

ChemCycling™:

ライフサイクルアセスメント (LCA) による環境評価

2020年5月 ドイツ ルートヴィッヒスハーフェン



ChemCycling™のライフサイクルアセスメント (LCA) 手法

目標: 混合プラスチック廃棄物*の様々なエンド・オブ・ライフ・オプションと、バージンプラスチックの生産を比較することにより、ケミカルリサイクル製品の環境への影響を評価すること



LCA研究は、廃棄、製品、プラスチックの品質という観点から、**3つの研究**で構成されています。



LCA研究はISO 14040/44に準拠した第三者機関により実施され、**3名の第三者専門家**によるレビューを受けています。



LCAは、可能な限り、既存の商業プラントから入手した質の高いデータを用いて算出されています。

ChemCycling™のライフサイクルアセスメント (LCA)

各ISO 14040シリーズへの対応

3つの研究

- **廃棄面:** 混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合と焼却した場合の比較
- **製品面:** 熱分解油を原料としたプラスチックと、従来の化石資源 (ナフサ)由来のプラスチックとの比較
- **プラスチックの品質面:** バージンプラスチック 1トンのライフサイクルを、3つのエンド・オブ・ライフ・オプションで比較

レビュー結果

- 「... LCA研究は、ライフサイクルアセスメント (ISO 14040:2006およびISO 14044:2006) の国際基準に沿ったものであり、整合性がとれています。」
- レビューに関するコメントは、要望に応じてコミッショナーより入手可能。

コミッショナー/LCA実施者

Dr. Christian Krüger



Manfred Russ



クリティカルレビューパネル

Prof. Adisa Azapagic
(Panel Chair)



