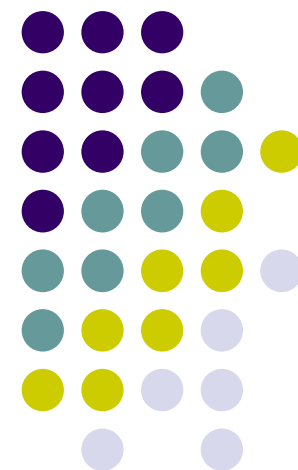


東京大学IR3S・昭和シェル石油／エネルギー持続性フォーラム
第3回 公開シンポジウム「エネルギー持続性への挑戦」
2009年2月26日 丸ビルホール

資源循環による低炭素社会構築

東京大学工学系研究科
化学システム工学専攻
平尾雅彦

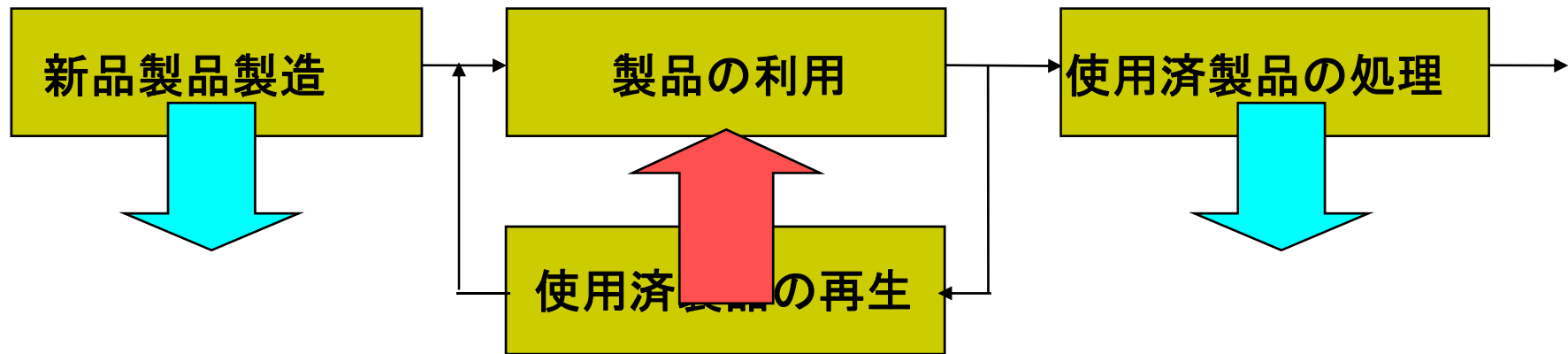


資源循環型社会と低炭素社会



- 資源循環は低炭素化になるか
 - リサイクルの効果をどう理解するのか
 - 資源消費の削減
 - 温暖化ガス排出の削減
- 資源循環型社会は構築できるか
 - マルチプレイヤーによるシステム構築
 - 情報とルールの共有
 - 個々の行動への責任

リサイクルによる環境負荷は 見えないところで変わる



製品の利用量は不変とすると

新品製品の製造と使用済製品の処理は減る

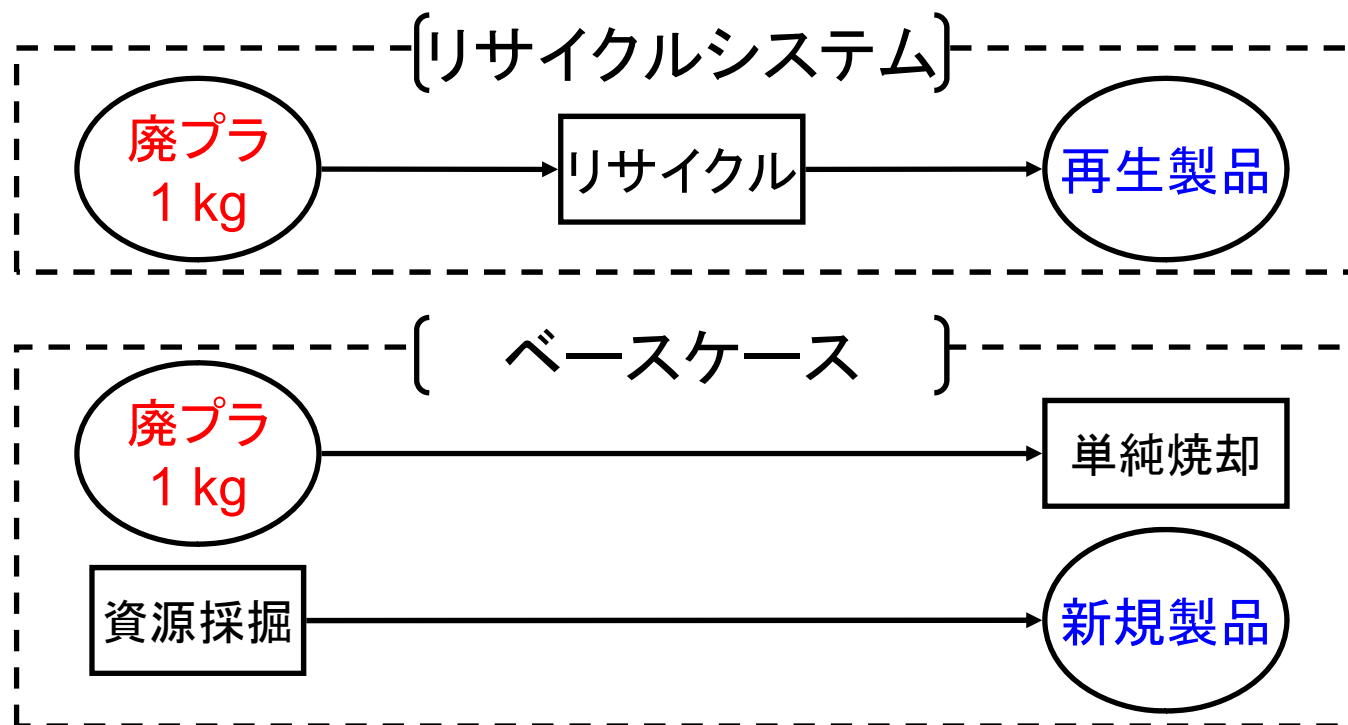
再生(リサイクル)に伴うエネルギーが増える

製品を利用し、リサイクルに参加している私たちには見えな
いところで環境負荷が増えたり減ったりしている

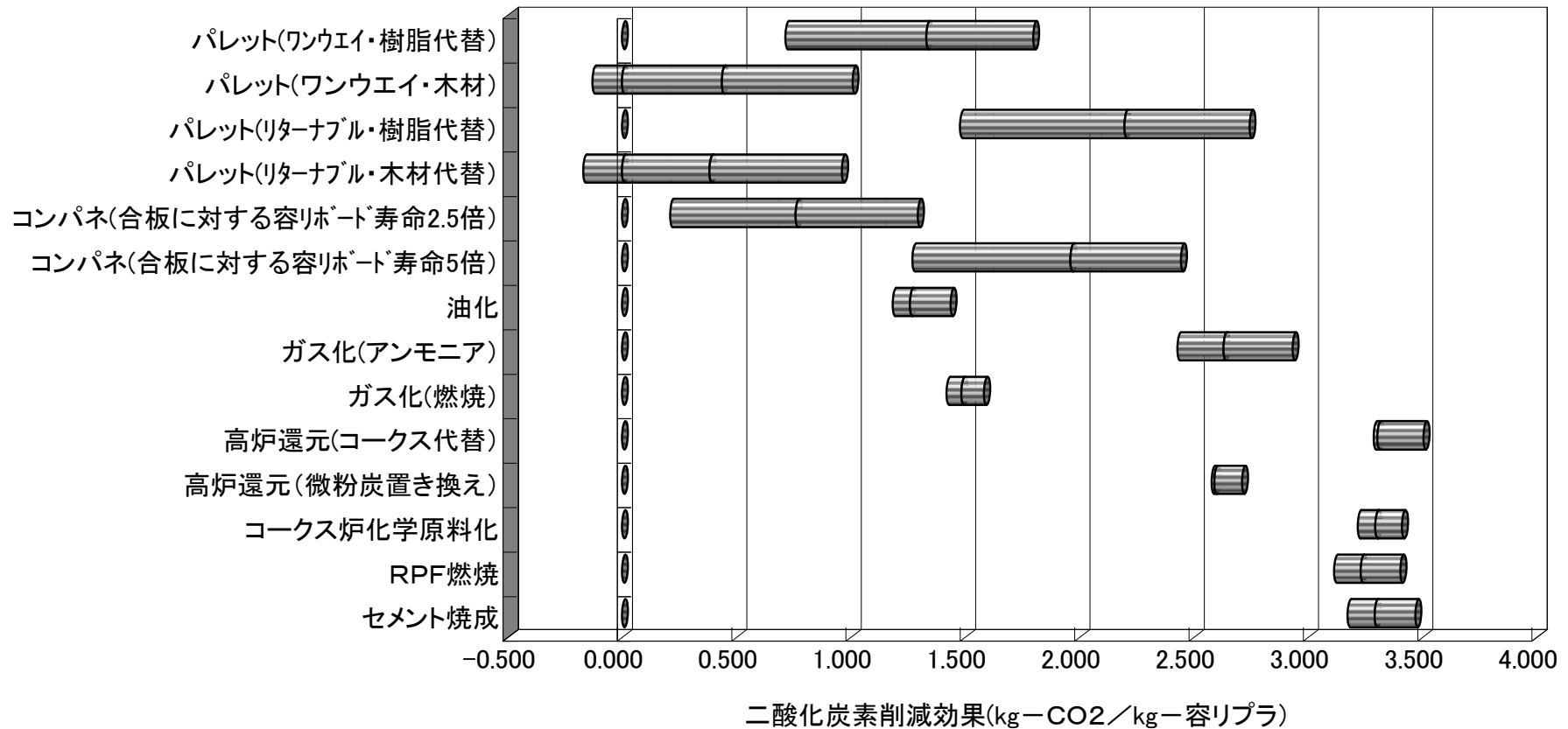


リサイクル効果の計算

$$\text{リサイクル効果} = \text{環境負荷 (ベースケース)} - \text{環境負荷 (リサイクル)}$$

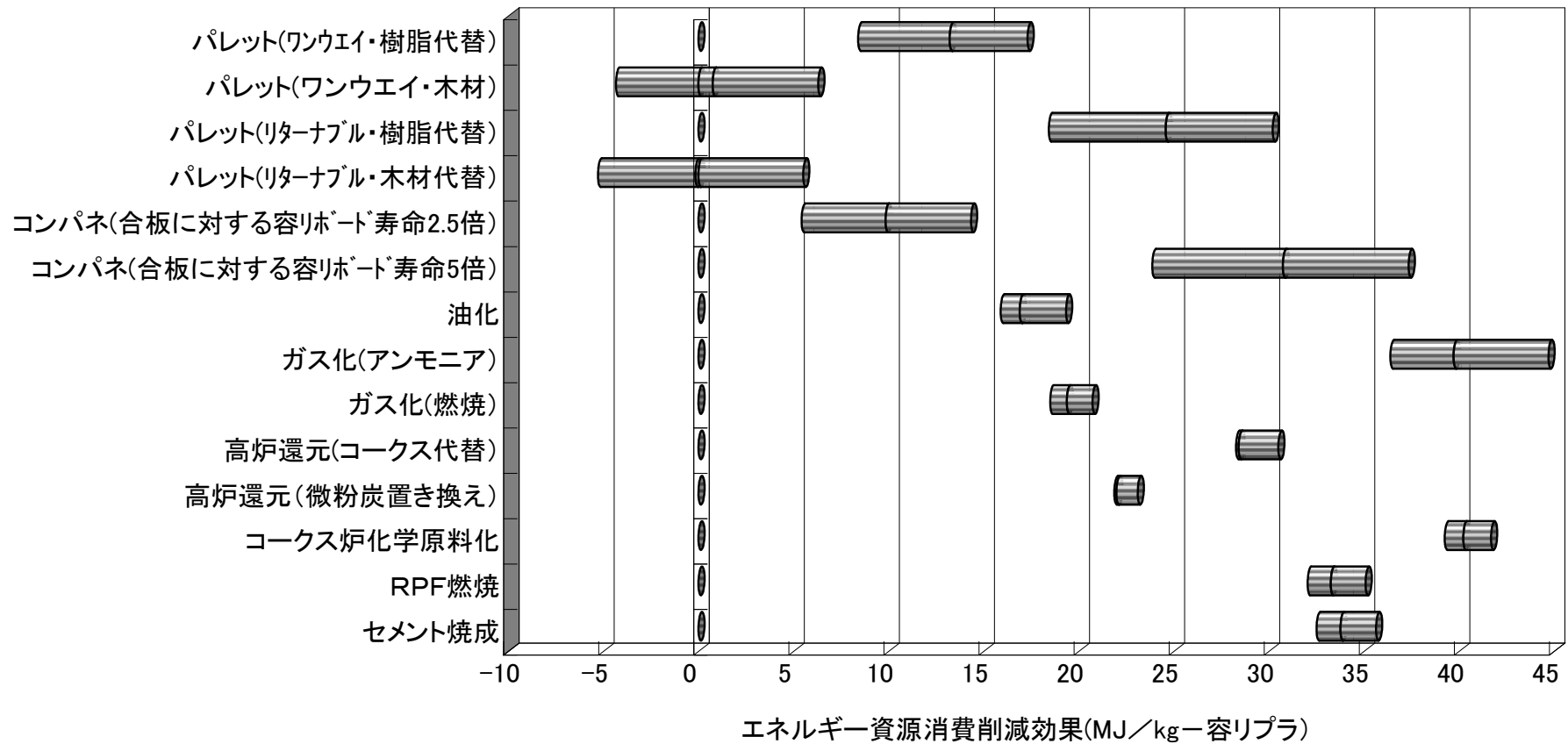
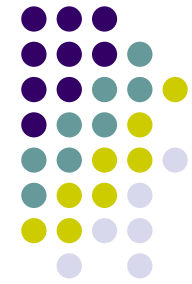


