



環境省 戦略的研究開発領域課題 (S-16)

**PECoP-Asia**

Policy Design and Evaluation to Ensure Sustainable  
Consumption and Production Patterns in Asian Region

環境研究総合推進費 戦略的研究開発領域 [S-16]  
アジア地域における持続可能な消費・生産パターン定着のための  
政策デザインと評価

## テーマ1 [S-16-1]

消費と生産の関連性の強化のための政策デザインによる  
温室効果ガス排出抑制と資源循環方策  
(JPMEERF16S11610)

研究代表機関	東京大学
研究代表者	東京大学工学系研究科 平尾雅彦
研究実施期間	2016年度～2020年度

東京大学、大阪大学、産業技術総合研究所、立命館大学



東京大学  
THE UNIVERSITY OF TOKYO



大阪大学  
OSAKA UNIVERSITY





# 1. 研究背景

国際的な「持続可能な消費と生産」に向けた動き

- 2012年：リオ+20で「持続可能な消費と生産に関する10年計画枠組み（10YFP）」の実施採択
- 2015年：持続可能な開発のための2030アジェンダを採択。目標12は、「持続可能な消費と生産パターンの確保」

現状の課題

- 生産者から消費者までを含む多様なステークホルダーによって社会全体を変革する施策の提示及び実践は限定的である
- SCPパターンへの転換に資する政策・制度・技術の多くは、省エネルギー性能向上や再生資源利用などの主に製品やサービス単位での効率性向上とその普及を目指す生産側に対する効率性アプローチである
- 消費と生産の構造を構築するののかというニーズにも目を向けた施策の検討が求められる
- 消費側のニーズ自体を転換し、その充足に寄与する充足性アプローチも求められる



## 2. 研究開発目的(1)

消費と生産の関係性の強化という観点から、アジアにおける持続可能なパターンへの転換とその定着を実現するための政策提案を行う

- 生産者の関与のあるべき姿、効果、必要な施策について、設計から製造、製品と資源循環に至るシナリオを作成する
- 持続可能な生産を誘起しその効果を最大限に発揮するための有力なステークホルダーである消費者について、ライフサイクル指向向上と価値観変容に向けた直接的な行動介入シナリオを作成する



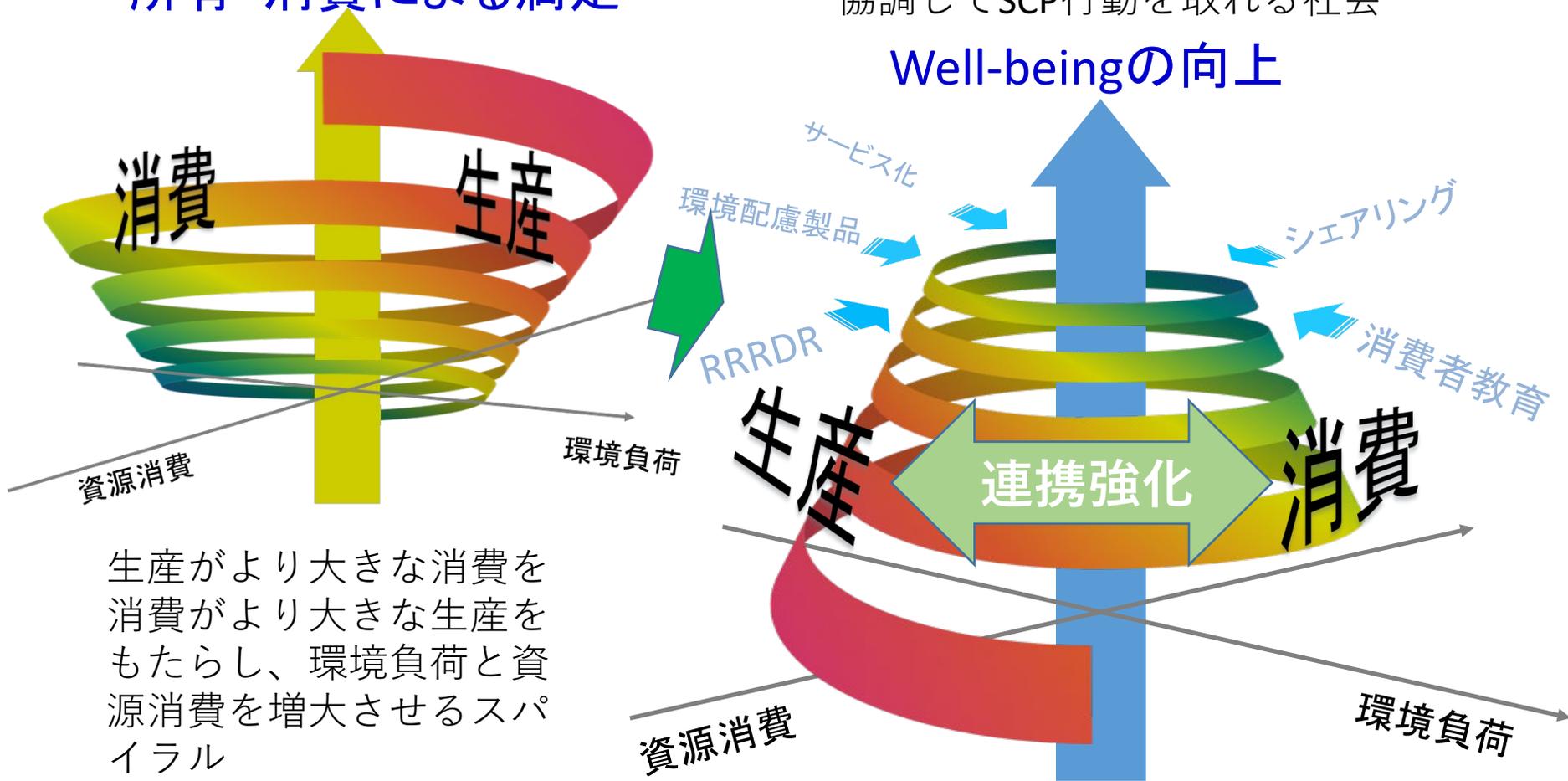
## 2. 研究開発目的(2)

消費と生産の環境負荷・資源消費増大スパイラルを Planetary Boundaries (地球1つ分) の活動に変えていく

全ての関係者が自律的、かつ協調してSCP行動を取れる社会

### 所有・消費による満足

### Well-beingの向上



生産がより大きな消費を  
消費がより大きな生産を  
もたらし、環境負荷と資源消費を増大させるスパイラル



# 3. 研究開発目標

1. アジア地域における消費と生産の関連性強化における課題を示す。
2. その課題を解決するために必要な方策を示す。
3. 設計-生産-循環一貫型のアジアの持続可能な消費と生産シナリオを示す。
4. 消費および生産それぞれへの介入施策を示す。

## サブテーマ1 東京大学

消費と生産の関連性の強化のための政策デザイン

全サブテーマの成果を統合し、設計-生産-循環一貫型のアジアの持続可能な消費と生産シナリオを提示  
消費におけるSCP定着のための環境教材を作成  
シェアリングなどを例として、消費と生産との連携方策を提示

## サブテーマ2 大阪大学

地域を指向したものづくりのためのサステナブルデザイン

生活者の基本ニーズを充足させるために、地域特有の制約や要求を製品仕様に反映する地域指向の製品開発  
方法論を確立  
地域生活情報と製品分析情報に基づいた拡張機能構造マップを用いた設計支援システムを構築

