# 脱炭素社会と油脂産業

~パーム油の国産化と分散型社会への貢献~

一般財団法人 油脂工業会館 脱炭素社会貢献研究会

序文		1
はじめに		. 2
第1章: 気修	こ。 その現状と将来リスク	. 3
1-1 気候の	〕現状	. 3
1 - 1 - 1	人間活動の影響	. 4
1 - 1 - 2	人為起源の気候変動が気候の極端現象に及ぼしている影響	. 5
1 – 1 – 3	人為起源の気候変動が複合的な極端現象に及ぼしている影響	. 5
1-2 将来あ	5りうる気候	. 6
1 – 2 – 1	排出シナリオ	. 6
1 – 2 – 2	将来の気候変動がもたらす影響	. 6
1 – 2 – 3	将来の CO2 排出増加シナリオにおける、炭素吸収源での大気中 CO2 蓄積減速懸念	<u>\$</u> 8
1 – 2 – 4	温暖化の二次的影響	. 9
1 – 2 – 5	不可逆的影響	. 9
1-3 将来の	)気候変動の抑制	10
第2章: 脱炭	· 素社会に向けた主要国、主要産業の動き	11
2-1 脱炭素	長社会に向けた取り組み	11
2 - 1 - 1	海外主要国の脱炭素への取り組み	11
2 - 1 - 2	各国の直近での温室効果ガス削減目標の引き上げの動向(2021/11 月末時点).	12
2 – 2 日本の	)脱炭素への取り組み	13
2 - 2 - 2	日本の「脱炭素先行地域」に関する動き	13
2 – 3 COF	?(国連気候変動枠組条約締約国会議)	14
2 - 3 - 1	C O P 26 の動き	14
2 - 3 - 2	COP26の評価と今後の課題	15
2-4 各産業	美の取り組み	15
2 – 4 – 1	火力発電業界(化石エネルギーを燃料とする火力発電の低炭素化)	16
2 – 4 – 2	自動車産業	17
2 – 4 – 3	フードチェーン、小売業界の取り組み	18
2 - 4 - 4	日用品業界	18
2 - 5 まとめ.		20
第3章:油脂	旨産業の現状と脱炭素化社会に向けた問題点	21
3-1 油脂菌	産業の動向	21
3 - 1 - 1	油脂産業とは	21
3 - 1 - 2	油脂原料価格の高騰	24
3 - 2 脱炭素	長化社会に向けたパーム油の重要性	24
3 - 2 - 1	油脂産業におけるパーム油の重要性	24
3 – 2 – 2	パーム油、パーム核油の特徴と主な用途	25
3 - 3 パーム	油が抱える社会的問題・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	26
	パーム油産業の発展	
3 – 3 – 2	森林伐採	27
3 - 3 - 3	熱帯泥炭地破壊と煙害(ヘイズ)	27

3 – 3 – 4 熱帯泥炭地破壊と温室効果ガス排出	. 28
3 - 3 - 5 その他の問題	. 29
3 − 3 − 6 パーム油のライフサイクルにおける CO₂排出量	. 29
3 – 4 問題解決に向けた取り組み	. 30
3 – 4 – 1 持続可能なパーム油のための円卓会議(Roundtable on Sustainable Palm Oi	il:
R S P O)	. 30
3 - 4 - 2 その他の取り組み	. 32
第4章: 分散型脱炭素社会との油脂業界	. 33
4-1 分散型社会への期待	. 33
4 - 1 - 1 分散型社会の実際例	. 33
4 – 2パーム油の国産化の可能性	. 35
4 – 3 地熱発電の活用とアブラ椰子栽培	. 36
4 - 3 - 1 地熱発電の環境への負荷	. 36
4 – 3 – 2 地熱発電の優位性	. 37
4 - 3 - 3 地熱発電の説明	. 37
4 - 3 - 3 排熱の利用	. 38
4 – 4 候補地選定検討	. 39
4 - 4 - 1 : 耕作放棄地	. 41
4 - 5 アブラ椰子栽培からパーム油の搾油、出荷までの CO2排出量及びコスト	. 42
4 – 5 – 1 アブラ椰子の温室栽培について	. 42
4 – 5 – 2 アブラ椰子の搾油について	. 42
4 - 5 - 3 CO <sub>2</sub> 排出量算定	. 43
4 - 5 - 4 コスト算定	. 44
4 – 5 – 5 ヒートマテリアルの確認	. 44
4 – 5 – 6 まとめ	. 45
第5章: パーム油代替油脂取得の可能性	. 46
5 – 1 微生物を利用した油の生成について	. 46
5 - 1 - 1 C16 Bioscience	. 46
5 – 1 – 2 油脂酵母 Lipomyces starkeyi	. 46
5 - 1 - 3 ミドリムシ	
5 – 1 – 4 微生物活用の結論	
5 – 2 アメリカミズアブの幼虫から得られる油脂	. 47
5 – 2 – 1 アメリカミズアブの幼虫から得られる油脂	. 47
5 – 2 – 2 アメリカミズアブと油脂	. 49
5 - 2 - 3 分散型社会と油脂生産	. 50
おわりに	. 52
【杂类文献】	F0
【参考文献】	. 53

### 序文

2020 年 10 月に、菅前首相が 2050 年までに温室効果ガスの排出を実質ゼロにするカーボンニュートラルを目指すことを宣言し、地球温暖化の解決に向け、脱炭素社会の実現に向けた動きが活発化してきました。また、新型コロナウイルス感染症の拡大を受け、1 年延期されて開催された 2020 年東京オリンピック・パラリンピックでの脱炭素に配慮した大会運営や、大気中の二酸化炭素の地球温暖化への影響を研究した真鍋博士の気候分野初のノーベル物理学賞受賞など、2021 年は脱炭素や地球温暖化を強く意識した年となりました。

一方、2021 年 8 月に公表された気候変動に関する政府間パネル(IPPC)第 6 次評価報告書では、 科学的根拠を基に、「人類の活動が地球温暖化に影響していることは疑う余地がない」と明言し、切迫する地球温暖化のリスクを世界に突きつけました。また、10 月にイギリス・グラスゴーで開催された気候変動枠組条約第 26 回締約国会議(COP26)では、気候変動の影響を最小限に抑えるため、パリ協定で示された 1.5℃目標が正式にグラスゴー気候合意として公式文書へ明記されるなど、脱炭素化に向けた取り組みを加速しなければならないという危機感を世界で共有することになりました。

2050 年カーボンニュートラルの実現に向けた課題解決が、新たな技術や産業の創出などの機会として捉えられ、グローバル市場では巨額の環境関連投資が本格化しています。企業に対しては、株主・投資家や顧客などから気候変動に対応した経営戦略の開示や脱炭素に向けた目標設定などが求められ、今後、企業活動の持続には、脱炭素社会の実現に向けて、自社の存在価値を再確認するとともに、強みを生かした実効性のある取組みが必要不可欠となってきます。

このような状況の中で、令和3年度の研究会テーマとして、「脱炭素社会と油脂産業」を研究課題に設定しました。本課題に対し、業界各社から参加された研究会メンバーが、新型コロナウイルスの影響でオンライン開催がノーマルとなる中、本研究課題について議論を重ね、その成果としてこの報告書を作成しました。今回参加されたメンバーのご努力に心から感謝いたします。この報告書では、地球温暖化の現状と国内外の脱炭素化に向けた動きから、油脂産業の課題を踏まえ、油脂原料の国産化による脱炭素についての提言をしております。

この報告書が油脂産業のみならず、日本の各産業に携わる方々に、脱炭素社会への取組みについて考えていただくきっかけになれば幸いです。

令和4年3月

一般財団法人 油脂工業会館 理事長 小林明治

## はじめに

「脱炭素」とは「カーボンニュートラル」の日本語訳で、CO2の排出量と吸収量が一致している状態を指す。一致させなければ地球各所の平均気温が上昇し気候中立が保持できず地球温暖化がさらに進行すると説明されている。

日常生活の中で地球温暖化を実感する場面がある。海温上昇により 2021 年 12 月でも強い台風が発生 しフィリピンのココナッツ椰子農園に被害を与えた。また、文献から抽出した過去 1,100 年間の京都紅葉の見頃は、江戸時代後期から徐々に遅くなっており(天声人語 2020.11.11)長期的観測からも温暖化は進行していると言える。

近年、「持続可能な(sustainable)」という言葉をよく耳にし、何かにつけてよく使う。この言葉と融合し地球温暖化問題は「石化燃料を利用することが問題」と同義に使われている。世界中にはウイルス感染、紛争、人種差別、不当労働など様々な課題がある。地球温暖化は解決すべき喫緊の課題とされ、CO2排出に関する社会の関心は極めて高くなった。エネルギー産業やものづくりの現場は、必然的に CO2の排出量が多く何らかの対策を講じることが求められている。投資家が ESG 投資(グリーン投資)に重点を置くようになり資金調達の観点から、あるいは企業イメージを維持するため、各企業は CO2排出量低減にコストを投じながら事業の継続・発展を推進せねばならない現実の中にある。

私たち研究会メンバーは現実を理解しつつも余りにも漠然とした課題にどんな答えを出せるか茫然とたちすくんだ。良かかれと思った行動が結局はかえって環境負荷をかけていないか、また一方で、実効性の高い活動でも社会がそれを「環境に優しい」と認めないなら実行する価値はない。そんなジレンマがあった。しかし、何が成功するかわからい VUCA な時代の研究テーマである。それなら精一杯夢のある絵を描こうと開き直ってからは早かった。

第1章ではなぜ地球温暖化が起こると問題なのか、温室効果ガス(GHG)とは何か、CO₂が地球温暖化にどのように影響するかを調査し、課題の重要性を理解した。

第2章では脱炭素社会実現に向け、各国並びに日本としての取り組みを知り、さらに別業種の具体的な方針を調査し、研究会取り組みの素案作りの参考にした。油脂産業はそもそも石化資源を利用しないバイオマス利用の産業であり、これまで培われた技術すべてが持続可能な脱炭素社会実現への答えになっている。そんな中でも研究会として何か斬新な取り組みを模索した。

第3章では社会の関心が高い植物油脂の中でパーム油脂の特異性を再確認した。現状のパーム油脂の生産課題を調査し、国産のパーム油脂を得ることに価値を見出した。

第4章ではエネルギー獲得から国産にこだわり国産パーム油脂の栽培から搾油、精製までを新たな国内産業として提案することを考察した。ここでは、分散型社会の概念と結び付けることで、地域社会に新しい雇用と経済をもたらすような新産業としての提案ができないか検討した。

第5章は、地域の新規産業として国内パーム(アブラ椰子)栽培に拘らず国内油脂を獲得する方法について考察した。地方創生を促す手段は一通りではない。荒削りながら別視点での考察を加えた。

結びは葛藤の末に導き出したものだ。自らが本当に必要だと感じることに勇気を持って投資をすること、それが 未来を創る原動力になる。

しかしながら、地球環境を人類が調節しようなど、おこがましい考えかもしれない。トンガの海底火山噴煙が太陽光を遮り地球は一転寒冷化するかもしれない。その時でも、今回の研究会で考え提案した内容が、地方を強くし、エネルギー・食料に関わる自国の基本的利益を守る取り組みに役立てばと思う。私たちは「脱炭素社会実現」を口実に、あるべき油脂産業の将来について思い描く良い機会を得たのだと感じている。

## 第1章: 気候の現状と将来リスク

本研究会開催中の 2021 年度も、人間活動に起因する気候変動との関連が疑われる数多くの自然災害が世界各地で観測された。

7月、米西部を襲った熱波で、カリフォルニア州デスバレーでは 54℃を記録、地球上で記録された気温として 最高に迫る水準となるなど、太平洋岸北西部の多くの地域が猛暑に見舞われ、電力供給の負荷が増大したほか、大規模な山火事が発生した<sup>※1</sup>。山火事は、気温が高く、乾燥し、風が強い状態がそろうと広がりやすくなるが、この 3条件がそろう日数は年々増加しているとされる<sup>※2</sup>。

同じく7月、ドイツとベルギーを中心に大雨による洪水被害が発生、死者数は200人を超えたほか、被災地では広い範囲で電気やガス、水道が止まり、通信インフラも被害を受け携帯電話が不通となったほか、土砂の崩落などで600キロにわたって線路に被害、多くの鉄道駅や50か所以上の橋が被災するなど、市民生活への深刻な被害をもたらした<sup>※3</sup>。直後に被災地を訪れたドイツのメルケル首相(当時)は「科学を信じるならば、気候変動との関連がある」と述べた。

12 月、米南部や中西部の 6 つの州で竜巻が発生、大小合わせて数十もの竜巻が相次いで発生し、多数の死傷者や建物の倒壊など甚大な被害が確認された<sup>※4</sup>。以前は見られなかった冬場の巨大な竜巻の発生には、気候変動の影響が強く疑われる。

同じく 12、月フィリピンに猛烈な勢いの台風 22 号が上陸し、370 人以上の死亡が確認された。風速は時速 195 キロに達し、約 40 万人が避難した。今回の台風は、2021 年で最大規模とされたが、台風は通常 7 ~10 月に発生することが多く、こちらも季節外れの発生であった\*\*5。

その他にも2021年には、地中海周辺のトルコ、ギリシャ、イタリアで大規模な山火事が発生、中国の河南省で観測史上最悪の大雨、インドのムンバイ郊外で大雨による地滑りや洪水、ブラジルでは干ばつでコーヒーやトウモロコシの生産に打撃がでるなど、地球上の至る所で気候変動との関連が疑われる異常気象が観測されている※6。

そんな中、2021年10月31日から11月13日の間、英国グラスゴーにおいて、国連気候変動枠組条約第26回締約国会合(COP26)が開催された。パリ協定を採択した2015年のCOP21以降初めての首脳級会合となった世界リーダーズ・サミットでは130か国以上の首脳によるスピーチが行われ、今後の世界的な気候変動対策の推進に向けた各国の取り組が表明された。日本からは、岸田首相が2030年までの期間を「勝負の10年」と位置づけ、全ての締約国に野心的な気候変動対策を呼びかけたほか、新たな2030年温室効果ガス削減目標、今後5年間での資金支援追加コミットメント、グリーンイノベーションの推進、グローバル・メタン・プレッジ(2030年までにメタンの排出量を2020年と比べて30%削減する目標に世界105か国・地域が署名)への参加等の気候変動分野での日本の取り組の発信を行った\*\*7。

2週間にわたる交渉で合意された文書は、最新の科学的知見に依拠しつつ、今世紀半ばでの温室効果ガス実質排出ゼロ及びその経過点である 2030 年に向けて野心的な緩和策、適応策を締約国に求める内容となっている。パリ協定の 1.5℃努力目標の追求は、国際社会が一致団結して取り組まなければならない喫緊の課題であることが世界の共通認識となった。

#### 1-1 気候の現状

このような合意は、気候の現状がいかに深刻かを物語っている。2021年のIPCC 第6次評価報告書<sup>※8</sup>では、2013年に報告された同第5次評価報告書以降、観測に基づく推定と古気候記録からの情報の向上により、気候システムの各要素とその今日までの変化について、包括的な見解が提供されている。新しい気候モデルのシミュレーションや、複数の証拠を組み合わせた新しい解析と手法により、極端気象・気候現象を含む、より

広い範囲の気候変数に対する人間の影響についての解析が可能となっている。ここでは、本評価報告書の中から本テーマに特に関係が深い部分について抜粋し触れる。

#### 1-1-1 人間活動の影響

本評価報告書では、1750 年頃以降に観測された温室効果ガス(GHG)の濃度増加は、人間活動によって引き起こされたことに疑う余地がないとされている。第 5 次評価で報告された観測結果以降も大気中濃度は増加し続け、2019年の年平均値は二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)が410ppm、メタン(CH<sub>4</sub>)が1866 ppb、一酸化二窒素(N<sub>2</sub>O)が332 ppb に達し、いずれも少なくとも過去200万年間から80万年間のどの時点よりも高かったとされる。また1750年以降のCO2濃度の増加(47%)およびCH<sub>4</sub>濃度の増加(156%)は、少なくとも過去80万年間にわたる氷期-間氷期間の数千年の自然変動をはるかに超えており、N<sub>2</sub>O濃度の増加(23%)はこの変動と同程度であるとされる。

このような状況下、2011~2020 年の世界平均気温は、1850~1900 年の気温よりも 1.09(0.95~1.20)  $\mathbb{C}$ 上昇、これは、現間氷期中の約 6500 年前に起きた、少なくとも過去 10 万年間で最も温暖だった数世紀の期間の推定気温を上回ると解説されている(図 1-1)。

#### a) 世界平均気温(10年平均)の変化 b) 世界平均気温(年平均)の変化 復元値(1~2000年)及び 観測値(1850~2020年) 観測値並びに人為・自然起源両方の要因を考慮した推定値 及び 自然起源の要因のみを考慮した推定値(いずれも 1850~2020 °C °C 年) 2.0 2.0 温暖化は 2000 年以上 前例のないもの 1.5 過去 10 万年間で最も 温暖だった数世紀 人為・自然 1.0 1.0 起源両方の 観測値 要因を考慮 した推定値 0.5 0.5 自然起源の 0.2 要因(太陽 及び火山 0.0 0.0 活動) のみ を考慮した 推定値 -1 500 1500 1850 2020 1850 1900 1950 2000 2020 1000

1850~1900 年を基準とした世界平均気温の変化

図 1-1: 世界の気温変化の歴史と近年の昇温の原因

なお参考まで、この間の人為的な世界平均気温上昇(+1.09℃)のうち、CO2および CH4 を中心とした GHG が約 1.5℃の温暖化に寄与したとされる一方、その他の人為起源の駆動要因(主にエアロゾル)が約 0.4℃の冷却に寄与したと推測されている。エアロゾル自体が光を反射したり吸収したりすることにより地表へ届く太陽光を減少させる直接効果や、雲の性質を変化させることによる間接的な効果があるためであると言われる  $^{\circ}$  2022 年 1 月、南太平洋の島国トンガにある海底火山の大規模噴火が同国および周辺地域に甚大な被害をもたらした際もこの効果の可能性が報道されたが、例えば 1991 年に約 1 年間の噴火活動があったフィリピンのピナツボ山からは当時 1700 万トンもの火山ガス(二酸化硫黄)が大気中に放出され太陽光を遮ったことで、92~93 年にかけて北半球の平均気温が 0.5℃程度下がったとされる  $^{*10}$  。

一方で、大気、海洋、雪氷圏及び生物圏においても、広範囲かつ急速な変化が現れている。世界全体の 陸域における平均降水量は 1950 年以降増加し、1980 年代以降はその増加率が加速傾向にあるなど、 20 世紀半ば以降に観測された降水変化パターンには人間の影響が寄与していた可能性が高いと見られてい る。1990 年代以降の世界的な氷河の後退と北極域の海氷面積の減少(9 月は約 40%、3 月は約 10%の減少)や、北半球における積雪面積の減少およびグリーランド氷床の表面融解についても同様である。 1950 年代以降、世界のほとんど全ての氷河が同調的に後退するという地球全体の氷河後退の特徴は、少なくとも過去 2000 年の間に前例がないとされる。