容器包装プラスチックのリサイクルによるCO₂削減量の比較

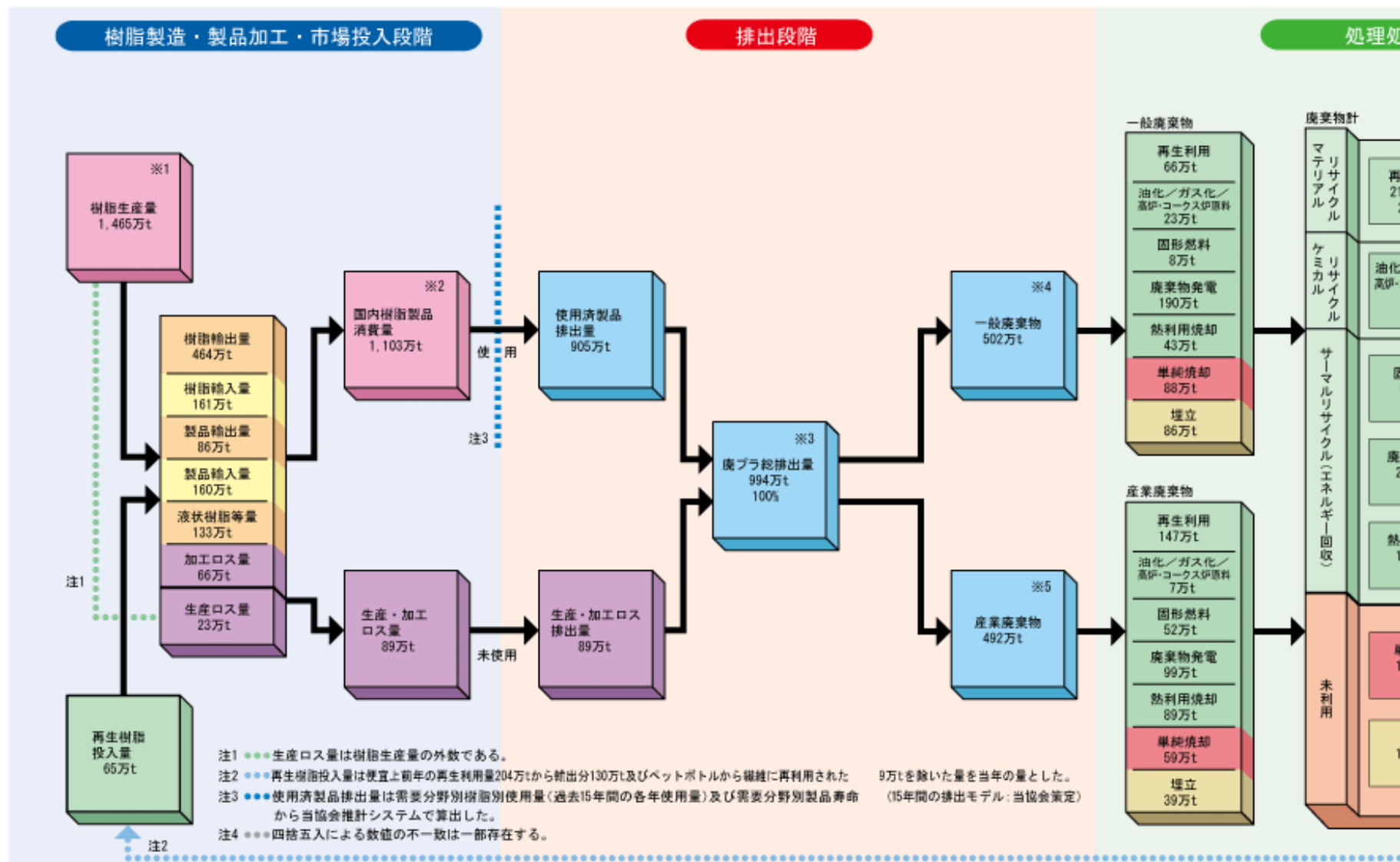


石炭使用を代替する手法の温暖化防止効果大きい

容器包装プラスチックのリサイクルによるエネルギー資源消費の比較



プラスチック製品・廃棄物・再資源化フロー図(2007年)



廃プラスチックの産業別分類



廃プラスチック全体

用途に基づく分類	包装容器		家庭用品	建材		水産農林		輸送		電機		ロス加工生産	
	その他プラ	PETボトル		継ぎ手 塩ビ管	建設混合 廃棄物	非塩ビ系	塩ビ系	大物部材	シュレッダ ダスト	プラ 樹脂別破砕	シュレッダ ダスト	非塩ビ系	塩ビ系
排出量 (万t)	415	54.4	118	3.3	70.7	11.5	7.5	1.2	38.8	5.1	145	75.4	13.6
MR	○	○	×	○	×	○	○	○	×	○	×	○	○
原料 モノマー化	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
高炉還元 剤化	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	×	○	×

○: 技術的制約無し ×: 有り

廃プラ中の樹脂組成とリサイクル技術の制約を考慮

手解体によるエアコンのリサイクル



容器包装プラから製造したパレット



PETボトルリサイクルからの素材



線形計画法によるシナリオ選定



消費削減効果が大きい資源

	ナフサ	C重油	石炭	天然ガス	CO ₂	法	リサイクル手	廃プラ分類
重み付け係数	1	0	0	0	0	...	j	...
	ナフサ削減最優先シナリオ							

目的関数 $O = \sum_i \sum_j (a \cdot A_{ij} + b \cdot B_{ij} + c \cdot C_{ij} + d \cdot D_{ij} + e \cdot E_{ij}) \cdot X_{ij}$

制約条件 $\begin{cases} \sum_j X_{ij} = \alpha_i & (\alpha_i: \text{廃プラ分類} i \text{の排出量}) \\ \sum_i X_{ij} \leq \beta_j & (\beta_j: \text{処理手法} j \text{の受入許容量}) \end{cases}$

X_{ij} を変化させ $O \rightarrow \text{MAX}$ の時の X_{ij} を最適化シナリオとして導出

リサイクル効果

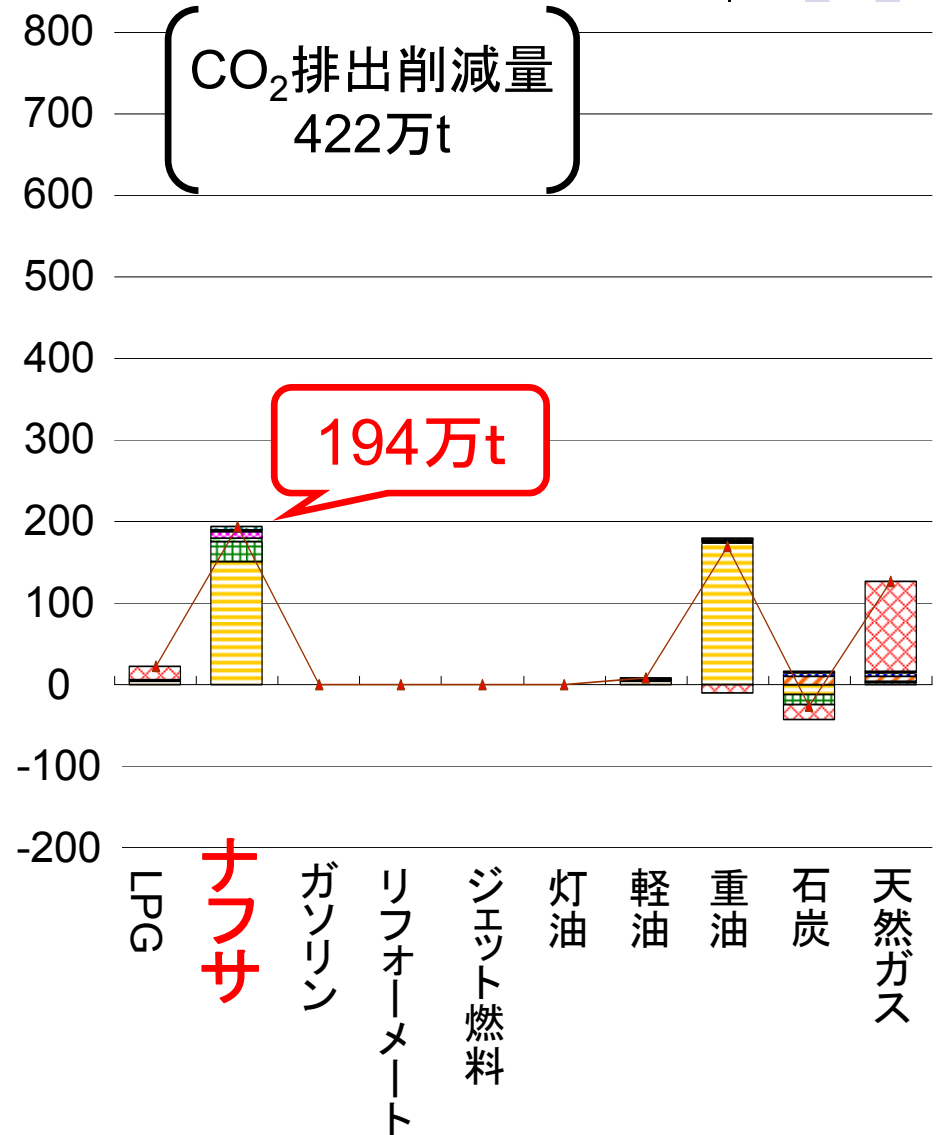
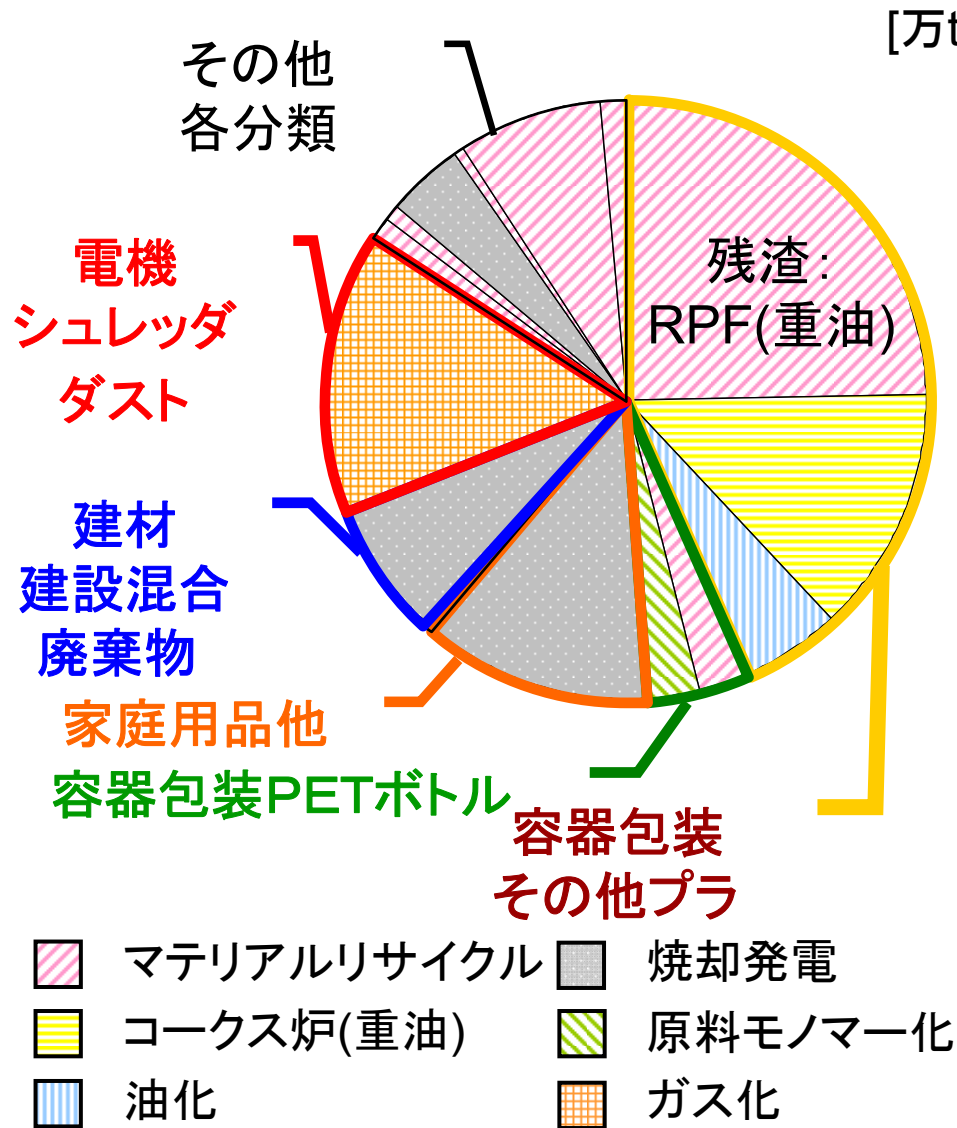
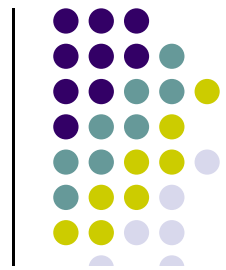
原単位