## サブテーマ3 産業技術総合研究所

リマニュファクチャリングを中心とした持続可能な生産

アジア地域でのリマニュファクチャリング普及の障害要因を整理  
リマニュファクチャリングを中心としたアジアのSCPの実現に向けた普及シミュレータを構築

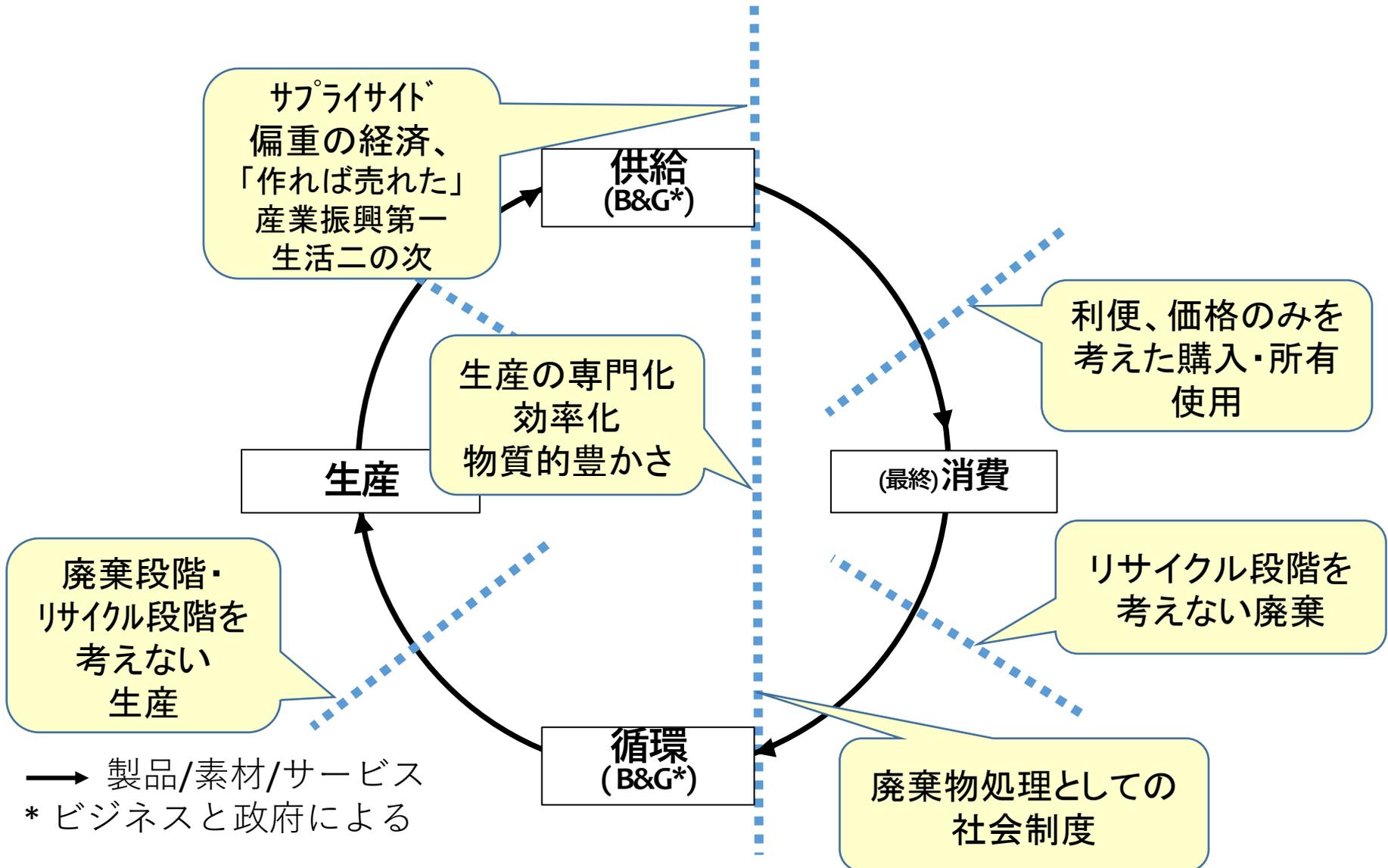
## サブテーマ4 立命館大学

効率性と健全性を追求した分散型循環生産シナリオ

3Rの様々なライフサイクルオプションとその実現に向けた政策・規制緩和等を調査・検討  
資源消費の定量的評価手法を確立  
アジア地域における「責任ある国際資源循環」の姿を提示

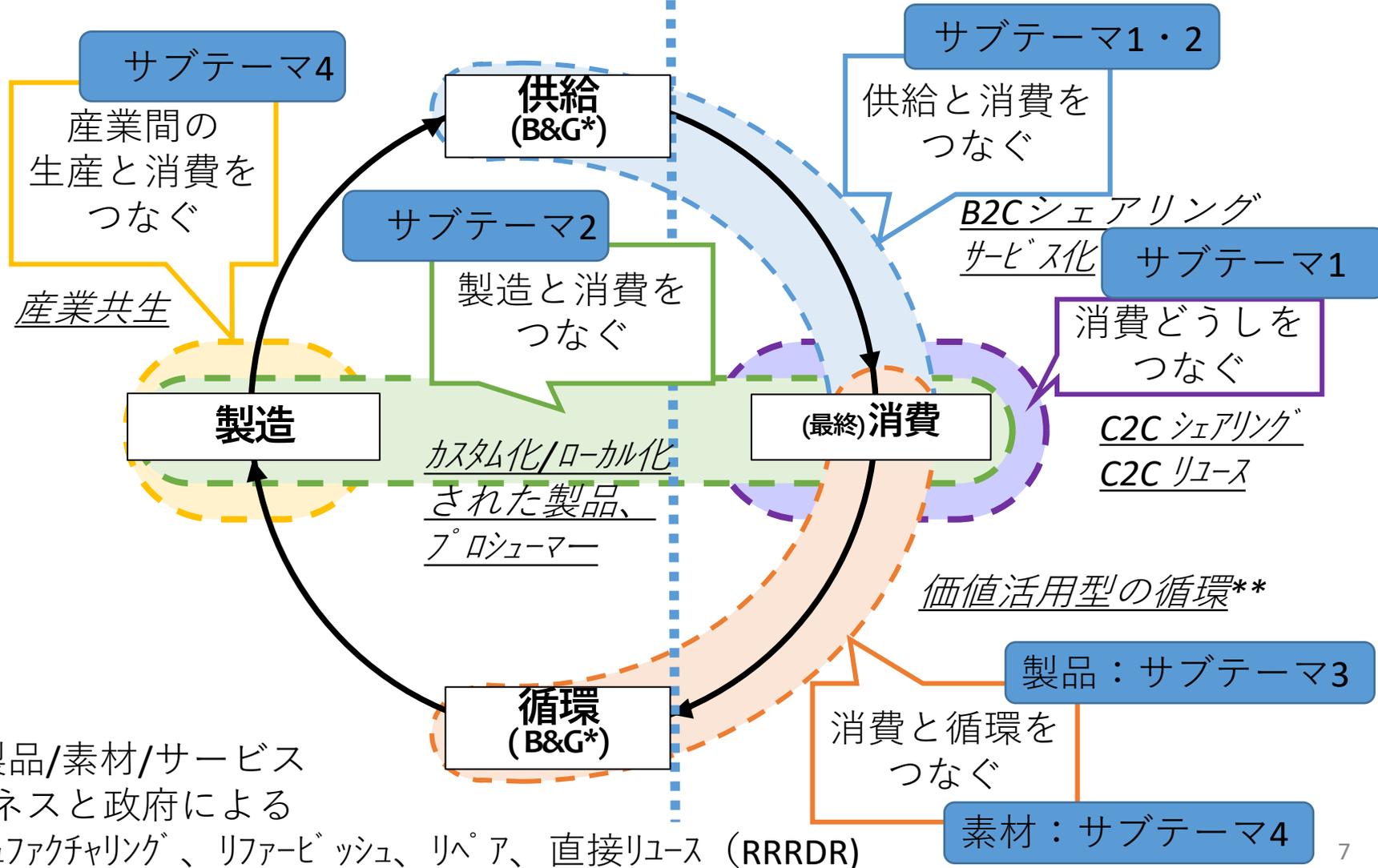


# 4. 研究開発内容(1)





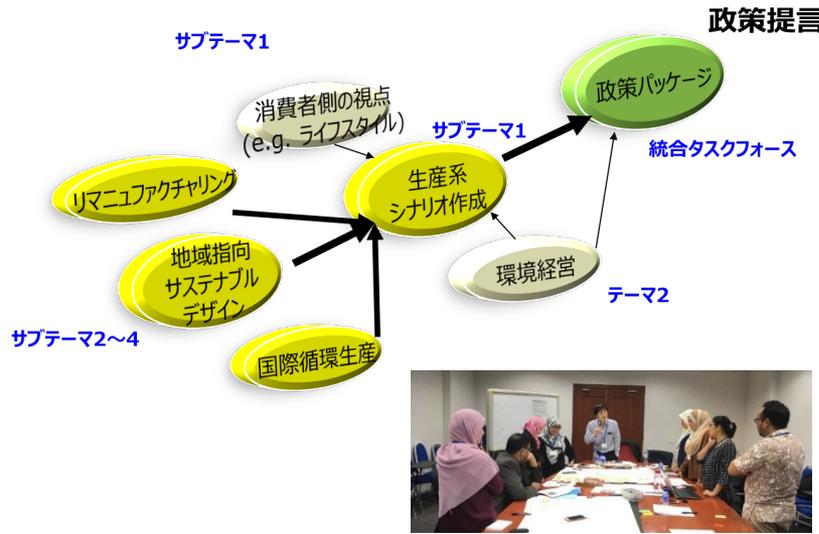
## 4. 研究開発内容(2)