人為的な CO2 の排出は、1970 年代以降の世界の海洋昇温や現在進行している外洋域表層海水の世界的な酸性化、および多くの海域での表層酸素濃度低下においても寄与が疑われている。外洋表層の pH は過去 5 千万年にわたり長期的に上昇し続けており、最近数十年間のような外洋表層の低 pH は、直近の 2 百万年でも異常な現象であるとされる。

世界平均海面水位は、1901~2018 年の間におおよそ 0.20m 上昇、その平均上昇率は年々増大傾向にあり(1901~1971 年は 1.3mm/年、1971~2006 年は 1.9mm/年。2006~2018 年は 3.7mm/年)、少なくとも 1971 年以降に観測された世界平均海面水位の上昇の主要な駆動要因は、人間の影響であった可能性が非常に高いと見られているが、海面水位の上昇は、低地における沿岸洪水の頻度と深刻度の増大及びほとんどの砂地の海岸における海岸侵食に影響を及ぼす。

#### 1-1-2 人為起源の気候変動が気候の極端現象に及ぼしている影響

人為起源の気候変動は、世界中の全ての地域で、多くの気象及び気候の極端現象に既に影響を及ぼしているとされ、以下に紹介されるような熱波、大雨、干ばつ、熱帯低気圧のような極端現象について観測された変化に関する証拠、及び、特にそれらの変化を人間の影響によるとする原因特定に関する証拠が確認されている。

本評価報告書曰く、極端な高温(熱波を含む)が、1950 年代以降、ほとんどの陸域で頻度及び強度が増大してきた一方、極端な低温(寒波を含む)の頻度と厳しさが低下している。海洋熱波の頻度は、1980年代以降ほぼ倍増している。大雨の頻度と強度は、解析しうる陸域のほとんどで 1950 年代以降増加、陸域の蒸発散量の増加により、一部の地域で農業干ばつ及び生態学的干ばつの増加にも寄与するとされる。これは、土壌水分量が異常に欠乏する期間を指し、一般に降水の不足と蒸発散量の過剰が組み合わされた結果として生じ、生育期間には穀物生産と生態系の機能に悪影響を与える。強い熱帯低気圧の発生の割合は過去 40 年間で増加しており、北西太平洋の熱帯低気圧がその強度のピークに達する緯度が北に遷移している可能性が高い。

## 1-1-3 人為起源の気候変動が複合的な極端現象に及ぼしている影響

また、複合的な極端現象の発生確率を高めている可能性にも言及されている。これには、世界規模での熱波と干ばつの同時発生、人間が住む全ての大陸の一部地域における火災の発生しやすい気象条件、一部地点での複合的な洪水の頻度の増加が含まれる。複合的な極端現象は、社会的あるいは環境的なリスクに関与する複数の駆動要因とハザードの組み合わせである。例として、熱波と干ばつの同時発生、複合的な洪水(極端な降雨や河川流量と高潮の組み合わせなど)、複合的な火災の発生しやすい気象条件(つまり、高温で乾燥しており風の強い状態)や異なる地点での極端現象の同時発生が挙げられる。

気候システムにおける蓄熱の 91%は海洋の温暖化、5%は陸域の温暖化、3%は氷の減少、1%は大気の温暖化がそれぞれ占めていたが、この気候システムの蓄熱は、陸域の氷の減少と海洋温暖化による熱膨張により、世界平均海面水位の上昇をもたらした。1971~2018 年に観測された海面水位上昇の 50%が海洋の熱膨張で説明される一方、22%は氷河からの氷の減少、20%は氷床からの氷の消失、8%は陸域における貯水量の変化が寄与しており、2010~2019 年の氷床の質量減少率は、1992~1999 年の 4 倍、2006~2018 年の世界平均海面水位の上昇は、氷床と氷河の質量減少が、共に支配的な要因であったとされる。

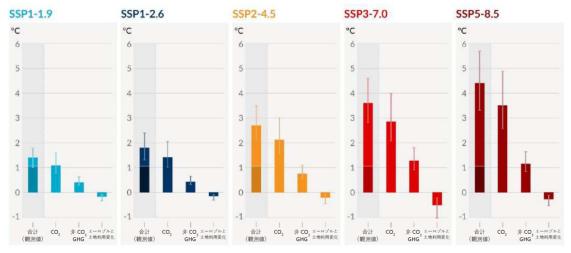
#### 1-2 将来ありうる気候

#### 1-2-1 排出シナリオ

将来の GHG 排出は将来のさらなる昇温を引き起こす。世界平均気温は、本評価報告書で考察されている 5 つ全ての排出シナリオにおいて、少なくとも今世紀半ばまでは上昇を続ける。向こう数十年の間に CO2及びその他の GHG の排出が大幅に減少しない限り、21 世紀中に、地球温暖化は 1.5℃及び 2℃を超える(図 1 – 2)。

#### b)様々な排出による世界平均気温上昇への寄与と CO,排出の支配的な役割

1850~1900 年を基準とした 2081~2100 年の世界平均気温の変化 (℃)



合計昇温量(暗い色はこれまでに観測された昇温)、CO<sub>3</sub>による昇温、非CO<sub>3</sub>温室効果ガス(GHG)による昇温、エーロゾルと土地利用変化による冷却効果

図1-2:5つの例示的なシナリオにおける、気候変動の主要因と昇温への寄与

1850~1900 年と比べた 2081~2100 年の世界平均気温は、本報告書で考慮された GHG 排出が非常に少ないシナリオ(SSP1-1.9)では 1.0~1.8  $\mathbb{C}$ 、GHG 排出が中程度のシナリオ(SSP2-4.5)では 2.1~3.5  $\mathbb{C}$ 、GHG 排出が非常に多いシナリオ(SSP5-8.5)では 3.3~5.7  $\mathbb{C}$ 高くなる可能性が示唆されている。 この中で、GHG 排出が最も少ないシナリオ(SSP1-1.9)においては、 21 世紀末にかけて世界平均気温が 1.5  $\mathbb{C}$ 未満に戻るように低下するだろうと考察されている(表 1-1)。

表 1-1:本報告書で考慮した 5 つの例示的な排出シナリオにおける 各 20 年間の世界平均気温の変化

	短期、2021~2040年		中期、204	1~2060年	長期、2081~2100 年		
	最良推定値 (℃)	<i>可能性が非常に</i> 高い範囲(℃)	最良推定値 (℃)	<i>可能性が非常に</i> 高い範囲(℃)	最良推定値 (℃)	可能性が非常に 高い範囲(℃)	
SSP1-1.9	1.5	1.2 – 1.7	1.6	1.2 – 2.0	1.4	1.0 – 1.8	
SSP1-2.6	1.5	1.2 – 1.8	1.7	1.3 – 2.2	1.8	1.3 – 2.4	
SSP2-4.5	1.5	1.2 – 1.8	2.0	1.6 – 2.5	2.7	2.1 – 3.5	
SSP3-7.0	1.5	1.2 – 1.8	2.1	1.7 – 2.6	3.6	2.8 – 4.6	
SSP5-8.5	1.6	1.3 – 1.9	2.4	1.9 – 3.0	4.4	3.3 – 5.7	

なお、1850~1900 年を基準とした世界平均気温より 2.5℃以上高い水準で持続していた最後の時代は、300 万年以上前であるとされる。

#### 1-2-2 将来の気候変動がもたらす影響

地球温暖化が更に進行するにつれ、極端現象の変化は拡大し続ける。例えば、地球温暖化が 0.5℃進行 するごとに、熱波を含む極端な高温、大雨、一部地域における農業及び生態学的干ばつの強度と頻度に、明

らかな増加を引き起こすと報告されている。また一部の極端現象の発生は、例え 1.5℃の地球温暖化であっても、観測史上例のない水準で増加する。

夏場の気温上昇は、中緯度及び半乾燥地域並びに南米モンスーン地域において最も大きくなると予測され、その速度は地球温暖化の約 1.5~2 倍になる。冬場の最低気温の上昇は、北極域において最も大きくなると予測され、その速度は地球温暖化の約3 倍になる。地球温暖化が進行するにつれて海洋熱波の頻度は増加し続け、特に熱帯と北極域で顕著となる。

地球温暖化の進行に伴い、大雨は多くの地域で強く、より頻繁になる。地球規模では、日降水量で見た極端な降水は、地球温暖化が 1℃進行するごとに約 7%強まると予測されている。非常に強い熱帯低気圧の割合とそのピーク時の風速も、地球温暖化の進行に伴い増加すると予測されている。

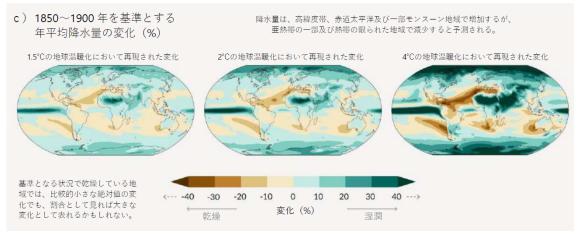


図1-3:1.5℃、2℃及び4℃地球温暖化した場合の降水量の変化予測

温暖化の進行は、永久凍土の融解並びに季節的な積雪、陸氷及び北極域の海氷の消失を更に拡大すると予測される。北極域では、本報告書で考慮されている5つの例示的なシナリオにおいて、2050年までに少なくとも1回、夏場の9月に実質的に海氷のない状態となる可能性が高く、その発生頻度は温暖化の水準が高まるほど高くなる。

数十年に一度と言われるような極端現象は、いずれも地球温暖化が進むたびに頻度と強度が増加する(図1-4)。人間の影響がなかった期間( $1850\sim1900$ 年)を基準に、10年に 1回及び 50年に 1回発生するような現象は、高温、降水、干ばつのいずれもで、温暖化水準が高くなるにつれ、特に著しい頻度上昇が示唆されている。



図1-4: 地球温暖化の水準ごとの極端現象の頻度強度予測

1-2-3 将来の  $CO_2$  排出増加シナリオにおける、炭素吸収源での大気中  $CO_2$  蓄積減速懸念 自然界の陸域と海洋の炭素吸収源は、 $CO_2$  排出が少ないシナリオに比べ、 $CO_2$  排出が多いシナリオほど、絶対量としてより多くの  $CO_2$  を吸収すると予測されるが、その効率は低下する。すなわち、陸域と海洋に吸収される排出量の割合は、累積  $CO_2$  排出量の増加に伴い減少し、結果として、排出された  $CO_2$  が大気中に残留する割合が高くなると予測される(図 1-5)。

5 つの例示的なシナリオにおいて、1850~2100 年に**陸域と海洋が吸収**(着色)及び 大気中に残留(灰色)した累積 CO, 排出量の総量

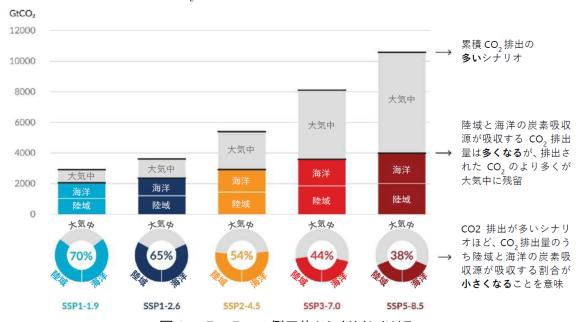


図 1 - 5:5 つの例示的なシナリオにおける、 2100 年までに陸域と海洋に吸収される累積人為起源 CO2 排出量

#### 1-2-4 温暖化の二次的影響

温暖化によって引き起こされる現象が、更なる二次的影響をもたらす可能性も報告されている。森林消失による光合成炭素固定の消失や、永久凍土溶融によるメタン( $CH_4$ )ガス発生もここに分類される。永久凍土の中には数万年にわたって溶けずに永久凍土に封じ込められていた  $CH_4$ が含まれるが、 $CH_4$ は  $CO_2$ の 25 倍の温室効果を持つガスで、その大量放出は温暖化をより一層加速させることが危惧される $^{*11}$ 。

#### 1-2-5 不可逆的影響

GHG 排出によりもたらされる海水温の上昇、海洋表層の成層化、海洋酸性化、海洋貧酸素化などは、将来の排出に応じた速度で 21 世紀の間進行し続けるだけでなく、数百年から数千年の時間スケールで不可逆的であると見られている。

山岳や極域の氷河は、数十年または数百年にわたって融解し続け、永久凍土の融解に伴う永久凍土に含まれる CH4 の放出は、数百年の時間スケールで不可逆的であると見られる。グリーンランド氷床は 21 世紀を通して減少し続け、南極氷床は 21 世紀を通して減少し続ける可能性が高いとされている。グリーンランド氷床の総氷量の減少が、CH4 の放出が累積することに伴い更に大きくなり、GHG 排出が中程度及び多いシナリオの下では、夏季(9 月)の北極域は、今世紀半ば近くには実質的に氷のない状態になると予測される。また可能性は低いものの、突然、不可逆的にシステムが変遷する臨界点を超えることも懸念されている。

世界平均海面水位も 21 世紀の間、上昇し続けるが(2100 年までの世界平均海面水位の上昇量は、1995~2014 年の平均と比べて、GHG 排出が非常に少ないシナリオの下でも 0.28~0.55 m、非常に多いシナリオの下では 0.63~1.01 m)、長期的には、海洋深部の温暖化と氷床の融解が続くため、海面水位は数百年から数千年にわたり上昇することは避けられず、温暖化が 1.5℃に抑えられた場合でも約 2~3 m、2℃に抑えられた場合は 2~6 m、5℃の温暖化では 19~22 m 上昇し、その後も数千年にわたり上昇し続ける可能性がある。なお、この数千年にわたる世界平均海面水位上昇の予測は、過去の温暖な気候の期間から復元される水準と一致している。世界の気温が 1850~1900 年と比べて 0.5~1.5℃高かった可能性が

非常に高い 12 万 5 千年前頃には、海面水位が現在よりも 5~10 m 高かった可能性が高く、世界の気温が 2.5~4℃高かった約 300 万年前には、海面水位が 5~25 m 高かった可能性が非常に高いと見積もられている。

## 1-3 将来の気候変動の抑制

自然科学的見地から、人為的な地球温暖化を特定の水準に制限するには、 $CO_2$ の累積排出量を制限し、少なくとも  $CO_2$ 正味ゼロ排出を達成し、他の温室効果ガスも大幅に削減する必要がある。人為的な累積  $CO_2$  排出量とそれらが引き起こす地球温暖化との間にほぼ線形の関係があるとされ、累積  $CO_2$ 排出量が 1,000  $GtCO_2$ (1 兆トン- $CO_2$ ) 増えるごとに、世界平均気温が推定 0.45 C 上昇すると評価されている。本報告書によると、 $1850\sim2019$  年の間に、合計 2,390 ± 240  $GtCO_2$ の人為起源  $CO_2$  が既に排出された(表 1-2)。

表1-2:過去のCO2排出量及び残余カーボンバジェット推定値

1850~1900 年から 2010~2019 年にかけ ての地球温暖化 (°C)	1850~2019 年にかけての過去の累積 CO <sub>2</sub> 排出量(GtCO <sub>2</sub> )
1.07( <i>可能性が高い</i> 範囲:0.8~1.3)	2390( <i>可能性が高い</i> 範囲:± 240)

1850~1900 年を基 準とする気温上限ま でのおおよその地球 温暖化 (°C) *(1)	2010〜2019 年を基準とする気温上限までの追加的な地球温暖化 (°C)	,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	ーボンバ <i>気温上限</i> 。	. – , . ,	上 推定値( <b>G</b> 球温暖化を	/	非 CO₂ [温室効果ガス] 排出削減量のばらつき*(3)
		17%	33%	50%	67%	83%	
1.5	0.43	900	650	500	400	300	非 CO2 [温室効果
1.7	0.63	1450	1050	850	700	550	ガス〕排出削減量の
2.0	0.93	2300	1700	1350	1150	900	増減により、左記の 値は 220 GtCO <sub>2</sub> 以上 増減しうる

後戻りできない危険な領域を回避し、世界が一丸となって目指す状況(気温上昇 1.5℃以内に抑制)を50%の確率で実現するために残されたカーボンバジェット推定値は 500Gt(5,000 億トン)とされる。CO2排出ペースは年間約 400 億トン/年、つまりあと 10 年程度がリミットであり、2030 年が一つの区切りとされる所以である。

先述のとおり、COP26 での国間の激しい議論を経て、最終的には+1.5℃目標を守ることで世界が合意したことで、化石燃料への依存度を下げる動きが加速していくことが想定される。企業として CO2削減を推進することは、将来の事業を支えるだけでなく、持続可能なライフスタイルを求める生活者を取り込む機会にもなる。逆に、削減推進を怠ることでリスクが生じることは、オランダ裁判所がシェル社に対し 30 年までに 45%の CO2削減命令を行った訴訟事例でも明らかである<sup>※12</sup>。

第2章では、具体的な GHG 排出削減の取り組み事例について紹介する。

## 第2章: 脱炭素社会に向けた主要国、主要産業の動き

#### 2-1 脱炭素社会に向けた取り組み

脱炭素社会に向け、各国、各産業で目標を設定し、様々な取り組みを推進している。ここでは、主要国の 脱炭素への動きと主要産業、企業の取り組みを紹介したい。

#### 2-1-1 海外主要国の脱炭素への取り組み

#### 【アメリカの動き】

アメリカでは、トランプ政権が2019年11月にパリ協定脱退を決定し、脱炭素化の潮流から離れる動きを見せた。しかし、州政府はパリ協定を支持する「米国気候同盟」を設立し、産業界も脱炭素化に向けた取り組みを推進している。その後、バイデン政権となり、気候変動対策を最重要政策の一つと定めた。バイデン政権は、2035年には100%のクリーン電源、2050年にはカーボンニュートラルを目指すことを表明しており、パリ協定への復帰を果たした。

また、バイデン政権はグリーン関連への財政出動にも積極的である。 E V 普及・エネルギー技術開発などの脱炭素化産業に対し、バイデン政権は 4 年間で約 200 兆円投資することを公約している。

#### 【中国の動き】

中国も、脱炭素社会実現に向けた動きを見せている国である。習近平国家主席は2020年9月の国連総会において、「2060年にカーボンニュートラル化を目指す」と表明している。また2015年に発表された「中国製造2025」では、重点戦略として「グリーン製造の全面的推進」を打ち出している。特に、「省エネルギー・新エネルギー自動車(NEV)」や「電力設備」は、重点的に投資を行う分野に選定されている。中国政府によるNEV推進政策の結果、中国はNEV販売台数で全世界の56%を占めるトップシェア国に成長した。さらに、太陽光や風力発電への投資にも積極的であり、当該分野で世界をリードしている。

