2025年 10月 22日

# $CO_2$低減に寄与する廃プラアスファルト舗装の開発

ENEOS株式会社　中央技術研究所
サステナブル技術研究所　燃料技術グループ

ENEOS株式会社

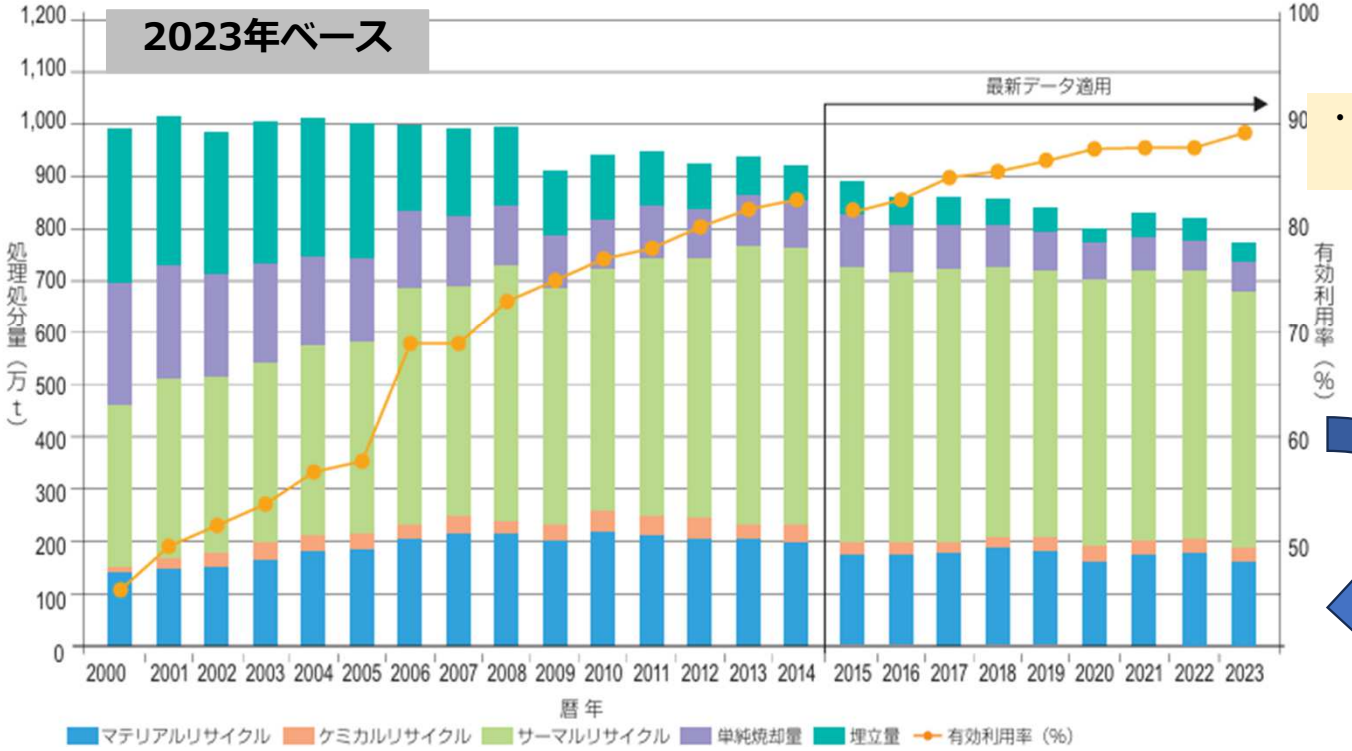


Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 着想

焼却・埋立が行先のプラに有効活用できるものは無いか？

## 廃プラスチックの総排出量・有効利用／未利用量・有効利用率の推移




・廃プラの有効利用率はほぼ9割
　・・・でも内訳をよく見てみると・・・

マテリアルリサイクルが増えている訳ではない

依然として、主流はサーマルリサイクル

焼却・埋立プラをマテリアルリサイクルしたい
（リサイクルのアップグレード）

出展：（一社）プラスチック循環利用協会　https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf
2023年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況



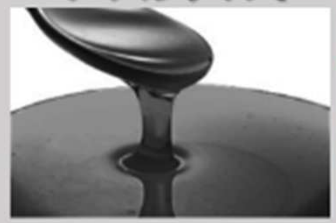


Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

社内限り

# 技術の特徴（コンセプト）

本技術の特徴は骨材を”全量“廃プラにすること

| | バインダー用途 | 骨材用途 |
|---|---|---|
| 通常のアスファルト舗装 | 5% | 95% %は重量ベース |
| 開発 廃プラ舗装 | アスファルト  廃プラA | 廃プラB |