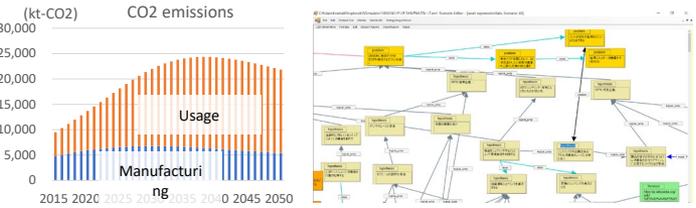


# バックキャストを用いたSCPシナリオ作成手法の開発

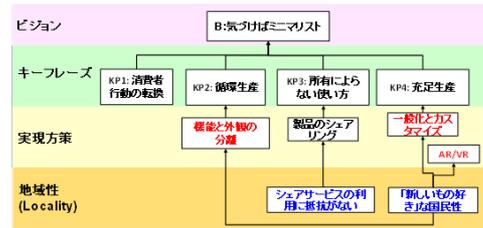
- 2050年に資源・エネルギー消費量を半減する目標を達成するようなSCPシナリオを作成する
  - ✓ 専門家ワークショップによるアイデア創出、製品循環モデルによる定量化、シナリオ設計支援システム (3Sシミュレータ) による構造化の組み合わせ



ワークショップでのアイデア出し



製品循環モデルによる定量化と  
3Sシミュレータによるシナリオ構造化



アイデアの構造化  
(地域性を反映させたビジョン作成)

Scenario title	Storyline
A. AtmosShare society	Consumers can use necessary functions by shared use of products. As the sharing service of self-driving automobiles is widely provided, automobiles become used of public transportation. Repair and remanufacturing are promoted because of standardization and modularization of products. Using 3D printing technologies, some people become producers, and design and produce products by themselves to meet their own needs.
B. Beauty is only skin deep	The shared vision in society is to make consumers minimalists. Consumers own standardized and uniformed products, while they are able to adjust the exterior appearance of the products to satisfy their preferences using VR (virtual reality) and AR (augmented reality) technologies. IoT (Internet of Things) enables data acquisition on consumer behaviors from usage patterns of products. These data facilitate the transformation of consumers' lifestyles to become minimalists.
C. Sufficient life	Information sharing between consumers and producers is accelerated. Data on product and service usage are provided to consumers by producers via a mobile app and IoT, helping to choose appropriate products and services (e.g. sharing services, maintenance and repair). In response to consumers' needs, producers offer effective and efficient products and services based on consumers' usage data. In addition, the government regulates a material cap, which appears a tax for excessive material consumption by consumers.

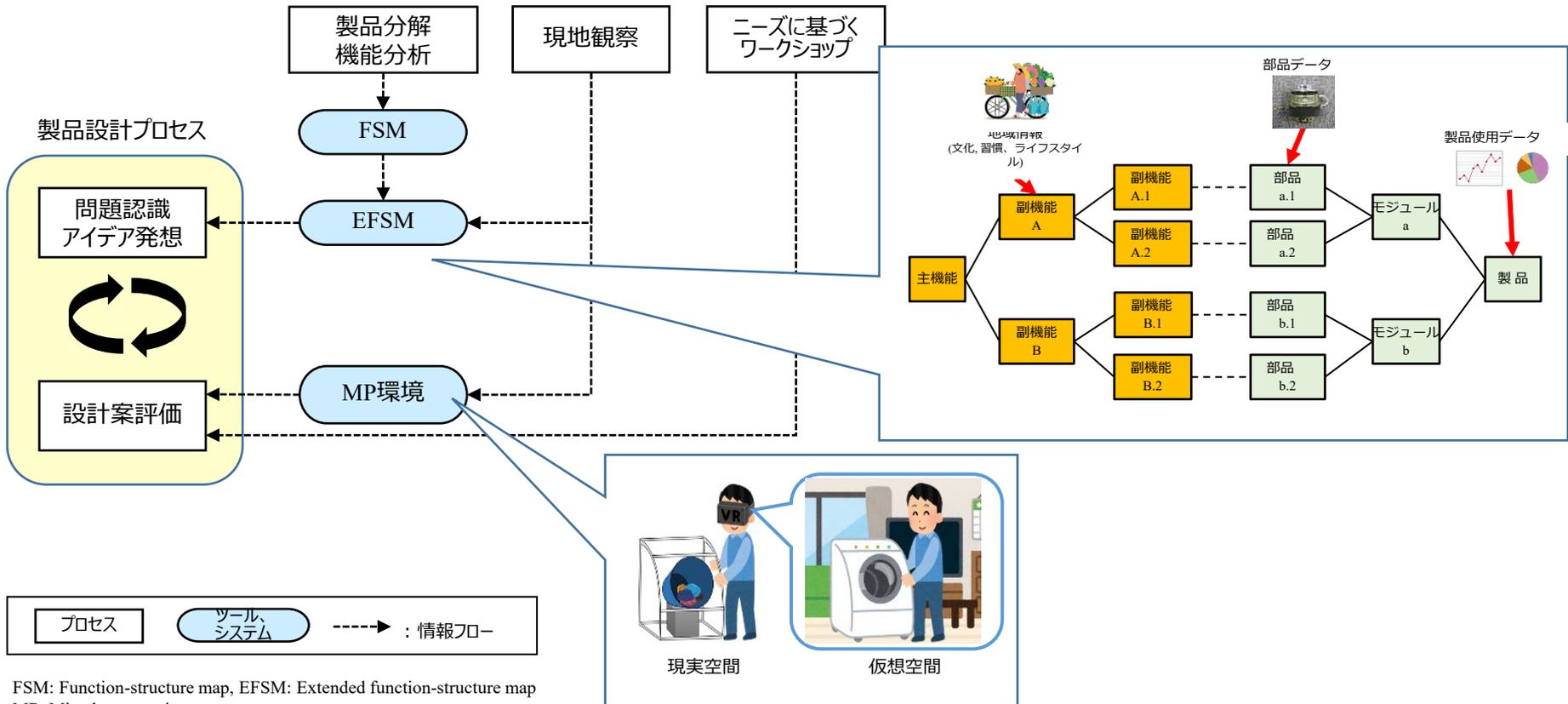
例: 所有から  
シェアリング  
への移行

シナリオストーリーの作成



# 地域指向の製品開発方法論

- 地域特性と充足性を考慮
  - ▶ 地域情報と製品の機能・構造の関係を明示した拡張機能・構造マップ
  - ▶ 地域空間情報から再構成した仮想環境と物理的プロトタイプから成るMixed Prototyping環境



FSM: Function-structure map, EFSM: Extended function-structure map  
 MP: Mixed-prototyping

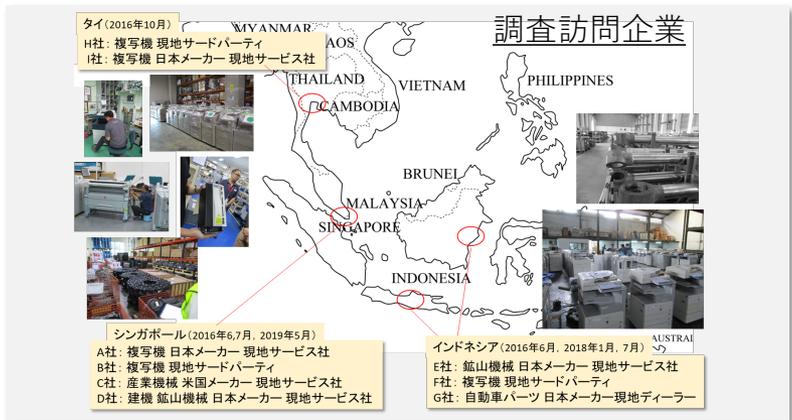


## 5. 研究成果 (3)

# アジア地域のリマン普及の障害要因分析とリマンの発展シナリオ

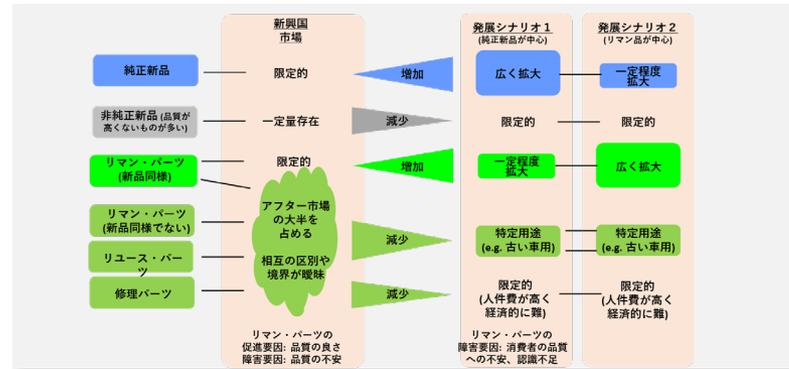
### ① 東南アジア地域のリマンの現状調査と分析

実態が把握されていなかった東南アジアのリマンについて、現地の研究者とも連携して調査を実施。本研究の分析、モデル化、提言の基礎とした。



### ② リマンの発展パスシナリオ

新興国と先進国のリマンの特性を整理し、経済発展に伴うリマンの一般的な発展パスを整理。家内工業的リマン(現状)から、純正新品拡大(シナリオ1), またはリマン高度化&拡大(シナリオ2)。シナリオ2への展望を検討。



