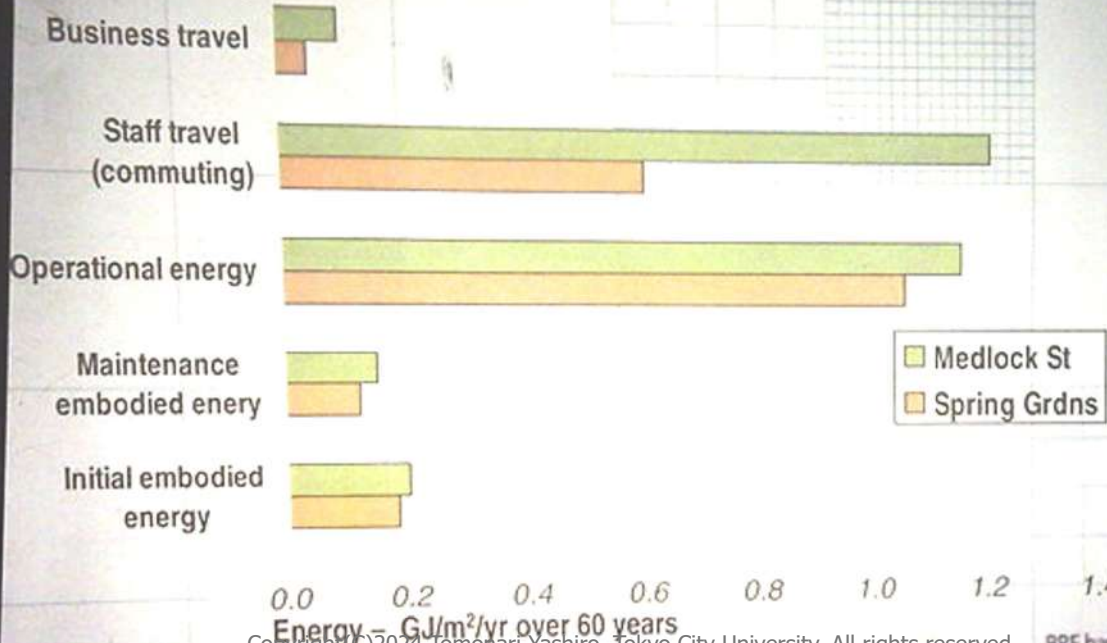


- | | | |
|--------------------------------|---|---|
| 1. Site autonomy..... | generates & stores all energy needed on-site | ✓ |
| 2. On-site carbon neutral..... | on-site energy generation from delivered fuel | ✓ |
| 3. Net zero carbon..... | net exports to Grid are equal to imports | ✓ |
| 4. Green tariff..... | using off-site renewables already on the Grid | ✗ |
| 5. 'Additionality'..... | dedicated added renewables, ROCs 'retired' | ? |
| 6. Upgrading existing..... | planning tariff for existing stock enhancement? | |
| 7. Near-site zero carbon..... | local renewables with direct connection | ✓ |
| 8. Carbon offsetting..... | paying for others' renewables | ✗ |