#### 【EUの動き】

E Uでは、2020 年 3 月に長期戦略である「欧州気候法案」が提出され、「2050 年までの気候中立 (Climate Neutrality)」が決定された。新型コロナウイルスからの復興を目指した総額 1.8 兆ユーロ規模の次期 E U予算においても、37%を気候変動関連で執行する予定である。また、CO2削減については、目標の 引き上げを発表した。欧州委員会は、2030 年の CO2排出量を 1990 年比で 55%とする目標である。\*\*1

さらに、脱炭素の取り組みが進んでいる欧州についての戦略についてはもう少し触れていく。

#### 《欧州グリーンディール》

地球規模で環境問題が深刻化する中、欧州委員会は 2050 年までに E U域内の温室効果ガス排出をゼロにする「欧州グリーンディール」を最優先政策に掲げ、今後 10 年のうちに官民で少なくとも 1 兆ユーロ規模の投資を行う計画を発表した。欧州グリーンディールは、人々の幸福と健康の向上を目的としている。そして、欧州で温室効果ガスの排出を実質ゼロにする気候中立を実現し、動植物の生息環境を守ることは、人や地球、経済にとって良いことである。そして、誰一人取り残しません、としている。

#### ● E Uの目指していること

- ・2050年までに気候中立を実現します
- ・汚染を削減し、人間の生活や動植物を守ります
- ・企業がクリーンな製品と技術の世界的リーダーになることを支援します
- ・気候中立への移行が公正で包摂的であることを担保します

そして欧州員会委員長であるウルズラ・フォン・デア・ライエンは、「欧州グリーンディールは、EUの新しい成長戦略です。雇用を創出しながら、排出量の削減を促進します」とコメントしている。

●欧州グリーンディールの各部門の取り組み

エネルギー:エネルギー部門を脱炭素化します(エネルギーの生産と使用は E U の温室効果ガス排出量の75%以上を占めています)

建築:建物を改修し、エネルギー料金・使用量の削減を促進します(E U のエネルギー消費の 40% は建物 によるものです)

産業:産業のイノベーションを促進し、グリーン経済で世界のリーダーになることを支援します(欧州の産業は再生材を12%しか使用していません)

モビリティー:よりクリーンで、低コストかつ健康的な私的移動手段や公共交通形態を普及させます (輸送は EUの排出量の 25%を占めています)

上記のように、E Uは、2050 年には気候中立を実現させることを表明している。欧州委員会は「欧州気候法」案を提出して、政治的なコミットメントを法律で義務化し、投資を喚起する。この目標を達成するには、E U 経済の全ての部門による取り組みが必要となる。※2

更に、E Uが定めた環境に配慮した経済活動を認定する基準「E U タクソノミー」が制定された(2020 年6月)。タクソノミーは「分類」を表す英語で、パリ協定と SDGs(持続可能な開発目標)を達成するため、環境的に持続可能な投資を促す狙いがある。企業や投資家にタクソノミーに適合する事業や投資割合の開示を求め、グリーンな事業に向かいやすくする。

《EUタクソノミー規則の6つの環境目標》

- ・ 気候変動の緩和
- ・気候変動への対応
- ・水と海洋資源の持続可能な利用と保全
- ・循環型経済への移行
- ・環境汚染の防止と抑制
- ・生物多様性と生態系の保全・回復

「気候変動の緩和」や「生物多様性と生態系の保護と回復」などの目標を掲げる。環境への貢献の高い企業が資金面などで優遇を受けやすい仕組みで、後ろ向きな「ブラウン」とみなされれば事業活動で不利になる。

E U は脱炭素社会に向けた取り組みを力強く推進するため、経済面においてもそれを後押しする基準を設けることを発表した。\*\*3

2-1-2 各国の直近での温室効果ガス削減目標の引き上げの動向(2021/11 月末時点)

各国が脱炭素への取り組みを推進している中、2020年以降、温室効果ガス削減目標の引き上げ表明が相次いでいる。

韓国 : 2050 年実質排出ゼロを文首相が表明(2020/10 月)。2030 年目標を 40%に引上げ (2021/10月)。

ブラジル:2050年に実質排出ゼロを達成するとの目標を条約事務局に通報(2020/10月)

豪州 : 2050 年実質排出ゼロをモリソン首相が表明、長期戦略に反映し提出(2021/10 月)

ロシア : 2060 年実質排出ゼロを検討している旨、プーチン大統領がイベントで発言(2021/10 月)

UAE: 2050 年実質排出ゼロ目標を公表(2021/10 月)

トルコ : 2053 年実質排出ゼロを閣議決定するとともに、パリ協定を批准 (2021/10 月)

インドネシア:長期戦略において、2060 年又はそれより早く実質排出ゼロに向けて急速に前進する機会を探ると記述(2021/7月)

南ア:低炭素開発戦略において、「2050 年までに実質ゼロ排出経済を実現するための旅の始まり」と表記(2020/2月)

各主要国、温室効果ガス削減に向けたより一層高い目標値を設定し、それを表明している。

### 2-2 日本の脱炭素への取り組み

2020 年 10 月、菅首相(当時)が「2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする」と宣言し、日本でも脱炭素社会への取り組みが本格化している。

菅首相の宣言を受けて、国は「グリーン成長戦略」をまとめた。洋上風力産業、自動車・蓄電池産業、資源循環関連産業など 14 の重要分野を挙げ、技術革新を後押しすることで、温暖化対策と経済成長の両方を実現するのが目的である。

#### 2-2-1 2050年CN宣言と2030年削減目標

主要各国の目標値引き上げ同様、日本も2050年度に向けた削減目標を表明している。

【長期目標】(従来の目標)温室効果ガスの排出量を 2050 年までに 80%削減(基準年なし)。脱炭素 社会を今世紀後半のできる限り早期、2050 年にできるだけ近い時期に実現。

(新たな目標) 2050 年カーボンニュートラル (2020 年 10 月臨時国会で菅首相所信表明演説)。 改正地球温暖化対策推進法 (2021 年 6 月公布) により目標を法制化。

【中期目標】(従来の目標) 温室効果ガスの排出量を2030年度までに26%削減(2013年度比)。

(新たな目標) 温室効果ガスの排出量を 2030 年度までに 46%削減 (2013 年度比) 。

さらに、50%削減の高みに向けて挑戦を続ける。 (2021 年 4 月地球温暖化対策推進本部にいて菅首相が表明。2021 年 10 月地球温暖化対策計画として閣議決定、NDC として国連に提出)。 \*\*4

#### 2-2-2 日本の「脱炭素先行地域」に関する動き

2030 年度までに脱炭素を実現するために優先的に予算を配分する「先行地域」というエリアを全国で 100 か所以上選ぶのを前に、国は自治体などが申請する際の要件を固め、再生可能エネルギーの最大限の導入と ともに地域経済や暮らしへの効果の分析などを求めることになった。

「脱炭素先行地域」は、2030 年度までに電力消費に伴う CO2の排出を実質ゼロにする地域のことである。それによると「先行地域」は、住宅地、商店街、農村部、離島などが想定されるとし、申請は、市区町村や都道府県単独のほか、複数の自治体、それに、自治体、企業、大学などの共同でも可能としている。申請にあたっては、再生可能エネルギーを最大限導入するとともに、省エネとの組み合わせなどで、2030 年度までに地域内の電力消費に伴う CO2の排出をゼロにする計画を立てることが求められる。

さらに、発電による収益を生かした地域経済の活性化や、住民の暮らしの質の向上などに、どの程度効果があるのかを具体的に分析し、計画の進捗状況を管理する体制を作ることなども必要とされている。

募集は、2025 年度まで年に2回程度行われ、環境省は、選ばれた地域に対し、予算案に要求している 200 億円の交付金の配分を優先的に行い、「先行地域」から全国に「脱炭素」の取り組みを広げていきたい考えである。

上記のように環境省として、交付金を配分し、脱炭素社会、地方創生に向けた取り組みを推進していくことを表明している。 $^{*5}$ 

また 2022 年 2 月には、環境省より「地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案の閣議決定について」が発表された。その概要は以下の通りである。

#### 1. 法改正の背景

2050 年カーボンニュートラル実現や 2030 年度削減目標の達成に向け、我が国においても、近年、2021 年 6 月に地域脱炭素ロードマップを取りまとめるなど、脱炭素を巡る動きが加速化するとともに、世界においても、脱炭素市場がまさに拡大している。

一方、例えば、前例に乏しく投融資の判断が難しい、認知度が低く関係者の理解が得られにくい等の理由から資金調達が難しい脱炭素化に資する事業に対して、より一層の民間資金の呼び込みが必要となっている。

また、ゼロカーボンシティ宣言を行う地方公共団体が拡大しており、地方公共団体による脱炭素をめぐる動きも進んできているが、具体的なアクションへと結びつく例はまだ少なく、モデルとなる事例の創出が必要となっている。このような状況を受けて、今般、脱炭素化に資する事業に対する資金供給その他の支援を強化することにより、民間投資の一層の誘発を図るとともに、地方公共団体が行う地域の脱炭素化に関する施策のための費用に関して国が必要な財政上の措置を行おうとするものである。

#### 2. 法律案の概要

#### (1) 出資制度の創設、監督等に関する規定の整備

温室効果ガスの排出の量の削減等を行う事業活動に対し、資金供給その他の支援を行うことにより、地球温暖化の防止と我が国の経済社会の発展の統合的な推進を図りつつ脱炭素社会の実現に寄与することを目的とする株式会社脱炭素化支援機構に関し、その設立、機関、業務の範囲等を規定する。

#### (2) 国の必要な財政上の措置等に関する規定の追加

都道府県及び市町村が温室効果ガスの排出の量の削減等のための総合的かつ計画的な施策を策定し、及び実施するための費用について、国が必要な財政上の措置その他の措置を講ずるように努めるものとする規定を追加する。※6

日本としても脱炭素社会に向けた取り組みを各産業、企業に促すだけでなく、財政支援の機関を設立し実装体制も整えはじめた。

#### 2-3 COP (国連気候変動枠組条約締約国会議)

1992 年、大気中の温室効果ガスの濃度を安定化させることを究極の目標とする「国連気候変動枠組条約」が採択され、世界は地球温暖化対策に世界全体で取り組んでいくことに合意した。そして、同条約に基づき、国連気候変動枠組条約締約国会議(COP)が1995年から毎年開催されている。

#### 2-3-1 СОР26の動き

COP26が 2021年 10月31日~11月13日に英国グラスゴーで開催された。今回開催の<math>COP26はパリ協定採択時以来の成果と称賛されている。COP26の成果は下記が挙げられる。

- 1) パリ協定での気温上昇に関する長期目標が事実上 2.0℃未満から 1.5℃に強化されたこと
- ・パリ協定の長期目標として、気温上昇を産業革命前に比べて 1.5℃に抑えることが明示
- ・そのために 2030 年には世界全体の排出量を 2010 年比で 45%削減、そして 2050 年頃には実質ゼロに する必要があることまでも、合意文書に書き込まれた=パリ協定という国際条約の目標を、1.5℃に事実上強 化することに世界全体が合意

- 2)6年越しにパリ協定の詳細なルールブック(実施指針)がすべて合意されてパリ協定が完成したこと 「6条(市場メカニズム)のルール合意」「透明性の共通報告フォーマット」「共通タイムフレーム」「適応グロー バルゴール」「被害と損失(loss and damage)」
  - 3) 温暖化の最大要因として石炭火力削減方針が初めてСОР決定に明記されたこと

議長国のジョンソン首相は、COP26の前に各国に4つの具体策、石炭火力発電の廃止計画、電気自動車の普及、資金支援、植林の推進を呼びかけ、中でも石炭火力発電について、「先進国は2030年に廃止、途上国は2040年に廃止」を要請。その声に応えて、1週目に開催された「脱石炭連盟」のイベントでは、新たに28の国や地域などが石炭火力の廃止を約束。加えてCOP26決定文書に石炭火力の削減が書き込まれた。\*\*7

#### 2-3-2 СОР26 の評価と今後の課題

今後はますます民間企業や自治体の役割が重要視される。今回新たに取り入れられた「有志連合」の手段は、これらのステークホルダーにメッセージを送る上で効果的であった。有志連合の中には、目標達成に不可欠な国が参加していない場合もあるが、賛同する国や主要企業が声明を出すことで、他の企業や自治体は自らの行動を判断しやすくなる。国単位での排出削減目標の提示が一段落した今、求められるのは具体的政策の方向性を示すことである。自主的な取り組みを宣言すること、またその運用が今後期待される。

#### 2-4 各産業の取り組み

ここでは、脱炭素社会に向けた各産業の取り組み目標や事例を紹介する。主に火力発電業界、自動車産業、フードチェーン/小売業界、日用品業界についての目標、事例となる。夫々の分野で 2030 年、2050 年の達成目標に向けた取り組み推進が始まっている。

各産業においての  $CO_2$ 削減に向けた取り組みは、事業者自らの排出のみならず、事業活動に関係するあらゆる排出量を削減する、つまり、「サプライチェーン排出量」(Scope 1 排出量 + Scope 2 排出量 + Scope 3 排出量)全体の削減を意味する。

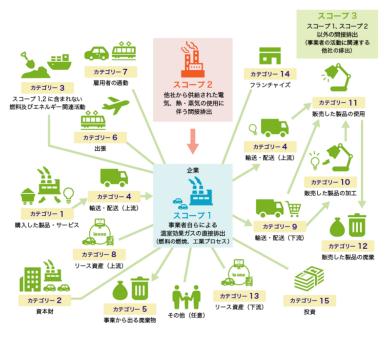


図 2 - 1 グリーン・バリューチェーンプラットフォーム $^{*8}$ 

#### (Scope 1)

事業者自らによる温室効果ガスの直接 排出(燃料の燃焼、工業プロセス)

(Scope 2) 他社から供給された電気、熱・蒸気の使用に伴う間接排出 (Scope 3)

Scope 1、Scope 2以外の間接排出 (事業者の活動に関連する他社の排出) あらゆる分野、産業において、直接的 CO2排出の削減だけでなく、間接的または生活者が使用する時点での CO2排出削減までを考慮した取り組みが不可欠となる。

次に、各産業における CO2削減の取り組み事例を記載する。どの分野、産業においても Scope 1 - 3 を意識した取り組みを展開している。

#### 2-4-1 火力発電業界(化石エネルギーを燃料とする火力発電の低炭素化)

火力発電の CO2排出量をできるだけ削減しようという、低炭素化に向けた取り組みが進められている。つまり、 火力発電の効率をアップして低炭素化するということである。

火力発電は、燃料を燃やしてつくった水蒸気で蒸気タービンを回し電気をつくるしくみだが、もし効率をアップできれば、燃料使用量の削減、ひいては CO2排出量の削減につながる。そこで、高効率化に向けたさまざまな技術開発が行われている。下記は、すでに各発電所で導入されている最新鋭の方式である。

#### ① 超々臨界圧発電方式(USC)

燃料を燃やして蒸気をつくる際に、極限まで高温、高圧にして蒸気タービンを回すシステム

② コンバインド・サイクル発電

高温のガスを燃やしてまずガスタービンを回し、その排ガスの熱を再利用して蒸気をつくることで蒸気タービンも回すシステム

#### ③ 石炭ガス化複合発電(IGCC)

コンバインド・サイクル発電でガスタービンを回すのに使われる「高温ガス」を、石炭をガス化して作るシステム ほかにも、さまざまな次世代火力発電技術の研究が進められている。こうした高効率化が進めば、さらなる火力発電の低炭素化が期待できる。

下記は、次世代火力発電技術の高効率化、低炭素化の見通しである。将来開発が見込まれる次世代火力発電技術の一覧を示した図となる。



図2-2 次世代火力発電に係る技術ロードマップ※9

## 2-4-2 自動車産業

2021年12月自動車産業における脱炭素化の推進に関する法律案が提出された。基本理念としては、6項目が提示され、内容としては下記の通りである。

- ① 電動自動車の普及の促進並びに水素と CO2を合成して製造される燃料、燃料としての水素その他の脱炭素化に資する燃料の実用化及び水素を燃料として用いる内燃機関の実用化の促進
- ② 地域における脱炭素化を促進するためのまちづくりに関する他の施策との有機的な連携が図られつつ、 行われなければならないこと
  - ③ 総合的かつ効果的な温室効果ガスの排出の量の削減その他の環境への負荷の低減が図られること
- ④ 再生可能エネルギー電気の発電及び脱炭素化に資する燃料を用いた火力発電の推進等による発電における脱炭素化の推進
- ⑤ 脱炭素化に伴う自動車産業に係る産業構造の転換が円滑に行われるよう、労働力の公正な移動 の確保が図られるとともに、中小企業に対する適切な支援が行われなければならないこと
- ⑥ 炭素国境調整措置の導入等の自動車産業における脱炭素化についての国際的な取り組みにおいて我が国が主導的な役割を担うことを旨として、国際協力が図られなければならないこと

この法律は、我が国における 2050 年までの脱炭素社会の実現が重要な課題であることに鑑み、我が国の基幹的な産業である自動車産業における脱炭素化の推進に関し、基本理念を定め、国の責務を明らか示している。それとともに、自動車産業における脱炭素化の推進に関する施策の基本となる事項を定めることにより、自動車産業における脱炭素化を総合的かつ一体的に推進し、自動車産業の国際競争力の維持及び強化を図り、国の経済への発展に寄与することを目的としている。※10

#### 2-4-3 フードチェーン、小売業界の取り組み

フードチェーンや小売業界にも脱炭素に向けた取り組みが推進されている。私たちの食している動物由来の肉は、食肉材料となるまでの工程に、大量の温室効果ガスが排出される。主に、植物から直接たんぱく質を得る流れに比べてエネルギー効率が悪いことが言える。また、家畜の消化器からメタンガスを大量に発生したり、といった環境負荷の大きさが問題視されている。

そこでフードチェーンや小売業界は、温室効果ガス削減に向けて、食肉の替わりに大豆などを使った代替肉への転換の取り組みを推進している。代表的企業の推進内容は下記の通りとなる。

・不二製油:大豆たんぱく質の老舗。欧州の代替肉ファンドに出資。

・伊藤ハム米久HD:大豆由来の「まるでお肉」シリーズ拡充

・セブン&アイ: P B の総菜などで代替肉商品を販売

・ローソン:大豆ミートを使ったメンチカツバーガーを展開

・日清食品:培養ステーキ肉の開発に取り組む

上記企業を例に、欧米に比べて市場の立ち上がりが遅い日本でも、2019 年以降、代替肉製品の発売が相次いでいる。食品関連の企業では、1950 年から大豆原料の食品素材を開発する不二製油グループが先行し、食品大手の日本ハムや伊藤ハム米久ホールディングスなども参入している。

小売業では、セブン&アイ・ホールディングスがイトーヨーカドーやセブン-イレブンなどで大豆由来の代替肉を使った総菜を発売している。

我々生活者にも、健康に良いという視点からも代替肉の認知、消費も徐々に上昇しつつある。今後の各企業の取り組み、また動物由来の肉に替わる食材の研究開発により、新たな産業、生活習慣が生まれてくることも見込まれる。※11