ナフサ : A_{ij}
 C重油 : B_{ij}
 石炭 : C_{ij}
 天然ガス : D_{ij}
 CO₂ : E_{ij}

廃プラ配分量

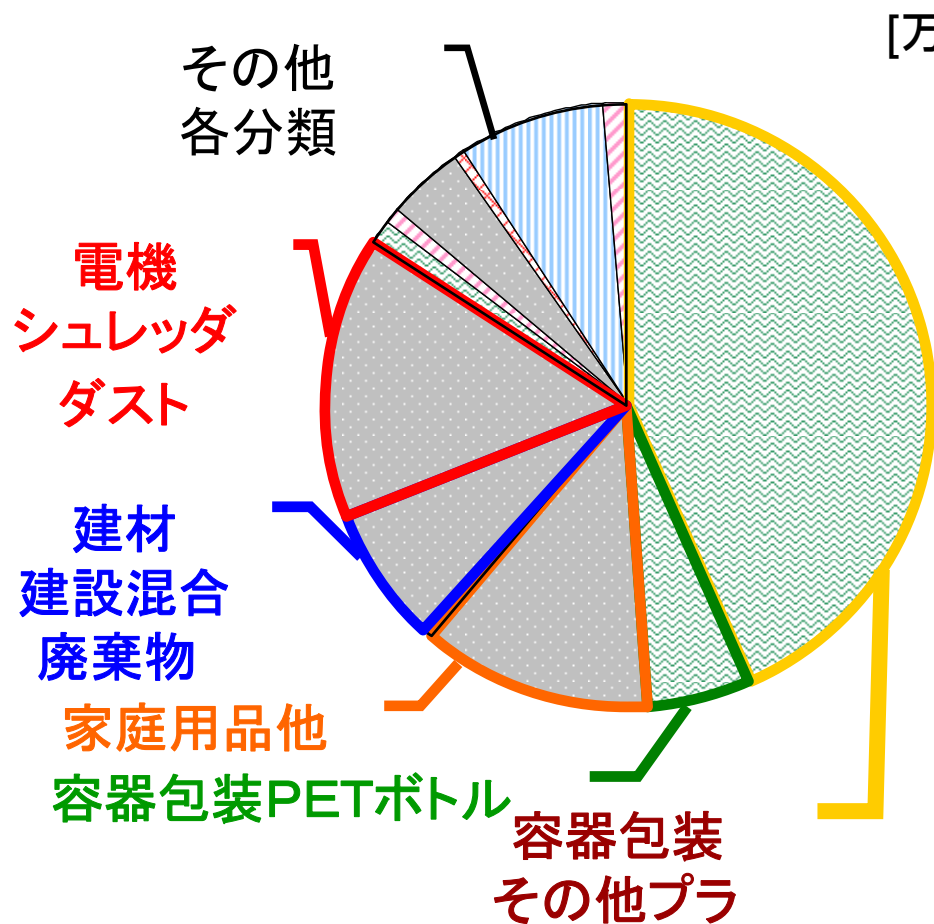
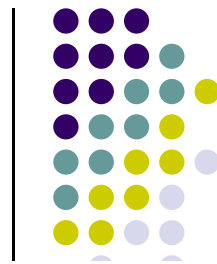
X_{ij}

ナフサ削減最優先シナリオ (ナフサ,重油,石炭,天然ガス,CO₂)=(1,0,0,0,0)

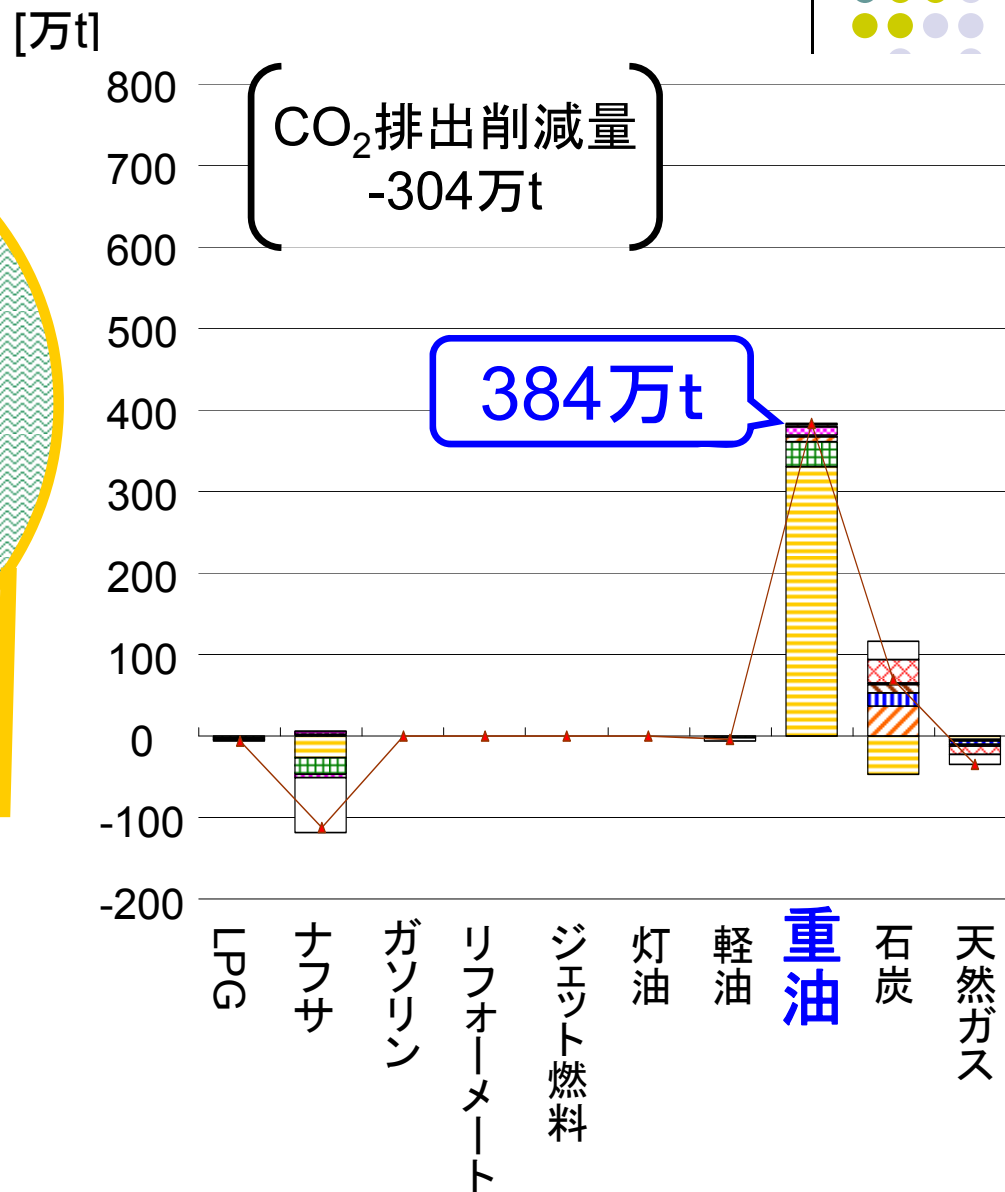


重油削減最優先シナリオ

(ナフサ,重油,石炭,天然ガス,CO₂)=(0,1,0,0,0)

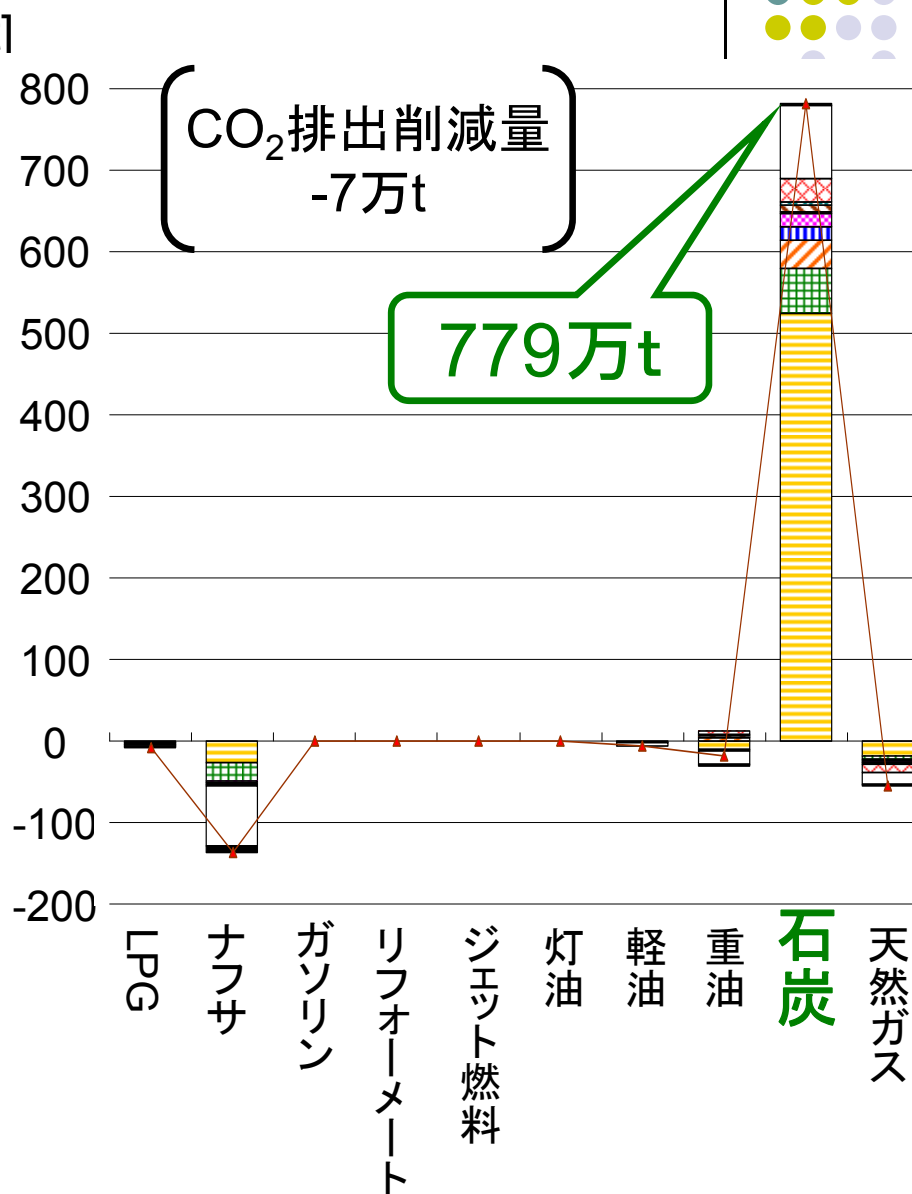
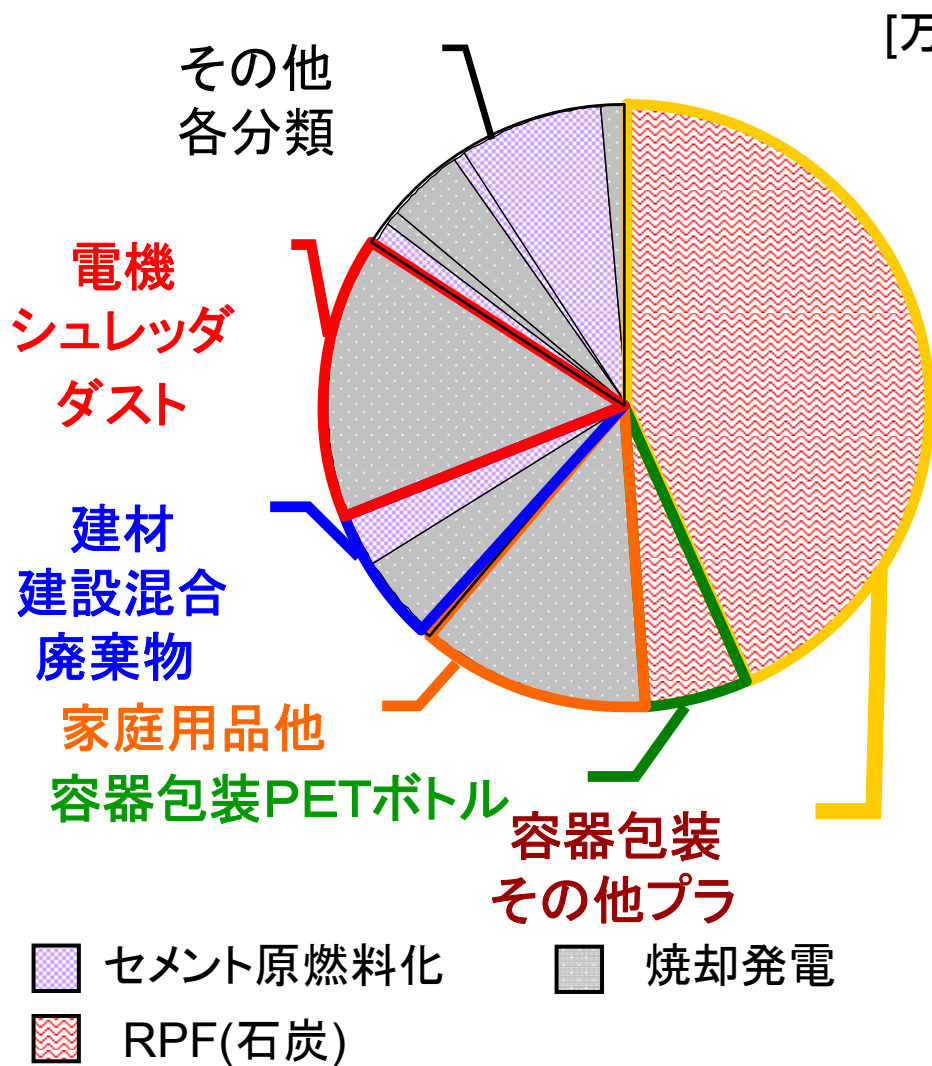