廃プラを主役に！

残っている機能を活かす



ENEOS株式会社

Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

社内限り

# プラスチックを全量骨材とする技術的な難しさ

一般的なアスファルトでは能力不足（崩れやすい）、新たに強固なバインダを開発し課題をクリア

| 骨材＼バインダー | ストレートアスファルト | 改質Ⅱ型アスファルト | 開発バインダー |
|---|---|---|---|
| 石<br> <br>砕石、砂、石灰（フィラー） | | | |
| 廃プラ<br> <br>表面が平滑であれば<br>あるほど厳しい条件 | <br>ボロボロ・・・（問題外） | <br>1時間の試験を1分足らずで停止<br>（試験不可） | <br>殆ど車輪の跡も付かない！ |





Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

社内限り

# 廃プラ種の選定

## ① 「土壌汚染物質を含まないこと」を**担保**できること

### ①地下水等経由の摂取リスク

土壌に含まれる有害物質が地下水に溶け出して、その有害物質を含んだ地下水を口にすることによるリスク

例 土壌汚染が存在する土地の周辺で、地下水を飲むための井戸や蛇口が存在する場合。

### ②直接摂取リスク

土壌に含まれる有害物質を口や肌などから直接摂取することによるリスク

例 子どもが砂場遊びをしているときに手に付いた土壌を口にする、風で飛び散った土壌が直接口に入ってしまう場合。

| 特定有害物質の種類 | | <地下水の摂取などによるリスク><br>土壌溶出量基準 | <直接摂取によるリスク><br>土壌含有量基準 |
|---|---|---|---|
| 第一種特定有害物質（揮発性有機化合物） | クロロエチレン | 検液1Lにつき 0.002mg 以下であること | |
| | 四塩化炭素 | 検液1Lにつき 0.002mg 以下であること | |
| | 1,2-ジクロロエタン | 検液1Lにつき 0.004mg 以下であること | |
| | 1,1-ジクロロエチレン | 検液1Lにつき 0.1mg 以下であること | |
| | 1,2-ジクロロエチレン | 検液1Lにつき 0.04mg 以下であること | |
| | 1,3-ジクロロプロペン | 検液1Lにつき 0.002mg 以下であること | |
| | ジクロロメタン | 検液1Lにつき 0.02mg 以下であること | |
| | テトラクロロエチレン | 検液1Lにつき 0.01mg 以下であること | |
| | 1,1,1-トリクロロエタン | 検液1Lにつき 1mg 以下であること | |
| | 1,1,2-トリクロロエタン | 検液1Lにつき 0.006mg 以下であること | |
| | トリクロロエチレン | 検液1Lにつき 0.01mg 以下であること | |
| | ベンゼン | 検液1Lにつき 0.01mg 以下であること | |
| 第二種特定有害物質（重金属等） | カドミウム及びその化合物 | 検液1Lにつきカドミウム 0.003mg 以下であること | 土壌1kgにつきカドミウム 45mg 以下であること |
| | 六価クロム化合物 | 検液1Lにつき六価クロム 0.05mg 以下であること | 土壌1kgにつき六価クロム 250mg 以下であること |
| | シアン化合物 | 検液中にシアンが検出されないこと | 土壌1kgにつき 遊離シアン 50mg 以下であること |
| | 水銀及びその化合物 | 検液1Lにつき水銀 0.0005mg 以下であり、かつ、検液中にアルキル水銀が検出されないこと | 土壌1kgにつき水銀 15mg 以下であること |
| | セレン及びその化合物 | 検液1Lにつきセレン 0.01mg 以下であること | 土壌1kgにつきセレン 150mg 以下であること |
| | 鉛及びその化合物 | 検液1Lにつき鉛 0.01mg 以下であること | 土壌1kgにつき鉛 150mg 以下であること |
| | 砒素及びその化合物 | 検液1Lにつき砒素 0.01mg 以下であること | 土壌1kgにつき砒素 150mg 以下であること |
| | ふっ素及びその化合物 | 検液1Lにつきふっ素 0.8mg 以下であること | 土壌1kgにつきふっ素 4,000mg 以下であること |
| | ほう素及びその化合物 | 検液1Lにつきほう素 1mg 以下であること | 土壌1kgにつきほう素 4,000mg 以下であること |
| 第三種特定有害物質（農薬等／農薬＋PCB） | シマジン | 検液1Lにつき 0.003mg 以下であること | |
| | チオベンカルブ | 検液1Lにつき 0.02mg 以下であること | |
| | チウラム | 検液1Lにつき 0.006mg 以下であること | |
| | ポリ塩化ビフェニル（PCB） | 検液中に検出されないこと | |
| | 有機りん化合物 | 検液中に検出されないこと | |