Dr. Florian Antony

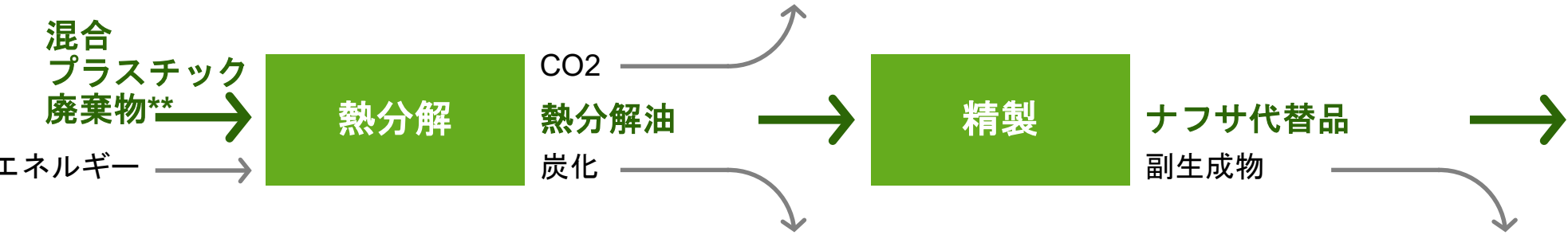


Simon Hann



補足説明:熱分解について

混合プラスチック廃棄物を化学工業用の二次原料に変換する効率的なプロセス



→ サプライヤー | BASF →

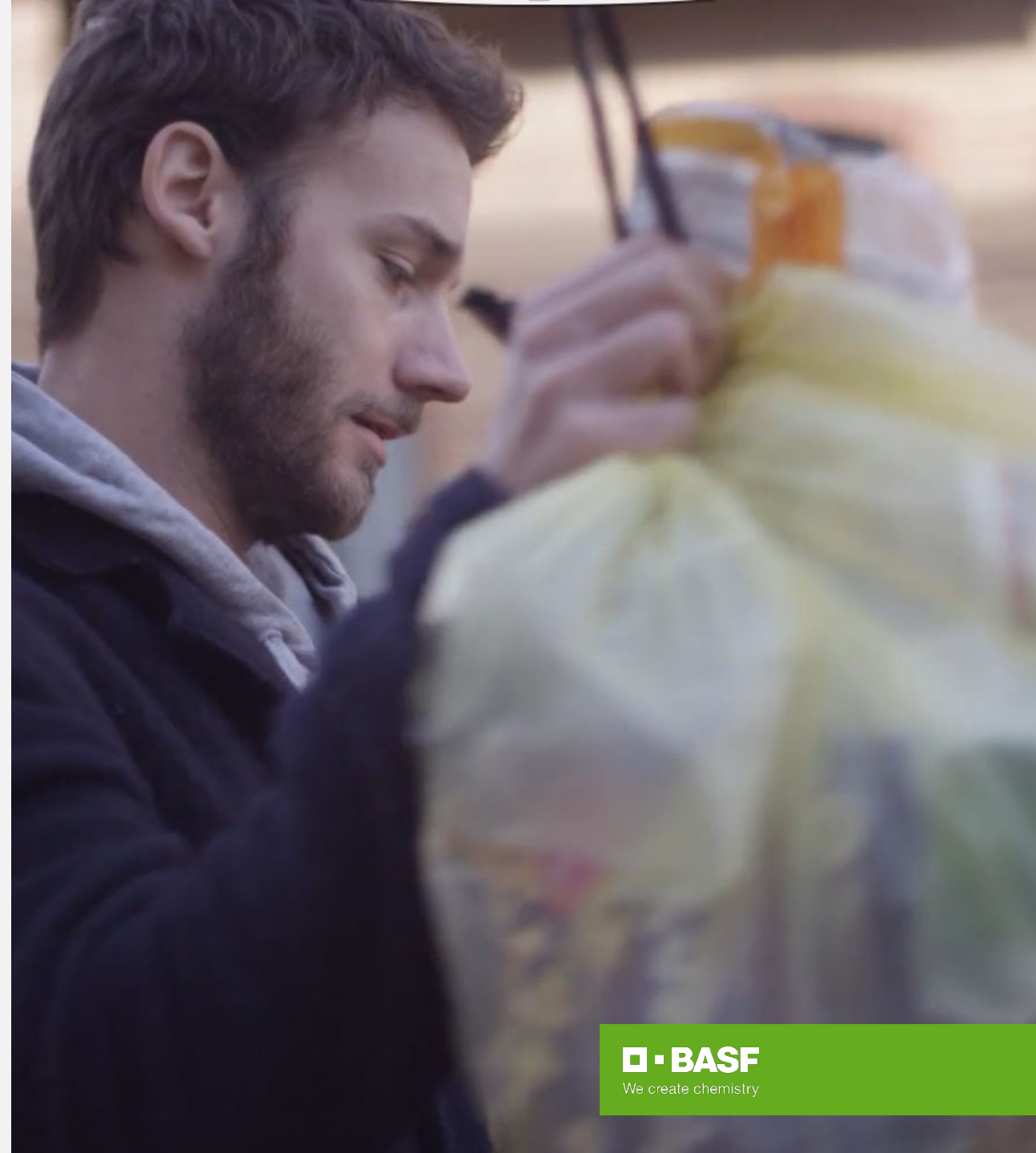
4 * マスバランス方式を適用
** 選別工場から

LCA ChemCycling™

結果概要

ケミカルリサイクルはCO2排出量の削減に貢献

- 混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合、焼却に比べてCO2排出量が50%削減される
- ナフサ(一次化石原料)の代替として、熱分解油(マスバランス方式による二次原料)を原料として製品を製造した場合、CO2排出量が削減される。CO2排出量が少ない理由は、混合プラスチック廃棄物の焼却が省かれるためである
- 混合プラスチック廃棄物をケミカルリサイクル(熱分解)した場合も、マテリアルリサイクルした場合も、CO2排出量は同程度である。ケミカルリサイクル製品の品質がバージン材と同等であること、また、通常、材料を投入する際に選別し取り除かれる量が、マテリアルリサイクルに比べて少ないことが考慮されてる。



LCA研究1

廃棄面

混合プラスチック廃棄物の熱分解は焼却と比較して、よりCO₂排出量を削減することができるのか？

混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合と焼却した場合のCO2排出量を比較

ケーススタディでは、混合プラスチック廃棄物1トン、異なるエンド・オブ・ライフ・オプションでライフサイクルを比較

インプット

- パッケージ用混合プラスチック廃棄物1トン (ドイツのイエローバッグ)

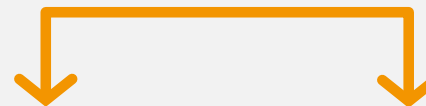
プロセス

- 前処理・精製を含む熱分解
- 焼却 (MSWI、RDF) *

アウトプット

- **熱分解:** 化学工業用原料油の効率的生産 (材料収率:70%、内部エネルギー回収により外部エネルギーはほとんど不要)
- **焼却:** 焼却で発生する電気と蒸気は外部電力供給分 (石油・天然ガス) を代替する。

