



バイオマス燃料のライフサイクルGHG 試算結果と今後の取組について

第12回バイオマス持続可能性WGヒアリング資料

一般社団法人
バイオマス発電事業者協会

■ 第10回WGにおいて、ライフサイクルGHGについて発電事業者から試算結果を収集の上、更に検討を進めるものとされたところ、本資料は以下について示すものである。

I．新規燃料のライフサイクルGHG試算結果

II．既存燃料のライフサイクルGHG試算結果

III．今後の更なる取組について

I . 新規燃料のライフサイクルGHG試算結果

■ 新規燃料のライフサイクルGHGの試算値は以下の通り。

* 各バイオマス燃料の特徴や加工工程等の各工程の違いを考慮して試算条件を設定

ライフサイクルGHG試算結果の総括(発電効率25%※1に統一)

バイオマス種		生産国	バイオマス燃料の特徴		加工工程				GHG試算結果(g-CO2/MJ電力)					
			発熱量MJ/t	原料含水率	ペレット化	乾燥工程	乾燥熱源	電源	栽培	原料収集	加工	輸送	発電	合計
1	EFBペレット	マレーシア	17,600	60~70%	○	○	化石燃料 バイオマス	系統	—	—	101.8	15.6	1.03	118.4
2	ココナッツ殻	フィリピン	19,600	11~13%	—	—	—	系統	—	—	40.1	15.6	1.03	56.7
3	くるみ殻ペレット※2	米国西海岸	16,000	<10%	○	—	—	系統	—	—	1.1	13.5	1.03	15.6
4	アーモンド殻ペレット※2		16,000	<10%	○	—	—		—	—	13.7	25.2	1.15	40.0
5	ピスタチオ殻ペレット※2		16,000	<10%	○	—	—		—	—	13.7	24.0	1.15	38.9
6	ひまわり種殻ペレット※2	ロシア西部 ルーマニア、 ウクライナ	17,100	<10%	○	—	—	系統	—	—	13.7	24.2	1.15	39.0
7	コーンストローペレット	中国	15,480	12~20%	○	○	(通風乾燥)	系統	—	0.3	18.1	60.6	1.15	79.9
8	籾殻ペレット※3	ミャンマー	13,400	—	○	○	(通風乾燥)	バイオマス	—	—	58.2	11.0	1.03	70.5
9	サトウキビ茎葉ペレット	ブラジル	15,500	20%	○	○	(天日乾燥)	バイオマス	—	—	2.34	83.5	1.03	86.9
10	ピーナッツ殻ペレット	米国	17,437	5.79%	○	—	—	系統	—	3.6	4.5	36.1	1.03	45.2
11	ベンコワン種子	インドネシア	24,111	—	—	—	—	—	—	—	8.3	30.2	1.03	39.5
12	ネピアグラスペレット	インドネシア	17,300	50%	○	○	化石燃料 バイオマス	系統	—	—	0	24.2	1.03	25.2
13	ソルガム バガスペレット	米国東海岸	17,500	50%	○	○	バイオマス& 化石燃料	系統	31.9 37.1	—	76.6 22.2	5.1 5.3	1.03 1.03	114.7 65.6
									—	—	38.5	6.9	7.8	53.2
									68.24	—	50.9	6.9	7.8	133.9

※1 欧州委員会報告書において、中小規模バイオマス専焼発電所の代表的な発電効率として算定に用いられている値

※2 BioGrace II の木質ペレット算定シートを活用して算定 ※3 RSBツールを用いて算定

輸送工程の比較

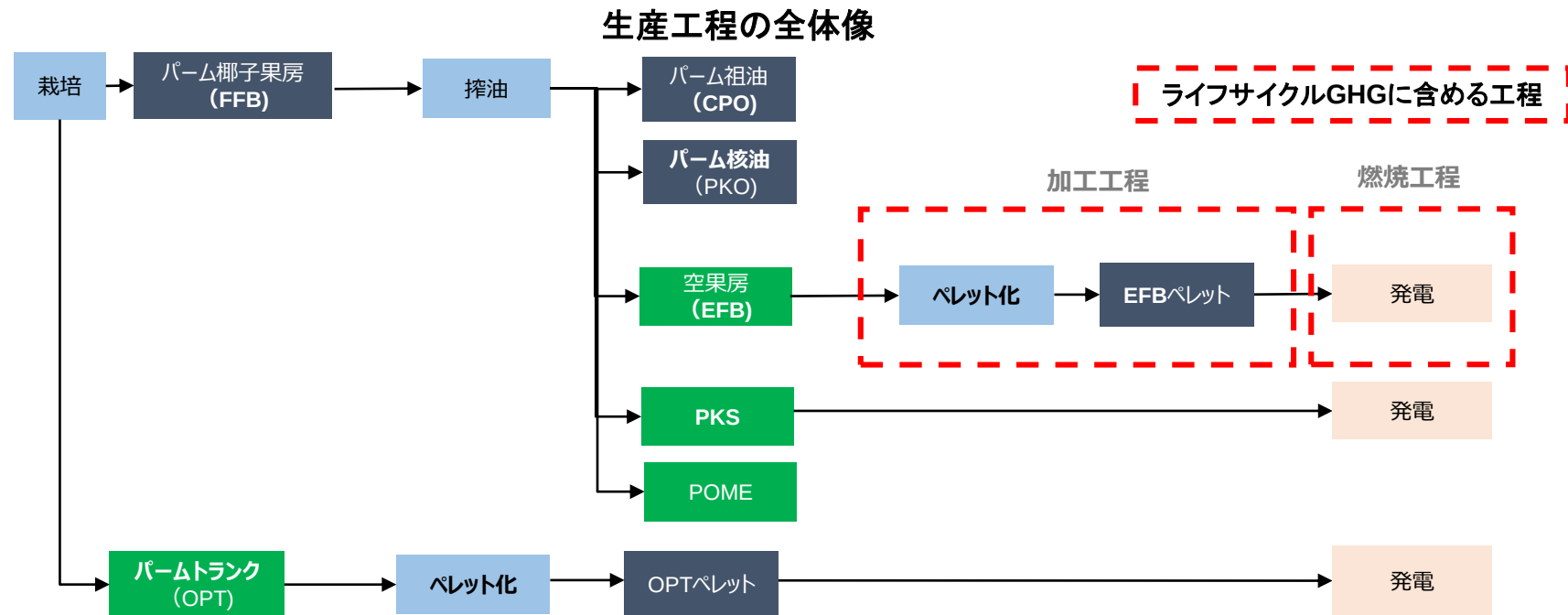
バイオマス種		生産国内輸送				海上輸送				
		輸送距離	輸送モード	往復燃費	排出量 g-CO ₂ /MJ 燃料	船の サイズ	かさ密 度 t/m ³	排出係数g- CO ₂ /t・km ※	輸送距離 km	輸送排出 (g-CO ₂ /MJ燃 料)
1	EFBペレット	原料40km, 〆 レット55km	共に40tトラック	0.811MJ/tkm(JRC)	0.64	10000DWT	0.65	11.69	5,100	3.39
2	ココナッツ殻	原料20km, 〆 レット5km	共に15tトラック	0.917MJ/tkm(独自)	0.09	Handysize	回答無し	20.73	3,100	3.28
3	くるみ殻ペレット	原料56km, 〆 レット160km	共に40tトラック	0.87MJ/tkm (BioGrace II)	1.11	Handysize	0.68	9.55	8,700	5.19
4	アーモンド殻ペレット	原料48km, 〆 レット112km	共に40tトラック	0.87MJ/tkm (BioGrace II)	0.82	Handysize	0.68	9.55	8,700	5.19
5	ピスタチオ殻ペレット	原料88km, 〆 レット82km	共に40tトラック	0.87MJ/tkm (BioGrace II)	0.86	Handysize	0.68	9.55	8,700	5.19
6	ひまわり種殻ペレット	原料128km, 〆 レット 1488km	鉄道	0.25MJ/tkm (BioGrace II)	2.31	Handysize	0.68	9.55	23,000	12.85
7	コーンストローペレット	原料20km, 〆 レット50km	共に40tトラック	0.811MJ/tkm(JRC)	0.3	15000DWT	回答無し	11.69	3,230	2.44
8	籾殻ペレット	トラック532km、 バージ船297km等	3.5-7.5tトラック	660g-CO ₂ /tkm =8.9MJ/tkm (RSB)	16.6	Handysize	回答無し	8.17	7,000	4.27
			バージ船等	46g-CO ₂ /tkm =0.62MJ/tkm (RSB)						
9	サトウキビ茎葉ペレット	原料40km, 〆 レット350km	原料28.8tトラック、 〆 レット48トラック	0.811MJ/tkm(JRC)	2.65	Supramax	回答無し	5.28	21,322	7.26
10	ピーナッツ殻ペレット	原料45.7km, 〆 レット 142km	共に40tトラック	0.811MJ/tkm(JRC)	0.855	Handymax	0.672	6.86	17,000	6.69
12	ベンコワン種子	177km	10tトラック	147.42g-CO ₂ /tkm =1.99MJ/tkm (自社)	1.082	Handysize	回答無し	20.73	5,780	4.97

※ 欧州委員会報告書、BioGrace II 既定値等を参考に設定

1. EFBペレット

1.EFBペレット (1)生産工程の全体像

- EFBペレットの生産工程は以下のとおり。産地はマレーシア。
- 原料はEFBであり、電力、熱エネルギーの投入によってペレット状に加工する。
- 原料であるEFBの発生地点は搾油工場であり、原料EFBの状態で隣地のペレット工場へ移動、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT15,000のバルク船により日本へ輸送する。



1.EFBペレット (2) GHG排出量に計上する工程の説明

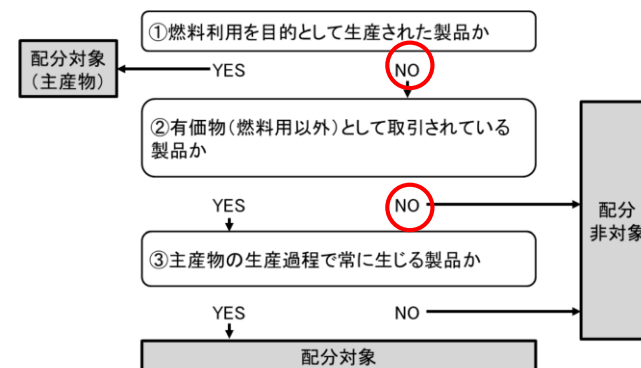
- EFBが産出される搾油工程において発生する各産出物は下表のとおり。
- 下表に示す通り、EFBは主製品であるパーム油の副産物であることから、搾油工程において、主目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、搾油工程から後の範囲と考えられた。

EFBが発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
CPO	オイルパーム果実を絞って生成される油。精製する前の状態。	MR4000~4500/t
PKO	オイルパームの実の核を絞って得られる油。ホイップクリームや化粧品などにも使われる。	MR6000/t
PKM	オイルパームの核を絞った残りかす。パーム核粕とも呼ばれる。家畜用飼料、魚の餌などにも使われる。	MR600~800/t
EFB	オイルパームの果房から実を除いた残渣 圃場に散布・放置されている。	MR10~15/t (shredded & pressed)
PKS	オイルパームの実の核を困った殻を砕いた残渣	MR250~300/t
POME	オイルパーム果実を絞った廃液	Secondary Oil 70% of CPO Price
Mesocarp Fiber	オイルパーム果実の油を絞った残りの繊維	MR10~30/t

(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

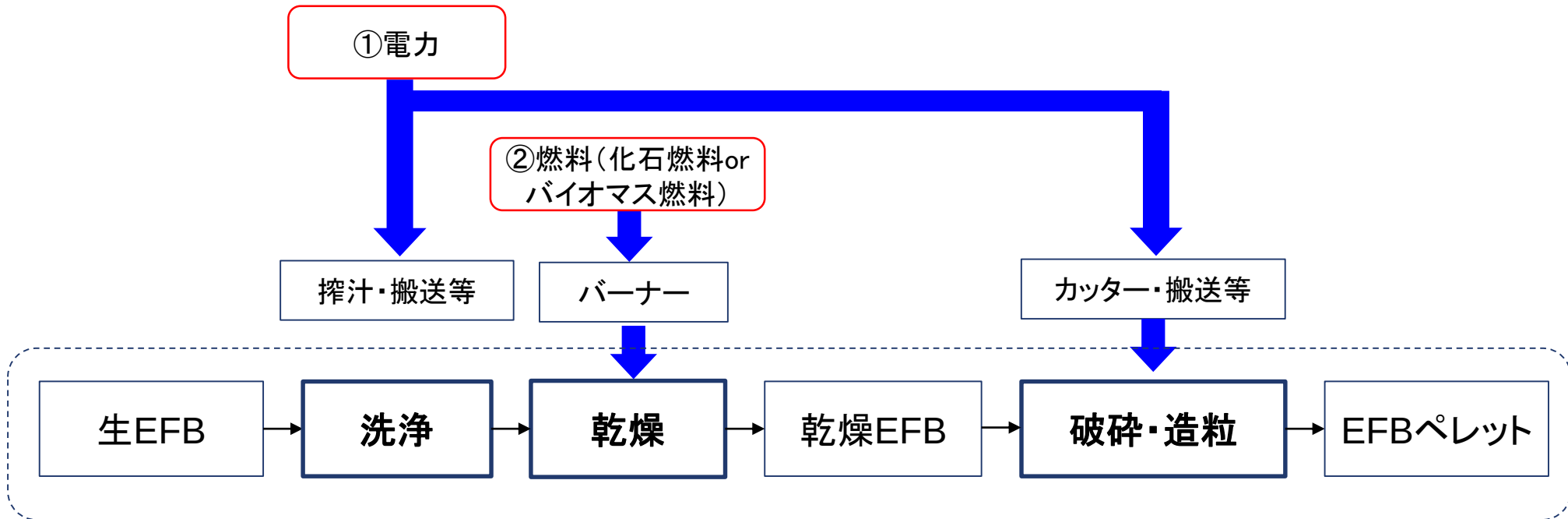
	①	②	③	配分
EFB	No	No	—	非対象



1.EFBペレット (3) 加工工程の詳細

■ EFBのペレット化の工程の詳細は以下のとおり。

- ①燃料 Mesocarp fiberを使用。
- ②電力 Tenaga Nasional Berhad より買電。



1.EFBペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(対策なしケース)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- 加工工程の消費電力: 買電を利用
- 加工工程の消費熱: 化石燃料を利用
- 加工工程の消費化学物質: 不要
- 輸送: 生産国内は(40 tonトラック)、日本への輸入は(バルク船)

EFBペレット(対策なし)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分(系統電力)	9.97
	②乾燥用熱源分(化石燃料利用)	15.48
輸送	生産国内加工前	0.31
	生産国内加工後	0.19
	輸入時海上輸送	3.39
発電		0.26
合計		29.60

EFBペレット(対策なし)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	101.8	72.7
輸送	15.6	11.1
発電	1.03	0.73
合計	118.4	84.5

1.EFBペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(対策ありケース)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- 加工工程の消費電力:買電を利用
- 加工工程の消費熱: バイオマス燃料を利用
- 加工工程の消費化学物質:不要
- 輸送:生産国内は(40 tontトラック)、日本への輸入は(バルク船)

EFBペレット(対策あり)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	9.97
	②乾燥用熱源分 (バイオマス利用)	0.05
輸送	生産国内加工前	0.31
	生産国内加工後	0.19
	輸入時海上輸送	3.39
発電		0.26
合計		14.17

EFBペレット(対策あり)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	40.1	28.6
輸送	15.6	11.1
発電	1.03	0.73
合計	56.7	40.5

