

世界的リスク多発時代における油脂産業
～持続可能な次世代油脂産業の在り方～

一般財団法人 油脂工業会館

次世代油脂産業研究会

序文	1
第1章 はじめに	2
第2章 頻発して顕在化する世界的リスク	3
2-1 多種多様なリスク	3
2-2 気候変動	4
2-3 感染症とパンデミック	6
2-4 地政学的な対立の勃発	7
2-5 社会的リスク	9
2-6 日本経済特有のリスク	10
2-6-（1） 日本経済の脆弱性	10
2-6-（2） 人口減少による市場縮小と生産力減退	10
2-7 世界的リスク多発時代における油脂産業	11
第3章 頻発するリスクに対する油脂産業界の動き	14
3-1 我が国の油脂産業	14
3-1-（1） 国内における油脂の使用実態	14
3-1-（2） 食用油市場のトレンド	15
3-2 油脂産業に対する世界の潮流	16
3-2-（1） 油脂の需要動向	16
3-2-（2） 消費動向の変化	18
3-3 国内におけるリスクヘッジ策の事例	19
3-3-（1） 国内製油メーカーの連携事例	19
3-3-（2） 油脂加工業における取り組み事例	20
3-3-（3） 小規模パーム農園支援による供給安定性の確保	20
3-3-（4） アブラヤシ廃棄物の活用事例	20
3-3-（5） パーム油および川下製品代替の研究・開発	22
3-4 我が国における個別リスクヘッジの限界	22
3-4-（1） 輸入に依存する我が国の食料供給	22
3-4-（2） 国産原料増産の可能性：日本の農業実態	24
3-4-（3） 人材不足の問題	26
3-5 日本の油脂産業が見据えるべき未来	26
第4章 油脂産業界におけるこれまでの取り組みと課題	28
4-1 油脂工業会館研究会で過去実施された研究事例	28
4-1-（1） 日本の油脂産業に与える影響の研究事例	28
4-1-（2） 気候変動（温暖化対策）への研究事例	29

4-1-(3) 油脂原料調達への研究事例	30
4-2 国内におけるリスクヘッジ策の研究事例	30
4-3 世界的リスク同時多発時代における日本の油脂産業の在り方	31
4-3-(1) SDGsに関する研究事例	32
4-3-(2) リスクへの対策と持続可能性に配慮した今後の油脂産業	32
4-4 ブルーカーボン	33
4-4-(1) ブルーカーボンとは	33
4-4-(2) ブルーカーボンのメカニズム	33
4-4-(3) ブルーカーボンのポテンシャル	33
第5章 SDGsを達成する新たな日本の油脂産業	36
5-1 微細藻類を活用した油脂生産技術	36
5-2 ブルーエコノミー由来バイオマスとしての藻類	37
5-3 油脂資源としての藻類バイオマス研究例	38
5-3-(1) 独立栄養型微細藻類	38
5-3-(2) 従属栄養型微細藻類：ラビリンチュラ	40
5-4 技術開発の深化に対する課題	43
5-4-(1) 独立栄養型微細藻類の課題：安定した光合成環境の実現	43
5-4-(2) 従属栄養型微細藻類の課題：藻類の「エサ」をどうするか	43
5-4-(3) 共通の課題：スケールアップとダウンストリーム	44
5-5 業界共同ロールモデルとしてのスマートアイランド構想	45
5-5-(1) スマートアイランドとは	45
5-5-(2) ブルーカーボン事業としての可能性	45
5-5-(3) スマートアイランドのエネルギー	46
5-5-(4) スマートアイランドの可能性	46
5-5-(5) スマートアイランドの実現性	48
第6章 結言	49
謝辞	50
参考文献・脚注	51

序 文

世界が直面するリスクは、多岐に渡り、その影響と混迷の度を増してきていることを実感せざるをえません。近年、リスクは現実の危険となって顕在化し、グローバリゼーションが進んだ現在、発生したリスクは即座に世界全体の危機となる事象を目の当たりにしてきました。

地政学リスクは、1年前に勃発したロシアによるウクライナ侵攻により、欧米諸国とロシアの対立となって、長期化の様相を呈しています。エネルギー価格の急騰、穀物やひまわりなどの油糧作物の供給制限が起これ、世界中への多大な影響は長期化すると言われています。また、米中の対立は激化し、世界経済に影響を及ぼしているだけでなく、台湾をめぐる緊張も高まっています。このように世界の分断は進行し、地政学リスクを更に複雑なものとしています。

感染症リスクは、2019年に新型コロナウイルス（COVID-19）の症例が中国で確認され、瞬く間に流行が拡大し、パンデミックとなりました。行動制限に伴う経済停滞と物流混乱により、世界経済は大きく冷え込むこととなりました。

気候変動のリスクは、既に異常気象が世界各地で頻発しており、地球温暖化による影響であることは明らかとなっています。この影響は、農作物の作況悪化、動植物の分布変化をもたらし、作物の生産量は減少すると予測されています。

多発し、顕在化するリスクは、油脂産業界にも大きく影響しました。原料油脂の調達困難や、価格の急騰など、未だかつてない変化に見舞われています。

このような世界情勢において、令和4年度の研究会は「世界的リスク多発時代における油脂産業」について、議論を深めて参りました。日本の油脂産業が社会に貢献し続けるために、求められるものは何か。持続可能な社会との共存のためには、SDGs、カーボンニュートラルを達成しつつ、資源である油脂を確保することが求められる時代です。これらを達成するために、日本が持つ広大な海洋資源に着目し、ブルーエコノミーによる新たな油脂産業の提言となりました。

本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、持続可能な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5年3月

一般財団法人 油脂工業会館
理事長 小林明治

第1章 はじめに

リスクとは、本来主観性を帯びた概念である。ある国の金融不安は、その国民や資産家にとっては経済の先行き不安を誘発するトリガーとなりうるが、競争国の企業や投機筋にとっては明るい未来を想起させるチャンスとして認識されるかもしれない。“risk”という言葉はOxford英英辞典で調べると、「将来のある時点において何か悪いこと・危険な状況や悪い結果を生ずる可能性」

「将来のある時点において何か問題や危険性を与えそうな人や事象」という2通りの説明がなされている。つまり、リスクという言葉は再定義すると、「どのような帰結を与えるかわからない不確実性といふ発生するか予測できない偶発性により引き起こされる将来予想と現実との差異（第一の定義）のうち、話者にとって不利益をもたらすもの（第二の定義）」のように言えるだろう。

では、「世界的リスク多発時代」とはどのような時代だろうか。第一の定義による不確実性は、その内容を正確に言い当てるのが困難である。一方、第二の定義に基づくいわば「現象としてのリスク」は枚挙に暇がない。気候変動は地球全体の生態系を変化せしめ、パンデミックは人類の社会活動そのものを阻む障壁となる。ひとたび紛争が発生すればサプライチェーンに綻びが生じ、消費者意識は時代とともに移り変わる。本研究会が発足し「リスクとは何か」についての議論を重ねるうち、現代は油脂産業の存亡にかかわる事象が多数顕在化している、その危機感・緊張感が高まっている状態が「世界的リスク多発時代」であろうという止揚に到達した。しかるに油脂産業に対する危機感の醸成は新しい概念ではなく、古くは1952年、日本油化学会の前身である日本油脂化学協会の発足時に、当時の日本油脂製造業協会会長の平野三雄氏によって油脂産業は国際政情の推移・経済的諸原因・国内行政の3つの課題を内包しているとの指摘¹⁾がなされており、大宗において現代とリスク認識が共通していることに驚かされる。

70年以上にわたって油脂産業界が認識し続けている危機感の根底にあるのは我が国が油脂資源に乏しく輸入無くしては存続が不可能という事実であり、その危機感は世界的リスク多発時代においてかつてないレベルにまで切迫したものとなっている。本報告書では、第2章にてグローバル視点でのリスクを俯瞰し、第3章でそれらリスクの影響およびリスク解消の取り組みを我が国の油脂産業にカスケードダウンして紹介したのち、第4章で過去に当財団の研究会より報告した様々な提言に照らし合わせて振り返りを行った過程を述べる。ここで、我々は我が国らしさと持続可能性とを両立する油脂産業の将来が、世界有数の海洋資源を何らかの形で活用する循環型社会の構築にあるとの気づきを得た。第5章では、ブルーエコノミーを基軸とした油脂産業を確立するためのカギとなりうる技術例を示しつつ、その実現に向けた業界協働の構想とリスクそのものを低減させる社会実装案について述べ、研究会による提言とした。

本報告書の提言を実行に移すまでには高い障壁があるかもしれない。しかしながら、2050年、そして22世紀に向けて我が国の社会全体が持続可能な成長を成し遂げるために、油脂産業界の勇猛果敢な挑戦が日本の産業界におけるファーストペンギンとして先駆的な役割を果たすことを、我々研究会メンバーは切望してやまない。

第2章 頻発して顕在化する世界的リスク

2-1 多種多様なリスク

人類が地球上で社会活動を営むにあたり、リスクの存在を無視することはできない。地球温暖化の影響について議論されるようになり久しいが、近年では異常気象や感染症の拡大など、より多種多様なリスクが認識されるようになり、その影響も深刻化しているといえよう。

では、我々が研究の対象とすべき「リスク」とは何か。世界経済フォーラム（WEF）は、複数の国または産業に著しい悪影響を及ぼす可能性のある不確実な事象または状況を「グローバルリスク」と定義し毎年その報告書を発表しているが、その2023年版^{*}によると、今後2年間の短期的なリスクとして「生活費の危機」「自然災害及び異常気象」「地政学的対立」を上位に据えている点で近年に例を見ない内容となっている。同報告書では、世界各地で発生する不確実性の高い事象が大きなリスクであることを指摘しており、経済の乱高下は重大なリスクであると認識されているようである。一方、向こう10年間の長期リスクとしては「気候変動低減の失敗」「気候変動への適応の失敗」「自然災害及び異常気象」「生物多様性の喪失と生態系の破壊」が上位を占めており、急速に悪化する可能性が高いとみられている。更に、大規模な非自発的移住、天然資源危機、社会的結束の侵食と二極化、サイバー犯罪の拡大とサイバーセキュリティの低下など、経済的・社会的・技術的緊張から生ずるリスクが全体の過半数を占めていることが伺える。

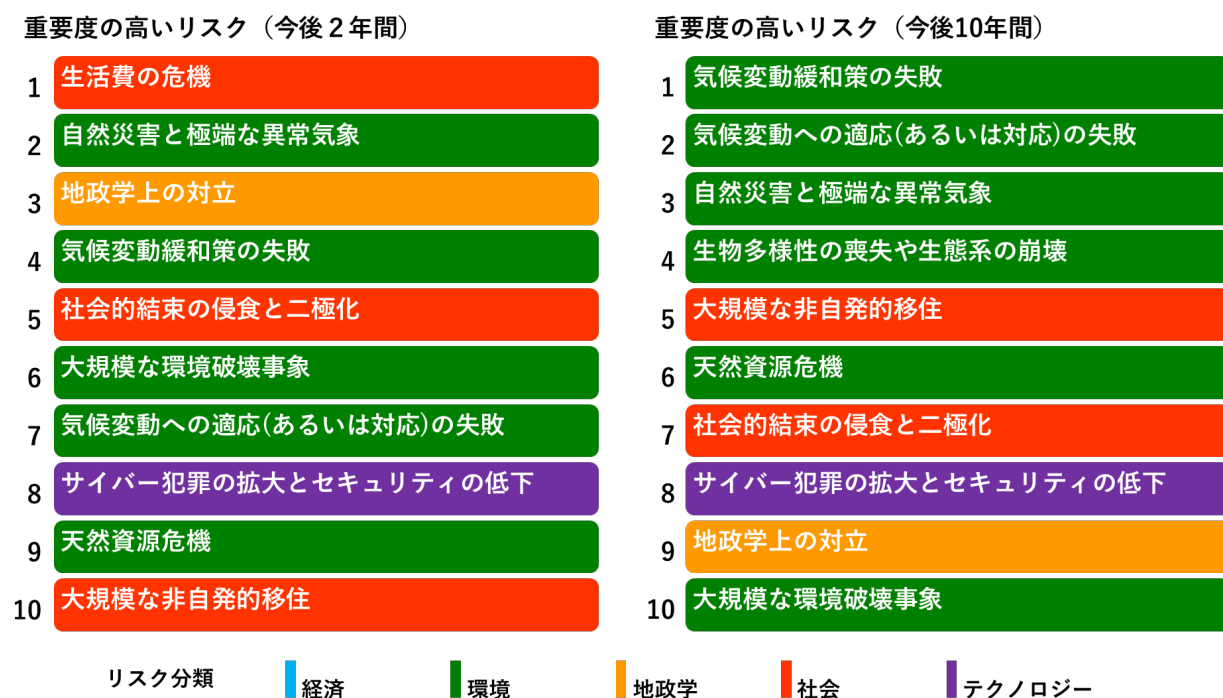


図2-1 グローバル短期・長期リスク（有識者1,000名に対する調査）

同報告書によると、地域間紛争やパンデミックによって誘引される経済成長の鈍化とインフレ（一部スタグフレーション）が重要な短期リスクであると指摘したうえで、景気の下振れが長期リスクに立ち向かう取り組みを弱体化させるとともに、社会の一体性に損失を与え、社会経済に深刻な影響を及ぼすと予測している。また主たる長期リスクである気候変動と環境に関わるリスクは、世界的に危機感の共有はできつつあるものの、利害対立によって具体的な数値目標設定に進展が見

られないケースがあったり、気候変動への対策についても対策のコスト負担の部分で対立が起こり、結果的に実効性に欠けたり対策そのものが停滞する事態が発生するのではないかと懸念が指摘されている。さらに地政学的な対立は新たな再軍事化リスクにもつながり、各国政府が今後数年間にわたり社会・環境・安全保障面で幾多の問題を抱えることとなるため、「短・長期的な視点の均衡を保ちながら、連携的かつ断固とした行動を起こす」ことの重要性を強調している。

混迷する国際関係の狭間では多種多様なリスクが相互に強い関連を有しながら発生しており、単独で解決法を見出すことが困難な状況にある。しかしながら、本章では、多様なリスクを可能な限り紐解いてそれぞれのリスクから予測される影響を世界的課題の観点から俯瞰したのち、油脂産業との関係について述べる。

2-2 気候変動

世界各地で記録的な熱波が観測されている。2021年、カナダ西部から米国北西部では6月下旬から顕著な高温が続き、カナダでは最高気温49.6℃を記録し同国における最高気温を更新した^{*2}ほか、2022年3月には南極・ドームコンコルディア基地で平年値を38度以上も上回る-11.5℃を観測する^{*3}など、近年平年値を大きく外れる高温が観測される事例が増えている^{*4}。

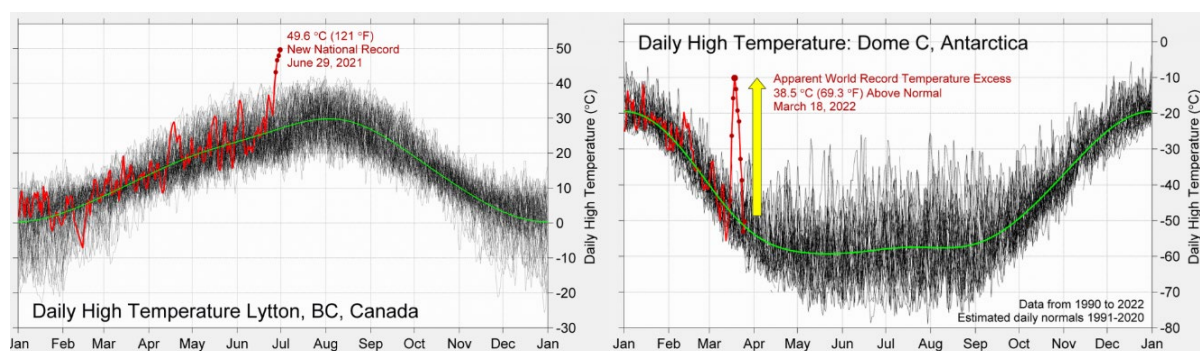


図2-2／3 カナダ・リットン（左）および南極・ドームコンコルディア基地（右）における、日最高気温の平年値（緑）・過去観測値（黒）・2021年観測値（赤）

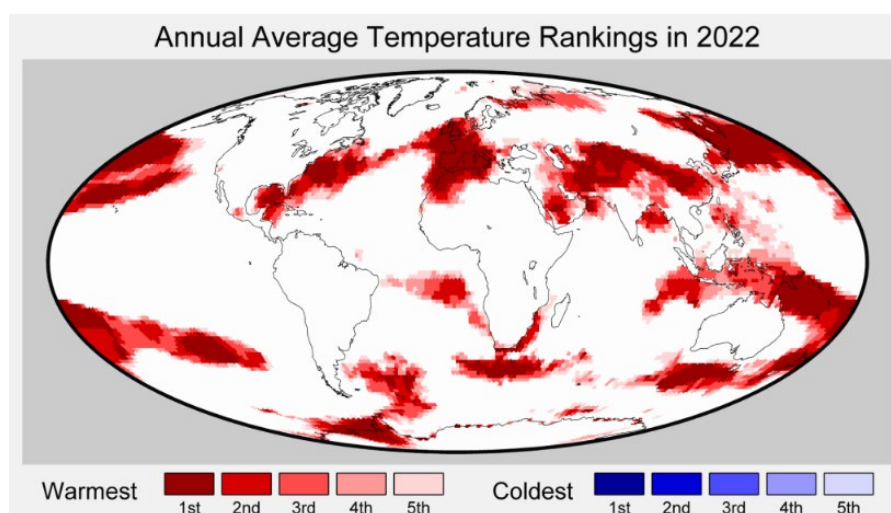


図2-4 2022年に年平均気温の特異値（最高・最低各5位まで）を記録した箇所

気候変動の影響により、例えば米国ではウシの畜産エリアのうち約53%が干ばつの影響を受けている^{*5}ほか、農研機構によると1981年から2010年までの30年間で世界の主要4穀物に424億ドル相当の生産被害が生じた^{*6}と推計されており、気候変動の影響は世界の油脂生産量に直結すると考えられる。農産物収穫量の波動は他の農産物に波及し、例えばカナダ産菜種が慢性的にひっ迫しており安定的な調達が困難になっていることで、米国や南米の大豆に代替需要が発生している。

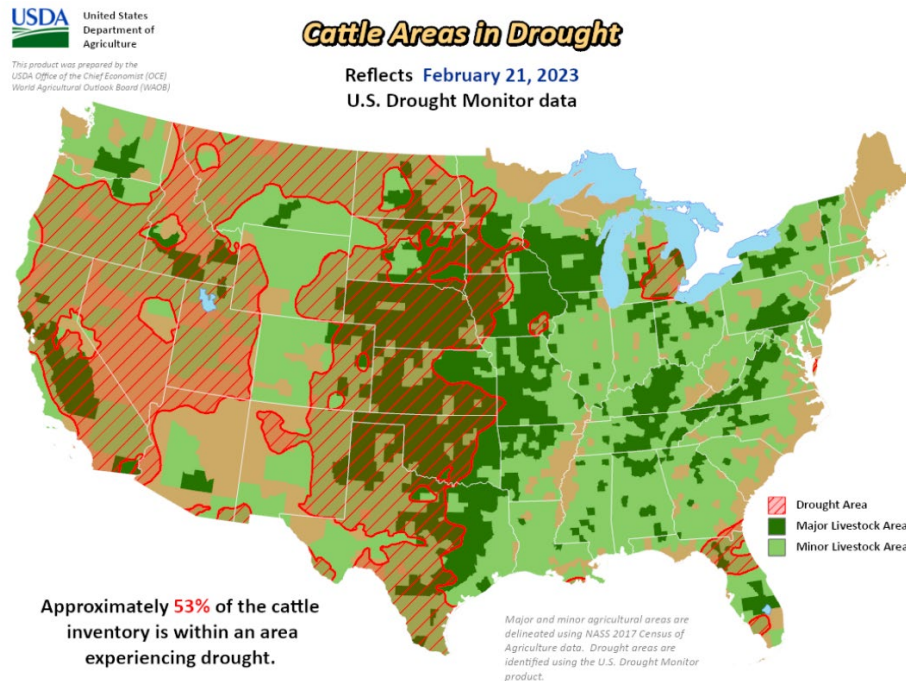


図2-5 米国における牛の畜産地域と干ばつ地域

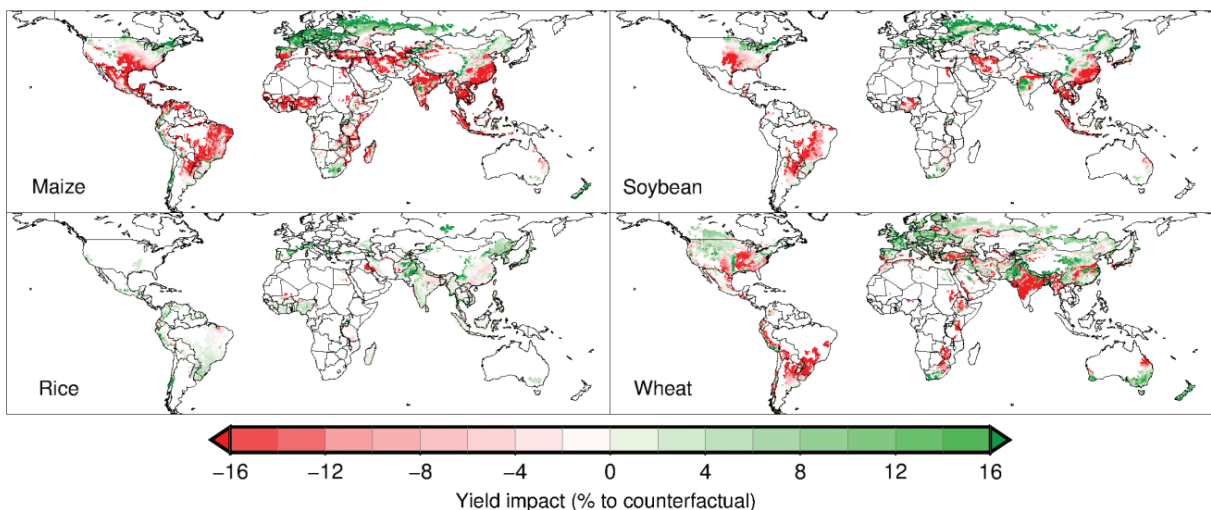


図2-6 地球温暖化に起因する主要穀物収率の増減(1981-2010)

これら気候変動の影響は物流にも影響を与える。例えば、大豆の産地である米国や南米では農産地から輸出の玄関口となる積出港への輸送に船舶が使用されるが、上述の干ばつの影響により米国ミシシッピ川では水位が低下し、2022年10月には史上最低となる基準水位比-10.79フィートを記録

した。このためバージ船の喫水満積載量・通航可能船舶数がいずれも制限され、ニューオーリンズでの大豆荷揚量が30%減少するとともに、輸送コストの増大と大豆そのものの市況価格高騰を招いた^{*7}。

今後、単収を上げるために作付面積を増やす政策に舵を切ったとしても、物流まで視野に入れた場合、断続的に発生している異常気象が引き起こす様々な問題には到底対処できないだろう。干ばつが常態化した場合や生産国だけでなく消費国まで被害が発生した場合など、需給バランスを崩す懸念材料は尽きない。このように異常気象による乾燥・高温・多雨などの事象は生産国や消費国を問わず深刻な問題を引き起こす可能性を秘めている。

2-3 感染症とパンデミック

2019年に中国で最初の症例が報告されて以降、3年以上の長きにわたって世界はCOVID-19の影響を大きく受けている。感染症の拡大を抑制するべく各国が都市封鎖（ロックダウン）や渡航制限・外出制限等の措置を講じたことにより、消費活動の減退が見られただけでなく、生産・物流・人的流動の多方面でサプライチェーンの寸断が発生した。すなわち、労働者の移動制限により労働力自体が減少しただけでなく、輸送従事者やその監督官庁の活動が制限され、物流をコントロールする能力が極端に低下したことが大いに影響したものである。米国ニューヨーク連邦準備銀行は、海上輸送費・航空運賃・世界各国の製造業景況感指数（ISM）・購買担当者景気指数（PMI）・在庫指数などを基に、世界のサプライチェーンに与える潜在的な混乱度を示す指標としてグローバルサプライチェーン圧力指数（GSCPI）を発表している。この値は、COVID-19の影響が顕在化した2020年3月に製造業の操業停止を背景として史上初めて2を超えたのち、一時的に改善に向かったものの、翌21年には海上輸送費、特にコンテナ運賃の急騰に伴って再度の急上昇を示した^{*8}。

