

都市に眠る既存資源の有効活用を ライフサイクルアセスメントで実現する カーボンニュートラル

千葉大学 大学院融合理工学府
先進理化学専攻
共生応用化学コース
松野 泰也



CHIBA
UNIVERSITY

自己紹介

- 1990年 東京大学化学工学科卒業
1996年 東京大学大学院工学系研究科
化学システム工学専攻博士課程修了(工学博士)
1996年 通商産業省 工業技術院 資源環境技術総合研究所
2001年 産業技術総合研究所 LCA研究センター
2004年 東京大学大学院工学系研究科
マテリアル工学専攻 准教授
2016年 千葉大学大学院融合理工学府
都市環境システムコース 教授
2022年 共生応用化学コース 教授

専門: リサイクル工学、LCA、MFAなど

学会: 日本LCA学会会長など

委員: 東京都廃棄物審議会、NEDO技術委員など

趣味: 登山、ゴルフ、麻雀

2050年に創造すべき社会

再生可能エネルギーの活用促進と
天然資源使用の極力回避（人工ストック利用へ
の転換）によるカーボンニュートラル社会

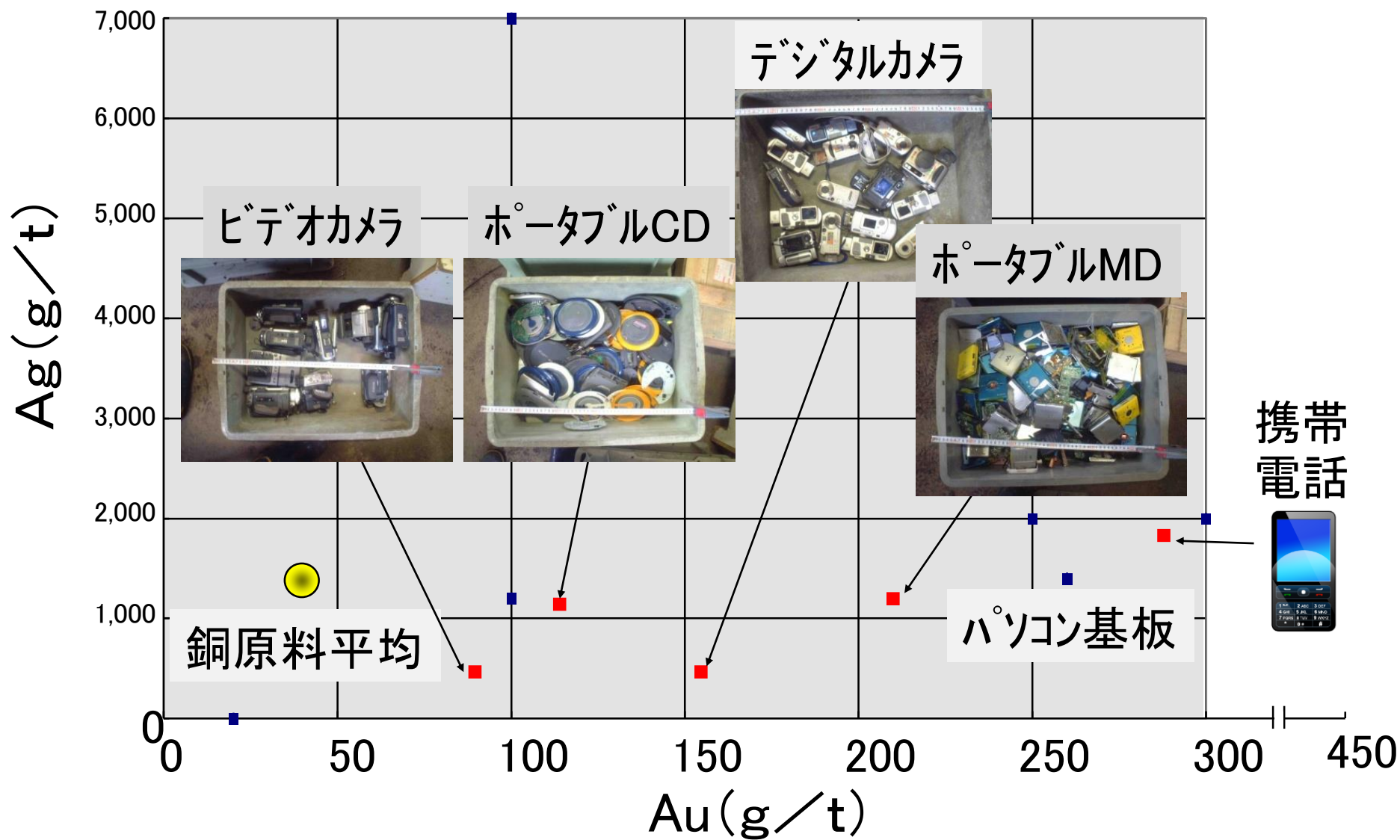
写真は想像ください。

ここから都市鉱山のお話し