- マテリアルリサイクル
- 焼却発電
- RPF(重油)
- RPF(石炭)
- 油化

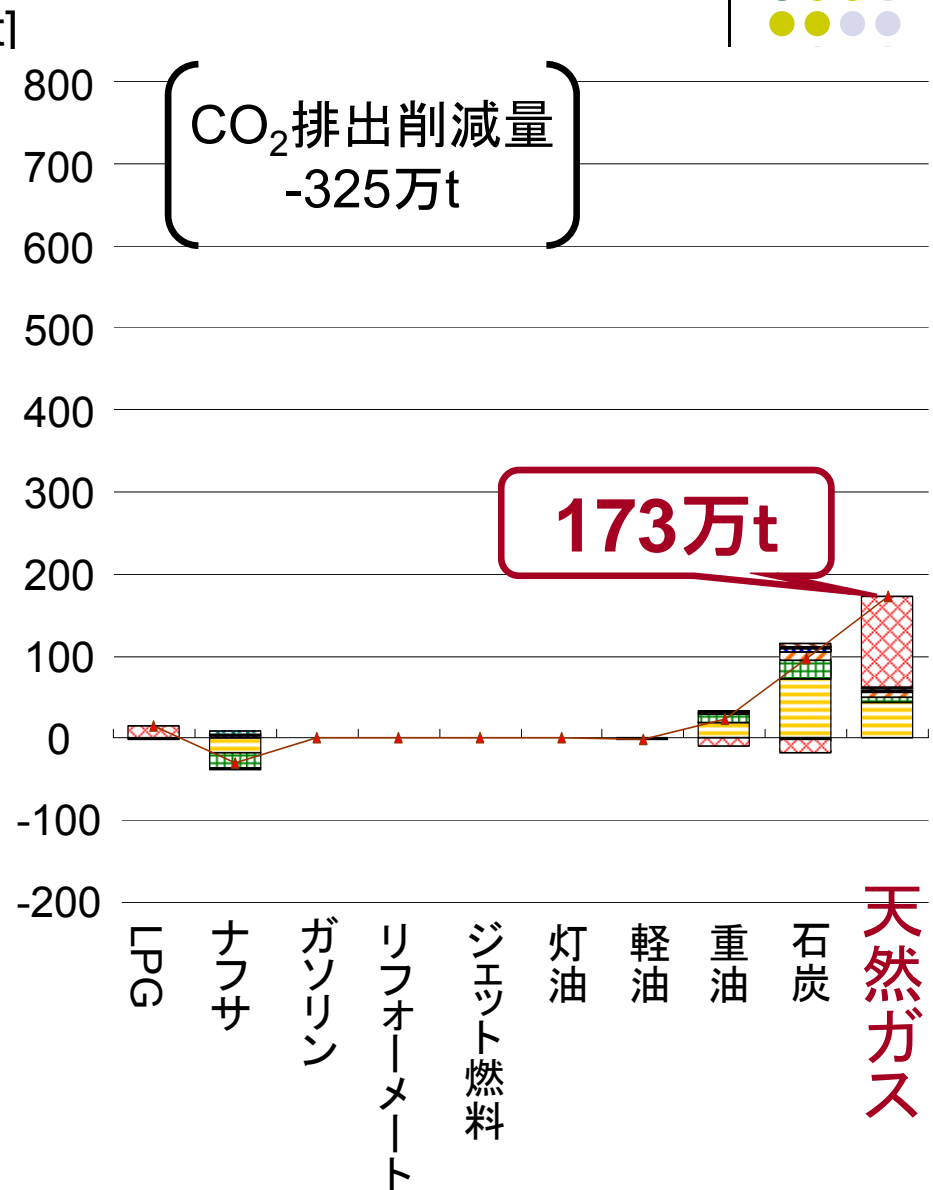
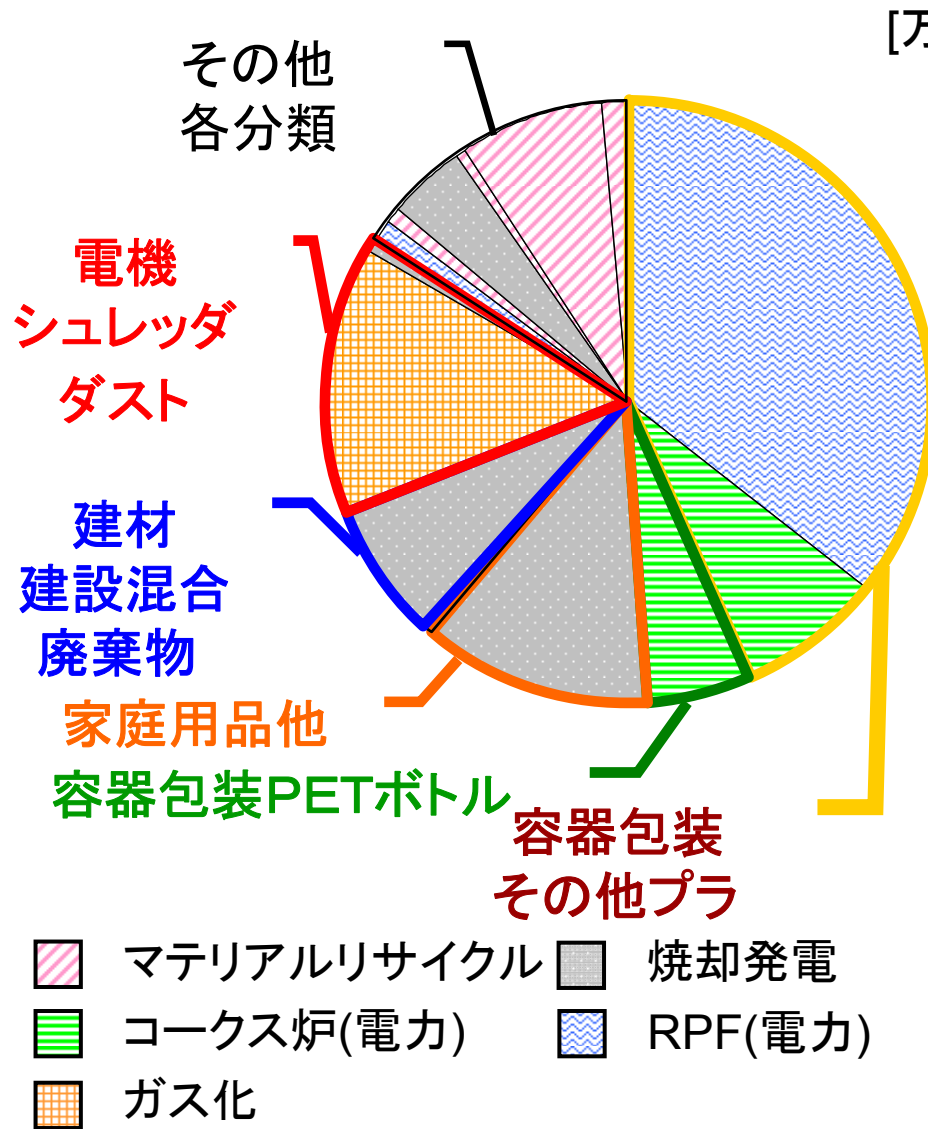


石炭削減最優先シナリオ

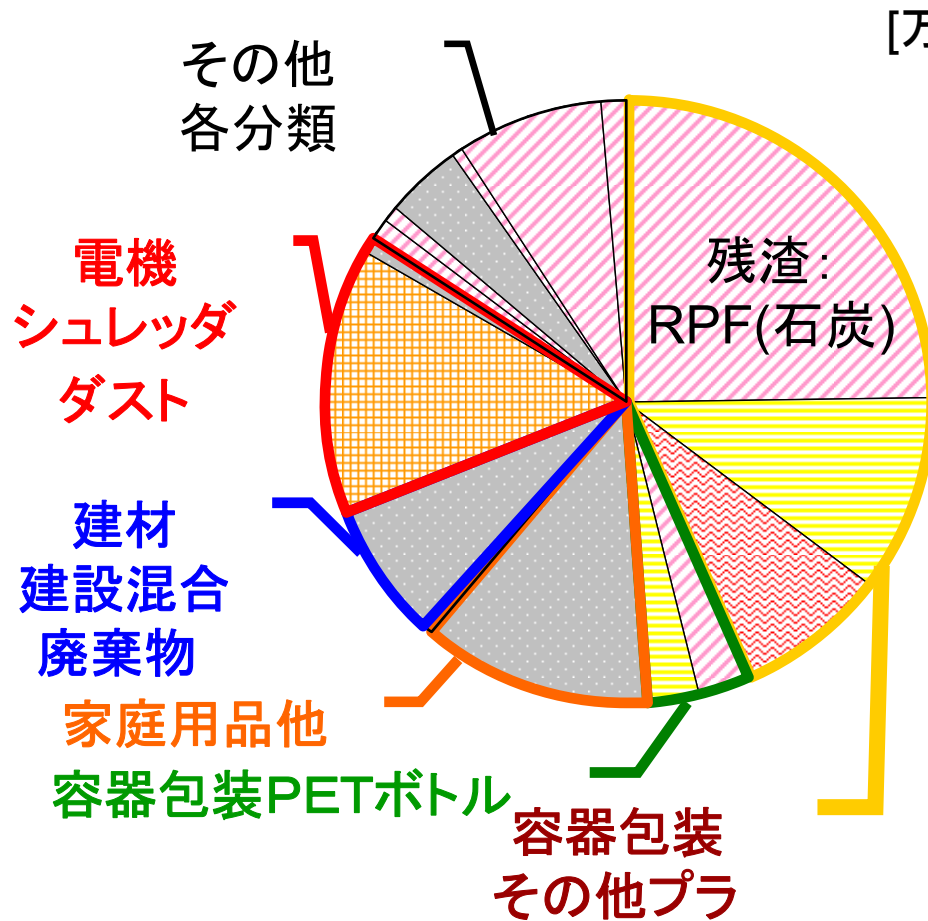
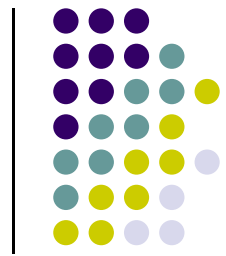
(ナフサ,重油,石炭,天然ガス,CO₂)=(0,0,1,0,0)