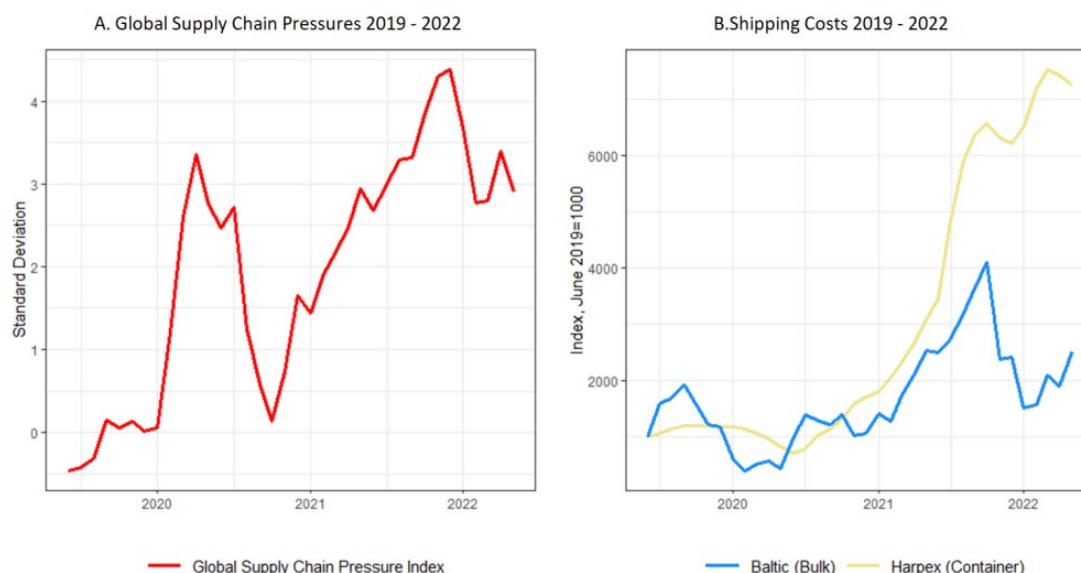


図2-7 GSCPI（左）および海上輸送費（右、Baltic指数およびHarpex指数）の推移

Ernst & Young社の調査によれば、医療・衛生産業など大量生産・大量輸送の形態を取らない一部の業種に対してCOVID-19はポジティブに作用したものの、7割以上の企業がネガティブな効果を受けたと回答している。あわせて、各企業の間にはサプライチェーンの重要性を再認識するとともに

デジタルトランスフォーメーションの加速やサプライチェーンの自動化によるサプライチェーンの革新が必要であるとの認識が広まっていると述べ、このことから同社は先進的なサプライチェーン体制の構築が競合との差別化要因となりうることを指摘している^{*9}。

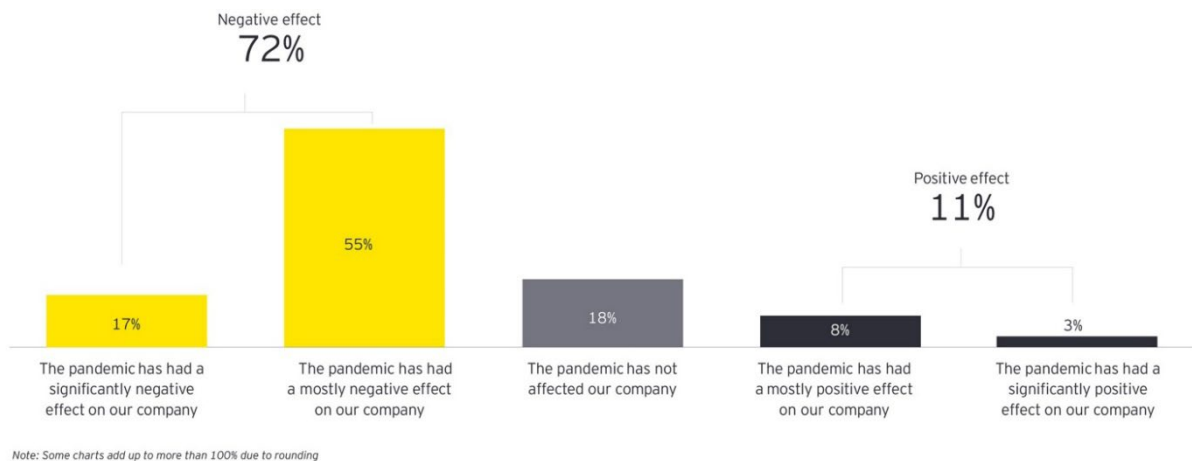


図 2－8 COVID-19が企業に与えた影響

国際分業が進んだ現代社会においてなお、経済活動は国を単位として議論され、国境や地域境は厳として存在する。平時はボーダーレスであっても、ひとたびパンデミックが発生すれば公衆衛生の観点から境界線が顕在化し、サプライチェーンを容易に分断させてしまう。

COVID-19によるパンデミックは未曾有の危機であったが、感染症はコロナウイルスに限られるものではない。ヒトの健康を脅かすパンデミックとしては周期的流行を示すインフルエンザやコロナウイルスに加えてペスト、天然痘、HIVなど歴史的に新奇な感染症が突発する事象が記録されている。また、牛海綿状脳症（BSE）、豚熱（CSF）、鳥インフルエンザなど家畜に対する感染症も世界的大流行を見せることがある。ひとたびこれらの感染症が大発生すると、家畜そのものの生産量に影響が出るのみならず、食肉加工業が立ち行かなくなり、油脂産業においてはレンダリング産業が成り立たなくなる。これに伴い、マーガリンやショートニングの原料となる食用油脂、石鹸やゴム製品の原料となる工業用油脂、肥料用や飼料用の蛋白など、幅広い産業^{*10}のサプライチェーンが途絶するリスクが存在する。

COVID-19の流行は落ち着きを見せつつあるとはいえ、多種多様なウイルスが変異を繰り返し環境への耐性を獲得することで、引き続き人類や家畜などさまざまな生物と共生継続していくのは明らかである。全く新たな未知の感染症が出現しパンデミックを引き起こした場合、COVID-19と同等、あるいはそれ以上の世界産業に対する障壁が発生するリスクがあることは改めて言うまでもない。

2－4 地政学的な対立の勃発

2021年2月にミャンマー国軍が軍事クーデターを実行、非常事態宣言が発令され、国軍総司令官が立法・行政・司法の全権を掌握した。これにより国軍の動きに反対する市民の職場ボイコット運動（CDM：Civil Disobedience Movement）が拡大、現地港の閉鎖により物流や銀行決済に具体的な影響が出ただけではなく、現地に進出していた企業がビジネス撤退を余儀なくされた^{*11*12}。また、日用品や食料品の供給も滞り、市民生活が大きな打撃を受けた^{*13}。一国の国内でも政治的な対立により経済活動に大きな打撃を与えるリスクが存在することを示した事例と言える。

一方、欧州では2022年2月24日にロシアがウクライナに軍事侵攻し、現在も周辺諸国、NATO諸国を巻き込んだ紛争が続いている。ロシアによる軍事行動を受けて、G7を中心とする各国は、エネルギー分野を含め前例の無い大規模な経済制裁を迅速に導入・実施し、ロシアとの経済・政治関係の見直しを進めている。欧米諸国は天然ガスの禁輸、ロシア中央銀行の資産凍結やロシア金融機関の国際銀行間通信協会（SWIFT）からの排除などの金融および経済制裁を科した。これらに伴い、貿易制裁や現地での操業停止による工業品や原材料の供給に大きな影響が及んでいる。例えば、ウクライナは世界最大のひまわり油生産国でその生産量は約600万トン/年^{*14}に達し、もう一方の紛争当事国であるロシアと合わせて世界生産量の50%以上を占める大生産国であるが、ロシアの侵攻によりひまわりの主要栽培地であるハルキウ州やドニプロペトロウシク州が交戦場となっただけでなく、南部ミコライウ州でひまわり油タンクが攻撃を受ける^{*15}などの事象が発生した。これらの事象により、定量的な影響が不明な状況下で供給不安が先行し、我が国の油糧資源確保に対する警戒感を誘発した^{*16}だけでなく、世界の油脂相場に大きな影響を与えたことは特筆すべき事項である。

植物資源のみならず、世界有数の貴金属産出国であるロシアとの経済が途絶することで化学産業に不可欠なパラジウムやニッケル触媒の供給不安が囁かれているほか、ロシアからの原油や天然ガス輸出量が減少し欧州のエネルギーコストが急騰した事例は記憶に新しい。

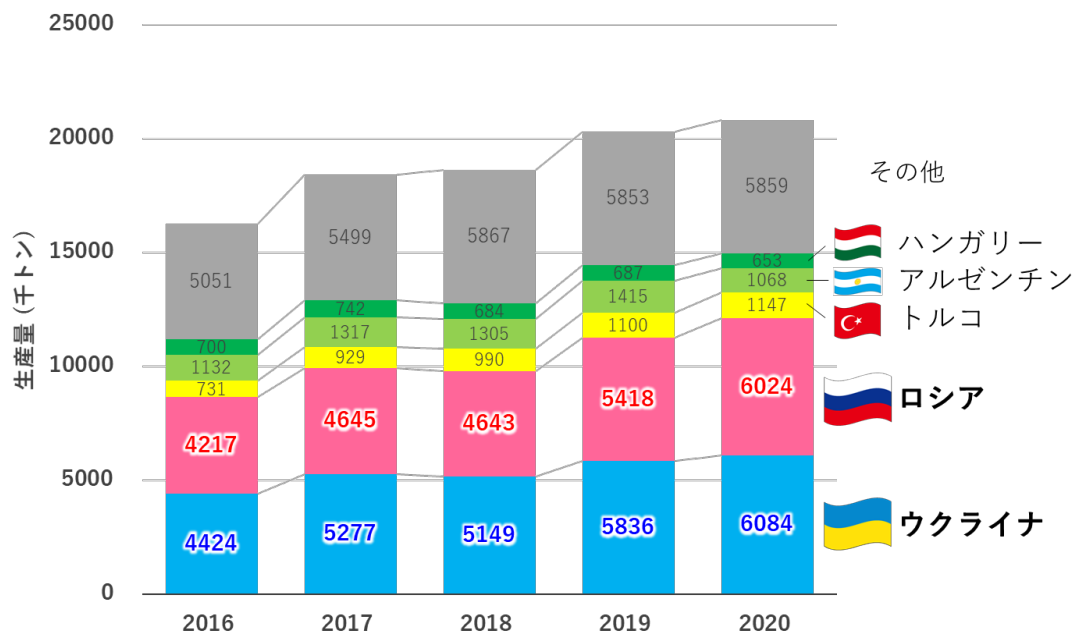


図2-9 ひまわり油の国別生産量推移

アジアでは台湾海峡や南シナ海で中国と周辺諸国との軍事的緊張が高まっているほか、中南米諸国での景気減速に伴う政権求心力の低下、中東諸国の継続的紛争と難民問題、インドにおける政権のヒンドゥー教化など世界中に地政学リスクの火種は存在する。これら地政学リスクは、発生地域から遠いからと言って影響が少ないとは言えない。距離的には離れていても、生産国と関係の深い国で紛争が発生すれば、対立国との間の経済活動が停滞することは不可避であろう。こういった事象が複数個所で同時に、あるいは連鎖的に発生すれば、現時点では取れる対策は無いに等しい。

2-5 社会的リスク

資本主義経済の発達、富が創造できるものであるという定義に従い、消費型社会の拡大による経済成長を是としてきた。しかしながら、地球規模でみた場合に人類の活動によるリソースの消費速度が供給速度を上回ることが確実であるという認識が広まり、消費者の商品選択においてもサステナビリティに配慮した商品への購買意欲が高まりつつある^{*17}。同時に、商品の環境負荷に関する不正確な情報提供や統一されていない基準による情報の錯綜が実購買への障壁となっており、企業には情報提供など一段と商品選定に向けた活動の促進を期待するという調査結果がある^{*18}。企業は、このようなサステナブル商品志向の消費者、あるいはよりサプライチェーンプロセスに倫理性を求めるエシカル志向の消費者に対して、CSRの観点から説明責任を負う必要があるといえよう。

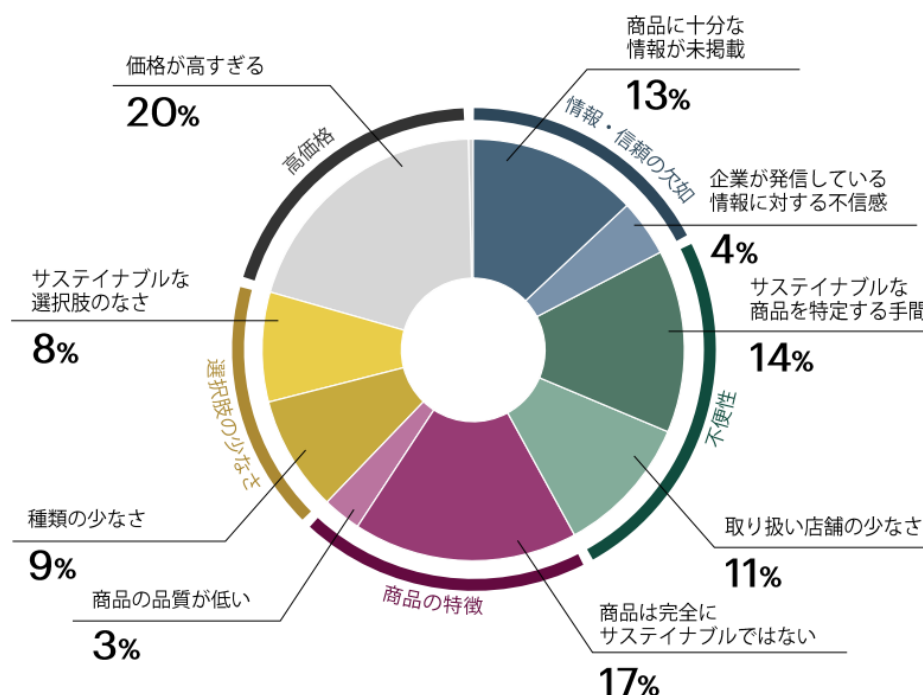


図2-10 サステナブル商品を購入する際の障壁

このことは、裏を返せば説明責任を果たさない、そのためのアクションに消極的であると認知される企業が淘汰されるリスクがあることを意味している。我が国においても、大手ファストファッションブランドが、人権侵害の疑いがある生産国からの原料調達について問題発生初期において消費者の疑念を払拭する回答ができなかったため、内外マスコミをはじめ各方面から糾弾された事例は記憶に新しい。サプライチェーンの長さにより調査に時間を要することや生産国での事業継続性を考慮したことにより慎重な対応を行ったためと推察されるが、サステナブルやエシカルが叫ばれている今日、企業として社会課題への取り組みが不十分である、あるいは取り組みの速度が遅いと認識されることは「企業イメージの低下による顧客の離反」「新たなビジネスチャンスの創出機会損失」「社会課題を把握できないことによる、新市場への進出遅延」「優秀な人材を確保できない」等、さまざまな点でネガティブに作用し、企業の成長を妨げることにつながりかねない。消費者によって行動評価され企業の信用が損なわれるレピュテーションリスク、例えばSNS等での発信内容が「炎上」するなど消費者コミュニケーションにおけるソーシャルリスク、これらに付随し

て起こる悪意を持ったステークホルダーからのサイバーテロリスクなど、企業活動のあらゆる場面にリスクは存在し、その影響は突然発生し、かつ深刻となる可能性がある。

2-6 日本経済特有のリスク

ここまでグローバルで起こりうるリスクを列記してきたが、資源に乏しく経済的にも成長が鈍化している我が国には、特有のリスクがあることを見逃すことはできない。

2-6-1 日本経済の脆弱性

国際経営開発研究所（IMD）が発表している国際競争力年鑑において、2022年我が国は調査開始以来ワーストタイとなる34位を記録した^{*19}。

バブル経済崩壊以降の円高基調の時代から安い人件費を求めモノづくりを海外拠点にシフトさせる動きが進み、貿易収支や経常収支の悪化傾向が継続している。長年経常収支の黒字を牽引してきた貿易収支は2000年代以降に縮小し2021年度より赤字に転落、2022年の年間貿易収支は過去最大となるおよそ22兆円の赤字であった^{*20}。貿易収支では、輸入比率の増加が赤字に直結する。日本は天然ガスや原油などのエネルギー資源の多くを海外に依存しているため、資源価格の高騰は貿易収支を悪化させ、経常収支を圧迫する要因となる。近年はこれに加えて為替も円安に進行しており、一段と影響が広がっている。このように生産拠点を海外に移転させた結果、輸出を増加させて貿易黒字を増加させるというシナリオは成立しづらく、内需拡大とインバウンド需要の拡大が経常収支改善の方策である。だが感染症拡大や貿易赤字拡大による輸入品の価格高騰はこれらの障害となり、先行きに対する不透明感が企業活動にとって大きなリスクとなっている。

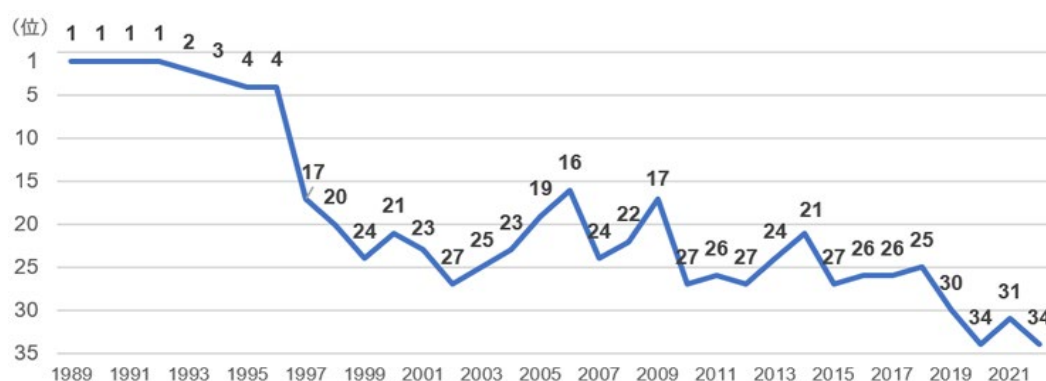


図2-11 IMD国際競争力ランキングにおける日本の順位^{*21}

2-6-2 人口減少による市場縮小と生産力減退

2022年11月、国連は同年11月15日に世界の総人口が80億を突破すると発表した^{*22}。世界人口の集中国は中国・インド・米国・インドネシア・パキスタン・ナイジェリア・ブラジルの7か国であるとされており、このうちアジアに位置する中国・インド・インドネシア・パキスタンの4か国の人口が約33億人を数え、世界人口のおよそ40%を占める。世界のマーケットは事実上、アジアが生産と消費の中心であるといえよう。当面、世界人口は緩やかに増加しつつ、2080年代にはおよそ104億人でそのピークに達すると推定されている^{*23}。

一方で、日本では出生率の低迷により人口減少社会に突入している。総人口の減少率は年率0.5%程度であるが、我が国の人口減少は高齢化の進行を伴っており、生産人口は年率1%近い割合で減少している^{*24}。

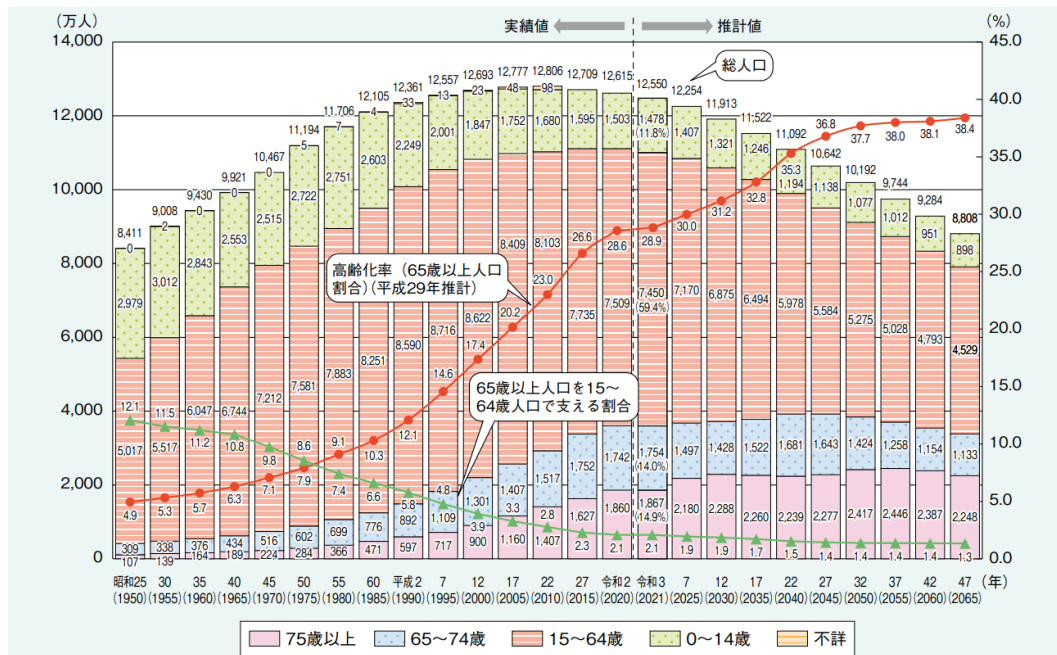


図2-12 我が国の年齢階級別人口推移

総人口の減少に伴って市場規模そのものが縮小するだけでなく、生産人口が減ることで労働力が確保できず、企業が輸出型へと方向転換することへの障害にもなりかねない。外国人労働者や移民を確保しようという動きも見られるが、前項で述べた経済の弱体化は円の価値低下を招き、日本円で賃金を得ることの魅力を減退させている。我が国に産業基盤を持つ企業にとって、日本という立地そのものがリスクと認識される傾向は否定できない。

2-7 世界的リスク多発時代における油脂産業

前節までに見てきた様々なリスクは、油脂産業に対しても大きな影響を与える。我が国の油脂産業に対する影響については次章で詳述するが、グローバル視点で予想される影響を表2-1にまとめた。

気候変動リスクは短期的には災害による油糧作物の収穫量変動、長期的には栽培適地の消失を引き起こす可能性がある。感染症リスクは人とモノの流れを堰き止め油脂の安定調達を困難にすると予想されるほか、動物油脂においては油脂そのものの生産量にも影響を与えかねない。地政学リスクは紛争発生地における油糧作物の生産量減少や関連国におけるサプライチェーン停滞につながるほか、原油価格や戦略物資の高騰により企業のオペレーションにダメージを与えると予想される。社会的リスクは油脂のサステナビリティ担保やエシカル性の高い供給体制の構築を油脂産業に対して求め続け、達成できない企業に対してネガティブキャンペーンなどのキャンセルカルチャーを誘発する要素となる。それ以外にも、金融不安やサイバーテロなど、リスクを列挙すれば枚挙にいとまがないが、端的に言えば、あらゆるリスクが油脂の安定調達に対する阻害要因となりうるといえよう。

表 2－1 様々なリスクが世界の油脂産業に与える影響

項目	油脂産業に与える影響
気候変動リスク	・農産地における収穫高の経年変動→ 価格変動と市況悪化 ・資源産出国の経済悪化と栽培適地の消失 ・水害など突発的災害による需要変動 ・農作物に対する害虫被害の拡大（アブラヤシに対するガノデルマなど）
感染症リスク	・人的流動の阻害＝労働力不足と物流の混乱 ・グローバル経済から自国中心主義・保護主義経済へ ・検疫の強化による動物油脂などの供給量低下 ・消費マインドの減退
地政学リスク	・ロシア／ウクライナ紛争 → 油糧作物(大豆・菜種・ヒマワリ)減産 ・サプライチェーン混乱による輸出入の停滞 ・原油価格高騰によるエネルギーコストとロジコスト上昇 ・紛争地帯を中心に、需要の減退
社会的リスク	・管理農園におけるサステナビリティ担保要求 ・動物油脂に対する忌避感 ・化石燃料の使用に対する制約と代替需要、CO2排出低減要求 ・認証制度の存在感向上、プレミアム価格転嫁による価格高騰 ・レピュテーションリスクやソーシャルリスクによる企業活動への制約
その他のリスク	・金融リスク（経済悪化）による資産価値の低下 ・悪意を持ったユーザーによるサイバーテロリスク ・市民団体やインフルエンサーとの協調関係構築 ・政府やグローバルガリバー企業の方針転換によるステークホルダーへの影響
日本経済特有のリスク	・経済弱体化による円の価値下落 → 資源輸入時の競争力低下、市場としての魅力喪失 ・人口減少に伴う市場縮小 → 技術伝承の途絶、企業間競争による共倒れ（外資による吸収）

社会的リスクについて、アブラヤシを例に若干の説明を加える。

アブラヤシから得られるパーム油は、食品はもとより化粧品や洗剤などの消費財の原料としても幅広く用いられるが、単位面積当たりの収穫量が他の油糧植物と比して多く^{*25}、生産効率が高いことから世界最大の油脂原料とされている^{*26}。しかし生育条件が熱帯の高温多雨環境に限られるため、世界の産出量のうちおよそ80%をインドネシアとマレーシアの2か国で寡占している^{*27}。