#### 2-4-4 日用品業界

## ① 花王株式会社 : 脱炭素社会に向けた方針

気候変動は、現在並びに将来世代が豊かな生活文化 Kirei Lifestyle を実現することに対する大きなリスクとなっている。「花王ウェイ」において「豊かな生活文化の実現」と「社会のサステナビリティへの貢献」を使命として掲げる花王では、各方針のもと地球温暖化の緩和と適応の両面から積極的に活動を推進している。環境・安全の基本理念と基本方針においては、「製品・技術の開発にあたっては、製造から廃棄までの全段階で環境・安全についての評価を行ない、環境負荷が小さい製品の提供に努める」と掲げている。

また、花王レスポンシブル・ケア方針では、「事業活動において、省資源、省エネルギーを推進するとともに、環境影響を継続的に改善」と宣言している。

さらに環境宣言において、「モノづくりのプロセスだけでなく、お客さまに使っていただく中でも花王独自の技術を活かし、環境に負荷を与えない製品をつくっていきます。そして、原材料調達や生産、物流、販売、使用、廃棄など、製品が関わるライフサイクルの中で生活者をはじめさまざまなステークホルダーの方といっしょに実行できる、よりeco な方法を提案してまいります」と決意を表している。

また、パーム油や紙・パルプを対象に、「原材料調達ガイドライン」を設定し、2020 年までに原産地の森林破壊ゼロをめざしている。これらの方針に基づき、新たに大気中に排出される CO2を極小化するための「リデュース」の取り組みとして、自社拠点からの排出量削減はもちろんのこと、製品ライフサイクル全体における CO2排出量を減らす。さらに、他社の CO2排出量削減に貢献する製品・サービスを提供する。また、大気中の CO2を減らすための「リサイクル」の取り組みとして、大気中の CO2を原料とする技術開発を実施し、植林等を通じ固定化す

ることを進めていく。そして、これらの活動によりカーボンゼロ・カーボンネガティブをめざしている。さらに、気温上昇などの変わりつつある気候に対応するための製品・サービスの提供を加速していく、としている。※12

#### ② ライオン株式会社

「LION Eco Challenge 2050」を掲げ地球環境に配慮した取り組みを推進している。



 $\boxtimes 2-3$  LION Eco Challenge  $2050^{*13}$ 

このように、日用品業界の花王㈱、ライオン㈱においても脱炭素社会に向け、目標を掲げ推進している。自社の事業や設備などから直接排出されるCO₂だけでなく、ライフサイクルにおける日常生活によるCO₂排出の削減も織り込んだ目標となる。

また、上記両社は、本業では競合となるが、脱炭素、効率化を目指し、物流面での共同輸送を開始したことを発表した。

#### ③ 花王㈱とライオン㈱の共同往復定期輸送

両社は、物量や積載量、輸送ルート・頻度等を検討し、運送事業者との情報共有・調整、輸送テストを実施して、2020年10月27日から定期輸送を開始した。この取り組みにより、従来の輸送方法と比較してトラックの空車走行距離を短縮し、両社合計でCO2排出量の45%、輸送費用の23%削減が見込まれる。



図2-4 花王㈱とライオン㈱の共同往復定期輸送※14

上記日用品業界での共同輸送取り組み同様、航空業界でも同業他社と共同した取り組みが公表された。 内容は下記の通りである。

ANAとJAL、2050 カーボンニュートラルに向けたSAF (持続可能な航空燃料) に関する共同レポートを策定 ~両社で豊かな地球の次世代への継承と日本経済の持続的な成長への貢献を目指します~

- ・ANAとJALは、SAFの認知拡大および理解促進を目的とした共同レポート「2050年航空輸送におけるCO2排出実質ゼロへ向けて」を策定した。
- ・両社で SAF の量産と活用について幅広く発信し、日本と世界をつなぐ重要な社会インフラとして航空輸送を次世代に継承するために政府ならびに関係者と連携し、SAFの普及に取り組むとともに、その他のさまざまな環境対策等についても協力して推進していく。 $^{*1}$  5

#### 2-5 まとめ

脱炭素社会に向けて、世界の国々、そして各産業において分野、企業ごとに目標を設定し、様々な取り組みを推進している。推進内容には違いがあるが、向かっている目標は同じである。この目標を達成するには、「共同/協働」また、「分散型社会の実現」がキーワードとなるだろう。

この美しい地球を守るため、また後世にいい状態で引き渡すために、私たち1人ひとりが、全員で総力をもって取り組み、そして成果としなければならない。

第3章では、私たち研究会の属する産業で欠かせない資源である「パーム油」についての現状とその課題について触れていく。油脂産業にとってパーム油は切っても切れない大切な資源であることは言うまでもない。私たち研究会は、この産業での脱炭素化を図るべく、重要資源であるパーム油に着目し研究・考察を繰り広げていく。

## 第3章: 油脂産業の現状と脱炭素化社会に向けた問題点

第2章では国としての政策や各産業界での脱炭素化社会に向けた取り組みについて述べてきた。ここからは油脂産業における脱炭素社会に向けて、現状整理とその中で見えてきた問題点について述べる。

## 3-1 油脂産業の動向

## 3-1-1 油脂産業とは

油脂産業は、油脂そのものを製造する「製油産業」と製油された油脂を原料に二次加工して油脂関連の製品を生産する工業である。これらの油脂原料は大豆、パーム、菜種などに由来する植物油油脂、牛、豚に由来する動物油脂に大別される持続可能原料でもあることから、食用品だけでなく、日用品・香粧品業界、化学業界への関わりも深い。

表3-1: 代表的な油脂製品

	洗剤(衣料用・台所用)	
次刘 无龄 丢帐口	医療用石鹸	
	化粧石鹸	
	シャンプー・リンス	
	脂肪酸	
	グリセリン	
油脂化成品	天然高級アルコール	
	界面活性剤	
	可塑剤	
	食用硬化油	
今田加丁油形	マーガリン・ショートニング	
艮用加土油脂	精製ラード	
	マヨネーズ・ドレッシング	
	洗剤·石鹸·香粧品 油脂化成品 食用加工油脂	

下記に、主要植物油脂の世界の生産量の推移を下記図に示す。

生産量は年々増加する傾向にあり、全体量では2001年から約2倍まで増加している。種別に見ると1.パーム油、2.大豆油、3.菜種油の3種で油脂全体の7割以上を占める。パーム油、パーム核油合わせると2018/19では全体の4割になる。今後も人口の増加に伴う需要量の高まりや、昨今のバイオディーゼル燃料へ再生可能エネルギーとして油脂需要の拡大から、更に数量増加していくことが予想されている。

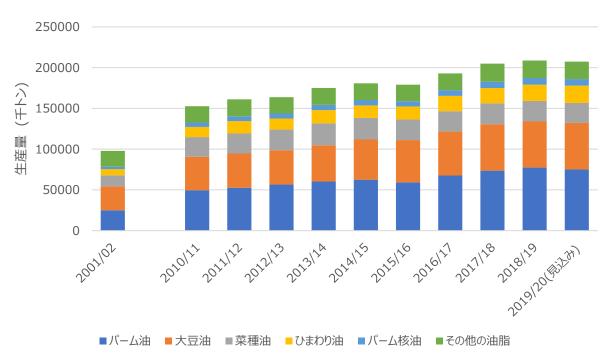


図3-1:主要油脂の全体生産量の推移 (上位5種を抽出)\*1)

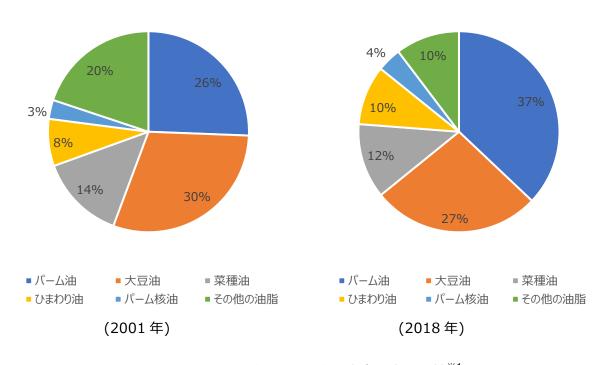


図3-2:2001年と2018年の生産量内訳比較※1

次に国内向けで整理し、日本に供給されている主要な植物油供給量の油種別内訳を示す。上記全体生産量と同様に日本国内供給量としても菜種油、パーム油、大豆油で全体の約8割を占めるが、1. 菜種油、2. パーム油、3. 大豆油であり、菜種油の割合が高い。その他の油脂にはとうもろこし油、オリーブ油、ごま油、ヤシ油などがある。パーム油はパーム核油と和せて全体の約3割を占めている。また主要油脂の中で、菜種油や大豆油などは国内で搾油されているが、その原料となる油糧種子はほぼ全量を海外からの輸入であり、菜種がカナダから、大豆はアメリカ、ブラジルに依存している状況である。

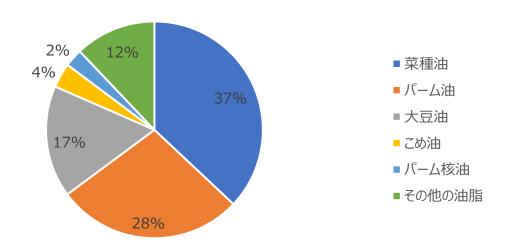


図3-3:日本の油種別植物油供給量内訳 (2020年) \*1

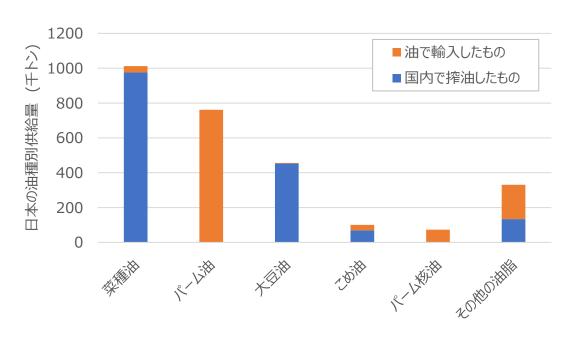


図3-4:日本の油種別植物油供給量内訳 (2020年) \*1

#### 3-1-2 油脂原料価格の高騰

このような油脂における原料事情もあり、本研究会で議論をしている間にも主要な油脂原料の価格が大きく 高騰し、多くの製油メーカーでの食用油脂の値上げが相次いだ。

図は主要となるパーム油、菜種油、大豆油の原料となる大豆の価格推移である。大豆、菜種、パーム油の生産量が伸び悩む一方、需要面ではコロナ禍からいち早く経済回復した中国が輸入量を増やしており、需給がひつ迫している。また、これらの原料を輸入に頼っている状況下、為替も1ドル115円('22年2月28日時点)を突破し、円安傾向を強めていること、カナダの熱波による影響から、未曾有のコスト高に直面している。

食料需要としては世界全体では人口は増え、油脂の需要量は増える見通しである。加えて、需給の大きな 構造変化としてバイオ燃料向けの需要が大きく高まりからも、油脂のサステナビリティは重要な課題となっている。

この油脂原料高騰の要因の一つとされている菜種の主生産国であるカナダの熱波についても、「人為的な気候変動が要因」とされる発表もある。\*\*2

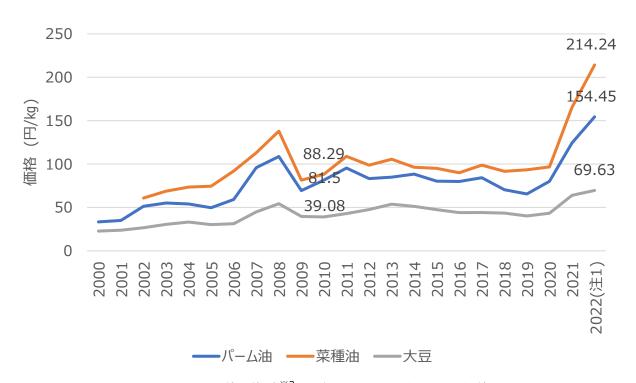


図3-5:油脂価格の推移\*3 ((注1)は2022年1月の価格)

#### 3-2 脱炭素化社会に向けたパーム油の重要性

#### 3-2-1 油脂産業におけるパーム油の重要性

パーム油、パーム核油は世界で最も使用されている油脂であり、日本国内でも油脂全体供給量の約3割を占める重要な油脂である。熱帯産の植物である「アブラ椰子」から得られる油脂である。

このアブラ椰子は大豆や菜種などの他の油脂原料と比べて生産性の高いことで知られている。単位収穫面積当たりの搾油量を下記の表に示す。大豆油は550kg/ha、油分の高い菜種から搾油される菜種油も1200kg/haであるが、パーム油は菜種油の約3.2倍の3800kgである。\*\*4大豆や菜種は1年1作の単年性作物に比べてアブラ椰子は永年性の樹木であるため、天候による変動はあるものの1年通じて安定的に収穫が可能であるという、生産性と安定性などのサステナビリティ面で優位な特徴がある。

表3-2:単位収穫面積当たりの搾油量※4

種類	搾油量(kg/ha)
パーム油	3,800
なたね油	1,200
大豆油	550

表 3 - 3 熱帯雨林とパーム農園の CO2吸収量の比較<sup>※5)</sup>

熱帯雨林	9.62 t / h a · 年 (CO <sub>2</sub> 換算)		
パーム農園	25.71 t / h a ·年(CO <sub>2</sub> 換算)		
菜種や大豆などの低草木類	(CO₂吸収能は最大でも7~14t/haと推定)		

#### 3-2-2 パーム油、パーム核油の特徴と主な用途

アブラ椰子から得られるパーム油、パーム核油は、その成分から異なる特性を持つ。下記にパーム油とパーム 核油の特徴と日本国内における主な用途を示す。

#### (1) パーム油

パーム油は飽和脂肪酸のパルミチン酸とステアリン酸が約 50%、1 価不飽和脂肪酸のオレイン酸が約 40%、 多価不飽和脂肪酸のリノール酸が約 1 0 %の組み合わせからなる油脂である。

パルミチン酸(融点:63 $^{\circ}$ C/不飽和数:0)、ステアリン酸(融点:70 $^{\circ}$ C/不飽和数:0)とオレイン酸(融点:16 $^{\circ}$ C/不飽和数:1)の組成上の組み合わせにより、不飽和数が低いため酸化しにくく、27 $^{\circ}$ 50 $^{\circ}$ Cの広い範囲での融点に調整できることから、食用として使い勝手の良い油脂である。

このような特徴からパーム油は食用で 85%(単体油(食用)、マーガリン類・ショートニング(食用)、その他加工用(食用)の合計)を占める。そのほとんどが食用に使用されていることがわかる。残りの 15%が非食用となっている。

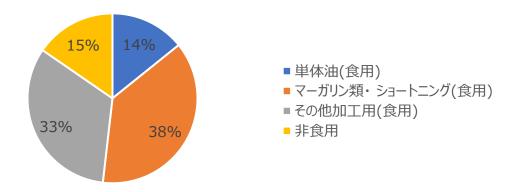


図3-6:パーム油の用途 (2015年の消費量 全664千トンの内訳)\*\*6

## (2) パーム核油

飽和脂肪酸のラウリン酸が約50%を主成分とする油脂である。ミスチリン酸、パルミチン酸、オレイン酸等を含んでいる。食用が40%、非食用が60%となっており、多くで非食用に用いられている。毒性が低く、泡立ちやすいラウリン酸を主成分とすることから、その用途は非食用のシャンプーや界面活性剤などが中心となっている。

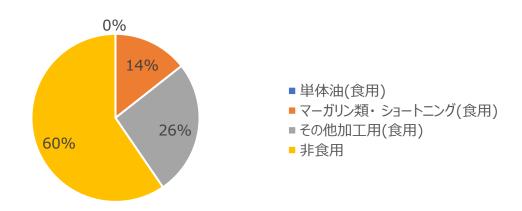


図3-7:パーム核油の用途 (2015年の消費量 全106千トンの内訳)\*6

## 3-3 パーム油が抱える社会的問題

これまで述べてきた通り、アブラ椰子を原料とするパーム油は、我々油脂産業にとって、なくてはならない重要な原料である。一方で、様々な課題を抱えた原料であることも事実である。本項では、その課題について、現状の取り組みも含めて述べていきたい。

#### 3-3-1 パーム油産業の発展

1870 年頃、西アフリカ地域原産のアブラ椰子がマレーシアにもたらされたとされている<sup>※7</sup>。1920 年頃から商品作物として商業栽培が開始され、1930年にはマレーシア全土で2万haほどの栽培が見られた。当時、マレーシアは世界有数のゴム生産国であったが、ゴム不況からの脱出および外貨獲得に向け、同じ栽培条件であるアブラ椰子の農園への転換が民間主導で進んだ。1960年代に入ると、マレーシア政府機関である連邦土地開発庁(Federal Land Development Authority: FELDA)により、政府主導でアブラ椰子農園開発が急速に進み、マレーシアパーム油研究所(現 MPOB)による品種改良などの研究の後押しなどにより、1960

年に 5.5 万 ha だった栽培面積は、1974 年に 56 万 ha、2015 年には 564 万 ha までに急拡大した $^{*8}$ 。 外貨獲得のために始まったパーム油産業は、基幹産業へと成長していったのである。

一方、インドネシアでも、1960 年代、パーム油の輸出はそれほど重要ではなく、石油・天然ガス輸出が外貨獲得の大きな手段となっていた。しかしながら、農業部門の輸出指向化の中で政府が積極的に進めてきたアブラ椰子農園開発によって、マレーシア系資本を始めとした多国籍アグリビジネス企業によるパーム油産業が拡大してきた。その背景には、マレーシアでのアブラ椰子農園開発ラッシュによる農地開発余地の枯渇が、インドネシアへの開発進出を加速させてきた状況がある。その結果、2006 年には、マレーシアを抜き世界最大のパーム生産・輸出国へと成長したのである。

両国のパーム油産業の発展を牽引してきた要因は、政府による産業育成策だけではない。他の植物性油脂に比較して、圧倒的に生産性が高いパーム油は、コスト競争力が高い優れた油脂として、1980年代以降、中国、インドなどの新興国の経済成長に伴い、食用油としての需要が急増している。また、1990年代以降にはEUへのバイオ燃料用途としての輸出拡大など、世界的な需要の高まりが、パーム油産業を牽引してきたのである。

#### 3-3-2 森林伐採

パーム油の需要拡大に伴い、それを支えるアブラ椰子農園の開発が深刻な環境問題を引き起こしている。マレーシアやインドネシアでは、アブラ椰子農園の開発に伴う熱帯雨林の森林伐採により、生態系の破壊や希少な野生動物が絶滅の危機に陥っている。日本列島の約2倍の面積を持つインドネシアのボルネオ島では、2015年時点での熱帯雨林の面積が約3分の1に激減しており、生物多様性が損なわれている。