7 * MSWI=自治体の一般廃棄物焼却;
RDF=廃棄物固形燃料化 (石炭火力発電所・セメント工場を除く)



ナフサの代替
(原油ベース)

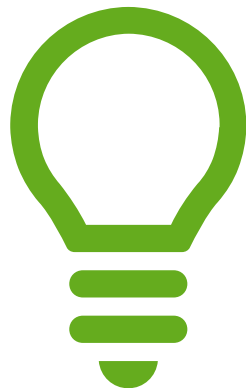


蒸気や
電気の生成

混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合と焼却した場合のCO2排出量を比較

結果

- 混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合、焼却した場合と比較して、CO2排出量が50%削減される。
- 具体的には、混合プラスチック廃棄物1トンあたり、熱分解の場合は焼却に比べてCO2の排出量が1トン削減される。



CO₂ emissions [kg CO₂e/t waste]

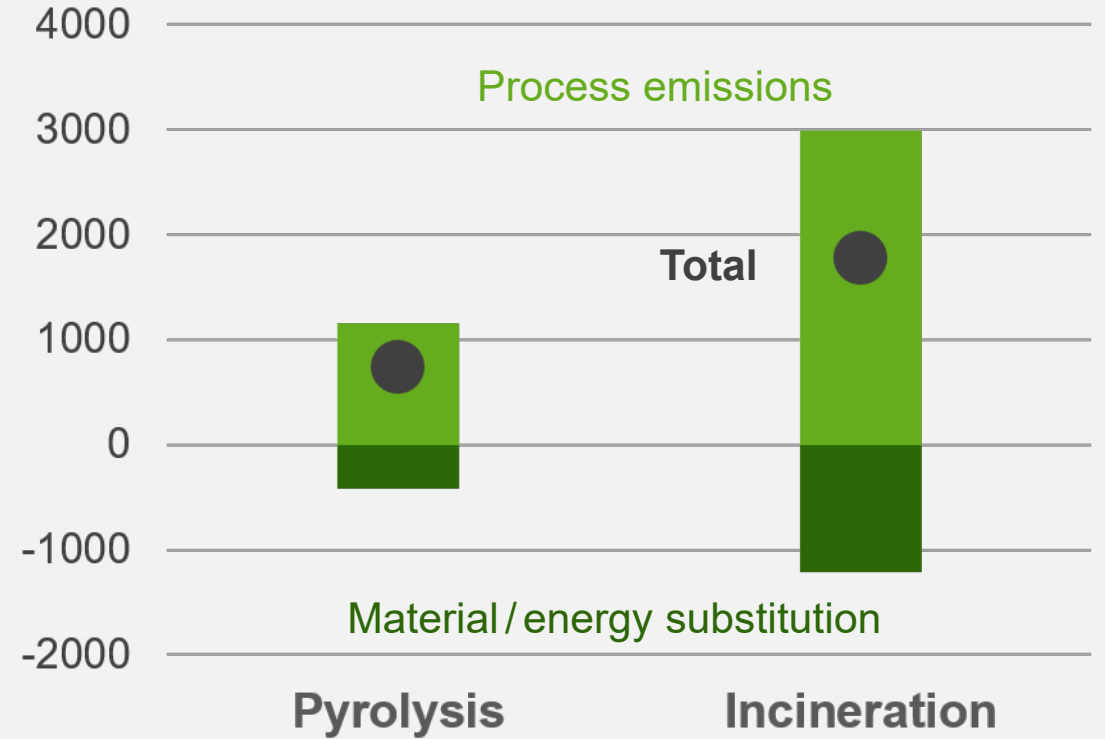


Fig. 1: Pyrolysis of 1t mixed plastic waste emits, in total, 739 kg CO₂e.
Incineration of 1t mixed plastic waste emits, in total, 1777 kg CO₂e.