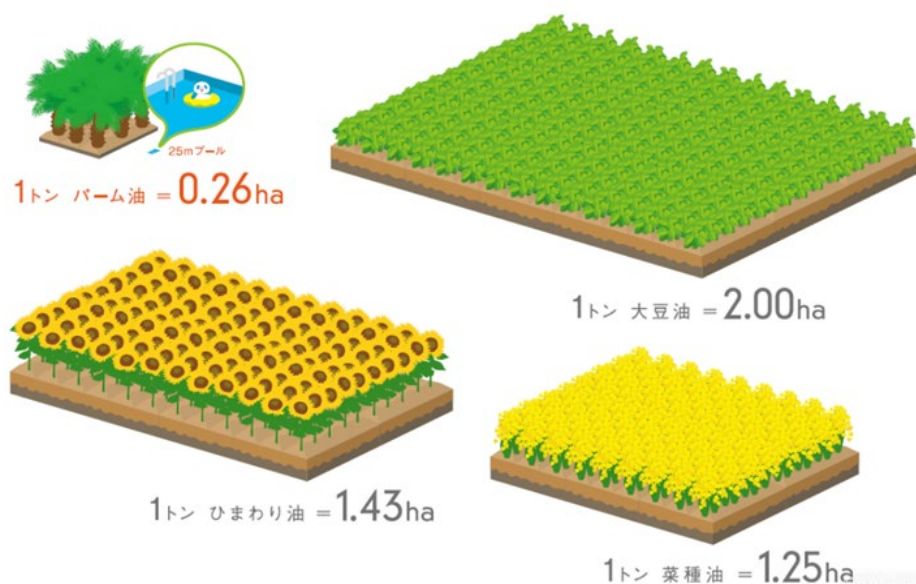


図 2－1 3 1 トンの油を搾油するのに必要な栽培面積の違い

人口増加や生活の近代化に伴い、1990年代からパーム油の需要は急激に伸びた。アブラヤシはプランテーションなどの管理農園で栽培されることが多いが、生産量を増やすため、不法な森林伐採などによる環境破壊や、農園での強制労働・児童労働などの人権侵害を伴う開発により供給量を伸ばしてきた側面がある。言うまでもなく森林伐採は熱帯雨林の減少による気候変動を誘発し、オランウータン・トラ・ゾウといった野生動物の生息域を奪い、生物多様性に影響を及ぼすことが危惧される。

上述のようにパーム油は生産効率が優れるため他の油糧作物で代替することが難しい油種であるが、その市場拡大の過程からパーム油に対する忌避感を抱く消費者も存在する。油脂産業界では持続可能なパーム油を供給するための円卓会議（RSPO）を設立してサステナビリティに配慮したパーム油を認証する制度を運用しているが^{*28}、中にはプランテーション開発という行為そのものに対する否定的な考え方からパーム油を排除しようという市民運動もある。次章で改めて述べるが、ひとたびこのような主張がポピュリズム政治によってマジョリティ化し、パーム油の使用に制限を与える国が現れた場合、グローバル展開を行う企業はサプライチェーンの全体を見直しせざるを得ず、産業の根幹を揺るがしかねないリスクとなり得る。

以上のように、世界で多発するリスクは油脂産業に隣り合わせで存在している。一つひとつのリスクは他のリスクと密接に関係していることから、一つのリスク発生により、他複数のリスクを引き起こす可能性がある。いわば、油脂産業の環境は複合型リスクが取り巻いていると考えられる。今後、これまでの顕在化リスクが進化した「発展型リスク」が出現した場合、さらに潜在化リスクが新たに出現し席卷した場合、例外なく我が国の油脂産業界に大きなダメージを与えることになるだろう。

第3章 頻発するリスクに対する油脂産業界の動き

第2章では、世界で頻発するリスクを例示しつつ、それらのリスクが人類の経済活動に与える影響について論じた。ここからは主として我が国の油脂産業に焦点を絞り、その特性を述べるとともにリスクに対する取り組み事例を紹介する。

3-1 我が国の油脂産業^{*1}

日本の油脂産業は大きく分けて「製油産業」と「油脂加工産業」の2つに分類される。

「製油産業」は油脂そのものを製造する工業であり、動植物を調達し、搾油して主に食用油脂を生産するものである。

「油脂加工産業」は製油産業で生産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。具体的には、食用油脂からマーガリンやショートニングを生産したり、油脂を分解して高級脂肪酸とグリセリンを生産したりするものである。それらの高次誘導体である高級アルコール・脂肪族アミン・界面活性剤などを生産する行為も、油脂加工産業に包含されるとみてよい。

我が国における油脂の用途はその大部分が食用であるが、油脂加工産業にて得られる油脂誘導体が洗剤・シャンプー・リンス・化粧品・合成樹脂など、我々の生活に不可欠な数多の商品に配合され利用されていることは重要な事実である。一般的に油脂産業において取り扱う製品群は、「食用加工油脂」「油脂化成品」「洗剤・石鹸・香粧品」の3つに大別されることが多いが、中でも油脂化成品は塗料・インキ、繊維・染色加工、ゴム・プラスチック、紙・パルプ、鉄鋼・機械金属、土木・建築、鉱業、農業、石油、燃料、化粧品、医薬など、きわめて幅広い産業において利用されており、油脂の安定供給は食糧事情のみならず我が国の産業を維持する上でも必須の課題である。

3-1-1 国内における油脂の使用実態^{*2*3}

日本国内で流通している油脂の大部分は植物性油脂（植物油）である。一般に流通している植物油の種類として、なたね油・大豆油・こめ油・ごま油・ひまわり油・とうもろこし油（コーン油）・綿実油・オリーブ油・べに花油（サフラワー油）・えごま油・あまに油・ひまし油等の多様な油種を列挙することができ、これらは総称して中性油と呼ばれることが多い。一方、同じく多用されている植物油のうち、パーム油・パーム核油・やし油の3種類は、生産地が熱帯地方に限られるだけでなく低温で凝固し他の植物油とは一線を画す性状を示すことから、南方系油脂あるいは熱帯油脂と総称される傾向にある。植物油以外にも、牛脂・豚脂・魚油・ラノリン等の動物性油脂（動物油）も食用・産業用を問わず利用されている。

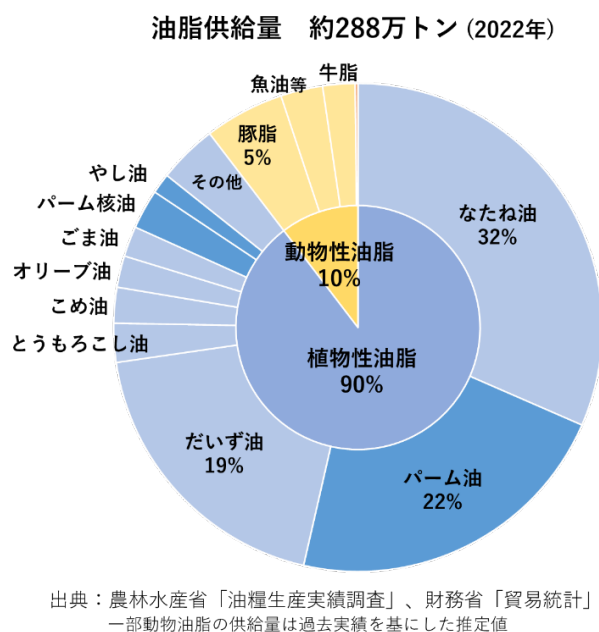


図3-1 国内で利用される油脂の種類と割合

冒頭で述べたように様々な産業にとって欠かせない油脂であるが、我が国では使用される油脂のほとんどを輸入に頼っている状況である。図3-2は日本で消費される植物油の油種ごとの数量を示しているが、こめ油以外はほぼ全量を輸入していることがわかる。大豆や菜種などは気候条件を勘案すれば日本でも栽培可能であるが、それらから得られる油脂の自給率もわずか4%にとどまっており、輸入依存であることは他の油種と同様である^{*4}。

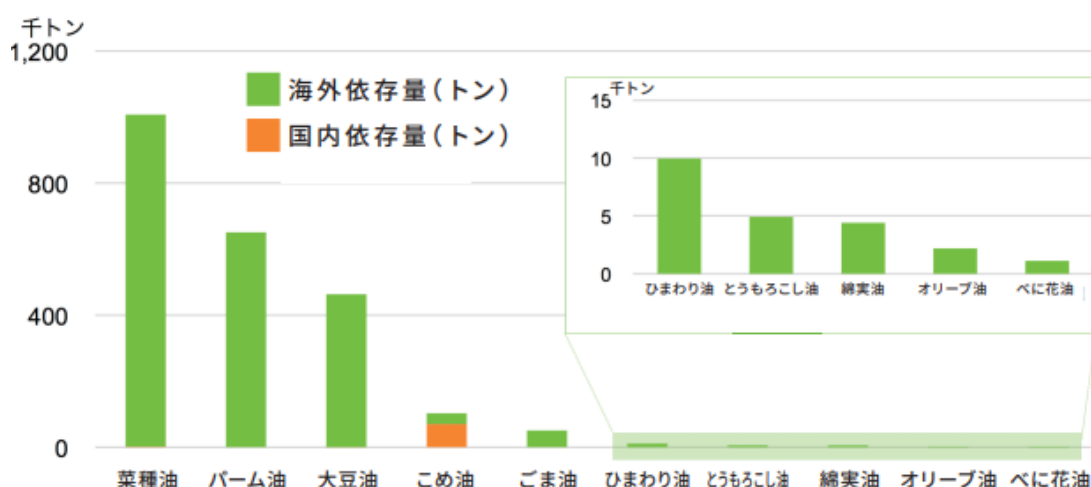


図3-2 日本で消費される主な植物油の油種別供給量 (2021年)

3-1- (2) 食用油市場のトレンド

かつては肥満を誘発する因子として敬遠される動きもあった食用油であるが、近年では油種ごとの特徴的な含有成分に着目し、健康促進を目的として良質な油脂を適量摂取するよう推奨する動きも見られる^{*5}。あまに油・えごま油・MCTオイル等のプレミアムオイル市場はそのような潮流のもとで伸長しているとみられる。

表3-1 食用油の主要カテゴリー別金額市場規模推移^{*6}

食用油の主要カテゴリー別金額市場規模推移									
出典：インテージ社SCI-pデータをもとに日清オイリオグループが推計									
	単位：百万円								
	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2020年度 前年比	2014年度・ 2020年度 金額増減
食用油計	115,706	143,209	136,293	137,758	149,345	154,463	166,785	108.0%	51,079
キャノーラ	40,825	40,842	41,366	41,034	40,308	39,486	43,845	111.0%	3,020
オリーブ	32,110	34,578	36,355	35,471	40,524	42,801	43,111	100.7%	11,001
ごま油	21,297	24,871	26,450	28,703	29,008	29,672	36,841	124.2%	15,543
サブリ的オイル	9,517	28,306	15,308	14,055	19,451	20,965	19,023	90.7%	9,506
しそ油・えごま油	2,045	8,844	5,800	5,377	6,851	7,414	5,531	74.6%	3,486
アマニ油	2,521	7,897	5,197	5,937	9,848	10,953	10,215	93.3%	7,693
ココナッツオイル	4,755	10,913	3,700	1,817	1,264	1,223	943	77.1%	-3,813
MCTオイル	0	23	120	428	759	858	1,847	215.3%	1,847
こめ油	961	2,509	4,563	5,737	6,677	7,664	10,261	133.9%	9,300

折しも2020年以降新型コロナウイルスの影響により内食需要が増加し家庭用食油市場が伸長していることを追い風として、こめ油市場が急成長を遂げていることは特筆すべきであろう。こめ油はその健康価値や揚げ物等における使いやすさ・風味の訴求だけでなく、日本人は主食である米に馴染みが深いという情緒価値や、なたね油や大豆油の価格高騰によりこめ油との相対価格差が縮小するという環境要因が追い風となり、2020年度には前年比134%の伸長を示した（前掲表3－1）。ただし、こめ油の市場は拡大している一方で我が国におけるコメの作付面積は減少の一途をたどっており、こめ油の原料である米ぬかやこめ油原油自体の輸入増が需要増を賄う状況にあることは認識しておかなければならないだろう^{*7}。

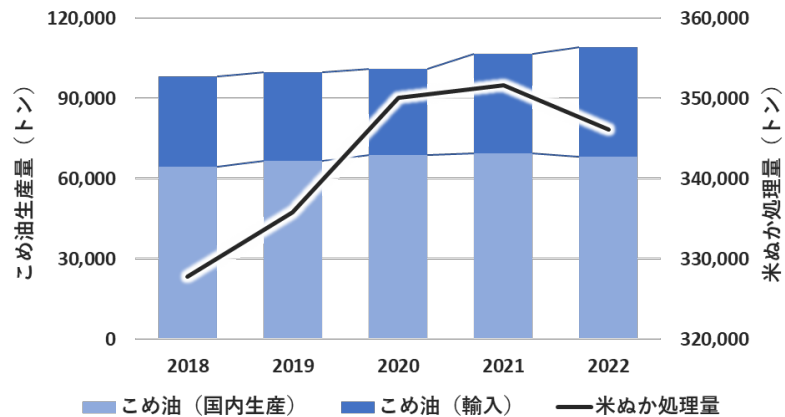


図3－3 こめ油生産量の推移

3－2 油脂産業に対する世界の潮流

ここで、いったん視線を世界に転じ、油脂産業における近年のダイナミクスと日本の油脂産業との関係を概観してみたい。

3－2－（1） 油脂の需要動向

前章で触れたように、気候変動は油脂産業にも多大な影響を及ぼすと考えられる。国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC）の報告^{*8}によれば、地球温暖化による気候ハザードによってトウモロコシなどの食料作物に大きな影響が出て供給や価格など複合的に影響が出ることが指摘されているが、これは油糧作物にも等しく当てはまる指摘である。

これまでに当財団研究会にて議論されている^{*9}が、世界的に多用される植物油としてアブラヤシから取れるパーム油およびパーム核油があり、そのほとんどがインドネシアおよびマレーシアで栽培されている。世界の人口は増加し続けており、需要の自然増に沿う形でパーム油の生産量および供給量は右肩上がりとなっているが、既にインドネシアやマレーシアでは開発余地の減少が指摘されており、中長期的には生産量は頭打ちになると考えられる。アフリカなど他地域でのアブラヤシ栽培も検討されているが、これらの地域でも利用できる土地には限界があり、需要を賄うだけの栽培適地を見つけられるかどうか疑問である。加えて気候変動の影響を受け、アブラヤシの栽培適地が今後減少する恐れすらある。

油糧作物の需要を押し上げている別の要因として、バイオ燃料需要がある。バイオ燃料は光合成により固定された大気中のCO₂を循環させているものと見なすことができるためカーボンニュートラルの観点から受容性が高い。陸上交通機関をターゲットにしたバイオ燃料としては、主に植物中の

糖類を発酵させて得られるエタノールをガソリンに添加して使用方法と、BDF（Bio Diesel Fuel）のように油脂誘導体を軽油に添加してディーゼルエンジン燃料として用いる方法とが多用されている。油脂のエステル交換により得られるFAME（脂肪酸メチルエステル、Fatty Acid Methyl Ester）はディーゼルエンジン燃料として適当な物性を有していることが知られており^{*10}、BDFのほとんどはFAMEである。多くの国がエタノールを念頭にバイオ燃料の活用について法整備を進める中で、石油資源に乏しくパーム油産出量の多いインドネシアでは2023年2月より軽油に対するパーム油由来BDF添加割合を35%以上とする省令が発効^{*11}しており、パーム油のエネルギー用途での活用が進んでいる。

従来はもっぱらケロシンが用いられていた航空燃料についても、石化由来物質を消費することへのアンチテーゼとしてSAF（持続可能な航空燃料、Sustainable Aviation Fuel）としての油脂需要が生じつつある。航空燃料の製造法や規格はASTMにより国際的に基準化されているが、このうちSAFについてはASTM D7566において表3-2に示す7種類が規定^{*12}されており、このうちHEFAやCHJ（SAF規格に準拠しないものも含め、以下総称してHVO（水素化植物油、Hydrotreated Vegetable Oil））の主原料は植物油である。

表3-2 ASTM所収のSAF

ASTM細目	通称 / 名称	航空燃料への変換方法	主な原料
Annex 1	FT Fischer-Tropsch	有機物を燃焼して得られるCO ₂ の回収→COへの変換 →Fischer-Tropsch反応	木質セルロース 一般ごみ
Annex 2	HEFA Hydroprocessed Esters & Fatty Acids	植物油・廃食油など脂肪酸や脂肪酸エステルの水素処理	動物油 植物油
Annex 3	SIP Sugars to synthetic Isoparaffins	糖を発酵して得られるファルネセンの水素処理	可食糖
Annex 4	FT/A Fischer-Tropsch with Aromatics	Annex-1と同様だが、原料に非石化由来の芳香族化合物を規定	有機物全般
Annex 5	ATJ Alcohol To Jet	C2～C4の低級アルコールをオリゴマー化し水素処理	可食糖 廃棄食物
Annex 6	CHJ Catalytic Hydrothermolysis Jet	植物油等油脂誘導体の触媒的熱処理・水素処理	動物油 植物油
Annex 7	HC-HEFA Hydroprocessed Hydrocarbons, Esters & Fatty Acids	Annex-2の概念を拡張したもの 実質的には藻類から得られる油脂を想定	微細藻類

バイオエタノールの主原料はトウモロコシ・サトウキビなどの可食糖、BDFやHVOの主原料は菜種・大豆・アブラヤシ等の油糧作物である。バイオ燃料の生産が大きな伸長を示している^{*13}ことに対して、食料とバイオ燃料との間で作物の争奪戦が起きているとの指摘^{*14}もある。

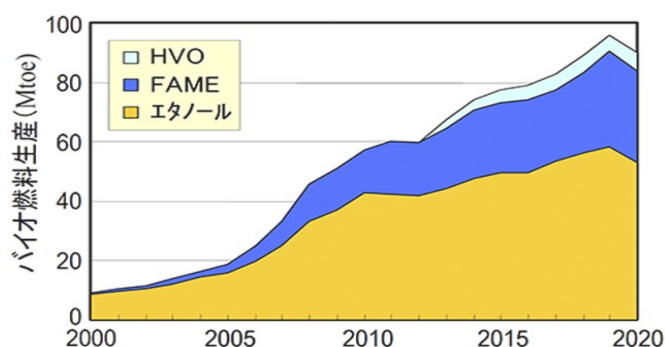


図3-4 バイオ燃料の生産量推移

石化由来燃料からバイオ燃料への転換が進むほど、油糧作物のエネルギー用途利用が増え、市況が大きく変動するなど油脂産業の原料調達面での影響は避けられないと考えられ、既にバイオ燃料の伸長により従来廃食油を使用して脂肪酸を製造していた国内メーカーが撤退するなどの影響が出始めている。

液状油に目を向けてみると、世界の流通量は流通量順にパーム油、大豆油、なたね油、ひまわり油となっているが、日本では世界と比較してひまわり油がさほど流通していない。これは我が国の製油産業が伝統的にシードを輸入し国内搾油を行う事業を中心に据えていたことが要因のひとつであり、2021年の国内油脂供給量のうち6割以上がシードの輸入により賄われている。だが、今後B D F 需要の伸長により大豆や菜種の海外搾油量が増加すると、日本にはシードで入ってきづらくなることが推察される。図3-5に示すように、これまでのところシードの輸入量は比較的安定しており、一方でT P P 発効後の粗油輸入量は増加傾向である。搾油能力の制約もあるだろうが、将来に向けて国内搾油ではなく粗油での輸入をさらに拡大すべきであろう。粗油の輸入元を開拓し複数の選択肢を持つことで、産地リスクの低減にもつながる。直近ではロシア・ウクライナ問題によりひまわり油はリスクの高い油種と認識されがちであるが、第2章で列記したような様々なリスクにより、いつ大豆油やなたね油にも影響が及ぶかも知れない。3-1-(2)項ではこめ油市場の伸長を特筆したが、絶対量で比較すれば非常に小さな需要である。世界四大油種であるパーム油・大豆油・なたね油・ひまわり油を大規模に置き換えうる油糧作物はなく、その供給量の枠内でリスク分散させるしか方法がないのが現状である。

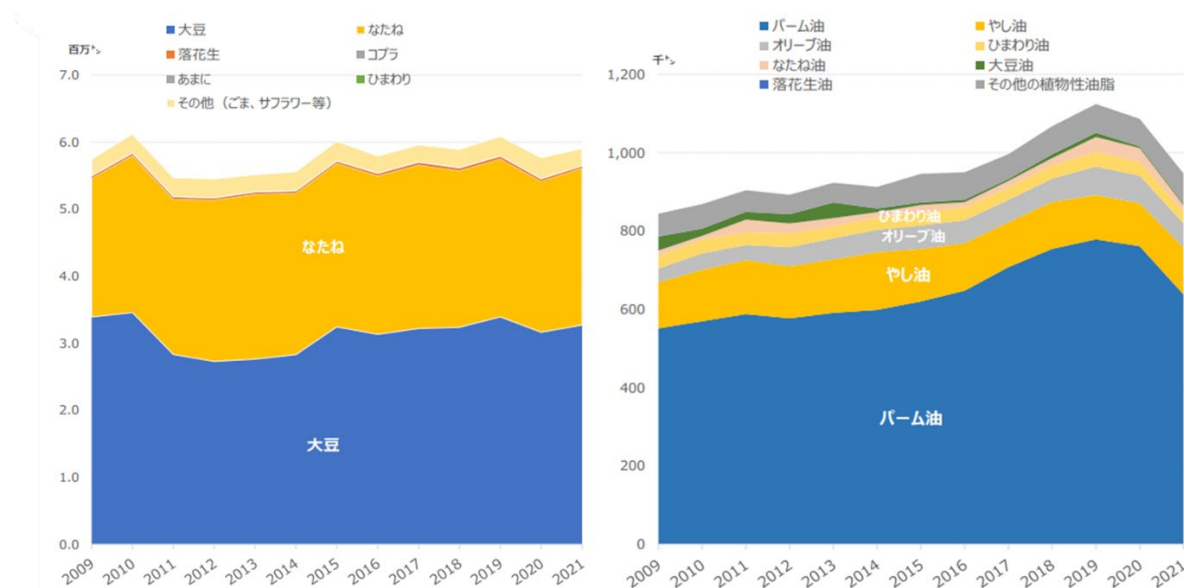


図3-5 油糧シード(左)および植物油(右)の輸入数量の推移^{*15}

3-2-(2) 消費動向の変化

世界の消費者意識は大量生産・大量消費からSDGsを踏まえたものへと徐々に変化しつつあるとされる。この中で、一部の油脂供給体制に対して異を唱える事例が見られる。

2-7節において社会的リスクの例として挙げているが、最も供給量の多いパーム油を使用することに対してネガティブな動きがある。パーム油に用いられるアブラヤシは管理農園で栽培・収穫されるものがほとんどであるが、プランテーション開発を目的とした熱帯森林の破壊、泥炭地の過剰開発、および農園における搾取労働が存在することを無視することはできない。パーム油の供給サステナビリティについては、国際的な認証制度としてRSPO、ローカルの枠組みとしてMSP

O（マレーシア）やISPO（インドネシア）が存在しており、過剰な開発を抑制する施策の実施やサステナビリティ基準を満たすパーム油に対する認証制度を運用しているが、一部のNGOを中心にこれらの団体では十分ではないという声も出ており^{*16}、パーム油を取り扱う企業の多くは個別にNDPE（No Deforestation, No expansion on Peat, No Exploitation = 森林破壊ゼロ・泥炭地利用ゼロ・搾取労働ゼロ）指針を掲げて持続可能なパーム油調達に取り組んでいる。

このような環境の中で、欧州ではパーム油の濫用に法的な規制を加えようという動きがある。EU理事会は森林破壊防止のためのデューディリジェンス義務化に関する規則^{*17}の制定活動を進めており、2022年12月には加盟各国による暫定的政治合意に至った。この規則は、EU市場で流通する製品のうち、環境負荷の度合いが高いパーム油・牛肉・大豆などに対して環境破壊をしていないかの検査や管理を求める規則であり、EU域内の事業者のみならず域外から輸入しようとする事業者にも適用され、また違反した場合には罰金も科される。現在の潮流を意識した規則といえよう。

動物油脂に関しても同じような傾向がみられ、例えば牛を育てること自体が地球温暖化に寄与する・環境汚染につながるとして批判的な声にさらされている。牛の飼育には牧草などの飼料作物が必要でありエネルギー効率が良好ではないことに加え、牛のげっぷに含まれるメタンや排泄物に含まれる一酸化二窒素の温室効果ガス（GHG）としての懸念が批判対象となりがちである。CO₂と比較してメタンは約25倍、一酸化二窒素は約300倍の温室効果があるとされており^{*8}、上述のEU規則案は牛肉もその対象製品としている。これらのGHGは産業活動によっても発生するため一概に畜産のみ規制対象とするべきではないと思われるが、牛の畜産に起因するGHG排出を抑制するための技術的な取り組みは各方面で進められている^{*18*19}。

さらに、健康上の理由、サステナビリティ、アニマルウェルフェア（動物福祉）の観点から動物性食品の摂取を避ける傾向もある。この傾向は、食の多様性の維持、従来の肉食文化の維持という機運と融合し、プラントベースフードという市場を創出した。一例として、Restaurant Brands International社は、2019年から傘下のバーガーキングを通してプラントベースのパティを使用したハンバーガーの提供を始め、現在までに日本を含む70の国と地域へと展開している^{*20}。同様に、マクドナルドはBeyond Meats社との提携^{*21}によるプラントベース商品の一部地域で提供しており、この動きはQSR業界へ幅広く浸透しつつある。