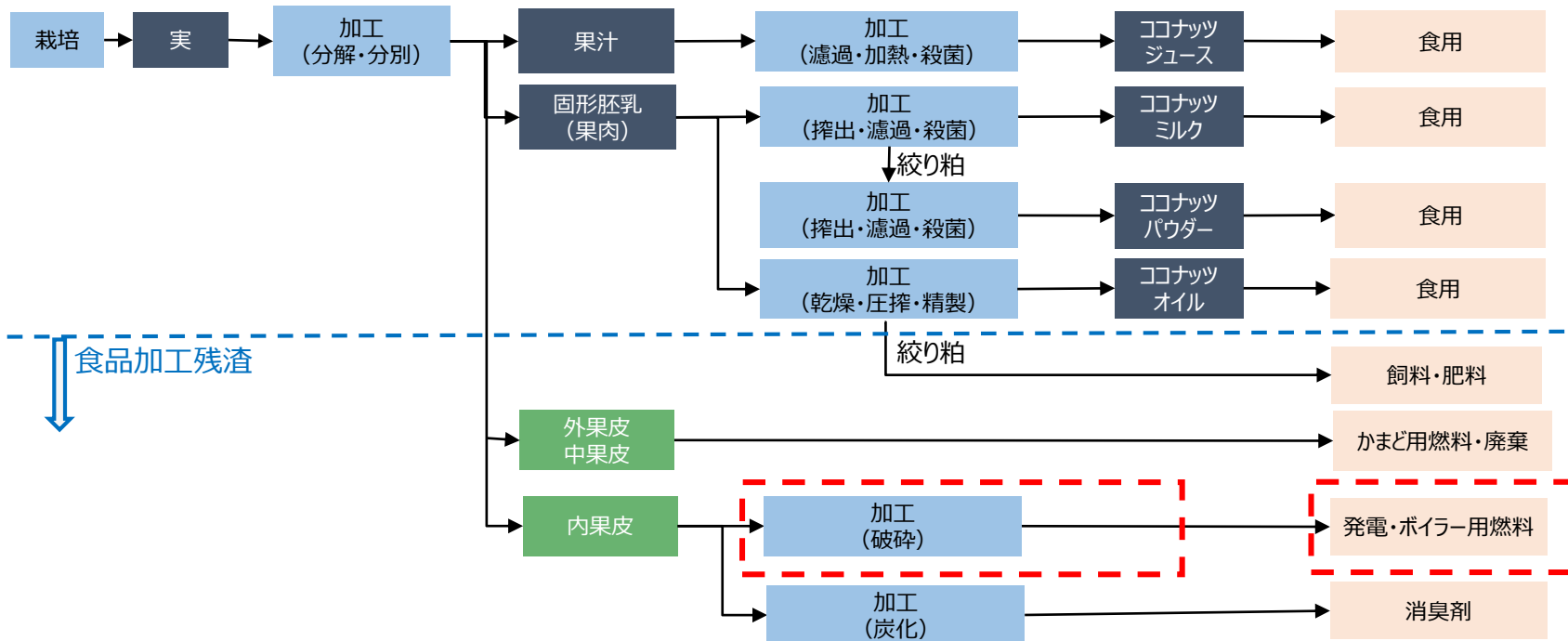
2.ココナッツ殻(内果皮)

2.ココナッツ殻 (1)生産工程の全体像

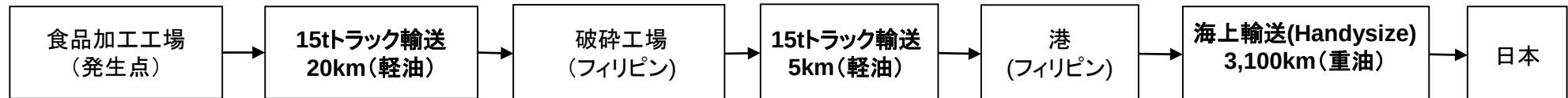
- ココナッツ殻の生産工程は以下のとおり。産地はフィリピン。
- 原料はココヤシの内果皮であり、電力の投入によって適切な大きさに加工(破碎)する。
- 発生地点は食品加工工場であり、半球状の状態でトラックにより加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT28,000tのばら積み船により日本へ輸送する。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



2.ココナッツ殻 (2) GHG排出量に計上する工程の説明

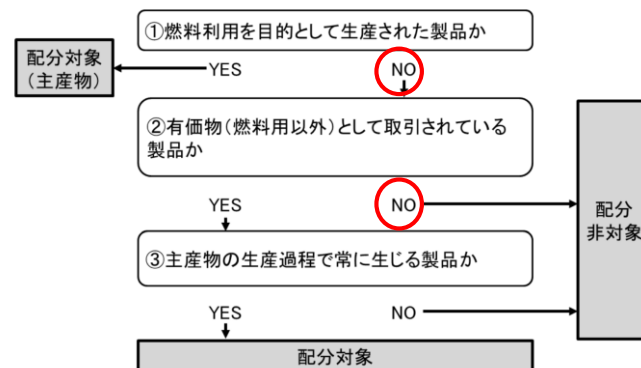
- ココナッツ殻が産出される分解工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、ココナッツ殻は可食部と比較して著しく安価であり、発生重量比率も少ないことから、分解工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、分解工程から後の範囲と考えられた。

ココナッツ殻が発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
果汁	若い果実の一番内側に液体として存在している。飲料として販売されている。(缶・紙パック・果実より直接等。) 若い果実に多く存在し、成熟と共に減少していく。	1.17 USD/L (工場出荷価格)
固形胚乳 (果肉)	白い果肉で、この部位から(ココナッツ) クリーム、パウダー、オイル等が生産される。	クリーム4USD/L パウダー7USD/Kg オイル7.5USD/L
外果皮 中果皮	外果皮は一番外側にある堅くて薄い果皮で、中果皮は繊維質が多く、ブラシ、ロープ、園芸用品等に加工作用、利用されるが、それは一部にとどまり多くは廃棄、もしくは自家用燃料として利用されている。	10~30USD/t
内果皮	胚乳を囲っている堅い殻。透水性はほとんどなく、含水率も低い。現在発生量の一部が活性炭(消臭剤)に加工されている。	90 USD/t (工場出荷価格)

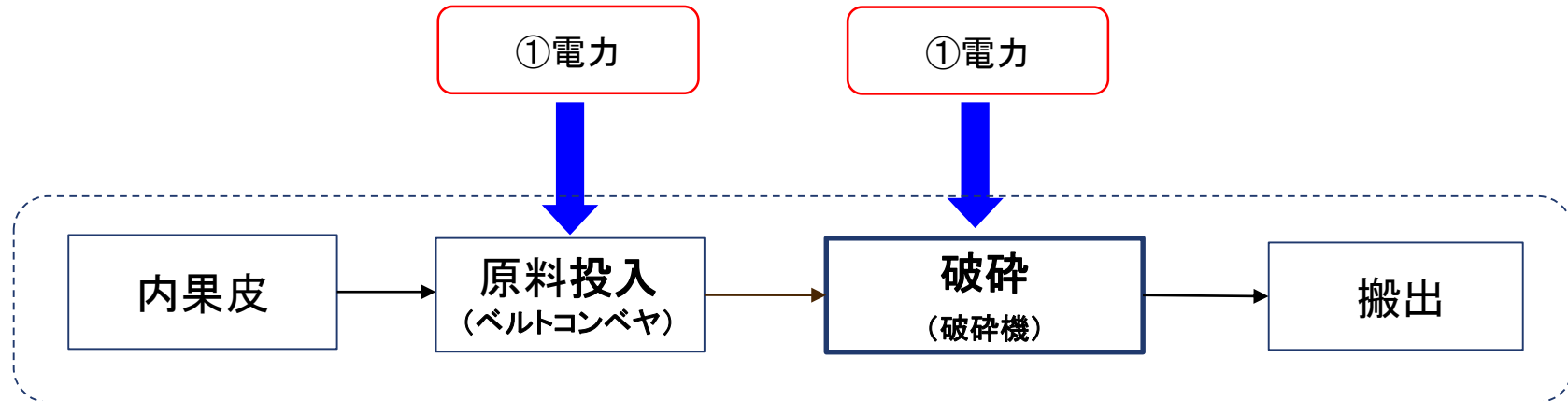
(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
ココナッツ殻	No	No	—	非対象



2. ココナッツ殻 (3) 加工工程の詳細

- ココナッツ殻の燃料化工程の詳細は以下のとおり。
 - 原料投入(ベルトコンベヤーにより破砕機へ原料(内果皮)を投入する。)
 - 破砕(破砕機により原料(内果皮)を破砕する。)
 - 搬出(破砕機下部排出口より、運搬車、コンテナ等に積載、搬出する。)



- * 乾燥工程はありません(不要)
- * 化学物質等の投入(使用)はありません(不要)

2.ココナッツ殻 (4)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- 加工工程の消費電力:一般電力(売電)を利用
- 加工工程の消費熱: 使用しない。
- 加工工程の消費化学物質:使用しない。
- 輸送:生産国内は(20tトラック)、日本への輸入は(ばら積み船、Handysize)による。

ココナッツ殻のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分(系統電力)	0.28
	②乾燥用熱源分(バイオマス利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.07
	生産国内加工後	0.02
	輸入時海上輸送	3.28
発電		0.26
合計		3.91

ココナッツ殻のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	1.1	0.786
輸送	13.5	9.64
発電	1.03	0.73
合計	15.6	11.2

3.くるみ殻ペレット

- 3.くるみ殻ペレット、4.アーモンド殻ペレット、5.ピスタチオ殻ペレット、6.ヒマワリ種殻ペレットの加工工程のGHG排出は、投入エネルギーや化学物質のフローからの算定ではなく、BioGrace IIと呼ばれるバイオマス燃料のライフサイクルGHG計算ツールを用いて算定している。
- BioGrace II とは。
 - 概要: バイオマス由来の電気、熱等エネルギーのGHG排出量計算のためのツール
 - 背景: 2009年EU再生可能エネルギー指令(Red)の発効により再生可能エネルギー導入とGHG排出量削減方針が示される中、EUとして統一的なGHG計算指標が必要とされ、2009年欧州委員会がBioGraceプロジェクトを発足。同プロジェクトにおいて現在の基となるBioGraceが誕生。
 - 誰が: プロジェクト終了後、現在はオランダ企業局(RVO)により運営されている
 - データ: 欧州委員会共同研究センター(JRC)の調査レポートに基づく

Biograce IIにおけるペレット化工程計算シート

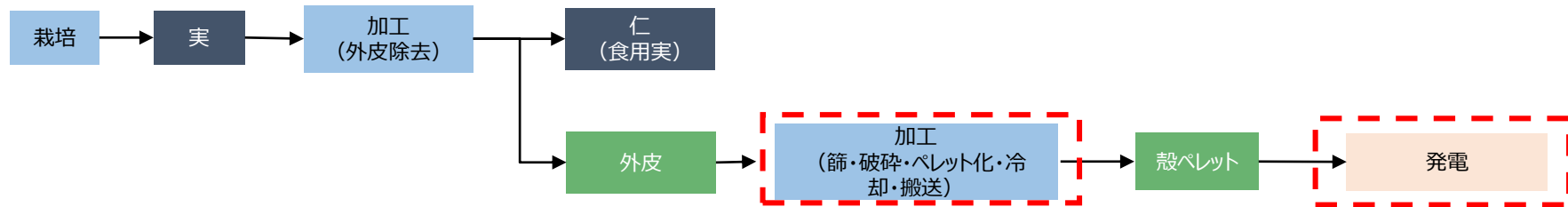
Wood pellet/briquette production			Quantity of product		Calculated emissions				
Yield			Emissions per ton _{wet} Wood pellets						
Pelletising efficiency	0.990	ton _{Wood pellets, dry} / ton _{Industry residues}	0.631	ton _{Wood pellets, wet} / ton _{Input, wet}	g CO ₂	g CH ₄	g N ₂ O	g CO _{2,eq}	
in other units (wet ton per wet ton)	0.726	ton _{Wood pellets, wet} / ton _{Industry residues}	0.058	kg _{Wood pellets, wet} / MJ _{Wood pellets}					
Moisture content of wood pellets produced	10.0%								
Moisture content of industry residues (before)	34.0%								
Wood pellets divided by all incoming feedstock	0.631	ton _{Wood pellets, wet} / ton _{Industry residues, wet}							
Factor from typical to default values			1.2						
Energy consumption			(emissions are calculated below the light grey boiler/CHP box)						
Electricity (including input into boiler/CHP)	478.8	MJ / ton _{Wood pellets, wet}	(internal transport)						
Diesel	0.763	liter / ton _{Wood pellets, wet}			3,122	-	-	3,122	
CH ₄ and N ₂ O emissions from use of diesel (transport)					-	0.04	0.10	32	
Heat	1393.9	MJ / ton _{Wood chips to be dried}							
Total electricity use from grid (in wood pellet production plus boiler)									
Electricity EU fossil mix (0.4 kV)	478.8	MJ / ton _{Wood pellets, wet}			107,301	362.90	5.14	117,904	
Extra input lines are not shown					Total	110,423	378.2	8.3	
					Result g CO _{2,eq} / ton _{Wood pellets, wet}			122,348	

3.くるみ殻ペレット (1)生産工程の全体像

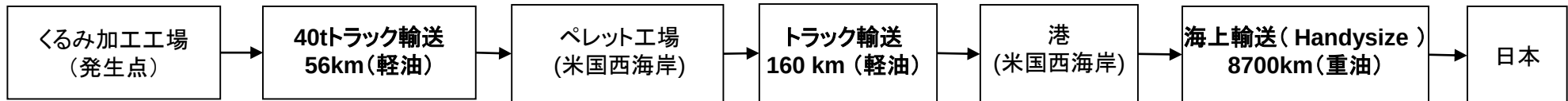
- くるみ殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地は米国西海岸。
- 原料はくるみ殻であり、エネルギーとして系統電力の投入によってペレットに加工する(バインダーとして微量のコーンスターチ(1%未満)を添加する可能性あり)。
- 発生地点はくるみ加工工場であり、殻の状態トラックにより加工工場へ輸送、殻状状態及び燃料状態での保管を経て、加工済みの燃料はトラックにより輸送、バルク船(Handysize)により日本へ輸送する想定。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



3.くるみ殻ペレット (2)GHG排出量に計上する工程の説明

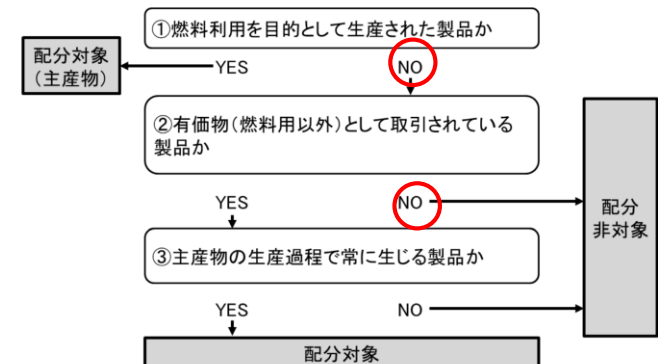
- くるみ殻が産出される外皮除去工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、くるみ殻は仁(食用実)の外皮除去時に発生する副産物であることから、分解工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、外皮除去工程から後の範囲と考えられた。

くるみ殻が発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
仁	食用実として用いられる。	不明
外皮	食用実からの除去(分離加工)時に発生。①燃料 外用途としては基本的に有効利用されていない (一部、①道路養生、②研磨剤として利用)	USD11/t

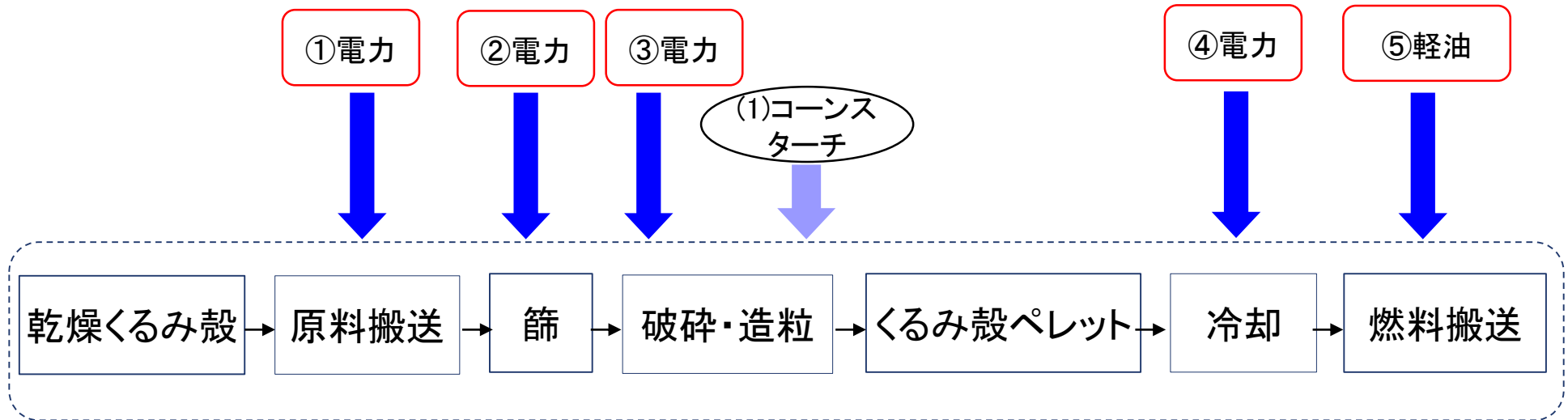
(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
くるみ殻	No	No	—	非対象