混合プラスチック廃棄物を熱分解した場合と焼却した場合のCO₂排出量を比較

説明

- 熱分解は、焼却に比べて直接的な排出量が少ない (ライトグリーン)
- すべてのCO₂排出量と削減量を考慮すると、どちらのプロセスも削減に貢献する (ダークグリーン)
 - ▶ 熱分解: 熱分解油が化学品生産における化石原料に代替することによるCO₂削減
 - ▶ 焼却: 焼却によって得られるエネルギーは、外部電力供給分の代替となるためCO₂削減に貢献

CO₂ emissions [kg CO₂e/t waste]

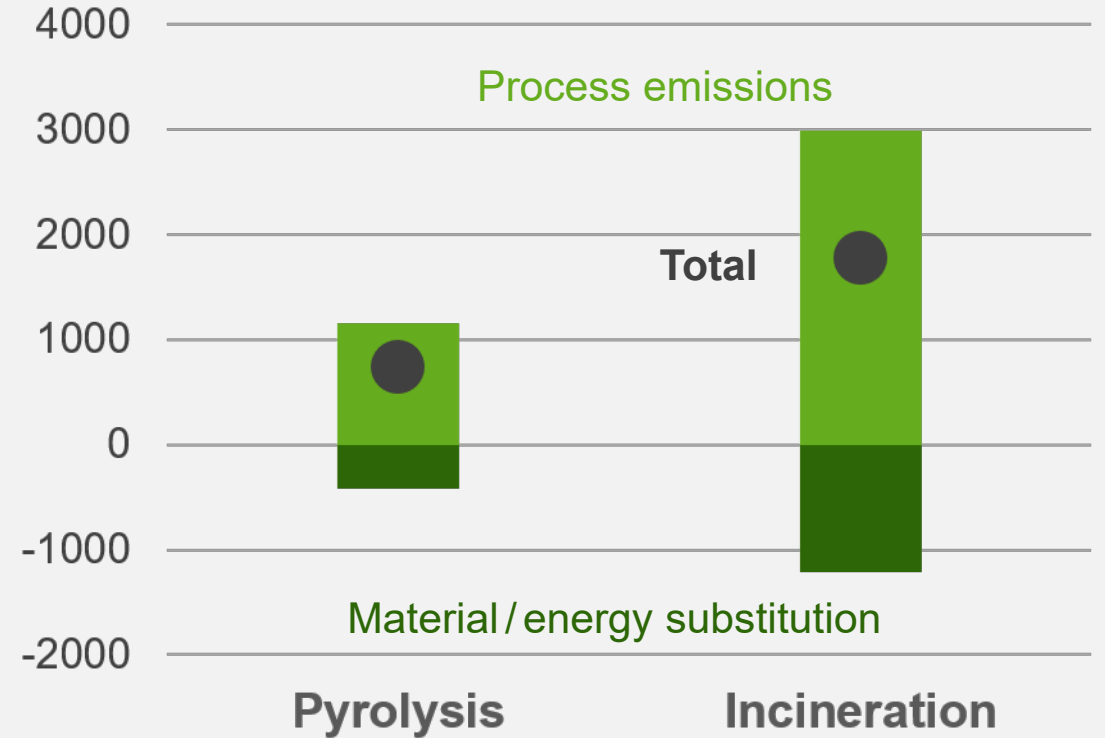


Fig. 1: Pyrolysis of 1t mixed plastic waste emits, in total, 739 kg CO₂e.
Incineration of 1t mixed plastic waste emits, in total, 1777 kg CO₂e.

LCA研究2

製品面

熱分解油を原料としたプラスチックのCO₂排出量は、化石資源ナフサ由来のものとは比べて少ないのか？

熱分解油由来とナフサ由来のプラスチック製造におけるCO2排出量の比較

ケーススタディでは、プラスチックを1トン生産した場合のライフサイクルを比較

インプット

- 混合プラスチック廃棄物由来の熱分解油 (ドイツのイエローバッグ)
- 原油由来のナフサ

プロセス

- スチームクラッカーでのエチレン生産およびLDPE (低密度ポリエチレン) への重合

アウトプット

- ケミカルリサイクル: LDPE (熱分解油を原料とする)
- 従来プロセス: LDPEバージン (ナフサを原料とする)

油
廃棄物熱分解*由来



ケミカル
リサイクル
プラスチック

ナフサ
原油由来



従来の製造
プラスチック



化学
プロセス

熱分解油由来とナフサ由来のプラスチック製造におけるCO2排出量の比較

結果

- マスバランス方式のもとで熱分解油を原料として製品を製造した場合、CO2排出量が削減される。CO2排出量が少ない理由は、混合プラスチック廃棄物の焼却が省かれるためである。
- 特にLDPEを製造した場合：
マスバランス方式のもとで熱分解油からLDPEを1トンを製造した場合、化石資源ナフサ由来の同量のLDPEと比べてCO2排出量を2.3トン削減することができる。

