

# アメリカ産・ブラジル産エタノールの ライフサイクルGHG排出量の既定値の見直しについて

## 論点② GHG排出量の既定値、削減基準

主な論点	現行告示の内容	検討における留意事項
<u>揮発油のLCAでのGHG排出量</u>	揮発油のLCAでのGHG排出量 (88.74gCO <sub>2</sub> eq/MJ)	揮発油のLCAでのGHG排出量の実態
<u>ブラジル産サトウキビ由来エタノール、米国産トウモロコシ由来エタノールにおけるGHG排出量の既定値</u>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ブラジル産サトウキビ由来エタノールの既定値： 33.61gCO<sub>2</sub>e/MJ</li> <li>米国産トウモロコシ由来エタノールの既定値： 43.15gCO<sub>2</sub>e/MJ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>最新のブラジル産及び米国産のエタノールのGHG排出量の実態</li> <li>海外制度における既定値の最新情報</li> </ul>
<u>GHG排出量削減基準</u>	バイオエタノールの利用に当たっては、LCAでのGHG排出量が揮発油のLCAでのGHG排出量（88.74gCO <sub>2</sub> eq/MJ）と比較して <u>45%未満</u> であるものとする。	<ul style="list-style-type: none"> <li>国内の類似制度や海外制度における検討状況</li> <li>（ブラジル産及び米国産エタノールのGHG排出量の実態、それを踏まえたそれぞれの既定値）</li> </ul>

# 本日も議論いただきたいこと

- アメリカ産とうもろこし由来のエタノール及びブラジル産さとうきび由来のエタノールについて、LCAの専門家等へのヒアリングや最新のデータ等を踏まえて、ライフサイクル（LC）GHG排出量を試算（一部、専門家に確認中の部分有り）。
- 軽油等の化石燃料の電化、肥料や化学物質等のGHG排出量の減少、国際輸送時の燃費向上等により、アメリカ産エタノール及びブラジル産エタノールのLCGHGが低減。これを踏まえ、既定値の見直し案を策定。

## （米国）



- ・現行既定値：43.15 → 見直し案：37.10（▲6.05）
- ・現行告示の揮発油のLCGHG（88.74gCO<sub>2</sub>/MJ）比▲58%に相当

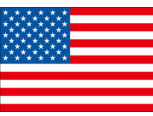
## （ブラジル）



- ・現行既定値：33.61 → 見直し案：25.65（▲7.96）
- ・現行告示の揮発油のLCGHG（88.74gCO<sub>2</sub>/MJ）比▲71%に相当

- 本試算にあたって、アメリカ産とうもろこし由来のエタノールについては、これまで既定値の策定時に参照していた米国アルゴンヌ国立研究所の最新の「GREETモデル」を活用しており、ブラジル産さとうきび由来のエタノールについては、CORISIAの既定値策定時に参照されたデータを活用した。  
各委員におかれては、前回既定値を策定した2018年から、新たに参照可能な情報も増えていると考えられ、試算及び既定値の見直し案の内容や、他に参照すべき資料や追加的に勘案すべき要素等がないか、ご議論いただきたい。

# 現行告示におけるアメリカ産とうもろこし由来エタノールのLCGHG排出量の既定値



- 第二次告示において、アメリカ産とうもろこし由来エタノールのLCGHG排出量の既定値を定めた。
- バイオ燃料を含む燃料のLCAで著名な**米国アルゴンヌ国立研究所のGREETモデル**（当時の最新版であったCa-GREET 2.0）を主に参照。
- その他、エタノール製造工程におけるエネルギー消費については、イリノイ大学、ミネソタ大学の論文値を参照。

## アメリカ産とうもろこし由来エタノールの現行既定値

工程		LCGHG (gCO2/MJ)
原料栽培	化学物質等投入	7.21
	施肥	9.45
	機械によるエネルギー利用	2.68
原料輸送	国内輸送	1.30
エタノール製造	エネルギー消費	10.08
	化学物質製造	1.44
エタノール輸送	国内輸送	3.09
	国際輸送	7.90
合計		<b>43.15</b>