### ③ リマン普及の障害要因/成立要因の分析

現状調査を踏まえて、リマンの障害要因を分析した。

#### リマンの今日の主要な推進要因

- ・需要側: 価格が新品より安い
- ・供給側 (ローカル企業): 利益になる

#### リマンの障害要因

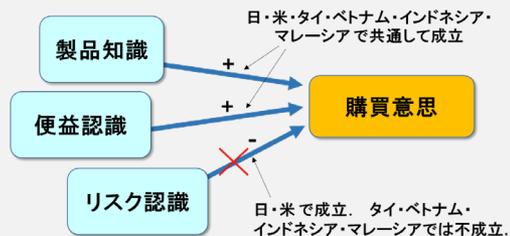
- 1) 回収の障害:** 使用済み製品の回収が困難。  
新興国は特に回収の社会インフラが未整備。
- 2) 制度的な障害:** リマン品・使用済み品の輸出入の規制。バーゼル条約等の関連で強化される傾向。
- 3) 市場の課題:** (a) 需要側がリマン製品を受容しない。  
(b) 供給側(メーカー)が新製品事業との競争を危惧してリマンを実施しない。
- 4) 技術的な課題:** リマンのコスト低減、高信頼性化には技術開発が必須。

### ④ 消費者のリマン受容の障害要因分析

東南アジア地域の消費者のリマン製品に対する認識の調査分析を実施。リマン製品の購買意思(受容性)への影響要因を抽出: 知識, 便益性, 経済性, 信頼性, 生産地, 環境性, ブランド等。受容性は現在は高いが, 将来は未知。

#### 購買意思要因の分析結果より

Index of perception	マレーシア	タイ	ベトナム
リマン製品知識	0.185*** (0.051)	0.429*** (0.053)	0.431*** (0.064)
便益認識	0.676*** (0.061)	0.479*** (0.058)	0.512*** (0.056)
リスク認識	-0.019 (0.054)	-0.057 (0.041)	-0.070 (0.046)
性別 (女性=1)	0.047 (0.089)	0.063 (0.088)	-0.150 (0.095)
年齢	-0.011** (0.005)	-0.003 (0.005)	-0.008 (0.006)
世帯収入 (log)	-0.018 (0.065)	-0.031 (0.057)	0.143** (0.063)
リマン購買経験 (有=1)	0.131 (0.092)	0.107 (0.093)	0.266*** (0.103)
自動車修理スキル (有=1)	0.196* (0.103)	0.132 (0.103)	0.056 (0.112)
Constant	0.907 (0.671)	0.957* (0.560)	-0.964 (0.698)
N	500	500	500
	0.637	0.635	0.642



注  
- 従属変数は、リマンパーツの購買意思 (Purchase intention)  
- 括弧内は、ロバスト標準誤差  
- \*, \*\*, \*\*\* は、それぞれ有意水準 10%, 5%, 1% で有意であることを示す

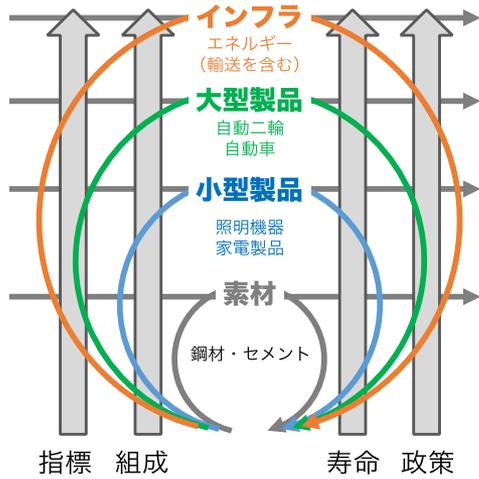
# 5. 研究成果 (4)

## サブテーマ4の成果



### 最適資源循環ロジスティックス

### 資源パラドックス問題



資源循環のための最適なロジスティックス構築

低炭素・脱物質



次世代自動車

グリーンイノベーション

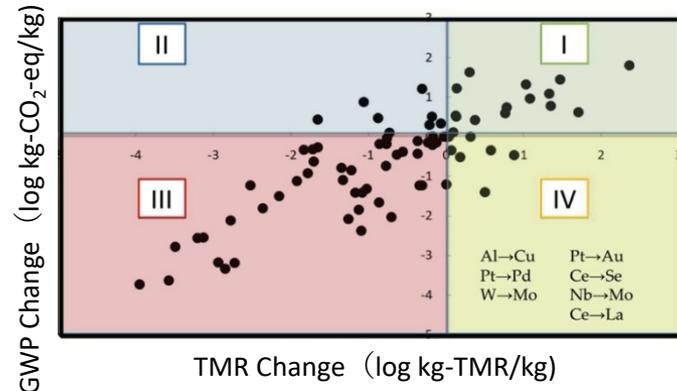
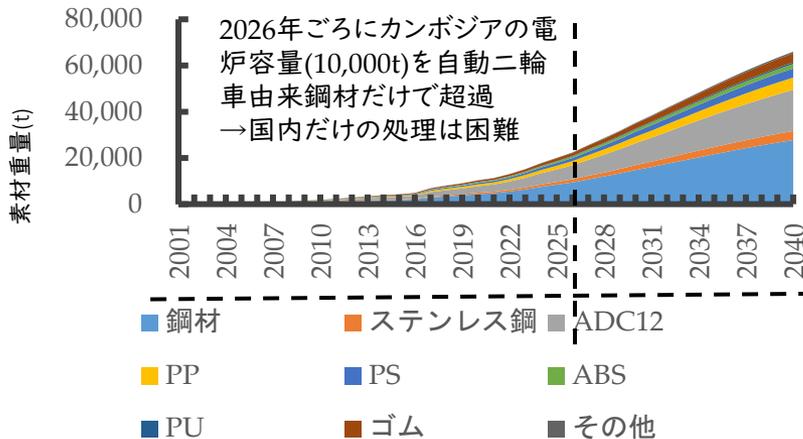
追加的な資源



新たな採掘活動

Nd, Dy, Co, Ni, Cu, PGMなど

### 国際資源循環の必要性



IV象限にある  
 Al→Cuは  
 GWP削減  
 となるが  
 TMR増加

75種の金属素材代替におけるGWPとTMRの変化<sup>11</sup>



# シェアリングサービスの調査と分析

## 環境負荷増減要因



- 乗車人数
- 生産台数
- リバウンド効果
- 迂回

## 利用の加速要因

- カーシェアは便利で、節約できると考える (IDN)
- 高所得者 (IDN)

## 利用に向けた障壁

- 車の所有が社会的地位を示す (IDN)
- 事故、安全性 (JP)



- 乾燥機の利用
- 洗濯量あたりの洗濯回数 (まとめ洗い)

- 近所にある (JP)
- 洗濯の質が良い (JP)
- 家に洗濯機、干す場所がない (TH)

- 洗濯機がある生活が当たり前 (JP)
- アクセスが面倒 (TH)
- 衛生面 (TH)



- 洗濯・クリーニングの効率
- 配達

- レンタル使用経験 (TH, JP)
- スペース節約 (JP)
- 簡単にできること (TH)
- 楽しさ (TH)

- 衛生面 (TH)
- 価格 (JP)