■ くるみ殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

- 原料搬送・・・①系統電力
- 原料篩・・・②系統電力
- 破碎、造粒・・・③系統電力、(1)コーンスターチ
- 冷却・・・④系統電力
- 燃料搬送・・・⑤軽油



3.くるみ殻ペレット (4)ライフサイクルGHGの試算

- 各工程別の試算条件は以下のとおり。
 - 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
 - 加工工程の消費熱: 利用無し
 - 加工工程の消費化学物質: 無し
 - 輸送: 生産国内は40tトラック、日本への輸入はバルク船(Handysize)による。

くるみ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	3.42
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.27
	生産国内加工後	0.84
	輸入時海上輸送	5.19
発電		0.29
合計		10.00

くるみ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	13.7	9.8
輸送	25.2	18.0
発電	1.1	0.8
合計	40.0	28.6

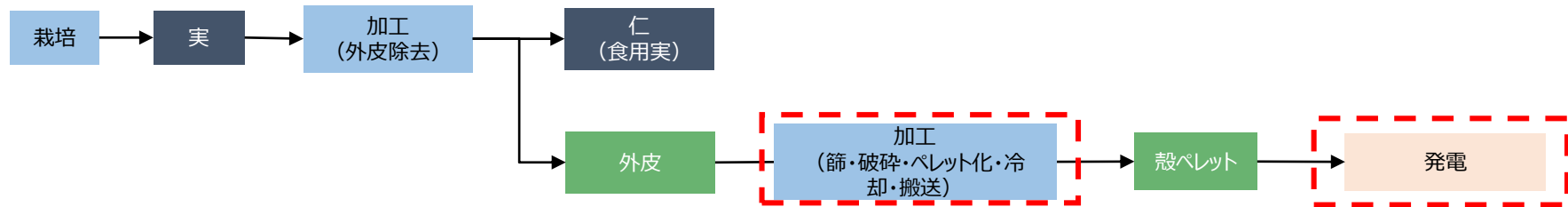
4.アーモンド殻ペレット

4.アーモンド殻ペレット (1)生産過程

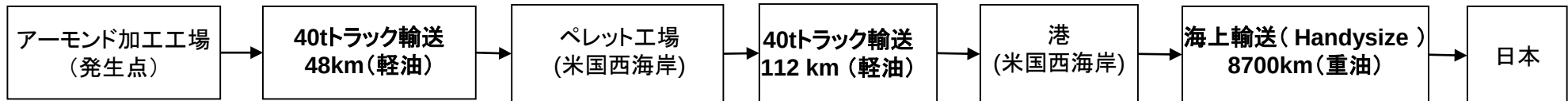
- アーモンド殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地は米国西海岸。
- 原料はアーモンド殻であり、エネルギーとして系統電力の投入によってペレットに加工する(バインダーとして微量のコーンスターチ(1%未満)を添加する可能性あり)。
- 発生地点はアーモンド加工工場であり、殻の状態トラックにより加工工場へ輸送、殻状状態及び燃料状態での保管を経て、加工済みの燃料はトラックにより輸送、バルク船(Handysize)により日本へ輸送する想定。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



4.アーモンド殻ペレット (2)対象工程

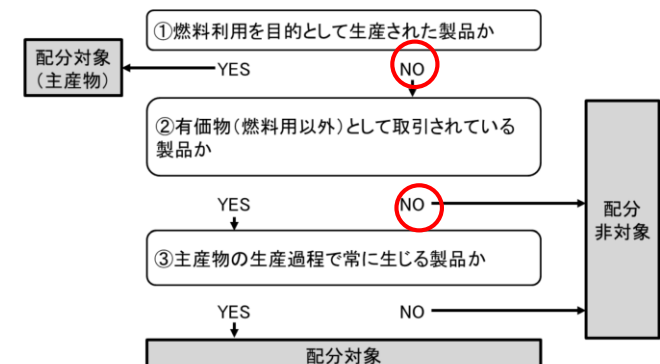
- アーモンド殻が産出される外皮除去工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、アーモンド殻は仁(食用実)の外皮除去時に発生する副産物であることから、分解工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、外皮除去工程から後の範囲と考えられた。

アーモンド殻が発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
仁	食用実として用いられる。	不明
外皮	食用実からの除去(分離加工)時に発生。①燃料 外用途は無し。②一部飼料に使用されるが基本的 に有効利用されていない	USD14/t

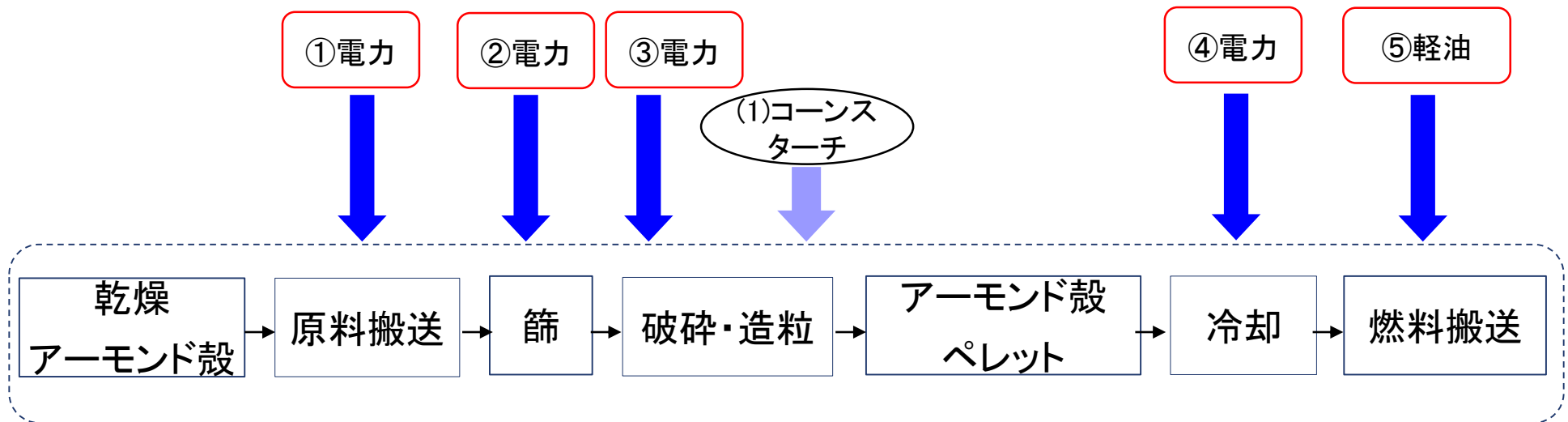
(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
アーモンド殻	No	No	—	非対象



■ アーモンド殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

- 原料搬送…①系統電力
- 原料篩…②系統電力
- 破碎、造粒…③系統電力、(1)コーンスターチ
- 冷却…④系統電力
- 燃料搬送…⑤軽油



4.アーモンド殻ペレット (4)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
- ー 加工工程の消費熱: 利用無し
- ー 加工工程の消費化学物質: 無し
- ー 輸送: 生産国内は40tトラック、日本への輸入はバルク船(Handysize)による。

アーモンド殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	3.42
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.24
	生産国内加工後	0.58
	輸入時海上輸送	5.19
発電		0.29
合計		9.72

アーモンド殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	13.7	9.8
輸送	24.2	17.3
発電	1.1	0.8
合計	39.0	27.9

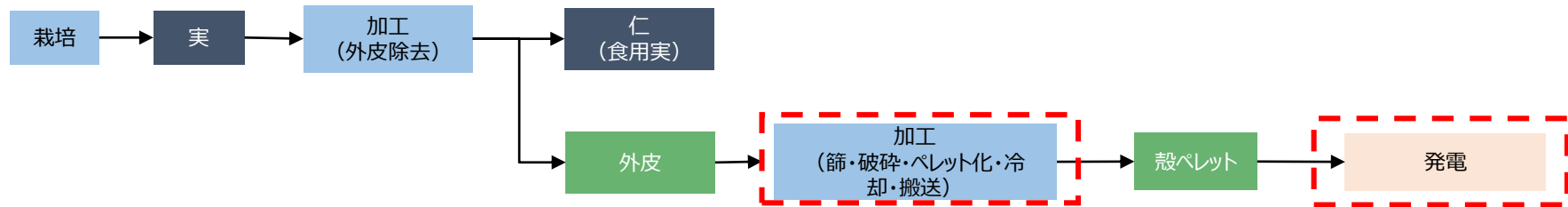
5.ピスタチオ殻ペレット

5.ピスタチオ殻ペレット (1)生産工程の全体像

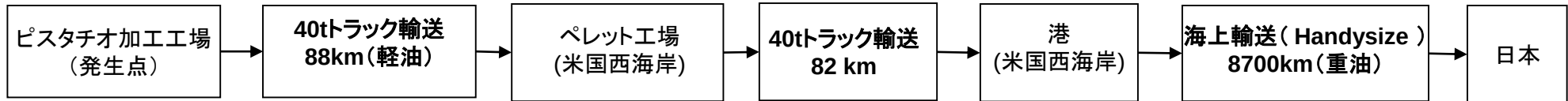
- ピスタチオ殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地は米国西海岸。
- 原料はピスタチオ殻であり、エネルギーとして系統電力の投入によってペレットに加工する(バインダーとして微量のコーンスターチ(1%未満)を添加する可能性あり)。
- 発生地点はピスタチオ加工工場であり、殻の状態でトラックにより加工工場へ輸送、殻状状態及び燃料状態での保管を経て、加工済みの燃料はトラックにより輸送、バルク船(Handysize)により日本へ輸送する想定。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



5.ピスタチオ殻ペレット (2)GHG排出量に計上する工程の説明

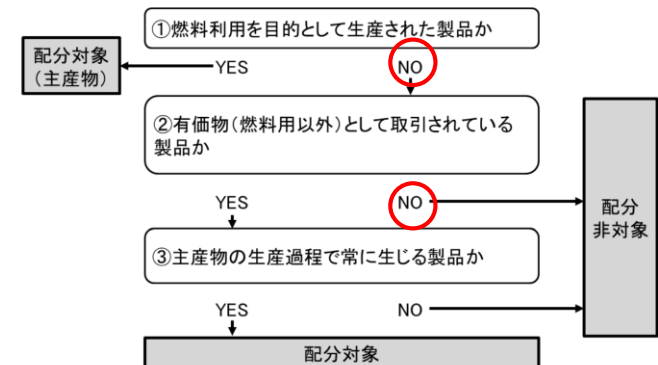
- ピスタチオ殻が産出される外皮除去工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、ピスタチオ殻は仁(食用実)の外皮除去時に発生する副産物であることから、分解工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、外皮除去工程から後の範囲と考えられた。

ピスタチオ殻が発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
仁	食用実として用いられる。	不明
外皮	食用実からの除去(分離加工)時に発生。①燃料 外用途は無し。②基本的に有効利用されていない	不明

(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

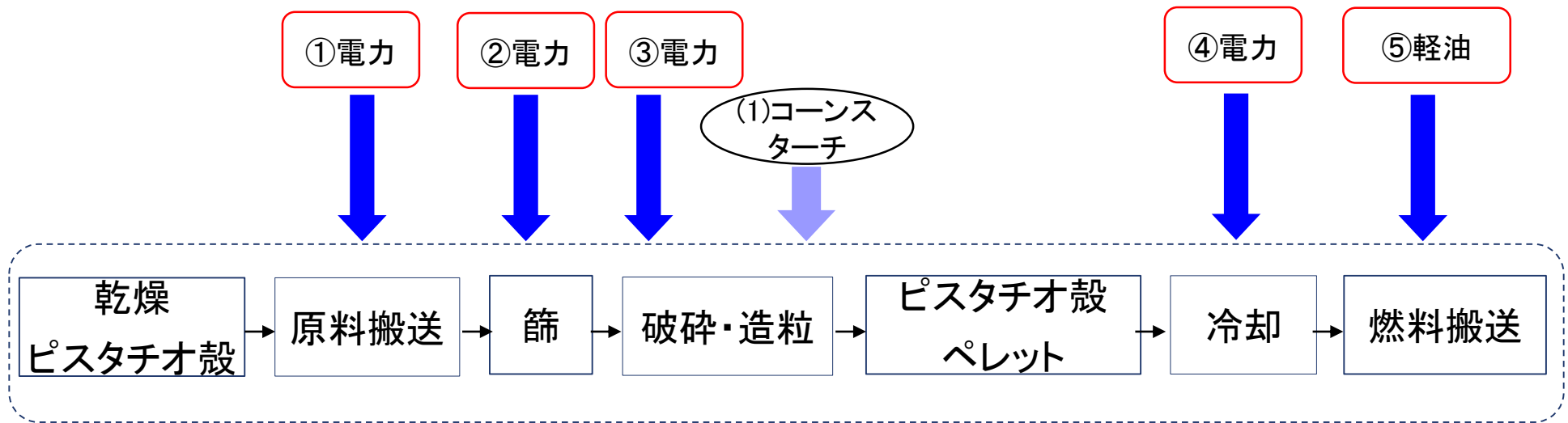
	①	②	③	配分
ピスタチオ殻	No	No	—	非対象



5.ピスタチオ殻ペレット (3) 加工工程の詳細

■ ピスタチオ殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

- 原料搬送・・・①系統電力
- 原料篩・・・②系統電力
- 破碎、造粒・・・③系統電力、(1)コーンスターチ
- 冷却・・・④系統電力
- 燃料搬送・・・⑤軽油



5.ピスタチオ殻ペレット (4)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
- ー 加工工程の消費熱: 利用無し
- ー 加工工程の消費化学物質: 無し
- ー 輸送: 生産国内は40tトラック、日本への輸入はバルク船(Handysize)による。

ピスタチオ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分(系統電力)	3.42
	②乾燥用熱源分(化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.43
	生産国内加工後	0.43
	輸入時海上輸送	5.19
発電		0.29
合計		9.76

ピスタチオ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	13.7	9.8
輸送	24.2	17.3
発電	1.1	0.8
合計	39.0	27.9

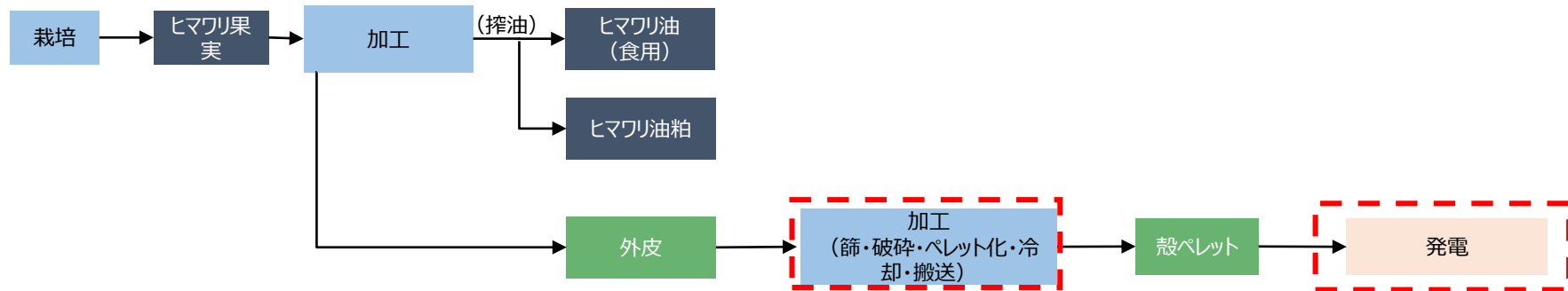
6.ヒマワリ種殻ペレット

6.ヒマワリ種殻ペレット (1)生産工程の全体像

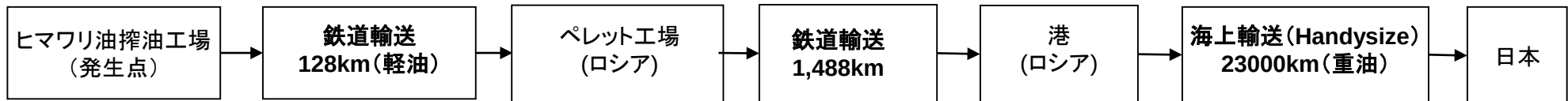
- ヒマワリ種殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地は現時点ではロシア南西部を想定。
- 原料はヒマワリ種であり、エネルギーとして系統電力の投入によってペレットに加工する。
- 発生地点はヒマワリ油搾油工場であり、搾油前に種から取り除かれることで発生する。種殻の状態では鉄道により加工工場へ輸送、加工済みの燃料は鉄道により輸送、バルク船(Handysize)により日本へ輸送する。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



