

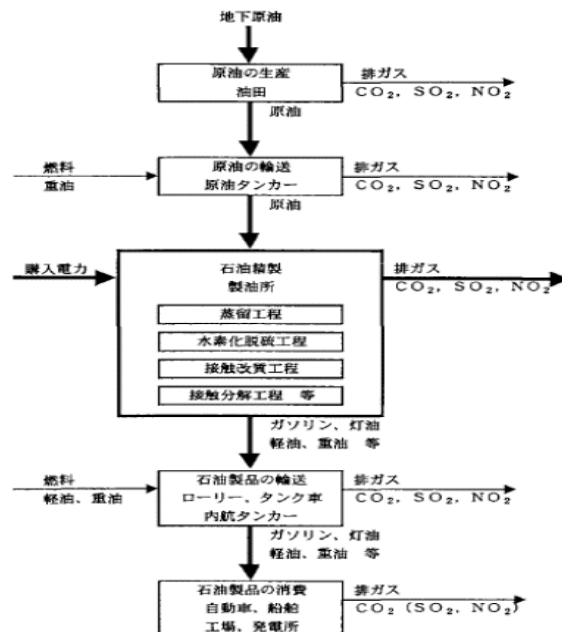
海外のガソリンLCAに係る論点

令和2年2月
資源エネルギー庁
資源・燃料部 政策課

- 二次告示では、バイオエタノールのGHG排出量が、ガソリンのGHG排出量に比較して55%削減とすることが求められている。（一次告示では50%削減）
- 高度化法告示におけるガソリンのGHG排出量は、2011年の一次告示創設時に、1995～1999年にPEC（石油産業活性化センター）が行った算定結果等に基づいて設定され、2018年の二次告示制定時に一部見直しが行われた。
- 二次告示制定に係る検討の際に、ガソリンのGHG排出量は古いデータに基づいて設定されており、最新の状況を踏まえて見直しを行うべき、とのご指摘があった。

＜一次・二次告示におけるGHG排出量の概念図＞

- PECでは1995～1999年度に調査を実施し、原油生産、海上輸送、製油所での精製、陸上輸送段階等のLCAや、製品ごとの配分を算定



- 高度化法告示におけるガソリンのGHG排出量は、工程毎に以下の考え方に基づいて算定されている。

＜原油生産＞

- ・ 原油生産時のGHG排出量は随伴ガス自家消費量、フレア量、漏洩ガス量に基づき算定。
- ・ CO₂排出量はPECによる算定結果の値を、CH₄、N₂O排出量はEUの値の算定時にも参照されているレポートの値を適用。

＜原油輸送＞

- ・ 原油輸送時のGHG排出量は、タンカー航行時、停泊中、並びに輸送原油の温度管理（カーゴヒーティング）に用いる燃料を考慮して算定。（PECによる算定結果の値を適用。）

＜ガソリン製造＞

- ・ ガソリン製造時のGHG排出量は、当時の日本における平均的な製油所をモデルとして設定の上、想定される精製装置から各精製工程におけるエネルギー消費量・CO₂排出量を算出し、熱量等で製品別に按分することにより推計。（PECによる算定結果の値を適用。）

- 2018年4月の二次告示制定の際には、原油生産時に排出されるCH₄・N₂Oや最新の炭素排出係数等を考慮し、ガソリンGHG排出量が84.11gCO₂/MJに改定された。

＜二次告示制定に伴うガソリンGHG排出量の見直し＞

(gCO₂/MJ)

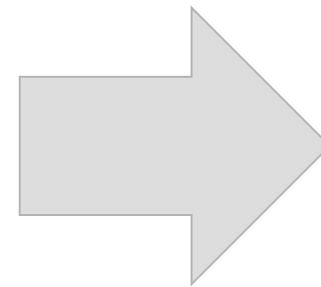
工程	第一次告示	第二次告示	変更要因
原油生産	1.6	2.077	✓ 原油生産時のCO₂排出量はPEC調査結果を引き続き使用。 ✓ ただし、石油製品毎の配分を体積按分から熱量按分に変更。 ✓ 加えて、原油生産時のCH₄、N₂O排出を考慮。
原油輸送	1.0	0.8522	✓ 原油輸送時のCO₂排出量はPEC調査結果を引き続き使用。 ✓ ただし、石油製品毎の配分を体積按分から熱量按分に変更。
ガソリン製造	8.6	8.929	✓ ガソリン製造時のCO₂排出量（gC/L）はPEC調査結果を引き続き使用。 ✓ ガソリンの標準発熱量、炭素排出係数の改定が2013年に行われており、同結果を反映。
ガソリン燃焼	70.5	72.25	✓ ガソリンの標準発熱量、炭素排出係数の改定が2013年に行われており、同結果を反映。
合計	81.7	84.11	