2020年東京五輪の金メダルは 小型家電廃棄物を使用



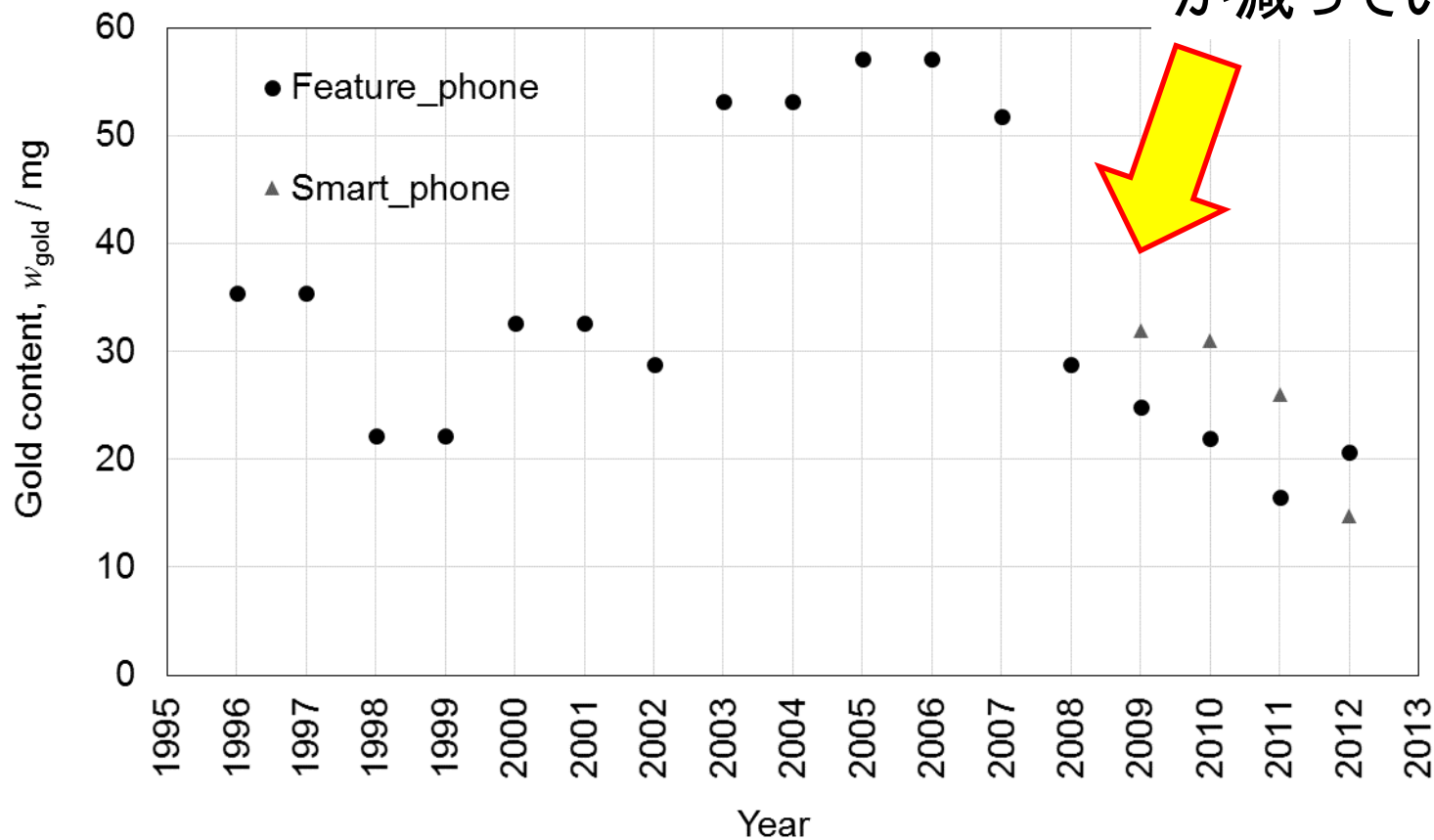
小型電子機器に使用される貴金属重量



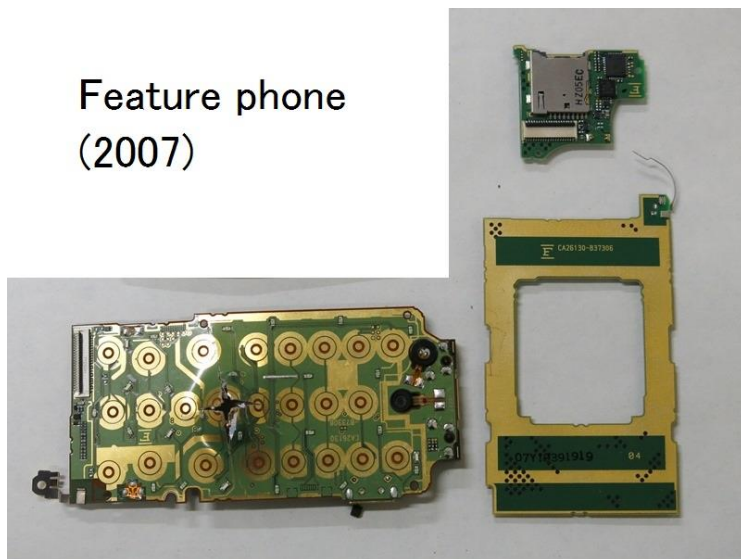
(資料提供: 同和鉱業株式会社)

携帯電話の貴金属の含有量の経年変化

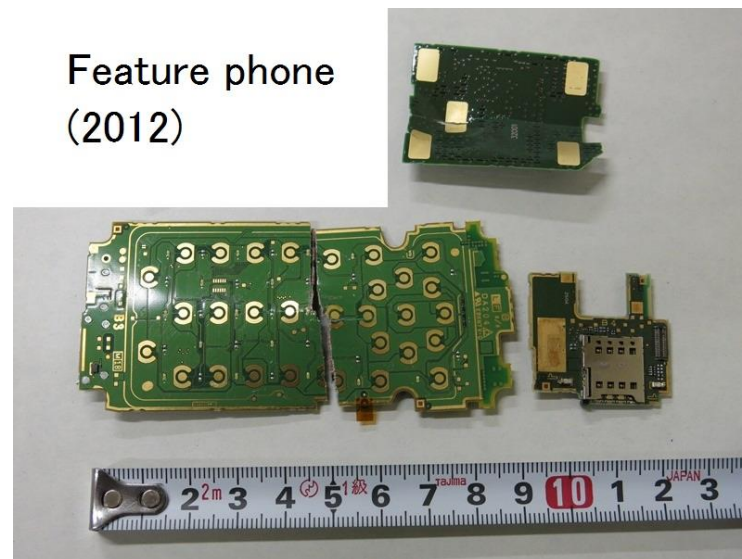
近年、金の含有量が減っている！



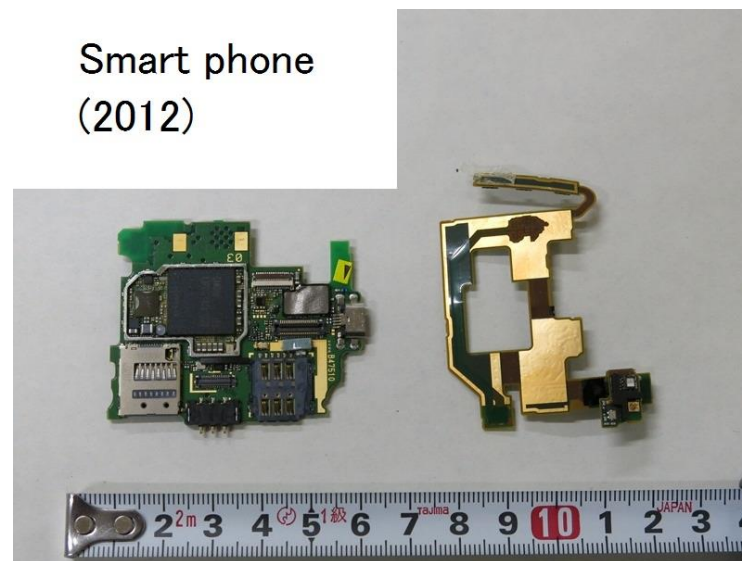
Feature phone
(2007)



Feature phone
(2012)



Smart phone
(2012)



「都市鉱山からつくる！ みんなのメダルプロジェクト」

- 2017年4月から2019年3月まで2年間
- オリンピック・パラリンピックの金・銀・銅あわせて約5,000個のメダルに必要な金属量を100%回収
- **金：32 kg、銀：3,500 kg、銅：2,200 kg**
- 全国参加自治体による回収（携帯電話を含む小型家電回収）：約78,985 t
- NTTドコモによる回収（ドコモショップ約2,300店舗にて、携帯電話を回収）：約621万台