3-3 国内におけるリスクヘッジ策の事例

これまで述べてきたように、油脂業界を取り巻く環境は大きく変化しつつある。それらの環境変化に対し、事業者が行っている対応の具体的な事例をいくつか紹介したい。

3-3-1 国内製油メーカーの連携事例

製油業界では、2021年に家庭用食油業界首位の日清オイリオグループ株式会社と2番手の株式会社J-オイルミルズが製油事業で業務提携を行うことが発表され^{*22}、搾油を実施する合弁会社の設立^{*23}を目指している（注：2023年3月末日現在、実施時期は未定に変更）。また、2022年には昭和産業株式会社と辻製油株式会社の製油事業に関する業務提携が発表され、搾油設備・コーン油精製設備の有効活用による事業規模の拡大、製造の効率化、搾油原料・容器包装資材等の共同調達によるコスト低減、物流拠点・ネットワークの共同活用による物流効率化と製品の共有安定化を目指していることが開示された^{*24}。

世界人口の増加に伴う食料獲得競争の激化や、国内の労働力人口減少、設備老朽化などの背景からさらなる効率化が求められており、持続可能な国内搾油事業体制の整備ならびに油脂供給体制の構築を目指し、業界内での連携が進んでいる。

3-3-（2） 油脂加工産業における取り組み事例

近年では同業間あるいは異業種間で協力して環境課題に取り組む事例も出てきている。油脂加工産業の中でも特に消費者に近い業態である日用品メーカーでこのような意識は特に高く、例えば、花王株式会社とライオン株式会社は、株式会社イトーヨーカ堂の協力のもと、2020年よりフィルム容器をリサイクルし再生利用するための協働を開始^{*25}した。この取り組みは、消費者庁による消費者志向経営優良事例表彰の選考委員長賞表彰を受章^{*26}している。

また、2021年には東京都の「令和3年度 革新的技術・ビジネスモデル推進プロジェクト」において、日用品容器の資源循環を目指す「みんなでボトルリサイクルプログラム」が実証事業として選定された^{*27}。これは、プラスチックボトル容器に充填された製品を多く提供する花王株式会社、ライオン株式会社、ユニリーバ・ジャパン、P & G ジャパン合同会社の4社が協働し、ボトル容器からボトル容器への水平リサイクルの実現を目指そうという取り組みである。

このように、リサイクル処理技術の検討や、リサイクルしやすい包装容器の設計を目指すなど、競合関係を超えた環境への取り組みが進んでおり、限りある資源の有効活用に加えてレピュテーションリスクに対するヘッジの意味があるとみることができよう。

3-3-（3） 小規模パーム農園支援による供給安定性の確保

花王株式会社は、2020年より油脂製品製造・販売会社であるアピカルグループ、農園（プランテーション）会社であるアジアナグリ社とともに、パーム油の持続可能なサプライチェーンの構築をめざし、インドネシアの小規模パーム農園における生産性向上やR S P O認証の取得を支援するプログラム「SMILE」（SMallholder Inclusion for better Livelihood & Empowerment program）を実施している^{*28}。このプログラムは、大規模プランテーションとは異なり技術情報の届きにくい小規模農家に直接働きかけ、新規農園開発の抑制に資する生産性向上関連の教育、安全な作業を担保する資材の設置、農薬使用量の低減を目的とした展着剤の無償提供などを行うものであり、隷属的な農業環境の改善と小規模農家に対するトレーサビリティ向上を狙っている。さらに2022年には、対話の双方向性を高め人権課題の本質的な改善を図るべく、経済人コー円卓会議日本委員会との協働でグリーンバンスメカニズムの運用を開始した^{*29}。

このほかにも、日本国内でもアブラヤシ栽培で生じる人権問題や環境問題に対して業界の垣根を超えて協働する取り組みが始まっている。取り組みの一つとして日本市場における持続可能なパーム油ネットワーク（J a S P O N）がある。J a S P O Nは、従来生産者側に活動が依存しがちであった団体とは異なり、小売やNGOなど多くのステークホルダーが団体に参加^{*30}することで、我が国全体で持続可能なパーム油の調達と消費の促進に向けた取り組みを推進しようとしている。

3-3-（4） アブラヤシ廃棄物の活用事例

パーム油製造工程から排出される廃棄物として、パーム空果房（Empty Fruit Bunch：E F B）、パーム搾油工場排水（Palm Oil Mill Effluent：P O M E）、パームヤシ殻（Palm Kernel Shell：P K S）、パーム中果皮繊維（Oil Palm Mesocarp Fiber：O P M F）が挙げられる。また、アブラヤシプランテーションからはパーム廃棄古木（Oil Palm Trunk：O P T）などが廃棄物として排出される。P K Sはカーボンニュートラルなバイオマス燃料として排出国内外で利用され、O P M F

も排出国内で燃料として利用されているが、E F BやO P Tは有効な利用方法に乏しく、また排出される量も膨大で、その発生量はマレーシアとインドネシアの合計で約250万t/年にのぼり、CO₂換算では年間6,000万トン以上にも相当する^{*31}。E F Bは腐敗しやすく水分・灰分・塩分も多いため大部分は廃棄され、土壌汚染の原因となるほか、その発酵過程でGHGであるメタンを発生させる。また、植林から年数が経過して収穫効率が低下したアブラヤシは伐採・再植林することが望ましいが、伐採したO P Tの処理費用を賄うことができない小規模農園は、これを放置し近隣の原生林を伐開して新規農園を開発しがちであり、乱開発の温床となっている。従って、E F BやO P Tの有効活用を図ることが重要である。

株式会社I H IはE F Bを低灰化ペレットに変換して量産する技術を確立し、2018年にマレーシアにIHI SOLID BIOMASS MALAYSIA SDN. BHD. (I S B M) を設立して高品質固体バイオマス燃料として販売・輸出する事業を開始した^{*32}。同社は、このほかにもO P Tのペレット化やP O M Eの油水分離による活用方法の模索も進めており、アブラヤシ廃棄物の有効活用に積極的に取り組んでいる姿勢が伺われる。

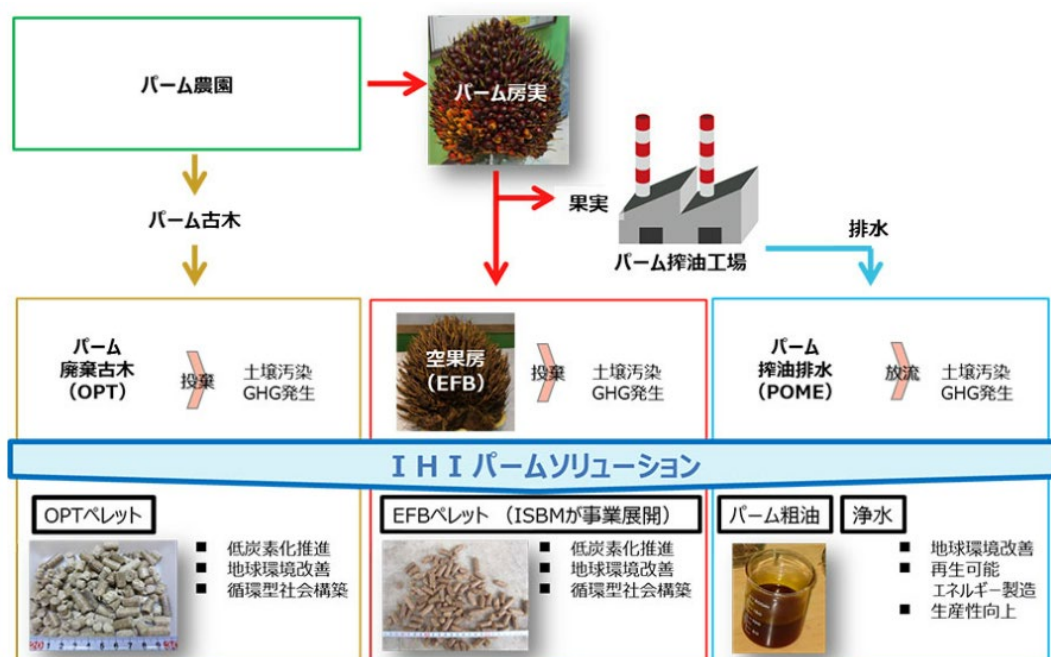


図3-6 I H I が取り組むアブラヤシ廃棄物活用ソリューションの概要

テスホールディングス株式会社は、2018年インドネシアに連結子会社 PT PTEC RESEARCH AND DEVELOPMENT (P T E C) を設立した。同社はE F BやO P Tを原料としてバイオマス発電燃料を製造・販売することを目指しており、2022年には国営のパーム農園企業である PT Perkebunan Nusantara III (P T P N) とE F Bペレット製造事業に関する協定書を締結、スマトラ島北部での本格的な生産（能力年間約20万トン想定）に向けた調査に着手した^{*33}。

2022年に岸田総理大臣によって提唱されたアジア・ゼロエミッション共同体（A Z E C）構想^{*34}を契機として、我が国はアブラヤシ農園から排出される残渣の有効活用に対しより積極的に関与する意向を示しており、上述の案件を含めアブラヤシ由来バイオマスの使いこなしによるパーム油産業の持続可能性向上の取り組みは今後ますます加速していく^{*35}であろう。

3-3-(5) パーム油および川下製品代替の研究・開発

今後のパームの調達難や温暖化による供給量の制約を見据えて、パーム油やその誘導体について代替原料を模索する動きも進んでいる。食用パーム油の分野では、日清食品ホールディングス株式会社の事例が挙げられる。同社はカップ麺の揚げ油などで多くの油脂を使用しているが、食料自給率が低い日本において安定的な調達を継続するための施策として、油脂酵母が生産する油脂を使った油揚げ麺の作製に取り組んでいる^{*36}。新潟薬科大学・不二製油グループ本社株式会社および産業技術総合研究所（AIST）らのチームは、NEDOのバイオものづくりテーマ「脂溶性化合物生産のための油脂酵母産業用スマートセル構築」のもとでグルコースを効率よく油脂に変換する油脂酵母を見出しており^{*37}、一連の研究によって得られた知見が活かされたものとみられる^{*38}。このほかにも、同社は大豆由来の代替肉を製品に用いたり、牛の筋細胞を塊状組織へと培養し食感の向上を図る検討を進めたりするなど、同社の製品群全体について既存原料代替を探索している。

また、2022年に花王株式会社は、ユニリーバ社とともにアメリカ・ジェノマティカ社が技術プラットフォームを提供する新規ベンチャー企業に出資したことを発表した^{*39}。ジェノマティカ社は、糖類を油脂へと変換する発酵技術において世界有数の菌ライブラリや菌種改良技術を有しており、このベンチャー企業を通してパーム油由来製品の原料代替を図っているものと思われる。2023年には化粧品大手のロレアル社も当該ベンチャーに参画することが発表され^{*40}、日用品だけでなく香粧品分野でもパーム油の代替を模索する動きが進んでいる。

3-4 我が国における個別リスクヘッジの限界

ここまで、我が国の油脂産業を概観し油脂調達のリスクに対する様々な取り組みを紹介してきた。しかし、本質的な課題解決には程遠いと言わざるを得ない。なぜならば、3-1節で述べたように油脂の供給自体が輸入依存であるという問題が厳として存在するからである。根源的には油脂の自給率を高めるべきであり、我が国の油脂消費量のおよそ8割は食用油あるいは食油加工品であることから^{*15}、油糧作物の増産という観点に立って食料事情を概観してみたい。

3-4-(1) 輸入に依存する我が国の食料供給

日本のカロリーベースの食料自給率は、1965年度の73%をピークに減少の一途をたどり、2000年度以降は40%前後で推移している^{*41}。これは諸外国と比較しても低い水準^{*42}にあり、穀物など基軸作物の海外移転と国内農業の高収益農産物への転作が進行していることの証左といえよう。しかるに可食物の廃棄量、いわゆる食品ロスが年間522万トンに達し^{*43}、輸入依存にも関わらずその全量を有効活用する体制が確立しているとは言い難い状況にある。

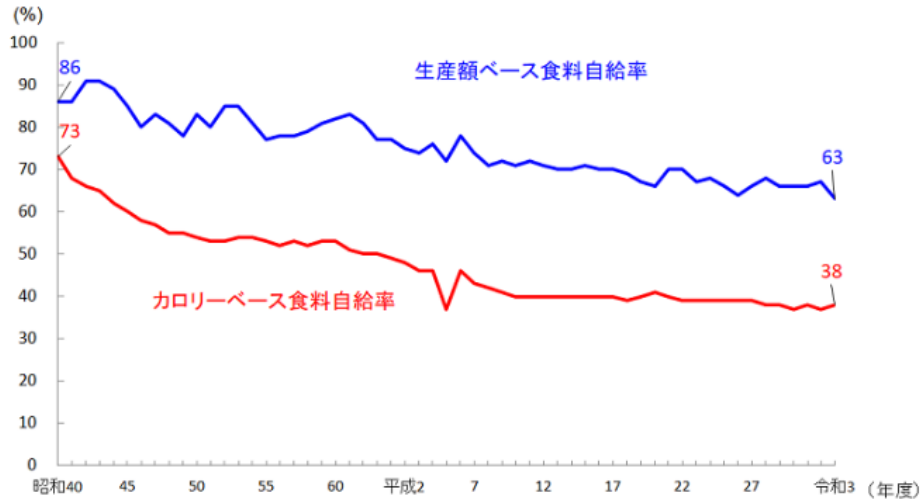
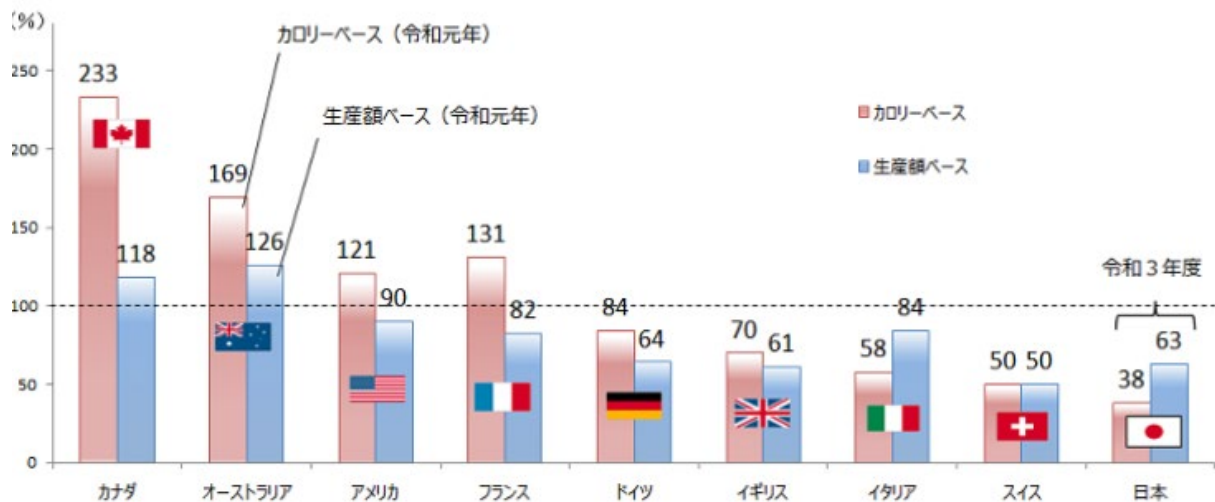


図3-7 我が国の食料自給率の推移



資料：農林水産省「食料需給表」、FAO「Food Balance Sheets」等を基に農林水産省で試算。（アルコール類等は含まない）
 注1：数値は暦年（日本のみ年度）。スイス（カロリーベース）及びイギリス（生産額ベース）については、各政府の公表値を掲載。
 注2：畜産物及び加工品については、輸入飼料及び輸入原料を考慮して計算。

図3-8 我が国と諸外国の食料自給率

世界経済の成長による新興国の購買力上昇とボーダーレス化の進展による食の多様化の加速により、限られた食料資源の獲得競争が発生するリスクがある。2010年には外務省の諮問による有識者会議によって食料については平時の自由貿易推進と有事体制の準備（増産・輸入先の多角化・備蓄等）を提言する報告書^{*44}が提出されているが、油脂や油糧作物についても同様の指摘が成り立つとみてよいだろう。

油脂産業における実例として、パーム油の例を挙げたい。インドネシア政府は国内物価上昇抑制策として、パーム油輸出業者に対する国内販売数量義務（DMO）を設け、輸出許可量に物理的な制約を課すとともに、輸出業者に対してパーム産業育成基金（Levy）の支払いを義務づけるなど国内産業の保護政策を推進している。中でも新型コロナウイルス感染症の影響で世界的に労働力不足と貿易能力の逼迫が深刻化した2022年、同国政府はパーム油の輸出禁止措置を発動^{*45}させた。船積みが完了したパーム油の輸出許可が下りないなど市場は混乱し、さらなる市況の高騰を招いたことから禁輸措置そのものは3週間程度で撤廃されたが、その後もDMOの数量規制や輸出税・Levyが市況に連動する仕組みの採用など影響は長く尾を引いた。そのため、エンドユーザーで一時的な出

荷調整が求められる等、日本国内でのストックポイントにおける在庫量自体の少なさが浮き彫りとなった。中国やEUでは大規模な港湾在庫を確保しているのに対し、現状日本では各企業の保有タンクのみであり、本件のように輸入が停止してしまうレベルの有事が発生した際に国内需要を賄うことは到底出来ない。インドネシア一国が保護主義経済に舵を切った段階で深刻な影響が生ずる我が国の油脂産業は脆弱な構造であると言わざるを得ず、国や業界団体レベルでの在庫確保と管理方法を考える必要があろう。

3-4-(2) 国産原料増産の可能性：日本の農業実態

それでは、油脂について自給率を高めることは現実的であろうか。この命題に対し、農業という枠組みから見てみたい。JAグループでは全ての食料を国内で生産することは現実的ではないと指摘しつつ、国民が必要とし消費する食料はできるだけその国で生産する「国消国産」の取り組みを進めている^{*46}。しかしながら、その実現に向けて、日本の農業には大きな課題がある。

① 日本の土地の特徴

日本の国土は、山が多く平野が少なく、日本の国土の地形を「山地」、「丘陵地」、「台地」、「低地」、「内水域等」に分けて地形別の面積を見ると、「山地」と「丘陵地」の合計で7割になる。標高0～100mの地域が国土全体の4分の1を占めるが、標高500m以上の地域も国土全体の4分の1を占めている。また、国土のおよそ3分の2が森林である。国土面積に占める森林面積を森林率というが、FAO（国連食料農業機関）によると世界の森林率は平均約30%であり、我が国は世界各国の中でも森林に恵まれた国土である。そして四方八方を海に囲まれた島国日本は海洋面積が広いことも特徴的であり、我が国の領海や排他的経済水域の面積は約447万平方kmと国土面積の約12倍（世界第6位）、世界有数の広さを有している^{*47}。豊富な森林資源や広い海洋に比して農地は少なく、我が国の国土のうち農地として利用されている面積は12%に満たない^{*48}。

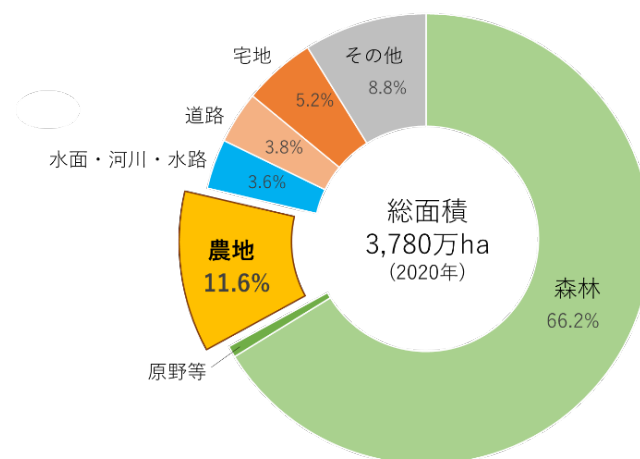


図3-9 我が国の土地利用区分

諸外国と比較すると、我が国は農地面積そのものが限定的であることに加え、森林が多く農地として活用できる割合が少ない点も特筆すべきである。欧州主要国の農地率は我が国の4～6倍程度であり、単位人口当たりの農地は我が国の5倍程度である。山岳国家と思われがちなスイスでも農地率は日本の3倍以上であり、我が国はあまりに平野が少なく農地に出来る土地が少ないことが分かる^{*49}。

表 3－2 主要国の農地面積率と人口 1 人当たり農地面積

国名	人口 (万人)	国土面積 (万ha)	全農地面積 (万ha)	農地面積率 (%)	一人あたり 農地面積(a/人)
日本	12,693	3,780	447	11.8	4
アメリカ	32,218	98,315	40,586	41.3	126
フランス	6,472	5,491	2,872	52.3	44
ドイツ	8,191	3,576	1,666	46.6	20
イギリス	6,579	2,436	1,735	71.2	26
イタリア	5,943	3,013	1,272	42.2	21
スイス	840	413	152	36.8	18
カナダ	3,629	99,847	6,267	6.3	173
オーストラリア	2,413	77,412	37,108	47.9	1,538

さらに、近年では農地面積は主に宅地等への転用や荒廃農地（現に耕作に供されておらず、耕作の放棄により荒廃し、通常の農作業では作物の栽培が客観的に不可能となっている農地）の発生等により減少しており、今後も減少が見込まれている^{*50}。

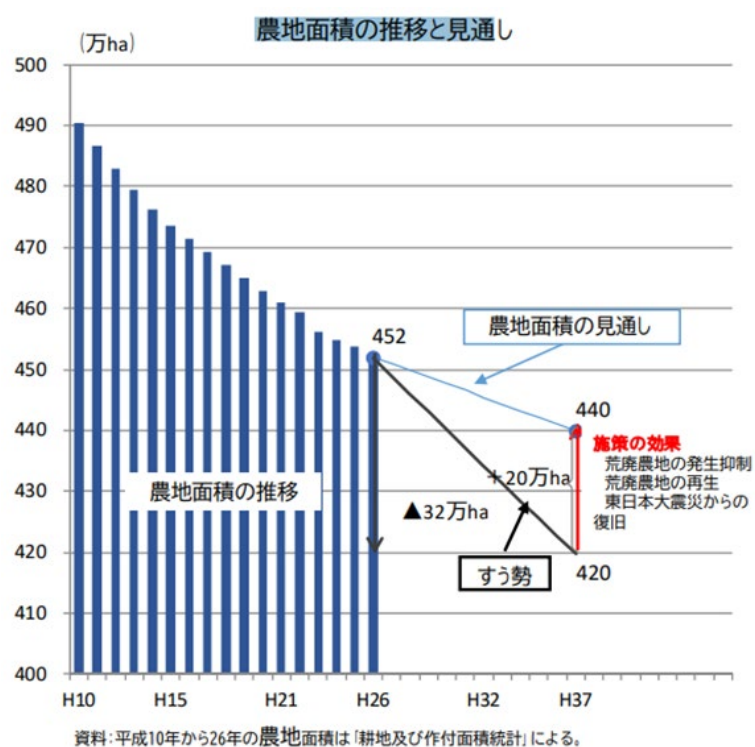


図 3－10 農地面積の推移と見通し

② 高齢化による農業生産者の減少と耕作放棄地の増加

現在の我が国では高齢化が進行していることもあり、農業の担い手不足が深刻な状況にある。農業労働力に関する統計によれば、ふだん仕事として主に自営農業に従事している基幹的農業従事者の数は年々減少している。高齢化による農業生産者の減少、後継者不足（新規就農者数の不足）、それに伴う耕作農地の増加と、農業そのものが衰退している状況であり、新規に農業従事者を増やして油糧作物を増産することは容易ではない。