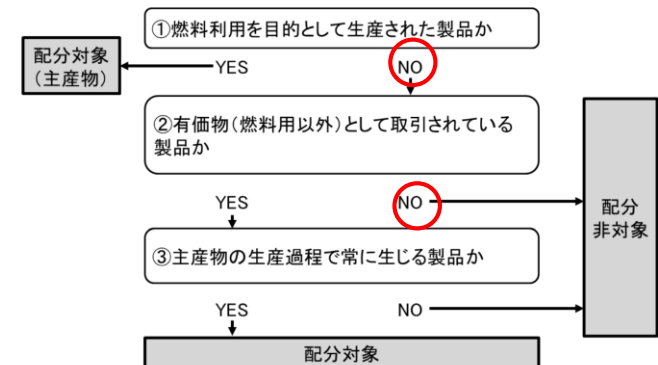
- ヒマワリ種殻が産出される外皮除去工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、ヒマワリ種殻はヒマワリ油搾油のための外皮除去によって発生する副産物であることから、分解工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、外皮除去工程から後の範囲と考えられた。

ヒマワリ種殻が発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
ヒマワリ油	食用に用いられる。	不明
外皮	搾油工程の前の除去(分離加工)時に発生。①燃料外の用途としては畜産敷料があるが使用例は少なく、主な用途は燃料。②一部飼料に使用されるが基本的に有効利用されていない	USD23/t

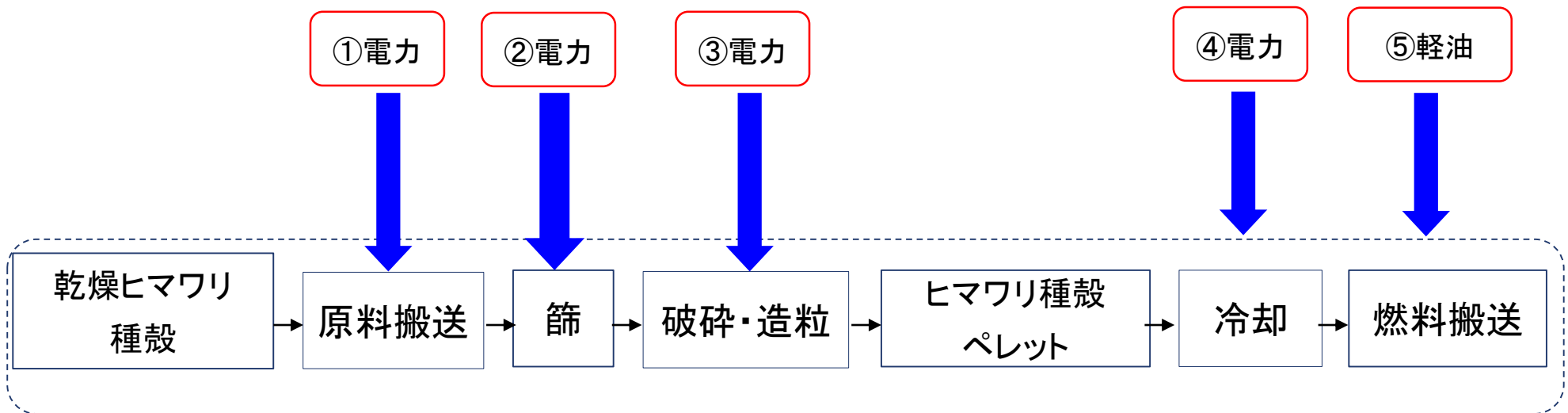
(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
ヒマワリ種殻	No	No	—	非対象



■ ヒマワリ種殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

- 原料搬送…①系統電力
- 原料篩(ふるい)…②系統電力
- 破碎、造粒…③系統電力
- 冷却…④系統電力
- 燃料搬送…⑤軽油



■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
- ー 加工工程の消費熱: 利用無し
- ー 加工工程の消費化学物質: 無し
- ー 輸送: 生産国内は鉄道、日本への輸入はバルク船(Handysize)による。

ヒマワリ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO ₂ /MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	4.52
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.18
	生産国内加工後	2.12
	輸入時海上輸送	12.85
発電		0.29
合計		19.96

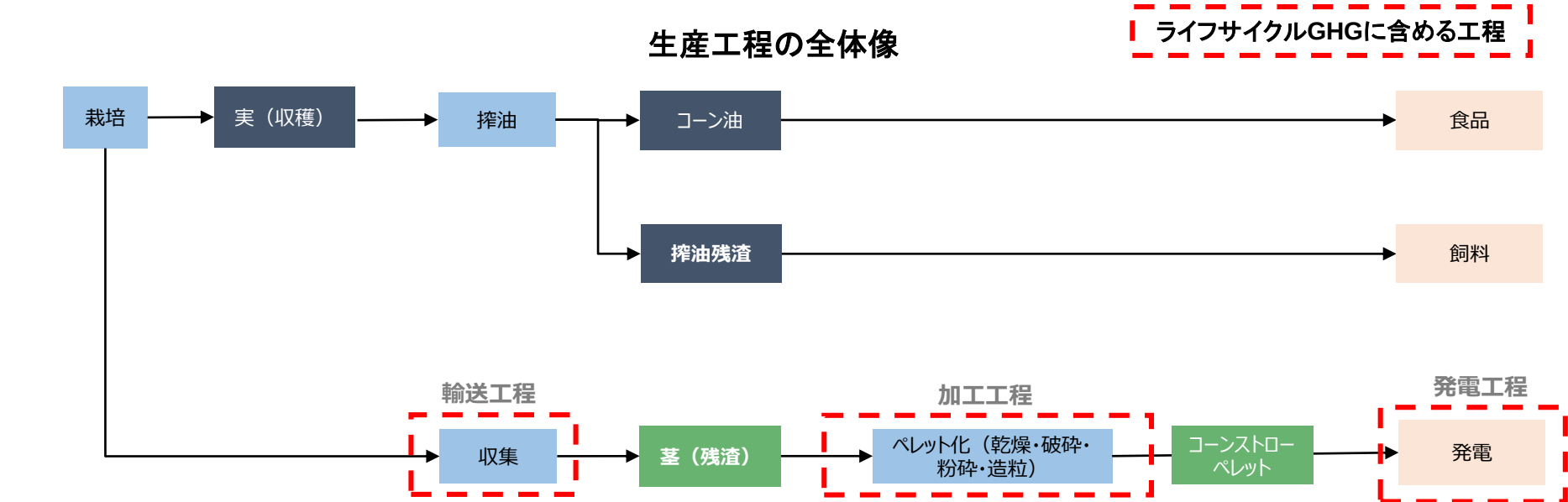
ヒマワリ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO ₂ /MJ電力)	発電効率35% (gCO ₂ /MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	18.1	12.9
輸送	60.6	43.3
発電	1.1	0.8
合計	79.9	57.0

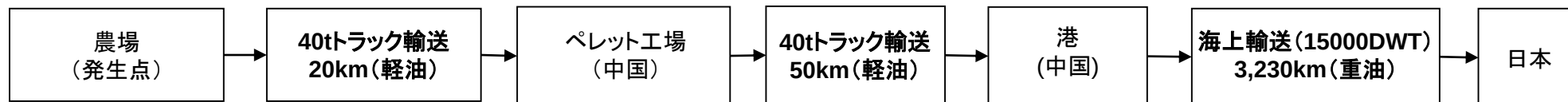
7. コーンストローペレット

7. コーンストローペレット (1) 生産工程の全体像

- コーンストローペレットの生産工程は以下のとおり。産地は中国。
- 原料はトウモロコシの茎部であり、ペレタイザーを用いてペレット状に加工する。
- 発生地点は畑であり、ロール状に収穫した状態でトラックにより加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT5,000～10,000tのバルク船により日本へ輸送する。



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



7. コーンストローペレット (2) GHG排出量に計上する工程の説明

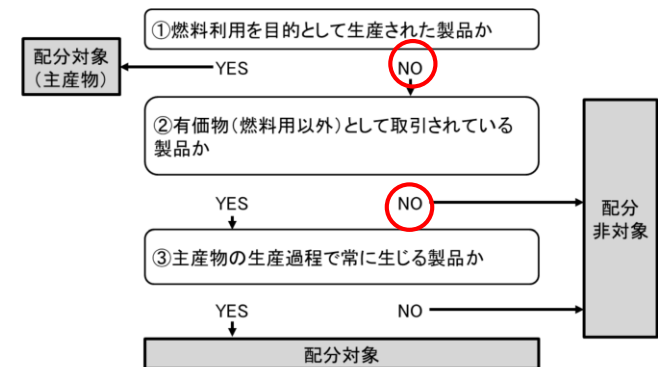
- コーンストローが産出される収穫工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、コーンストローは収穫後の茎であり、非可食かつ副産物であることから、収穫工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、収穫工程から後の範囲と考えられた。

コーンストローが発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 (ヒアリング値)
実(収穫)	食用・飼料 (写真参照)	2,000円/ t 現地サプラヤーより
茎(コーンストロー)	農作物残渣(ペレット) (写真参照)	250円/ t 現地サプラヤーより

(参考) 環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
コーンストロー	No	No	—	非対象



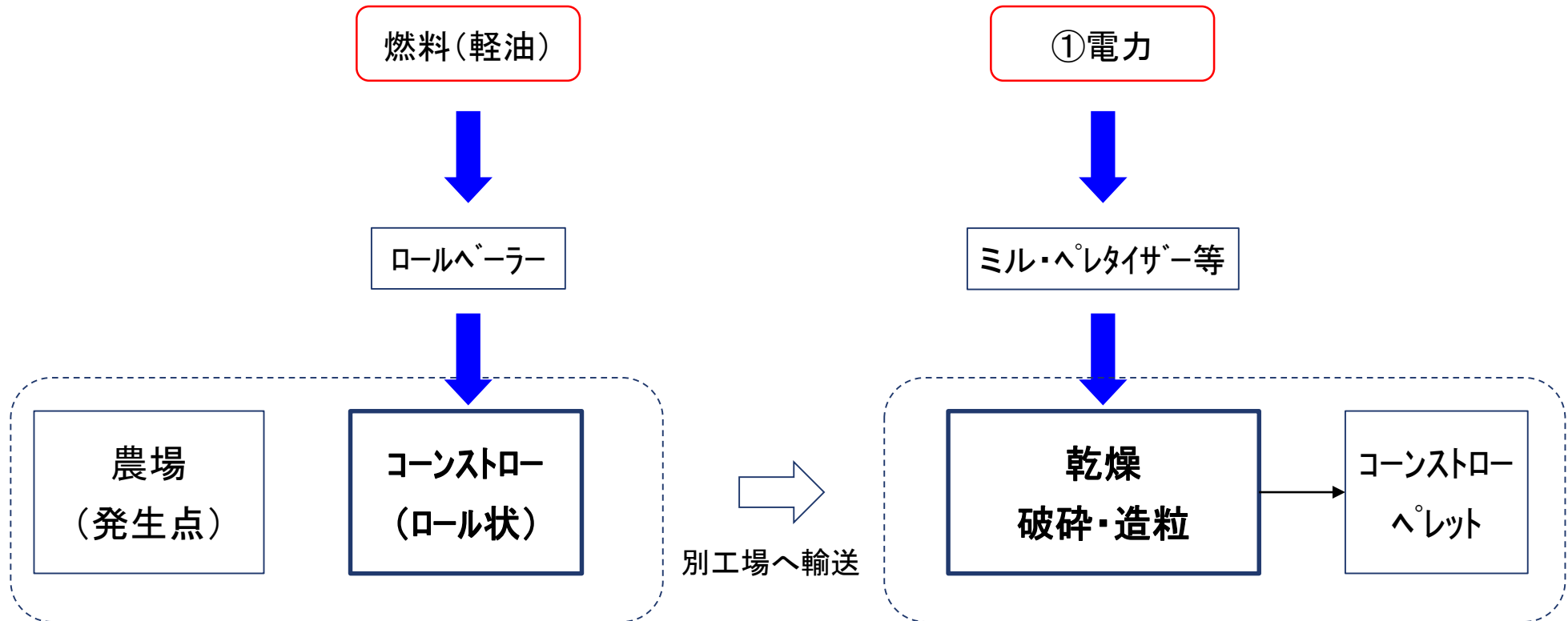
※燃料の準備物とならないものはペレット以外の使用(野焼きによる肥料化)があるようだが、数量の把握ができない程度となっている。

7. コーンストローペレット (3) 加工工程の詳細

- コーンストローペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

化石燃料: ロールベーターでコーンストローをロール状に成型させ、ペレット工場へトラック輸送。

電 力: ミル内で必要に応じて乾燥、破碎、造粒



■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: 農業電源を利用
- ー 加工工程の消費熱 : 農業電源を利用
- ー 加工工程の消費化学物質: 不要
- ー 輸送: 生産国内は(40tトラック)、日本への輸入は15,000DWTの船舶による。

コーンストローペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		0.06
加工	①電力利用分 (系統電力)	14.56
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.11
	生産国内加工後	0.19
	輸入時海上輸送	2.44
発電		0.26
合計		17.62

コーンストローペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

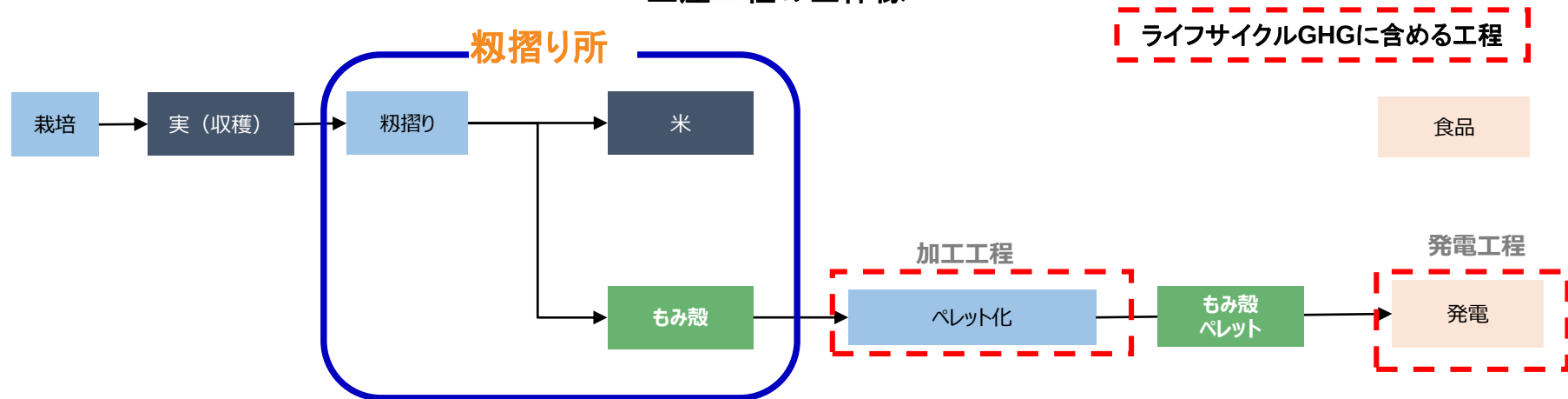
工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	0.3	0.17
加工	58.2	41.6
輸送	11.0	7.9
発電	1.03	0.74
合計	70.5	50.3