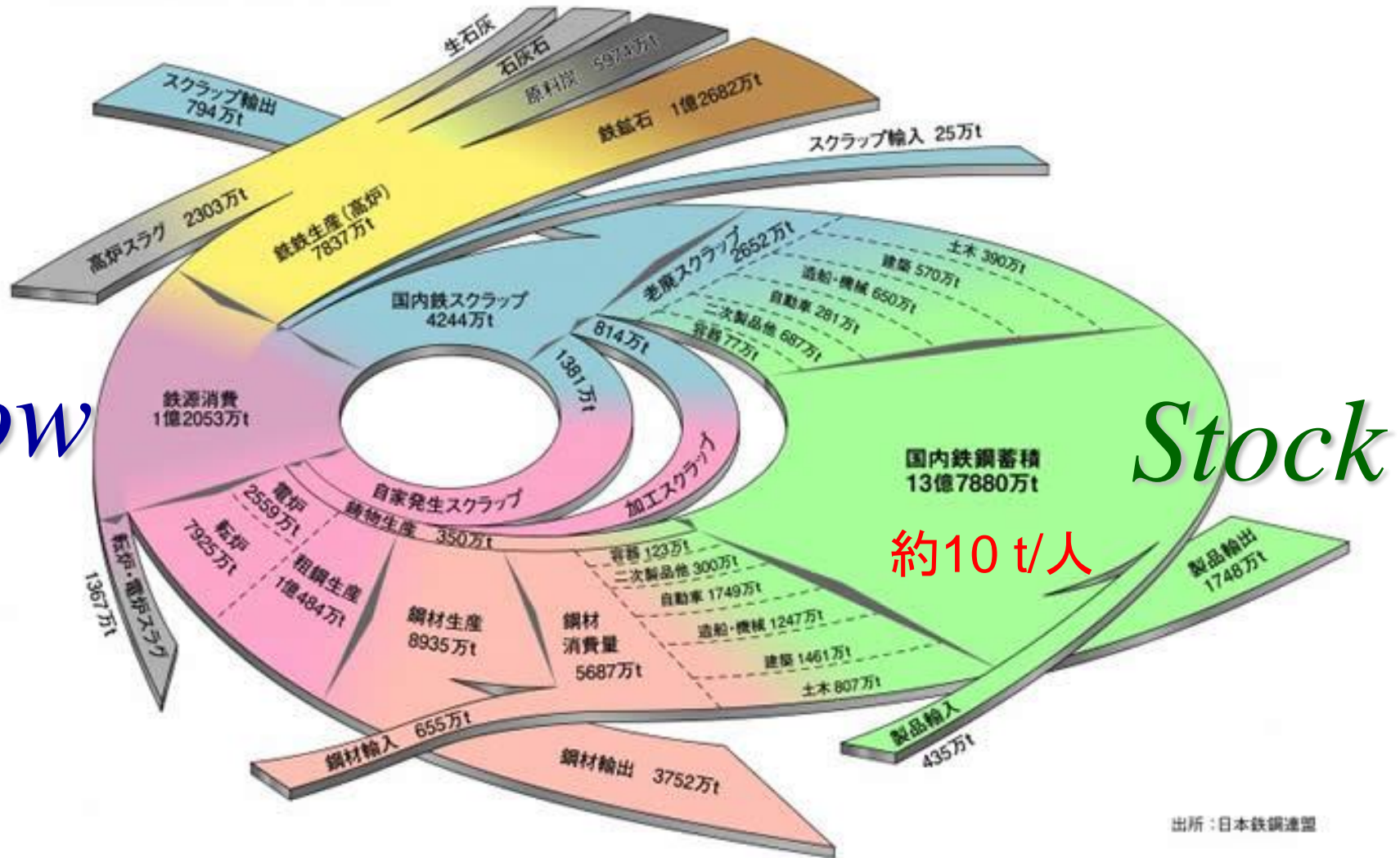
世界の素材生産量

- 粗鋼 18.6億t (2020年)
 - 中国: 10.5億t、日本: 0.83億t
- アルミニウム(新地金) 0.57億t (2016年)
- 銅 0.24億t(2018年)
- 金 109 t (2020年)

- プラスチック 3.7億t (2020年)
- セメント 41億t (2015年)

社会の中で素材の流れ(Flow)とストック(Stock)を解析するのがマテリアルフロー分析(MFA)

日本の鉄鋼循環図 (2017年度)