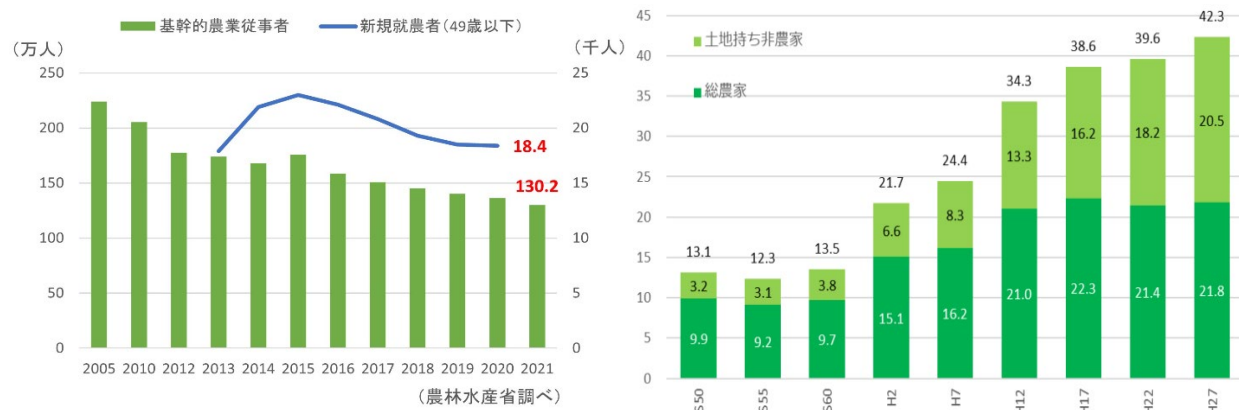


図3－1 1 基幹的農業従事者数の推移^{*51}（左）および耕作放棄地面積の推移^{*52}（右、単位万ha）

3－4－（3） 人材不足の問題

少子高齢化の日本では、農業だけではなくほとんどの産業において人材不足が叫ばれて久しい。人手不足の問題は、少子化だけではなく日本の生産性の低さが原因と指摘する声もある。これに対応するため、デジタルトランスフォーメーション（DX）の推進などで業務の効率化を図るなど取り組みはなされているが、IT分野でのスキルを持った人材が不足していることや、現行のシステムの保守・運用は属人性が高く古いシステムを刷新出来ないこと、また守りの姿勢が強い企業体質などから日本でのDX推進は世界と比べ遅れを取っており、これらの成果が出るにはまだ時間を要する状況にある。

このように人材不足と少子高齢化が進む日本において、外国人労働者に対する期待は非常に大きい。厚生労働省の発表^{*53}によると、外国人労働者の割合は、「卸売業、小売業」が18.6%で最も多く、次いで「製造業」が17.7%、「宿泊業、飲食サービス業」が14.4%の順となっている。人材不足が深刻な業界ほど外国人労働者の数が多く、今後は「医療・福祉」「建設業」の業界等でも外国人労働者の数がさらに増えていくことが予想される。このような状況で、国は外国人技能実習制度などを活用して労働力確保を進めているが、日本語の取得など高い壁があることや、長時間労働や低賃金・賃金未払い、ハラスメントなど、深刻な問題が起きていることも事実である。

また、JICA（国際協力機構）の研究機関がまとめた報告書によると、2030年に日本が必要とする外国人労働者は419万人で、来日し、就労しているの見込まれる人数と比較すると63万人が不足する見通しであるとされる^{*54}。既に他国との人材の獲得競争は始まっており、在留資格の要件を緩めても、日本に来る外国人は減少する見込みである。農業従事者のみならず、油脂産業をはじめとする製造業において、日本内外から優秀な人材を確保し続けることが重大な課題である。

3－5 日本の油脂産業が見据えるべき未来

ここまで我が国の油脂産業を概観し、前章で述べたグローバルリスクが産業のあらゆる側面から影響を及ぼしかねないことを理解し、リスクへの対応の事例を紹介したうえで、将来の我が国における油脂（油糧作物）増産の可能性が農業観点から非常に困難であることを指摘した。各企業においては、輸入依存の現状と事業継続の重要性からさまざまな対策を打ち出しているが、原料調達が多角化やスワップなどに主眼が置かれており、昨今のリスクが同時多発的に発生した場合は十分に機能しないことが明らかになった。

自ずと、個別でのリスクヘッジ策には限界がある。3－3節では業務提携等の横の連携を取っているケースを紹介したが、基本的にこれらの取り組みは汎用品分野に限定されがちである。汎用品は規格などがある程度共通化されており容易に連携が取れると考えられる一方、油脂誘導体での加工が進むにつれ、企業ごとの規格差や製品の差別化を図るための知的財産権が障害となり、企業を超えた横断的な連携は取りづらい。製品の用途により適用法が異なる法規制の体系、企業間の利害の対立など、超えるべきハードルは高い。

加えて、現在の世界は不確実性が増しているとの指摘がある。米国スタンフォード大のニック・ブルーム教授などが開発した経済政策不確実性指数^{*55}は新聞報道・税制改定・エコノミスト予想の3要素から計算される経済政策の将来に対する不安定要素を数値化した指標であるが、世界全体の指数は今世紀初頭に100前後でしていたものの2010年代から上昇傾向を示し、2020年5月には430を記録した^{*56}。

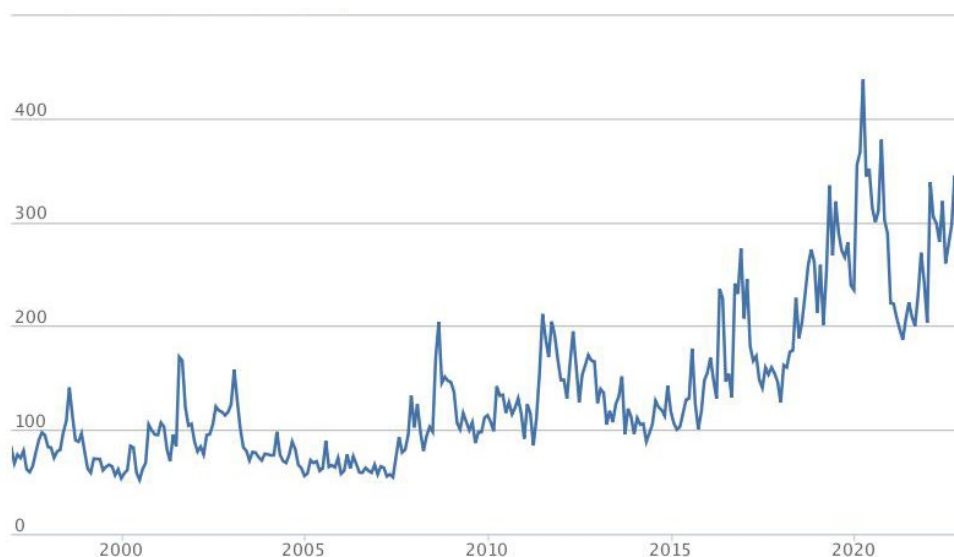


図3－12 グローバル経済政策不確実性の推移

世界経済がどのような方向に向かうのか、数多くのリスクが実際の問題として顕在化しつつある現代においては予想が全くできないことを示唆している。このような世界経済の中にある我が国の油脂産業にあっては、従来通りの安価・安定調達をもくろむ油脂獲得競争の視野から脱却し、これまでにはない視座からの連携を図ることが必要不可欠であると考えられる。

第4章 油脂産業界におけるこれまでの取り組みと課題

ここまで、第2章では頻発して顕在化もしくは潜在的なリスクについて、そして第3章ではそのリスクに対する油脂産業の動きと展望について述べてきた。現在まで我々油脂産業界に属する各企業は顕在化したリスクに対して事業継続に向けた活動に加え、BCP（Business Continuity Plan）確保に向けた活動の検討・実践をしてきた。また、油脂工業会館でも過去の研究会において、様々なリスクに対して研究・検討を行ってきた。ここでは、これまで述べてきたリスクと油脂産業の動きに対して過去に行った研究事例や、他企業、学術団体の検討事例を参考に、現在我々が直面している同時多発的に発生する世界的リスクに対応する為の課題について述べ、今後発生することが予想されるリスクへの対応策として、当研究会の提言を述べる。

4-1 油脂工業会館研究会で過去実施された研究事例

これまで述べてきたリスクは過去に発生した、もしくは過去から指摘されていたものもあり、そのリスクに対して当研究会では研究を行ってきた。以下、幾つかの研究事例を紹介する。

4-1-1（1）日本の油脂産業に与える影響の研究事例

3-4節において、日本の油脂産業に与える影響について述べられている。ここで日本は資源が乏しく、食糧自給率が低いことが挙げられている。これに対し、平成23年に「食糧リスクと油脂産業」^{*1}というテーマで研究を行った。この研究によると、世界の人口は爆発的に増加し、2050年に90億人に達すると見込まれている。特に世界人口の4割となるBRICs（ブラジル、ロシア、インド、中国）などの新興国が台頭することにより、食糧需給のバランスに大きな影響を及ぼすと考えられている。つまり食糧需要の爆発的な増大が起これと予想される。そのような環境下で行っている提言は、国内に存在する耕作放棄地の有効活用である。そこで収穫された農産物（油糧作物）の地産地消を行い、安心安全を謳った「国産農産物」としてブランド化をすることを推奨する。また一方では、ハイテク技術を活用した植物工場システムやオイル産生微生物の活用を行うことにより、日本の食糧自給率低下に歯止めをかけようとしている。この提言に対して、旗振り役の不在により実現はされず、提言にとどまっている。今回我々は後者について視察を行ったので、次章にて詳細に述べる。

また日本の人口減少と少子高齢化が進行していることに関して、平成24年に「少子高齢化社会における働き方」^{*2}というテーマで研究を行った。そこでもバブル崩壊の1990年代以降の日本経済の長期停滞とデフレ状況が長期化され、市場（需要）や経済活動（供給）が拡大の期待できる状況ではないと報告されている。さらに日本の合計特殊出生率については、1975年に2.0を下回っている状況である。それにより、今後の総人口推移は、2010年度実績値の1億2806万人に対して、2030年度の1億1662万人、2060年度8674万人と推定される。それに加え、労働人口においても2006年度の6657万人に対し、2030年度は5584万人、2050年度は4228万人と大きく減少すると推定される。それ

に対し、ダイバーシティマネジメントに基づく「全員参加型 幸せ労働」の提案を行っている。それを行うことで、「多様な人材や人的資本の十分な活用」、「働き方の選択肢が広がる」、「油脂産業の事業展開」を達成することが可能になると述べられている。ただ、こちらの提言もとりまとめ役の不在、具体的な企業の呼びかけが無いため、提言に留まっている。

4-1-(2) 気候変動（温暖化対策）への研究事例

2-2節において気候変動によるリスクについて述べたが、地球環境の喫緊の課題であるため当研究会においても、数回にわたって議論を行ってきた。令和1年に「気候変動および異常気象リスクを見据えた油脂原料の獲得」^{*3}、令和3年に「脱炭素社会と油脂産業」^{*4}、平成15年に「油脂産業における地球温暖化対策」^{*5}と題して、研究を行っている。

「気候変動及び異常気象リスクを見据えた油脂原料の獲得（令和1年）」については、世界平均地上気温について、1880年から2012年の期間に0.85℃上昇し、最近30年の各10年はいずれも、1850年以降の各々に先立つどの10年間よりも高温であり続けている。その影響で、1950年代以降、多くの極端な気象及び機構減少の変化が観測されている。それに伴い、油脂産業においても、爆発が予想される世界人口と相まって油脂原料の供給不足や市場相場の高騰といったリスクが年々拡大している。その課題解決に向けて国際的な取り組みとして、「認証油の調達（RSPO）」、「REDD+による森林資源の保全」、「バイオ燃料の活用」、油脂業界の取り組みとして、「油脂（パーム油・大豆・なたね）生産性向上による気候変動への適応策」、「新たな油脂やバイオ燃料供給にむけた技術開発」といった「負の連鎖」を紹介し、それぞれの課題と対策を論じうえて、「正の連鎖」へ転換するビジネスモデルを提言する。正の連鎖として、「油脂業界団体加盟企業が拠出する新規代替油脂の開発会社設立」、「業界団体としてRSPO等各油脂原料の認証機関への加盟」することにより、負の連鎖からの脱却を提言している。

「脱炭素社会と油脂産業（令和3年）」については、現状の気候変動に伴った将来のリスクについて触れ、主要国と主要産業の取り組み事例を紹介し、油脂産業の現状とその脱炭素化に向けた活動を述べたうえで、「分散型脱炭素社会」と「パーム油代替油脂取得の可能性」について提言を行っている。分散型脱炭素社会では、地方の耕作放棄地にアブラ椰子栽培を行うことで、二酸化炭素排出量の大幅な低減を試みている。パーム油代替油脂取得の可能性においては、微生物（酵母・ミドリムシ）や昆虫（アメリカミズアブ）を用いることにより、代替油脂の獲得を試みている。

上記テーマではコストの問題と先ほども述べた事務局不在という観点から実現に至っていない。

「油脂産業における地球温暖化対策（平成15年）」では地球温暖化への影響が大きい二酸化炭素（CO₂）に着目し、世界各国のCO₂等温暖化ガスの規制や対策事例の調査、紹介に加えて、日本国内の油脂産業に携わる各社での温暖化ガス排出量抑制に向けた取り組みを紹介している。しかしながら、各社の事例紹介にとどまっており、油脂産業界としての包括的な取り組みの提案、提言はされておらず、各社の自助努力を促すことに留まっている。

地球温暖化による気候変動、その影響による自然災害は毎年、世界各地で発生しており、CO₂削減や脱炭素といった温暖化対策は、世界的に継続して取り組むべき課題となっている。また、SDGs（Sustainable Development Goals）の17のゴールのうち、13番目には「気候変動に具体的な対策を」として掲げられており、日本政府も目標達成に向けたアクションプランを提示している^{*6}。近年、油脂産業界のみならず各分野の各企業がSustainabilityをキーワードとした持続可能な社会構築に向けた取り組み、活動を積極的に進めている。我々、研究会でも油脂産業界として持続可能な油脂産業の実現への提言、提案をするべく調査を進めてきた。その調査内容については次章で述べることとする。

4-1-（3）油脂原料調達への研究事例

第3章において述べたように、日本の油糧穀物、油脂原料の調達はその大半を輸入に依存している。その産地は種類によって異なるが、1つの油糧穀物が地政学的リスク、もしくは天候不順による不作となると、その他の穀物相場価格の高騰や、調達難等のリスクに直接連動する。当研究会においても平成21年に「油脂原料をどうする」^{*7}という内容で、油脂原料の確保、自給率アップについて研究、提言をしている。これは2007年から2008年にかけて、異常気象による穀物生産量の減少、新興国での食糧需要の増加、リーマンショックによる巨額の投資資金の商品市場への流入により穀物価格が高騰。その結果、発展途上国の一部地域で、市民の暴動や紛争にまで至ったことから、油脂原料の自給率アップにフォーカスしたものである。この研究では微細藻類産生オイルの応用を提言しており、それは国内の耕作放棄地の1/10程度を活用するというものである。当時の研究では約6万ha（600km²）の耕作放棄地を油田にすることで、日本の油脂需要量約300万トンを十分に確保できるとされている。しかしこの提言も現時点で実現に至っていない。約6万ha（東京ドーム約12,800個分）の耕作放棄地を企業単独で油田に変えることは実質不可能であること、業界団体としての動きに繋がらなかったことが要因と考える。

4-2 国内におけるリスクヘッジ策の研究事例

3-3節では、国内におけるリスクに対しての具体的なヘッジ策を紹介しているが、過去油脂工業会館研究会においても、平成28年に「油脂産業の企業間を横断したBCP～BCP連携の可能性～」^{*8}というテーマで、研究を行った。その内容は、国内企業のBCP策定状況からその具体的な企業間連携について触れ、油脂業界にアンケートを取り、現状の把握を行った。その結果、連携形態について、サプライチェーン型連携（2社間・3社間以上）、競合型連携について提言を行った。ただ、残念ながらこちらの研究会で提言した内容においても、連携に対する前提については論じているものの、具体的な連携方法と推進体制が述べられていないために、実現することができず、提言のみに留まっている。

4-3 世界的リスク同時多発時代における日本の油脂産業の在り方

本報告書の第2章では世界的リスクについて、第3章では日本の油脂産業の現状と課題について述べてきた。加えて本章では過去の研究会において検討、提言されたものの実現されてきていない実情についても触れてきた。これまでに発生した様々なリスクに対しても各社は企業努力の末に乗り越えてきていることに加えて、市場競争環境下において優位性を維持、向上させるため、各社が創意工夫を凝らして様々な取り組みを進めてきた。これまで述べた研究会の提言は油脂産業分野としての提言であり、各企業間連携の具体的な取り組み、提言ではなかったことが、提言が実現されていない理由の一つと考える。

2011年に発生した東日本大震災をきっかけにBCPの重要性がますます注目され、各社が独自に企業努力を実践し、実現してきている。その結果、2～3社間での協業による取り組みは進んだものの、業界全体で取り組む事は出来ていない。

2020年に発生した新型コロナウイルスの世界的流行により、世界各国の経済が停滞した事だけでなく、物流等にも大きな影響が出て、各社とも輸入原料の調達において苦労したことは記憶に新しい。この報告書を作成している2023年3月時点で物流や油糧穀物の生産はやや落ち着きを取り戻してはいるものの、将来にわたって同様のことが発生した場合に、同じ状況に陥る可能性は残されていると考える。

加えて最近ではBCPという事業継続に関係するものとして、持続可能性（Sustainability）という言葉が企業活動分野においても非常に重要視されており、利益を上げるだけでなく社会的責任を果たし、将来において事業を存続できる可能性を持ち続ける活動を進めなければならない環境となっている。SDGsはその根本となっている世界的目標である。現在、油脂産業分野のみならず、各企業分野においてSDGsの目標達成に向けた取り組みが各社で進められている。我々油脂産業に携わる企業の多くは、生産された油糧穀物、もしくは油脂を購入し企業活動を行っているが、今後は各社がSDGsに貢献する油脂事業への質的転換、具体的には油脂や油糧穀物の生産から、その活用まで配慮した持続可能性の実現が必要であると考えます。グローバルジャイアントと呼ばれる世界的大企業は、その企業単独でSDGsの目標達成に向け、投資を含めた企業活動を推し進めることができる。しかしながら我々、日本国内で油脂産業に属する企業単独では、そのようなグローバルジャイアントと対等に渡り合うのは非常に難しいと考える。

当研究会では今回の研究テーマである「世界的リスク多発時代における油脂産業」の議論、検討を進める中で、今後リスク対策の活動を進めるには持続可能性、SDGsの17の目標達成に貢献する取り組みとなる必要があると考えた。しかしながら、今後厳しくなると予想されるグローバル企業との競争において、日系企業各社が各々でこのような活動への取り組みは人的リソース、資金面、グローバルネットワーク等において劣後すると予想されることから、持続可能性、SDGsの目標達成に向けた活動は、各企業が協働で取り組むのが必要と考える。

4-3-(1) SDGsに関する研究事例

平成13年から昨年まで、これまでに計20回の研究会が実施されており、その中には令和1年の「気候変動および異常気象リスクを見据えた油脂原料の獲得」、令和3年の「脱炭素社会と油脂産業」といったSDGsの目標に貢献できるようなテーマについて研究が実施されている。しかしながら、SDGsの17の目標と関連するような研究、検討は実施されておらず、具体的な検討、研究はこれまで実施されていない。

4-3-(2) リスクへの対策と持続可能性に配慮した今後の油脂産業

ここまで述べたように、日本国内のみならず全世界の企業が持続可能性に配慮した企業活動への転換を図るべく、様々な取り組みを進めている。我々が関係する油脂産業では、持続可能な事業活動とその為の原料調達的手段として、RSPO^{*)} (Roundtable of Sustainable Palm Oil : 持続可能なパーム油のための円卓会議) 認証品の購入を進めている企業が多い。このRSPO認証制度は持続可能なパーム油の生産、利用を促進する為のものであり、油脂産業に関連する我々企業や業界団体だけでなく、パーム油産業において持続可能性を目的として標準化された認証制度である。これ以外にもマレーシアで導入されたMSPO (Malaysian Sustainable Palm Oil) やインドネシアのISPO (Indonesian Sustainable Palm Oil) というパーム油産出国で導入された認証制度があるが、国内法が基準になっていることから制度として持続可能性を十分に担保できるものではないという課題がある。

加えて日本の油脂産業界は前章でも述べたようにパーム油のみを使用しているのではなく、様々な動植物油を使用しておりRSPO認証品の調達は、日本の油脂産業の持続可能性に配慮した活動の一部にしかない。そこで本研究会では持続可能性を実現し、且つ世界的リスクへの対策として、海洋資源の活用に着目することとした。その理由は、①前述の通り、日本が世界6位の排他的経済水域を保有しており、豊富な海産資源が期待できること、②SDGsの17の目標の内、14番目に「海の豊かさを守ろう」という目標が掲げられており、海洋資源の活用は持続可能性に配慮したものであり、且つSDGsの目標達成に貢献できるものと考えたからである。

当研究会では世界的リスクが同時多発する昨今の状況を考えると、油脂原料の国内自給率アップが必要と考えた事に加え、持続可能性の面においては海洋資源の活用ではブルーカーボンに着目した。海藻による二酸化炭素の吸収と、藻類活用による油脂原料確保の両立が可能との発想によるものである。調査の結果、油脂原料確保は微細藻類によるものが現実的であるという結論に達するが、その詳細、内容は後述する。

4-4 ブルーカーボン

4-4-（1）ブルーカーボンとは^{*10}

2019年10月に開催された国連環境計画（UNEP）の報告書において、海洋生態系（藻場・浅場等）に取り込まれた炭素が「ブルーカーボン」と命名され、二酸化炭素吸収源対策の新たな選択肢として提示された。ブルーカーボンを隔離・貯留する海洋生態系としては、海草藻場・海藻藻場・湿地・干潟・マングローブ林がある。それらの総称として「ブルーカーボン生態系」と呼称される。なお、陸上植物が大気中の二酸化炭素を吸収し光合成反応を起こし、取り込まれた炭素は「グリーンカーボン」と呼ばれる。

4-4-（2）ブルーカーボンのメカニズム

ブルーカーボン生態系による隔離・貯留のメカニズムは、光合成で使用する大気中の二酸化炭素をブルーカーボン生態系に取り込むことで、二酸化炭素を有機物として隔離・貯留する。ブルーカーボン生態系である藻などが枯死し、海底堆積時に底泥へ埋没する。それによりブルーカーボンとして、炭素は地中に蓄積することになる。コンブやワカメといった海藻は、葉状部が潮流により外洋へ漂流し、海の中深層へ移される。その後、分解されながら中深層に留まることによってブルーカーボンとしての炭素は貯留される。

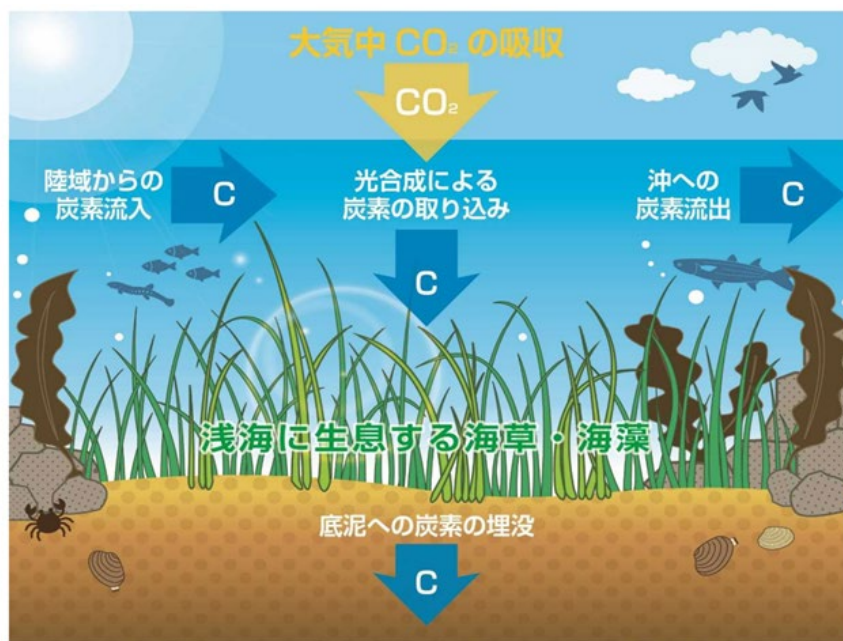


図4-1 ブルーカーボン生態系における二酸化炭素吸収の仕組み^{*11}

4-4-（3）ブルーカーボンのポテンシャル

ブルーカーボンは海底汚泥中に貯蔵された後に長時間（数千年程度）分解されることなく貯蔵される点が重要である。なぜなら海底汚泥中は、無酸素状態のためバクテリアなどによる有機物の分解を抑制するためである。海底には年間1.9億～2.4億トンの炭素が新たに貯蔵されると推測され

ている。図4-2に示すように、年間貯槽留は陸域（ $2,300 \pm 700$ 百万トン）と海域（ $2,400 \pm 500$ 百万トン）でほぼ同程度だが、とりわけ浅海域（ $1,071$ 百万トン）の貯留量は非常に高い割合を占めている。ブルーカーボンはグリーンカーボンと比較して、最大40倍の速さで炭素を貯蔵する。また、図4-3に示すように、国内の浅瀬域による二酸化炭素吸収速度は、海藻藻場（54%）が非常に高いことがわかっている。