## 既定値算定における主な参照資料

Ca-GREET 2.0	<a href="https://www.lifecycleassociates.com/lca-tools/ca_greet/">https://www.lifecycleassociates.com/lca-tools/ca_greet/</a>
Univ. of Minnesota 2008	Minnesota Technical Assistance Program, Ethanol Benchmarking and Best Practices, March 2008
University of Illinois 2012	2012 Corn Ethanol: Emerging Plant Energy and Environmental Technology

# アメリカ産とうもろこし由来エタノールの既定値の見直し案



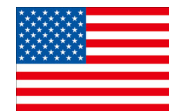
- 米国のエタノールLCAに関する専門家へのヒアリング等を踏まえ、以下の方針に基づきアメリカ産とうもろこし由来エタノールの既定値を見直してはどうか。
  - 算定に用いる主要パラメータについて、2022年10月に公表されたGREET 2022のデータに更新。
  - 副産物（DDGs、コーン油）へのアロケーション比率を、GREET 2022データを参照して更新。

## アメリカ産とうもろこし由来エタノールの既定値見直し案

工程		LCGHG (gCO2/MJ)	
		現行既定値	見直し案
原料栽培	化学物質等投入	7.21	5.90
	施肥	9.45	8.95
	機械によるエネルギー利用	2.68	2.51
原料輸送	国内輸送	1.30	0.97
エタノール製造	エネルギー消費	10.08	10.16
	化学物質製造	1.44	1.18
エタノール輸送	国内輸送	3.09	3.2
	国際輸送	7.90	4.2
合計		<b>43.15</b>	<b>37.10※</b>

※現行告示の揮発油のライフサイクルGHG (88.74gCO2/MJ) 比▲58%に相当。

# 原料栽培に関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- とうもろこしの栽培に関するエネルギー等の投入量や排出係数を、GREET 2022の値に更新。

## 栽培時投入量

## 排出係数

現行既定値

栽培時投入量			排出係数				
項目		投入量	項目	CO2	CH4	N2O	
エネルギー (Btu/bushel)	軽油	4,730	エネルギー (g/MMbtu)	軽油	96,024	120	1.17
	ガソリン	1,413		ガソリン	80,635	124	1.42
	天然ガス	1,301		天然ガス	63,697	596	1.53
	LPG	1,723		LPG	81,463	153	5.04
	電力	441		電力	183,127	331	3.62
肥料 (g/bushel)	N肥料	423	肥料 (g/kg)	N肥料	3,170	4.02	10.41
	P2O5	146		P2O5	1,685	0.04	3.73
	K2O	151		K2O	649	0.01	1.14
化学物質 (g/bushel)	石灰	1,150	化学物質 (g/kg)	石灰	13.64	0.00	0.02
	除草剤	7.0		除草剤	20,062	0.38	32.93
	殺虫剤	0.06		殺虫剤	23,445	0.40	39.40

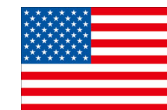


見直し案  
(GREET 2022)

栽培時投入量			排出係数				
項目		投入量	項目	CO2	CH4	N2O	
エネルギー (Btu/bushel)	軽油	<b>5,200</b>	エネルギー (g/MMbtu)	軽油	<b>90,936</b>	112	1.16
	ガソリン	<b>802</b>		ガソリン	<b>87,297</b>	139	4.02
	天然ガス	<b>479</b>		天然ガス	63,502	616	1.53
	LPG	<b>1,026</b>		LPG	79,271	145	5.01
	電力	<b>1,326</b>		電力	<b>161,377</b>	355	4.26
肥料 (g/bushel)	N肥料	401	肥料 (g/kg)	N肥料	2,816	2.00	26.26
	P2O5	151		P2O5	1,854	0.04	7.48
	K2O	152		K2O	523	0.01	1.02
化学物質 (g/bushel)	石灰	<b>1,457</b>	化学物質 (g/kg)	石灰	<b>9.23</b>	0.00	0.01
	除草剤	5.85		除草剤	<b>17,851</b>	0.34	31.24
	殺虫剤	0.01		殺虫剤	<b>20,483</b>	0.35	37.05