Flow

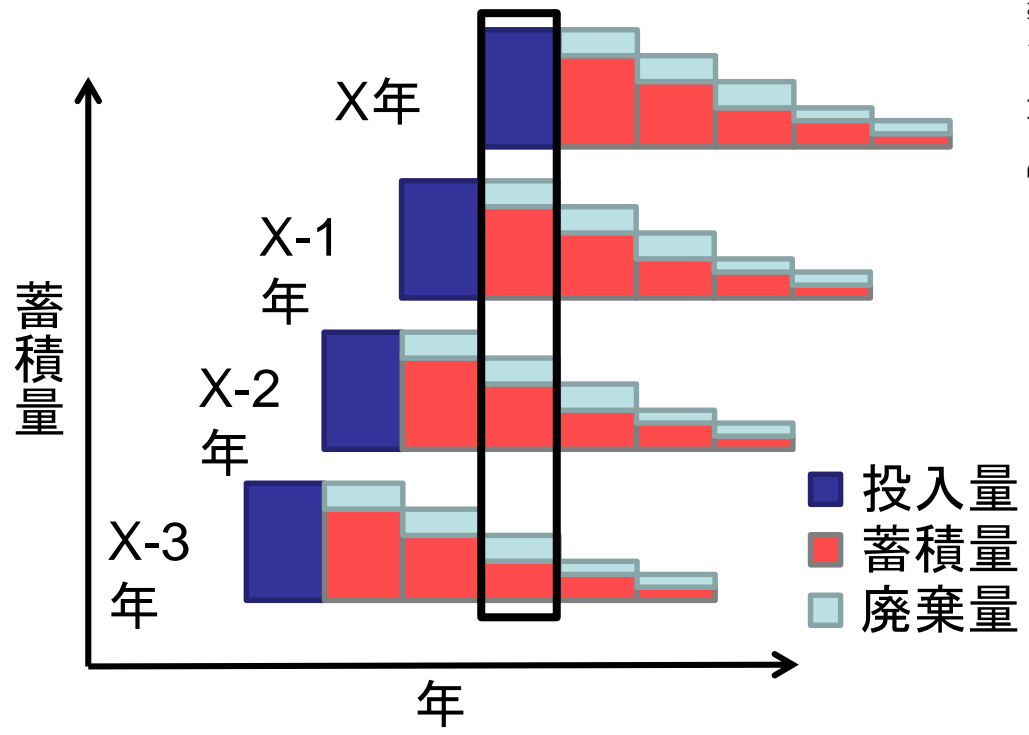
Stock

約10 t/人

出所：日本鉄鋼連盟

都市鉱山(社会中の素材蓄積量および排出量)はどうやって推計する？

製品寿命のワイブル分布を元に、各年毎の蓄積量・排出量を算出



動的物質フロー解析の概念図

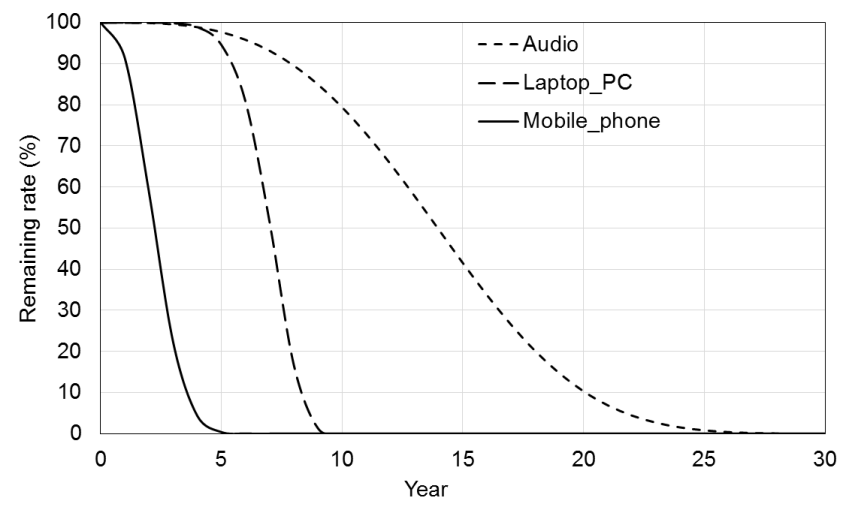


図 ワイブル分布

必要なデータ

- 1.用途別の投入量
- 2.用途別の製品寿命

世界の国別・用途別の鋼材蓄積状況