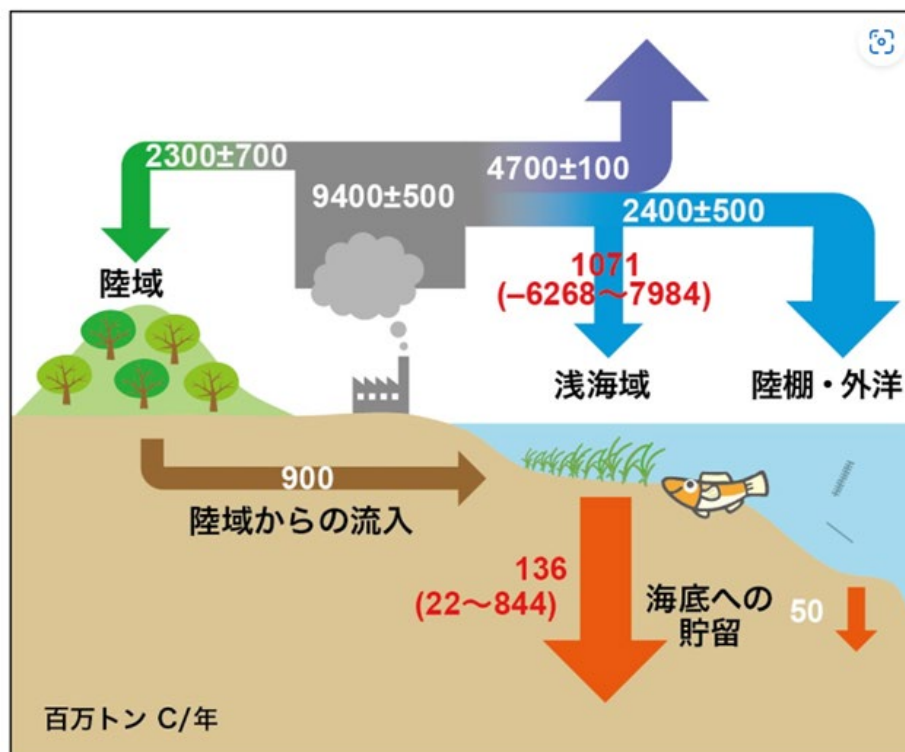


図4-2 地球全体の炭素の流れ^{*12}

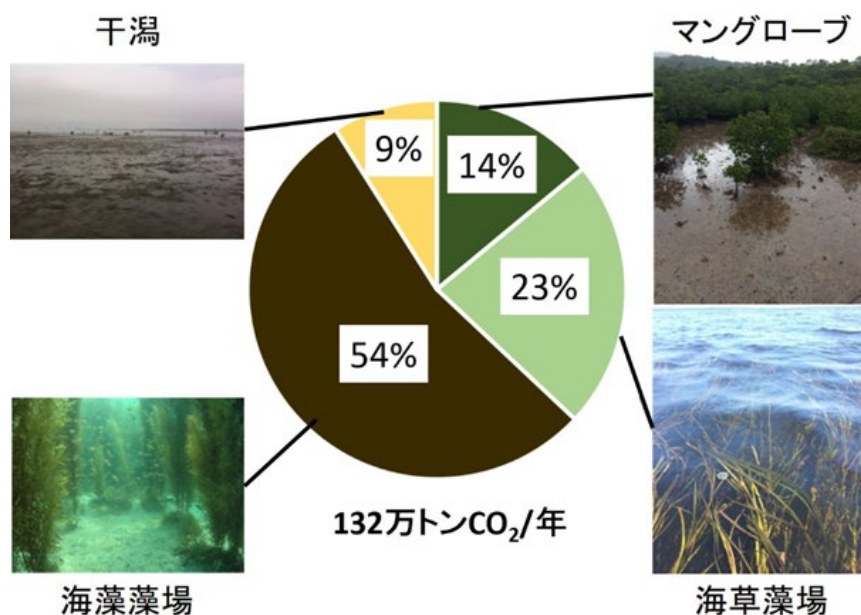


図4-3 国内の浅海域による二酸化炭素吸収速度^{*12}

このようにブルーカーボンは気候変動の主要因とされている地球温暖化ガスの中でも二酸化炭素を有機物として貯留することに優れており、海藻類の活用はSDGsの目標達成への貢献に大きく寄与することが期待されるものである。次章で詳細を述べるが、藻類の油脂生産量は他陸上植物の油糧作物よりも単位収量が極めて多く、その有用性を活用する為の幅広い研究がなされている。前述の通り、日本は世界屈指の排他的経済水域を有する国であり、その豊富な海洋資源の活用によるSDGs 17の目標への貢献に加え、輸入に依存している油脂確保の可能性も期待できる。当研究会では持続可能性に配慮し、且つ油脂の自給を実現できる藻類を活用した次世代型油脂産業スマートアイランド構想を提案するべく、更に調査を行った。その詳細については、次章で述べることとする。

表 5－1 微細藻類の脂質含有率

名称	種類	脂質含有率(%)
<i>Botryococcus braunii</i> (ボトリオコッカス)	緑藻	25-75
<i>Chlorella</i> sp. (クロレラ)	緑藻	28-32
<i>Cryptocodinium cohnii</i>	渦鞭毛藻	20
<i>Cylindrotheca</i> sp.	珪藻	16-37
<i>Dunaliella primolecta</i> (ドナリエラ)	緑藻	23
<i>Euglena gracilis</i> (ユーグレナ)	ミドリムシ	31 [†]
<i>Isochrysis</i> sp.	ハプト藻	25-33
<i>Monallanthus salina</i>	黄緑藻	>20
<i>Nannochloris</i> sp.	緑藻	20-35
<i>Nannochloropsis</i> sp. (ナンノクロロプシス)	真正眼点藻	31-68
<i>Neochloris oleoabundans</i>	緑藻	35-54
<i>Nitzschia</i> sp.	珪藻	45-47
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	珪藻	20-30
<i>Schizochytrium</i> sp.	ラビリンチュラ類	50-77
<i>Tetraselmis sueica</i>	プラシノ藻	15-23

表 5－2 藻類の油脂生産性

植物種	油脂収量 (L/ha/y)
トウモロコシ	172
大豆	446
菜種 (キャノーラ)	1,190
ヤトロファ	1,892
やし	2,689
アブラヤシ	5,950
微細藻類(30%)	58,700
微細藻類(70%)	136,900

微細藻類は、それぞれ表記の油脂含有率を仮定した場合の収量

5－2 ブルーエコノミー由来バイオマスとしての藻類

ブルーエコノミーに基づく代替油脂の獲得を目指す際に候補となりえるものとして、魚油や鯨油などの動物油を指摘することができる。これらの油種は植物油や牛脂・豚脂にはほとんど含まれないイコサペンタエン酸（EPA）やドコサヘキサエン酸（DHA）などの多価不飽和脂肪酸（PUFA, PolyUnsaturated Fatty Acid）を含み、特に魚油はその量が豊富であるため商業価値が高いが、魚油のPUFAは極めて酸化変性しやすく風味劣化を容易に引き起こす[※]ため、植物油と同じような搾油処理工程を経て油脂原料として取り扱うには不向きである。鯨油はその論の妥当性は兎も角、国際的な捕鯨規制の潮流において有望な資源とは言いにくい。そして、これら動物油に共通

する課題として、食物連鎖の上位に位置することから生体育成のためのエネルギーを多大に必要とし、カーボンニュートラルの観点からSDGsの達成に貢献しにくいという問題を有している。

一方、藻類は成長が早く陸上植物のように枯死することもないことから、炭素源としての利用価値は高い。藻類は第3世代バイオマスに位置付けられ、食料との競合も第1世代の陸上農産物に比べれば非常に少なく、第2世代のリグノセルロースと比較して粉碎などの処理が容易であり、活用するメリットは大きい。いくつかの微細藻類は光合成により空气中や水中の溶存CO₂を直接油脂として固定するほか、微細藻類と同様水中に広く分布しているため広義の微細藻類として語られることの多いラビリンチュラ類は光合成を行わない従属栄養生物であるが脂質蓄積性が高いため⁹⁾、油脂資源を与えるバイオマスとして魅力的である。以上をまとめたものが図5-2であり、我々は藻類を中心に据えた油脂ブルーエコノミーの確立を目指すべきと考える。

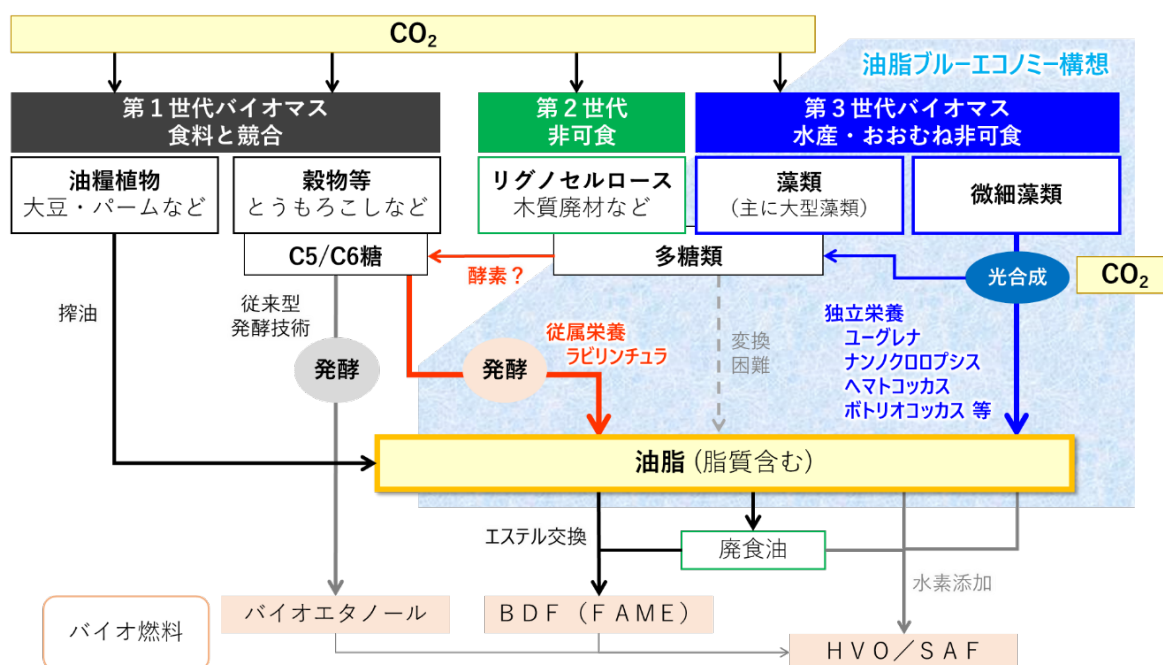


図5-2 油脂原料としての藻類活用構想

5-3 油脂資源としての藻類バイオマス研究例

地球上に存在する藻類は既知のもので約4万種、一説には30万～1,000万種もの藻類が存在すると言われている。多様性に富む微細藻類から油脂を獲得する取り組みは非常に多くの研究例があり、詳細に述べる紙幅はないが、本稿では国内を中心にいくつかの事例を紹介する。

5-3-1 独立栄養型微細藻類

独立栄養生物（Autotroph）とは、無機物、一般的には二酸化炭素を炭素源として有機物を生成する生物をいう。中でも、カルビン・ベンソン回路を経由して光エネルギーにより炭素固定を行う、すなわち光合成を行う植物は大気中のCO₂を直接固定するため、本質的には油脂など目的有機物を得るまでの工程数が少なくエネルギー効率が相対的に良好であると期待される。

①ボトリオコッカス

ボトリオコッカス（もっともよく知られている種は*Botryococcus braunii*）は、ダムなど滞留した水域によく見られる藻類で、最大でミリメートルオーダーに至るコロニーを形成することから肉眼でも視認しやすく、我が国でも普遍的に観察される微細藻類である。ボトリオコッカスの油脂産生に関する性質は2000～10年代に筑波大学の渡邊信教授らのチームを中心に精力的に探索されたが、その特性は脂質としてスクワレンに構造が類似したボトリオコッセンと総称される炭化水素を高濃度で蓄積すること^{*10*11}であり、用途展開としては油脂産業よりもボトリオコッセンを水素化精製して得られるS A Fを目指したものとなっている。ボトリオコッカスは増殖が遅く培養に向かない点が問題視されていたが、神戸大学（当時）の榎本平教授らのチームにより通称「榎本藻」と呼ばれる高速増殖種が見出されたこと^{*12}で、実用化に向けた研究が加速した。株式会社I H Iは、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託事業としてボトリオコッカス由来のS A F開発事業を進めており、2021年には国内線定期航空便の燃料として商用飛行に供された^{*13}。

②珪藻

珪藻はその名の通り細胞の周りにケイ酸質、すなわちガラス状の殻を持つ藻類を総称した表現であり実際には数万種の珪藻が存在すると言われているが、このうちソラリス株と称される海洋珪藻（*Fistulifera*種）は乾燥重量でおよそ60%のトリグリセリドを蓄積し^{*14}、その脂肪酸組成は9割以上がパルミチン酸とパルミトレイン酸、すなわちC16脂肪酸であること^{*15}が報告されている。また、日本の気候特性に合わせて冷涼条件でも油脂を蓄積する株の探索が進められ、Mayamaea種が4℃条件下でも生育可能であることが見いだされた^{*16}。現在、電源開発株式会社を中心に、通年育成可能な微細藻類としてS A Fをゴールに見据えた実用化検討が進められている。

③ナンノクロロプシス

ナンノクロロプシスは真正点眼藻に分類される直径3μmほどの球形の藻類で、乾燥重量で50%程度まで油脂を蓄積でき、またP U F Aの一種であるE P Aも生産可能であることから、一部でサプリメント用途として注目されている微細藻類である。東京工業大学の太田啓之教授らのチームは、一般に藻類は油脂を蓄積しやすい窒素欠乏条件下において光合成による細胞増殖が阻害されてしまうというトレードオフ関係に対して、リン欠乏性条件下では細胞増殖能が損なわれることなくナンノクロロプシスが油脂を細胞内に蓄積することを見出し、さらに緑藻であるクラミドモナス由来のリン欠乏応答性プロモーターを油脂合成に関与する酵素とともに組み込むことで油脂蓄積性を高めたり脂肪酸組成を制御しオレイン酸収量を向上させたりする技術を開発^{*17}している。また、花王株式会社はナンノクロロプシスが油脂蓄積性に加えて遺伝子の相同組換え性を有すること^{*18}に着目し、外来遺伝子の組み込みを伴わないセルフクローニング技術によるナンノクロロプシスの育種を進めている^{*19*20}。セルフクローニング技術を用いることで、遺伝子組換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律（いわゆる「カルタヘナ法」）による実施の制約が緩和され、技術展開への障壁が低くなるものと予想される。同社はナンノクロロプシスの育種により従来の藻類由来油脂では例を見ない中鎖（ラウリン系）脂肪酸の蓄積量を増大させる技術^{*21}や細胞壁の構造を脆弱化させる技術^{*22}の開発を進めている。前者はパーム核油代替油脂として界面活性剤等の日用品原料用途での活用が期待される。後者は、一義的にはナンノクロロプシスが生の飼料として用いられるワムシ培養の効率向上に貢献し、ひいてはワムシが飼料として多用される水産種苗の生

産性向上に有効な技術とみることができる。加えて、将来的には一般的に藻類からの油脂抽出工程における省エネルギー化に有用な技術へと進展することが期待される。

④ユーグレナ

ユーグレナは、ミドリムシの和名が示す通り古典的分類学において植物的性質と動物的性質の双方を併せ持つことを特徴とした真核生物である。ユーグレナは光合成によって固定される CO_2 を β -1,3-グルカンであるパラミロンの形で蓄積することが特徴的^{*23}であるが、光合成以外の炭素源も栄養として資化することができ、光強度・窒素源の多寡・酸素濃度など培養時の条件を制御することによって、その蓄積有機物組成を大きく変化させる。油脂生産にとって有望なのは初期培養時に糖を栄養として外添（後述する従属栄養）してパラミロン含有率を80%以上に高めた^{*24*25}のちに嫌気条件下で細胞内ワックスエステル発酵^{*26}を行う方法で、細胞中のパラミロンはほぼ定量的にワックスエステルへと変換され、その主成分はC14, C14-エステル（ミリスチン酸ミリスチル）となる^{*27}。このときのアルキル鎖長伸長を制御する酵素の働きを制御する遺伝子改変により、鎖長の制御も可能とされている^{*28}。

株式会社ユーグレナはこの藻類の活用について数多くの取り組みを行っており、エネルギー用途への展開を図っている。これまでにユーグレナ由来バイオ燃料と廃食油由来バイオ燃料の混合によるSAFの実用化を果たしている^{*29}ほか、いすゞ自動車株式会社と共同でユーグレナ由来原料100%のディーゼル燃料の開発を進めている^{*30}。

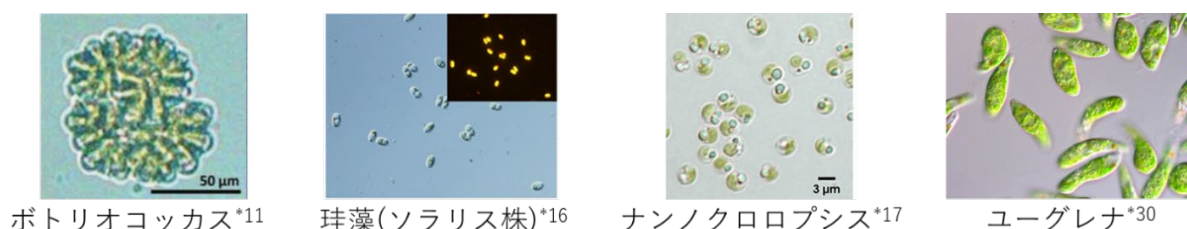


図5-3 光合成を行う微細藻類の例

5-3-(2) 従属栄養型微細藻類：ラビリンチュラ

従属栄養生物（Heterotroph）は、無機炭素を資化できる独立栄養生物に対し、有機炭素を摂取してエネルギーを得る生物をいう。大気中の CO_2 を直接固定できないという点で独立栄養生物よりも不利であるが、油脂蓄積量の多さや増殖の速さによっては実用性の高い手段となりうる。

微生物の多くは、単糖であるグルコースやフルクトースを栄養源として多糖や脂質を蓄積する。従属栄養生物を用いる際にはいかにこの単糖を安価に調達するかが事業化を検討する上でのポイントであり^{*27}、一般的にはトウモロコシやサトウキビなどから得られるショ糖を原料にすることが多い。諸外国ではこれらの作物からバイオエタノールを生産することが広く行われており、世界一の砂糖生産国であるブラジルでは、年間およそ25百万キロリットルのバイオエタノールが生産されている^{*31}。同国におけるサトウキビの消費量は砂糖向けとバイオエタノールがおおよそ半々の割合であり、食糧資源を燃料に振り向けているとの指摘があるほか、あたかも東南アジアにおけるアブラヤシと同様、アマゾン河流域の熱帯雨林が乱開発されているのではないかと懸念も指摘されている。従って、我々は環境に対する負荷が小さく、安価で、可能な限り国産資源としてこれらの単糖を確保する手段を考えなければならない。これについては次節で詳述することとし、本項では油脂産生藻類の例としてラビリンチュラを用いた技術開発事例を紹介する。

ラビリンチュラ類はストラメノパイルに属する原生生物の一種で、光合成を行わないことから厳密には藻類の定義には該当しないものの、珪藻や褐藻に比較的近縁であり水中に広く分布することから、微細藻類あるいはその類縁体として扱われることが多い。日本近海にも普遍的に存在することが知られており、瀬戸内海および日向灘での存在数は $2.1 \times 10^3 \sim 5.6 \times 10^4$ セル/Lとの報告例^{*32*33}がある。これは浮遊性細菌に対して数%～数十%程度の量にも達する濃度である。

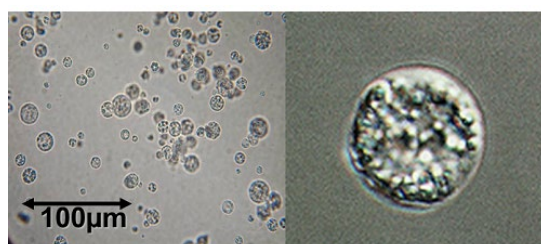


図5-4 ラビリンチュラの顕微鏡写真^{*34}

前述した渡邊信教授らのチームによる研究ではラビリンチュラの一種であるオーランチオキトリウム (*Aurantiochytrium*) 属で比増殖速度 (濁度法・OD₆₆₀) が2～3に達する良好な増殖性を示すことが確認されており^{*35*36}、培養の容易さの面から有望な種であることから、その油脂生成挙動に関して種々の知見が得られている^{*9*37}。

5-2節で魚油のPUFAについて述べたが、実は魚類などの脊椎動物はPUFAを生合成することができず、ラビリンチュラをはじめとする微生物の生体内で生成されたPUFAが食物連鎖により蓄積されるという説が有力になっている^{*38}。ラビリンチュラにおけるPUFAの生合成経路は九州大学伊東信特任教授・宮崎大学林雅弘教授・甲南大学本多大輔教授・日本水産株式会社らのチームによって詳細な検討が行われ、その結果生体内における酵素機能発現の有無がPUFAの組成を支配していることが明らかとなった^{*39}。また、ラビリンチュラ類のうち*Schizochytrium*属や*Parietichytrium*属の株に蓄積される脂質はパルミチン酸やステアリン酸、オレイン酸などが主産物でありPUFAの含有量が少ないこと^{*40} (図5-5) に加え、DHAの生合成はパルミチン酸を起点に進行すること (図5-6) から、酵素機能の発現を制御すれば植物油類似の脂肪酸組成を選択的に与える可能性が示唆される。前述の林の報告によると脂肪酸の生産性は45g/Lを超えるとされており、油脂生成技術の観点で有望な微細藻類であると言えよう。

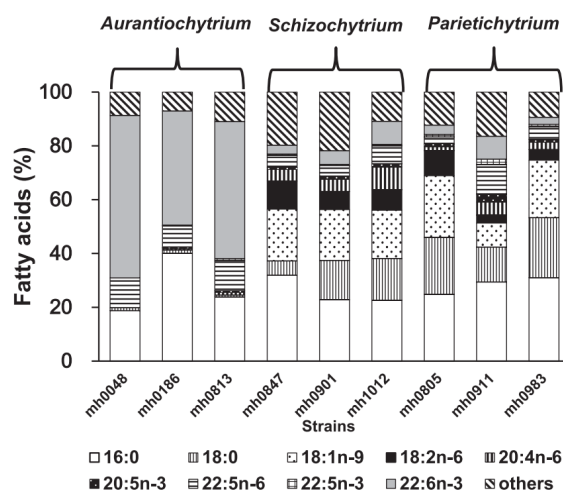


図5-5 種々のラビリンチュラ類に蓄積される脂肪酸組成

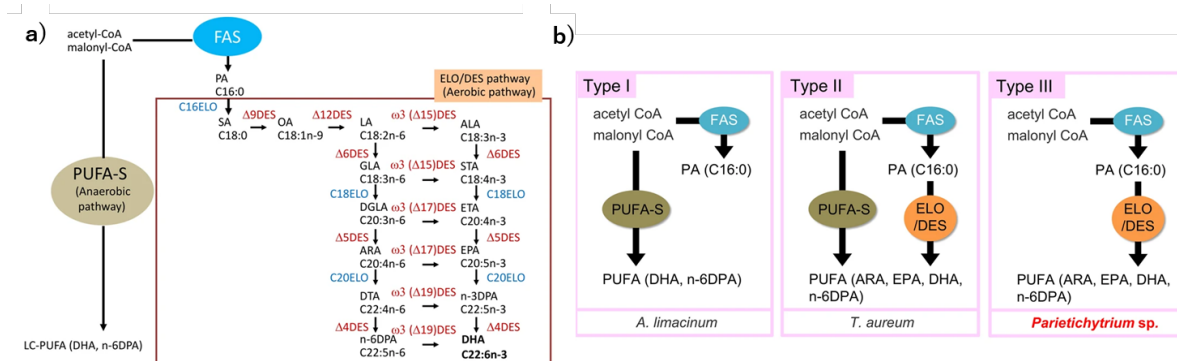


図5-6 ラビリンチュラ類における、a) PUFA合成経路 および b)種の違いによる酵素発現有無とPUFA生成メカニズムの相違³⁹。代謝経路にPA（パルミチン酸）が介在する

さらに、広島大学の秋庸裕教授らのチームは、オーランチオキトリウム属が単糖ではなく酢酸やクエン酸を代謝して脂質を与えることを見出した（図5-6）⁴¹。同大学の中島田豊教授らのチームは独立化学栄養生物であるホモ酢酸生成菌を用いてCO₂から酢酸を得るプロセスについて検討しており⁴²、これらを一気通貫で実施しCO₂から脂質を得る「Gas-to-Lipidsバイオプロセス」の実証実験が進められている⁴³。