※数値が大きく変わった項目について、GHG排出量が増える方向の値を赤、減る方向の値を青で示す（以降同様）

# 原料輸送に関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- 現行既定値と同様に、農場からサイロまでは中型トラック、サイロからエタノール工場は大型トラックでの輸送を想定し、**燃費及び排出係数をGREET 2022の値に更新。**

## 輸送手段等

## 排出係数 (g/MMbtu)

現行既定値

項目	輸送手段	片道輸送距離 (mile)	平均燃費 (Btu/t・mile)
農場→サイロ	中型トラック	10	1,702
サイロ→エタノール工場	大型トラック	40	1,781

項目	CO2	CH4	N2O
軽油	96,024	120	1.17

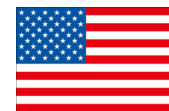


見直し案  
(GREET 2022)

項目	輸送手段	片道輸送距離 (mile)	燃費 (Btu/t・mile)
農場→サイロ	中型トラック	10	<b>2,401</b>
サイロ→エタノール工場	大型トラック	40	<b>1,071</b>

項目	CO2	CH4	N2O
軽油	<b>91,212</b>	118	0.49

# エタノール製造に関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- エタノール製造に関するエネルギー及び化学物質の投入量や排出係数をGREET 2022の値に更新。

## 燃料製造時投入量

## 排出係数

現行既定値



見直し案  
(GREET 2022)

項目		投入量
エネルギー (Btu/gallon)	天然ガス	24,500
	電力	2,532
化学物質 (kg/gallon)	アルファアミラーゼ	2.64
	グルコアミラーゼ	5.68
	酵母	2.88
	硫酸	18.07
	アンモニア	18.07
	水酸化ナトリウム	22.66
	石灰	10.81

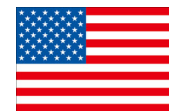
項目		CO2	CH4	N2O
エネルギー (g/MMbtu)	天然ガス	63,697	596	1.53
	電力	183,127	331	3.62
化学物質 (g/kg)	アルファアミラーゼ	1,398	2.89	0.031
	グルコアミラーゼ	6,253	12.53	0.885
	酵母	2,320	6.42	0.073
	硫酸	44	0.07	0.001
	アンモニア	2,233	6.66	0.053
	水酸化ナトリウム	2,187	4.41	0.047
	石灰	1,159	0.63	0.001

項目		投入量
エネルギー (Btu/gallon)	天然ガス	<b>22,386</b>
	電力	<b>2,098</b>
化学物質 (kg/gallon)	アルファアミラーゼ	2.51
	グルコアミラーゼ	5.40
	酵母	2.74
	硫酸	4.64
	アンモニア	17.79
	水酸化ナトリウム	22.31
	石灰	10.64

項目		CO2	CH4	N2O
エネルギー (g/MMbtu)	天然ガス	65,576	<b>205</b>	1.66
	電力	<b>161,377</b>	355	4.26
化学物質 (g/kg)	アルファアミラーゼ	1,053	2.60	0.025
	グルコアミラーゼ	<b>4,671</b>	11.47	0.802
	酵母	2,125	7.63	0.065
	硫酸	38	0.06	0.001
	アンモニア	1,982	18.95	0.039
	水酸化ナトリウム	1,774	4.54	0.041
	石灰	1,146	0.62	0.001



# エタノール輸送に関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- 現行既定値と同様に、国内は、イリノイ及びアイオワからヒューストンまでのエタノール輸送、海上輸送は、ヒューストンから日本までの輸送を想定し、それぞれの輸送手段、燃料種、輸送距離を設定。
- **燃費及び排出係数については、GREET 2022の値に更新。**

## <米国内輸送>

### 輸送手段等

### 排出係数 (g/MMbtu)

現行既定値



見直し案  
(GREET 2022)