- EUのバイオ燃料等に関する従前の制度(EU RED I、2009年に創設)では化石燃料のGHG排出量は83.8gCO₂/MJに設定されていた。(ガソリンのGHG排出量は設定されず。)
- 2020年度以降の導入目標等を定める新制度(EU RED II)の検討に際して、化石燃料のGHG排出量についても見直しを行い、94gCO₂/MJに設定された。
- その検討に先立ち、欧州委員会から検討を依頼されていた複数の研究機関の算定結果ではガソリンのGHG排出量は93.4gCO₂/MJとなっていた。

＜研究機関等の算定結果におけるガソリンのGHG排出量＞

(gCO₂/MJ)

	EU RED II ※
原油生産	10.9
原油輸送	1.0
燃料製造	7.0
燃料輸送	1.2
燃焼	73.3
合計	93.4



- EU RED IIにおける化石燃料のGHG排出量は、表中の値を参照のうえ検討が行われ、94gCO₂/MJに設定された。

※原油生産 → The International Council on Clean Transportation, Stanford University, Energy Redefined, Defense Terre: Upstream Emissions of Fossil Fuel Feedstocks for Transport Fuels Consumed in the EU (2015)

※原油輸送、燃料製造、燃料輸送 → Joint Research Center(欧州委員会の研究機関), EUCAR(欧州自動車工業会), CONCAWE(欧州石油連盟): "Well-to-Tank Report (WTT) " Version 4a (2014)

EUにおける化石燃料LCAの見直し①（全体像）

- EUにおける化石燃料LCA策定の際に参照されているレポートでは、最新の知見に基づく再算定を行った際に原油生産部分が大きく上昇。

＜EUの値の検討の際に参照されていたレポートの評価結果＞

(gCO₂/MJ)

	WTT Report Ver. 2 (2007)	WTT Report Ver. 4.a (2014)※ 1	ICCT Report (2014)※ 2
原油生産	3.6	<u>4.6</u> ※3	<u>10.9</u> ※3
原油輸送	0.9	<u>1.0</u>	
燃料製造	7.0	<u>7.0</u>	
燃料輸送	1.0	<u>1.2</u>	

※ 1 Joint Research Center, EUCAR, CONCAWE:
"Well-to-Tank Report (WTT) " Version 4.a

※ 2 The International Council on Clean Transportation (ICCT),
Stanford University, Energy Redefined and Defense Terre:
Upstream Emissions of Fossil Fuel Feedstocks for Transport Fuels
Consumed in the EU

※ 3 WTT Reportにおける原油生産時のGHG排出量は4.3gCO₂/MJ、
ICCTレポートにおける原油生産時のGHG排出量は10.2gCO₂/MJであるが、
ガソリンの精製効率を考慮するとそれぞれ4.6gCO₂/MJ、10.9gCO₂/MJとなる

＜文献上の最新のガソリンLCA＞

(gCO₂/MJ)

	EU RED II
原油生産	10.9
原油輸送	1.0
燃料製造	7.0
燃料輸送	1.2
燃焼	73.3
合計	93.4

EUにおける化石燃料LCAの見直し②（原油生産工程）

- EUで従来より参照されていたWTT ReportのVer. 4.aでは、原油生産時のGHG排出算定に際して、以下のデータを参照。

- 自家消費：国際石油・天然ガス生産者協会（IOGP）による地域毎データを参照。
- フレア：米国海洋大気庁（NOAA）による衛星観測結果に基づく国別データを参照。

＜原油生産時の燃料自家消費＞

- 世界の地域（アフリカ、アジア、ヨーロッパ、旧ソ連、中東、北米、南米）単位で集計されているIOGPのデータをもとに、EUが調達している原油の平均的な自家消費量※、GHG排出量を算定。