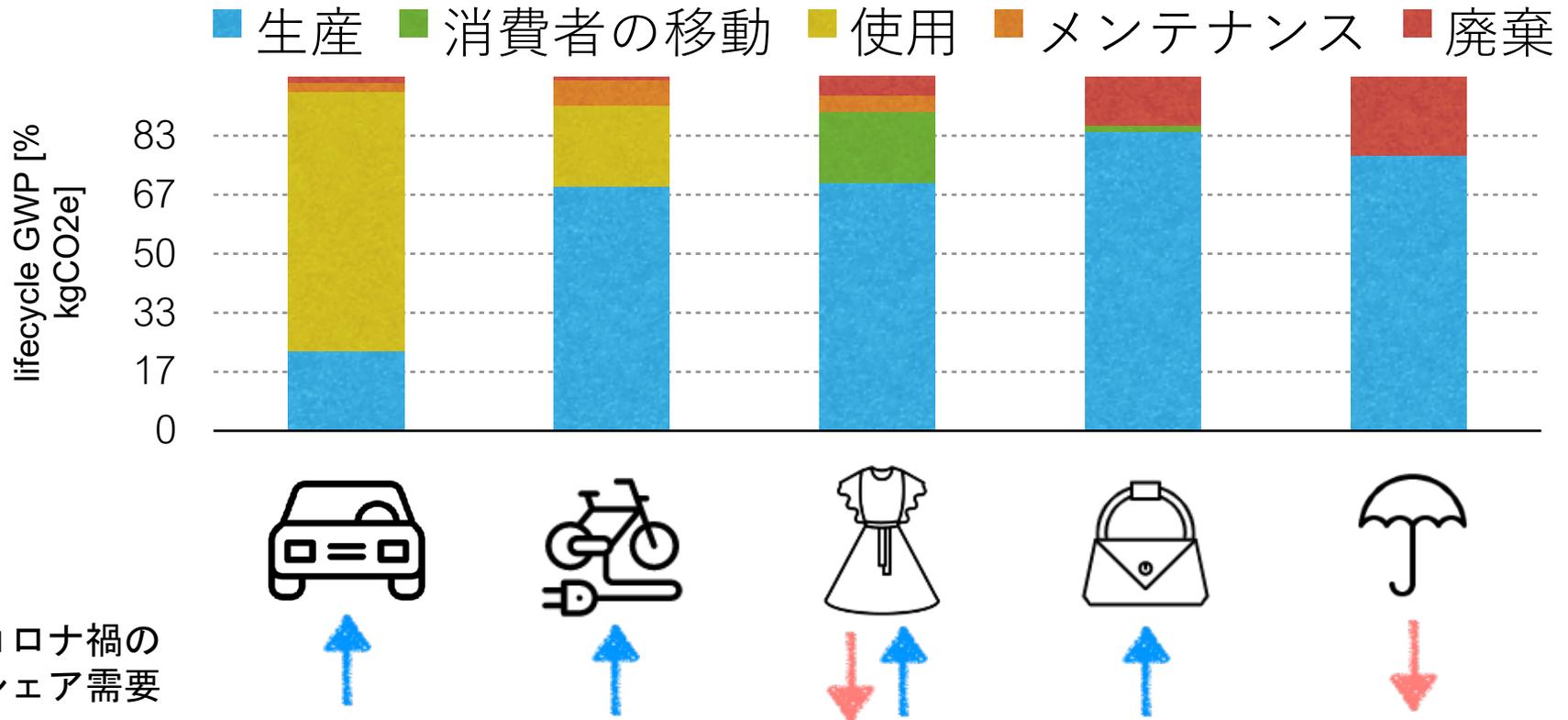
- 再配置

- 現在車を所有する人 (TH)
- スペース節約 (JP)
- 駅近に駐輪ステーション (JP)
- 自転車利用者 (TH)
- 簡単にできる (TH)
- 楽しさ・かっこよさ (TH)
- 費用便益評価 (TH)

- 気象条件・治安 (TH)
- 事故 (JP)



## 製品特性によるシェアリング向き不向き ライフサイクル思考から



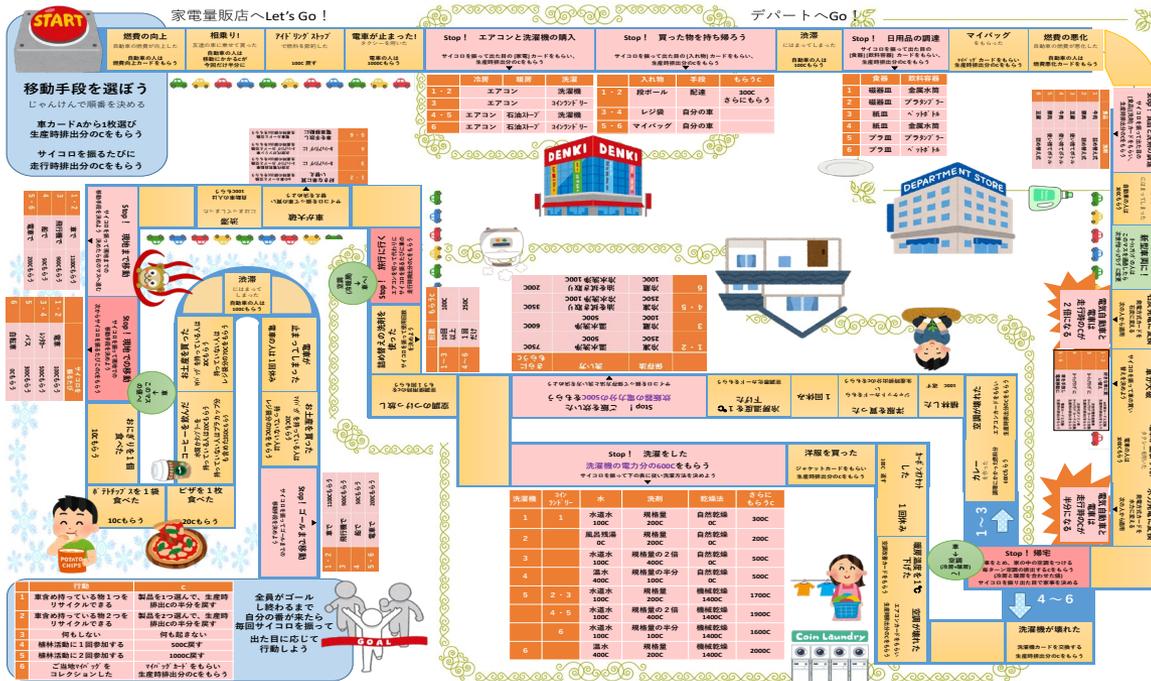
- 「生産」が大きい＝シェアすることで、1人あたりの環境負荷が減らせる可能性がある
- エネルギー消費型（車など）は、「使用」をシェアしないことには減らない

# 5. 研究成果 (6)

## サブテーマ1の成果



### ボードゲーム形式の環境教材の開発 大学生を対象とした試行



電源構成、燃料効率、製品の生産に関連するCO2排出量、運用条件と効率、シェアリング行動、使い捨て製品と耐久消費財といった、持続可能性の鍵となる問題をカバー



## 5-2. 環境政策への貢献

### すでに活用した成果

1. 2018年7月の国連のSDGsに関するハイレベル政治フォーラム（HLPF）のサイドイベントにて発表した政策ブリーフに、本テーマの成果が多数活用された。
2. 2017年2月にブリュッセルで開催されたG7 meeting on Resource Efficiency の会議でステークホルダーパネル会議に登壇。リマンの推進についてインプットした。

### 活用することが見込まれる成果

1. 地域指向製品設計は、システム化されたツールとして実用となれば、民間企業の製品設計、産業政策立案に活用することが見込まれる。
2. 欧州の資源循環政策において、リマンは製品レベルでの循環を促す主要な手法として認知されつつあり、先進国および途上国での課題提示と普及促進施策が産業政策で活用されると見込まれる。
3. 産業構造や経済発展段階が異なるアジアにおいては、国際資源循環が求められる。使用済み製品の越境流通に関わる政策立案に活用されることが見込まれる。
4. シェアリングサービスは、デジタル技術の発展による新たなビジネスモデルとしても注目されており、本テーマで提示した評価モデルや消費者普及への課題とその促進策は、ビジネス立案者および産業政策立案者による活用が見込まれる。
5. 消費者を対象とした政策において、教育での意識向上は主要な課題である。製品の環境情報コミュニケーション手法やLCT教育のためのゲームは、産業政策や教育現場での活用が見込まれる。