8. 籾殻ペレット

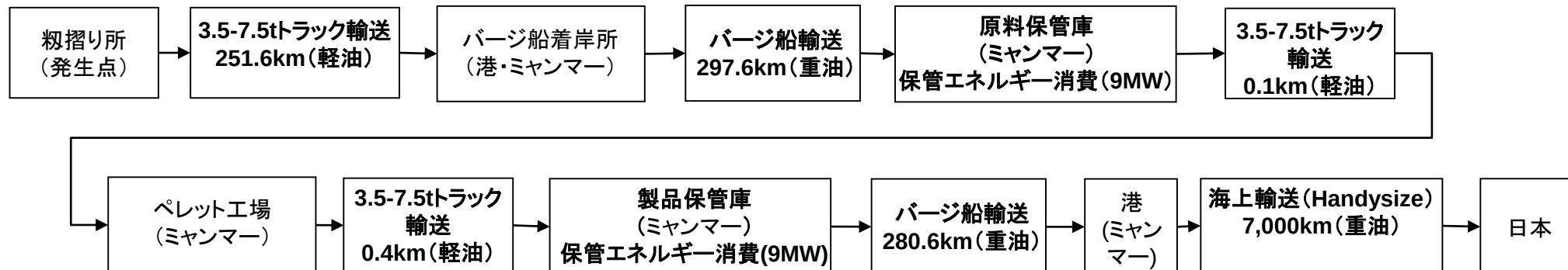
8. 粃殻ペレット (1)生産工程の全体像

- 粃殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地はミャンマー。
- 原料は粃摺り後の粃殻であり、バイオマス発電所からの電気の投入によって半炭化ペレットに加工する。
- 発生地点はミャンマーであり、精米後の粃殻の状態トラック、バージ船により加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT20,000の船により日本へ輸送する。

生産工程の全体像



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



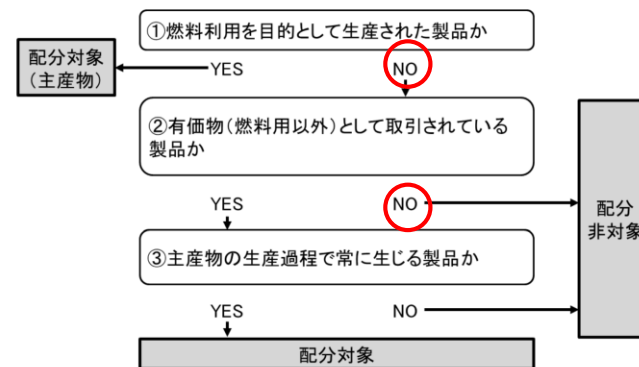
- 粃殻が産出される精米工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、粃殻は精米工程で発生する副産物であることから、精米工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。

粃殻が発生する工程における産出物の特徴

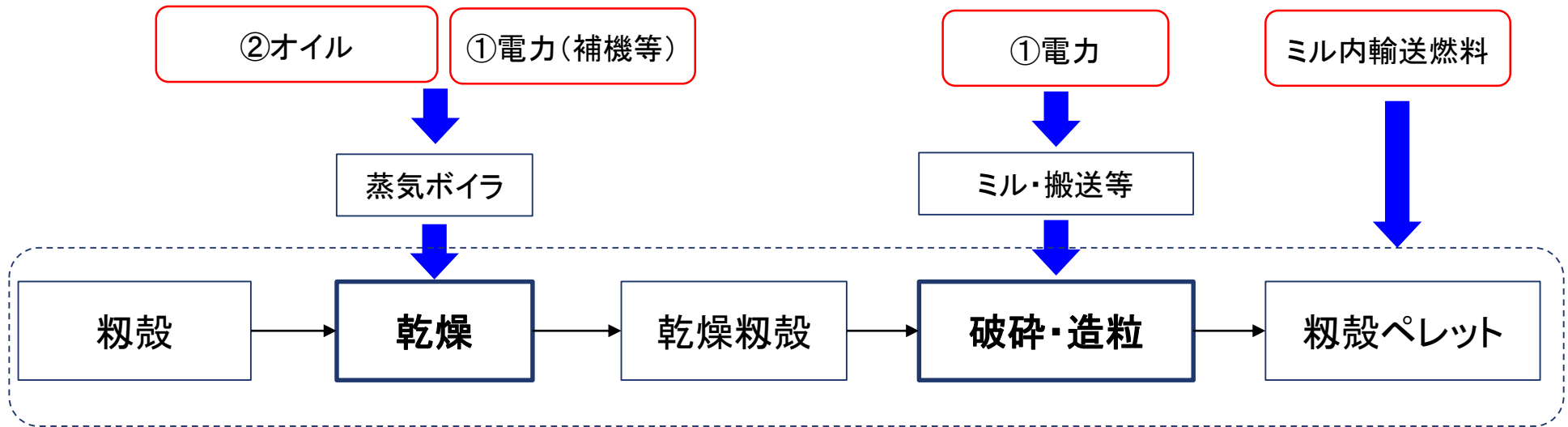
発生物	特徴	取引価格
米	ミャンマーでは約2,500万t/年のお米が生産されている(日本は約980万t/年)	—
もみ殻	粃殻は約520万t/年発生しています。 (参考：FAO) 一部、肥料等に使用されているが、未活用の量が多量にある	—

(参考) 環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
粃殻	No	No	—	非対象



- 籾殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。
 - 籾殻の乾燥 (バイオマス発電からの電力供給)
 - 粉砕(バイオマス発電からの電力供給)
 - ペレット化(バイオマス発電からの電力供給)



8. 籾殻ペレット (4) ライフサイクルGHGの試算

■ 工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: バイオマス発電の電力を利用、加工工程の消費熱: 潤滑油及びディーゼルを利用、加工工程の消費化学物質: 特になし
- ー 輸送: 生産国内は(Lorry 3.5 - 7.5 t (EURO 3))、日本への輸入は(バルク船、28000dwt)による。

籾殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO ₂ /MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分(系統電力)	0.538
	②乾燥用熱源分(化石燃料利用)	0.048
輸送	生産国内加工前	15.50
	生産国内加工後	1.10
	輸入時海上輸送	4.27
発電		0.26
合計		21.72

籾殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

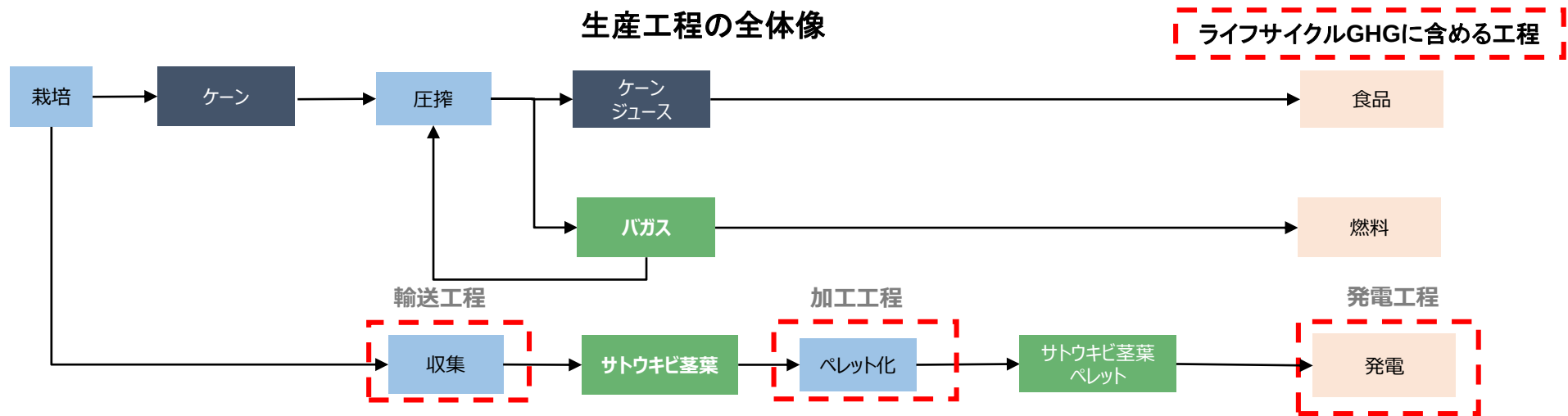
工程	発電効率25% (gCO ₂ /MJ電力)	発電効率35% (gCO ₂ /MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	2.34	16.7
輸送	83.5	59.6
発電	1.03	0.74
合計	86.9	77.1

9.サトウキビ茎葉ペレット

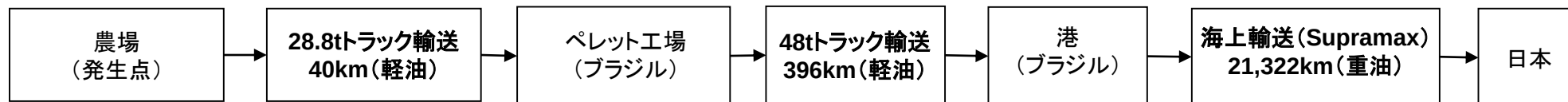
9. サトウキビ茎葉ペレット (1) 生産工程の全体像

- サトウキビ茎葉ペレットの生産工程は以下のとおり。産地はブラジル。
- 原料はサトウキビの茎葉であり、電気モーター駆動の成型機への投入によって、原料が具有するリグニンの熱と圧力の変成作用によってペレットに加工する。
- 発生地点はサトウキビ農園であり、バールの状態でトラックにより加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT57千のスープラマックス船により日本へ輸送する。

生産工程の全体像



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



- サトウキビ茎葉が産出される栽培工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、サトウキビ茎葉は農作物主産物に伴い発生するバイオマスであることから、栽培工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- 下表及び前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、栽培工程から後の収穫工程以降と考えられた。

サトウキビ茎葉が発生する工程における産出物の特徴

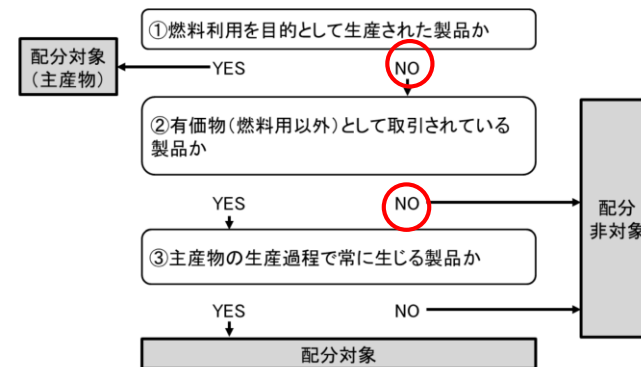
発生物	特徴	取引価格
キビ	イネ科多年草。年に一度、4月末～11月初の収穫	BRL87/ton (* = 工場着、20/4-21/3平均)
茎葉	コンバインハーベスター収穫時に農場で発生する先端部茎と葉	非適用(*)

キビ価格出典: https://www.udop.com.br/cana/tabela_consecana_saopaulo.pdf

(*) 茎葉は、内陸のキビ栽培地域で熱源電源ボイラー燃料として利用中（州内推定発生量150百万ト/年に対し500千ト/年の利用規模（いずれも水分20％ベース）。よって、日本向け輸出用の茎葉ペレットの原料が産出する地域では149.5百万トの茎葉バイオマスは農場に放置され、天日で表土でDE-COMPOSEあるいは鋤き込まれており、燃料用途には未利用。

(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

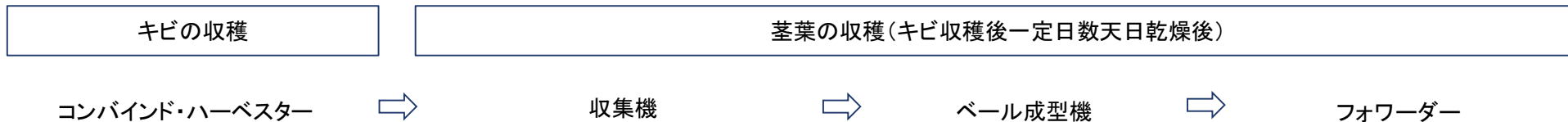
	①	②	③	配分
サトウキビ 茎葉	No	No	－	非対象



圃場からの原料集荷工程を、栽培・加工・製品輸送と別区分で整理

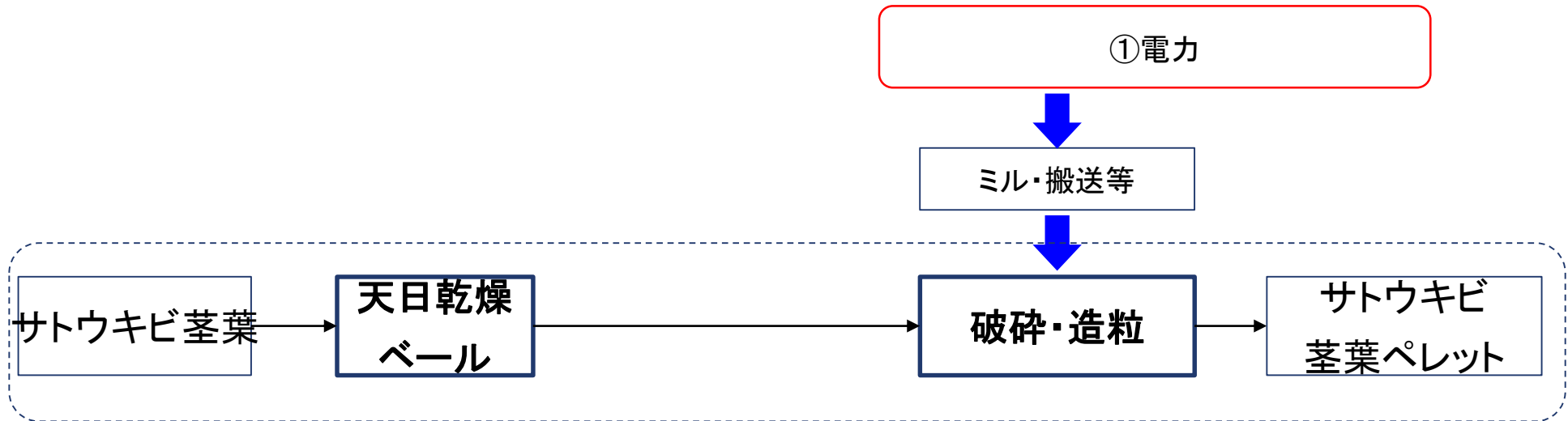
茎葉回収＝収穫跡地に農機アタッチメント(収集機・ベール成型機・ローダー・フォワーダー)でベースを成型する。

ベール搬入＝トラック(茎葉28トﾝ積み)でペレット工場に搬入



■ サトウキビ茎葉ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。

- 原料下処理(異物除去とミル粉碎)とペレット成型と冷却。なお、(1)ベールをトラックから荷下ろしから製品ペレット出荷まで、オール電化しており、ペイローダーなど重機の使用はない(*)、また(2)農地での天日乾燥ゆえ、燃料化に際しての熱乾燥工程はない(バガスペレット製造時は乾燥工程有り)



(*)下記動画の00:30付近を参照

<https://www.bing.com/videos/search?mid=3B995F7D8F733A79346E3B995F7D8F733A79346E&q=cosan+biomassa+pellet&view=detail&form=IDPWLC>

9.サトウキビ茎葉ペレット (5)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: バガス自家発電を利用(系統電力を非使用)
- ー 加工工程の消費熱: なし(天日乾燥)
- ー 加工工程の消費化学物質: なし
- ー 輸送: 生産国内は(ペレット換算48トンの積みトラック)、日本への輸入(海上輸送)はSupramax

サトウキビ茎葉ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		0.89
加工	①電力利用分(系統電力)	1.13
	②乾燥用熱源分(化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	0.18
	生産国内加工後	1.58
	輸入時海上輸送	7.26
発電		0.26
合計		11.3

サトウキビ茎葉ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	3.6	2.54
加工	4.5	3.21
輸送	36.1	25.79
発電	1.03	0.74
合計	45.2	32.3