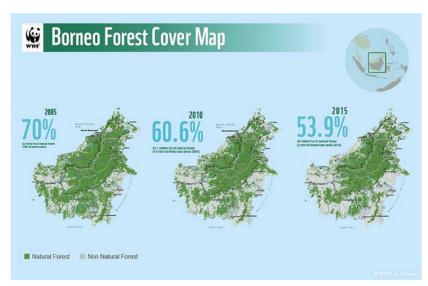


図 3-8: インドネシア ボルネオ島の森林資源減少マップ<sup> $\times 9$ </sup>

## 3-3-3 熱帯泥炭地破壊と煙害(ヘイズ)

泥炭とは、地下水位が高く、主に分解が抑えられた植物が数千年にわたって蓄積した一種の有機質土壌のことであり、泥炭がある厚さ以上堆積している場所を泥炭地という。泥炭地は炭素を多く含み、炭素の貯蔵庫とも呼ばれている。この泥炭地は世界全体で陸地面積の3%(400万 km²)に分布し、全土壌炭素の約1/3 が蓄積されているといわれる。マレーシアやインドネシアなど東南アジアの熱帯地域に分布する熱帯泥炭地は、約25万 km² 存在し、マレーシアには2.7万 km²、インドネシアには21万 km² となっている。\*\*10

熱帯泥炭地は頻繁に冠水する環境のため、アブラ椰子農地開発のためには人工の排水路の建設による土地の乾燥が必要となる。排水による泥炭地の乾燥化が進むと、泥炭が酸化されるとともに、泥炭火災のリスクが

高まる。伐採した樹木の整理のため、違法に火入れが行われることで火災が発生するだけでなく、一度着火した 泥炭は、地中でくすぶるように数週間から数か月間にわたって煙を発生させる。この煙を煙害(ヘイズ)と呼び、 深刻な環境問題となっている。

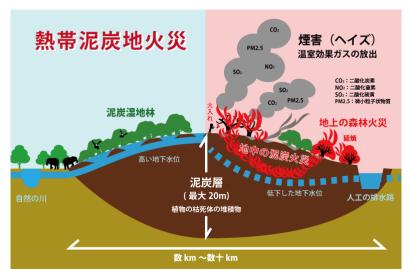


図3-9:泥炭地火災のメカニズム<sup>※9</sup>

スマトラ島とカリマンタン島を中心に発生した大規模なヘイズ(煙害)は、 東南アジア近隣諸国にまで越境し、深刻な健康被害をもたらしている。ヘイズとは、大規模な火災や野焼きによって生じた煙や排気ガスなどの微粒子が原因となって起こる大気汚染のことである。この煙が、モンスーン(南西季節風)により、マレー半島やシンガポールなど近隣諸国に流され、有害物質による呼吸器・循環器疾患といった人への健康被害を引き起こす。また、大規模な火災が発生しているスマトラ島ジャンビ州では、空港の閉鎖や、シンガポールでは航空機の欠航・遅延や、学校が休校になるなど経済活動や人々の生活に多大な影響をもたらし、深刻な国際問題にも発展している。

#### 3-3-4 熱帯泥炭地破壊と温室効果ガス排出\*\*11

熱帯泥炭地の地下部は、有機物が酸性の水に冠水しており、微生物による分解が抑制された状態となっている。インドネシアの泥炭地の有機物に含まれる炭素の埋蔵量は、CO2換算で1,950億トンと言われ、日本の年間排出量が11億4900千万トン(2020年度速報値:環境省)であるため、実に170年分の排出量に相当する炭素が保存されているのである。しかしながら、アブラ椰子農園開発のため、運河を建設し、排水を進めると、抑制されていた微生物の活動が活発化し有機物の分解が進行し、固定されていた膨大な炭素がCO2として大気中に放出されるのである。

インドネシアの  $CO_2$ 排出量 6.5 億トンと国別では 7 位であるが $^{*12}$ 、また、先述した泥炭地の火災や分解、森林の土地利用変化から 9.2 億トン排出しており $^{*13}$ 、これを含むと世界第 5 位となるほどである。

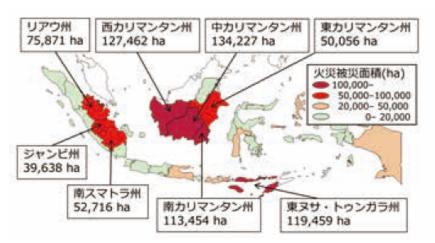


図 3-10:2019 年 1月~10月におけるインドネシア全体の森林火災による被害面積\*\*14

#### 3-3-5 その他の問題<sup>\*\*9</sup>

アブラ椰子農園開発に伴う大規模な森林伐採や泥炭地火災は、野生動物の生息環境の変化や生息地の分断・消失を引き起こし、生物多様性が失われている。15,000種類以上の植物、201種の哺乳類、580種の鳥類が生息しているスマトラ島では、スマトラゾウをはじめとする希少な野生動物が絶滅の危機に瀕している。

また、大規模なアブラ椰子農園の中には、移住労働者や日雇い労働者が安価な賃金で雇い、また達成困難なノルマ・罰金を課す強制労働、農薬による健康被害、児童労働といった人権侵害の問題も指摘されている。大規模な土地を必要とするアブラ椰子農園開発は、その性質上、地域住民が権利を主張している地域と重複してしまうことがあり、その結果土地の権利を巡る紛争に発展するといった事例が頻発している。こういった問題の背景には、土地の境界が曖昧であることや、地域住民の土地に対する権利が企業や政府によって認識されていないことが挙げられる。インドネシアでは4,000件以上の紛争報告があるとされ、約600件ついては土地紛争としての記録があり、マレーシアのサラワク州では少なくとも100件以上のアブラ椰子農園関連での裁判が起きているとの指摘もある。※15

インドネシアで生産されるパーム油の約4割は、2ha 程度の大きさの小規模パーム農園によって支えられている。しかしながら、小規模なパーム農家は、不安定な経営や乏しい技術のため、収量が上がらず、収量を増やす手段として、違法な森林伐採や泥炭地への火入れを伴う開墾を行うことが少なくなく、この問題もまた、諸問題の根底にあるといえよう。

#### 3-3-6 パーム油のライフサイクルにおける CO2排出量

パーム油のライフサイクルにおける CO2排出量を試算したデータに、オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO)の報告がある。<sup>※16</sup>この報告書によると、既存農園で栽培されたパーム油製造時の CO2排出量は0.342t-CO2/t、熱帯雨林を伐採した農園で栽培されたパーム油は、27.4t-CO2/t、泥炭地を開発した農園で栽培されたパーム油は61.8t-CO2/tと示されている。

熱帯雨林の伐採による CO2排出量への影響は、地上部の樹木に固定されている炭素が伐採によりすべて CO2として排出されることを想定している。またや泥炭地の開発では、地上部の樹木だけではなく、泥炭地中に 固定されている膨大な炭素が、開発による排水によって生じる乾燥が原因で酸化し、CO2として排出されるため としている。

また、パーム油をバイオマス燃料としてみた場合のライフサイクルにおける CO2排出量も報告されている。※6

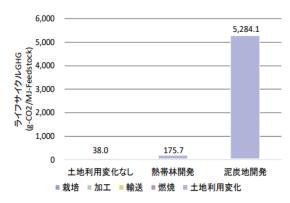


図3-11:土地利用変化が生じた場合のライフサイクル CO2排出量の比較<sup>※6</sup>

この報告書では、パーム油を栽培するにあたり熱帯雨林の伐採などを伴わない、いわゆる土地利用変化がないシナリオの場合、38.0g-CO2/MJ、熱帯雨林開発、あるいは泥炭地開発が伴うシナリオの場合、それぞれ、175.7g-CO2/MJ、5,284.1g-CO2/MJと、土地利用変化によりパーム油のCO2排出量が増大することが示されている。また同時に、大豆油やキャノーラ油のデータも試算されており、大豆油で 41.7g-CO2/MJ、キャノーラ油で 51.7g-CO2/MJと、むしろ土地利用変化のないパーム油の方が CO2排出量は少ないことがわかる。

パーム油が優れた油脂資源であるが故に、世界的に需要が拡大し、それに対応するため供給量の確保を目的とした、新たな農園開発が行われてきた。それにより、熱帯雨林や泥炭地の破壊が伴い、環境やその地に暮らす人々や生物に深刻な影響を及ぼしている。また、地球温暖化の点においても、パーム油のCO2排出量の多さには、熱帯雨林や泥炭地の破壊が関与しており、これらを伴わないパーム油を生産し、使用していくことが、パーム油の恩恵を持続的に享受できると考える。

#### 3-4 問題解決に向けた取り組み

3-4-1 持続可能なパーム油のための円卓会議(Roundtable on Sustainable Palm Oil: RSPO) $^{*9}$ 

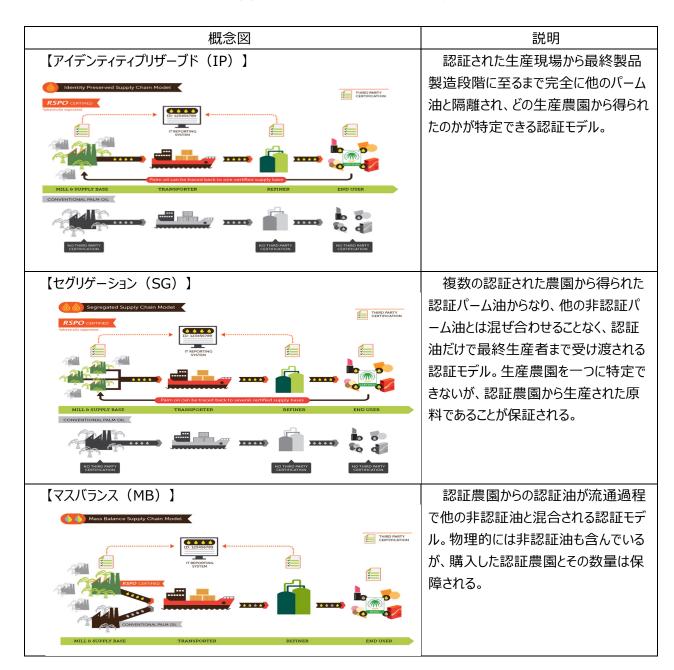
持続可能なパーム油のための円卓会議(Roundtable on Sustainable Palm Oil: RSPO)は、パーム油産業が急速なアブラ椰子農園の拡大や不適切な農園経営等による、熱帯林、泥炭湿原林等の伐採、森林火災、生物多様性の消失、人権問題など様々な社会問題を引き起こしており、持続可能な産業へと転換する必要があるとの世界的な声の高まりを受け、WWFを含む7つの関係団体が中心となり2004年に設立された。その目的は、ステークホルダー(関係者)の参加を通じ、世界的に信頼される認証基準によって認証された持続可能なパーム油の生産と利用を促進することにあった。

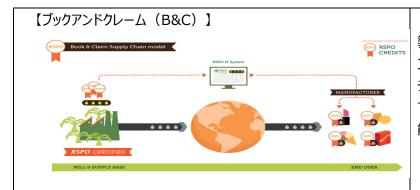
パーム油を生産するアブラ椰子農園開発に関して、農園開発のための熱帯林伐採だけでなく、その後の農園管理においても様々な問題が指摘されているため、RSPOは持続的なパーム油生産に求められる法的、経済的、環境・社会的要件を「原則と基準」としてとりまとめた。具体的には7つの原則の下に40項目の基準を定め、新たに手付かずの森林や保護価値の高い地域にアブラ椰子農園を開発しないこと、労働者・小規模パーム農園との公平な関係等、具体的指標とガイダンスを示している。

RSPOでは生産段階において、「原則と基準」に則って持続可能な生産がおこなわれていることの認証(P&C認証)と、認証パーム油がサプライチェーンの全段階を通じ間違いなく受け渡されるシステムが確立されていることの認証(SC認証)という、2つの制度を設け、アブラ椰子農園から始まり、最終製品ができるまでの各工程を認証することにより、全工程にわたる管理の連鎖をつなげ、最終製品中のパーム油の追跡を可能としている。

また、サプライチェーンモデルには 3 つの認証モデルと 1 つのクレジットモデルがある。

- ① アイデンティティプリザーブド(Identity Preserved、IP): 認証された単独の農園から最終製品製造者に至るまで完全に他のパーム油と隔離され、受け渡される認証モデル。認証油を生産した農園を特定することが可能。
- ② セグリゲーション(Segregation、SG): 複数の認証農園から得られた認証油からなり、非認証油とは混ぜ合わされることなく、認証油が最終製品製造者まで受け渡される認証モデル。生産農園を1つに特定できないが、認証農園から生産された原料のみであることが保証される。
- ③ マスバランス(Mass Balance、MB):製造過程で、認証油と非認証油が混合される認証モデル。物理的に非認証油も含んでいるが、購入した認証油の数量は保証される。
- ④ ブックアンドクレーム(Book&Claim、B&C):物理的な認証油の取扱いが伴う3つの方式とは異なり、認証油のクレジットが生産者と最終製品製造者・販売者との間でオンライン取引されるモデル。認証油のサプライチェーンが未整備で調達困難な場合でも、認証生産者を直接的に支援することが可能となる。





認証油のクレジットが生産者と最終製品製造者・販売者との間でオンライン取引されるモデル。認証油のサプライチェーンが未整備で調達が困難な場合でも、認証生産者を支援することが可能となる。

図 3 - 1 2: RSPO サプライチェーンモデル $^{*17}$ 

現状では、R S P O 認証油は世界で約 15 百万トン流通しており、パーム油全体の 19%でしかない。パーム油の輸入量の多いインドや、中国、パキスタンなどでは、認証に伴うコストアップを嫌い、認証油はほとんど使用されていないのが実情である。

また、認証基準の緩さも指摘されており、2018 年 11 月のRSPO総会で、泥炭地の開発を完全に禁止や搾油工場からのトレーサビリティー証明書を確認するなどの新基準が盛り込まれ、2020 年の審査から新基準による認証が始まっている。

#### 3-4-2 その他の取り組み

2015 年に国連サミットで採択された「持続可能な開発目標(SDGs)」は、持続可能な世界を実現するための17の目標を示している。その中一つである、「つくる責任つかう責任」を通じて、各企業は国内外を問わず、持続可能な生産・調達を行うことが求められている。パーム油においても、RSPO認証油を調達していく方針を掲げる企業が増えてくる等、問題解決に向けて少しずつ前進している。

より本質的な課題解決に向けて、花王(株)では、R S P O 認証油の購入や調達先の監査などを実施だけでなく、小規模パーム農園への直接の支援を始めている。小規模パーム農園に対して農園の管理方法や技術を指導し、生産性向上のため自社開発した展着剤を提供する他、作業場の安全確保にも取り組んでいる。また、2022 年度からは、約 100 の農園に対し、専用アプリを通じて苦情を吸い上げる仕組みを導入し、人権侵害の救済の対応を強化していく。

また、インドネシアとスイスの間では、定められた持続可能性認証を取得したパーム油であれば、関税を優遇する貿易協定が2021年に結ばれており、農林水産省では、2021年に策定した「みどりの食糧システム戦略」の中で、2030年までに食品企業における持続可能性に配慮した輸入原材料調達の実現を目指すことを明記しているなど、パーム油を取り巻く課題を解決するための取り組みが広がっている。

#### 3-4-3 まとめ

パーム油が抱える社会的問題は、需要の増加に応えるために行われる新規農園開発や小規模農園でのアブラ椰子栽培がコントロールされていない状況にあると言える。また、脱炭素の視点で見た場合、大量の CO2を排出する森林や泥炭地の破壊が伴わない方法で生産されたパームを使用していく必要がある。前述した生産地で起こっている問題を解決することにより、脱炭素社会の実現を目指す方法もあるが、100%輸入に依存する資源であるが故に、国外の様々な要因が、安定的なパーム油の調達に影響を及ぼす可能性も懸念される。

第4章では、分散型社会の概念に着目し、パーム油の国内生産の可能性を検討しながら、脱炭素社会に おける油脂産業の姿を考察していく。

## 第4章: 分散型脱炭素社会との油脂業界

#### 4-1 分散型社会への期待

生産性効率を追求し人口は都市に集中した。一方で、物価上昇やヒートアイランド現象の弊害を招いている。 地方創生には人口の再分散により地球温暖化を緩和する期待が込められていると考える。

内閣府は地域未来構想 20 の中で地方創生のための 20 の政策分野をまとめた $^{*1}$ 。ウイルスなど感染症対策として、人口集中を起因とする自然災害の発生低減を目的とし人口分散を促している。まず、ITAIF 活用した行政・自治体サービスの充実に着手し、地域に根付いた産業と雇用の創出を挙げている。

## 脱炭素先行地域の暮らし・営みのイメージ 【自然エリア】

※適用可能な最新技術を、各地域の多様な実情に応じて選択しつつ活用し、2025~30年に実現を目指すもの

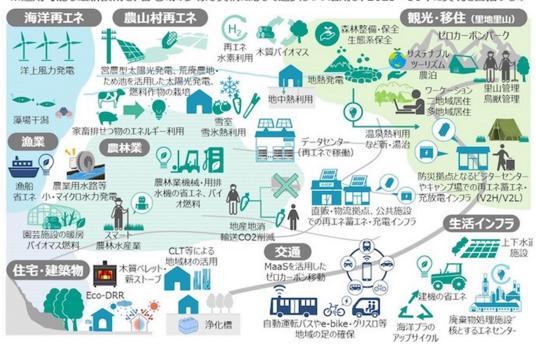


図4-1:「国・地方脱炭素実現会議」地域脱炭素ロードマップ(案)※2

分散型社会にはもう一つ大きな期待が寄せられている。第2章で述べたように環境省は全国 100 か所に脱炭素先行地域を設けて 2030 年度までに地域の  $CO_2$ 排出量を実質ゼロにすると宣言した。これは、国・地方脱炭素実現会議(内閣官房主管)がまとめたもので、地域という小区画をモデルとした多様な脱炭素化社会の実証試験と言える $^{*3}$ 。経済用語で言う「合成の誤謬」が示す通り、地球規模で実施すれば環境負荷が懸念される取り組みでも、限定的な地域で行えば部分最適化により実効性が得られると考えるのである。

分散型社会形成の成功の鍵は、突き詰めれば地方創生・地産地消を具現化するため、1)新しい産業を興し雇用を創出する、2)資源の流出を抑える、この課題を解決する具体的な手段を提案することに尽きる。この章では、国産アブラ椰子栽培と国産パーム油製造、さらに油脂を活用した製品開発がどこまで地方創生に貢献できるかを考察した。

#### 4-1-1 分散型社会の実際例

2018 年日本のエネルギー自給率は 11.8%であるが、再生可能エネルギーで地域のエネルギー需要を賄える状況(地域の企業や家庭の電力・熱消費量よりも、現地で稼働中の再生エネルギー設備による発電量が

多い)にある市町村が2020年3月末時点で全国に138もある<sup>※4、5</sup>。地域内でのエネルギー自給率の向上は地域の独立性を確保するため重要である。