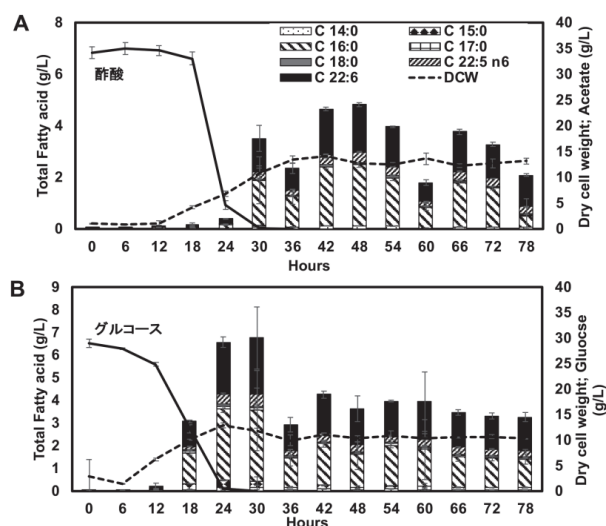


図5-7 オーランチオキトリウムによる酢酸およびグルコースの発酵生成物

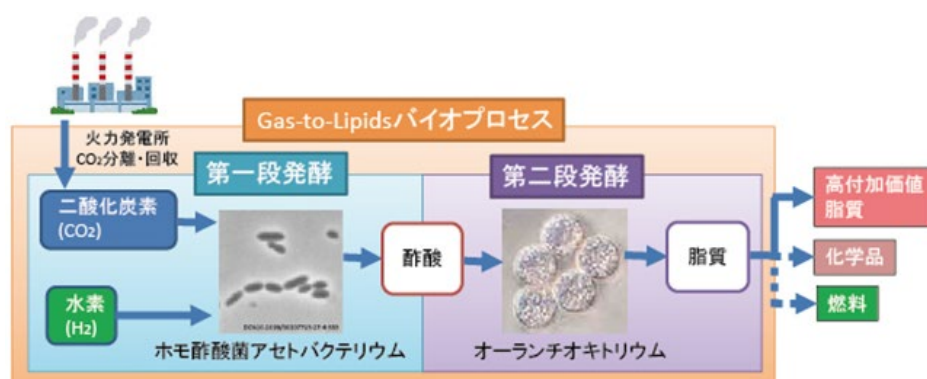


図5-8 Gas-to-Lipidsバイオプロセス構想

5-4 技術開発の深化に対する課題

前節では、油脂ブルーエコノミーを達成しうる微細藻類を紹介した。大きく分けて、独立栄養型の微細藻類を用いる方向と従属栄養型の微細藻類を用いる方向の2通りの可能性がある。それぞれに一長一短があり両者の技術開発を深化させるのが妥当であると考えるが、一方で両者に課題がある。当研究会は、NEDOが広島県大崎上島で展開しているカーボンリサイクル（CR）実証研究拠点⁴⁴ならびに一般社団法人日本微細藻類技術協会（IMAT）基盤技術研究所、および豊富なラビリント研究実績を有する宮崎大学農学部を視察し、技術の具現化に向けた課題を抽出した。

5-4-（1） 独立栄養型微細藻類の課題：安定した光合成環境の実現

光合成の効率は、光強度・温度・CO₂濃度が重要なファクターとなる。大崎上島CR実証研究拠点は、隣接する大崎クールジェン株式会社より発電用石炭燃焼時に発生したCO₂の供給を受けており⁴⁵、CO₂濃度を制御する環境が整備されている。具現化の際にも、このような形でCO₂を安定供給する仕組みが必要になると思われる。

藻類が生育する水中で光は屈折・散乱するため、光エネルギーを効率よく分配するためには深さ方向に藻類を分布させない環境を整備する必要がある。培養に適したリアクターがいくつか考案されている。このうちIMAT基盤技術研究所では①オープンレースウェイ ②フラットパネル型フォトバイオリアクター（PBR） ③チューブ型PBRの3種類のリアクターを有している。①はシンプルで大型化が容易、初期投資が比較的少なく済むため、微細藻類の商業生産において広く利用されている。しかし、水面から入射する太陽光は培養液中を数センチしか透過できないため、深いところでは光合成効率が低い。開放系であることから、多種多様な生物のコンタミネーションリスクもあるが、3種の中では初期投資が最も低い培養システムである。②や③は、光合成効率を解決するべく、考案された方式で大型化も可能。培養容積に対して大きな受光面積を確保し、より多くの細胞に適量の光エネルギーを分配することで、光合成効率が改善される。また開放部が限定されておりコンタミネーションリスクの可能性は低いと考えられるが、オープンレースウェイと比較して初期投資が高くなり、メカニズムが複雑なため運転時のエネルギー消費も大きくなる。



オープンレースウェイ



フォトバイオリアクター
（フラットパネル型）



フォトバイオリアクター
（チューブ型）

図5-9 IMAT基盤技術研究所の微細藻類培養設備

5-4-（2） 従属栄養型微細藻類の課題：藻類の「エサ」をどうするか

前節で例示したラビリント類や、水生生物ではないが3-3-（5）で紹介した油脂酵母は、その脂質蓄積において炭素源を外部から与える必要がある。一般的に炭素源としてはグルコース

スが多用されており、可食糖であるため食糧とのカニバリゼーションを考慮しなければならない。一方、図5-2で示したように、第3世代バイオマスは微細藻類のみならず大型藻類もその対象としている。コンブやワカメなどの褐藻はその主成分が多糖類であり、アカモクやクロメなど非可食資源として我が国の近海で豊富に獲得しうる大型藻類である。褐藻の主成分はアルギン酸、セルロース・ヘミセルロース、マンニトールなどで^{*46}、浅川によると志摩半島付近に植生するアラメのおよそ30～35%がアルギン酸であると報告されている^{*47}。アルギン酸やセルロースの糖化酵素については近年目覚ましい進捗があり、ラビリンチュラが代謝可能なペントースやヘキソースを与える酵素を獲得できる可能性は高い^{*48}。酵素以外にもこれら多糖を分解する微生物は存在しており、ワンスルーで大型海藻からラビリンチュラの「エサ」となる単糖を得る多糖分解系の構築が望まれる。

5-4-(3) 共通の課題：スケールアップとダウンストリーム

微細藻類を用いた油脂産生技術を実装するための大きなハードルの一つが、スケールアップである。独立栄養藻類を用いる場合、光の照射方向に対して有効に利用できるリアクター深さは数cmからせいぜい20cm程度であると考えられる。仮にリアクターの深さを20cm、藻類の濃度を0.5g-dry/L ($\approx$ 5 g-wet/L)、培養期間を2週間とすると、油脂含有率60%の藻類から得られる理論上の油脂量はおよそ4.3g/m²/日、すなわち約15.7t/ha/年となり、油脂産業が求める数千～数万トンにも及ぶスケールとは大きな乖離がある。屋内培養であればLED等の照明で24時間光エネルギーを照射することが可能であるが、大規模化の場合は屋外培養となるため季節変動や天候の影響も無視できない。開放部位も大きくなり、藻類の生育至適条件の維持には労力を要する。従属栄養生物であるラビリンチュラ類であれば、油脂含有率は減るものの深さ方向と昼夜の制約が無くなり、かつ増殖速度も独立栄養藻類よりはるかに速いため、藻体中の油脂含有率30%・培養槽スケール100m³・培養時間72hr/batという条件を仮定すればバッチあたり生産量が独立栄養藻類の1haあたり生産量と同等以上になるものと試算されるが、この場合も大規模な発酵設備とその運転動力が必要である。

大型の実証設備は実施例が少なく、我が国ではちとせ研究所の主導で5haの屋外培養設備による実証実験を行っている^{*49}が、用地と日照・気温の問題からマレーシアでの実施となっており、国内での実施に向けた課題の解決には至っていない。海洋上にメガフロートを設けて浅い培養池を作るなど、一段の改良が必要である。

あわせて考慮すべき点が、発酵後バイオマスのダウンストリーム処理である。藻類は湿潤状態で生育するため、油脂を得るためには膜ろ過・遠心分離等で水と藻体とを分離したのち、藻体の乾燥・油脂抽出処理および培地の回収・廃棄処理が必要となる。上述のようにスケールアップすることで、ダウンストリーム工程の規模も大きくなり現実性が損なわれるケースが生じるとともに、処理時に投下すべきエネルギーも多くなる。

藻類による油脂産生技術の工業化に対する最大の障壁はスケールアップとダウンストリーム処理におけるコスト負荷とエネルギー消費の問題であると言ってもよく、いかに効率よく大規模培養を行うかが技術実装のポイントとなっている。科学技術振興機構(JST)の試算^{*50}によれば、藻類バイオマスを用いた内外の大規模実証実験設備から得られるバイオ燃料のコストはガソリンのおよそ3～29倍で未だ経済的に不利である。エネルギー効率は1を超えるとされているが、溶媒抽出の負荷や培地の処理は考慮されていないようであり、微細藻類の優位性を示すには至らないものと考えられる。

5-5 業界共同ロールモデルとしてのスマートアイランド構想

日本の産業は今後様々なリスクに対応しながら存続と社会課題の解決、価値提供に向けて取り組まなければならない。これまで述べた共存・共同の観点から地球環境と産業の共存、日本国内の業界の連携による代替油脂による原料確保、バイオマスエネルギーを産業に活用してゆく手段として、本研究会は「スマートアイランド構想」を提言したい。これは油脂産業とSDGsとをつなげる業界共同のロールモデルを構築するものである。

5-5-（1）スマートアイランドとは

スマートアイランドは海洋資源によるCO₂固定を起点としてエネルギーへ変換して企業活動に活用し、あわせて油脂原料の調達を目指すものであり、産業と社会との共存を目指す。トヨタ自動車株式会社が建設を進めているウーブンシティや、経済産業省がエネルギー政策の一環として推進しているスマートコミュニティがモデルケースとなる。ブルーエコノミーに着目し、日本固有の海の広さを活用できる場として「島」にたどり着いた。日本の開発可能な排他的経済水域を活用し、世界的リスク多発時代におけるリスクヘッジと、油脂産業の次世代につながる取組に発展させたい。



図5-10 ウーブンシティ^{*51}とスマートコミュニティ^{*52}

5-5-（2）ブルーカーボン事業としての可能性

日本の海を活用し、大型藻類を養殖することでCO₂の吸収を見込む。養殖面積が最も大きく取れる四方を海に囲まれた島がベストであると考えた。国の方針として藻場を整備すると新聞報道^{*53}がなされており、大型海藻資源の安定的な調達は国との協働で進めるのがよい。

「…海藻などの海洋植物を育て、二酸化炭素 (CO₂) を吸収させる「ブルーカーボン」事業が全国の港湾に広がりつつある。…温暖化抑制の効果は世界的に注目を集め、日本も脱炭素への有力な手段に位置づける。…港湾を所管する国交省は環境省などと連携し、ブルーカーボン事業の拡大を後押しする。23年度末をめざし、全国に約1000カ所ある港のすべてで、藻場の整備に向けた実地調査やCO₂の吸収効果の検証などに取り組む。ブルーカーボン事業に取り組んだり、関心をもっていたりする企業や漁協、地方自治体、NPO法人などをつなぎ、先行事例のノウハウを伝える。新たなプロジェクトの立ち上げを支援する仕組みも検討する。…四方を海に囲まれた日本で港湾の脱炭素は重要なテーマとなる。」

長崎大学のGregory N. Nishihara 教授らのチームによると、日本近海における天然藻場や海藻養殖場などのべ5.2km²の海水溶存酸素量の変化から、同海域に棲息するワカメやオキナワモズクなどの海藻類がおよそ半年間の成長期に合計約44tの炭素を固定して藻体形成したことが報告されている^{*54}。単純計算で、藻場1haあたり84kgの炭素源を藻体から得られると期待される。

一方、ブルーカーボンとして貯蔵量が多いのは海藻よりもアマモなどの海草やマングローブ類である。これらの植物は浅海域に根を伸ばして生育しているため、海底堆積物中に多くのブルーカーボンを蓄積している。近着の報文^{*55}によれば海草植生域の海底には利用しやすい二糖類の形態で炭素源が蓄積されている可能性もあり、海藻だけでなく海草などの藻場も適切に整備し、CO₂の排出とブルーカーボン蓄積および利用とをバランスさせることも考えなければならないだろう。

5-5-（3）スマートアイランドのエネルギー

さて、我々の理想はCO₂を固定させて生育させた藻類をエネルギー用途でも活用することである。大型藻類からのメタン生成については多くの知見があるが、前述の中島田教授らのチームは海水程度の濃度の塩水条件下でも機能発現するメタン生成菌を用いた海藻からのメタン生成システムを提案^{*56}しており、スマートアイランドのエネルギー源の一部は大型藻類によって島内で賄われる。あわせて、広い海を利用した洋上風力発電、陸上風力発電等も積極的に取り込む。洋上風力発電は世界的に注目されており、日本では2021年に4か所の促進区域（秋田県能代市、三種町及び男鹿市沖、秋田県由利本荘市沖（北側・南側）、千葉県銚子市沖）での洋上風力発電の商業運転にむけた公募が行われ、事業者が決定された。2022年7月には秋田県の洋上で国内初となる商業用大型洋上風力発電施設の建設が開始され、同年12月に商業運転が始まった。風力発電は設備投資費用と政策経費というコスト面の課題はあるものの、自然エネルギーを活用できカーボンネガティブな発電手段となり得る。洋上風力発電機の整備と藻場の整備とを連携して進め、スマートアイランドにおけるCO₂排出ネットゼロを目指したい。

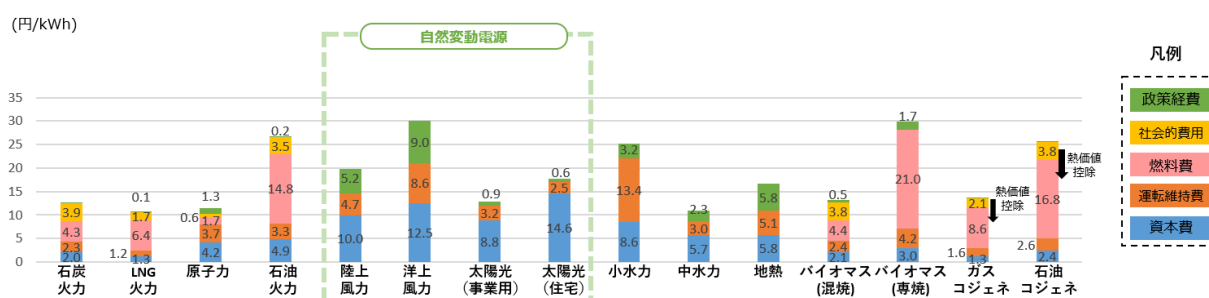


図5-11：洋上風力の発電コスト^{*57}

5-5-（4）スマートアイランドの可能性

5-4節で言及したNEDOのCR実証研究拠点では島内にある火力発電所から排出されたCO₂を原料として、炭酸マグネシウムや炭化ケイ素などの無機物、フィッシャー=トロプシュ反応による合成ガス、そして微細藻類によるバイオ燃料や有用化学品合成などさまざまなテーマの実現に向けた研究が進められている。これは我々が目指すスマートアイランドの技術の根幹となるものであり、このような研究から社会実装に至った事業をスマートアイランドの主産業として取り入れる。注目したいのは微細藻類を変えれば副産物を変更できる点だ。同地にて研究活動を推進している株

式会社アルガルバイオの竹下毅氏によれば、単離や培養条件の特定には膨大な時間がかかるものの、未知の微細藻類を探索し活用を図ることで、代替油脂にとどまらず、さまざまなケミカルス、例えば食糧、創薬原料、肥料・餌量などをカーボンニュートラルで生み出せる可能性があり、同社をはじめとする各研究機関が保有するスクリーニング・育種ノウハウやライブラリを統合することによって用途開発を加速させることができると期待される。既知のボトリオコッカスやオーランチオキトリウムについても、5-3-(1)①で触れた筑波大学のチームは下水や産業排水を培地栄養として活用する検討を進めている^{*58*59}。排水には藻類生育の阻害となる菌類のほか、窒素やリンなどの夾雑物が含まれるが、これらを適切に処理することでバイオマス培地の栄養として活用しつつ排水の浄化に役立てようという試みであり、現在は菌処理やコスト面で検討が中断しているが、水処理と油脂産生とを同時に達成しうる技術として期待される。

シンガポール南洋理工大学（NTU）のウィリアム・チェン教授は微生物による発酵技術を活用してフードロス削減に取り組んでいる研究者であり、近着の報文にて微細藻類クロモクロリスを用いて可食レベルのパーム油代替油脂製造に成功したと報告している^{*60}。本研究会によるインタビューにおいて、教授は輸入依存国家としての日本とシンガポールとの類似性に触れつつ粗原料からのサプライチェーン全体を俯瞰したゼロエミッション技術開発の重要性を指摘した。食糧の例でいえば、廃棄される食品の再利用のみならず、上流の加工過程で生ずる廃棄物、すなわち果物や野菜の皮・種、魚肉類加工時に生ずる非可食部位など（Side-Stream Foods）を可食物や有用化学品に変換することが重要であるとの指摘であり（図5-12）、そのためには技術を「尖らせる」だけではなく時には「協調的に」組み合わせることも必要であろうと述べた。微細藻類の検討においては、脂質蓄積能や増殖速度の視点に加え、本来の目的である「代替油脂」としての機能を果たすかどうかという視点での評価も重要になろう。シンガポールは政府国民ともに資源枯渇に関する危機意識が高く、特に水資源についてはニューウォーター（NEWater）と呼ばれる再生水を積極的に活用しているが^{*61}、我が国も油脂に対してこのような危機感を持ち、代替資源に対する理解を深められるような啓発活動を強化する必要があるだろう。



図5-12 NTUにおける「実装可能な」フードロス削減技術開発^{*62}

5-5-(5) スマートアイランドの実現性

スマートアイランドの住民にはメタン発酵、太陽光発電、風力発電等で得たエネルギーを使用し、カーボンニュートラル（カーボンネガティブ）なインフラ環境を提供する。また事業として島をベースとしているため、離島での人口減少に歯止めをかけ、日本を代表する産業に発展させることができる可能性を秘めている。折しも国土交通省は離島振興策として「スマートアイランド」実現に向けた意見を公募しているが、本構想を過疎化が進行する島や無人島で実施することにより、離島振興策の新たな一手としての期待ができる。実際に我々が視察した大崎上島町は1985年の国勢調査における総人口が14,101人であったものの、2015年は7,922人、2020年には7,158人と、最近の5年間でも10%以上減少している。NEDO事業のCR実証研究拠点そのものは定住人口増加に寄与していないが、社会実装が実現できれば島の産業振興となり最初のスマートアイランドとして成立するのではないだろうか。

また、産業として成立しうる技術をパッケージ化して知財権を固め、諸外国へと国産技術を輸出する展開も視野に入りたい。5-4-(3)でスケールアップの課題を述べたが、我が国沿岸では難しくとも、広大な国土や良好な気象条件を利用できる諸外国での実現可能性があれば、戦略資源として技術輸出することで、外貨を獲得し得るとともに油脂産業への原料獲得、地球環境のサステナビリティ向上に貢献しうる。これは、油脂原料が獲得困難になった場合にどうするかというリスク緩和の観点を超え、リスクそのものの軽減につながる可能性を秘めた提言である。当然これは一企業にてカバーしうる事業ではなく、国策としてオールジャパンの協働を求める必要があろう。

第6章 結言

我々次世代油脂産業研究会は、あらゆる産業の基盤となる地球環境との共存に向けて、我が国が誇る資産である豊富な海洋資源を活用する技術開発を一つの流れ、事業としてまとめたスマートアイランド構想を提言した。これは本研究会のテーマである「世界的リスク多発時代における油脂産業」に対して、「サステナブルな原料とブルーエコノミー」の二つにスポットを当て、我が国として油脂調達が困難になるかもしれないという未来のリスクをヘッジするための提案である。

一方、油脂と関連する重油や石炭等の化石燃料も限りある資源である。油脂を獲得した後の藻類バイオマス残渣をさらに発酵させてメタンやエタノール等のバイオマスエネルギーに転換し、風力発電や波力発電・太陽光発電などの自然エネルギーと組み合わせてエネルギー収支をバランスさせることも重要なテーマになるだろう。また、本報告書では割愛したが、海洋資源との関わりでは魚介類などの水産資源や海洋プラスチックごみも重要なファクターになるだろう。藻類が産生するタンパク質や炭水化物を水産飼料として利用し、住民の食生活に取り入れていくことで藻類を余すことなく活用する。そしてスマートアイランド近海の海洋プラスチックごみ回収とマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクルの推進、あわせて藻類バイオマス起点のバイオプラスチック提案によって住民の日用品需要に応えるような取り組みも推進する。本研究会の提言は、単に代替油脂の獲得手段としてではなく島の経済全体を支えるエコシステムとして、海洋資源を活用したカーボンニュートラル・カーボンネガティブに資する技術を結集させようというものである。

藻類が行う光合成によって大気・海洋中のCO₂を固定するプロセスは、気象条件などを勘案した際に国内で大規模化・効率化を図ることが難しいかもしれない。しかし、技術的にパッケージ化させることで、輸出産業としても成立しうのではないかと。国際的にブルーカーボンの経済的価値が高まるであろう近未来において、スマートアイランドの実現は気候変動の緩和と国際協調の動きに結び付き、研究会のテーマであるリスク自体の芽を摘む方向にも働くと思われる。

微細藻類の持つポテンシャルについては、これまでに数多くの研究がなされ技術的な課題が集約されつつある。最大の課題は、本文中でも述べた通りスケールアップと培養・ダウンストリームに用いるエネルギーの確保であろう。これまでの考え方は微細藻類によって生み出される製品自体の商品価値に基づく経済性によって事業化を判断するというものが多かった。微細藻類の活用技術を1つのトリガーとして新たなエコシステムを構築するという、従来よりも高い視座からの発想は例に乏しく、将来を見据えたさらなる産官学の連携が必須である。今まさに東京オリンピックや大阪万博を契機として、国を挙げて国産SAFの事業化を成功させようという機運が高まっている。油脂産業においても1企業の出資で本提言内容を実現させることは困難であり、油脂産業全体でこの活動を支援し、国を挙げて実現に向けて取り組むよう後押しすることが望ましい。本研究会とIMATとの議論において微細藻類活用技術の評価方法標準化が話題になったが、我が国が世界をリードしてISO規格の整備などを促進し、日本国内のデファクトスタンダードではなく世界標準として日本の技術を展開することができれば、本分野における我が国のレピュテーションとプレゼンス向上に貢献するところ大であろう。

世界的リスク多発時代における次世代油脂産業のあり方として、当財団「油脂工業会館」が強力なイニシアチブを発揮し、このような「ありたい姿」を発信し続け具現化につなげることが強く求められるのではなかろうか。

最後に、本研究会メンバーは約1年間にわたり「世界的リスク多発時代」という非常に大きなテーマに対して議論を交わしてきました。所属企業も異なりカルチャーやバックグラウンドも多様なメンバーを結束させたのは、将来への持続可能性、サステナビリティを真剣に考えなければ我が国の油脂産業が崩壊しかねないという危機感でした。しかし、議論を通じて、皆が結束すれば危機を克服することも不可能ではないという確信を得ることができました。この貴重な経験を糧に、将来の油脂産業発展のための連携と健全なCo-opetition（協争）を進めてまいりたいと思います。

謝辞

本報告書の作成にあたり、微細藻類からの油脂産生技術と事業化についての総説講義をいただくとともに研究の最前線をご紹介いただいた宮崎大学農学部林雅弘教授、Gas-to-Lipidsプロセスの実証設備と二段階培養についての解説をいただいた広島大学大学院統合生命科学研究科の秋庸裕教授、バイオベンチャーにおける研究の取り組みと展望についてご紹介いただいた株式会社アルガルバイオC S Oの竹下毅博士、微細藻類研究における統一的プラットフォームとその標準化についてご説明いただいた一般社団法人日本微細藻類技術協会 I M A T 基盤研究所の野村純平事務局長、大崎上島カーボンリサイクル実証研究拠点のご案内をいただいた一般財団法人石炭フロンティア機構（J C O A L）大崎事務所長の渡辺秀幸氏、微細藻類の技術のみならず食糧産業全体のエコシステム構築について講義をいただいた南洋理工大学（Nanyang Technological University）のWilliam Chen教授に厚く御礼を申し上げます。また、1年間にわたる研究会活動のサポートをいただいた一般財団法人油脂工業会館専務理事の宮井克之氏、同会館の秋山順子氏にこの場を借りて深く感謝申し上げます。

<参考文献>

【第1章 はじめに】

- *1 平野「日本油脂化学協会の發會式に臨んで」 *油脂化学協會誌*, 1952, 1, 2.

DOI: <https://doi.org/10.5650/jos1952.1.2>

【第2章 頻発して顕在化する世界的リスク】

- *1 世界経済フォーラム, Global Risks Report 2023

<https://jp.weforum.org/press/2023/01/jp-global-risks-2023-tensions-peak-between-urgent-cost-of-living-crisis-and-sustainable-climate-action/>

- *2 Berkeley Earth, Global Temperature Report for 2021

<https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2021/>

- *3 Berkeley Earth, Global Temperature Report for 2022

<https://berkeleyearth.org/global-temperature-report-for-2022/>

- *4 *ibid*

- *5 U S D A, U.S. Agriculture Drought Monitor

<https://www.usda.gov/sites/default/files/documents/AgInDrought.pdf>

- *6 Iizumi, T. *et al.*, *Int. J. Climatol.* **2018**, 38, 5405-5417.