## 6. 研究成果の発表状況

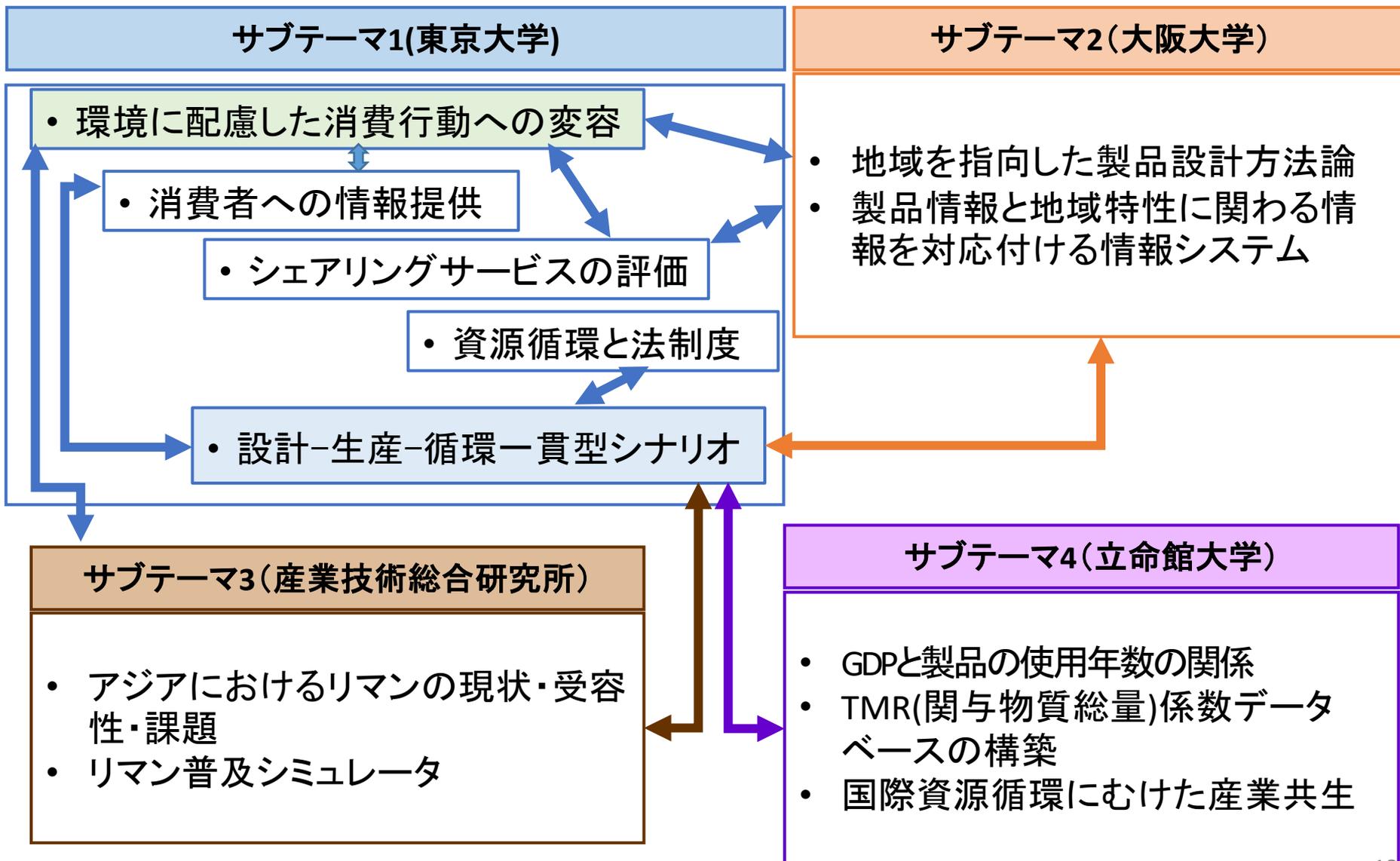
(1) 誌上発表	
査読付き論文	6 2 件
その他の誌上発表 (査読なし)	1 2 件
(2) 口頭発表 (学会等)	1 4 9 件
(3) 「国民との科学・技術対話」の実施	2 6 件
(4) マスコミ等への公表・報道等	0 件
(5) 本研究に関連する受賞	4 件
(6) 特許	1 件



(参考資料)



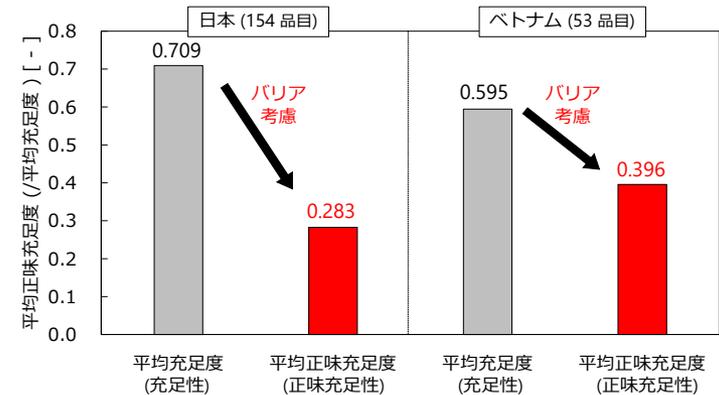
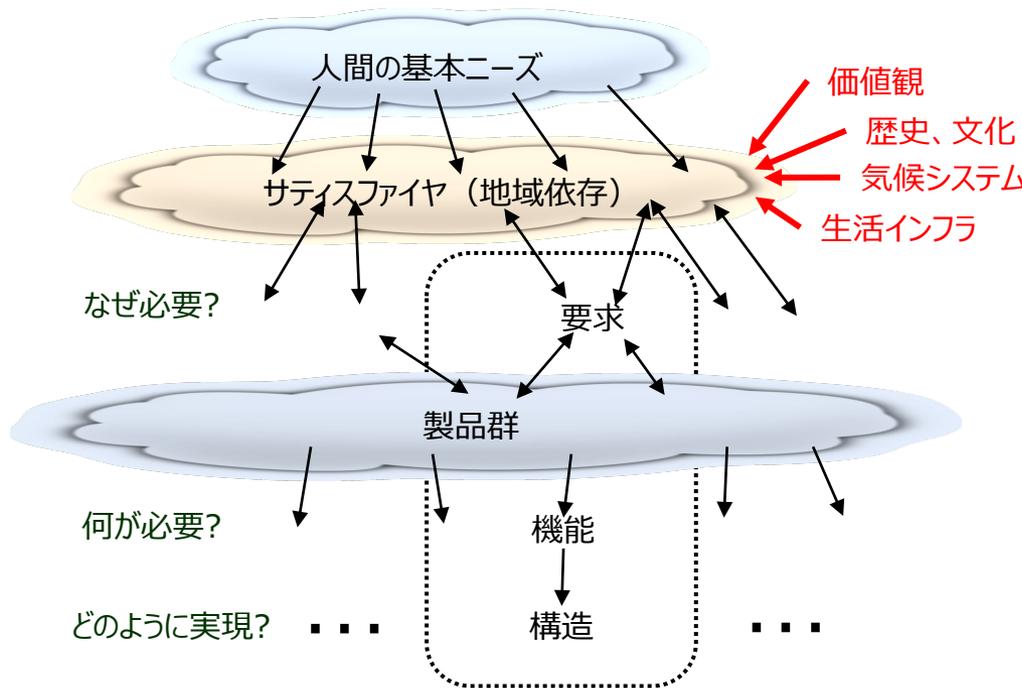
# 4. 研究開発内容(3)サブテーマの関係





# 生活圏アプローチに基づく製品開発

- Max-Neefのニーズ枠組と製品価値グラフの統合枠組
  - 日常生活で使用される製品群のニーズ充足に対する寄与を定量化する正味充足度指標
  - 個別製品の機能・構造とサティスファイアの概念をラダリング法によって接続する手法



# 5. 研究成果 (3補足)

## サブテーマ3の成果



環境省 戦略的研究開発領域課題 (S-16)

# PECoP-Asia

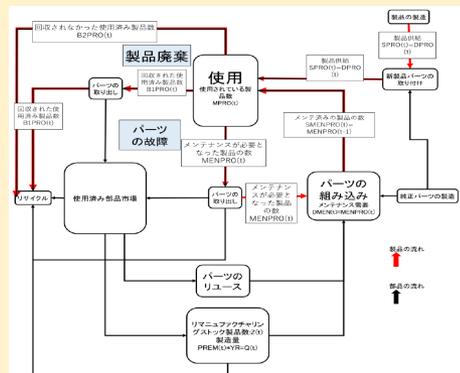
Policy Design and Evaluation to Ensure Sustainable Consumption and Production Patterns in Asian Region

### ①リマン普及シミュレータの構築

リマン普及シナリオを評価するためのシミュレータを構築, 1) 製品ライフサイクルモデル (製品フローモデル), 2) 需要者の購買意思決定モデル, 3) 製品インベントリデータ, を構成要素とするモデルを構築. 自動車パーツと複写機のリマン製品を対象とした定量化モデルの構築を実施.

#### 製品ライフサイクルモデル

約40の変数とモデル式により構成. 製品特性データを抽出して定量化.



#### 需要者の購買意思決定モデル

多項ロジットモデルにより構成. 現地消費者にWebアンケートを実施して定量化.

需要者  $k$  の選択肢  $j$  の効用  $V_{kj}$  を以下のように定義する.

$$V_{kj} = \sum_{i=1}^s a_{ki} * X_{ij}$$

$X_{ij}$  は 選択肢  $j$  の属性  $i$  の値であり,  $a_{ki}$  は 需要者  $k$  の属性  $i$  への重みである. 需要者  $k$  の選択肢  $j$  の購買選択確率  $P_{kj}$  が以下で定義される.

$$P_{kj} = \frac{\exp(v_{kj})}{\sum_{i=1}^N \exp(v_{ki})}$$

この購買選択確率により, 新製品かリマン製品か他の選択肢かを選択する.  $X_0$  値は市場値で設定し,  $a_{ki}$  は消費者に Web アンケートを実施し, その結果から最尤計算を行って算定し推計する.

#### 製品インベントリデータ

製品の材料組成のデータの組み入れ.