※原油生産プロセスの中で漏洩するガスの影響含む。

	アフリカ	アジア	ヨーロッパ	旧ソ連	中東	北米	南米
GHG排出量 (g CO ₂ /MJ)	6.02	6.04	2.03	2.73	1.23	5.61	3.97
	×	×	×	×	×	×	×
調達割合	17%	0%	26%	37%	18%	1%	2%
2.89(フレア除くと1.9gCO ₂ /MJ)							

＜原油生産時のフレア＞

- NOAAのデータを活用し、OECDが利用している国別の油の量と、各国の油田の平均フレアガス量から算定。
- 当該国のフレアガス量が全て原油由来と仮定した場合の原油由来の値(2.9gCO₂/MJ)と、当該国のフレアガス量は原油及びガス由来とした場合の原油由来の値(1.8gCO₂/MJ)の中間値(2.4gCO₂/MJ)を採用。

2010	OECD EU 2010 oil consumption		Flaring GHG emissions attributable to OECD EU oil consumption					
	Mt/a	PJ/a	Assuming flaring GHG emissions from Oil Production Only			Assuming flaring GHG emissions from Total Oil+Gas Production		
			t CO _{2eq} per t oil consumed	Mt CO _{2eq} per year	g CO _{2eq} per MJ oil consumed	t CO _{2eq} per t oil consumed	Mt CO _{2eq} per year	g CO _{2eq} per MJ oil consumed
Total	580.3	24371	0.093	70.7	2.9	0.055	44.9	1.8
<i>Country of origin</i>								
Russia	158.7	6667	0.192	30.5	4.6	0.094	14.9	2.2
Norway	83.7	3515	0.009	0.7	0.2	0.004	0.4	0.1
Libya	53.7	2257	0.135	7.2	3.2	0.113	6.1	2.7
UK	50.0	2102	0.043	2.2	1.0	0.024	1.2	0.6
Saudi Arabia	30.8	1293	0.020	0.6	0.5	0.017	0.5	0.4
Iran	29.5	1240	0.150	4.4	3.6	0.092	2.7	2.2
Kazakhstan	26.3	1106	0.128	3.4	3.0	0.107	2.8	2.6
Nigeria	22.2	932	0.356	7.9	8.5	0.278	6.2	6.6
Azerbaijan	21.2	889	0.007	0.2	0.2	0.006	0.1	0.1
Iraq	16.9	708	0.207	3.5	4.9	0.205	3.4	4.9
Denmark	11.2	469	0.019	0.2	0.5	0.012	0.1	0.3
Angola	8.5	356	0.122	1.0	2.9	0.122	1.0	2.9
Syria	7.7	325	0.142	1.1	3.4	0.104	0.8	2.5
Mexico	6.8	285	0.047	0.3	1.1	0.035	0.2	0.8
Algeria	6.8	284	0.197	1.3	4.7	0.100	0.7	2.4
Venezuela	5.0	210	0.055	0.3	1.3	0.046	0.2	1.1
Brazil	4.8	203	0.027	0.1	0.6	0.024	0.1	0.6
Egypt	4.6	192	0.116	0.5	2.8	0.045	0.2	1.1
Kuwait	3.4	144	0.033	0.1	0.8	0.031	0.1	0.7
Congo	3.1	132	0.343	1.1	8.2	0.343	1.1	8.2
Others	25.3	1063	0.004	4.1	0.1	0.002	2.0	0.0

EUにおける化石燃料LCAの見直し③（原油生産工程）

- EUの最新の算定結果（ICCT Report）における原油生産工程のGHG排出量は、スタンフォード大学教授等が作成したOPGEEモデル（油田情報等をインプットするとGHG排出量等が算出されるモデル）と265箇所の油田のデータを活用して算定されている。

<OPGEE : Oil Production Greenhouse Gas Emissions Estimator>

- スタンフォード大学のAdam R. Brandt、Mohammad S Masnadiらが開発したモデル。
- 油田毎に原油の生産方法、油田情報（立地場所、油井深度、油井本数、貯留層圧力、貯留層温度等）、原油特性（API、ガス組成）、生産特性（ガス/油比率、水/油比率等）、油田での精製状況等のデータを入力することで、油田毎の原油生産・輸送時GHG排出を算定するツール。
- EUだけでなく、米国およびカリフォルニア州のガソリンLCAの算定においても利用されている。