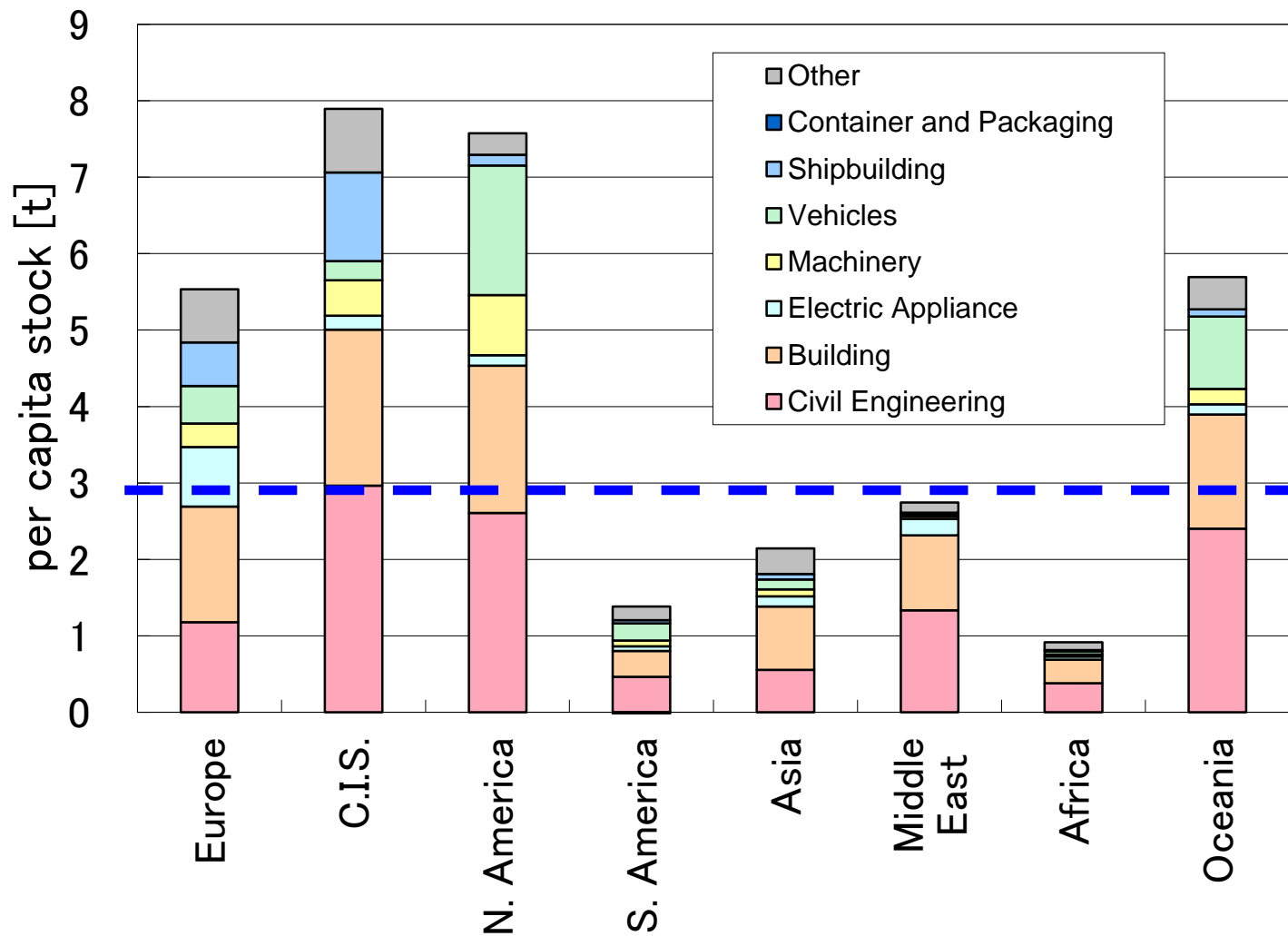
最大

10トン/人

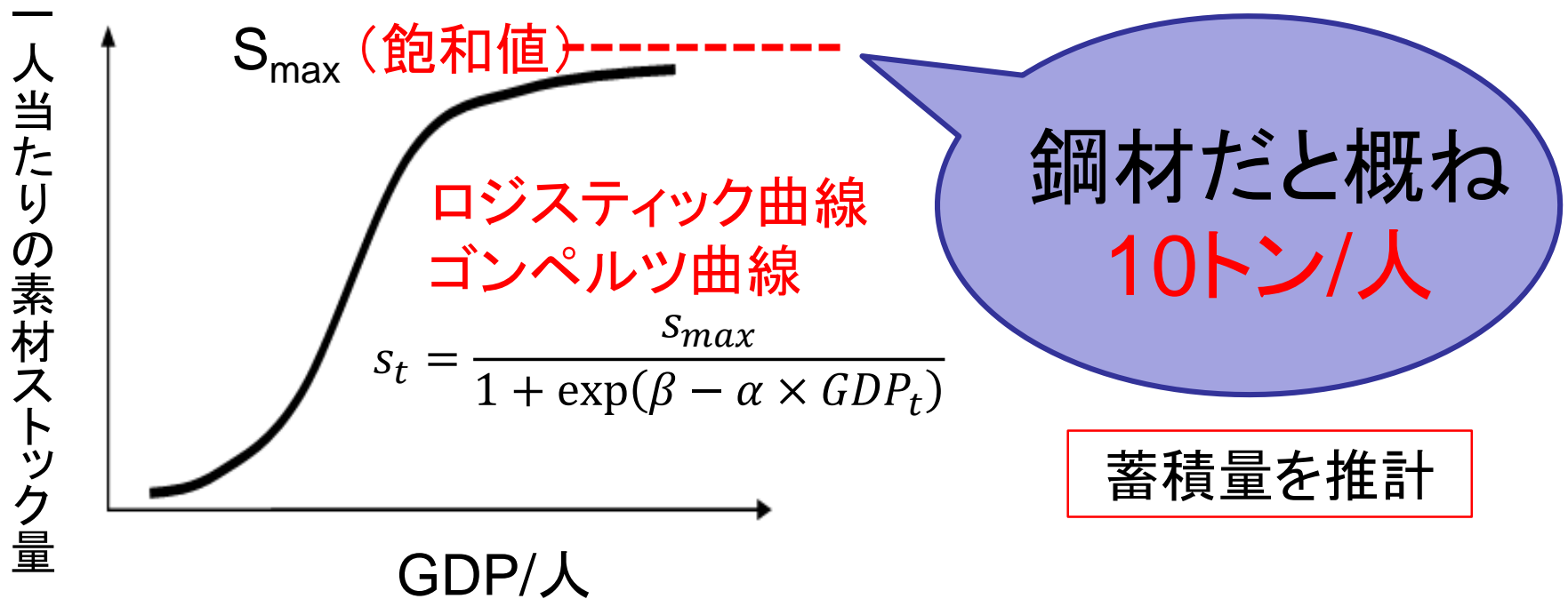


平均

3トン/人

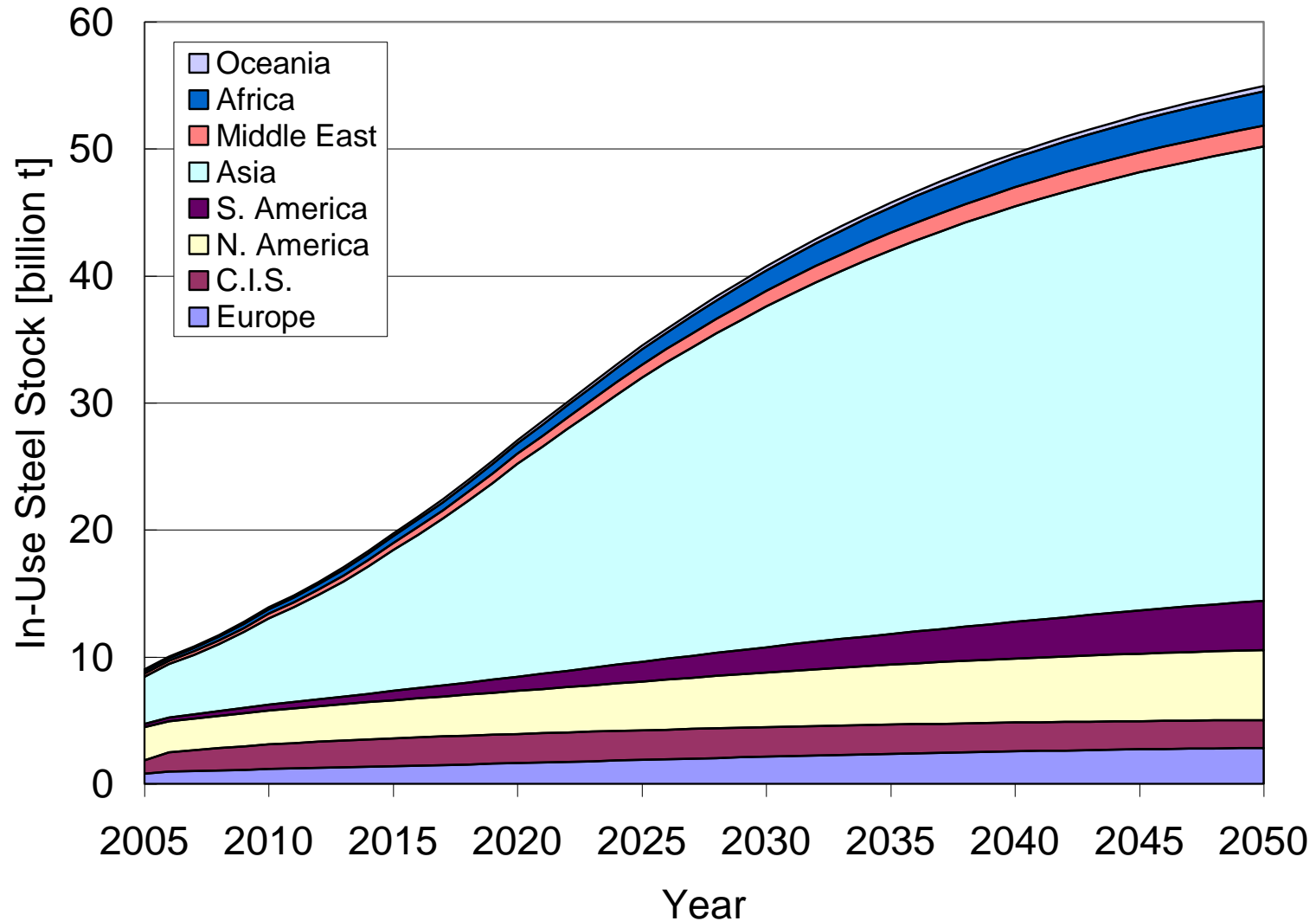


ここがポイント！マテリアルフロー分析
(MFA)により将来の蓄積量・需要量・
スクラップ排出量の予測はできる。



2050年までの鉄鋼蓄積量の推計

(地域別、土木、建築、自動車用途)