注：令和2年4月2日に土壌汚染対策法施行規則の一部を改正する省令（令和2年環境省令第14号）が公布され、カドミウム及びその化合物、トリクロロエチレンの基準が改正されました。この施行は令和3年4月1日です。

出展：環境省パンフレット「土壌汚染対策法のしくみ」 https://www.env.go.jp/content/000227044.pdf



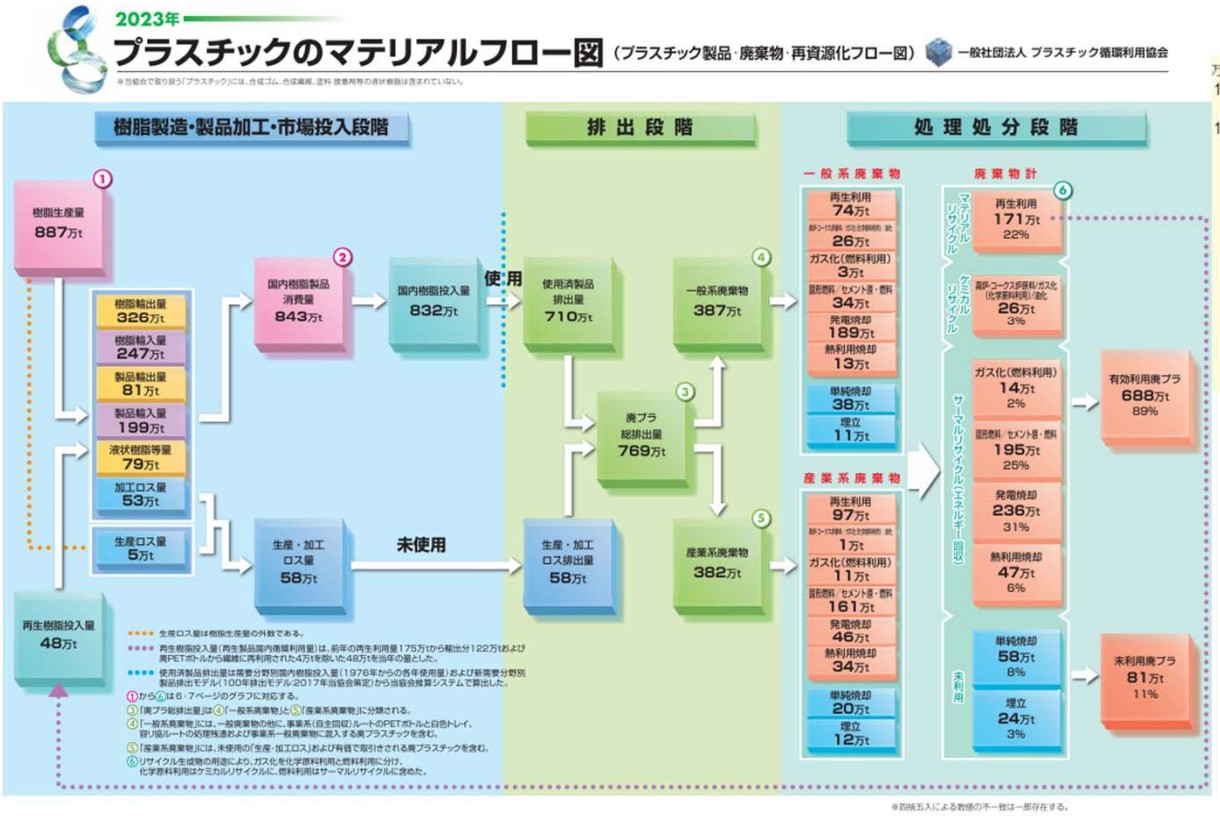
ENEOS株式会社

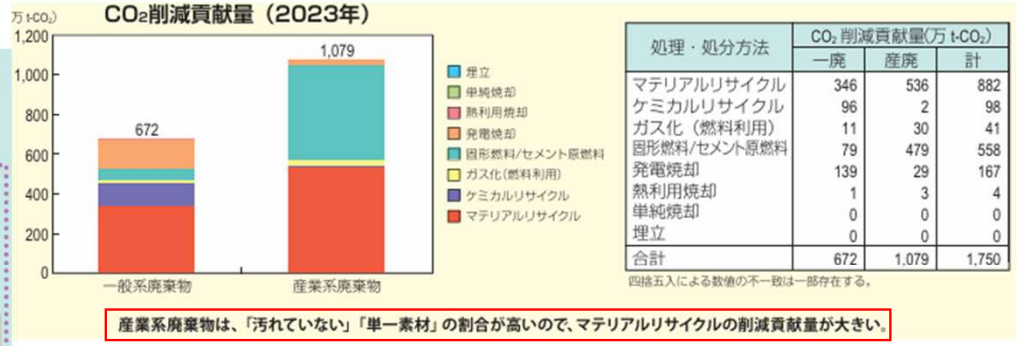
Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