2020年一般社団法人新エネルギー財団主催の資源エネルギー庁長官賞を地域共生部門で受賞したローカルエネジーは米子市・境港市・複数企業が出資する地域新電会社で、地域のバイオマス発電、太陽光発電、地熱発電など再エネ電源と契約し公共施設・一般家庭への電力供給を行っており他地域への展開が期待でき高く評価されている。

また、熊本県玉名郡南関町のバンブーエネルギーは地域で発生する竹・バーク(樹皮)など未使用資源を利用したORC(オルガニック・ランキン・サイクル=水蒸気に代わり有機化合物の蒸気で発電タービンを回す発電方式)熱電併給設備による電力供給の実証試験を計画中であると報告している。

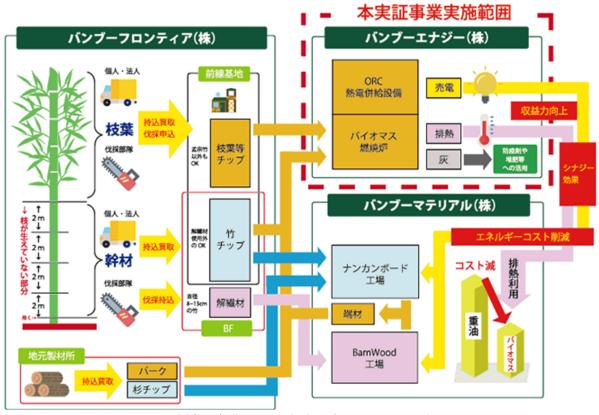


図4-2:地域新産業としての未使用資源を利用したバイオマス発電

また、山形県置賜3市5町地域では、地域を自給圏と捉えた置賜自給圏推進機構が設立され特に飯豊町では、圏外への経済依存度を減らし、エネルギー(地熱発電)・食・住の圏内自給の推進を目指す旗を揚げている。一次産業では生産・加工・消費を連携させた循環型社会を目指している。

脱炭素をキーワードとした地方創生には、太陽光や(洋上)風力発電といった中国・欧州主導型でなく地熱・水力など日本独自の再生可能エネルギーを産出・利用することが前提にある。得られたエネルギーを利用し、末端製品を地域で製造し地域外へブランド力を持って販売する。物流や各種サービスなど地域外へ逸散していた経済を取り戻すことが、CO2排出量の削減を兼ねた足腰の強い地域産業・経済作りになると考えるのである。

#### 4-2パーム油の国産化の可能性

パーム油は、常温で固化するが口の中の温度で溶解する特異な性質を持ち、豊かな食生活を保つためには必須な植物油である。また、パーム核から製造するパーム核油は、界面活性剤の有効な主原料であり、化学産業界にも必須な植物油である。

一方、世界人口は 2050 年までに 90 億人まで増え、更にパーム油の需要も現在の  $2 \sim 3$  倍に増える見込みである。この需要を満たすためには、環境破壊に伴う森林伐採により泥炭からの CO2や CH4の発生が更に増加、森林や泥炭火災、及び 2030 年頃から顕在化する水リスクなど様々な懸念があり、今後、パーム油の入手困難及び値段が高騰すると予想される。このような予想からアブラ椰子の栽培からパーム油の精製まで日本国内で行うことでパーム油の安定供給を図り、且つ、地方創生に伴う雇用創出が図られると考え、調査研究を行った。

まず、アブラ椰子という植物の特徴を知ることにした。アブラ椰子(学名: Elaeis guineensis)の原産地は西アフリカであるが、種殻が程よい厚みをもつように品種改良され 1960 年頃から精力的にインドネシア、マレーシア、タイなどの東南アジアで栽培され始めた。現在、栽培されているのはギニアアブラ椰子で Dura 種や Tenera 種と呼ばれるものである。

樹木高 15~20m(本報告では、MPOBの研究成果である樹木高が5m、葉も短い品種改良種を国内栽培することを前提とした)、幹径 30~40cm。1つの果房に4cm 程の小さな実が3,000 個できる。栽培には低地熱帯雨林に適した気候が必須で、年間で、最低気温22℃、最高気温30℃、強い日差しで日照時間5時間以上、降雨量1,500~2,000mmで定期的な降雨、そして多湿であることが条件とされる。寒さですぐに枯れてしまう植物ではないが、十分な油脂収量を得ようとすれば土の選択が非常に大事であると思われる。ただし、趣味の園芸(NHK出版)によれば特別なものでなく水はけの良い腐植質なものを選択するとある。

プランテーションでは、種子から鉢植えで1~1.5 年栽培され、整地へ140 本/ha 移植される。幹から6 m を超える葉ができやがて落ちる。その葉の付け根に花房(おしべとめしべ)ができ(発芽から3年)、カメルーンから持ち込まれたゾウムシが受粉を手伝う。受粉後、約155日で果実が成熟する。成熟前の2~5週間に、果肉の中でパーム油が種子の中でパーム核油が作られる。2013年パーム油白書5によるとアブラ椰子は多年生の植物で30年以上も実をつけるが樹齢9年から18年が最も単収が高い。収穫は発芽から3~4年半後に始まり18年をすぎると収穫量が減りはじめるので通常25年ほどで伐採され植え替えられる。収穫量減少の根本的な解決方法は、古い樹木を除き新しい生産性の高いアブラ椰子に植え替えることである。しかし、植え替えると3年以上は収穫ができず収穫のピークを迎えるまでには8年かかる\*\*7、28。また、水はけの良い土地と、収穫のための平坦かつ広大な土地が必要であるといわれている。これらの条件を満たす地域は現在、マレーシア、インドネシア、タイ南部等に限られパーム椰子は下の地図の通り、赤道直下の限られた地域にのみでしか栽培が出来ない。



図4-3:世界のRSPO認証農園<sup>※8</sup>

日本国内でアブラ椰子栽培を行うには、温室栽培と広大で平坦な土地が必須条件である。

#### 4-3 地熱発電の活用とアブラ椰子栽培

下表の『各国の地熱資源量と活火山の関係』に示す通り、火山国である日本は、アメリカ、インドネシアに次ぐ、世界第3位(2,347万kW相当)の地熱資源大国であるが、国内稼働する地熱発電所の出力は、36地点で合計約52万kWで地熱資源量のわずか2.2%にとどまり、この発電出力は世界第10位である(2016年6月現在)。

鹿児島県指宿市では地熱発電の排熱を利用する企業を募集している。また、この地域には社会問題となっている耕作放棄地が多数存在することに着目し、この地域で地熱発電による電力強供給を受け、排熱を利用した温室によるアブラ椰子栽培を実施し、国産パーム油脂を生産することで CO2排出量の削減が可能か調査研究を実施した。

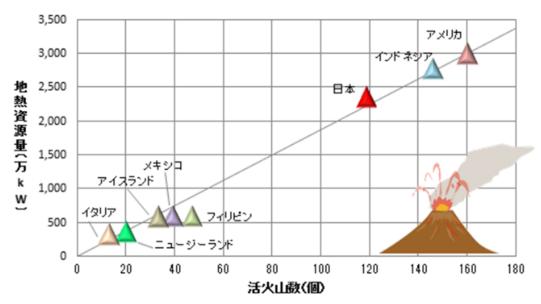


図4-4:各国の地熱資源量と活火山の関係※9

## 4-3-1 地熱発電の環境への負荷

地熱発電について、発電所建設から運転中、発電所解体までに発生する全ての CO2について計算した数値(発生する全 CO2排出量を全発電量で割った数値)を「ライフサイクル CO2排出量」と言うが、地熱発電は、ライフサイクル CO2排出量が最も少ない発電方法の一つである。

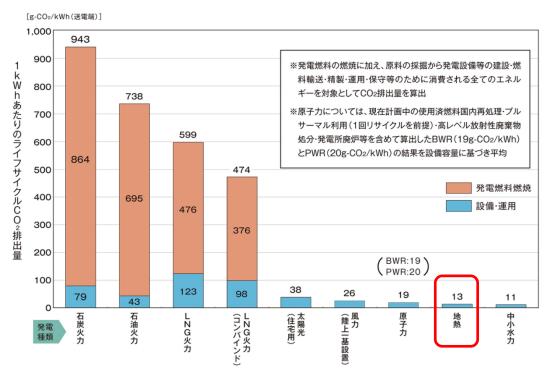


図 4 - 5:各種電源別のライフサイクル CO<sub>2</sub>排出量<sup>\*10</sup>

#### 4-3-2 地熱発電の優位性

要因として、地熱発電は、昼夜・天候を問わず 24 時間連続して発電することができ、地熱発電は太陽光発電や風力発電と比べて設備容量は少なくてすみ、また、自然エネルギーの中では出力も安定しており、ベースロード電源として利用できる。

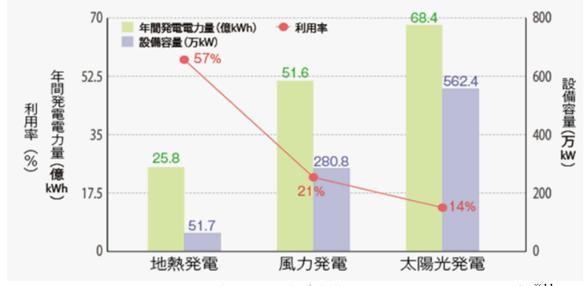


図4-6:年間発電量、設備容量、利用率(地熱発電、風力発電、太陽光発電)※11

## 4-3-3 地熱発電の説明

地熱資源は火山性の地熱地帯で、マグマの熱で高温になった地下深部(地下 1,000~3,000m 程度)に存在する。地表面に降った雨や雪が地下深部まで浸透し、高温の流体、すなわち地熱流体となる。これが溜まっているところを地熱貯留層という。

地熱発電は、地熱貯留層より地熱流体を取り出し、タービンを回転させて電気を起こしており、地熱流体の温度によってフラッシュ発電、ORC発電、温泉発電と色々と発電方式がある。地熱発電の主流であるフラッシュ発電は、200℃以上の高温地熱流体での発電に適しており、地熱流体中の蒸気で直接タービンを回しており、下記の通りのシステムで発電を行う。

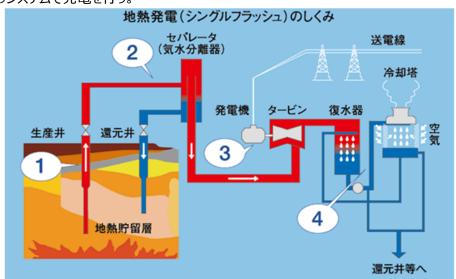


図4-7:地熱発電(シングルフラッシュ)のしくみ\*12

- ① 地熱貯留層に 生産井を掘り、地熱流体を取り出す。
- ② セパレータ (気水分離器) で地熱流体を蒸気と熱水に分け、熱水は還元井から地下に戻す。
- ③ 蒸気でタービンを回転させ、発電する。
- ④ 発電し終わった蒸気は 復水器で温水にし、さらに 冷却塔で冷ました後、復水器に循環して 蒸気の冷却に使用する。

## 4-3-3 排熱の利用

地熱発電に使用した地熱流体は、発電タービンを回したあと、冷却を行い、地中に戻すが、同時に地熱流体の冷却時に熱交換した温水が発生する。大部分の地熱発電の周辺では、下記の写真の通り、ハウス栽培の熱源として使用しており、アブラ椰子栽培の温室栽培の熱源として有効活用できないか考えた。







図4-8

このように地熱発電所で発生する高温資源は、そのまま温泉湯とする以外にも多数再利用された実績がある。以下の例を挙げることができる。

#### (1)農業用ハウス熱源

トマト(北海道森町)、ミツバ・トマト(秋田県湯沢市)、パプリカ(大分県九重町)、メロン(静岡県南伊豆町)、キクラゲ(大分県湯布院町)、イチゴ(新潟県十日町市)など

#### (2) 水産業養殖熱源

エビ養殖(福島市)、トラフグ養殖(岩手県雫石町、栃木県那賀川町)

#### (3) 林業

木材乾燥 (熊本県小国町) 小国杉の産地

#### (4)食品加工

乾燥野菜(秋田県湯沢市)、低温殺菌乳製品(秋田県湯沢市)

#### (5) 染色

地熱染め(岩手県八幡平市)※13

ここで注目したいのはハウス熱源としての利用である。ハウスのメリットは季節をずらしたり、生育に適した環境を 形成し希少性の高い作物を栽培できたりすることである。秋田県湯沢市は独立行政法人石油天然ガス・金属 鉱物資源機構(JOGMEC)が定める「地熱資源の活用による地域の産業振興に関するモデル地区」に 認定され地熱の多様な活用を推進し、ハウス栽培により、トマトに切り替え、パクチー、サンチュ、レタス、サニーレ タス、フリルレタスを栽培し地元の飲食店に販売し、鮮度が高いと評判である旨が紹介されている。地域で消費 するものは地域で生産する地消地産という地方創生に重要な生産構造の変化が評価されていると考えられる。 アブラ椰子の温室栽培に参考にした。

#### 4-4 候補地選定検討

日本国内で地熱を利用した発電を行っているのは、下図の通り、主に九州地方と東北地方である。 今回、耕作放棄地があること、地熱発電は、定期的な定修工事が必須であるため定修工事期間、栽培に影響させないため比較的温暖な地域であることを条件に調査した結果、2020年に鹿児島県指宿市が小川地熱発電所の排熱利用と広大な土地を安価に貸与して産業を興す企業を公募しており<sup>※14</sup>、アブラ椰子の温室栽培を申請及び選定されたと仮定した場合のコストと CO2排出量を試算した。小川地熱発電所の付近は農作放棄地も多いことから、最初は市から安価で貸与される 3.5ha の土地で温室栽培を行い、経験を積み、2年毎に、豊富にある農作放棄地に温室栽培を拡大するとした。

その他として同市市内では、2 か所の地熱調査を行っており、将来設置されるだろう新たな地熱発電の排熱を利用してアブラ椰子の温室栽培することを横展開する事も視野にいれる。

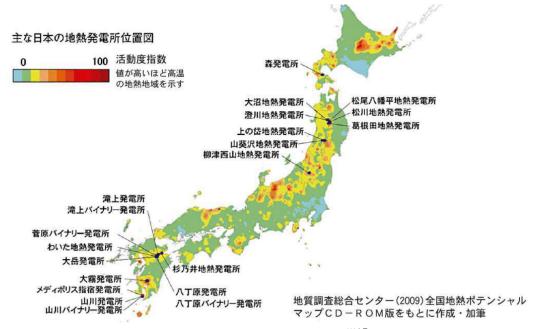


図4-9:日本の地熱発電※15

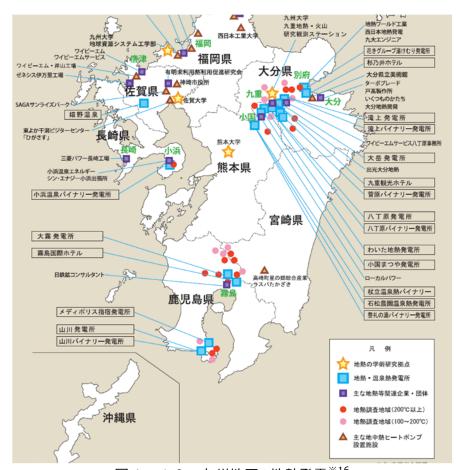


図4-10:九州地区の地熱発電<sup>\*16</sup>

## 4-4-1: 耕作放棄地

指宿市の同プロジェクトは、土地も賃貸出来るとのことである。また小川地熱発電所周辺には耕作放棄地も多く存在している $^{*17}$ 。

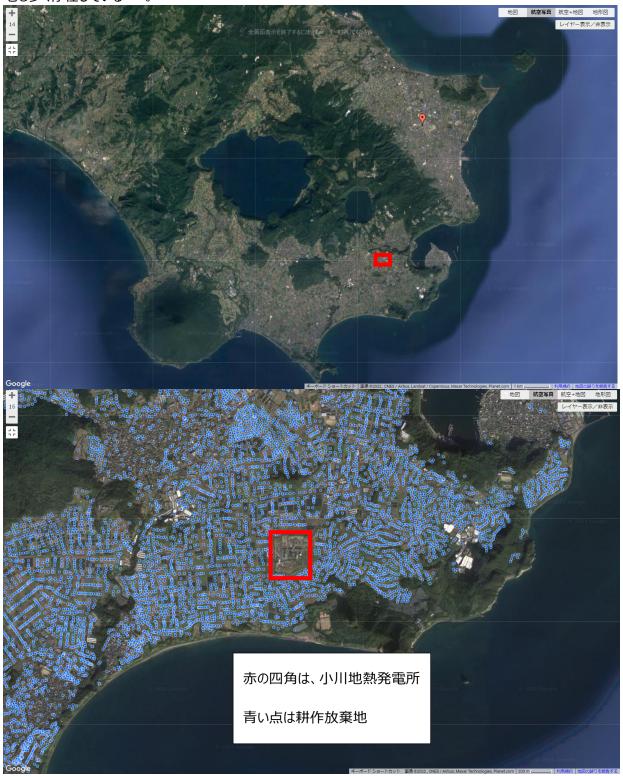


図4-11

日本国内の地熱発電を妨げてきた理由として一つはコストの高さがある、経済協力開発機構では、日本は地熱発電を建設してから稼働を終えるまでに  $1\,\mathrm{kWh}$  あたり  $10\sim18\,\mathrm{Ho}$  再の費用がかかるが、アメリカは  $5\sim9\,\mathrm{Ho}$ 

ニュージーランドは  $3 \sim 5$  円と安価であると試算している $^{*13}$ 。 コストが高い原因は、日本は山間部が多いため海外と比較して工事費が膨らみやすいことである。アブラ椰子栽培でも広大で平坦な土地が必須であるが、小川地熱発電所の周辺は、下図の通り $^{*18}$ 、土地の起伏が少ない。



図4-12 小川地熱発電所の周辺の高低図

地熱発電の適地は北海道、東北、九州に多数分布し、大部分は国立公園内が有望な候補地である。日本政府は 2021 年 6 月に『グリーン成長戦略』を改定、国立・国定公園の第二種・第三種特別地域での地熱開発を原則認めないとする記述を削除したことに伴い、自然への配慮は前提になるが地熱発電の開発は着手しやすくなる。地熱発電の開発コスト低減が図れることで多くの地熱発電所が立ち上がり、排熱の有効利用がますます重要となってくると予想する。

## 4 - 5 アブラ椰子栽培からパーム油の搾油、出荷までの CO2排出量及びコスト

条件として、小川地熱発電所の排熱を利用し、同敷地内にある空き地にアブラ椰子の温室栽培を行い、近隣の耕作放棄地で搾油及び精製後、日本国内の消費地へ船で輸送した場合の環境負荷(CO2排出量)とコスト試算を行った。

## 4-5-1 アブラ椰子の温室栽培について

収穫までの時間を短縮するため、発芽から 2 年間栽培したマレーシアで品種改良した高さが 5m にしかならないアブラ椰子を 490 本輸入し、ハウス栽培を開始する。栽培中、年間 7.5kg/本(@1円/kg、年3 回\*2.5kg)、施肥する。尚、農薬については無視出来るほどのコストとのことなので無料とし、植え替え3 年目以降からパーム油として13.3t/年(3.5ha\*3.8t/ha)をえて、栽培開始から20 年で伐採するとする。また、2年毎同規模の新規ハウス栽培所を合計8か所開園することで年間100t 前後のパーム油を安定的に供給するものとした。