ARUP

System boundary problem

Energy Consumed in Office Buildings



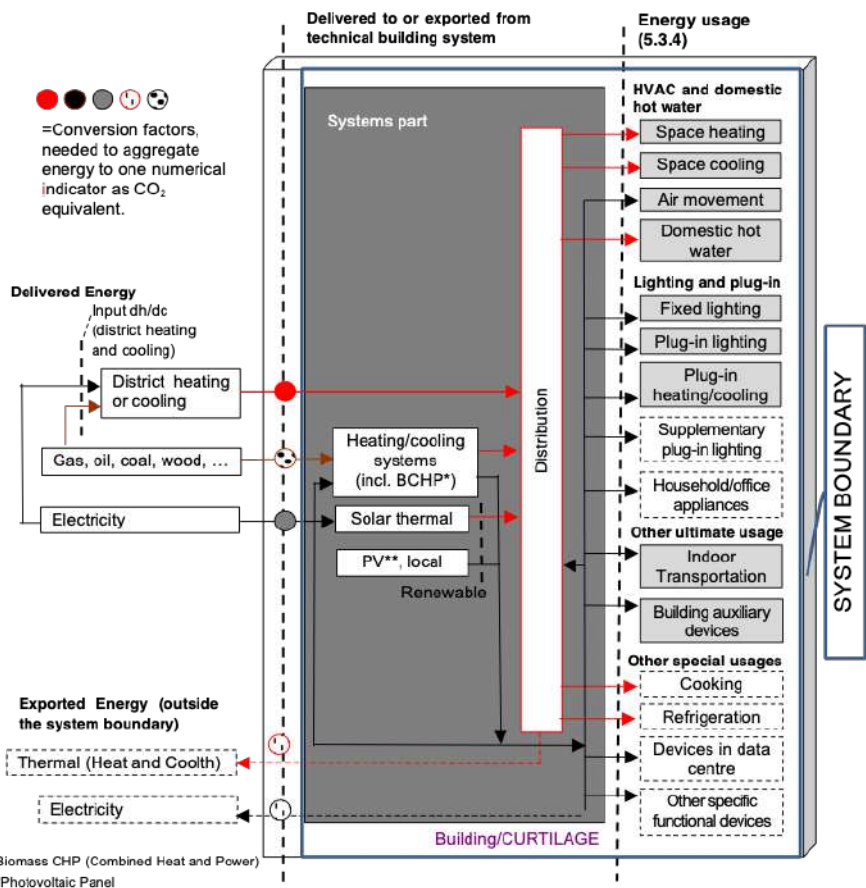
Copyright (C) 2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

BRE has the 27

Consensus on System Boundary

Boundary and energy flows

ISO/FDIS 16745 Environmental performance of buildings — Carbon metric of a building — Use stage



Copyright (C) 2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

最近になって、ようやく system Boundaryへの関心が高まっていますが。。。。

Supply chain 排出量 という考え方

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply_chain/gvc/supply_chain.html
<https://ghgprotocol.org/>



Scope1：事業者自らによる温室効果ガスの直接排出(燃料の燃焼、工業プロセス)

Scope2：他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出

Scope3：Scope1、Scope2以外の間接排出(事業者の活動に関連する他社の排出)

System boundary definition

我々の問題提起から30年弱
ようやく、この国で
大事な問題として
認識されはじめている

System Boundary に関する 初期の研究例

建築生産に伴うエネルギー使用量・二酸化炭素放出額に関する研究
 一原単位評価における評価範囲の設定について
 野城智也 須藤巖雄 ナイジェル・ハワード 山畑信博, 1996, 日本建築学会 建築生産と管理技術シンポジウム論文集

副産物利用をどうする？

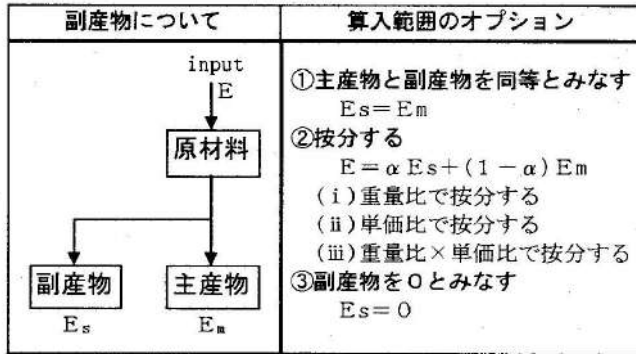


図1 副産物及びその参入範囲

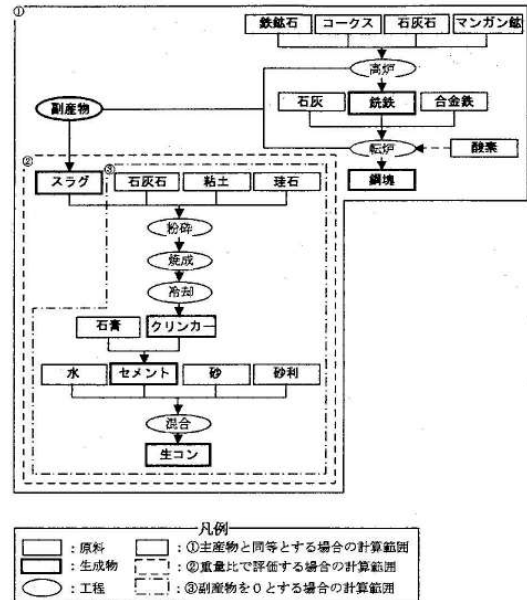
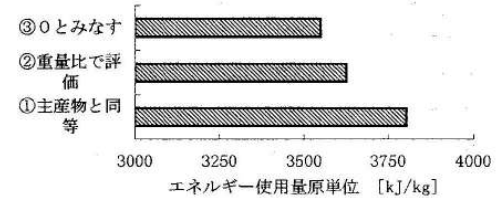