社内限り

# 廃プラ種の選定

② 商業ベースで稼働できる量・品質を担保できること

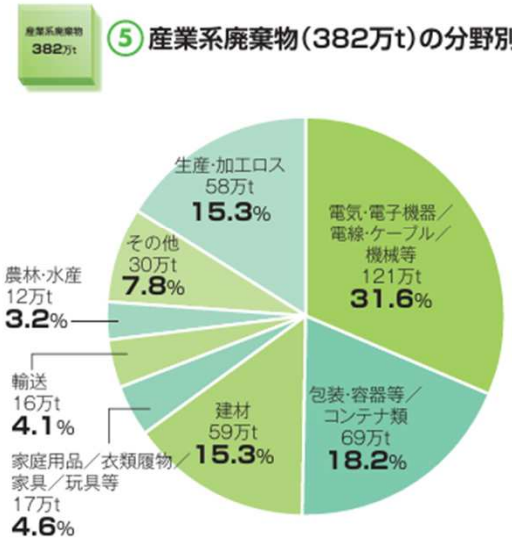



| 処理・処分方法 | $CO_2$ 削減貢献量（万 t-$CO_2$） | | |
|---|---|---|---|
| | 一廃 | 産廃 | 計 |
| マテリアルリサイクル | 346 | 536 | 882 |
| ケミカルリサイクル | 96 | 2 | 98 |
| ガス化（燃料利用） | 11 | 30 | 41 |
| 固形燃料/セメント原燃料 | 79 | 479 | 558 |
| 発電焼却 | 139 | 29 | 167 |
| 熱利用焼却 | 1 | 3 | 4 |
| 単純焼却 | 0 | 0 | 0 |
| 埋立 | 0 | 0 | 0 |
| 合計 | 672 | 1,079 | 1,750 |

四捨五入による数値の不一致は一部存在する。

産業系廃棄物は、「汚れていない」「単一素材」の割合が高いので、マテリアルリサイクルの削減貢献量が大きい。




出展：（一社）プラスチック循環利用協会　https://www.pwmi.or.jp/pdf/panf2.pdf
2023年プラスチック製品の生産・廃棄・再資源化・処理処分の状況