尚、温室栽培の建設費は、一般的なハウス栽培とし、付帯設備及び補修費もあわせると本体価格の2倍の費用が必要と試算、ハウス建設費の3割は補助金、残りの金額は無利子で融資受けるとした。

## 4-5-2 アブラ椰子の搾油について

油脂を得るには以下の工程を経る必要がある。

1) 収穫した果房から熱圧水で実を分離

- 2) 実を圧搾して液状部分 (パーム油になる) とケーキ部分 (パーム核油になる) に分離 液状部分 (パーム油) について
- 3) 遠心分離にて固液分離、真空乾燥脱水をへて CPO (Crude Palm Oil) と呼ばれる粗パーム油となる。
- 4)漂白(活性炭処理)処理、酸成分除去、脱臭処理を得たものがRBDPO(Refined Bleached Deodorized Palm Oil) と呼ばれる精製パーム油となる。通常日本国内に輸入されているのはRBDPOと推測される。

ケーキ部分(パーム核油)について

- 5)ケーキからナッツ(パーム核=種)部分を分離する。このナッツは保存ができる大きな特徴がある。
- 6) ナッツは粉砕された後、水を加えて殻と油脂部分(Kernel) へ分離される。
- 7) Kernel は乾燥されさらに搾油工程を経てCPKO(Crude Palm Kernel Oil) を得る。
- 8) その後、パーム油と同様に精製工程を経てRBDPKO(Refined Bleached Deodorized Palm Kernel Oil) となる。

#### 各工程の設備投資と稼働コスト概算

1) 収穫した果房から熱圧水で実を分離(固固分離)

設備: 5 m 3 S U S 熱圧水処理槽(10 百万円)、果房と房を分けるシフター(10 百万円)

稼働コスト:熱圧水の発生コスト、シフターの動力(電気)コストは無評価

2) 実を圧搾して液状部分とケーキ部分に分離(固液分離)

設備:圧搾機(10百万円)

稼働コスト:圧搾機の動力(電気)コストは無評価

3) PO 液状部分は遠心分離にて固液分離、真空乾燥脱水をへて C P Oを得る

設備:固液遠心分離器(20百万円)、真空乾燥設備(20百万円)

稼働コスト:同じく無評価

4) および8) RBD精製工程

設備:活性炭処理塔+移送ポンプ(20百万円)、酸・脱臭処理用タンクと真空ポンプ(20百万円)

稼働コスト:同じく無評価

6) および7) ナッツ粉砕と Kernel 回収

設備:粉砕機(10百万円)、固液遠心分離器(20百万円)、真空乾燥設備(20百万円) RBD化工程はPOと共有することが可能。

尚、付帯設備も含めると本体価格4倍と試算した。

#### 4-5-3 CO2排出量算定

新たに森林伐採し、アブラ椰子栽培した場合(海外)と耕作放棄地を有効活用した場合の CO2排出量差異は、下表の通りとなり、耕作放棄地を有効活用した場合、森林伐採時と比較してパーム油1 t あたり、約 27t-CO2/t、CO2排出量が少なくなることから、アブラ椰子栽培から搾油までを日本国内で行うと、環境への負荷は大幅に低くなり、有利であるとの結論を得た\*\*19、20、21。

表 4 - 1:海外と日本国内のアブラ椰子栽培から消費まので CO2排出量の比較(t-CO2/t)

	農園開発	種苗·栽培	搾油	輸送(船)	残りの scope 3	合計
海外	27.4	0.342	0.002	0.234	0.372	28.35
日本国内	0.0	0.342	0.002	0.023	0.372	0.739

## 4-5-4 コスト算定

次にアブラ椰子を国内で栽培及び搾油した場合 $^{*19}$ と海外から新規開発された農園から調達した場合のコストを比較した結果、海外から調達した 46 $\sim$ 68 倍との試算結果となった。

表 4 - 2 : 新規でアブラ椰子栽培した時の国内外のコスト比較表

	栽培	搾油	輸送	関税手続	手数料	合計
海外	30	30	10	10	10	90
国内	2,764~3,566	767~6,964	10	0	10	3,551~9,650

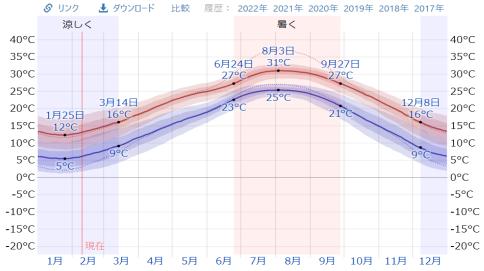
パーム油の生産量と総コスト コスト(円/kg) 生産量(t) 150 15000 3,551 3,551 10000 100 4,125 3,803 9,650 4,308 5000 50 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 西暦

表 4 - 3:新規でアブラ椰子栽培した時の国内外のコスト比較詳細表

#### 4-5-5 ヒートマテリアルの確認

指宿市の年間気温の推移は下のグラフの通りであり、一番気温が低い1月のハウス内平均気温を 30℃に するためにどれくらいの熱量が必要か算定した。

#### 指循市における半均最高・最低気温



1 日平均の高温(赤線)と低温(青線)ならびに 25%~75% 帯および 10%~90% 帯の気温。細い点線は、対 応する平均体感温度です。

平均 1月 2月 3月 4月 5月 6月 7月 8月 9月 10月 11月 12月 高 13°C 14°C 17°C 20°C 24°C 26°C 30°C 31°C 29°C 25°C 20°C 15°C 気温 9°C 10°C 13°C 17°C 21°C 24°C 27°C 28°C 25°C 21°C 16°C 11°C 低 6°C 7°C 10°C 14°C 17°C 21°C 25°C 25°C 22°C 17°C 12°C 8°C

図4-13:指宿市の気候、月別の気象、平均気温※22

因みに高さ 7.2m、広さ 35,000m<sup>2</sup> の空気を 5°Cから 30°Cに上げるために必要な熱量は 1,965Mcal であるため、ハウス栽培の開園時期は夏場であることが必須である。

### 4-5-6 まとめ

以上、国内の耕作放棄地でアブラ椰子のハウス栽培を行うと、CO2排出量は大幅に低減するが、海外から調達する価格より46~68 倍高くなった。温室栽培ではハウスの建設費(栽培コストでは約半分を占める)の影響でのコストが高い他、人件費も約3 割占めている。日本の気候でも栽培できるアブラ椰子の品種改良が出来れば海外から輸入するコストと比較しても約10倍となり、市場に低CO2排出量のパーム油としてプレミアムをつけて上市出来るものと考える。

今後、パーム油の海外からの調達が難しくなる中、何か出来ないか調査を継続した。

## 第5章: パーム油代替油脂取得の可能性

第4章では、日本国内でアブラ椰子のハウス栽培から搾油まで実施することを検討したが、コストが高いこと、 パーム油の生産量が面積と比較して少ないこと、克服する課題が大きいことから、他の方法で油脂を得られるか 追加調査を行った。

#### 5-1微生物を利用した油の生成について

我々人間が利用する油脂資源としての微生物油脂の開発の歴史は古く,約 140 年前に遡っている。近年、 色々な微生物の研究が進んでおり、パーム油の代替えに余地があるか調査を行った。

## $5 - 1 - 1 \lceil C16 \text{ Bioscience} \rfloor^{*25}$

森林破壊に伴う温暖化ガス排出の低減と過酷な労働条件を緩和するため、酵母による C16 を主成分とする油脂を C16 Biosciences 社が製造に乗り出しており、現在流通しているパーム油よりも 20%安く、かつ調達時に環境破壊を起こさない人工のパーム油を開発した。彼らのラボでは、特殊な酵母を廃棄食品内で増殖・発酵させる技術を活用し、まるでビールを生産するように油脂を生産する。生産に伴う環境破壊が起こらないことはもちろん、廃棄食品を活用することでフードロスの減少にも貢献することができる。今後は、F D A などの認可や供給量確保が重要課題である。

## 5-1-2 油脂酵母 Lipomyces starkeyi<sup>\*\*26</sup>

自然界には、自身の菌体重量の 20%以上の油脂を細胞内に蓄積する油糧微生物(細菌、酵母、カビ、藻類等)が存在する。油脂を発酵生産する油脂酵母として、Lipomyces starkeyi、hodosporidium toruloides、Rhodotorula glutinis などが知られているが、いずれも乾燥菌体重量の 65%以上の油脂(トリアシルグリセロール(TAG))を脂肪球の形で細胞内に蓄積することができる優秀な油脂酵母が存在している。その中でも L. starkeyi は、デンプンをはじめ、様々な糖を資化することができ、乾燥菌体重量の72.3%までTAGを蓄積することから、産業利活用可能な油脂生産微生物としての大きな潜在的能力を有すると考えられる。20世紀半ばから油糧微生物の研究が進まなかった理由の 1 つとして、油糧微生物で油脂を生産するための原料として糖を利用することは、糖と植物油のコスト比較から経済的に難しく、また、それ以上に1トンの油脂を生産するために5トンの糖が必要になるように非効率的であることから、植物油と同様な脂肪酸組成を有する油脂の生産研究は進展しなかったのである。また、微細藻類の中にも油脂を蓄積する種が見られる。微細藻類の生産する油脂の脂肪酸は、炭素数が 12 程度のものから 30 以上のものまでを含む重質の油脂で不飽和脂肪酸が多い特徴を持ち、酵母や糸状菌の油脂と異なり、より複雑な傾向にある。

研究の結果、L. starkyi の 変異株では、表 5-1 のようにパーム油に近似しており、パーム油の代替油として利用できる可能性があるが、脂肪酸伸長酵素、不活性化酵素の改変により、ココアバターのような飽和脂肪酸含量が多い油脂の生産も可能であると考えられている。今後、さらなる変異株の発見か遺伝子組み換えによる任意の脂肪酸組成の取得に期待したい。

表 5 - 1:油脂酵母 Lipomyces starkeyi と植物の油脂酸組成の比較

脂肪酸略号	此吐亂力	脂肪酸割合(%)						
加加 医哈 万	脂肪酸名	L. starkeyi	ココアバター	パーム油	なたね油	大豆油		
C14:0	ミリスチン酸	_	0.1	1.1	0.1	0.1		
C16:0	パルミチン酸	51.4	25.8	45.1	2.8	11		
C16:1	パルミトレイン酸	0.4	0.3	0.1	0.2	0.1		
C18:0	ステアリン酸	1.5	34.5	4.7	1.3	4		
C18:1	オレイン酸	44.9	35.3	38.8	23.8	23.4		
C18:2	リノール酸	1.6	2.9	9.4	14.6	53.2		
C18:3	リノレン酸	_	_	0.3	7.3	7.8		
C20:0	アラキン酸	_	1.1	0.2	0.7	0.3		
C20:1	ガドレイン酸	_	_	_	12.1	_		
C22:0	ベヘン酸	_	_	-	0.6	0.1		
C20:1	エイコサジエン酸	_	_	_	0.4	-		
C22:1	エルカ酸	_	_	_	34.8	-		
C22:2	ドコサジエン酸	_	_	_	0.3	_		
C24:0	リグノセリン酸	0.1	-	_	1	_		

## 5 - 1 - 3 ミドリムシ<sup>※27</sup>

ネットゼロに向けた社会動向の中で、バイオマス燃料にも関心が高いが、木質バイオマスの需要が高まれば、森林の伐採が増える可能性もある。ブラジル、米国、欧州で利用が高まっている自動車や航空機用バイオマス燃料では、原材料であるトウモロコシやサトウキビへの需要が増え、栽培を増やすための農地拡大で森林伐採が進行すると同時に、食料としての供給量が逼迫するという批判も高まっている。

2005 年 8 月に発足した東京大学発ベンチャーのユーグレナ社が、社名と同じユーグレナ(藍藻類で和名はミドリムシ)をバイオ燃料や食料に利用できるようにして、サステナブルな社会を実現するのが事業目標となっている。ユーグレナのような藻類は、太陽光が豊富な所に広い水面を確保し、そこで培養すれば、水に溶け込んだ炭酸ガスと窒素から蛋白質などの油滴を増やしながら増殖する。この大規模プールに火力発電の排ガスを吹き込むことで、カーボンキャプチャーが可能となり、少なくとも農林業を圧迫しない。多少塩分があっても増殖するようなので、漁業に代わる可能性がある。バイオ燃料製造には、サトウキビを原料にするよりも生産性が高いとされている。ネックはコストで、ミドリムシを乾燥後、特殊な溶媒で抽出するため、価格は1万円/Lと市場価格の約100倍であり、現在、コストダウンを検討中である、としている。

#### 5-1-4 微生物活用の結論

現在、微生物を利用したバイオオイルの製造を各研究機関が検討している。コスト的には C16 Bioscience 社以外は目途が立っていないが、今後、研究が進めば市場価格より安価でカーボンリサイクルが可能なバイオオイルが得られる。また、同様に C12,14 アルコールも化学産業には必須であるため、微生物を使用して油を取得する産業が進展することも期待する。

#### 5-2 アメリカミズアブの幼虫から得られる油脂

#### 5-2-1 アメリカミズアブの幼虫から得られる油脂

目の敵にように語られる CO2だが、生物の構成元素で1、2番目の重量を占める酸素と炭素からなる化合物で、その発生なく生命活動の維持はできない。脱炭素社会の要求を冷静に考えると、単純な化石燃料や石化工業品利用の否定でなく、自給自足の原則に立ち戻り、国際間物流を避け、可能な限りエネルギー利用を抑制することと解釈できる。それは食料、工業製品に至り国内自給率を上げることに他ならない。従来の畜産

→動物油脂、プランテーション→植物油脂の製造工程とは異なり、限られた面積で場所を選ばず油脂生産できる可能性がある。

以下の図はパーム油の国内生産時に発生する廃棄物のマスフローである。油脂生産量が増えていけば無視できない問題になりそうである。その廃棄物を食料としアメリカミズアブの幼虫を育成しその油脂を回収する、または、油脂がパーソナルケア・ハウスホールド製品に加工され、それら香粧品使用時に発生する生活排水をも資化することが可能となれば、地域内でのパーム油脂の循環が達成できる。

アメリカミズアブの幼虫利用については清水建設株式会社が「バイオマス循環事業」として新事業展開を進めている。今回、国内パーム油脂栽培と組み合わせた考察をしたいと申し出たところ快くご協力を頂けた。改めて感謝を申し上げたい。以下は清水建設㈱よりご提供頂いた資料をもとに、パーム油脂の地域内循環について考察した。

# パーム油を得るのに3倍重量の廃棄物が発生する



図5-1: パーム油製造に伴う廃棄物の発生量のマスバランス

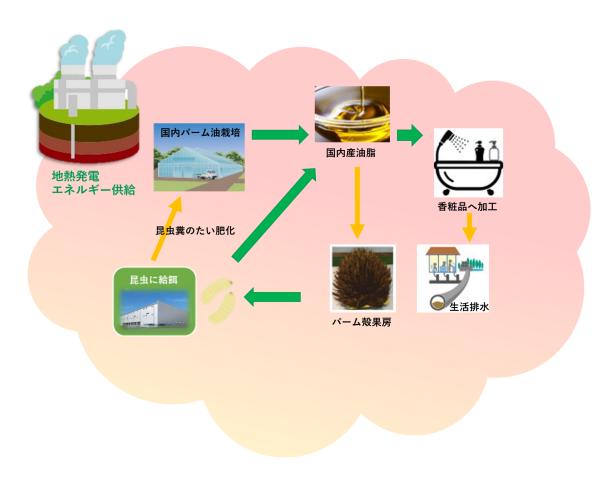


図5-2 国内油脂生産の循環スキーム

## 5-2-2 アメリカミズアブと油脂

アブ、ハエの幼虫は食品廃棄物や家畜排せつ物を餌としている。アブラ椰子を搾油する段階で発生するEF PやPOMEに非セルロール系の有機物が含有しておりアメリカミズアブの餌として利用できる可能性がある。

アメリカミズアブ(Black Solider Fly)は産卵から孵化まで 4 日間、約 10 日間でさなぎとなり 10 日間を経て成虫となり 5 ~ 8 日の間に産卵する。約 1 か月で世代が交代する。大きさは、成熟した幼虫、さなぎ、成虫はみな同じ 15~20mm である。タンパク質、脂質含量が最も多くなる 7 日目の幼虫を乾燥、圧搾・抽出して油脂成分を得る。幼虫糞も堆肥化することでアブラ椰子栽培の肥料代替として利用できる可能性がある。



図 5 - 3 アメリカミズアブ 卵→幼虫→前蛹(さなぎ)→さなぎ→成虫 出典:清水建設㈱ご提供資料より抜粋

幼虫の孵化には、25~28℃、適正湿度が必要であり、生育にはさらに太陽光(人工光源)が必要になる。おおよそ植物工場と同等の施設であると推定している。

パーム椰子搾油時の廃棄物をどのように加工し給餌すれば良いかなど検討すべきことは多くある。

常に産卵がなければサイクルが継続しないため、幼虫から油脂を得る一方で、成虫まで生育し卵を得るサイク ルを確立する必要がある。

乾燥された幼虫の成分は、タンパク質が 50%、脂質が 30%程度である。幼虫から 3%程度、乾燥幼虫か ら 20%程度の油脂が得られる。タンパク質は圧搾ケーキとして得られ主に魚粉飼料として利用される。温室栽 培にて、年間 10t のパーム油脂を製造する前提としているが、これらすべてを循環させるなら 2t/日程度に幼虫 を処理するスケールになる。日本においてもプラント設計・建設・運営を研究開発している企業は清水建設様を はじめ複数あるものの、まだ製品・ソリューションとしては確立途上にある。

アメリカミズアブの成虫は餌を食べないので、病原菌の媒介の危険性が少ない特長がある。また、幼虫は何 らかの抗生物質様の化合物を分泌(この成分は油脂にも存在している)し外部からの微生物の侵入を防いで いることが知られており、欧州諸国では工業用途への一部使用規制をクリアした安全な昆虫として認められる。

独特の臭気があり脱臭が必要とのこと。また、飼育環境(温度、湿度)、給餌成分により油脂組成も変 化することが知られており検討の余地がある。以下に示したのは、「おから・野菜くず」を給餌したアメリカミズアブか ら回収した油脂組成である。

表 5 - 2 パーム油、パーム核油、アメリカミズアブ油脂のカルボン酸成分の組成比較

		パーム油	パーム核油	午脂	アメリカミスアフ油
C8	カプリル酸		3.5		
C10	カプリン酸		3.5		0.8
C12	ラウリン酸		48		23.5
C14	ミリスチン酸		15	2	4.8
C15	ペンタデカン酸				0.2
C16	パルミチン酸	45	8	33	12.9
C16:1	パルミトイル酸			5	1.8
C17	ヘプタデカン酸				0.3
C17:1	ヘプタデセン酸				0.6
C18	ステアリン酸	4	2	15	3.1
C18:1	オレイン酸	40	18	48	17.3
C18:2	リノール酸	9	2	3	27.5
C18:3	リノレン酸				3.4
C20:5	エイコサペンタエン酸				0.1