ストックから消費（需要）を求める式

$$\Delta S(t) = S(t) - S(t-1)$$

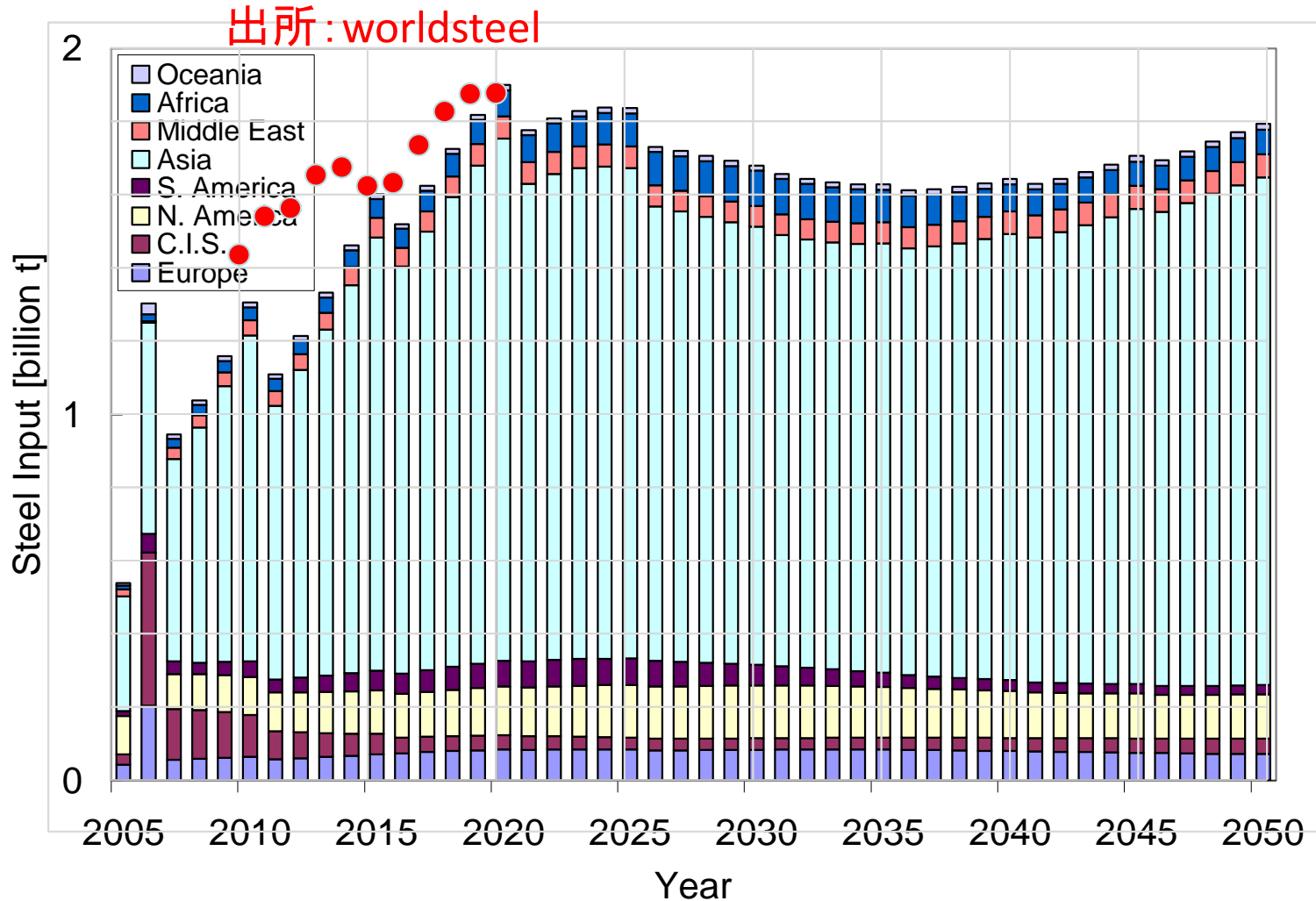
$$= \text{消費}(t) - \text{廃棄}(t)$$

$$\text{消費}(t) = \Delta S(t) + \text{廃棄}(t)$$

人口、GDP、 S_{\max}

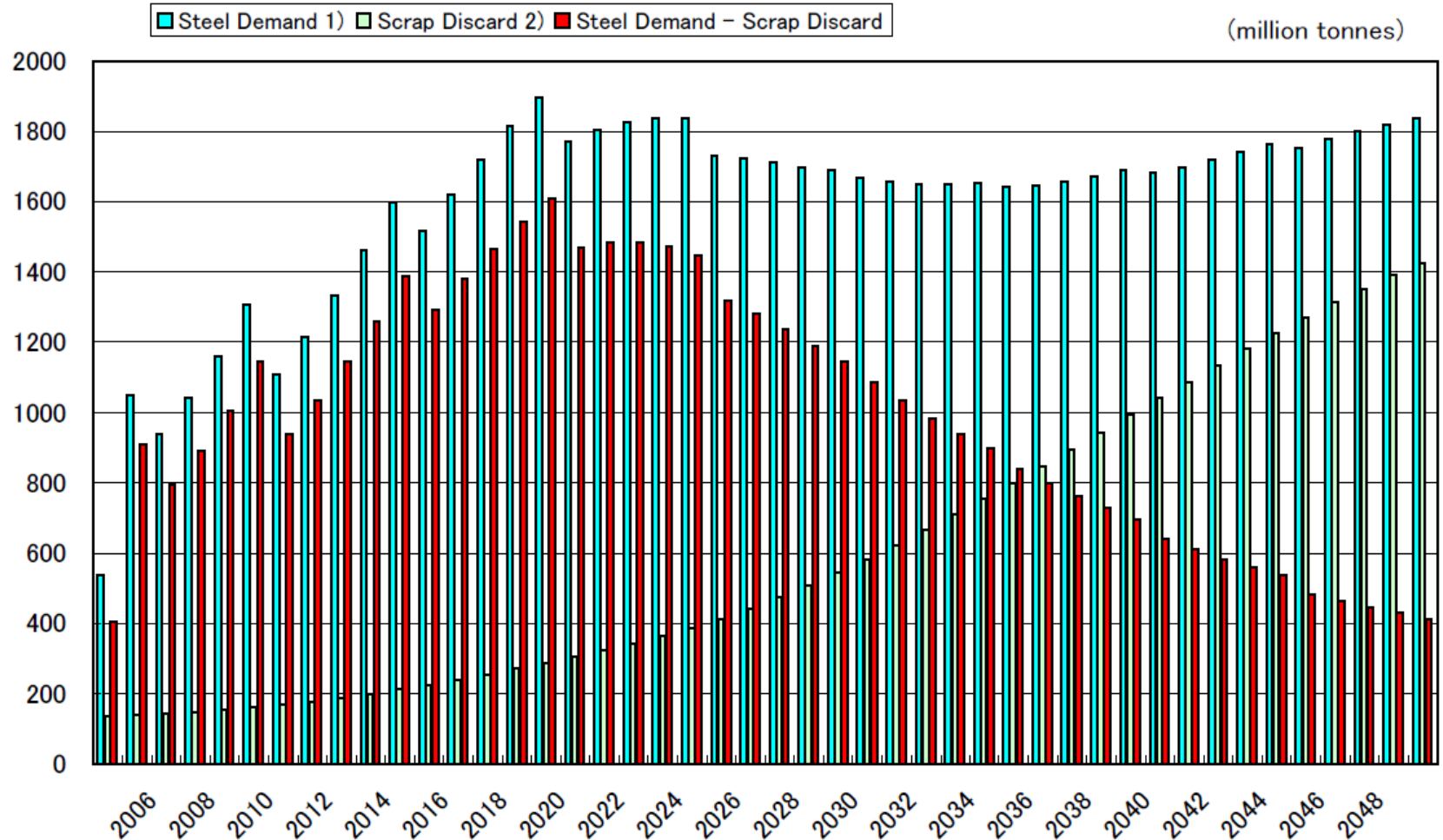
過去の投入量、寿命分布

2050年までの鉄鋼消費量の予測(地域別)