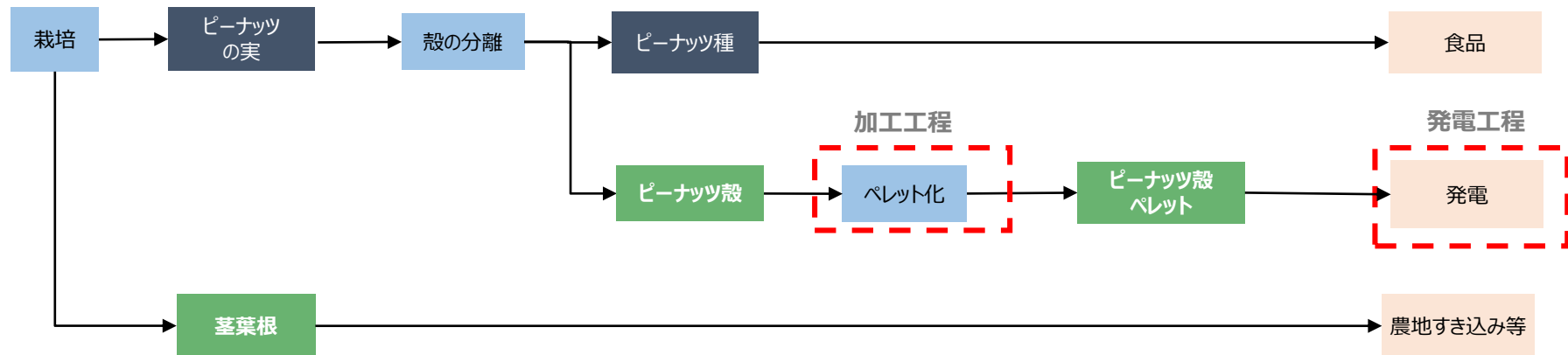
10.ピーナッツ殻ペレット

10.ピーナッツ殻ペレット (1)生産過程

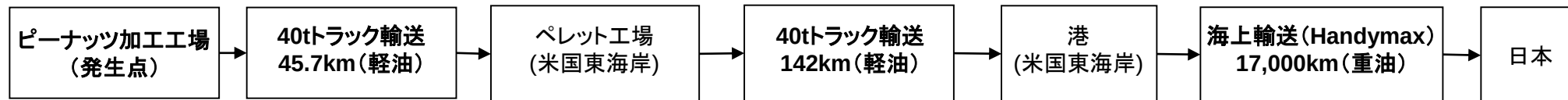
- ピーナッツ殻ペレットの生産工程は以下のとおり。産地は米国東海岸。
- 原料はピーナッツであり、電力、ディーゼル、ガソリン、プロパン、の投入によってペレットに加工する。
- 発生地点はピーナッツ加工工場であり、ピーナッツ殻の状態トラックにより加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、DWT38,000のバルク船により日本へ輸送する。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



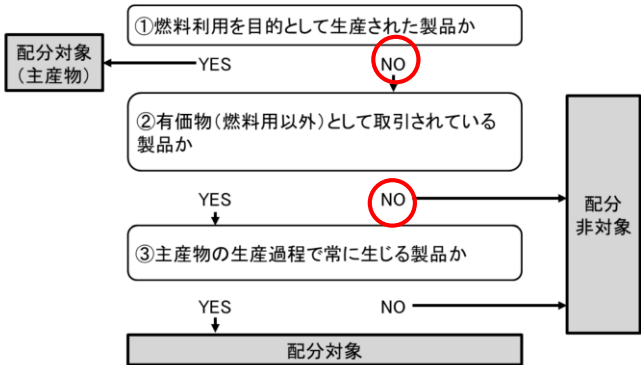
- ピーナッツ殻が産出される殻の分離工程において発生する各産出物は下表のとおり。下表に示す通り、ピーナッツ殻は副産物であり、使用用途がないことから、殻の分離工程において、主な目的生産物ではないと考えられる。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- このため、前述のとおり、ライフサイクルGHGに含める工程は、殻の分離工程から後の範囲と考えられた。

ピーナッツ殻が発生する工程における産出物の特徴

発生物	特徴	取引価格
ピーナッツ種	ピーナツ農場から集荷されたピーナツは工場にて殻と分離され、食品等として利用される。	N.A
ピーナッツ殻	取り除かれたピーナッツ殻がペレット原料として利用される。燃料以外の用途は無。	10-20ドル/Mt

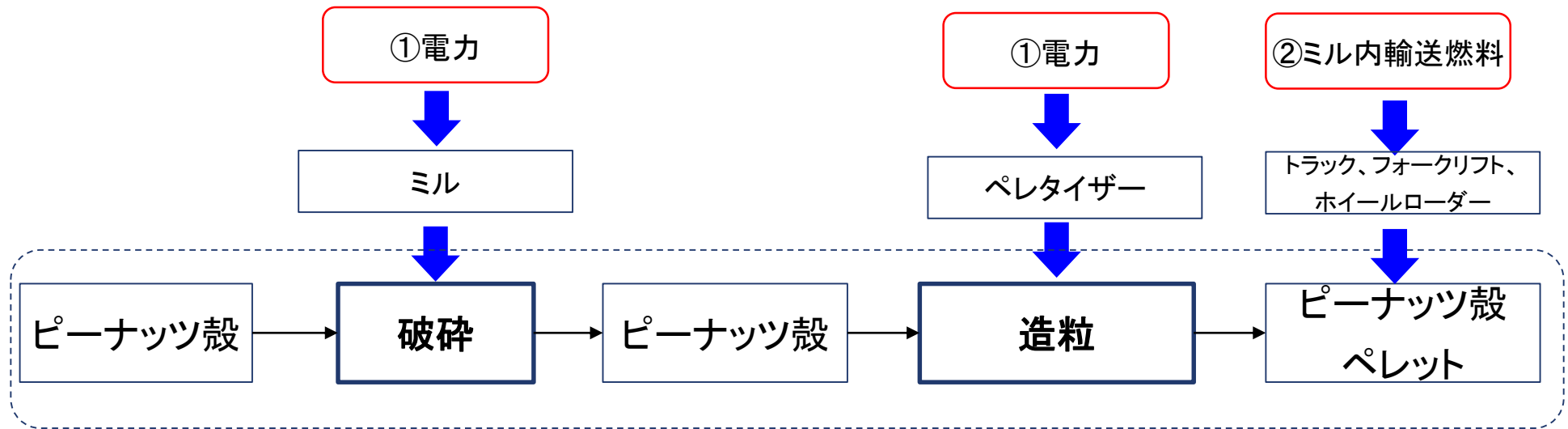
(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
ピーナッツ殻	No	No	—	非対象



(*)MDPI Peanut Shell for Energy: Properties and Its Potential to Respect the Environment
より

- ピーナッツ殻ペレットの燃料加工工程の詳細は以下のとおり。
 - ピーナッツ殻を破碎するためのミル、造粒するためのペレタイザー、その他搬送設備等に電力を使用する。電力は電力会社より調達
 - 工場内の横持用にトラック、フォークリフト、ホイールローダーを使用。
 - 工場に搬入されたピーナッツ殻は十分に乾燥が進んでいるため、ドライヤーは不要



10.ピーナッツ殻ペレット (4)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: グリッドからの電力を利用
- ー 加工工程の消費熱: 原料が乾燥しているため、熱の消費は無し
- ー 加工工程の消費化学物質: 化学物質は使用しない
- ー 輸送: 生産国内はトラック、日本への輸入はバルク船 38,000DWTによる

ピーナッツ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO ₂ /MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	1.97
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	0.10
輸送	生産国内加工前	0.17
	生産国内加工後	0.70
	輸入時海上輸送	6.69
発電		0.26
合計		9.89

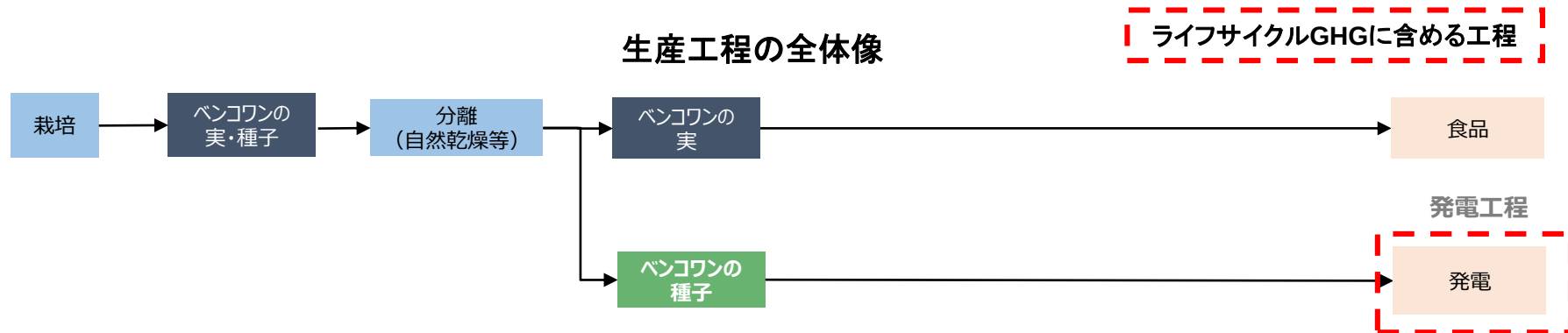
ピーナッツ殻ペレットのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO ₂ /MJ電力)	発電効率35% (gCO ₂ /MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	8.3	5.9
輸送	30.2	21.6
発電	1.03	0.74
合計	39.5	28.2

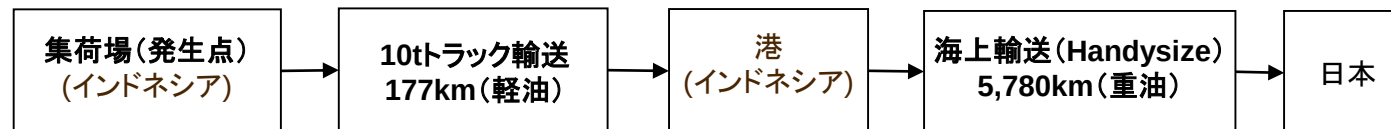
11.ベンコアン種子

11.ベンコアン種子 (1)生産工程の全体像

- ベンコアン種子の生産工程は以下のとおり。産地はインドネシア。
- 原料は芋の栽培から発生。特に加工は行わない。
- 発生地点は農家であり、種の状態で輸出の港へ10トントラックにより輸送、
- DWT28000t級の在来船により日本へ輸送する。



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



■ ベンコアン種子は加工せずに、バイオマス発電として利用。

芋も鞘も一緒に収穫

鞘を自然乾燥



1. ベンコアンは芋の収穫の為に栽培されている
2. 芋と同時に収穫される鞘の中にある種子は弱毒性なので利用されていない
3. 芋と鞘は一緒に収穫されるので、種子は収穫した農家で過剰分は廃棄されている。
4. 農家から港までの間を、10トントラックで種子（過剰分）を運送する。
5. ベンコアンは種子なので含水量が比較的少なく、且つ6,300Cal/gと熱量が高いのでそのまま固体燃料として利用が可能

1

11.ベンコアン種子 (4)ライフサイクルGHGの試算

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 加工工程の消費電力: 次年度の種として利用しないもののみを利用。従って特に電力は使用しない
- ー 加工工程の消費熱: 熱処理は行わない
- ー 加工工程の消費化学物質: 房から脱穀した種をそのまま利用するので化学処理は行わない
- ー 輸送: 生産国内は(陸上輸送、10トントラック)、日本への輸入は(海上輸送、28,000DWTによる

ベンコアンのライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分(系統電力)	—
	②乾燥用熱源分(化石燃料利用)	—
輸送	生産国内加工前	—
	生産国内加工後	1.08
	輸入時海上輸送	4.97
発電		0.26
合計		6.31

ベンコアンのライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

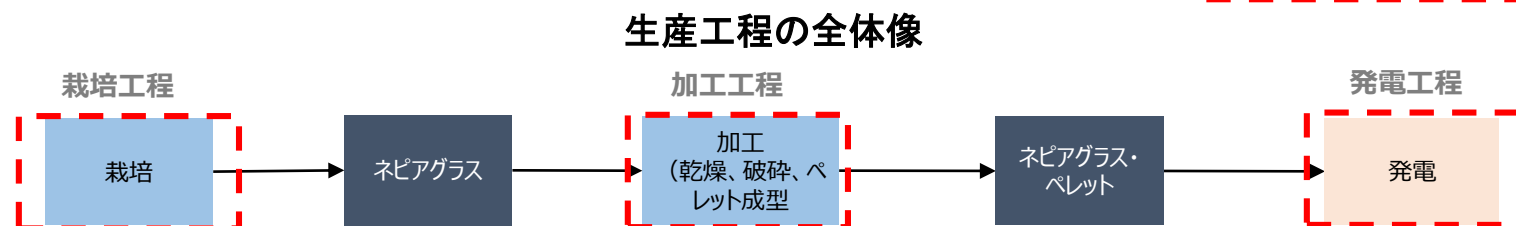
工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	0	—
輸送	24.2	17.3
発電	1.03	0.74
合計	25.2	18.0

12. ネピアグラス・ペレット

12. ネピアグラス・ペレット (1)生産工程の全体像

- ネピアグラス・ペレットの生産工程は以下のとおり。産地はフィリピン。
- 原料はネピアグラスであり、電気・乾燥用燃料の投入によってペレットに加工する。
- 発生地点はフィリピン・セブ島であり、ハーベスターによりシュレッドされた状態でトラックにより加工工場へ輸送、加工済みの燃料はトラックにより輸送、Supramaxサイズのバルク船により日本へ輸送する。
- また、今回の試算では、直接土地利用変化は含んでいない。

ライフサイクルGHGに含める工程



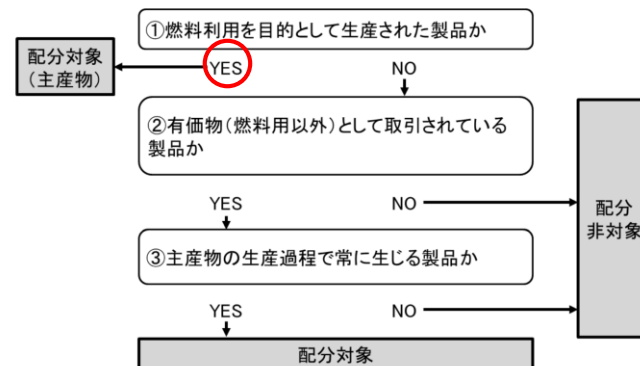
ライフサイクルGHGに含める輸送行程



- ネピアグラスは、バイオマス燃料の生産を目的に栽培が行われることが想定されるため、栽培から加工、輸送、発電に至るまで全ての工程に関して、計上するものとした。
- なお、各工程における産出物はネピアグラスペレット及びその中間生成物以外に発生しないため、アロケーションは行わない。
- 参考に環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると下記のとおり。

(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

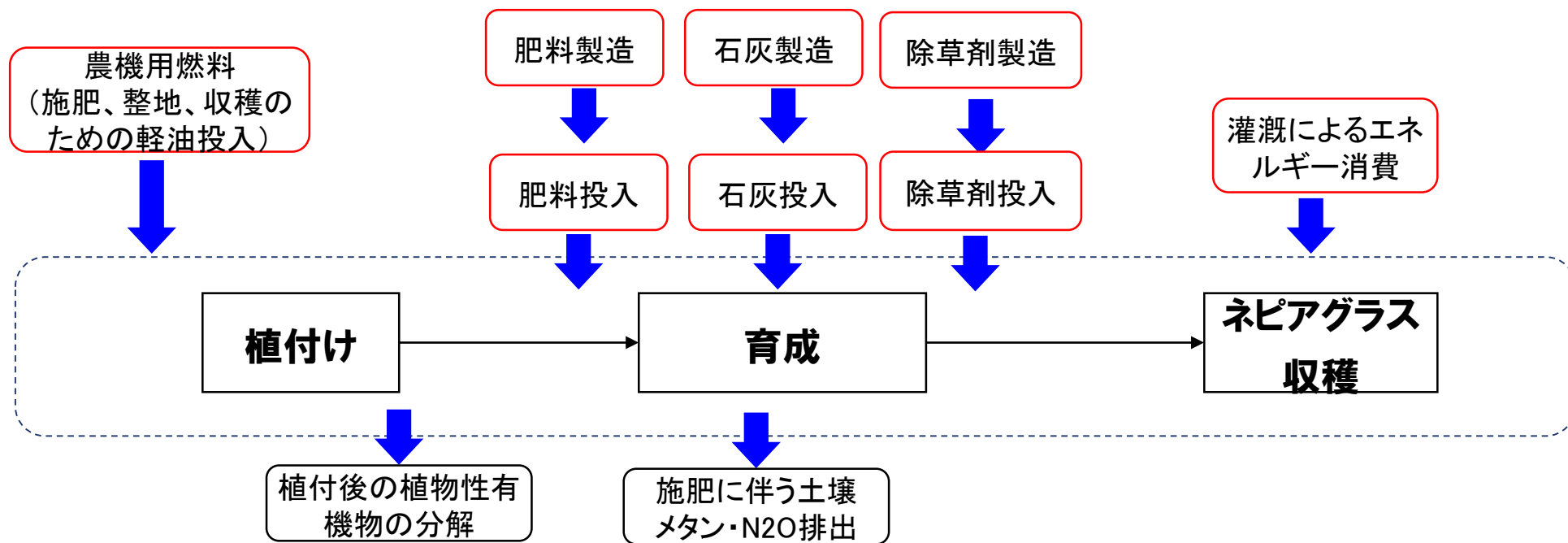
	①	②	③	配分
ネピアグラス	Yes	—	—	対象



12. ネピアグラス・ペレット (3) 栽培工程の詳細

- ネピアグラスの栽培に必要な工程の詳細は以下のとおり。
 - 農地の耕起、植付、肥料等散布、収穫に農機を使用、軽油を1Ha当たり年間134.69L使用
 - 植付前に土壌改良として石灰を散布、1Ha当たり年間1,284.5kg
 - 育成段階で除草剤を散布、1Ha当たり年間20.31kg
 - 育成段階で肥料(尿素)を散布、1Ha当たり年間243.63kg