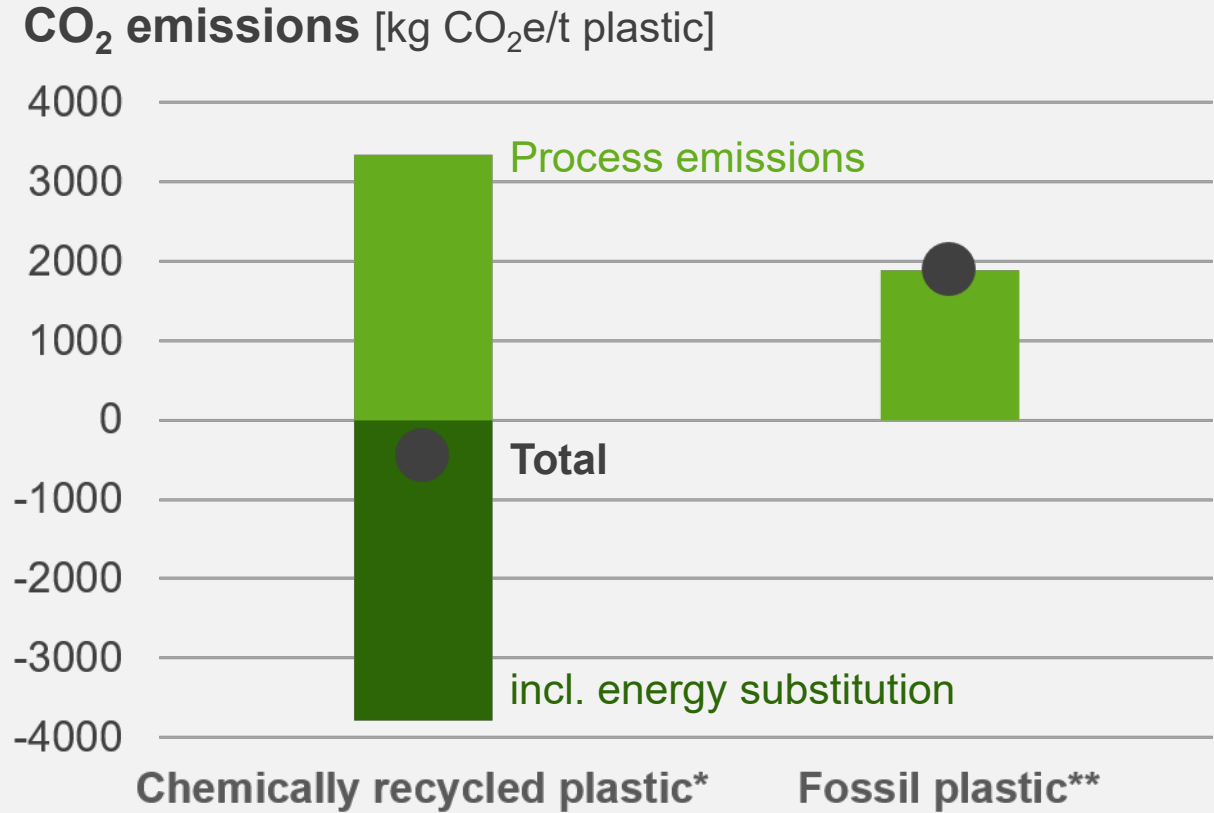
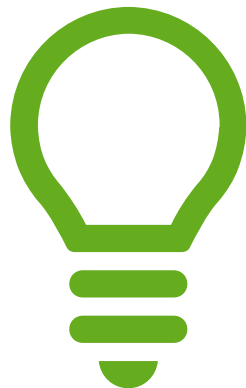


Fig. 2: Conventional production of 1t LDPE emits, in total, 1894 kg CO₂e. For the production of 1t LDPE via pyrolysis a negative number of -477 can be accounted for the overall CO₂ emissions.

* pyrolysis used as chemical recycling technology

** from primary fossil resources

熱分解油由来とナフサ由来のプラスチック製造におけるCO2排出量の比較

説明

- ケミカルリサイクルによるプラスチックの直接のCO2排出量は、化石ナフサ由来のバージン材より多い。これはナフサのサプライチェーンにおける効率性が極めて高いためである。(ライトグリーン)
- 一方で、ケミカルリサイクルによるプラスチックには、プラスチック廃棄物を焼却しないことで生まれるCO2削減効果が計上される。(ダークグリーン)
- 総合的に比較した結果、ケミカルリサイクルによるプラスチックの方が、化石由来のプラスチックに比べて、優位性がある。