2050年には鋼材需要の8割が スクラップで供給可能？

Requirement of Steel Production from Iron Ores
forecasted from Steel Demand and Scrap Discard



1) H.Hatayama; I.Daigo; Y.Matsuno; Y.Adachi Environmental Science & Technology 2010, 44, 6457

2) H.Hatayama; I.Daigo; Y.Matsuno; Y.Adachi CAMP-ISIJ 2010, 23, 615

これからの30年

カーボンニュートラル社会構築へ向けて、製品、技術、サービスを評価するLCAのニーズが俄かに急増！
(ブームにして欲しくない)

- ・気候変動という人類共通の課題に日本は総力を上げて取り組む
- ・日本として2030年度には2013年度比で46%のCO₂削減を行なうほか、50%削減の高みに挑戦していくことを約束

CCS、人工光合成、マイクロモビリティなど技術開発が加速される。

2008年は「環境元年」・「グリーンIT元年」 それから12年後にCNがブームに



「ITproグリーンITフォーラム2008 Spring」の基調講演に登壇した、
東京大学大学院工学系研究科の
松野泰也准教授

最近のニーズ： CN社会構築に向けた 新技術へLCAを適用

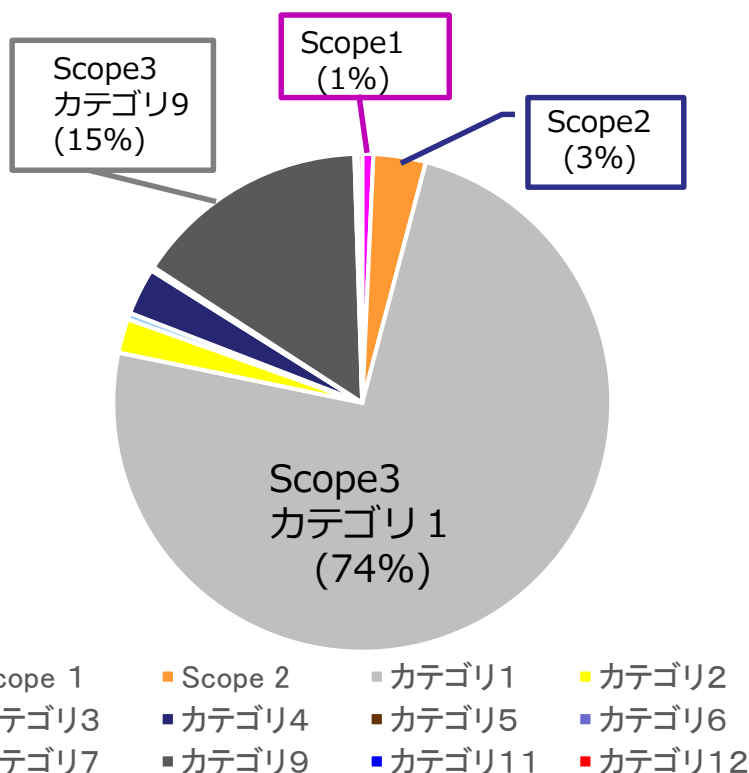
- 研究開発段階からLCAを 実施し、開発者へフィードバック
- 最適な製品の生成比は？
- バックグラウンドデータ(ベースライン)の設定次第で最適な答えは変わってくる。
- かなりハイレベルなLCA

組織対象のLCAの例：百貨店SCOPE3

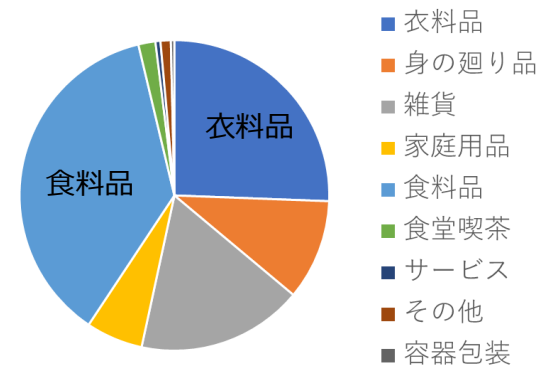
サプライチェーン全体の排出量を把握

- 2018年度より百貨店の排出量（Scope1・2）に加え、サプライチェーンの排出量(Scope3)の算定を開始。
- 2021年度の**Scope1・2**の温室効果ガスの排出割合は**全体の約3%**であった。

本取組は「第18回LCA日本フォーラム表彰」経済産業省 産業技術環境局長賞を受賞



Scope 1		事業者自らによる温室効果ガスの直接排出（燃料の燃焼）
Scope 2		他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出
Scope 3	カテゴリ 1	購入した製品・サービス
Scope 3	カテゴリ 2	資本財
Scope 3	カテゴリ 3	Scope 1, 2に含まれない燃料およびエネルギー関連活動
Scope 3	カテゴリ 4	輸送・配送（上流）
Scope 3	カテゴリ 5	事業から出る廃棄物
Scope 3	カテゴリ 6	出張
Scope 3	カテゴリ 7	雇用者の通勤
Scope 3	カテゴリ 9	輸送・配送（下流）
Scope 3	カテゴリ 1 1	販売した製品の使用
Scope 3	カテゴリ 1 2	販売した製品の廃棄



Scope3カテゴリ1内訳

百貨店SCOPE3算定に関して

- 年間5兆円を超える売上高となる全店舗のサプライチェーンでの温室効果ガス排出量の算出
- 正確かつ効率的に実施する必要性：
 - 現場や管理部門に新たなデータ収集の労力をなるべくかけないようにする
 - データの収集がルーティンとなっているものを活用
 - 全国百貨店売上高概況（部門別売上高、従業員数、インバウンド来客数など）
 - 店舗におけるエネルギー使用量実態調査（電力、燃料消費量）
 - 売上高と主要店のヒアリングデータとの相関で推計
- 今後は、サプライヤーとの協働による低炭素化を検討する。