ENEOS株式会社



Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 廃プラ種の選定

③　廃プラ材料の入手にエネルギー（コストと手間）をかけ過ぎないこと

廃プラ回収の一般的な工程

回収
↓
分別
↓
洗浄
↓
破砕・粉砕
↓
融解・加工
↓
再成型

一度バラバラになってしまった材料から再度、単一種の材料を集めるためには
外部からエネルギー（≒コスト&手間）をかける必要がある

各工程を如何に省けるか、簡素化できるかがキモ

石油由来の廃プラを有効活用するために
大量の石油（エネルギー）を使うようなことがないように・・・





Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 廃プラ種の選定

様々な種類の廃プラの中で、モデルケースとして架橋ポリエチレンを選定した。

## 廃プラを選定する上で留意したこと

① 「土壌汚染物質を含まないこと」を担保できること

② 商業ベースで稼働できる量・品質を担保できること

③ 廃プラ材料の入手にエネルギー（コストと手間）をかけ過ぎないこと

＋ α 将来的に取り合いになることが予見できる材料でないこと

**架橋ポリエチレンをモデルケースとして選定**



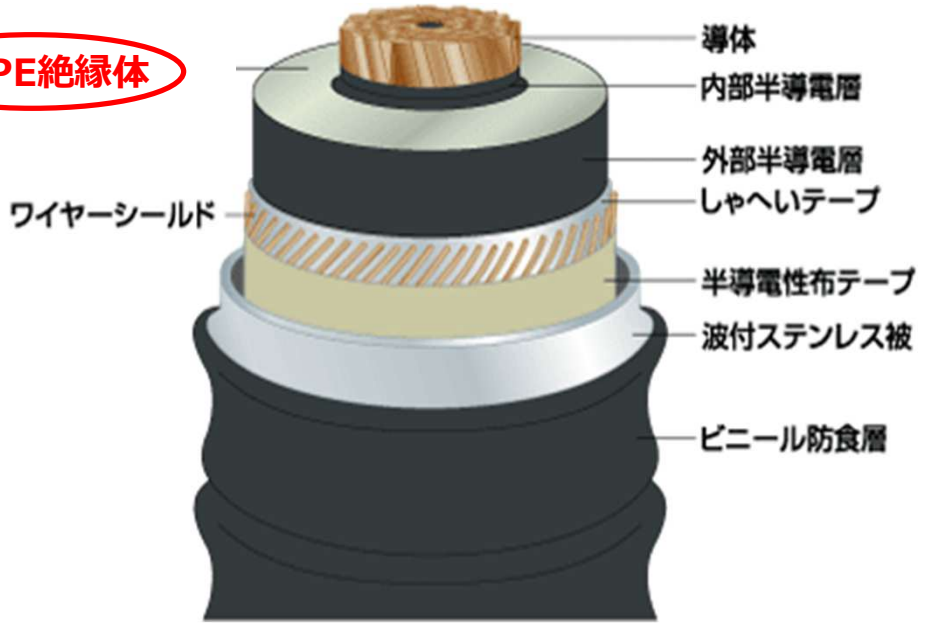


Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 架橋ポリエチレンとは・・・？

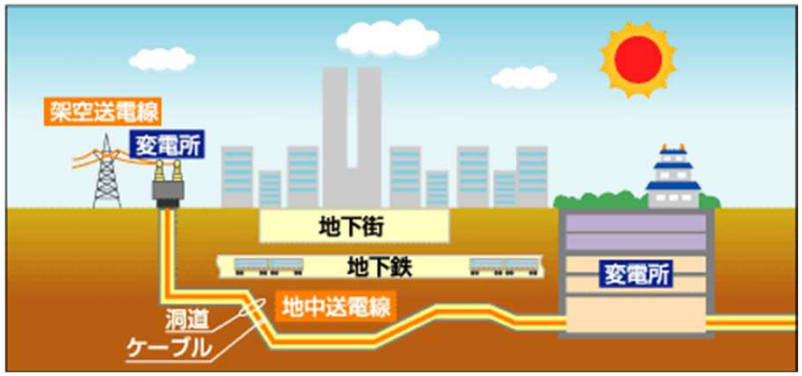
架橋PE（ポリエチレン）は**電線被覆材**などの用途で利用されている

**架橋PE絶縁体**




地中送電 - 送電のしくみ｜中部電力 (chuden.co.jp)

**電線**




地中送電 - 送電のしくみ｜中部電力 (chuden.co.jp)

都市の機能を私たちが支える。｜東京電力報 (tepco.co.jp)

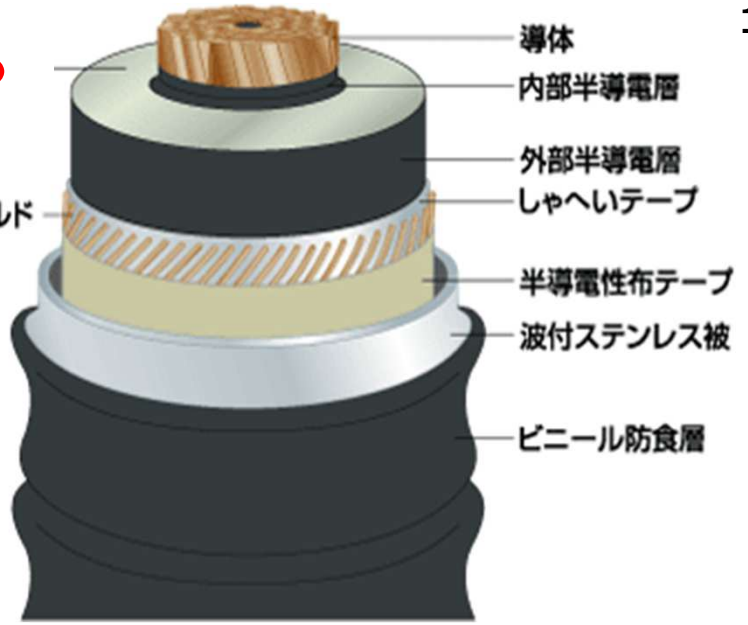




Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 架橋PEの現状の処理方法

架橋PEは分別回収できているものの、大半が焼却 or 埋立処理されている




地中送電 - 送電のしくみ｜中部電力 (chuden.co.jp)

電線

100%リサイクルシステム確立済み

有効なリサイクル方法が無い

○ 供給安定性
○ 品質安定性
○ 耐熱性

マテリアル
リサイクル

耐高電圧のため架橋
高耐熱性材料
→マテリサ不向き

サーマル
リサイクル
or 埋立

0.5～1万ﾄﾝ／年
・・・増加傾向
（既設電線寿命到来）





Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# 社外試験舗装

一般の商業施設を含め、様々なところで実用性能評価中

研究所構内 2021.3
(概念実証)