図3 セメントの製造過程における副産物の取扱い



System Boundary に関する 初期の研究例

建築生産に伴うエネルギー使用量・二酸化炭素放出額に関する研究
 一原単位評価における評価範囲の設定について、野城智也 須藤巖雄 ナイジェル・ハワード 山畑信博, 1996, 日本建築学会 建築生産と管理技術シンポジウム論文集

リサイクル材利用をどうする？

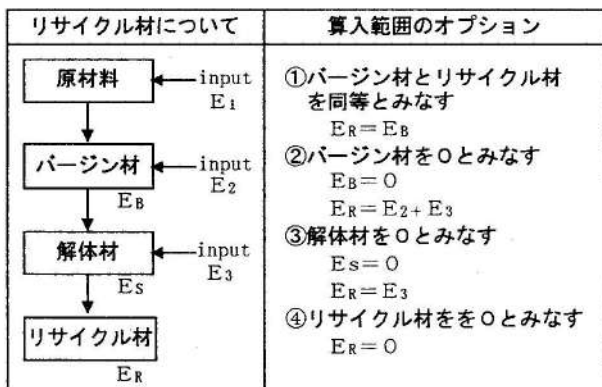


図5 リサイクル材及びその参入範囲

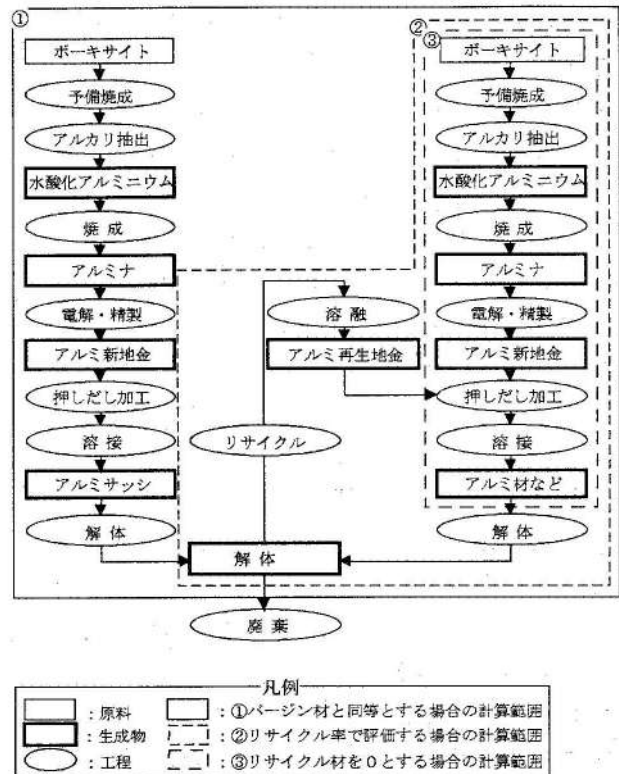


図6 リサイクル材が混合したアルミサッシにおける、リサイクル材の取扱い

お話すること

1. はじめに
 - UNEP Carbon Metric of Building
2. 建築土木関連でのカーボントレーディングの可能性
 - Built Environment related Carbon Trading
3. 技術的検討事項
 1. MRVの原則
 2. System Boundary 問題
 3. BIM-EPDの可能性
4. 結語

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

33

では、Embodied CO2 どのようにして測るのか？
Digitalization が進む状況下では。。

- ・ 建材単位量あたりのEmbodied Energy/CO2
- 建材のEnvironmental Product Declaration (EPD)の電子公開



<https://epd-online.com/>

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

34

EPD (Environmental Product Declarations)