項目	輸送手段	燃料種	片道輸送距離 (mile)	平均燃費 (Btu/t・mile)
イリノイ→シカゴ	ローリー	軽油	50	1,189
シカゴ→ヒューストン	内航船	重油	1,700	306
アイオワ→セントルイス	鉄道	軽油	100	326
	ローリー	軽油	250	1,189
セントルイス→ヒューストン	内航船	重油	1,371	306

確認不能

項目	輸送手段	燃料種	片道輸送距離 (mile)	平均燃費 (Btu/t・mile)
イリノイ→シカゴ	ローリー	軽油	50	643
シカゴ→ヒューストン	内航船	重油	1,700	223
アイオワ→セントルイス	鉄道	軽油	100	273
	ローリー	軽油	250	643
セントルイス→ヒューストン	内航船	重油	1,371	223

	CO2	CH4	N2O
ローリー	91,212	118	0.5
バージ	94,749	103	2.2
鉄道	90,856	119	2.4

## <海上輸送>

現行既定値



見直し案  
(GREET 2022)

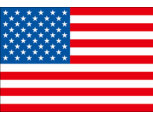
項目	輸送手段	燃料種	片道輸送距離 (km)	平均燃費 (MJ/t・km)
海上輸送	タンカー	重油	18,140	0.124

	CO2	CH4	N2O
タンカー	95,862	110	2.2

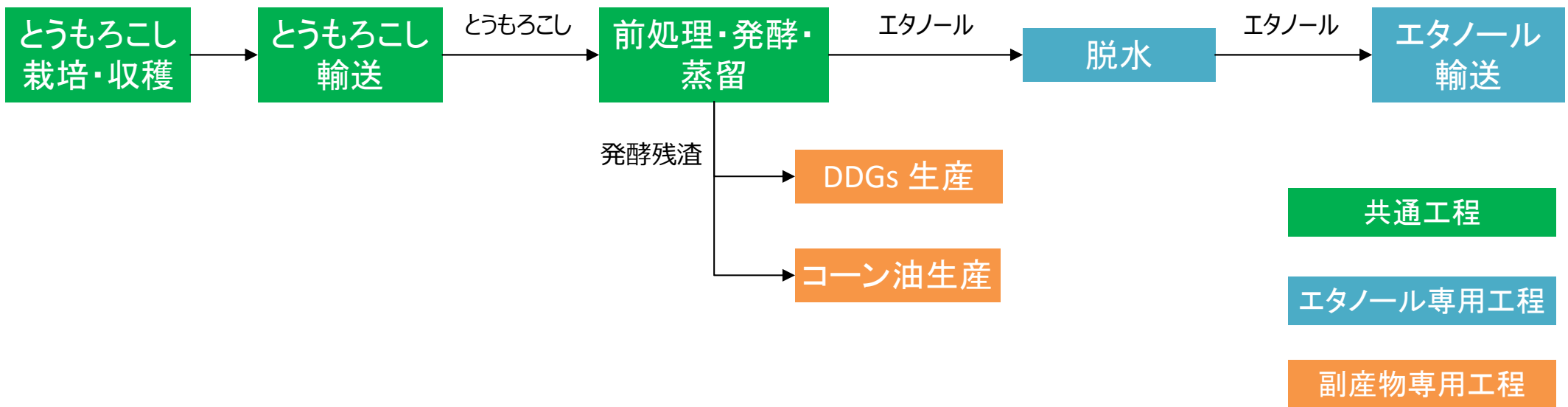
項目	輸送手段	燃料種	片道輸送距離 (km)	平均燃費 (MJ/t・km)
海上輸送	タンカー	重油	18,140	0.067

	CO2	CH4	N2O
タンカー	94,628	107	2.2

# アロケーションに関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- エタノールと副産物の生産における共通工程のGHG排出量は、それぞれの生産にあたっての熱量に応じて按分。
- エタノール、副産物の専用工程の排出量について、現行既定値はミネソタ大学の論文値を参照したが、見直しに際してはGREET 2022の比率を参照して推計。