研究所正面玄関前 2024.6

イオンそよら浜松西伊場 2023.9

ENEOSプラットフォームひたち野うしくSS 2024.3



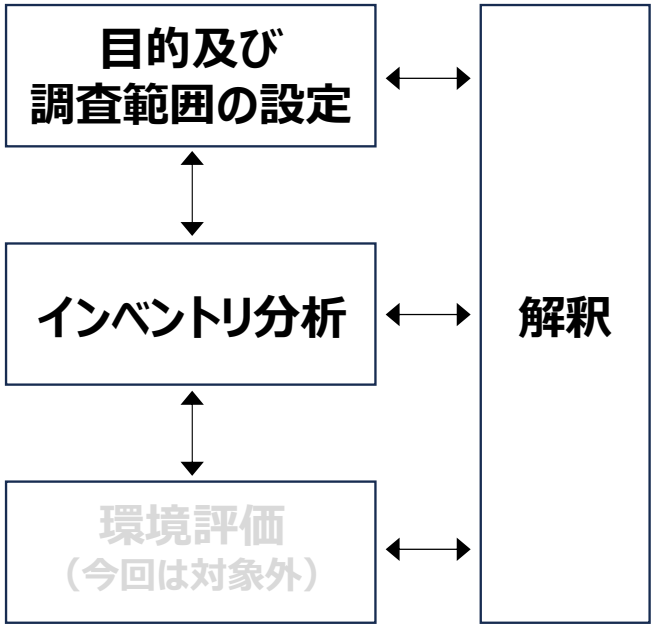
Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# LCAの手順

LCAとは製品の原材料の採取から製造、使用及び処分に至る生涯（ゆりかごから墓場まで）を通しての環境側面及び潜在的影響を調査するものである。

LCAはISO14040（環境マネジメントーライフサイクルアセスメントー原則及び枠組み）に準拠して実施

LCAを実施するための基本的な枠組み




**目的及び調査範囲の設定**
- 目的の設定
- 製品システム・境界・機能単位の設定

**インベントリ分析**
- データの収集・集計

**解釈**
- データの収集・集計

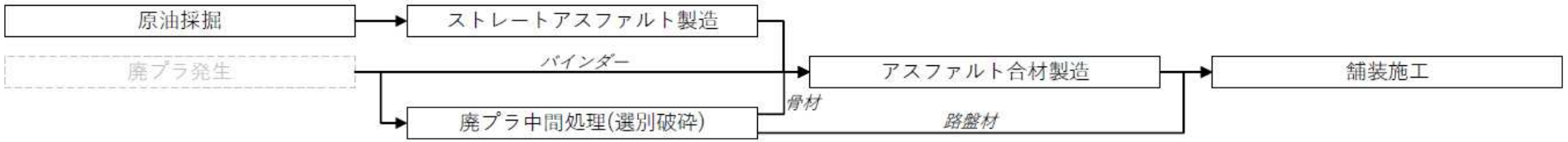


ENEOS株式会社

Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# LCAの進め方：目的及び調査範囲の設定

$CO_2$削減効果は従来型の舗装材料との比較により算出

| | | | |
|---|---|---|---|
| 調査目的 | | | 従来型の舗装材料を廃プラアスファルト舗装に代替することで、ライフサイクルを通して削減される$CO_2$排出量を算出することを目的とする。（尚、調査範囲は代替により差分が生じる工程と設定する。） |
| 調査範囲 | 機能単位 | | 評価対象の舗装材料の機能は、“駐車場・道路の提供”とし、一定の舗装面積を舗装することとする。 |
| | 製品システムと境界 | 既存製品 | |
| | | 新規製品 |  |





ENEOS株式会社

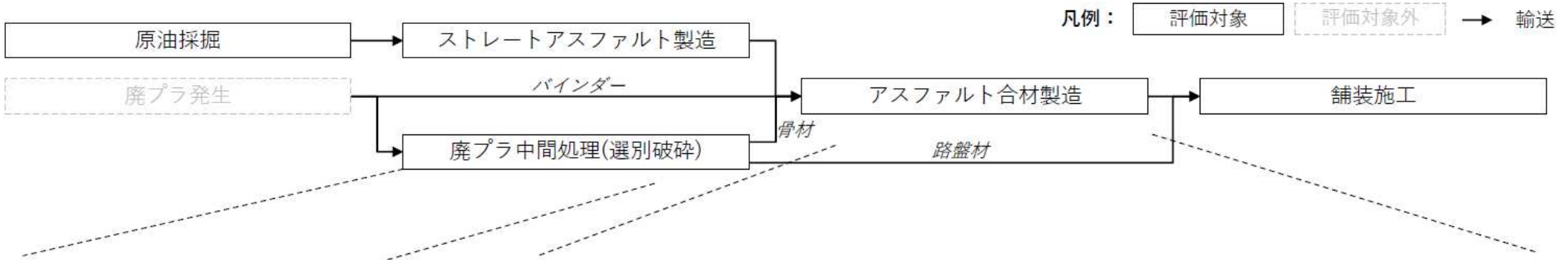
Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