- Life Cycle Assessment を基盤。全ての
 - 原材料量
 - 水、エネルギーの使用
 - 大気への物質排出
 - 廃棄物量
 - 健康影響
 - 交通負荷などを計測
- 第三者専門家による検証
- 検証OKなら、当該製品をEPDプログラムに登録可能
- 公開のデータベースとして引用利用可能に

https://www.jansen.com/fileadmin/Downloadcenter/BuildingSystems/Zertifikate/EPD/EPD_Tueren_en.pdf

			EPDの事例		
			EPD Steel/stainless steel doors Environmental Product Declaration Acc. to ISO 14025 and EN 15804		
Steel/stainless steel tubular frame doors with infill panel			Jansen AG CH-9463 Oberriet		
model-EPD - as a basis for issuing EPDs for door manufacturers in accordance with the scope					

Environmental Product Declaration in accordance with ISO 14025 and EN 15804 Summary



EPDの事例

Steel/stainless steel doors

Programme operator	ift Rosenheim GmbH Theodor-Gietl-Strasse 7-9 D-83026 Rosenheim	
Holder of the declaration	Jansen AG Industriestraße 34 CH-9463 Oberriet SG	
Declaration code	M-EPD-STÜ-GB-000003	
Designation of declared product	Steel/stainless steel tubular frame doors with infill panel	
Scope	Steel doors for use in office and administration buildings as well as public buildings and for residential applications	

Basis

- EN ISO 14025:2011
- EN 15804:2012

Allgemeiner Leitfaden zur Erstellung von Typ III Umweltproduktdeklarationen (Guidance on preparing Type III Environmental Product Declarations).

This Declaration is based on the PCR document "Türen und Tore" (Pedestrian doorsets and industrial, commercial and garage doors and gates) PCR-TT-1.1 : 2011