CO₂ emissions [kg CO₂e/t plastic]

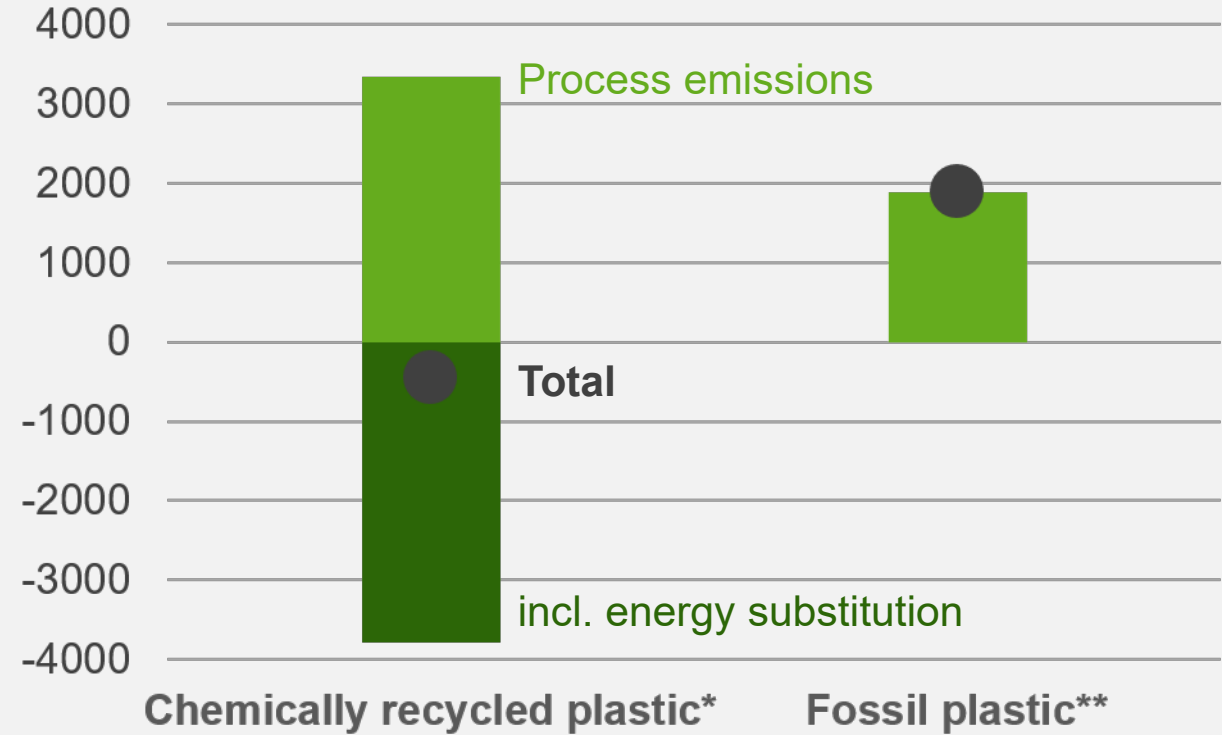


Fig. 2: Conventional production of 1t LDPE emits, in total, 1894 kg CO₂e. For the production of 1t LDPE via pyrolysis a negative number of -477 can be accounted for the overall CO₂ emissions.

* pyrolysis used as chemical recycling technology

** from primary fossil resources

LCA研究3

プラスチックの品質面

ケミカルリサイクルによるプラスチックのCO₂排出量は、
マテリアルリサイクルに比べて少ないのか？

バージンプラスチック1トンが排出するCO2を、3つのエンド・オブ・ライフ・オプションで比較した場合

ケーススタディでは、1トンの化石原料由来のプラスチックおよび二次材料の製造を含む3つの異なるエンド・オブ・ライフ・オプションのライフサイクルを比較（ドイツのイエローバッグの構成物を反映）

インプット

- 石油・ガスを原料としたバージンプラスチック由来の混合プラスチック廃棄物

プロセス

- 熱分解（前処理・精製・選別ロスの焼却を含む）+化学プロセス;マスマランス方式を適用
- マテリアルリサイクル（前処理・押出・選別ロスを含む）
- 焼却（MSWI、RDF）*

アウトプット

- 熱分解では、バージン材並の高性能樹脂が生産される。
- マテリアルリサイクルでは、非バージンプラスチック**が生産される。
- 焼却では、電力と蒸気が発生し、外部から提供される電力や蒸気の代替となる。