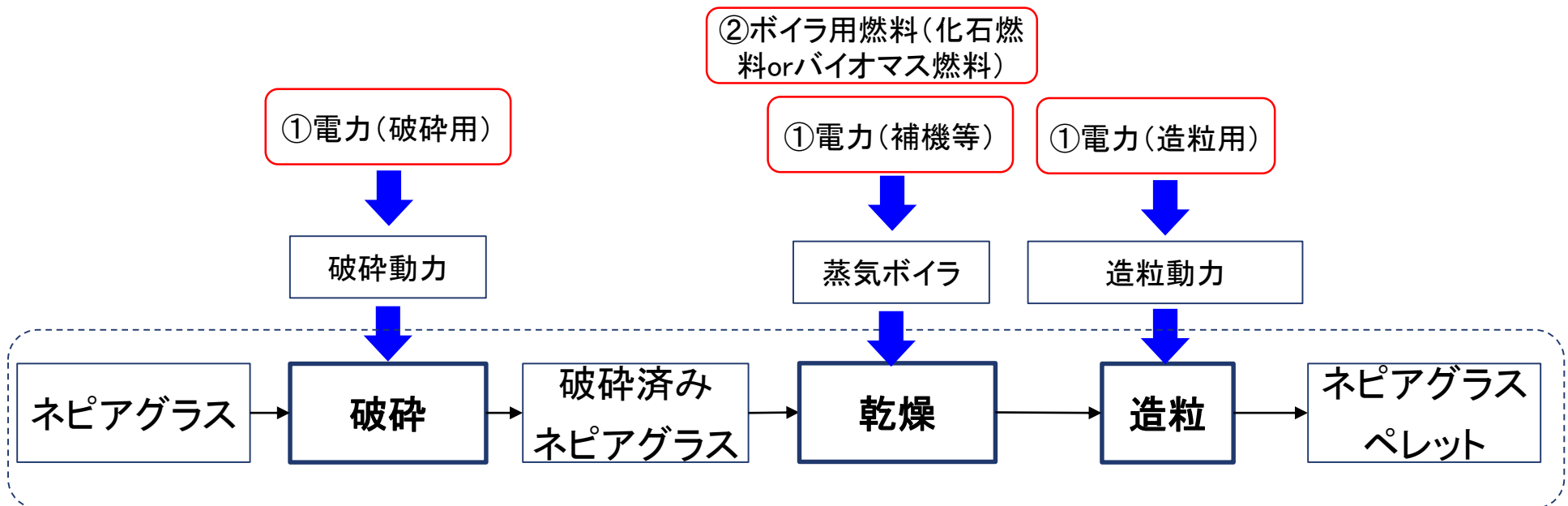
ネピアグラスの栽培におけるエネルギー・化学物質の投入



12. ネピアグラス・ペレット (4) 加工工程の詳細

- ネピアグラスのペレット化の工程の詳細は以下のとおり。
 - 破碎・乾燥・造粒工程においてそれぞれ電力を使用する
 - 乾燥工程において、燃料として重油を使用する
 - 加工工程においては化学物質等は使用しない

ネピアグラス・ペレット製造におけるエネルギー・化学物質の投入



※化学物質の投入は不要

12.ネピアグラスペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(対策なしケース)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 原料収集運搬工程: 40tトラック・陸送
- ー 加工工程の消費電力: 系統電力を利用 ー 加工工程の消費熱: 重油を利用
- ー 加工工程の消費化学物質: 使用しない
- ー 輸送: 生産国内は40tトラック・陸送、日本への輸入はSupramax・海上輸送による

ネピアグラスペレット(対策なし)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO ₂ /MJ燃料)
栽培		7.97
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	5.5
	②乾燥用熱源分 (化石燃料利用)	13.6
輸送	生産国内加工前	0.32
	生産国内加工後	0.052
	輸入時海上輸送	0.89
発電		0.26
合計		28.59

ネピアグラスペレット(対策なし)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO ₂ /MJ電力)	発電効率35% (gCO ₂ /MJ電力)
栽培	31.9	22.8
原料収集	—	—
加工	76.6	54.7
輸送	5.1	3.6
発電	1.03	0.74
合計	114.7	81.9

12.ネピアグラスペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(加工・輸送・発電・合計、対策ありケース)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- ー 原料収集運搬工程: 40tトラック・陸送
- ー 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
- ー 加工工程の消費熱: 乾燥にはネピアグラスペレットを燃料として利用
- ー 加工工程の消費化学物質: 使用しない
- ー 輸送: 生産国内は40tトラック・陸送、日本への輸入はSupramax・海上輸送による

※ 1tのネピアグラスペレット製造する際、0.176tのペレットをボイラ用燃料として使用することから、歩留まり率を85%として計算

ネピアグラスペレット(対策あり)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		9.28
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	5.50
	②乾燥用熱源分 (バイオマス利用)	0.054
輸送	生産国内加工前	0.37
	生産国内加工後	0.52
	輸入時海上輸送	0.89
発電		0.26
合計		16.87

ネピアグラスペレット(対策あり)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	37.1	26.5
原料収集	—	—
加工	22.2	15.9
輸送	5.3	3.8
発電	1.03	0.74
合計	65.6	46.9

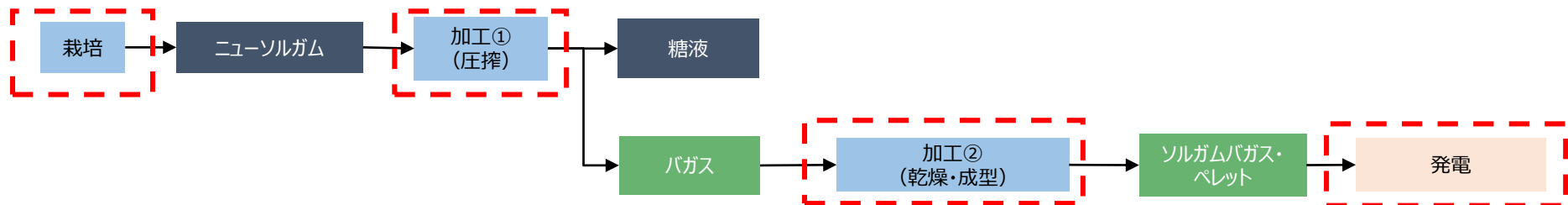
13. ソルガムバガス・ペレット

13. ソルガムバガス・ペレット (1)生産工程の全体像

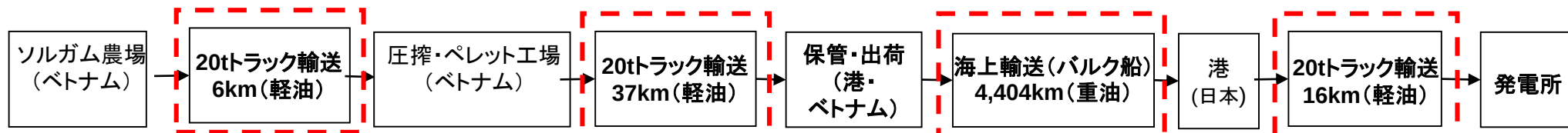
- ソルガムバガス・ペレットの生産工程は以下のとおり。産地はベトナム。
- 原料はニューソルガムであり、圧搾(電力使用)により糖液とバガスに分離。バガスは乾燥(バイオマス使用)、成型(電気使用)を経てソルガムバガス・ペレットに加工する。
- 圧搾後の糖液についてはエタノールとして高価値で販売できる可能性があり、検討中。
- 栽培地点では行政省が管理する既存のゴム農園、アカシア植林地からの転作と休閑地の活用を予定。自然林、熱帯雨林からの開発は行わないことから、直接土地利用変化の影響を含めていない。
- 搾汁・加工工場は栽培地に隣接。加工済みの燃料は20トン車により輸送、DWT 3万トンのバルク船により日本へ輸送する。

生産工程の全体像

ライフサイクルGHGに含める工程



ライフサイクルGHGに含める輸送行程



13. ソルガムバガス・ペレット (2) GHG排出量に計上する工程の説明

- ソルガムバガスが産出される圧搾工程において発生する各産出物は下表に示す通り。
- ソルガムバガスは同時に発生する糖液に対して算出価値が低いことから、搾油工程において、主な目的生産物ではないと考えられる(ベースケース)。
- 参考に、ベースケースでの環境省LCAガイドラインにおける配分対象／非対象の判断のフローを適用すると右記のとおり。
- ライフサイクルGHGに含める工程は、ベースケースでは圧搾工程から後の範囲と考える。
- 但し糖液販売は商流検討中であるため、主な目的生産物となる場合(サブケース)も併せて評価する。サブケースでは加工より上流工程のGHGを熱量按分で計上する。

ソルガムバガスが発生する工程における産出物の特徴

産出物	特徴	取引価格 USD/t
エタノール	ソルガムの搾汁液に含まれる糖分から製造したもの	2,796
バガス	搾汁後の絞りかす。他の利用用途なし。	44
その他	Na,K除去のための水洗により発生	—

エタノール収量: http://www.naro.affrc.go.jp/org/narc/seika/kanto22/03/22_03_56.html
重量比は、上記を参考に、当社試験作付によるニューソルガムの収率(210t/ha・年)、および圧搾時のwetバガス分離比率(80%)から推計した。

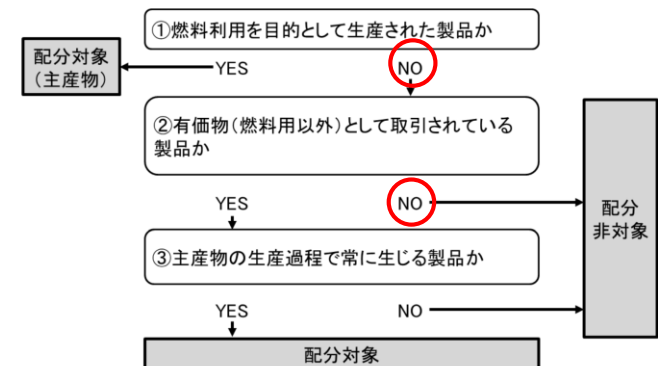
ソルガムシロップ価格: <https://attra.ncat.org/product/sorghum-syrup/>

ソルガムバガスの価値比率

$$44 \times 0.80 \div (44 \times 0.80 + 2,796 \times 0.04) = 24\%$$

(参考)環境省LCAガイドラインの考え方の適用結果

	①	②	③	配分
ソルガムバガス	No	No	—	非対象



13. ソルガムバガス・ペレット (3) 栽培・加工工程の詳細

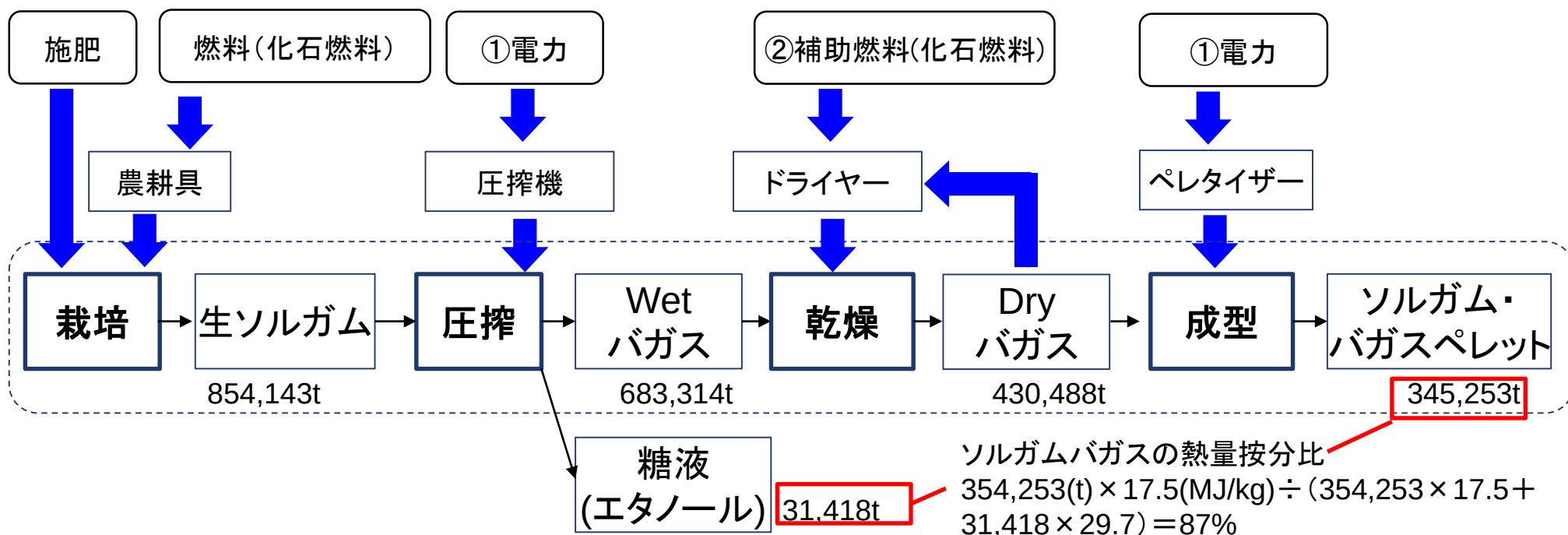
- 75MW(必要ペレット量345,253t/年)の専焼発電を想定したソルガムバガスのペレット化の工程の詳細は以下のとおり。

栽培: 4,068haの農園より、年間210t/ha、総計854,143tの生ソルガムを収穫

圧搾: 生ソルガムを圧搾機で圧搾し、31,418tのエタノールと683,314tのWetバガスに分離する

乾燥: Wetバガスはドライヤーで乾燥することにより、430,488tのDryバガスとなり、その24%はボイラの熱源に利用される

成型: ペレタイザーにより圧力をかけて成型し、ソルガム・バガスペレットを製造する



13.ソルガムバガスペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(栽培含まず)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- 加工工程の消費電力: 系統電力を利用
- 加工工程の消費熱: バイオマスを利用
- 加工工程の消費化学物質不要
- 輸送: 国内輸送は20トントラック、日本への輸入はDWT3万tのバルク船

ソルガムバガスペレット(栽培含まず)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO2/MJ燃料)
栽培		—
原料収集		—
加工	①電力利用分 (系統電力)	9.42
	②乾燥用熱源分 (バイオマス利用)	0.2
輸送	生産国内加工前	—
	生産国内加工後	0.28
	輸入時海上輸送(日本国内陸運含)	1.45
発電		1.94
合計		13.30

ソルガムバガスペレット(栽培含まず)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO2/MJ電力)	発電効率35% (gCO2/MJ電力)
栽培	—	—
原料収集	—	—
加工	38.5	27.5
輸送	6.9	4.9
発電	7.8	5.6
合計	53.2	38.0

13.ソルガムバガスペレット (4)ライフサイクルGHGの試算(栽培含む)

■ 各工程別の試算条件は以下のとおり。

- 一 栽培工程の施肥:NPK肥料を利用
- 一 栽培工程の栽培:軽油を利用
- 一 原料輸送:農園の移動距離分は20tトラックで輸送

<栽培含まず>の工程に加え、
以下の栽培・収集・圧搾工程が追加。
熱量按分比89%を乗じたうえで加算する

ソルガムバガスペレット(栽培含む)のライフサイクルGHG試算結果(燃料発熱量ベース)

工程		GHG試算値 (g-CO ₂ /MJ燃料)
栽培		16.99
原料収集		0.06
加工	①電力利用分(系統電力)	12.54
	②乾燥用熱源分(バイオマス利用)	0.20
輸送	生産国内加工前	—
	生産国内加工後	0.28
	輸入時海上輸送(日本国内陸運含)	1.45
発電		1.94
合計		33.45