(自動車パーツのデータ(一部))

	重量 (kg)	鉄系材料重量 (kg)
エンジン	135.0	73.6
オルタネータ	4.5	2.7
スタータ	2.5	1.5
AC コンプレッサ	5.8	2.4
トランスミッション	102.5	82.0
ドライブシャフト	7.6	6.9
電子制御ユニット	5	3
クラッチ	6	6
ブレーキキャリパー	5	5
ラック・ピニオン	6.6	6.6
テアリングギア		
ウォーターポンプ	1.9	1.2

## リマン普及シミュレータ

### ②リマン普及のシミュレーション

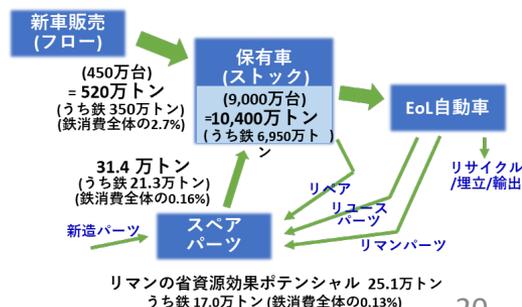
タイ市場における自動車パーツリマン製品の普及シミュレーション. 基本シナリオ(左)では純正新品が拡大 (71%占有). リマン高信頼化シナリオ(右)ではリマンパーツの需要が拡大 (81%), 供給制約によりシェア限定 (48%). 各種シナリオ評価に活用.

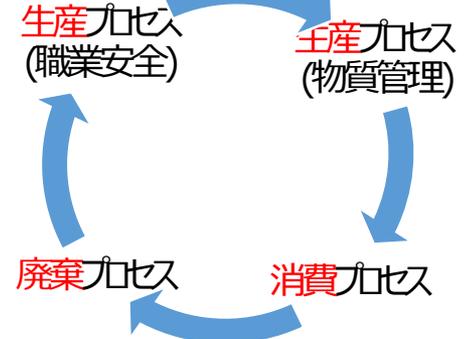


### ③リマンのマクロ省資源効果分析

東南アジア (ASEAN10) の 2030年

自動車・パーツの製品/材料のフローと、車パーツリマンの省資源効果ポテンシャル. 自動車の材料消費全体の約5%の省資源効果を持つ.





# アジア諸国のための物質循環法制度の構築に向けて

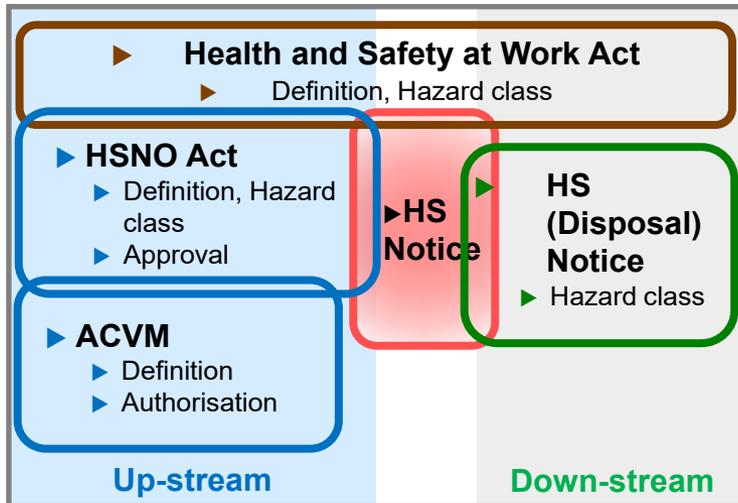
▶ **研究目的**：ライフサイクル思考に基づくアジア諸国の物質循環関連法制度構築

▶ **研究方法及び成果**：

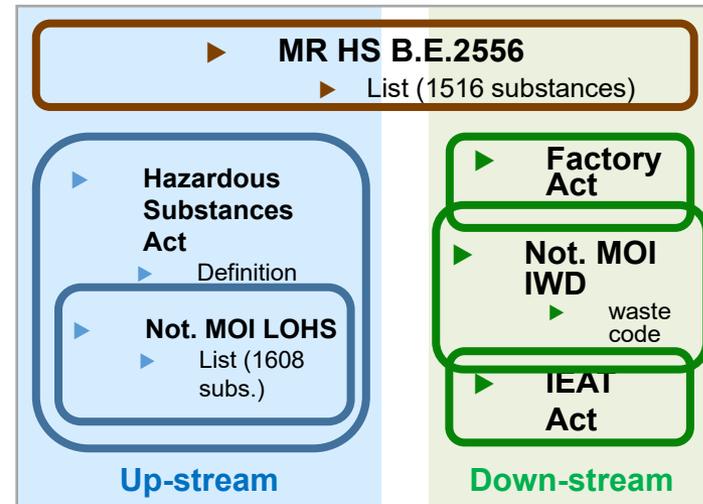
先進国 5 カ国の複数制定法を横断的に比較法学的かつシステム的な視点から分析

⇒ 複数のベストプラクティスを選択 ⇒ ガイダンス作成

⇒ 当該ガイダンスを参照し、アジアの先進国としての日本及び新興国としてのタイの法制度の改善点を抽出



ニュージーランド



タイ

## 5. 研究成果（5補足1）

### サブテーマ1,2,3の成果



環境省 戦略的研究開発領域課題 (S-16)

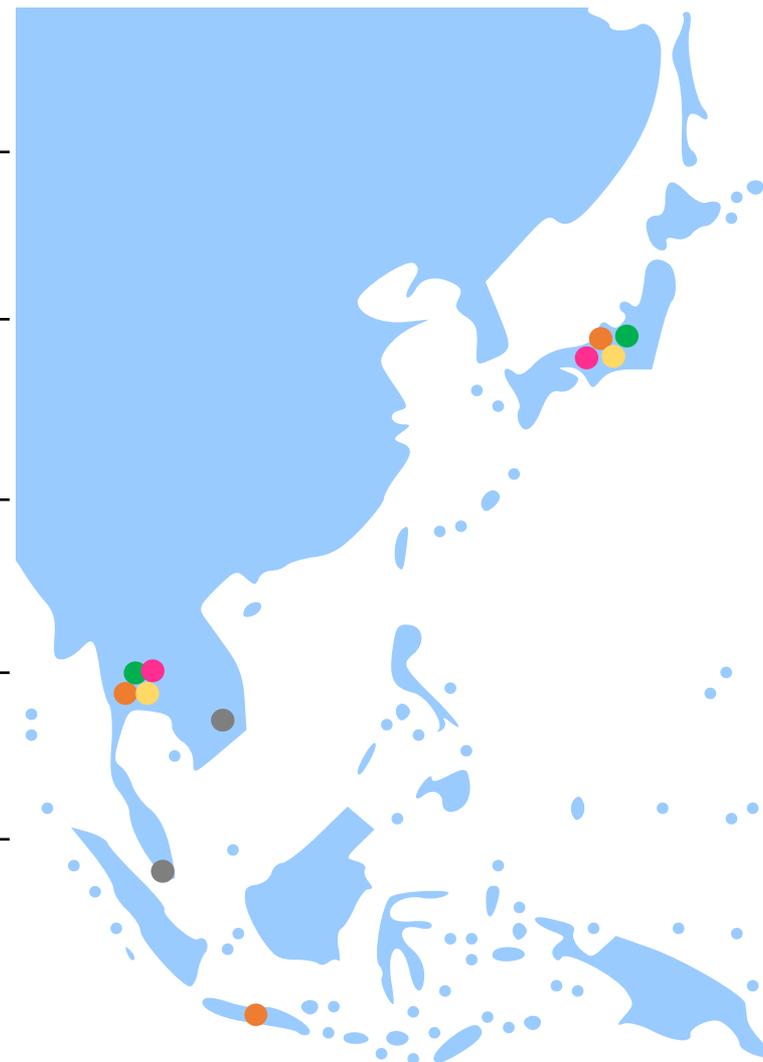
# PECoP-Asia

Policy Design and Evaluation to Ensure Sustainable Consumption and Production Patterns in Asian Region

## シェアリングサービスの調査・分析 対象製品と対象地域

	2a. 現状把握	2b. 利用に向けた 方策	3. 環境影響 評価
	日本、 タイ	タイ、 インドネシア	日本
	日本、 タイ	日本、 タイ	日本、 タイ
	日本、 タイ、ド イツ	タイ	日本、ド イツ
	日本、 タイ	日本、タイ	日本
	日本、 スイス	日本、スイス、 シンガポール*、 ベトナム*	