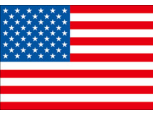
現行既定値

生産物	量	発熱量 (LHV)	熱量比率
エタノール	1gallon	76,330Btu/gallon	66%
DDGs	4.98lb	7,643Btu/lb	33%
コーン油	0.12lb	15,477Btu/lb	2%

GREET 2022

生産物	量	発熱量 (LHV)	熱量比率
エタノール	1gallon	76,330Btu/gallon	63%
DDGs	4.61lb	8,703Btu/lb	33%
コーン油	0.273lb	15,993Btu/lb	4%

# アロケーションに関する主な前提条件（アメリカ産とうもろこし由来エタノール）



- **エタノール製造工程**におけるエタノールへの按分比率は、以下を踏まえて設定。
  - 米国のエタノールLCAに関する専門家から、現行既定値の算定に用いたミネソタ大学の論文は、**比較的小規模のエタノールプラントを想定しており実態を正しく反映できていない**との指摘を受けたことも踏まえ、GREET 2022での按分比率を採用。

現行既定値



GREET 2022

工程	分類	エネルギー消費構成	
		電力	熱
原料前処理	共通工程	13%	0%
デンプンの糖化	共通工程	5%	17%
発酵	共通工程	9%	0%
蒸留	共通工程	1%	40%
エタノール脱水	エタノール独自工程	0%	1%
遠心分離・蒸発	副産物独自工程	36%	0%
濃縮・乾燥	副産物独自工程	36%	43%
集計	共通工程	28%	57%
	エタノール独自工程	0%	1%
	副産物独自工程	71%	43%

エタノールへの按分比率	電力	熱	化学物質
		41%	43%

# 現行告示におけるブラジル産さとうきび由来エタノールのLCGHG排出量の既定値



- 第一次告示において、ブラジル産さとうきび由来エタノールのLCGHG排出量の既定値を定めた。
  - ブラジル産さとうきび由来エタノールLCAの第一人者であるCampinas大学のI. Macedo教授の論文を主に参照。
- その後、第二次告示において、既定値を更新。
- 主な変更点は以下のとおり。
  - 原料栽培や輸送工程で消費する軽油及び重油の排出係数について、CH<sub>4</sub>・N<sub>2</sub>Oを考慮した数値に更新。
  - 火入れ廃止により、葉の焼却のGHG排出量を低減するとともに、さとうきび収穫の機械比率を50%→86.9%に修正。
  - 国際輸送に伴う距離について、実態に合わせ（米国でETBE化）、米国経由の距離に見直し（24,000km→28,536km）。

## ブラジル産さとうきび由来エタノールのLCGHG排出量の現行既定値

工程		LCGHG (gCO <sub>2</sub> /MJ)	
		一次告示	二次告示
原料栽培	肥料・化学物質の製造・調達	2.7	2.71
	施肥	6.9	6.67
	葉の焼却（火入れ）	3.0	0.89
	機械によるエネルギー利用	1.8	2.55
原料輸送	国内輸送	1.5	1.49
エタノール製造	バガス	2.0	2.07
	化学物質製造	1.0	1.00
エタノール輸送	国内輸送	4.2	4.13
	国際輸送	9.7	12.10
合計		<b>32.7</b>	<b>33.61</b>

## 既定値算定における主な参照資料

Macedo 2008	I. C. Macedo et al, "Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: The 2005/2006 averages and a prediction for 2020", 2008
Macedo 2004	I. C. Macedo et al, "Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil", 2004
EJC 2008	EUCAR, CONCAWE and the Joint Research Centre of the EU Commission, "Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context WELL-TO-TANK Report Version 3.0", November 2008
UK RTFO 2009	Renewable Fuels Agency, "Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation Technical Guidance Part Two Carbon Reporting – Default Values and Fuel Chains Version 2.0", March 2009