* MSWI=一般廃棄物焼却;RDF=廃棄物固形燃料化（石炭火力発電所・セメント工場を除く）の焼却

** 品質ファクター:0.5（EU委員会の「Circular Footprint Formula」より）



*** 材料のロスは焼却

バージンプラスチック1トンが排出するCO₂を、3つのエンド・オブ・ライフ・オプションで比較した場合

結果

- 混合プラスチック廃棄物をケミカルリサイクル(熱分解)した場合も、マテリアルリサイクルした場合も、CO₂排出量は同程度である。
- ケミカルリサイクル製品の品質がバージン材と同等であること、また、通常、材料を投入する際に選別し取り除かれる量が、マテリアルリサイクルに比べて少ないことが考慮されてる。



CO₂ emissions [kg CO₂e/t product]

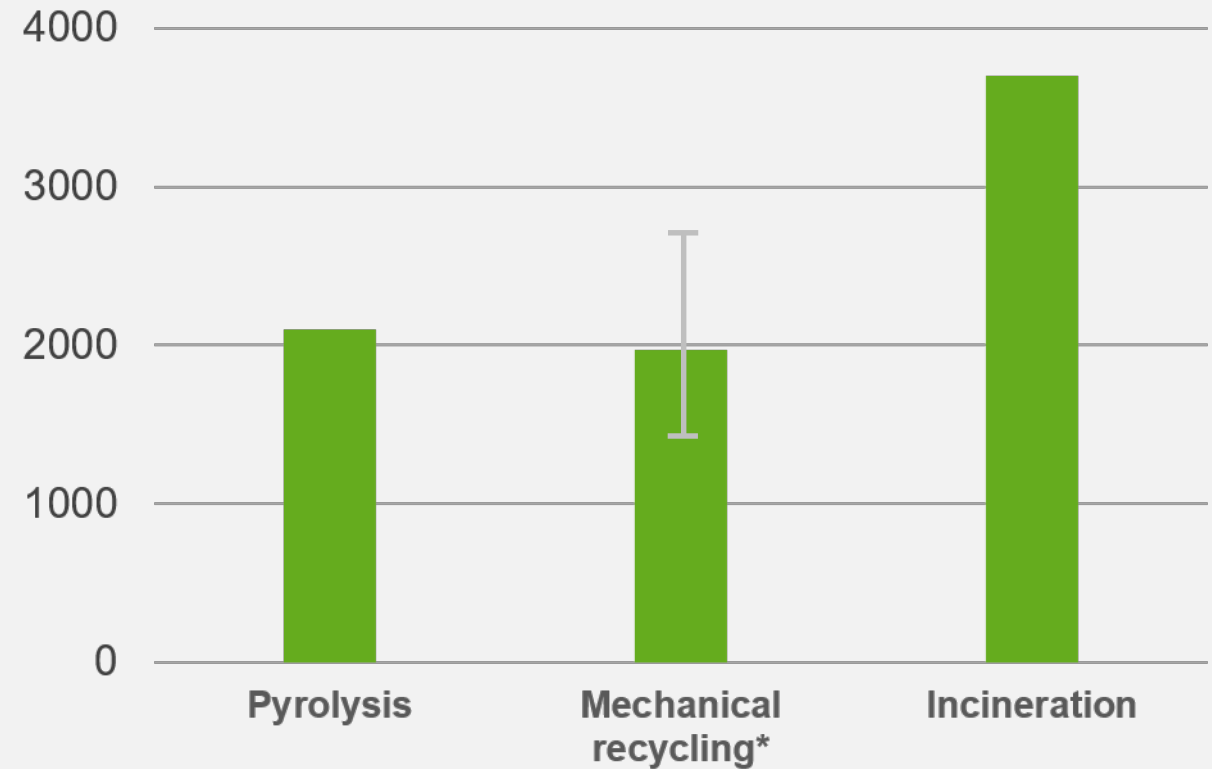


Fig. 3: Production and end-of-life treatment of 1t of plastics via pyrolysis emit 2,100 kg CO₂e, whereas production and end-of-life treatment of 1t of plastics via mechanical recycling emits 1,973kg CO₂e. Production and incineration of 1t of plastics emits 3,700 kg CO₂e.