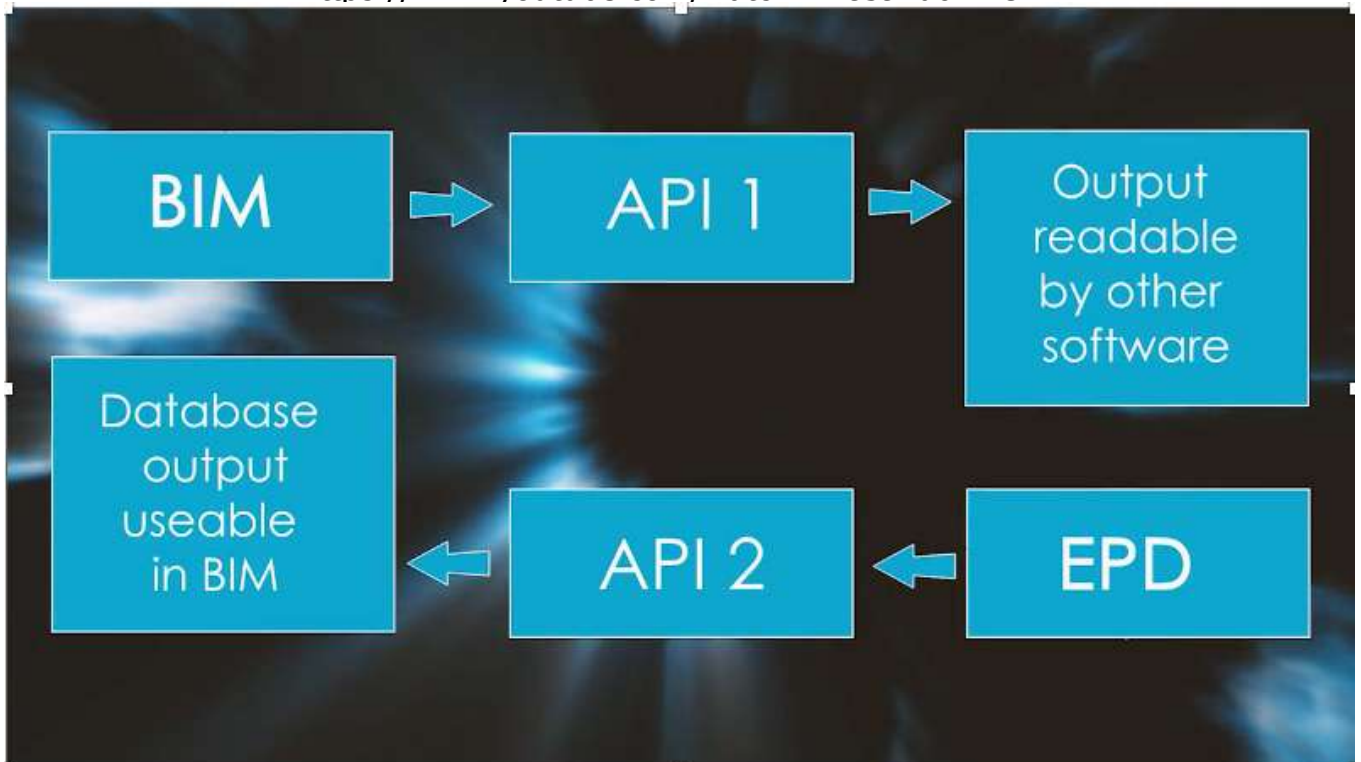
Validity

This verified Environmental Product Declaration applies solely to the specified products and is valid for a period of 5 years from the date of issue. The declaration holder as-

LCA results per m ² door without fire resistance	Manufacture A1 – A5	Use B1 – B7	End-of-Life C1 – C4	Recycling potential D
Primary energy – non-renewable (PE _{n,renw}) in MJ	1,800.00	B1: 11,500.00 B2-B7: 700.00	32.50	-609.00

Building the Bridge (use of EPD in BIM)

<https://www.youtube.com/watch?v=9J9Yd0fKzUY>



Inventory Survey (積み上げ方式) : セメント

1994年田中隆司修士論文 持続可能な建築構法に関する研究 – ライフサイクル評価法に関する検討 –

製品-1 : セメント 単位 : 1kgあたり

① 工場で直接使用されるエネルギー量, 炭素放出量

燃料種類	使用量	単位	使用エネルギー量(kJ)	炭素放出量(kg-C)
石炭	0.1039	kg	2725.68	0.06547
重油	0.003089	l	125.27	0.00244
電力	0.05541	kWh	521.88	0.00665
その他	0.003649	l	147.97	0.00292
合計			3520.80	0.07748

② 原材料の使用による間接使用エネルギー量, 炭素放出量

原材料名	使用量	単位	エネルギー原単位	炭素放出量原単位	使用エネルギー量	炭素放出量
石灰石	1.098	kg	20.93**	0.12**	22.9811	0.13176
粘土	0.217	kg	20.93*	0.00032*	4.54181	6.9E-05
珪石	0.057	kg	20.93*	0.00032*	1.19301	1.8E-05
鉄滓	0.025	kg	10170***	0.19***	254.25	0.00475
石膏	0.008	kg	20.93*	0.00032*	0.16744	2.6E-06
その他	0.036	kg	0	0	0	0
合計					283.133	0.1366

備考

・セメントの比重は、3.16とする。

*粘土、珪石、石膏の使用エネルギー原単位及び炭素放出量原単位は、砂利と同じと仮定した。

**石灰石の使用エネルギー量は、砂利と同じと仮定し、炭素放出量原単位は、石灰の化学反応による炭素放出量を考慮して、0.12kg-C/kgとした。

***鉄滓の使用エネルギー原単位及び炭素放出量原単位は、棒鋼と同じと仮定した。

③ 合計

セメント 1kgあたり	直接	間接	合計	
使用エネルギー量	3520.80	283.133	3803.933	kJ
炭素放出量	0.07748	0.1366	0.21408	kg-C

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

41

結語

建築の生産・運用に関わる地球温暖化ガス排出量を表示することが「当たり前」になることによって、通常の経済取引の中で、Carbon Metric/Carbon Creditが経済価値を持つようになる

- 建築の生産については、建材生産に伴うInventoryの公開が「当たり前」になること
 - ← EPDの普及
 - ← EPD-BIM連携の推進
- 建築の運用については、IoTの普及が計測・データ処理の実行可能性を高める
- System Boundaryについての合意形成、標準化も重要

Copyright(C)2024 Tomonari Yashiro, Tokyo City University, All rights reserved

42