\*リマニュファクチャリング



# 5. 研究成果 (5補足2)



## シェアリングサービス分類表の構築 (自動車移動)

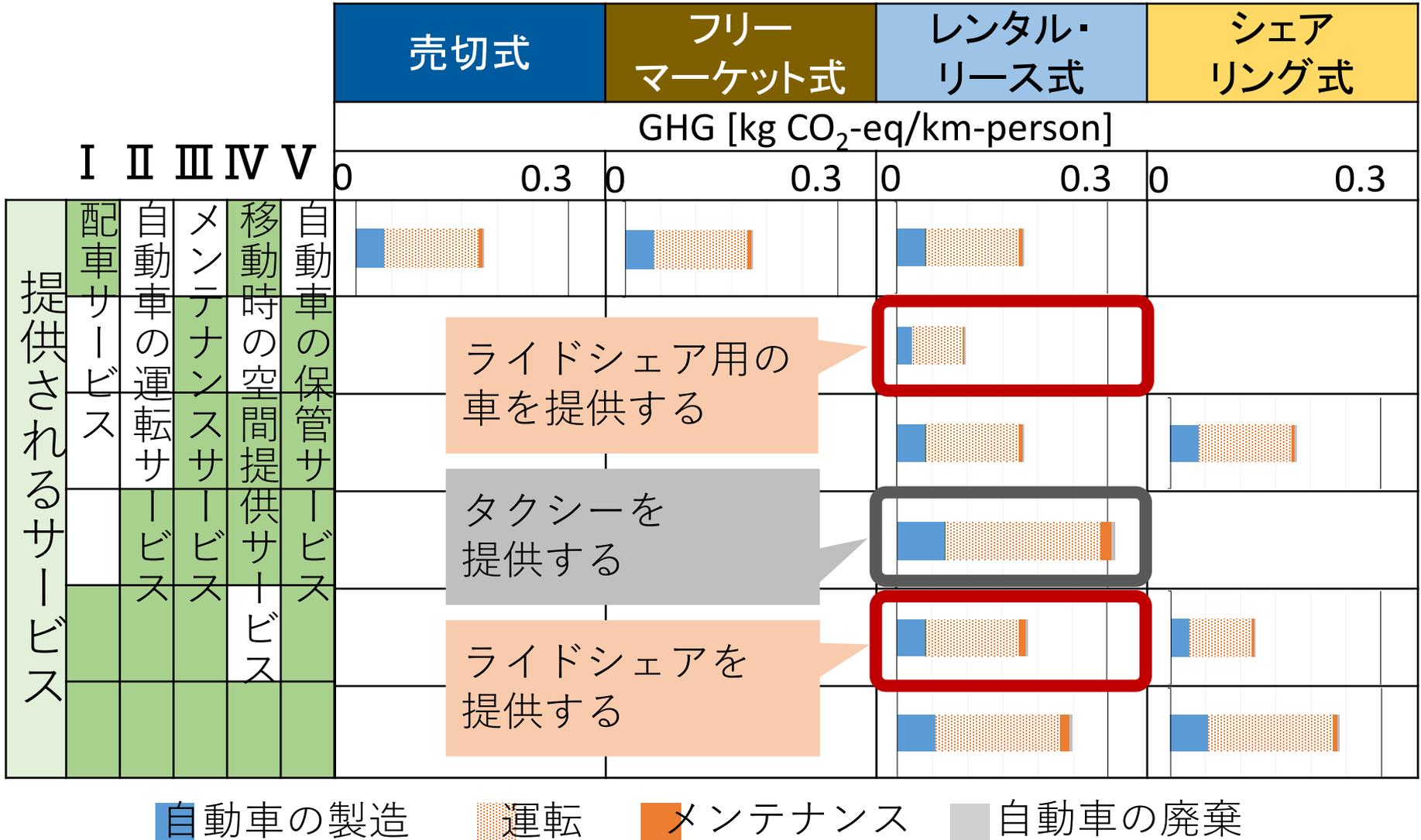
						売切式	フリーマーケット式	レンタル・リース式	シェアリング式	
						I	II	III	IV	V
提供されるサービス	配車サービス	自動車の運転サービス	メンテナンスサービス	移動時の空間提供サービス	自動車の保管サービス	新車を売切る	中古車を売切る	自動車をリースする		
								ライドシェア用の車を提供する		
								自動車をレンタルする	自動車をレンタルする	
								タクシーを提供する		
								ライドシェアを提供する	ライドシェアを提供する	
								配車サービスを提供する	配車サービスを提供する	

# 5. 研究成果 (5補足3)



## 環境影響評価 - 評価結果 -

評価指標：GHG排出量 機能単位：消費者1人の1km移動





## タイ・バンコクを対象としたカーシェアリング普及シナリオの作成

- 2030年頃までのバンコクを対象として、カーシェアリング普及によるCO2排出量低減効果を複数シナリオのもとで分析した

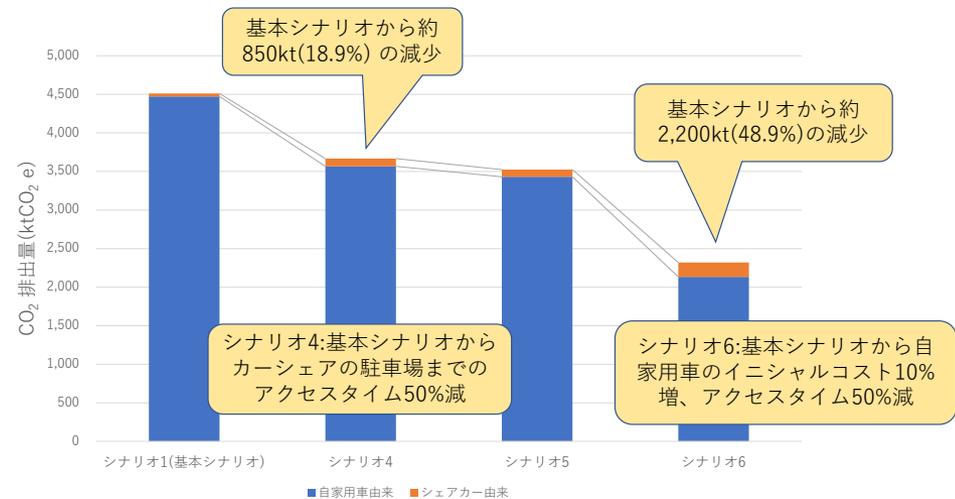
- ✓ カーシェア選択に対する消費者選好データをバンコクでの街頭アンケートにより収集(N=277)
- ✓ 従来交通モードからカーシェアへの移行確率 $P_i$ を、二項ロジットモデルにより計算



$$U_i = \beta_0 + \sum_k \beta_k \times X_{ik}$$

$$P_i = \frac{1}{1 + e^{-U_i}}$$

( $i$ :個人、 $k$ :属性、 $\beta_0$ :特定定数、 $\beta_k$ :属性 $k$ の重み、 $X_{ik}$ :個人 $i$ の属性 $k$ の属性値)



### 結果

- ① カーシェア選択に対して、**イニシャルコスト**と**駐車場までのアクセスタイム**は影響が大きい
- ② 市民の利便性とカーシェア普及の両立には、**公共交通との適切な組み合わせ**が重要



# テーマ1 代表的な論文

- 1) D. MOON, E. AMASAWA and M. HIRAO: Sustainability, 12, 22, 9756 (2020) Consumer motivation and environmental impact of laundry machine-sharing: analysis of surveys in Tokyo and Bangkok, IF:2.576
- 2) E. AMASAWA, T. SHIBATA, H. SUGIYAMA, and M. HIRAO: Journal of Cleaner Production 242 (2020) Environmental potential of reusing, renting, and sharing consumer products: systematic analysis approach. IF: 9.297
- 3) S. PHUPHISITH, K. KURISU, K. HANAKI: Journal of Cleaner Production, 253, 1198822020 (2020), A Comparison of the Practices and Influential Factors of Pro-Environmental Behaviors in Three Asian Megacities: Bangkok, Tokyo, and Seoul. IF: 9.297
- 4) S. ONOZUKA, Y. KISHITA, M. MATSUMOTO, M. KOJIMA and Y. UMEDA: Procedia CIRP, 98 (2021) Quantitative assessment method for supporting scenario workshops toward sustainable consumption and production.
- 5) H. KOBAYASHI and S. FUKUSHIGE: Journal of Remanufacturing, 8-3, 103-113 (2018), A Living-sphere Approach for Locally Oriented Sustainable Design.
- 6) 村田秀則, 小林英樹: 生活圏アプローチのための概念モデリング手法, 日本機械学会論文集, Vol.86, No.886 (2020)
- 7) M. MATSUMOTO, K. CHINEN and H. ENDO: Journal of Cleaner Production, 205, 1029-1041 (2018). Paving the way for sustainable remanufacturing in Southeast Asia: An analysis of auto parts markets. (IF: 9.297)
- 8) K. CHINEN and M. MATSUMOTO: Sustainability, 13, 7 (2021). Indonesians' perceptions of auto parts remanufactured in China: Implications for global remanufacturing operations. (IF(2020):2.6)
- 9) S. Kosai, Y. Kishita, E. Yamasue: Resources, Conservation & Recycling, Vol.154, 104621 (2020) (IF: 8.1) Estimation of the metal flow of WEEE in Vietnam Considering Lifespan Transition,
- 10) J. Cravioto, E. Yamasue, Duc-Quang Nguyen, Tran-Duc Huy, Journal of Cleaner Production, vol.312, 127702 (2021), (IF: 9,297) Benefits of a regional co-processing scheme: the case of steel/iron and cement industries in Vietnam, Laos, and Cambodia,