社内限り

# LCAの進め方：インベントリ分析

製品システムの項目毎に、投入・産出物とその量のデータを収集。$CO_2$排出量原単位※を掛けて、$CO_2$排出量を算出

インベントリ分析におけるデータ収集、$CO_2$排出量への換算（イメージ）




| 投入/産出物 | | 量 | 単位 |
|---|---|---|---|
| 投入 | XXX | XXX | Kg |
| | XXX | XXX | Kg |
| | 電力 | XXX | kWh |
| 産出物 | DEF | 0.5 | kg |

…

| 投入/産出物 | | 量 | 単位 | | 原単位 | 単位 | | $CO_2$排出量 | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 投入 | ABC | 0.5 | Kg | × | XXX | Kg-$CO_2$/kg | = | XXX | Kg-$CO_2$ |
| | DEF | 0.5 | Kg | × | XXX | Kg-$CO_2$/kWh | = | XXX | Kg-$CO_2$ |
| | 電力 | XXX | kWh | × | XXX | Kg-$CO_2$/kg | = | XXX | Kg-$CO_2$ |
| 産出物 | 製品A | 1 | kg | | - | - | | XXXX | Kg-$CO_2$ |

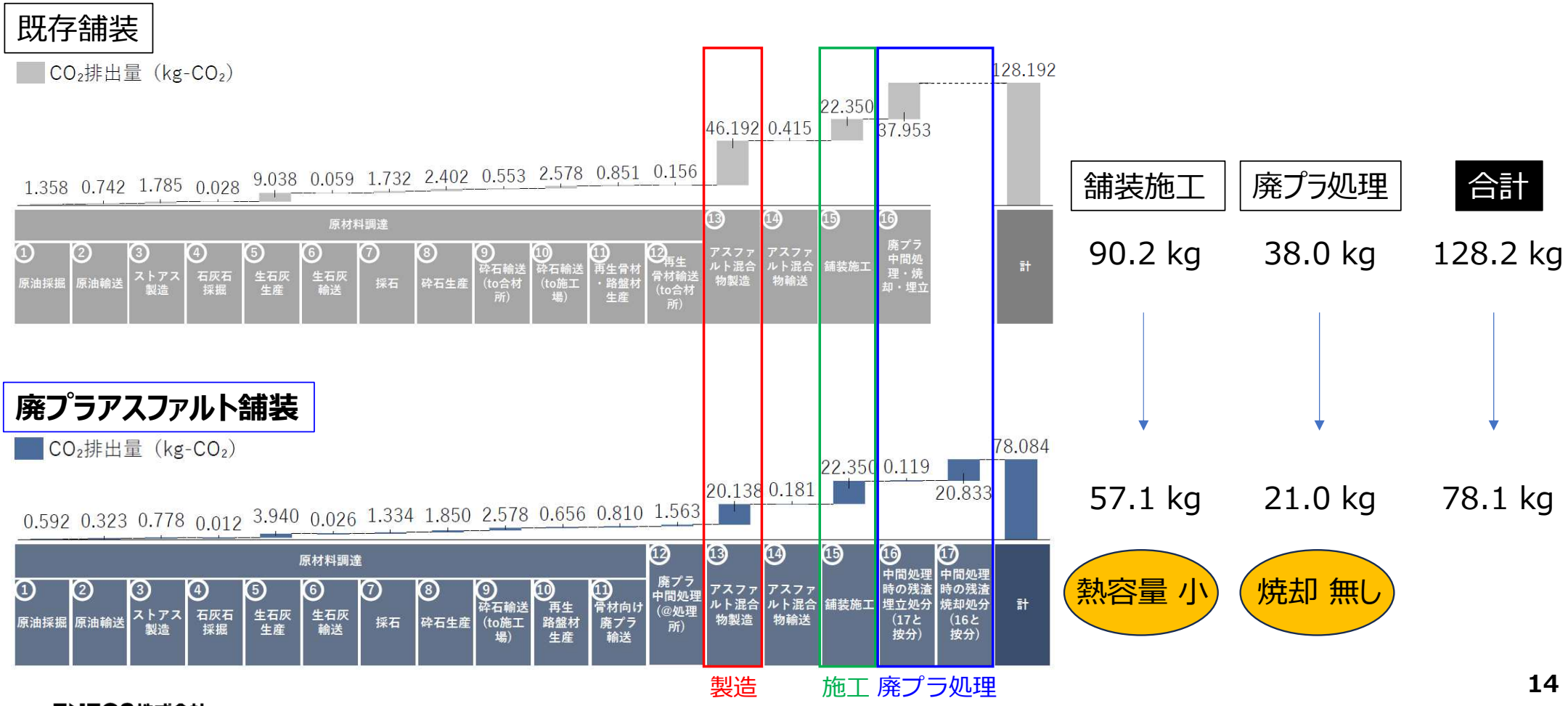


ENEOS株式会社

Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# LCAの進め方：解釈－LCA試算結果（舗装面積1㎡当たり$CO_2$排出量）

廃プラは石よりも熱容量が小さいため、昇温しやすい。廃プラを燃やさなくなること以上の削減効果が産まれる