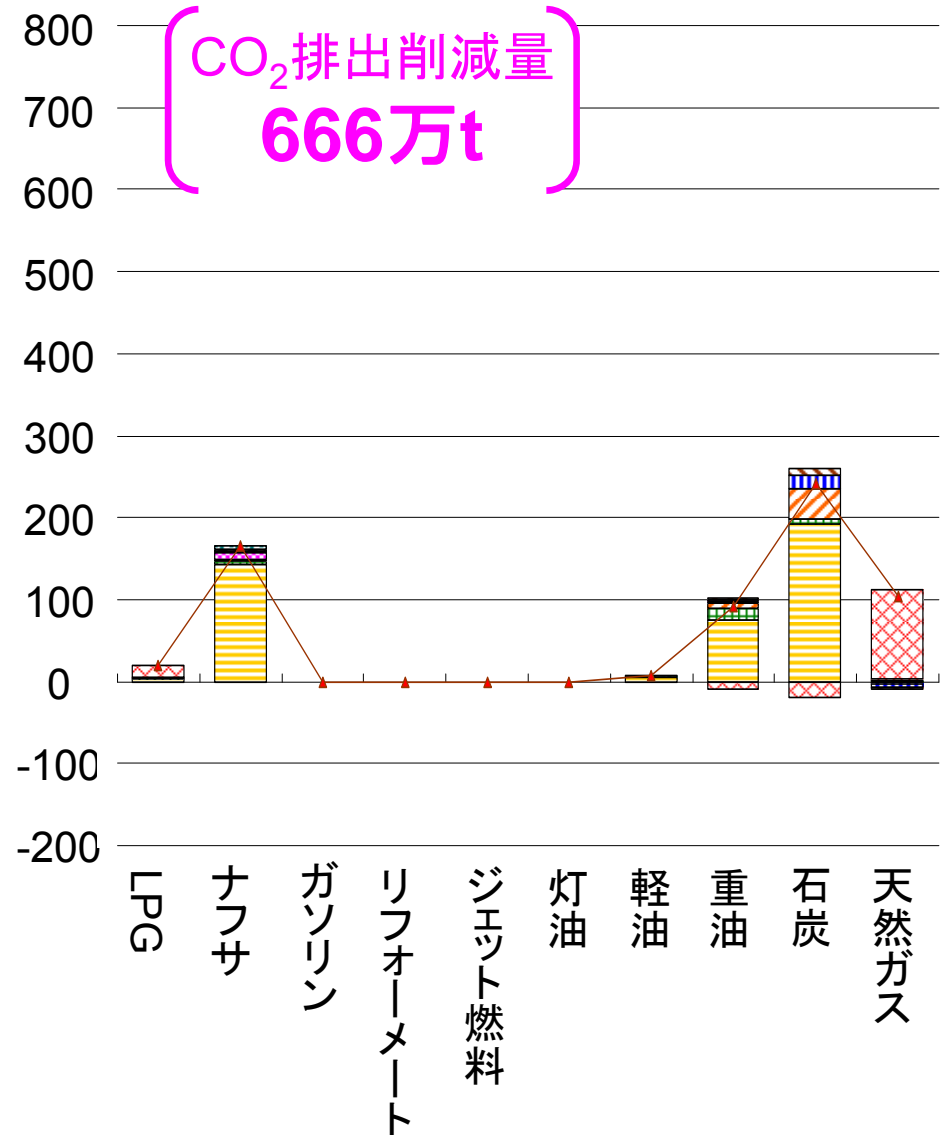
天然ガス削減最優先シナリオ (ナフサ,重油,石炭,天然ガス,CO₂)=(0,0,0,1,0)

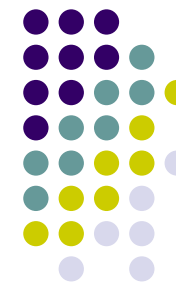


CO₂削減最優先シナリオ (ナフサ,重油,石炭,天然ガス,CO₂)=(0,0,0,0,1)



- マテリアルリサイクル
- 焼却発電
- コークス炉(重油)
- ガス化
- RPF(石炭)





削減対象別の最大削減比率

最優先 削減対象	重み付け係 数 (a,b,c,d,e)	最大削減量	年間量との比率
ナフサ	(1,0,0,0,0)	→ 194万t	→年間販売量の5.6%
重油	(0,1,0,0,0)	→ 384万t	→年間販売量の9.1%
石炭	(0,0,1,0,0)	→ 779万t	→年間輸入量の4.3%
天然ガス	(0,0,0,1,0)	→ 173万t	→年間輸入量の2.8%
CO ₂	(0,0,0,0,1)	→ 666万t-CO ₂	→年間排出量の0.49%
熱量	a~d: 発熱量 e:0	→ 2.2 × 10 ¹¹ MJ	→年間一次エネルギー消費量の0.99%

資源循環は低炭素化になるか



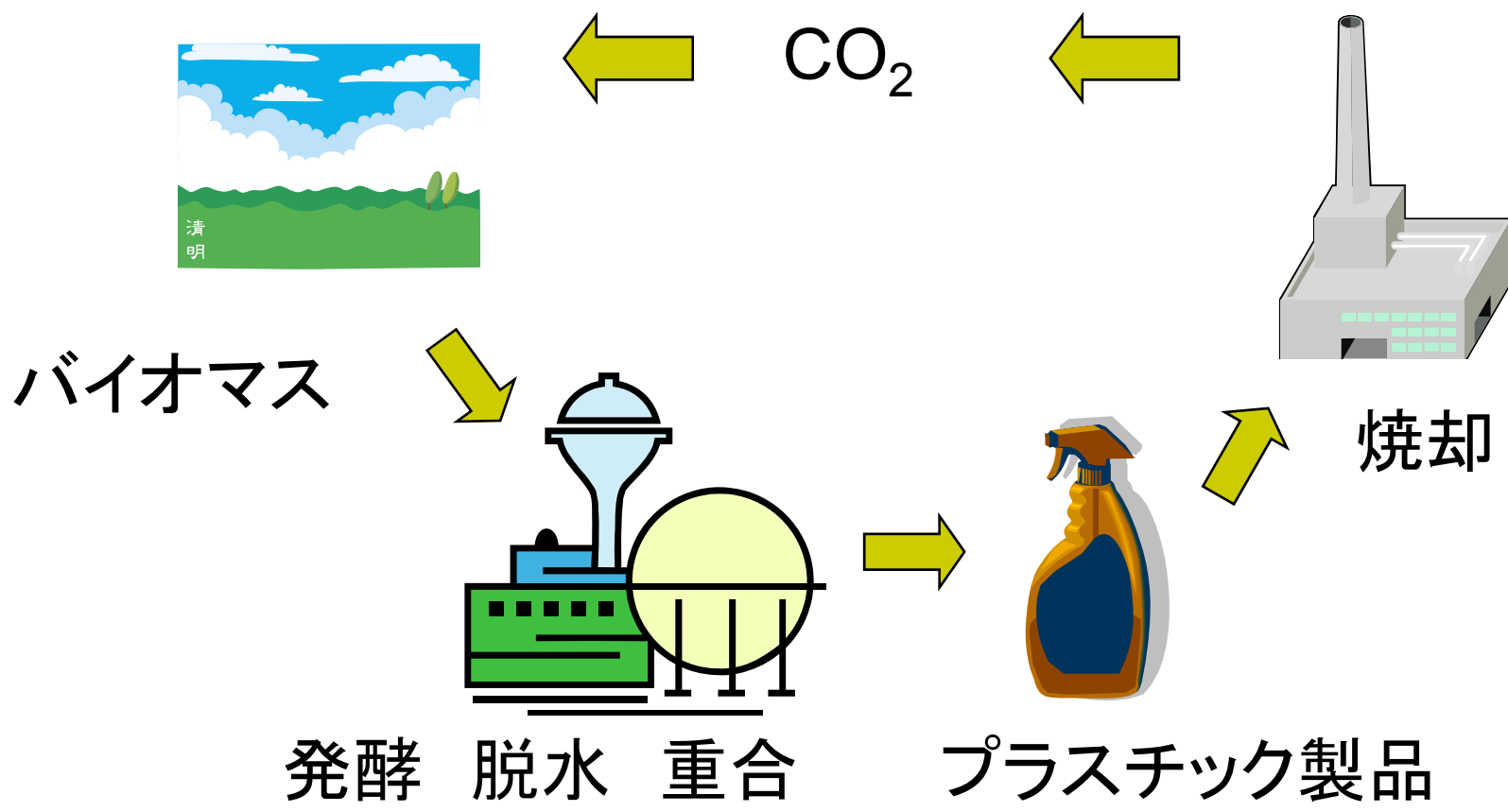
Yes!

- プラスチックリサイクルは低炭素化に大いに寄与する
- 産業ごとに、製品に使用されるプラスチック種類や性状とリサイクル手法の制約を考慮しながら、適切に組み合わせることが必要