ソルガムバガスペレット(栽培含む)のライフサイクルGHG試算結果(発電量ベース)

工程	発電効率25% (gCO ₂ /MJ電力)	発電効率35% (gCO ₂ /MJ電力)
栽培	68.0	48.5
原料収集	0.25	0.18
加工	50.9	36.4
輸送	6.9	4.9
発電	7.8	5.6
合計	133.8	95.6

Ⅱ．既存燃料のライフサイクルGHG試算結果

1. 既存燃料のライフサイクルGHG試算結果の全体像

■ 既存燃料のライフサイクルGHGの試算値は以下の通り。

* 木質ペレット、木質チップについては産地、原材料別にペレット8例およびチップ4例、PKSは産地別に2例を試算

ライフサイクルGHG試算結果の総括(発電効率25%※¹に統一)

バイオマス種	生産国	原料※ ²	加工工程		GHG試算結果 (g-CO ₂ /MJ電力)					
			ペレット化	乾燥熱源	栽培	収集	加工	輸送	発電	合計
1 木質ペレット①	米国東海岸	FR: 63% / IR: 37%	○	バイオマス	—	4.7	18.6	38.7	1.2	63.3
2 木質ペレット②	米国東海岸	FR: 99% / IR: 1%	○	バイオマス	—	7.3	29.7	43.9	1.2	82.1
3 木質ペレット③	米国東海岸	FR: 30% / IR: 70%	○	バイオマス	—	2.2	27.5	44.6	1.2	75.5
4 木質ペレット④	カナダ	IR: 100%	○	バイオマス	—	—	5.6	22.6	1.2	29.4
5 木質ペレット⑤	カナダ	IR: 100%	○	天然ガス	—	—	38.6	20.0	1.2	59.8
6 木質ペレット⑥	カナダ	FR: 50% / IR: 50%	○	バイオマス	—	3.7	9.5	24.5	1.2	38.9
7 木質ペレット⑦	ベトナム	FR: 50% / IR: 20% / SRC:30%	○	バイオマス	5.0	3.7	25.7	14.9	1.2	50.5
8 木質ペレット⑧	ベトナム	IR: 100%	○	バイオマス	—	—	28.6	12.3	1.2	42.1
9 木質チップ①	ベトナム	SRC:100%	—	—	17.7	—	—	33.6	2.0	53.3
10 木質チップ②	オーストラリア	FR:100%	—	—	—	6.0	1.5	75.7	2.0	85.3
11 木質チップ③	米国西海岸	FR: 50% / IR: 50%	—	—	—	3.0	1.5	74.8	2.0	81.3
12 木質チップ④	南アフリカ	FR:100%	—	—	—	6.0	1.5	101.1	2.0	110.6
13 PKS①	インドネシア		—	—	—	—	—	37.7	6.1	43.7
14 PKS②	マレーシア		—	—	—	—	—	32.8	6.1	38.9
15 OPTペレット	マレーシア	オイルパームトランク:100%	○	バイオマス	—	—	20.0	14.1	1.0	35.1

※¹ 欧州委員会報告書において、中小規模バイオマス専焼発電所の代表的な発電効率として算定に用いられている値

※² FR (Forest Residues) : 製材用等に不適な材・枝条等 (SRC除く)
IR (Wood Industry Residues) : 製材端材
SRC (Short Rotation Coppice) : 2-7年生の短伐期材

- サプライヤーへのヒアリング調査を元にして、ライフサイクルGHG計算ツール(BioGrace II)を用いて算定。
 - 栽培工程：ベトナムの短伐期材は主にアカシアであるが、便宜的にユーカリのデフォルト値にて試算
 - 収集工程：Forest Residues収集のデフォルト値にて試算
 - 加工工程：エネルギー投入量はサプライヤー情報またはデフォルト値、各国の電力排出係数で試算
 - 輸送工程：サプライヤー情報を元に概算輸送距離を用いて試算
 - 発電行程：デフォルト値
- 試算結果は、あくまで本調査に基づく試算例であり、各国の代表的・平均的な値ではない。
- バウンダリー・アロケーション：Forest ResiduesおよびWood Industry Residuesを原料とする場合は原料の収集・輸送以降をバウンダリーとし、栽培工程のGHG排出については加味しない。

燃料種	調達国	原料※1	乾燥熱源	生産国内輸送	海上輸送	LC-GHG試算結果(燃料発熱量ベース)						LC-GHG試算結果(発電量ベース)	
						(g-CO2/MJ燃料)						(g-CO2/MJ電力)	
						栽培	収集	加工	輸送	発電	合計	発電効率25%	発電効率35%
木質ペレット	① 米国東海岸	FR: 63% / IR: 37%	バイオマス	トラック、鉄道	バルク船(Handysize)	-	1.2	4.7	9.7	0.3	15.8	63.3	45.2
	② 米国東海岸	FR: 99% / IR: 1%	バイオマス	トラック、鉄道	バルク船(Handysize)	-	1.8	7.4	11.0	0.3	20.5	82.1	58.7
	③ 米国東海岸	FR: 30% / IR: 70%	バイオマス	トラック	バルク船(Handysize)	-	0.6	6.9	11.1	0.3	18.9	75.5	53.9
	④ カナダ	IR: 100%	バイオマス	トラック、鉄道	バルク船(Handysize)	-	-	1.4	5.6	0.3	7.3	29.4	21.0
	⑤ カナダ	IR: 100%	天然ガス	トラック、鉄道	バルク船(Handysize)	-	-	9.7	5.0	0.3	15.0	59.8	42.7
	⑥ カナダ	FR: 50% / IR: 50%	バイオマス	トラック、鉄道	バルク船(Handysize)	-	0.9	2.4	6.1	0.3	9.7	38.9	27.8
	⑦ ベトナム	FR: 50% / IR: 20% / SRC:30%	バイオマス	トラック	バルク船(Handysize)	1.3	0.9	6.4	3.7	0.3	12.6	50.5	32.5
	⑧ ベトナム	IR: 100%	バイオマス	トラック	バルク船(Handysize)	-	-	7.2	3.1	0.3	10.5	42.1	30.1

※1 FR (Forest Residues) : 製材用等に不適な材・枝条等 (SRC除く)
 IR (Wood Industry Residues) : 製材端材
 SRC (Short Rotation Coppice) : 2-7年生の短伐期材

- サプライヤーへのヒアリング調査を元にして、ライフサイクルGHG計算ツール（BioGrace II）を用いて算定。
 - 栽培工程：ベトナムの短伐期材は主にアカシアであるが、便宜的にユーカリのデフォルト値にて試算
 - 収集工程：Forest Residues収集のデフォルト値にて試算
 - 加工工程：デフォルト値
 - 輸送工程：サプライヤー情報を元に概算輸送距離を用いて試算。海上輸送については、復路は空荷航海の前提で算定
 - 発電行程：デフォルト値
- 試算結果は、あくまで本調査に基づく試算例であり、各国の代表的・平均的な値ではない。
- バウンダリー・アロケーション：Forest ResiduesおよびWood Industry Residuesを原料とする場合は原料の収集・輸送以降をバウンダリーとし、栽培工程のGHG排出については加味しない。

燃料種	調達国	原料※1	生産国内輸送	海上輸送	LC-GHG試算結果（燃料発熱量ベース）						LC-GHG試算結果（発電量ベース）	
					(g-CO2/MJ燃料)						(g-CO2/MJ電力)	
					栽培	収集	加工※2	輸送	発電	合計	発電効率25%	発電効率35%
木質チップ	① ベトナム	SRC:100%	トラック	チップ船(Supramax)	4.4	-	-	8.4	0.5	13.3	53.3	38.1
	② オーストラリア	FR:100%	トラック	チップ船(Supramax)	-	1.5	0.4	18.9	0.5	21.3	85.3	60.9
	③ 米国西海岸	FR: 50% / IR: 50%	トラック	チップ船(Supramax)	-	0.7	0.4	18.7	0.5	20.3	81.3	58.1
	④ 南アフリカ	FR:100%	トラック	チップ船(Supramax)	-	1.5	0.4	25.3	0.5	27.7	110.6	79.0

※1 FR (Forest Residues)：製材用等に不適な材・枝条等（SRC除く）

IR (Wood Industry Residues)：製材端材

SRC (Short Rotation Coppice)：2-7年生の短伐期材

※2 SRCの加工分は栽培に含む

- サプライヤーへのヒアリング調査を元にして、ライフサイクルGHG計算ツール（BioGrace II）を用いて算定。
 - 栽培工程：対象外
 - 収集工程：対象外
 - 加工工程：対象外
 - 輸送工程：サプライヤー情報を元に概算輸送距離を用いて試算
 - 発電行程：デフォルト値
- 試算結果は、あくまで本調査に基づく試算例であり、各国の代表的・平均的な値ではない。
- バウンダリー、アロケーション：搾油工場において残さとして発生以降をバウンダリーとし、搾油工場のエネルギー消費や栽培工程のGHG排出についてはアロケーションを行わない。
 - 環境省ガイドラインにおいても、PKSはアロケーション対象外と判断されている

燃料種	調達国	生産国内輸送	海上輸送	LC-GHG試算結果（燃料発熱量ベース）						LC-GHG試算結果（発電量ベース）	
				(g-CO2/MJ燃料)						(g-CO2/MJ電力)	
				栽培	収集	加工	輸送	発電	合計	発電効率25%	発電効率35%
PKS	① インドネシア	トラック	バルク船(Handysize)	-	-	-	9.4	1.5	10.9	43.7	31.2
	② マレーシア	トラック	バルク船(Handysize)	-	-	-	8.2	1.5	9.7	38.9	27.8

- 当協会の調査に基づいて算定。
 - 栽培工程：対象外
 - 収集工程：対象外
 - 加工工程：対象外
 - 輸送工程：概算輸送距離を用いて試算
 - 発電工程：EU RED II デフォルト値
- 試算結果は、あくまで本調査に基づく試算例であり、代表的・平均的な値ではない。
- バウンダリー・アロケーション：農園において残さとして発生以降をバウンダリーとし、栽培工程のGHG排出についてはアロケーションを行わない。
 - 環境省ガイドラインにおいても、OPTペレットはアロケーション対象外と判断されている

燃料種	調達国	生産国内輸送	海上輸送	LC-GHG試算結果（燃料発熱量ベース）						LC-GHG試算結果（発電量ベース）	
				（g-CO ₂ /MJ燃料）						（g-CO ₂ /MJ電力）	
				栽培	収集	加工	輸送	発電	合計	発電効率25%	発電効率35%
OPTペレット	マレーシア	トラック	バルク船 (Handysize)	-	-	5.0	3.5	0.3	8.8	35.1	25.1

Ⅲ. 今後の更なる取組について

- 各取組主体の削減努力により、サプライチェーン全体を通じたGHG排出量の削減に取り組む。
- 但し、既稼働、既認定案件の状況を考慮すると、既認定、新規認でそれぞれ対応可能な対策を短期・長期・マクロ的な視点を交え実行することで、業界全体で段階的な排出量削減に取り組む。

サプライチェーン全体を通じた排出削減の取組み方針

削減当事者		既存認定案件	新規認定案件
発電事業者	短期	各事業者の発電所内の省エネによる発電効率の最大化	燃料調達方法見直し 輸送距離の縮小(近距離国からの調達)やGHG排出量の低い燃料の調達
	長期	- 国産バイオマスの積極的な利活用 - 業界団体全体でのベストプラクティスの共有	
サプライヤー、輸送会社等	短期	下記課題の状況応じ各発電事業者が独自に削減努力を行う	- 乾燥熱源の転換(化石燃料→バイオマス) - 製品陸上輸送時の鉄道使用、車両のEV化 - 大型船による効率的輸送・燃料の低炭素化
	長期	長期契約終了後における低炭素燃料の調達	
上記関係者が協力して実施	短期	調達燃料のライフサイクルGHGの算定・公表	
	長期	事業者と燃料供給者・サプライヤー或いは事業者間の協働による、各種燃料製造・輸送に関わる低炭素化の取り組み(例:輸送効率の最適化 ※p3参照)	

特に既存認定案件においてGHG排出削減の取組みを進める上での課題

- ・ 事業認定取得時の各種前提が大幅に変更となる場合、燃料調達ができなくなることや追加設備投資、大幅な燃料コスト増により、事業運営上の損失発生、ファイナンスの停止により案件継続ができない
- ・ 原料調達、加工、輸送の各工程において、長期契約(15年間前後が一般的)を締結している部分については、制度対応に伴い解約金や変更に関連金等が発生する
- ・ 海上輸送に関するものは既存の設備の変更や新たなインフラ整備といった追加投資が発生する

- 第9回バイオマス持続可能性ワーキンググループで発表した前頁記載の取り組みに加え、GHG排出ゼロの電源を目指し、下記のような先進的取り組みの具体的計画も進行中。

【燃料加工工程における取組】

米国木質ペレットサプライヤー・Enviva社 “Climate Action Plan”

2030年までに操業からの排出ネット・ゼロを達成するとの目標を提示。

- Reduce, eliminate or offset all of its direct emissions.
- Source 100% renewable energy by 2030.
- Drive innovative improvements in its supply chain.
- Transparently report progress.

【輸送工程における取組】

海運会社・商船三井 「商船三井グループ環境ビジョン2.1」

2050年にネットゼロ・エミッション達成を目指し、サステナブルな社会を実現するための道標を策定

＜中長期目標＞

- 2020年代中にネットゼロ・エミッション外航船の運航を開始
 - 2035年までに輸送におけるGHG排出原単位を約45%削減(2019年比※)
 - 2050年までにグループ全体でのネットゼロ・エミッション達成を目指す
- ※SBT海運用ガイダンスに沿った認証を取得する方針

- CCS技術が確立された際には他の火力電源同様、バイオマス発電所においてもCCSを導入し“カーボン・ネガティブ”電源を目指す。

IV. Appendix

2021年1月時点の調査において全ての発電所において未対応であったPKSの発生地点の情報公開について、会員各社への協力を求め2021年7月現在下記のような状況まで改善。

- PKSを燃料として使用中、使用予定の発電所に燃料発生地点に関する情報公開の状況を確認し36件の回答(稼働中：19 / 未稼働：17)。

稼働中			未稼働			合計	
	19			17		36	
公開済	19	100.0%	公開済	11	64.7%	公開済	30 83.3%
2021年内公開予定	0	0.0%	2021年内公開予定	2	11.8%	2021年内公開予定	2 5.6%
未定	0	0.0%	未定	4	23.5%	未定/未回答	4 11.1%

- 稼働中の発電所は7月末時点で全て情報公開済。
- 未稼働の発電所についても60%以上が情報公開済、2021年中に約80%まで公開が進む予定。

原産国内での状況(会員ヒアリング結果)

- ・ インドネシアではコロナウイルス感染拡大を受けて、ワクチン未接種者が公共交通機関を使用することを禁止する等、7月から大規模な社会的制限を実施。
(輸出などの経済活動には制限が課せられていないが、認証協議等に影響あり)
- ・ インドネシア/マレーシアはコロナ感染者数が急増(ロックダウン中)。認証機関が努力を試みても行政の規制で対応できない状況。
- ・ 特にインドネシア・ジャワ島、バリ島ではかなり厳しいロックダウン措置が敷かれている。

各認証機関のコロナ対応状況

- ・ CoC認証があるRSBとGGLについて、認証取得のためのマニュアル作成や監査対応が進む。
- ・ しかし、コロナ禍においてRemote Auditで対応可能であるのは発電所、トレーダー部分のみで、進捗しているのはCoCがほとんど。
- ・ 搾油工場の初回審査は現地監査が必要なうえ、発電事業者や商社による認証取得理解促進のための対面協議ができないことから、P&C側の対応が困難な状況。

第三者認証取得の猶予期間について

- ・ 昨年の調達価格等算定委員会において新型コロナウイルス感染症の影響を鑑み1年間の猶予期間延長のご判断をいただいたが、その後1年間を経過した現在においても第三者認証を行うPKS原産地におけるコロナウイルスの影響が依然として継続しており、さらなる猶予期間の延長を要望したい。
- ・ 猶予期間について現時点では最低1年を要望するが、さらにコロナウイルスの影響が継続する場合は、その時点のコロナの状況、監査体制を考慮して現実に即した決定をいただきたい。