<265箇所の油田の内訳>

- EUはロシア、ノルウェー、リビア、カザフスタン、英国等の油を多く使用。
- GHG排出量の分布をみると、1/4程度は非常に低い（5gCO₂/MJ以下）、残り1/2程度は中程度（5～15gCO₂/MJ）、残り1/4程度は非常に高い（15gCO₂/MJ以上）。
- なお、GHG排出量が高い場合、その要因としては、フレア量多、原油中の含水率高、井戸元でのアップグレードの工数多、熱攻法EORの実施等が挙げられている。

EUにおける化石燃料LCAの見直し④（燃料製造工程）

- EUでは燃料製造工程のGHG排出量に関し、ガソリン等の生産量を1単位増減した際のGHG排出量の増減幅を算出する製油所モデル（integrated regional refinery model）を活用。
- EUは従前より本算定方法を採用しており、前回の見直しの際は、当該モデルに大きな変更はなかったこと等により、値はほぼ変化しなかった。

＜各レポートにおける評価結果＞

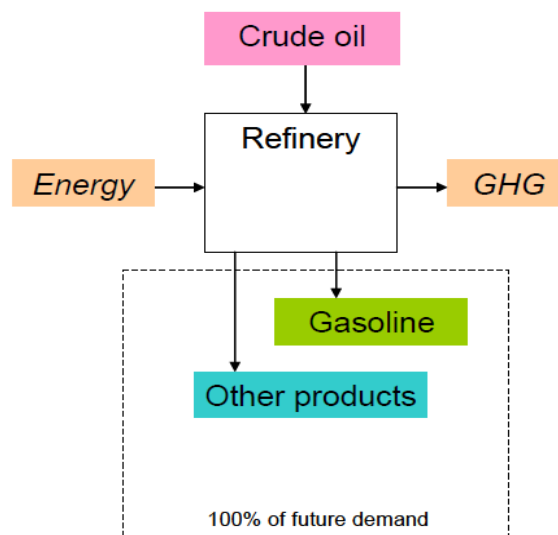
(gCO₂/MJ)

	WTT Report Ver. 2 (2007)	WTT Report Ver. 4.a (2014)
原油生産	3.6	4.6
原油輸送	0.9	1.0
精製	7.0	7.0
燃料輸送	1.0	1.2

＜燃料製造工程の算出手法（イメージ）＞

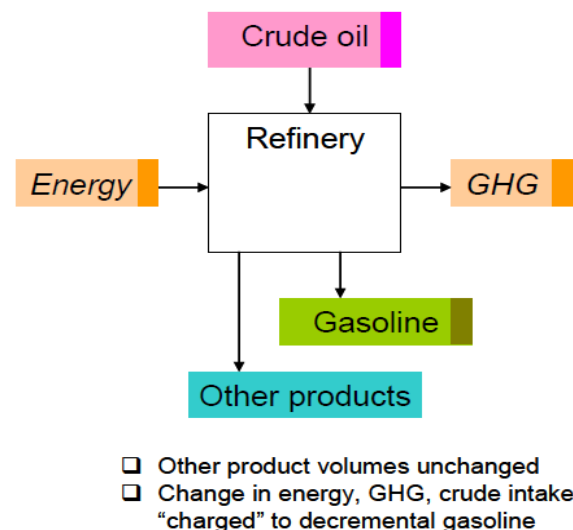
米国、日本方式

Meeting 100% of future demand



EU方式

Marginal reduction of gasoline production



出所) Joint Research Center (JRC), EUCAR, CONCAWE: "Well-to-Tank Report" Version 4.a

米国における化石燃料LCA①

- 米国では、国立エネルギー技術研究所（National Energy Technology Laboratory：NETL）の2008年のレポートに記載のある2005年時点のガソリンLCAを参照して、ガソリンLCAを設定。
- 制度上のガソリンLCAについては見直しは行われていないが、NETLでは2016年に数値を更新。
- 当該更新に際しては、原油生産・輸送工程はOPGEE（前述）、燃料製造工程はカルガリー大学教授が開発したモデルを利用し、2014年時点のガソリンLCAを算定。

＜RFS2における現行の値＞

(gCO₂/MJ)

	米国RFS2
原油生産	18.2
原油輸送	
精製	
燃料輸送	74.9
燃焼	
合計	93.1

＜NETL2008とNETL2016における算定結果の比較＞

(gCO₂/MJ)