# ブラジル産さとうきび由来エタノールの既定値見直しの方向性



- 現在、ブラジルのエタノールLCAに関する専門家からの情報提供を依頼中であるが、CORSIAの既定値策定で参照されている資料を参照し、更新可能なパラメータを反映した結果を以下に示す。
- CORSIAではマサチューセッツ工科大学（MIT）※、欧州委員会傘下のJoint Research Center（JRC）、ブラジル国立バイオエタノール科学技術研究所（CTBE）の算定結果を参照して既定値を定めている。
  - 本資料においては、各項目について、上記3機関の平均値を見直し案として提示。
  - 3機関のデータで更新できない項目については、暫定的に現行既定値を流用。

※MITはGREETモデルを使用してLCGHGを算定

## ブラジル産さとうきび由来エタノールの既定値見直しの方向性

工程		LCGHG (gCO2/MJ)	
		現行既定値	見直し案
原料栽培	化学物質等投入	2.71	3.19
	施肥	6.67	6.19
	葉の焼却（火入れ）	0.89	0.89
	機械によるエネルギー利用	2.55	0.84
原料輸送	国内輸送	1.49	1.49
エタノール製造	バガス	2.07	1.79
	化学物質製造	1.00	0.56
エタノール輸送	国内輸送	4.13	4.13
	国際輸送	12.10	6.56
合計		<b>33.61</b>	<b>25.65</b> ※

※現告示の揮発油のライフサイクルGHG（88.74gCO2/MJ）比▲71%に相当。

# 原料の栽培・輸送に関する主な前提条件 (ブラジル産さとうきび由来エタノール)



- さとうきびの栽培・輸送に関するエネルギー等の投入量について、**CORSIAの既定値策定**で参照されている各研究機関の値を反映。
- **データが不存在的の部分は、現行既定値を引用。**

## 現行既定値

項目		投入量
エネルギー (MJ/kgさとうきび)	軽油	0.054
肥料 (g/kgさとうきび)	N肥料	0.83
	P2O5	0.34
	K2O	0.51
化学物質 (g/kgさとうきび)	石灰	4.4
	除草剤	0.03
	殺虫剤	0.002



## CORSIA資料

項目		MIT	JRC	CTBE
エネルギー (MJ/kgさとうきび)	軽油	<b>0.038</b>	<b>0.01</b>	<b>0.0014</b>
肥料 (g/kgさとうきび)	N肥料	<b>0.93</b>	<b>0.91</b>	<b>1.3</b>
	P2O5	0.32	0.32	0.11
	K2O	<b>1.51</b>	<b>1.02</b>	<b>1.28</b>
化学物質 (g/kgさとうきび)	石灰	<b>5.2</b>	<b>1.02</b>	<b>5.26</b>
	除草剤	NA	NA	NA
	殺虫剤	0.048	0.037	0.018

項目	値
片道輸送距離	20km
トラック燃費	49L/tkm

資料未掲載

# エタノールの製造・輸送に関する主な前提条件（ブラジル産さとうきび由来エタノール）



- エタノールの製造・輸送に関するエネルギー等の投入量について、**CORSIAの既定値策定**で参照されている各研究機関の値を反映。
- **データが不存在的の部分は、現行既定値を引用。**

## 現行既定値



## CORSIA資料

項目		投入量
エネルギー (MJ/MJ_EtOH)	バガス	1.0
化学物質※ (MJ/MJ_EtOH)	水酸化ナトリウム	4.65
	石灰	3.06
	硫酸	2.26
	シクロヘキサン	0.25
	消泡剤	0.12
	潤滑油	0.08
	その他	0.09

項目		MIT	JRC	CTBE
エネルギー (MJ/MJ_EtOH)	バガス	NA	NA	NA
化学物質 (g/MJ_EtOH)	水酸化ナトリウム	NA	NA	NA
	石灰	0.62	0.51	0.37
	硫酸	NA	0.43	NA
	シクロヘキサン	NA	0.028	NA
	消泡剤	NA	NA	NA
	潤滑油	NA	7E-06	NA
	その他	NA	NA	NA

※化学物質の値は投入量ではなく、必要な化学物質を製造する際に消費されるエネルギーの量として表示

項目		値
国内輸送	片道輸送距離	700km
	トラック燃費	1.8MJ/tkm
国際輸送	片道輸送距離（米経由）	28,536km
	タンカー燃費	0.124MJ/tkm