サプライヤーのSCOPE3算出結果の 公開も徐々に進んでます(三陽商会の例)

Scope	Category	2013年	2014年	2015年	2016年	2017年	2018年	2019年	2020年	2021年	2022年
Scope1	事業者自らによるGHG直接排出	879	738	819	594	556	432	296	310	304	339
Scope2	電気、熱・蒸気の 使用に伴う間接排出	3,103	4,419	3,872	3,065	2,220	2,135	1,906	1,418	1,243	1,322
Scope3	カテゴリ1 購入した製品・サービス	182,788	164,937	144,561	113,984	93,057	105,320	99,528	64,470	59,222	64,352
	カテゴリ2 資本財	1,807	2,231	3,225	4,211	3,451	5,193	7,796	1,912	538	1,234
	カテゴリ3 Scorp1.2以外の燃料 及びエネルギー活動	1,189	1,060	1,037	814	750	637	533	472	476	490
	カテゴリ4 輸送、配送(上流)	2,126	1,911	1,675	1,321	1,080	1,227	1,159	750	691	749
	カテゴリ5 事業所から出る廃棄物	28	28	22	26	18	29	29	23	23	26
	カテゴリ6 出張	729	730	708	668	545	507	476	439	367	342
	カテゴリ7 雇用者の通勤	2,275	2,156	2,046	1,878	1,529	1,393	1,318	1,184	990	953
	カテゴリ8 リース資産(上流)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カテゴリ9 輸送、配送(下流)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カテゴリ10 販売した製品の加工	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カテゴリ11 販売した製品の使用	6,571	5,908	5,178	4,084	3,337	3,793	3,582	2,317	2,134	2,315
	カテゴリ12 販売した製品の廃棄	2,319	2,085	1,828	1,441	1,178	1,339	1,264	818	753	817
	カテゴリ13 リース資産(下流)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カテゴリ14 フランチャイズ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	カテゴリ15 投資	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	合計	199,833	181,046	160,280	128,427	104,944	119,437	115,684	72,385	65,194	71,277
総合計		203,814	186,203	164,971	132,087	107,721	122,004	117,886	74,114	66,741	72,939

単位：t

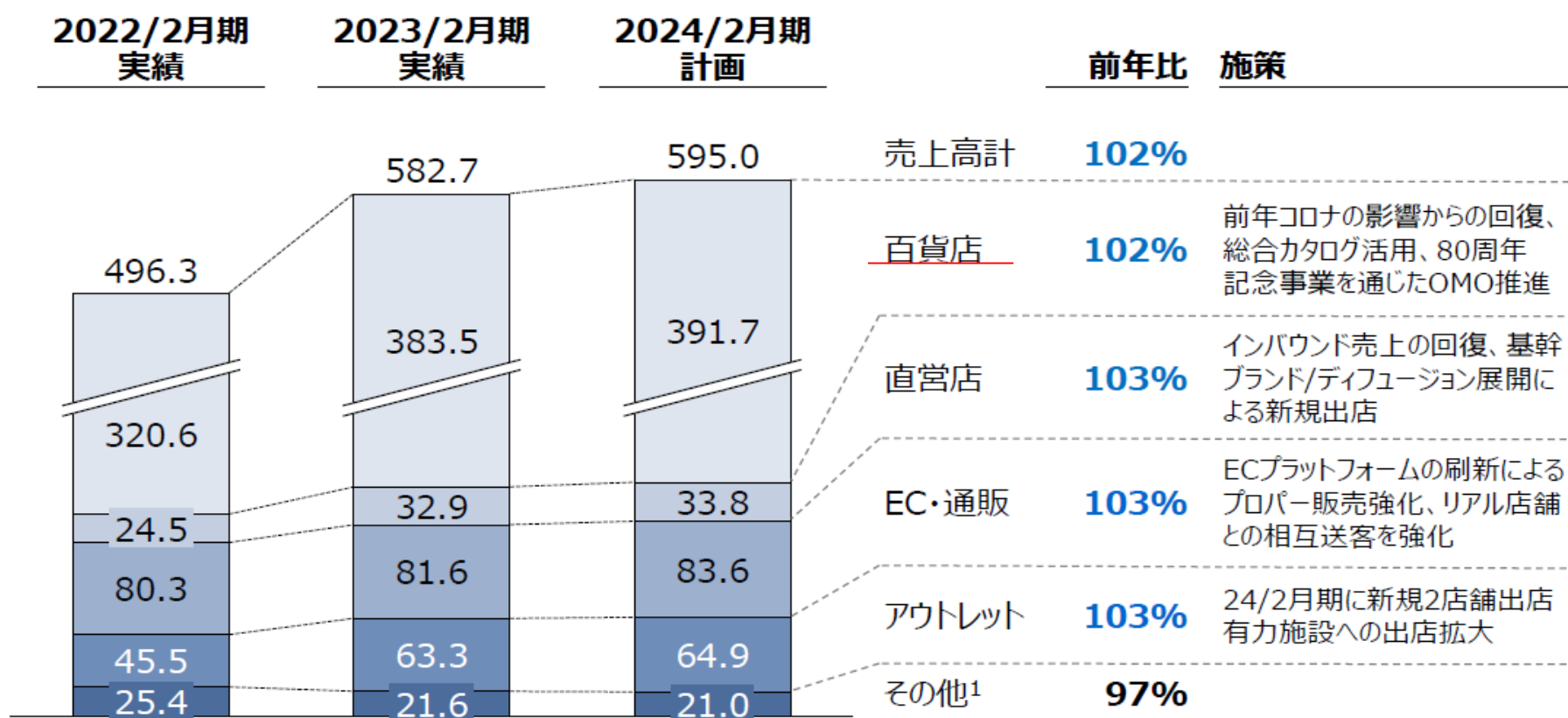
※Scope3の2022年実績は速報値

売上高の確保

コロナ沈静化による市場回復に合わせた売上拡大、入国規制緩和に伴うインバウンド売上拡大、ディフュージョン展開強化等により、対前年+12億円・102%の増収を計画

売上高の計画

(単位:億円)



1. 子会社、社員セール、卸売等

これまでの民間企業からの業務委託案件 (抜粋)

- ライフサイクルアセスメント(LCA)
 - 製品対象：自動車工業会、トヨタ、日産、マツダ、いすゞ、三菱ガス化学、AGC、東京鉄鋼、豊田中央研究所、タムラ製作所など
 - 組織対象：日本百貨店協会
- 資源循環(Material Flow Analysis, MFA)
 - トヨタ自動車、住友商事、NTT、東京鉄鋼など
- 製錬、リサイクル技術開発
 - 住友金属鉱山、日立建機、太平洋セメントなど

ご清聴ありがとうございました。

連絡先: matsuno@chiba-u.jp

Google

千葉大学 松野