パーム油やパーム核油の組成とも異なっており、オレイン酸 + リノール酸 + リノレイン酸 = 48.2%であることから 常温液体の油脂と推測される。 C16、14 成分が少なく C18、12 成分が多い。 奇数脂肪酸が存在し動物油 脂組成に近いので、パーム油、パーム核油と混合するのでなく単独の油脂としての用途開発が期待される。ある いは、生育環境によっては C12(ラウリン酸)の割合を 41%まで上げることができるようなのでパーム核油と混 合し使用できる可能性がある。

#### 5-2-3 分散型社会と油脂生産

地方の新産業としてパーム椰子の国内栽培と油脂採取を検討してきた。この産業は製品の 3 倍量の廃棄 物を発生する課題がある。この廃棄物をアメリカミズアブの幼虫に給餌し独特のカルボン酸組成を有する油脂を 再生することを考えた。しかし、アメリカミズアブの幼虫の餌とした研究はまったくなされておらず今後の検討課題で ある。

図 5-3 には清水建設㈱が提案する昆虫利用のバイオマス循環事業スキームを記載した。私たちの国産パーム油脂生産と上手くマッチングさせ、限定地域内での循環型社会を完成できれば、雇用を創出し、経済自体を地域内循環させる理想の分散型社会構築が期待される。

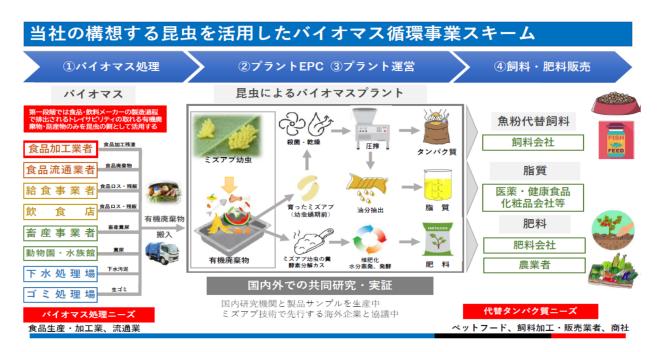


図5-3:アメリカミズアブを活用したバイオマス循環事業スキーム

出典:清水建設㈱ご提供資料

#### おわりに

本研究会では、「脱炭素社会と油脂産業」をテーマに、議論を重ねてきた。当初、経済活動に身を置くものにとって、脱炭素化への取り組みは「コスト」という企業の利益を圧迫するものというネガティブな認識も少なからずあった。しかしながら、既に地球温暖化は不可逆的な状況になる臨界点まであと 10 年、2030 年がリミットというところまで進行しており、将来世代のためにも喫緊の課題として認識を共有してきた。

研究会の議論の方向性に対し多くの示唆を得たのは、脱炭素化が先行する欧州の「欧州グリーンディール政策」である。欧州では「分散型社会」や「地産地消」をキーワードに、様々な政策が実施され、具体的な成果が社会実装されている。本研究会でも、油脂産業のあるべき姿について検討する上で、このキーワードを主眼において、研究を進めてきた。議論の中では、気候変動に起因する作物の収穫量への影響や、世界的な人口増加に伴う油脂需要量の増加が見込まれる中で、今後も安定的に油脂が調達可能なのかという危惧もあり、「持続可能な油脂産業、安心・安全・安定な油脂ソースの獲得」は、達成せねばならない重要な課題であった。

油脂産業の脱炭素化を考える上で、原料調達での CO2排出は決して少なくなく、特に、主要原料のパーム油において脱炭素化の実現に対する課題は多い。もちろん、官民の取り組みあるいは NGO の活動の成果を否定するところではないが、脱炭素化を実現しつつ、同時にコロナ禍で疲弊した日本経済を地方から活性化する一つの契機になり得るテーマとして、パーム油の国内生産の可能性を検討するに至った。

パーム油が含まれるアブラ椰子の栽培環境の構築には、耕作放棄地の活用とともに、再生可能エネルギーである地熱を利用することで、地方の活性化と脱炭素化を両立する構想とした。さらに、日本の得意とする管理温室栽培から搾油までの一気通貫の生産工程を想定し、CO2排出量とコストの試算を行った。

その結果、新規に農園開発され東南アジアからの輸入調達によるパーム油に比較し、トン当たりの CO2排出量は1/40、コストは40~50 倍となることが試算された。脱炭素化という視点での国産のパーム油の意義は大きいが、現時点での実勢価格とコスト試算値との乖離は無視できるものではない。実用化に向けて、生産コストを下げるには、政府が推進する「脱炭素先行地域」での新規産業という位置付けとして、公的支援や民間投資を前提とした取り組みとすることも考えていく必要がある。

この国産パーム油の用途や顧客も検討すべき重要な視点である。我々としては、国内で消費されるパーム油を全てこのパーム油に切り替えるといったことは考えていない。プレミアム価格として活用できる企業、またその特徴を生かした製品として展開してもらうことを考える。

世界として取り組む脱炭素社会、そしてこれからのESG経営においては、価格優先ではない取り組みは重要要素として理解されることを願う。

さらに、本研究で示した地熱を利用したアブラ椰子栽培から、再生可能エネルギーを利用したパーム油生産設備を一連のパッケージとして水平展開することで、国内外での脱炭素化の支援も考えられ、関連産業との連携における油脂産業の今後のイニシアチブに期待すると共に、今生かされている奇跡に感謝し、使命感を持って未来への責任を果たしたい。

謝辞 本年度の研究会を推進するにあたり、サポート頂きました一般財団法人 油脂工業会館 事務局 小林豊久様、宮井克之様、秋山順子様にこの場をお借りして深く感謝申し上げます。

## 【参考文献】

第1章 気候の現状と将来リスク

※1: Reuters, 2021 年 7 月 12 日「米デスバレーで気温 54 度、過去最高に迫る 西部襲う熱波で」 https://jp.reuters.com/article/usa-weather-heatwave-idJPKBN2EI049

%2: Climate Central, 2021 年 8 月 25 日 $\lceil$ FIRE WEATHER Heat, dryness, and wind are driving wildfires in the Western U.S. $\rfloor$ 

https://medialibrary.climatecentral.org/uploads/general/FireWeatherReport2021.pdf

※3: NHK, 2021 年 8 月 3 日「ヨーロッパ "想定外"の洪水被害 その実態は?原因は?」

https://www3.nhk.or.jp/news/html/20210803/k10013177551000.html

※4: NHK, 2021 年 12 月 13 日「アメリカ竜巻被害 巨大積乱雲「スーパーセル」の脅威」

https://www3.nhk.or.jp/news/html/20211213/k10013386071000.html

※5:BBC, 2021年12月21日「フィリピンに「スーパー台風」 死者370人を超える」

https://www.bbc.com/japanese/59723155

※6:日本経済新聞, 2021年8月6日「異常気象、世界で猛威 トルコやイタリアで山火事」 https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGN05F7T0V00C21A8000000/

※7:日本政府代表団「国連気候変動枠組条約第 26 回締約国会合(COP26)結果概要 https://www.maff.go.jp/j/press/kanbo/b\_kankyo/attach/pdf/211115-3.pdf

※8: IPCC 第6 次評価報告書第1 作業部会報告書の政策決定者向け要約(SPM)を、IPCC 公式ウェブサイトから 2021 年8 月に取得した原文に基づき文部科学省及び気象庁が翻訳 https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/ar6/IPCC\_AR6\_WG1\_SPM\_JP\_20210901.p

<u>df</u>

※9:国立環境研究所 地球環境研究センターウェブサイト「エアロゾルの温暖化抑止効果」

https://www.cger.nies.go.jp/ja/library/qa/14/14-1/qa\_14-1-j.html

※10:日本経済新聞, 2022年1月17日「トンガ大規模噴火、ピナツボなど長期の例も」

https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUE1713I0X10C22A1000000/

※11:NHK, クローズアップ現代「『モリウイルス』『メタンガス』永久凍土が溶けて起きること」

https://www.nhk.or.jp/gendai/comment/0019/topic012.html

※12:日本経済新聞, 2021 年 5 月 27 日「オランダ裁判所、シェルに CO2削減命令 30 年までに 45%」

https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGR26E1F0W1A520C2000000/

第2章 脱炭素社会に向けた主要国、主要産業の動き

※1:経済産業省「気候変動に関する国際情勢」 2020.10.13

https://www.meti.go.jp/shingikai/energy\_environment/green\_innovation/pdf/gi\_002\_05\_00.pdf

※2: 脱炭素と経済成長の両立を図る「欧州グリーンディール」 europe magazine 2020.2.18 https://eumag.jp/behind/d0220/

※3:EU タクソノミーとは 環境配慮の経済活動を認定 日本経済新聞 Web 2021.12.28 https://www.nikkei.com/article/DGXZQOGM274GL0X21C21A2000000/

- ※4:経済産業省 カーボンニュートラル・新たな 2030 年目標の実現に向けた省エネ・新エネ政策について
  - 2021.10 月 https://www.hkd.meti.go.jp/hokpp/cn\_society/1st/data04.pdf
  - ※5:環境省 脱炭素先行地域の選定について 2021.9月

https://communitypower.jp/wp-

content/uploads/2021/10/9c9fa99c650d203852323f0e4d74cf31.pdf

- ※ 6:環境省 地球温暖化対策の推進に関する法律の一部を改正する法律案の閣議決定について 2022.2.8 https://www.env.go.jp/press/110538.html
  - ※ 7: COP26 報告 WWFジャパン 2021.12.1

https://www.wwf.or.jp/activities/data/20211209climate01.pdf

- ※8:環境省 グリーン・バリューチェーンプラットフォーム ※日時掲載ナシ
- http://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\_chain/gvc/supply\_chain.html
- ※9:経済産業省「次世代火力発電に係る技術ロードマップ技術参考資料集」2016.6月 https://www.meti.go.jp/committee/kenkyukai/energy\_environment/jisedai\_karyoku/pdf/report02\_02\_00.pdf
- ※10:衆議院HP 自動車産業における脱炭素化の推進に関する法律案要綱 2021.12月 <a href="https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\_gian.nsf/html/gian/honbun/youkou/g204050">https://www.shugiin.go.jp/internet/itdb\_gian.nsf/html/gian/honbun/youkou/g204050</a> 40.htm
- ※11: NRI Public Management Review vol.220 代替肉業界の分析と日本が取り組むべき方向性 2021.11.2 <a href="https://www.nri.com/-">https://www.nri.com/-</a>

- ※12:花王株式会社 HP https://www.kao.com/jp/corporate/sustainability/planet/
- ※13: ライオン株式会社 HP https://www.lion.co.jp/ja/sustainability/env/guide/
- ※14:花王株式会社ニュースリリース 花王・ライオンが協働してスマート物流への取り組みを開始 2020.12.22

https://www.kao.com/jp/corporate/news/sustainability/2020/20201222-002/

- ※15:全日本空輸株式会社/日本航空株式会社 共同リリース「ANAとJAL、2050カーボンニュ
- ートラルに向けた SAF(持続可能な航空燃料)に関する共同レポートを策定」 2021.10.8 <a href="https://press.jal.co.jp/ja/release/202110/006263.html">https://press.jal.co.jp/ja/release/202110/006263.html</a>
  - 第3章 油脂産業の現状と脱炭素化社会に向けた問題点
  - ※1:一般社団法人 日本植物油協会「資料集(データ集)」より編集
  - ※ 2:毎日新聞 2021/7/8 カナダで 49.6度 熱波は「人為的な気候変動が要因」 論文発表へカナダで 49.6度 熱波は「人為的な気候変動が要因」 論文発表へ | 毎日新聞 (mainichi.jp)
  - ※3:世界経済のネタ帳(2022/2/7)データより編集
  - ※4:一般社団法人 日本植物油協会「世界に広がるパーム油」

https://www.oil.or.jp/info/64/page03.html

- ※5:パーム油の環境への影響と持続可能なパーム油に向けた取り組みについて (オレオサイエンス 第9 巻第6号(2009))
- ※6:三菱 UFJ リサーチ&コンサルティング(平成31年2月)「バイオマス燃料の安定調達・持続可能性等に係る調査報告書」

※ 7: 小井川広志(2015)「マレーシアパーム油産業の発展と資源利用型キャッチアップ工業化」、アジア経済、第56巻、第2号、pp41-71

※8:岩佐和幸(2018)「アグリビジネスのグローバル化とパーム油産業の構造変化」、東南アジア研究、 第55巻、第2号、pp180-216

※ 9: WWF ジャパン HP

https://www.wwf.or.jp/

※10:塩寺さとみ・伊藤雅之・甲山治(2020)「熱帯泥炭湿地林の人為的攪乱とその回復可能性」、日本生態学会誌、70、15-29

※11:川井秀一・水野広祐・藤田素子編(2012)、講座生存基盤論 4 熱帯バイオマス社会の再生 京都大学学術出版会

※12: IEA HP

https://www.iea.org/

% 1 3 : REPUBLIC OF INDONESIA (2021) [INDONESIA Third Biennial Update Report]

※ 1 4 : 熱帯泥炭社会プロジェクト(2019) 「2019 年 7 月~10 月のインドネシア 泥炭火災・煙害に関する現地報道」、Newsletter、第 7 号

https://www.chikyu.ac.jp/peatlands/img/newsletter/vol7.pdf

※ 1 5 : パーム油調達ガイド HP

https://palmoilguide.info/

\*16: T.Beer, T.Grant & K.Campbell (2007) CSIRO Report KS54C/1/F2.29

% 1 7 : RSPO HP
https://rspo.org/

第4章・第5章 分散型脱炭素社会との油脂業界/パーム油以外からの食用油取得の可能性

※1:地域未来構想20オープンラボ HP

https://www.miraikosou20-openlabo.go.jp/

※2:「国・地方脱炭素実現会議」地域脱炭素ロードマップ(案)

https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/datsutanso/dai2/siryou2.pdf

※3: サステナブル・ブランドジャパン 2016年6月18日ニュース

https://www.sustainablebrands.jp/article/story/detail/1203050\_1534.html

※4: 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計」の2018年度確報値

※5: 日刊工業新聞 2021 年 5 月 14 日

※6:NEDO プレスリリース 2019年8月29日

https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5\_101181.html

※5:太陽光、風力発電と異なり365日昼夜問わず発電量が変化しない

※ 6: 東洋経済オンライン記事 https://toyokeizai.net/articles/-/404335?page=2

※7:慶應義塾大学経済学部 大沼あゆみ研究会第 12 期 開発班 「インドネシア産業から見るチーク 不足解決」より

※8:WWWJAPAN RSPO(持続可能なパーム油のための円卓会議)認証について

https://www.wwf.or.jp/activities/basicinfo/3520.html

※9:村岡洋文『パラダイズ転換としての地熱開発推進』

※10:電気事業連合会 各種電源別のライフサイクル CO2 排出量

https://www.ene100.jp/www/wp-content/uploads/zumen/2-1-9.jpg

※11:日本地熱協会 年間発電量、設備容量、利用率(地熱発電、風力発電、太陽光発電)

https://www.chinetsukyokai.com/information/tokucho.html

※12:日本地熱協会 地熱発電(シングルフラッシュ)のしくみ

https://www.chinetsukyokai.com/information/

※13:日本経済新聞 2021 年 12 月 28 日 地熱発電、染める・育てる・招くに活路 地域の理解促す

※14:指宿市「地熱の恵み」活用プロジェクト

https://www.city.ibusuki.lg.jp/main/kyosei/kankyo/onsen/page017234.html

※15:独立行政法人 天然ガス・金属鉱物資源機構 日本の地熱発電

https://geothermal.jogmec.go.jp/information/plant\_japan/

※16:一般社団法人 九州経済連合会 日本の地熱発電

https://www.kyukeiren.or.jp/js/filemanager/images/planleaf1.pdf

※17:一般社団法人 全国農業会議所 全国農地ナビ

https://www.alis-ac.jp/FarmInformation

※18:地理院地図

 $\frac{\text{https://maps.gsi.go.jp/}\#15/31.194213/130.614129/\&base=std\&ls=std\&disp=1\&vs=c1j0h0k0l0u0t0z0r0s0m0f1}$ 

\*\*19 : T.Beer, T.Grant & K.Campbell (2007) \ CSIRO Report \ KS54C/1/F2.29

※20:ライオン㈱ パーム油の環境への影響と持続可能なパーム油に向けた取り組み

※21:経済産業省 グリーン・バリューチェーンプラットフォーム

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/supply\_chain/gvc/supply\_chain.html

※22: Weather Spark 指市の気候、月別の気象、平均気温

https://ja.weatherspark.com/y/142879/%E6%8C%87%E5%AE%BF%E5%B8%82%E3%80%81%E6%97%A5%E6%9C%AC%E3%81%AB%E3%81%8A%E3%81%91%E3%82%8B%E5%B9%B4%E9%96%93%E3%81%AE%E5%B9%B3%E5%9D%87%E7%9A%84%E3%81%AA%E6%B0%97%E5%80%99

※23:ぱんさラビリンス 温室・ハウスに関する雑記集

http://www.mirai.ne.jp/~panther/onsitu/calc.html

※24: 氷見市海浜植物園のあり方に関する 基本方針 「2019年3月19日 氷見市」

※25: C16 Biosciences CEO Shara Ticku

https://www.youtube.com/watch?v=9xrDqin2yh0

※26:新潟薬科大学 応用生命科学部 高久 洋暁、山崎 晴丈

オレオサイエンス 第 17 巻第 3 号 (2017)

※27:株式会社ユーグレナ HP https://www.euglena.jp/

※28: 地理学論集 Vol.87, No.2(2012) マレーシア・サラワク州における小農アブラヤシ栽培の動向

<u>\*\*29: https://www.itmedia.co.jp/smartjapan/articles/2107/27/news037.html</u>



## 後列左より

 花王㈱
 日油㈱
 ㈱ADEKA

 石田 浩作
 森嶋 徹
 富樫 忠善

## 前列左より

第一工業製薬(株)ミヨシ油脂新日本理化(株)ライオン(株)浜田 昂原田 聡河合脩司千葉 智也

## 《 研究会メンバー 》

リーダー 原田 聡 (ミヨシ油脂株式会社) サブリーダー 河合 脩司 (新日本理化株式会社) 石田 浩作 (花王株式会社)

浜田 昂 (第一工業製薬株式会社)

森嶋 徹 (日油株式会社)

五十音順

# 脱炭素社会と油脂産業

一般財団法人 油脂工業会館

令和4年5月25日発行

東京都中央区日本橋三丁目13番11号

電 話:03-3271-4307

Fax: 03-3272-2230

https://www.yushikaikan.or.jp/