| | 舗装施工 | 廃プラ処理 | 合計 |
|---|---|---|---|
| 既存舗装 | 90.2 kg | 38.0 kg | 128.2 kg |
| 廃プラアスファルト舗装 | 57.1 kg | 21.0 kg | 78.1 kg |

熱容量 小

焼却 無し



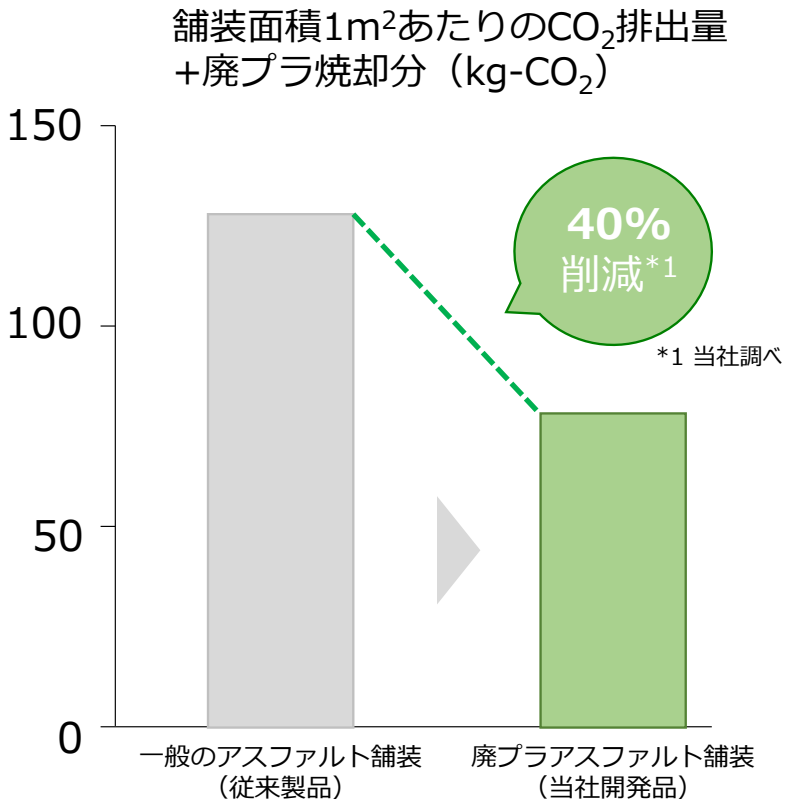
ENEOS株式会社

Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

# $CO_2$削減効果（当社調べ）

社内限り

従来舗装と比較して、40%程度の$CO_2$削減効果が見込まれる




駐車場2台分（約25m²）に敷設すると・・・

| 架橋ポリエチレン使用量 | $CO_2$削減効果 |
|---|---|
| 1.0 t | 1.2 t |
| 一般的な電線<br>12.5km分相当 | ガソリン満タン給油<br>10回分相当 |
| ※一般的な電線：6.6kV CVTケーブル | ※給油タンク 50Lを想定 |


Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.

## まとめ及び今後の展開

- 電線被覆材の廃材を骨材に全量使用して
  アスファルト舗装を作れることを見い出した。（100%有機物）

- 5,000t／年の架橋ポリエチレン廃材の舗装利用により、
  6,250t-$CO_2$／年の削減効果が見込まれる。

- 今後は本技術の商業化（スケールアップ）および
  他廃プラへの適用を進めて行く。

- 最終的に“道路用廃プラ”のような流れを作りたい。


Copyright © ENEOS Corporation All Rights Reserved.