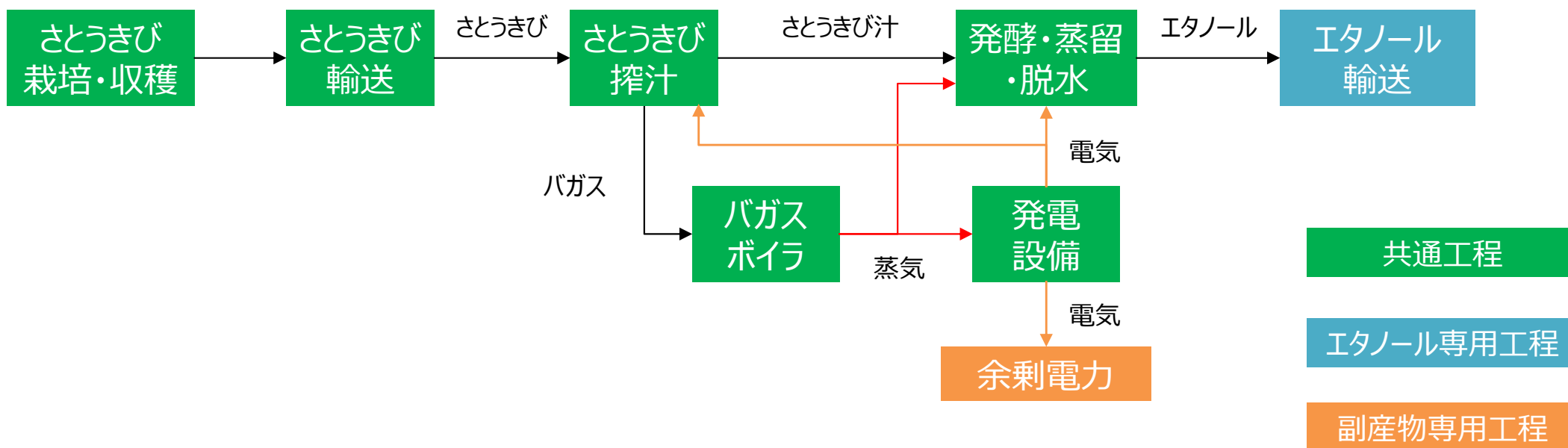
資料未掲載

※タンカー燃費については米国エタノールと整合性を図るため、GREET 2022の値を採用することを想定

# アロケーションに関する主な前提条件（ブラジル産さとうきび由来エタノール）



- エタノールと副産物の生産における共通工程のGHG排出量は、それぞれの生産にあたっての熱量に応じて按分。
- エタノール、副産物の専用工程の排出量について、現行既定値はMacedo教授の論文値を参照。余剰バガスへのアロケーションは考慮していない。



現行既定値

生産物	量	発熱量 (LHV)	熱量比率
エタノール	1L	21.2MJ/L	98%
余剰電力	0.107kWh	3.6MJ/kWh	2%

CORSIA資料

生産物	余剰電力	エタノール按分率
MIT	0.2MJ/MJ_EtOH	83%
JRC	0.018MJ/MJ_EtOH	98%
CTBE	0.28MJ/MJ_EtOH	78%



# 今後の予定

## 【2022年】

- 11月10日 第7回技術検討委員会
  - ・ アメリカ、ブラジルのエタノールのGHG排出量
- 11月下旬 第8回技術検討委員会
  - ・ アメリカ、ブラジルのエタノールのGHG排出量の既定値
  - ・ 揮発油のLCAでのGHG排出量
  - ・ GHG排出量削減基準
  - ・ バイオエタノールの利用目標
  - ・ 次世代バイオエタノール、バイオジェット燃料の位置づけ 等
- 12月上旬 第9回技術検討委員会
  - ・ 告示方針案の提示
- 12月中 告示方針案のパブリックコメント

## 【2023年】

- 1月～2月 第三次告示案のパブリックコメント
- 4月1日 第三次告示策定・施行