植物資源から製造するプラスチック

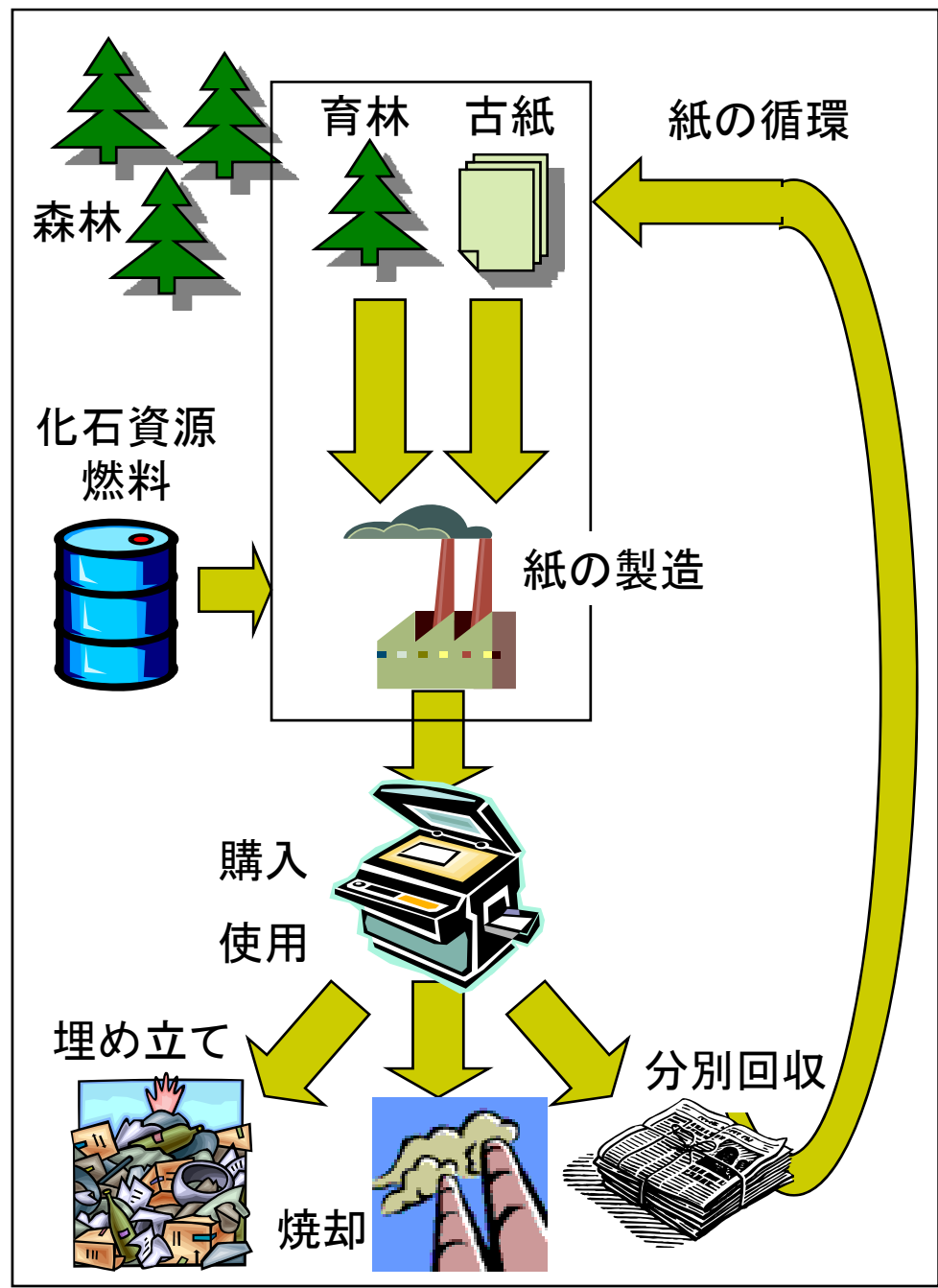
- CO₂を経由する循環





植林・育林の
取り組み

製紙工場の
燃料として
廃棄物など
を活用する
取り組み、



古紙の処理
を考慮

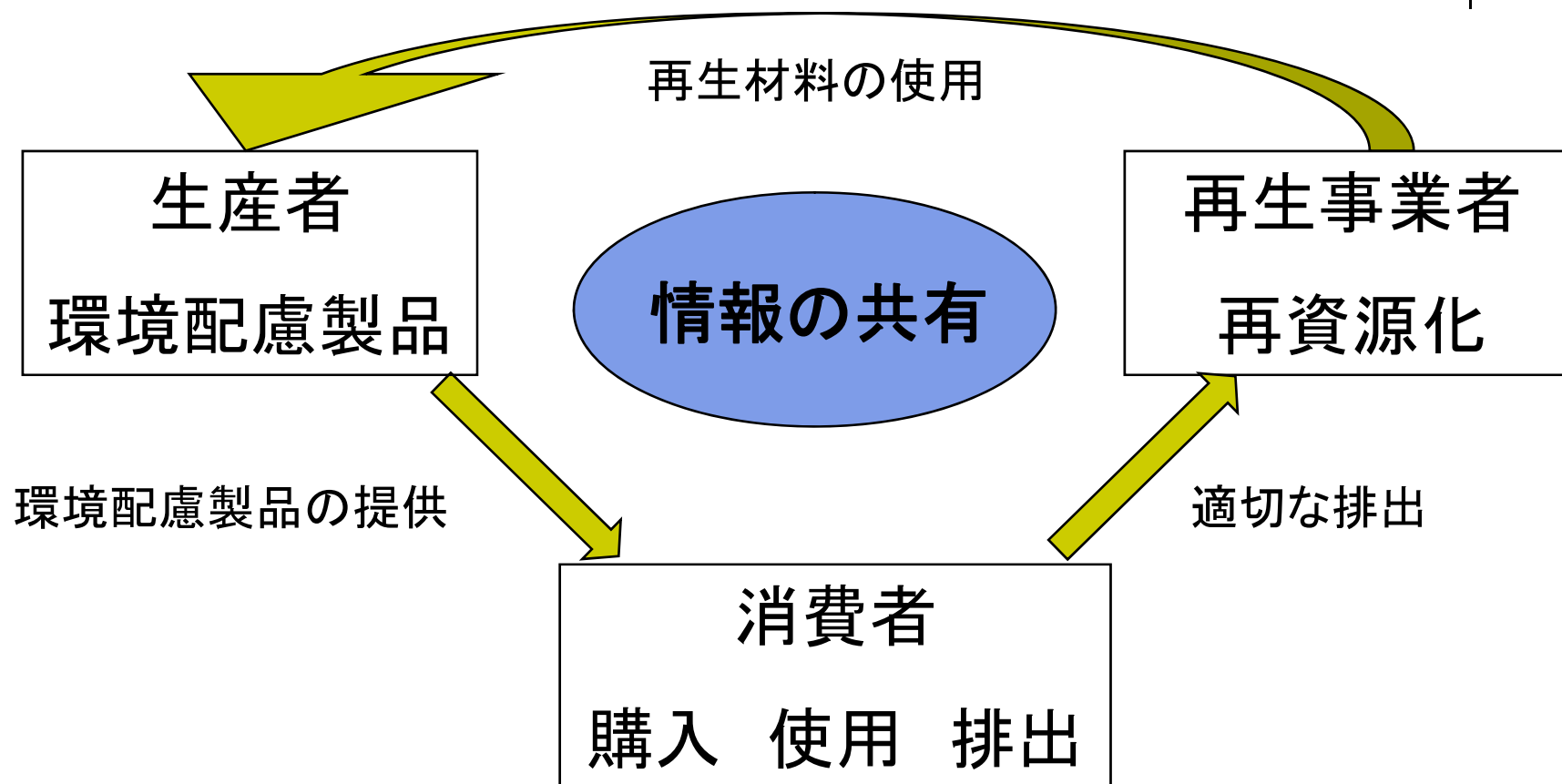
資源循環型社会は構築できるか



- 問題は、複数のステイクホルダーがいること



ステイクホルダーの意思決定が重要

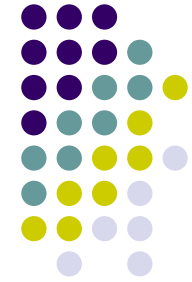


団体競技としての 循環型社会システム構築

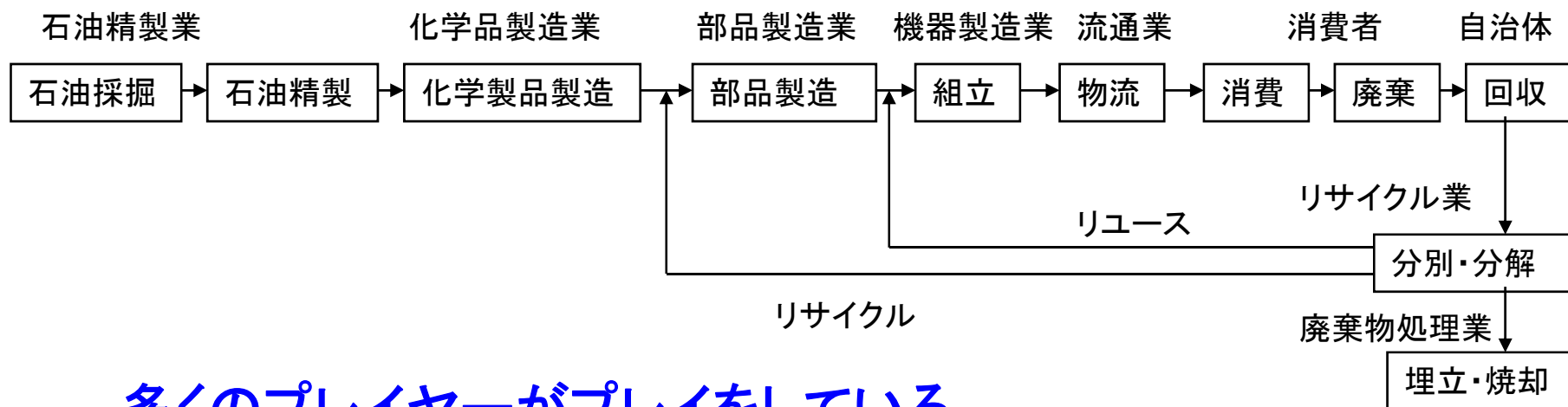


- 循環型社会システム構築は、廃棄物削減と資源消費抑制、その結果としての二酸化炭素などの環境負荷削減が目的
- 3R(リデュース、リユース、リサイクル)は手段
- 廃棄物から無価値物を生み出しても循環にはならない
- 持続的な循環型社会は、人や組織の活動が調和
- 個別の活動ではなく、多くの人や組織が関与
- 循環型社会システムの構築は個人競技ではなく、団体競技

団体競技としての 循環型社会システム構築



化学製品を例として



多くのプレイヤーがプレイをしている

隣のプレイヤーくらいしか見えていない

ルールが違うプレイヤーがいる



団体競技のプレイヤーとして

- 上流のプレイヤーに対する役割
 - 環境パフォーマンスの高い企業への優遇
 - 環境性能に優れた製品の優先購入
- 下流のプレイヤーに対する役割
 - 環境配慮製品・環境配慮製造プロセスの設計
 - 製品情報・経営情報の公開
 - 信頼できる環境ラベルの取得と表示
 - 適正な排出
- ルール作りと役割の明確化・共有
 - リサイクル法・グリーン購入法
 - プレイヤーの責任と分担の明確化

ライフサイクル思考で ベストプレイヤーを目指そう



- 自分には見えないプレイヤーの存在を知る
- 自分の行動と見えないプレイヤーの行動の関連を知る
- チーム全員の行動の結果を考えて、自分の行動を決める



持続的社会のベストプレイヤーは 周囲だけでなく先も見る

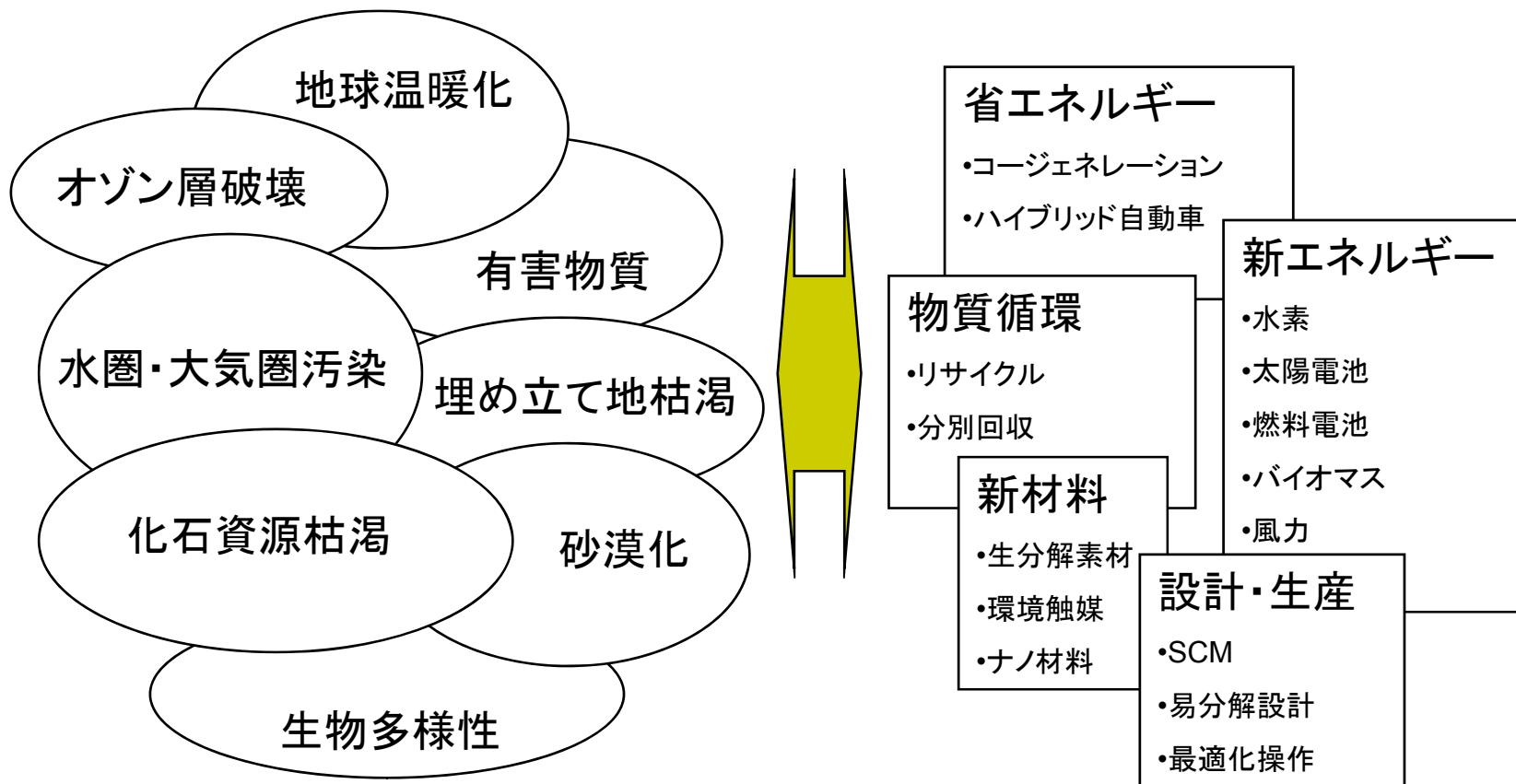


- 私たちの「今」の行動が影響を与えるのは、「将来」のプレイヤーたち
- 「今」の行動の結果を実験で確かめることはできない
- 「将来」は不確実だからこそ、「将来」ではやり直せない「今」の行動が大切