工程	2005年		2014年
	NETL2008	NETL2016	NETL2016
原油生産	7.9	13.0	10.3
原油輸送	1.4	0.8	0.7
精製	9.4	10.7	11.7
燃料輸送	1.0	0.9	0.9
燃焼	72.7	72.7	72.7
合計	92.4	98.1	96.2

算定方法（ツール）
変更による影響

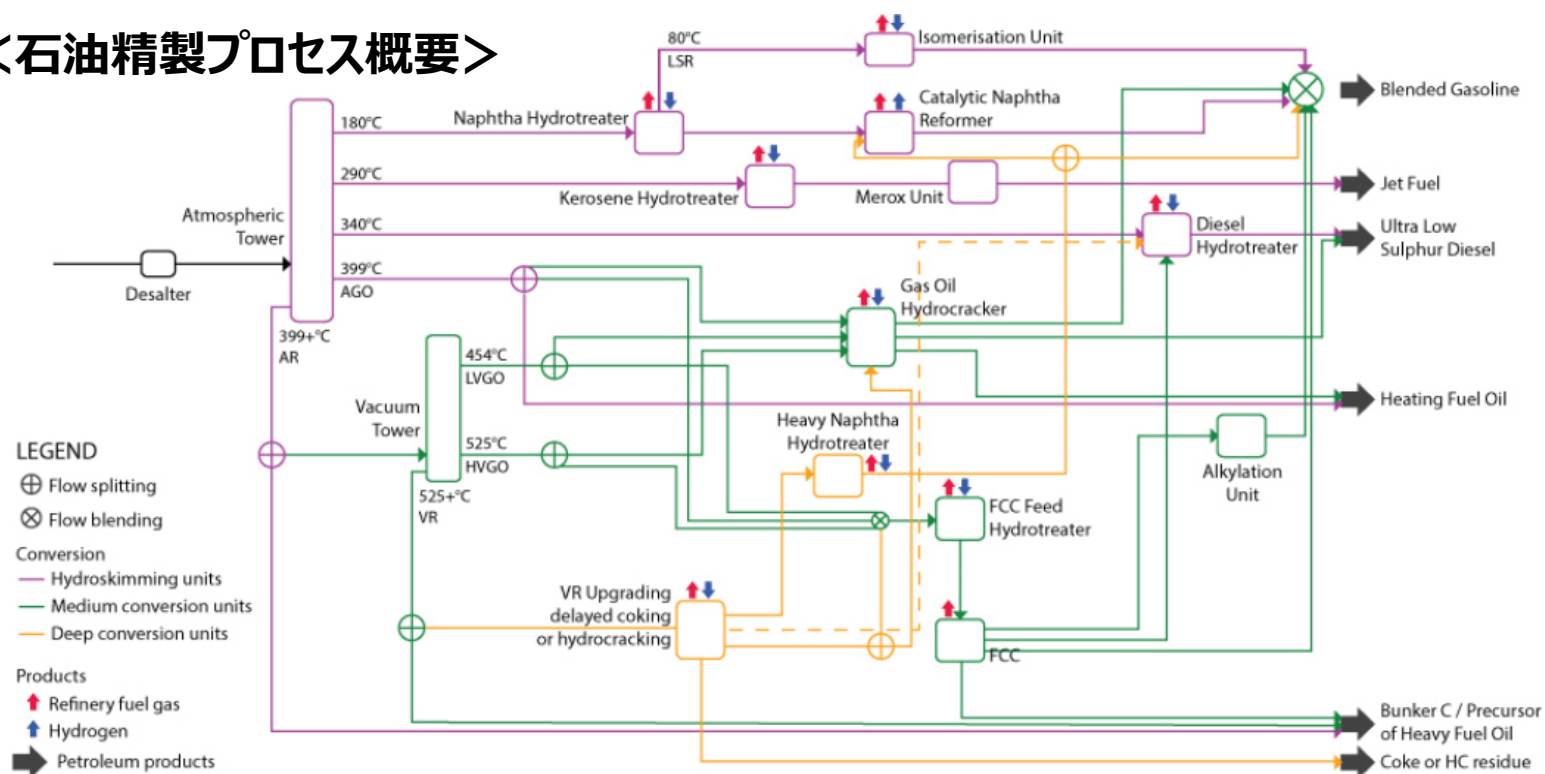
データ更新
による影響

米国における化石燃料LCA②（燃料製造工程）

- 米国のNETLが2016年に行った算定における燃料製造工程部分のGHG排出量は、カルガリー大学教授らが開発したPRELIMモデル※が採用されている。
- 当該モデルでは、処理する原油、石油精製プロセスにおける設備構成等のデータをインプットすることで、燃料製造時のGHG排出量を算定した後、体積や熱量等で按分することにより、石油製品毎のGHG排出量を算定することが可能。日本のモデルに類似。