* The error bar reflects the different scenarios by changing the quality factor and the material loss rates after sorting of waste

バージンプラスチック1トンが排出するCO₂を、3つのエンド・オブ・ライフ・オプションで比較した場合

説明

- ケミカルリサイクルまたはマテリアルリサイクルによる原料を使用して製造したプラスチックは、焼却されるバージン化石原料由来の製品に比べてCO₂排出量が大幅に少ない。
- ケミカルリサイクルおよびマテリアルリサイクルによる製品の品質の違いを検討するため、*Circular Footprint Formula*を適用した。ケミカルリサイクルでは、バージン材の品質(品質係数=1)を達成することができるのに対し、マテリアルリサイクルは非バージン材の品質となる。経済的考慮により、0.5の品質係数を使用した。
- 熱分解の収率は70%で、マテリアルリサイクルの材料損失率は最大55%*である。

* 選別工場から始まる。出典:Öko-Institut/Insitute for Applied Ecology (2016年)
Umweltpotenziale der getrennten Erfassung und des Recycling von Wertstoffen
Dualen System

CO₂ emissions [kg CO₂e/t product]

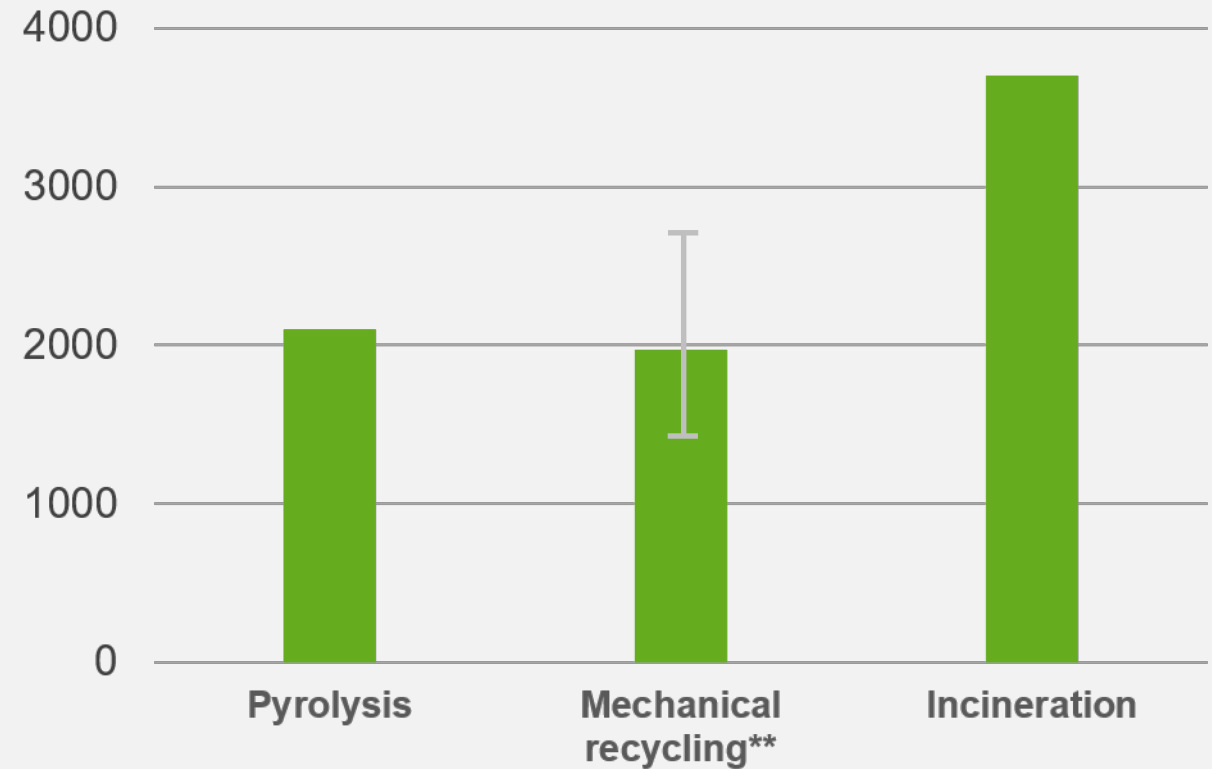


Fig. 3: Production and end-of-life treatment of 1t of plastics via pyrolysis emit 2,100 kg CO₂e, whereas production and end-of-life treatment of 1t of plastics via mechanical recycling emits 1,973kg CO₂e. Production and incineration of 1t of plastics emits 3,700 kg CO₂e.

** The error bar reflects the different scenarios by changing the quality factor and the material loss rates after sorting of waste



We create chemistry