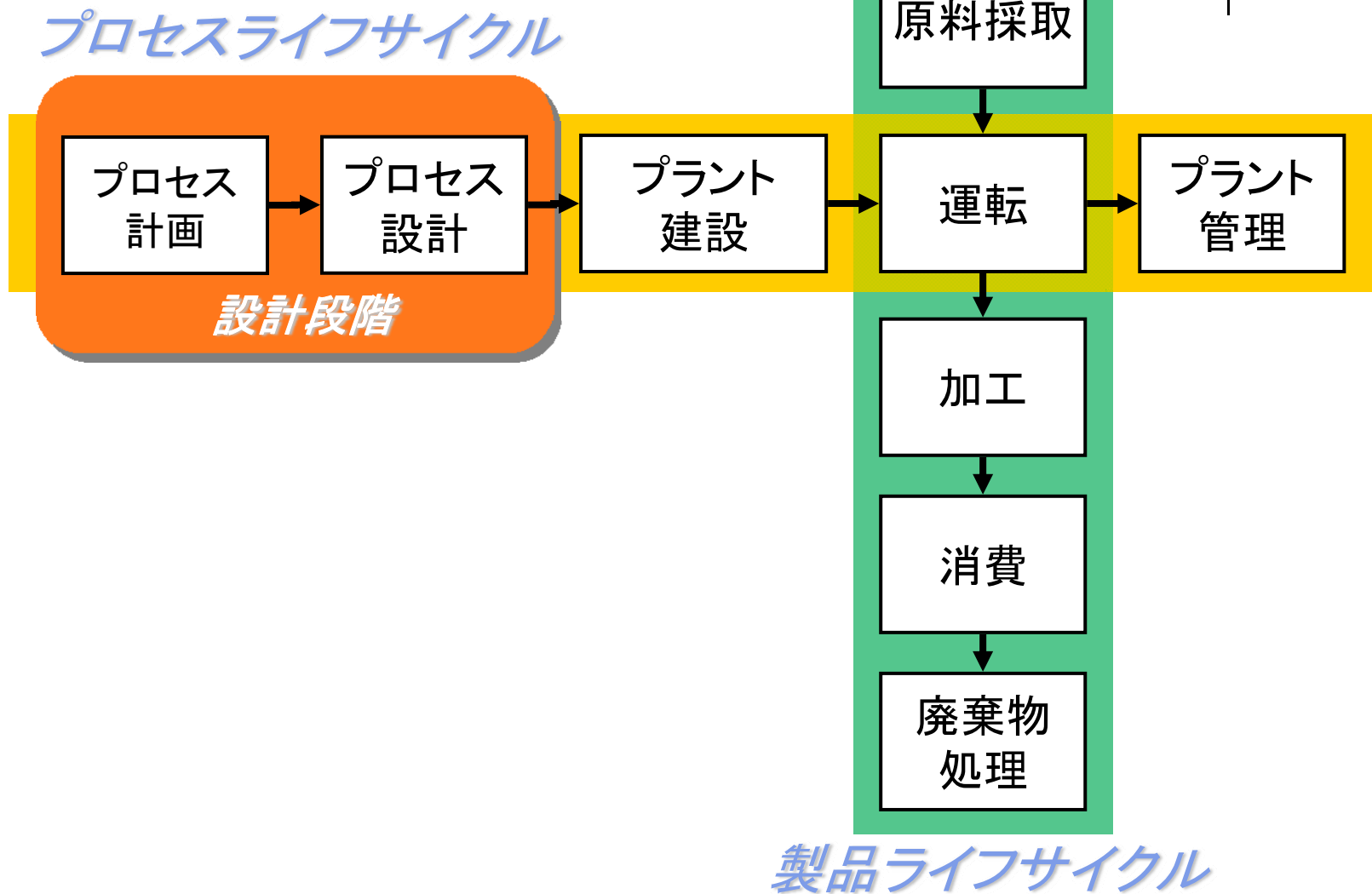
今絞るために：地球環境と技術開発



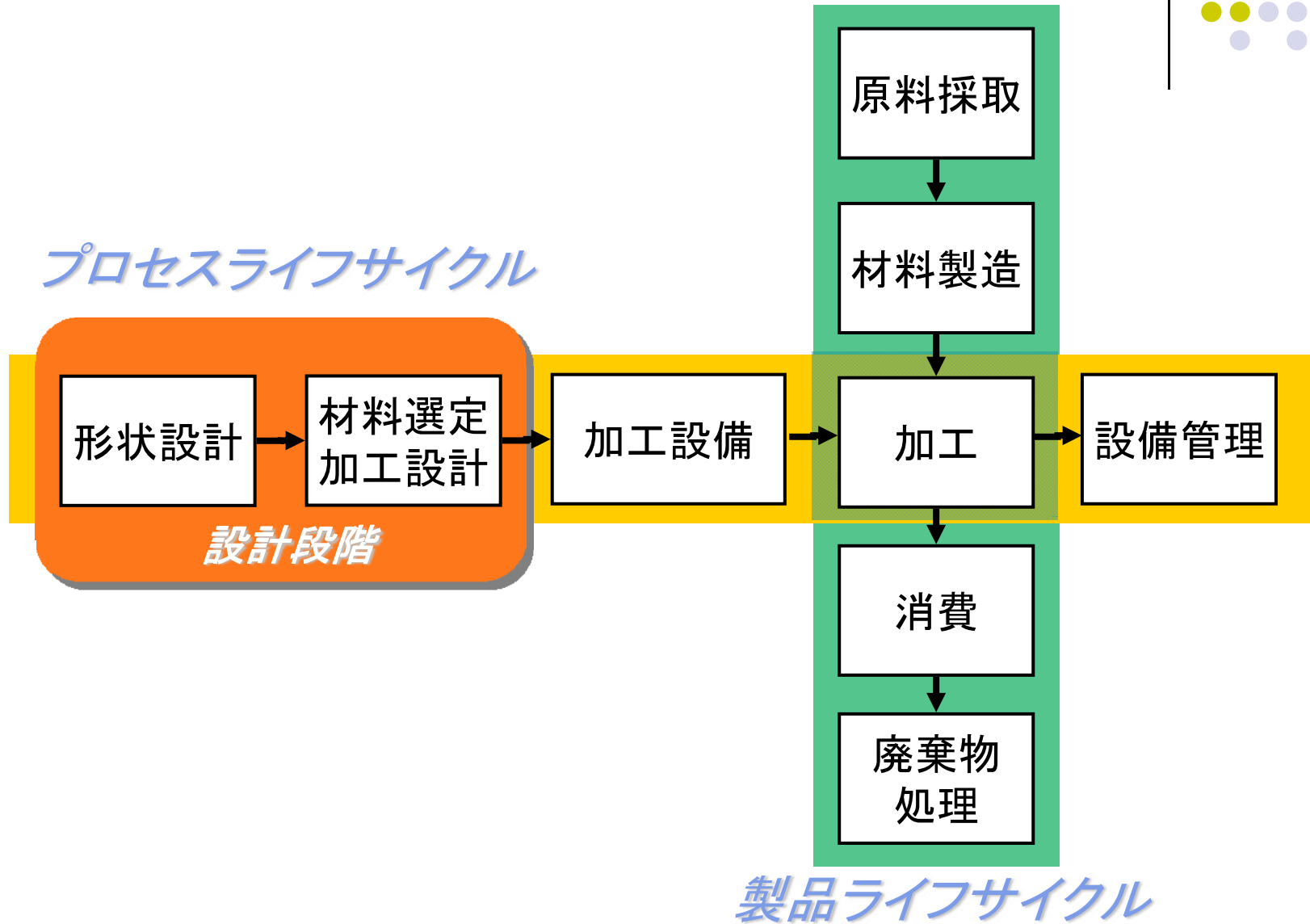
沢山の課題  関係を知る  様々な技術



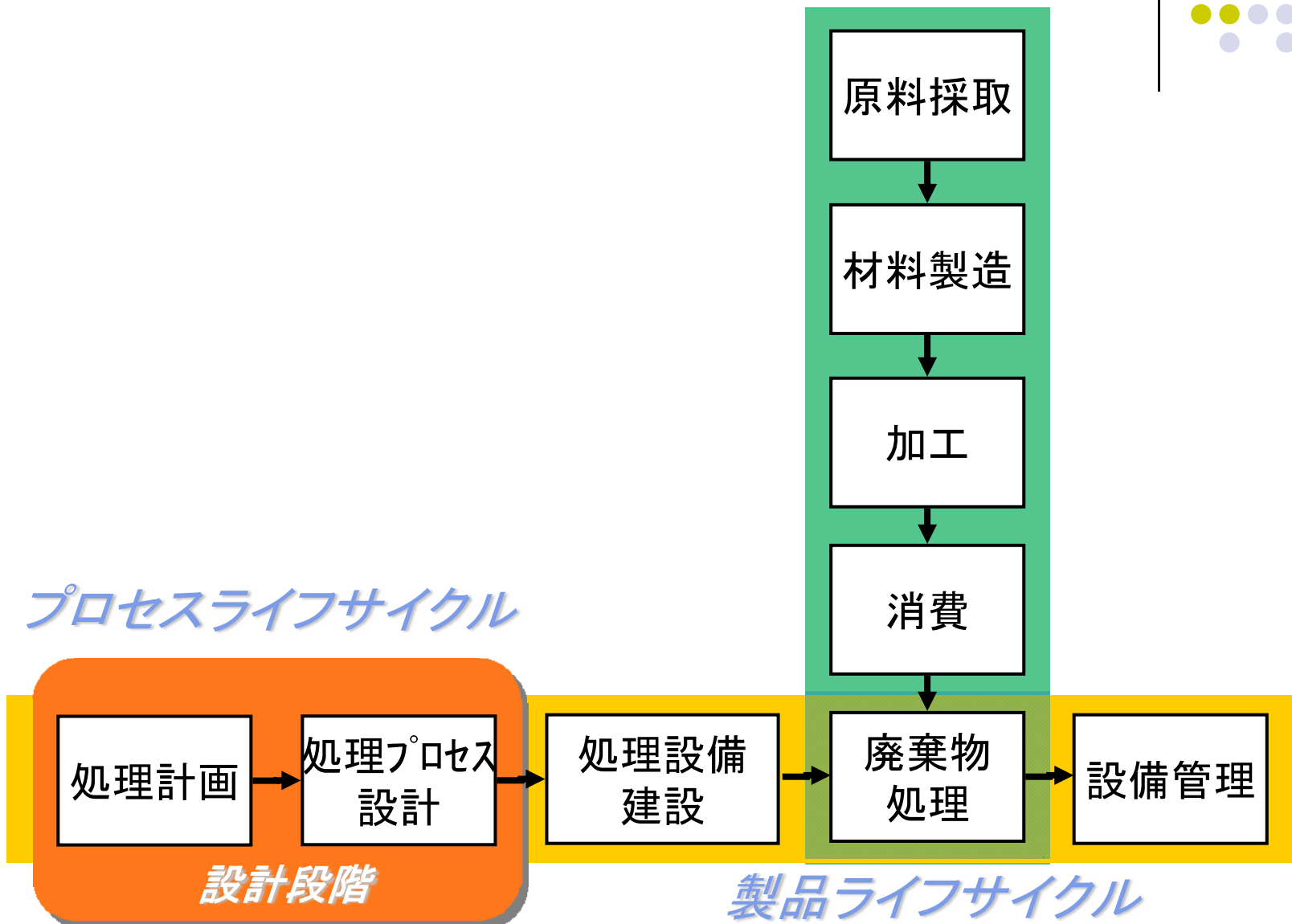
2つのライフサイクル



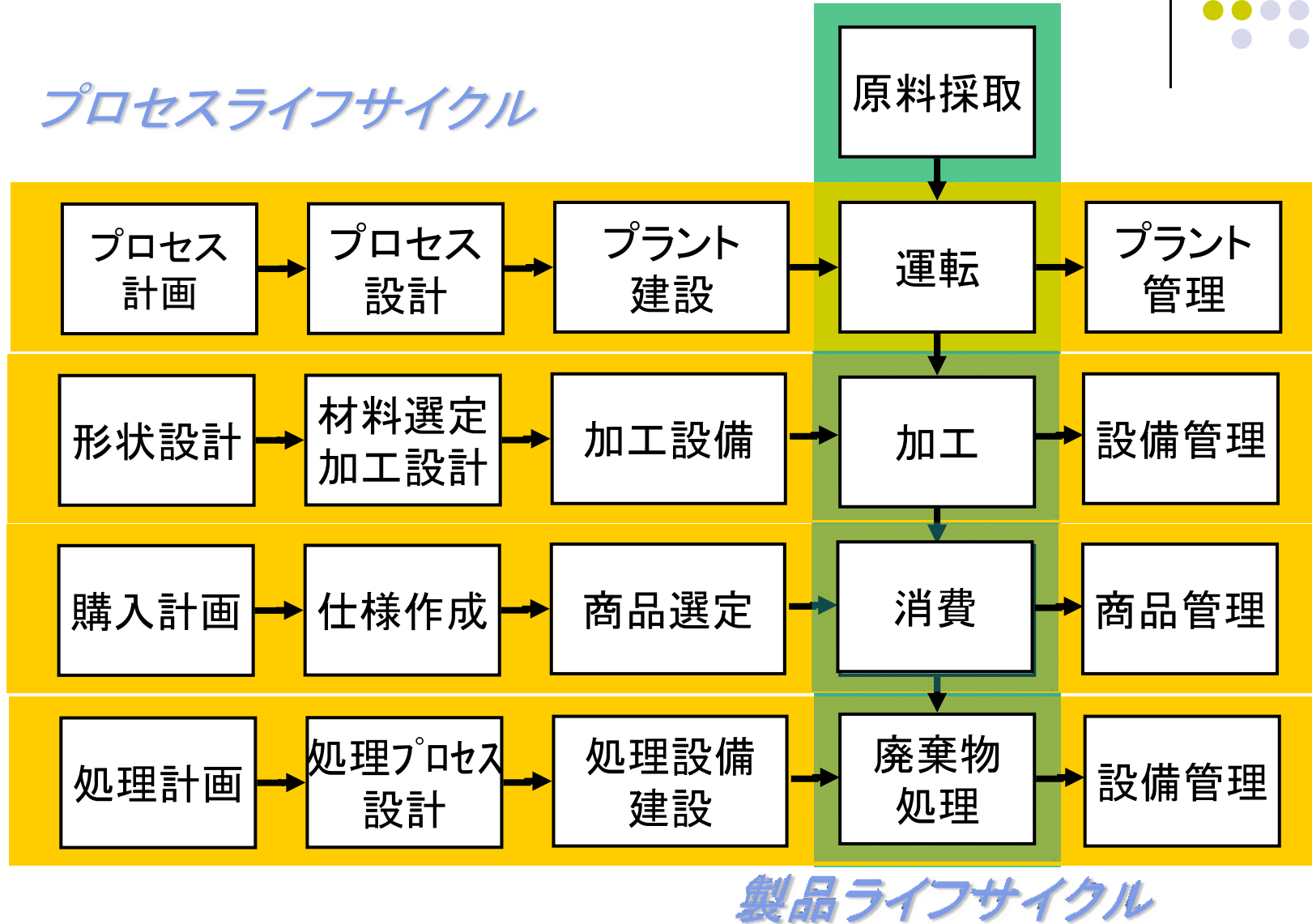
2つのライフサイクル



2つのライフサイクル



2つのライフサイクル

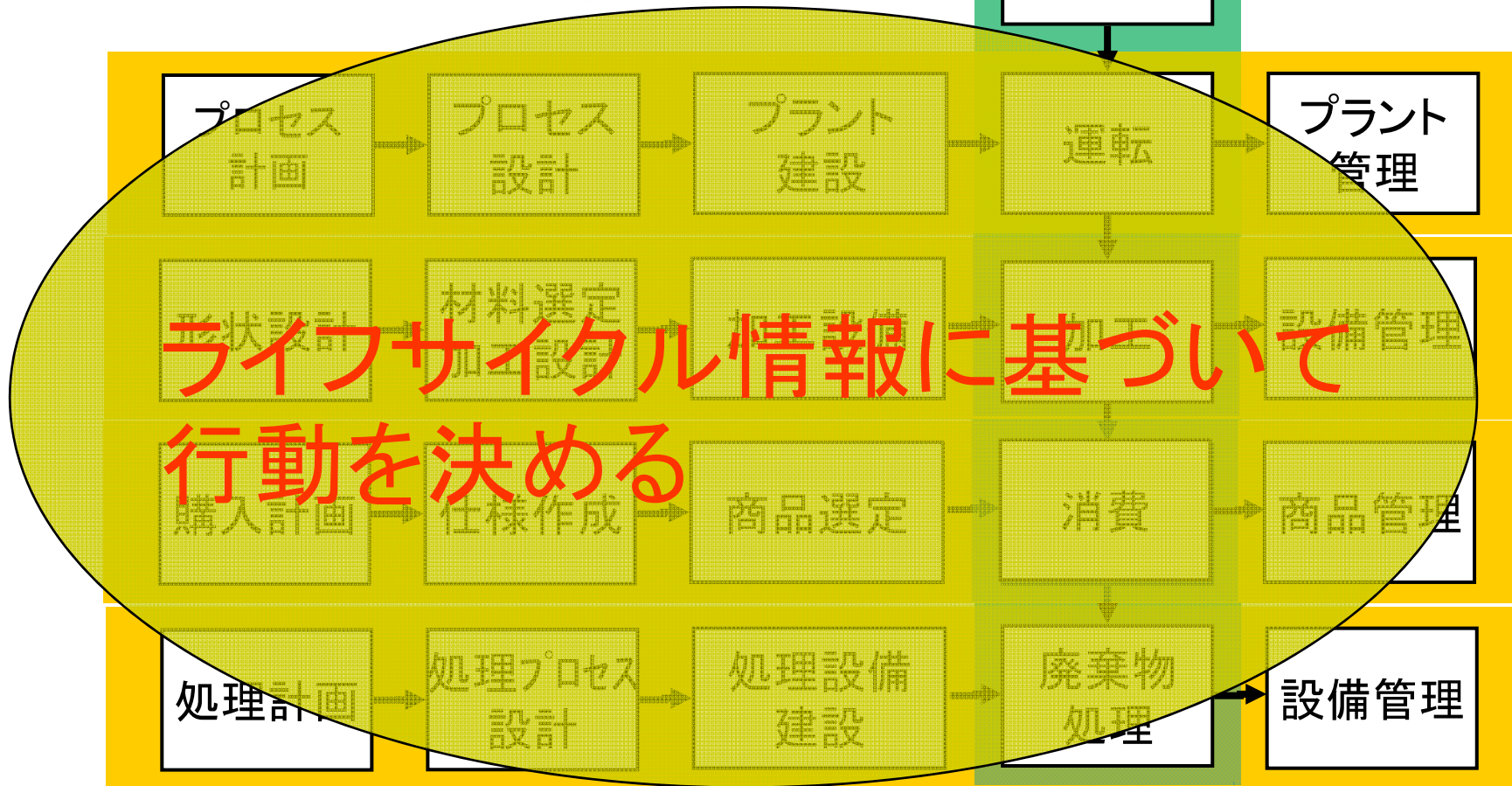


情報フローとしてのプロセスライフサイクル



プロセスライフサイクル

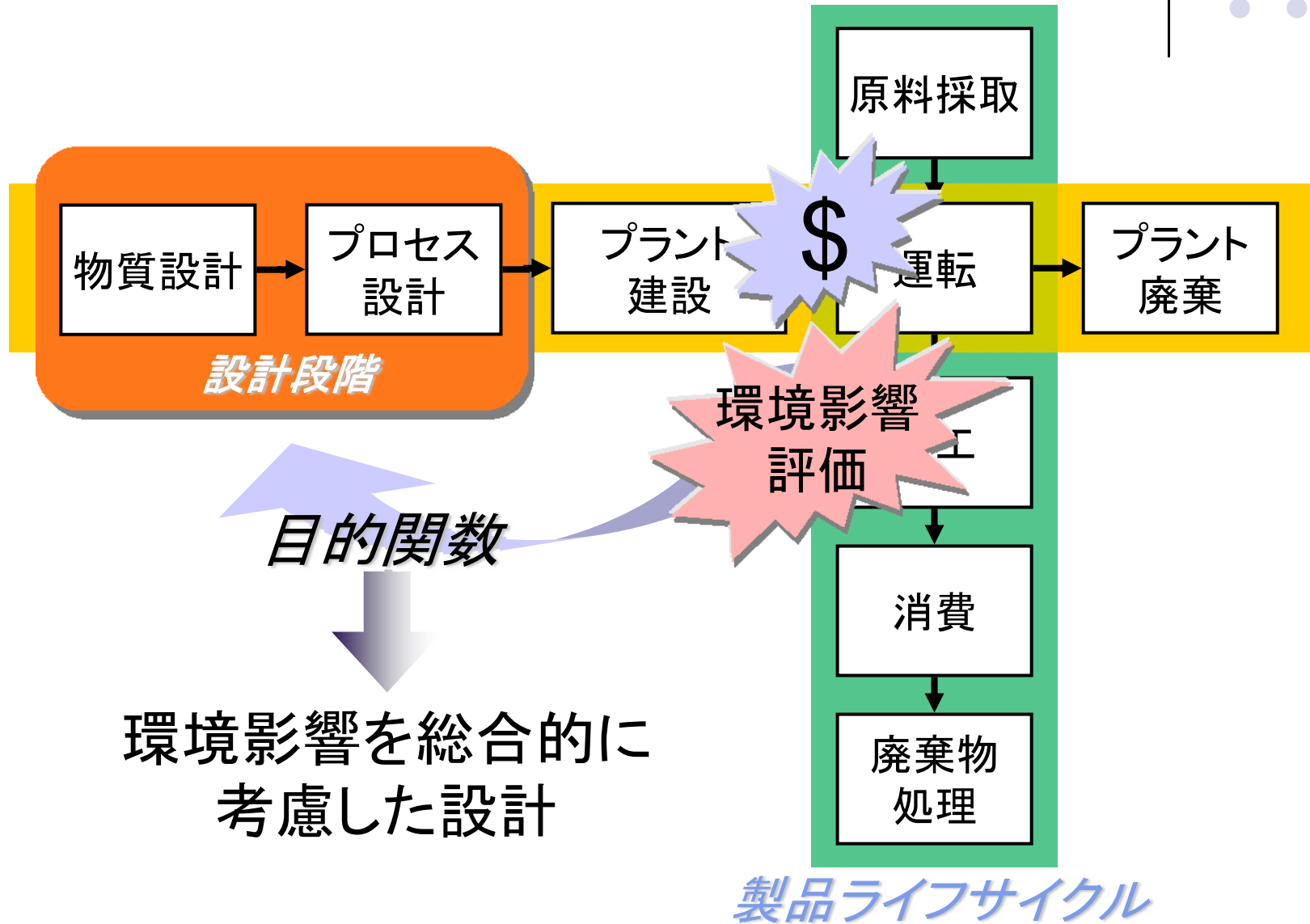
原料採取

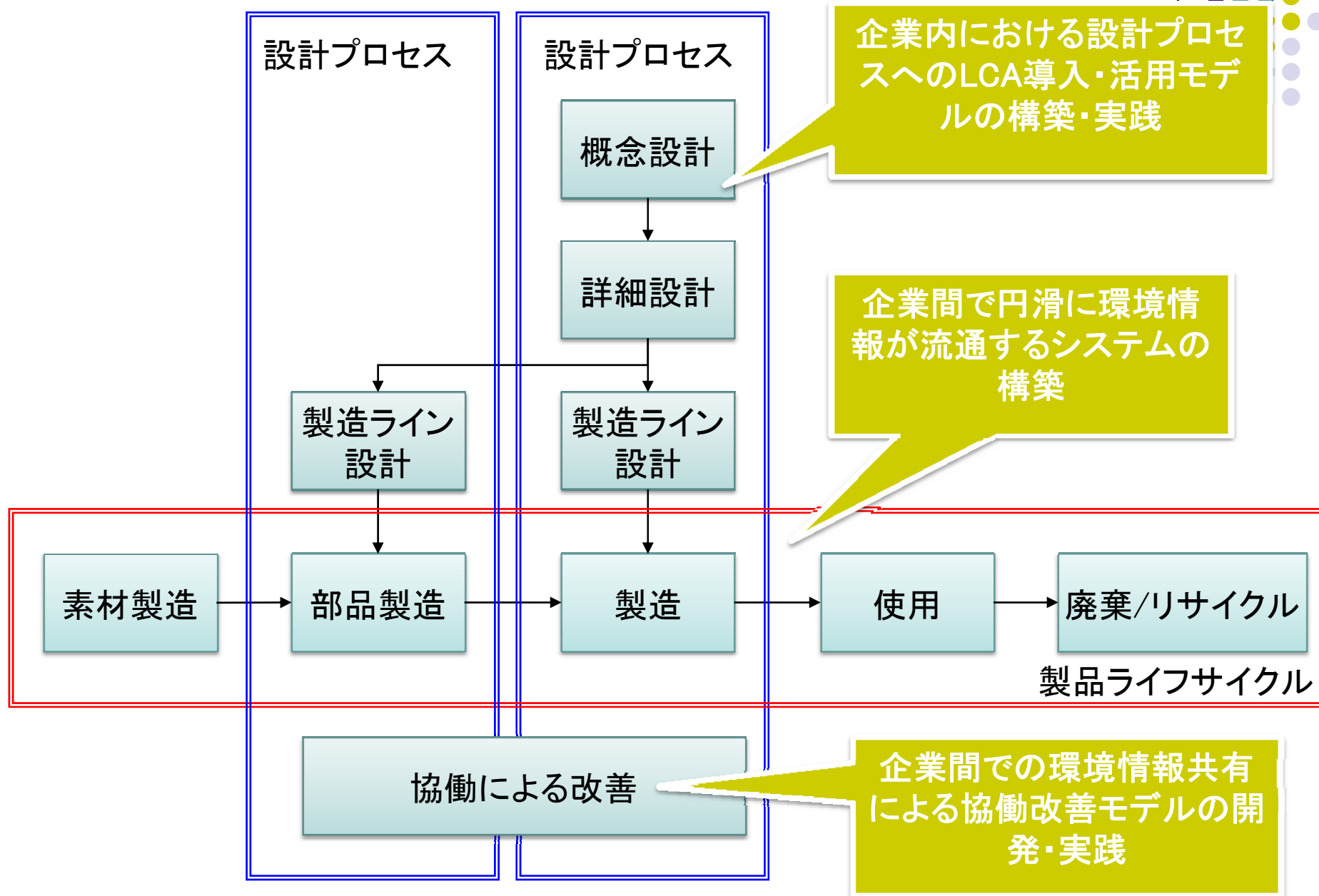


ライフサイクル情報に基づいて
行動を決める

製品ライフサイクル

ライフサイクル情報の 製品設計・プロセス設計への応用







これからの課題

- 正しい環境情報を共有する仕組・文化の醸成
 - 紙の偽装問題では、図らずも「隠していても必ず表に出る」ことが明らかとなった
- 見えないもの＝他の競技者を理解する工夫
 - 環境情報の見える化：ラベル
 - 個々の行動による環境負荷削減効果の定量化
- 知識・意識を行動に結びつけるための工夫
 - 地道だが経営者、製品開発者、消費者、行政などへの啓蒙活動が重要



まとめ

- 資源循環型社会も低炭素化実現への重要な取り組み
 - ライフサイクルアセスメントによる評価
- 生産者・消費者・再生業者・行政など資源循環のプレイヤーの行動が、低炭素化を実現する
 - サプライチェーンの参加者が相互の情報を共有
 - 個々の環境配慮行動が参加者のインセンティブとなる仕組みづくり