✖ Petroleum Refinery Life Cycle Inventory Model

＜石油精製プロセス概要＞



出所) <https://www.ucalgary.ca/lcaost/files/lcaost/prelim-v1.3-documentation.pdf>

各国の化石燃料GHG排出量比較

- 日本の高度化法告示における原油生産パートのGHG排出量は、算定方法の違いもあり、諸外国より顕著に低くなっている。
- また、2020年1月には、約5年ぶりに燃料の標準発熱量、炭素排出係数の改訂も行われた※。
- このため、原油生産パートのGHG排出量に関し、日本の調達先の油田のデータを可能な範囲で収集し、OPGEEモデルを用いて計算を行い、燃焼パートのGHG排出量もリバイスを行うことにより、高度化法告示のガソリンGHG排出量の改定案を作成することとしてはどうか。

※2018年度以降総合エネルギー統計に適用する標準発熱量及び炭素排出係数

(gCO₂/MJ)

	高度化法		参考	
	一次告示	二次告示	米国	EU
原油生産	1.59	2.077	18.2	10.9
原油輸送	0.96	0.8522		1.0
原油精製	8.6	8.929		7.0
燃料輸送	—	—	74.9	1.1
燃焼	70.6	72.25		73.3
合計	81.7	84.11	93.1	93.3

【参考】引用している公表資料のURL等一覧

データ	タイトル	作成者	発表年	掲載誌、url等
二次告示制定に伴うガソリンGHG排出量の見直し	次期判断基準のあり方に関する考え方（改訂版）（案） 我が国のバイオ燃料の導入に向けた技術検討委員会（第2回）資料 p17	資源エネルギー庁 資源燃料部政策課	2018年 1月	https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/bio_nenryo/pdf/002_03_00.pdf
EUにおけるガソリンLCA評価結果	Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context WELL-TO-TANK (WTT) Report Version 2 Appendix 2 p5	Joint Research Center, EUCAR, CONCAWE	2007年 3月	https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/publications/archive-2007
	Well-to-Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context WELL-TO-TANK (WTT) Report Version 4.a Appendix 2 p9	Joint Research Center, EUCAR, CONCAWE	2014年 1月	https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/well-tank-report-version-4a-jec-well-wheels-analysis
	Upstream Emissions of Fossil Fuel Feedstocks for Transport Fuels Consumed in the EU p219	The International Council on Clean Transportation (ICCT), Stanford University, Energy Redefined, Defense Terre	2014年 5月	https://circabc.europa.eu/sd/a/0eef6ba6-280f-4bcd-a804-3a6bd7794d78/ICCT_Upstream-emissions-of-EU-crude_Feb2014.pdf
米国におけるガソリンLCA評価結果	Updating the U.S. Life Cycle GHG Petroleum Baseline to 2014 with Projections to 2040 Using Open-Source Engineering-Based Models	Gregory Cooney et al	2016年 11月	https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.6b02819
	Environmental Science and Technologies 2017, 51, 977–987			
PRELIMモデルにおける石油精製プロセス	Petroleum Refinery Life Cycle Inventory Model (PRELIM) PRELIM v1.3 User guide and technical documentation p20	Jessica P. Abella et al	2019年 5月	https://www.ucalgary.ca/lcaost/files/lcaost/prelim-v1.3-documentation.pdf
OPGEEモデル	Oil Production Greenhouse Gas Emissions Estimator	Adam R. Brandt, Mohammad S Masnadi	2012年 8月	https://eao.stanford.edu/research-areas/opgee
燃料の標準発熱量、炭素排出係数	2018年度以降総合エネルギー統計に適用する標準発熱量及び炭素排出係数	資源エネルギー庁	2020年 1月	https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/carbon.html