DOI: <https://doi.org/10.1002/joc.5818>

- *7 イリノイ大学, Farmdoc Daily 2022年11月2日号

<https://farmdocdaily.illinois.edu/wp-content/uploads/2022/11/fdd110222.pdf>

- *8 IMF ワーキングペーパー “Global Supply Chain Disruptions: Challenges for Inflation and Monetary Policy in Sub-Saharan Africa”, 2023年2月

<https://www.elibrary.imf.org/downloadpdf/journals/001/2023/039/article-A001-en.pdf>

- *9 E Y “How COVID-19 impacted supply chains and what comes next”

https://www.ey.com/en_gl/supply-chain/are-you-running-an-analogue-supply-chain-for-a-digital-economy

- *10 一般社団法人日本畜産副産物協会

http://www.jlba.or.jp/con08_3.html

- *11 キリンホールディングス「ミャンマーの現状に関する当社の対応について」

https://www.kirinholdings.com/jp/newsroom/release/2021/0204_01.html

- *12 LNEWS「阪急阪神エクスプレス／クーデターでミャンマー拠点を一時閉鎖」

<https://www.lnews.jp/2021/02/n0202407.html>

- *13 ロイター「ミャンマー、クーデター後に食品値上がり 貧困層に打撃も」2021年3月16日付

<https://jp.reuters.com/article/myanmar-politics-food-idJPKBN2B81CH>

- *14 国連食糧農業機関データベース (F A O S T A T) よりデータ抽出

<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

- *15 ロイター「ウクライナ南部のひまわり油タンク、ロシアがロケット弾攻撃」2022年6月23日付

<https://jp.reuters.com/article/ukraine-crisis-mykolaiv-terminal-idJPKBN2040DU>

- *16 食品産業新聞社ニュースWEB「ウクライナ問題は世界の油脂需要に影響【油糧輸出入協議会・井上達夫専務理事に聞く】」2022年5月13日付

<https://www.ssnpc.co.jp/soy/318630/>

- *17 博報堂「『生活者のサステナブル購買行動調査2022』レポート」 2022年9月15日
<https://www.hakuhodo.co.jp/news/newsrelease/99783/>
- *18 バイン・アンド・カンパニー ESGレポート「日本とアジア太平洋地域における消費者のサステナブル意識調査」2022年6月6日
<https://www.bain.com/ja/insights/japan-esg-report-2022/>
- *19 IMD “The IMD World Competitiveness Ranking” 2022年6月14日
<https://worldcompetitiveness.imd.org/rankings/wcy>
- *20 財務省貿易統計報道発表資料「令和4年分（確々報）」2023年3月10日
https://www.customs.go.jp/toukei/shinbun/trade-st/2022/2022_118.pdf
- *21 三菱総合研究所「IMD『世界競争力年鑑2022』からみる日本の競争力 第1回：データ解説編」
https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20220927_2.html
- *22 United Nations Population Division, “Day of Eight Billion, 15 November 2022”
<https://www.un.org/development/desa/pd/events/day-eight-billion>
- *23 United Nations Department of Economic and Social Affairs, “World Population Prospects 2022”
https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf
- *24 内閣府「令和4年版高齢社会白書」
<https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2022/html/zenbun/index.html>
- *25 WWF ジャパン、「パーム油 私たちの暮らしと熱帯林の破壊をつなぐもの」
<https://www.wwf.or.jp/activities/basicinfo/2484.html>
- *26 USDA “Oilseeds: World Markets and Trade” (March 2022)
<https://apps.fas.usda.gov/PSDOnline/Circulars/2022/03/Oilseeds.pdf>
- *27 USDA “Oilseeds: World Markets and Trade” (January 2023)
<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>
- *28 R S P O ウェブサイト
<https://rspo.org/ja/>

【第3章 頻発するリスクに対する油脂産業界の動き】

- *1 一般財団法人油脂工業会館「油脂産業のご案内」
<https://www.yushikaikan.or.jp/guidance.html>
- *2 農林水産省 油糧生産実績調査（令和4年確報版） e-Statより閲覧
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00500304&tstat=00001034221&cycle=7&year=20220&month=0&tclass1=000001138107&tclass2=000001202940>
- *3 財務省貿易統計 統計品別表より、2022年通期・HSコード15類の輸入統計を抽出
<https://www.customs.go.jp/toukei/srch/index.htm?M=29&P=0>
- *4 一般社団法人日本植物油協会「植物油の最近の動向」
<https://www.oil.or.jp/trends/pdf/oilreef.pdf>
- *5 日清オイリオ社「オイルの5大トレンド！」
https://shop.nisshin.oilligroup.com/shop/pages/column_210301.aspx

- *6 ダイヤモンド・チェーンストアオンライン「食用油、家庭内調理機会の増加で20年度の市場規模は1600億円を突破」2021年6月24日付
<https://diamond-rm.net/sales-promotion/86629/2/>
- *7 日本こめ油工業協同組合「こめ油関連データ」
<http://www.nikkome.or.jp/rbodata.html>
- *8 IPCC第6次評価報告書（AR6）サイクル：環境省による邦訳・解説
<https://www.env.go.jp/earth/ipcc/6th/index.html>
- *9 一般財団法人油脂工業会館 令和3年度研究会報告「気候変動おとび異常気象リスクを見据えた油脂原料の獲得」
<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/kenkyuukai21%20houkokusyo.pdf>
- *10 木下ら、日本機械学会論文集（B編）2010, 76, 1318-1325.
 DOI: https://doi.org/10.1299/kikaib.76.768_1318
- *11 インドネシア エネルギー・鉱物資源省令 No. 208K/EK. 05/DJE/2022
<https://drive.esdm.go.id/wl/?id=SE19LZJT8JHb09ysxpxrv6lmKt58kSQ6>
- *12 ASTM International
<https://www.astm.org/d7566-21.html>
- *13 国際環境経済研究所「バイオ燃料の現状分析と将来展望」 2022年5月27日
<https://ieei.or.jp/2022/05/exp1220527/>
- *14 日本経済新聞「植物油、食用・燃料用で奪い合い」 2022年6月28日付
<https://www.nikkei.com/article/DGKKZ062105560X20C22A6ENG000/>
- *15 農林水産省食料安全保障月報 第14号（2022年8月号）
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_rep/monthly/attach/pdf/r4index-28.pdf
- *16 Rainforest Alliance Network “World’s Largest Certifier of Sustainable Palm Oil Must Strengthen Its Certification Systems to Remain Relevant, Warns Civil Society” 2022年12月2日
<https://www.ran.org/press-releases/worlds-largest-certifier-of-sustainable-palm-oil-must-strengthen-its-certification-systems-to-remain-relevant-warns-civil-society/>
- *17 EU: Proposal for a regulation on deforestation-free products
https://environment.ec.europa.eu/publications/proposal-regulation-deforestation-free-products_en
- *18 農林水産技術会議「畜産からの温室効果ガスを削減する技術」
https://www.affrc.maff.go.jp/docs/project/seika/2022/r4_seikashu_01.html
- *19 内田, 日本土壌肥科学雑誌, 2022, 93, 252-253.
 DOI: https://doi.org/10.20710/dojo.93.5_252
- *20 RBI “Offering Choice: Plant-Based Products”
<https://www.rbi.com/English/sustainability/improving-choice-nutrition-transparency/default.aspx>
- *21 Beyond Meat社プレスリリース, 2021年2月25日
<https://investors.beyondmeat.com/news-releases/news-release-details/beyond-meat-announces-strategic-global-agreement-mcdonalds/>
- *22 「日清オイリオグループ株式会社と株式会社J-オイルミルズ 搾油機能の全国統合を見据えた、西日本エリアにおける搾油合弁会社設立に向けた検討開始のお知らせ」2021年5月12日
https://www.nisshin-oillio.com/company/news/down2.php?attach_id=1191&uid=7460

- <https://www.j-oil.com/press/materials/1b28fca914e8db17d6a65b5ec06cb8a7b509b7c2.pdf>
- *23 「日清オイリオグループ株式会社と株式会社 J-オイルミルズ共同新設分割（簡易分割）に関するお知らせ」 2023年 2 月20日
https://www.nisshin-oillio.com/company/news/down2.php?attach_id=1509&uid=8443
<https://www.j-oil.com/press/materials/436c26bfbaa4d428c8c2a9295f39a4c74258f190.pdf>
- *24 「昭和産業株式会社と辻製油株式会社の業務提携に関するお知らせ」 2022年 8 月 5 日
<https://www.showa-sangyo.co.jp/ir/news/pdf/22-32.pdf>
- *25 「プラスチック包装容器資源循環の推進に向けて花王とライオンがリサイクルーション活動の協働を開始～フィルム容器リサイクルの社会実装をめざして～」 2020年 9 月10日
<https://www.kao.com/jp/corporate/news/sustainability/2020/20200910-002/>
<https://www.lion.co.jp/ja/news/2020/3285>
- *26 消費者庁「令和 3 年度消費者志向経営優良事例表彰 別紙①選考結果」 2022年 1 月18日
https://www.caa.go.jp/policies/policy/consumer_partnerships/consumer_oriented_management/propulsion_organization/assets/consumer_partner_cms204_210118_02.pdf
- *27 東京都環境局「革新的技術・ビジネスモデル推進プロジェクト「みんなでボトルリサイクルプロジェクト」を実施します」 2021年12月13日
<https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2021/12/13/01.html>
- *28 「花王、アピカルグループ、アジアナグリがインドネシアの小規模パーム農園の支援プログラム「SMILE」を開始」 2020年10月14日
<https://www.kao.com/jp/corporate/news/sustainability/2020/20201014-001/>
- *29 「花王、インドネシアの小規模パーム農園を対象にグリーンバンスメカニズムの運用を開始」 2022年 8 月31日
<https://www.kao.com/jp/corporate/news/sustainability/2022/20220831-001/>
- *30 J a S P O N 会員一覧
<https://jaspon.jp/about/our-members/>
- *31 小熊ら、I H I 技法 2019, 59, 77-89.
https://www.ihl.co.jp/var/ezwebin_site/storage/original/application/9f1ad44d6ea3cd2b69c56a55b228bc16.pdf
- *32 I H I 「パーム廃棄物を活用した固体バイオマス燃料事業を本格化 ～再生可能エネルギー促進とマレーシアのパーム産業に貢献～」 2018年11月14日
https://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2018/resources_energy_environment/2018-11-14/index.html
- *33 テスホールディングス「インドネシアの国営パーム農園企業 P T P N 社と「E F B ペレット製造事業」に関する協定書を締結しました」 2022年12月23日付 日本経済新聞社による開示情報リストより閲覧
<https://www.nikkei.com/nkd/disclosure/tdnr/20221223582812/>
- *34 第二百八回国会における岸田内閣総理大臣施政方針演説 2022年 1 月17日
https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/statement/2022/0117shiseihoshin.html
- *35 経済産業省「アジア・ゼロエミッション共同体（A Z E C）閣僚会合及び A Z E C 官民投資フォーラムを開催しました」 同資源エネルギー庁「MOU 案件リスト一覧」 2023年 3 月 6 日
<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230306005/20230306005.html>
<https://www.meti.go.jp/press/2022/03/20230306005/20230306005-31.pdf>

- *36 日清食品ホールディングス・新潟薬科大学「世界初！ 油脂酵母由来「食用代替パーム油」を使った油揚げ麺の作製に成功！ ～未来を見据えた新しい資源調達の第一歩～」 2022年3月14日
<https://www.nissin.com/jp/news/10461>
<https://www.nupals.ac.jp/news/news-9118/>
- *37 Takaku, H. *et al.*, *J. Biosci. Bioeng.* **2021**, *131*, 613.
 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2021.01.006>
- *38 NEDO・不二製油グループ本社株式会社・新潟薬科大学「油脂酵母からのパーム油代替油脂で世界トップレベルの生産量（98g/L）を実現—低環境負荷な油脂の安定供給により、脱炭素社会実現に貢献—」 2022年10月4日
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101581.html
<https://www.fujioilholdings.com/pdf/news/2022/20221004Newsrelease.pdf>
- *39 「花王が創立メンバーとして1億2千万米ドル超のベンチャー企業へ参画 Genomaticと共に、パーム油代替原料の供給をめざす」 2022年9月29日
<https://www.kao.com/jp/corporate/news/business-finance/2022/20220929-001/>
- *40 “L’Oréal invests in biotechnology venture to scale development of plant-based ingredients for sustainable beauty” 2023年3月20日
<https://www.loreal-finance.com/eng/news-event/loreal-invests-biotechnology-venture-scale-development-plant-based-ingredients>
- *41 農林水産省「日本の食料自給率」
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/012.html
- *42 農林水産省「世界の食料自給率」
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/013.html
- *43 農林水産省「食物ロスとは」
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/161227_4.html
- *44 外務省「食料安全保障に関する研究会（報告書の提出）」 2010年9月10日
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/food_security/pdfs/report1009.pdf
- *45 インドネシア内閣官房発表, 2022年4月22日発表
<https://setkab.go.id/pemerintah-larang-ekspor-minyak-goreng-dan-bahan-bakunya-mulai-28-april-2022/>
- *46 JAグループ「国消国産」
<https://life.ja-group.jp/>
- *47 一般財団法人国土技術研究センター「海に囲まれている国、日本」
<https://www.jice.or.jp/knowledge/japan/commentary03>
- *48 国土交通省「国土の利用区分別面積」統計表より令和2年の数値を参照
https://www.mlit.go.jp/kokudoseisaku/kokudoseisaku_fr3_000033.html
- *49 農林水産省「第96次農林水産省統計表」（令和3年度）
<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kikaku/nenji/96nenji/index.html>
- *50 内閣府経済諮問会議専門調査会「2030年展望と改革タスクフォース」第4回会議事務局資料 2016年11月14日
<https://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/kaigi/special/2030tf/281114/shiryou1.pdf>
- *51 農林中央金庫「アグリウェブ」
<https://www.agriweb.jp/knowledge/1229.html>

*52 BASFジャパン社「minorasu」

<https://minorasu.basf.co.jp/80092>

*53 厚生労働省「外国人雇用状況」の届出状況まとめ（令和4年10月末現在）

https://www.mhlw.go.jp/stf/newpage_30367.html

*54 一般社団法人日本経済団体連合会「『選ばれる国』になるために－共生社会実現へのアジェンダ」シンポジウム（開催報告） 2022年8月10日

https://www.keidanren.or.jp/policy/2022/077_shiryo3.pdf

*55 Baker S. R. *et al*, *Q. J. Econ.*, **2016**, *131*, 1593-1636.

DOI: <https://doi.org/10.1093/qje/qjw024>

*56 Economic policy uncertainty, Monthly Global Economic Policy Uncertainty Index. 前掲論文著者らによる経済政策不確実性データのWEBサイト

<http://www.policyuncertainty.com/index.html>

【第4章 油脂産業界におけるこれまでの取り組みと課題】

*1 一般財団法人油脂工業会館 第11回研究会「食糧リスクと油脂産業」2011年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/Kenkyu23.pdf>

*2 一般財団法人油脂工業会館 第12回研究会「少子高齢化における働き方」2012年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/Kenkyu24.pdf>

*3 一般財団法人油脂工業会館 第19回研究会「気候変動および異常気象リスクを見据えた油脂原料の獲得」2019年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/2019%20KenkyukaiHoukokusyo.pdf>

*4 一般財団法人油脂工業会館 第20回研究会「脱炭素社会と油脂産業」2021年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/kenkyuukai21%20houkokusyo.pdf>

*5 一般財団法人油脂工業会館 第2回研究会「油脂産業における地球温暖化対策」2003年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/Kenkyu14.pdf>

*6 外務省「JAPAN SDGs Action Platform」

<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/index.html>

*7 一般財団法人油脂工業会館 第8回研究会「油脂原料をどうする」2009年

<https://www.yushikaikan.or.jp/content/files/Kenkyu20.pdf>

*8 一般財団法人油脂工業会館 第16回研究会「油脂産業の企業間を横断したBCP」2016年

*9 R S P Oウェブサイト <https://rspo.org/>

*10 国土交通省「ブルーカーボンとは」

https://www.mlit.go.jp/kowan/kowan_tk6_000069.html

*11 国土交通省「ジャパンプルーエコノミー（JBE）技術研究組合の設立を認可しました」2020年7月16日

<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001354352.pdf>

*12 桑江, 「ブルーカーボンとは」国際環境経済研究所ウェブサイト寄稿, 2019年5月24日

<https://ieei.or.jp/2019/05/special20160802/>

【第5章 SDGsを達成する新たな日本の油脂産業】

*1 Ficinus, O. *Arch. Pharam., Berl.*, **1873**, *3*, 219.

*2 Nägeli, C. *et al. Liebig Ann.*, **1878**, *193*, 322.

- *3 Beijerinck, M. W. *Rec. Trav. bot. néerl.*, **1904**, *1*, 28.
- *4 一般社団法人さが藻類バイオマス協議会「藻類って何？」
<https://www.saga-abc.jp/main/388.html>
- *5 河地, *日本微生物資源学会誌*, **2018**, *34*, 1.
- *6 Chisti, Y. *Biotechnol Adv.* **2007**, *25*, 294.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>
- † Toyama, T. *et al.* *Biotechnol Biofuels* **2019**, *12*: Article Number 205.
DOI: <https://doi.org/10.1186/s13068-019-1544-2>
- *7 Chisti, *ibid*
- *8 宮下ら, *化学と生物*, **2016**, *54*, 707.
DOI: <https://doi.org/10.1271/kagakutoseibutsu.54.707>
- *9 林, *生物工学会誌*, **2015**, *93*, 426.
- *10 Yamaguchi K. *et al.*, *Agric. Biol. Chem.*, **1987**, *51*, 493.
- *11 谷中, 中嶋, *植物化学調節学会誌*, **2013**, *48*, 105.
- *12 株式会社G G T (榎本氏が代表を務める高速増殖タイプボトリオコッカス保有会社) ウェブサイト <http://ggt.co.jp/company.html>
- *13 株式会社I H I 「微細藻類から製造したバイオジェット燃料を国内定期便に供給」2021年6月18日
https://www.ihl.co.jp/ihl/all_news/2021/other/1197433_3355.html
- *14 Matsumoto, M. *et al.*, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, **2010**, *161*, 483.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s12010-009-8766-x>
- *15 松本, 田中, *環境バイオテクノロジー学会誌*, **2012**, *12*, 9.
- *16 松本, *化学と生物*, **2016**, *54*, 181.
DOI: <https://doi.org/10.1271/kagakutoseibutsu.54.181>
- *17 Iwai M. *et al.*, *Front. Microbiol.* **2015**, *6*: Article Number 912.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2015.00912>
- *18 Klian, O. *et al.*, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2011**, *108*, 21265.
DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.1105861108>
- *19 花王株式会社「研究開発－原料の将来まで見据えた藻類研究」
<https://www.kao.com/jp/corporate/research-development/fundamental/environmental-science/algae-research/>
- *20 尾崎, 和田, *オレオサイエンス* **2020**, *20*, 125.
DOI: <https://doi.org/10.5650/oleoscience.20.125>
- *21 杉原, 脂質の製造方法, 特許公報6779652, 2020.
- *22 Matsui H. *et al.*, *Aquaculture* **2022**, *552*: Article Number 737949.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738022>
- *23 宮武, ユーグレナ 生理と生化学, 学会出版センター, **1989**, 22-43.
- *24 Barsanti, L. *et al.*, *J. Appl. Phycol.* **2001**, *13*, 59.
DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1008105416065>
- *25 Sun, A. *et al.*, *J. Phycol.* **2018**, *54*, 529.
DOI: <https://doi.org/10.1111/jpy.12758>
- *26 鈴木, *日本エネルギー学会機関誌 えねるみくす*, **2017**, *96*, 50.

- DOI: https://doi.org/10.20550/jieenermix.96.1_50
- *27 林ら, *オレオサイエンス* **2023**, *23*, 65.
DOI: <https://doi.org/10.5650/oleoscience.23.65>
- *28 Nakazawa, M. *et al.*, *Lipids* **2015**, *50*, 483.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11745-015-4010-3>
- *29 株式会社ユーグレナ「ユーグレナ社のバイオ燃料を使用した初フライト実現 国土交通省が保有・運用する飛行検査機において、バイオジェット燃料を導入したフライト・飛行検査業務を実施」2021年6月4日
<https://www.euglena.jp/news/20210604-2/>
- *30 株式会社ユーグレナおよびいすゞ自動車株式会社「ユーグレナ社、ユーグレナ由来原料を100%使用した次世代バイオディーゼル燃料を試製 いすゞ、性能実証試験を実施」2022年11月2日
<https://www.euglena.jp/news/20221102-2/>
https://www.isuzu.co.jp/newsroom/details/20221102_01.html
- *31 独立行政法人農畜産業振興機構「2022/23年度の砂糖生産量、前年度からの伸びを見込む(ブラジル)」2022年5月19日
https://www.alic.go.jp/chosa-c/joho01_003255.html
- *32 Naganuma, T. *et al.*, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **1998**, *162*, 105.
DOI: <https://doi.org/10.3354/meps162105>
- *33 Kimura, H. *et al.*, *Mar. Ecol. Prog. Ser.* **1999**, *189*, 27.
DOI: <https://doi.org/10.3354/meps189027>
- *34 宮崎大学農学部「海の恵みを暮らしに生かす」
<http://www.miyazaki-u.ac.jp/agr/books/book-fishery/-dna.html>
- *35 Nagano, N. *et al.*, *J. Oleo. Sci.* **2009**, *58*, 623.
DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.58.623>
- *36 Nakazawa, A. *et al.*, *Procedia Environ. Sci.* **2012**, *15*, 27.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.05.006>
- *37 独立行政法人製品評価技術基盤機構 (N I T E) 「DHA、EPA等の高度不飽和脂肪酸を産生するラビリントラ類の増殖試験」
<https://www.nite.go.jp/nbrc/industry/smartcell/labyrinthula.html>
- *38 Georgia, L. G. *et al.*, *Nutrients* **2013**, *5*, 1301.
DOI: <https://doi.org/10.3390/nu5041301>
- *39 Ishibashi, Y. *et al.*, *Commun. Biol.* **2021**, *4*: Article Number 1378.
DOI: <https://doi.org/10.1038/s42003-021-02857-w>
- *40 林, *生物工学会誌* **2015**, *7*, 426.
- *41 渡邊, 秋, *オレオサイエンス* **2020**, *20*, 119.
DOI: <https://doi.org/10.5650/oleoscience.20.119>
- *42 加藤, 中島田, *オレオサイエンス* **2021**, *21*, 417.
DOI: <https://doi.org/10.5650/oleoscience.21.417>
- *43 広島大学, 中国電力「大崎上島 (広島県) カーボンリサイクル研究拠点における『Gas-to-Lipidsバイオプロセスの開発』がNEDO公募事業に採択されました」2020年8月5日
<https://www.energia.co.jp/press/2020/12632.html>
https://www.hiroshima-u.ac.jp/system/files/147821/20200805_pr01.pdf

- *44 NEDO カーボンリサイクル実証研究拠点
<https://osakikamijima-carbon-recycling.nedo.go.jp/>
- *45 大崎クールジェン株式会社「プロジェクト概要」
<https://www.osaki-coolgen.jp/project/overview.html>
- *46 三重大学海藻バイオリファイナリー研究センター「大型海藻からの希少糖及びマリンポリフェノールの生産」 科学技術振興機構 バイオサイエンス新技術説明会, 2017年6月20日
https://shingi.jst.go.jp/pdf/2017/2017_3tokai_4.pdf
- *47 浅川ら, 養殖研究所研究報告 **1988**, *13*, 33.
- *48 林, Private Communication. 2023年3月
- *49 ちとせ研究所・NEDO「バイオジェット燃料の普及に向けた5ha規模の藻類培養設備の構築および長期大規模培養の実証をマレーシアで開始 ～NEDOの委託事業に採択～」
<https://chitose-bio.com/jp/news/3514/>
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101363.html
- *50 国立研究開発法人科学技術振興機構 低炭素社会戦略センター「藻類からの燃料油製造—CO₂排出量と経済性評価—」2020年3月
<https://www.jst.go.jp/lcs/pdf/fy2019-pp-13.pdf>
- *51 TOYOTA Woven City 紹介リーフレット
https://www.woven-city.global/downloads/WovenCity_leaf_1024_jp.pdf
- *52 経済産業省資源エネルギー庁「スマートコミュニティ」
https://www.enecho.meti.go.jp/category/saving_and_new/advanced_systems/smart_community/
- *53 日本経済新聞「港湾でCO₂吸収『海洋植物の森』 広がる藻場整備、国交省後押し」2023年2月21日
<https://www.nikkei.com/article/DGKKZ068633210Q3A220C2EP0000/>
- *54 Sato, Y. *et al.*, *Front. Mar. Sci.* **2022**, *9*: Article Number 861932.
 DOI: <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.861932>
- *55 Sogin, E. M. *et al.*, *Nature Ecol. Evol.* **2022**, *6*, 866.
 DOI: <https://doi.org/10.1038/s41559-022-01740-z>
- *56 中島田ら, 環境バイオテクノロジー学会誌 **2016**, *16*, 3.
- *57 経済産業省資源エネルギー庁 発電コスト検証ワーキンググループ「基本政策分科会に対する発電コスト検証に関する報告」2021年9月
https://www.enecho.meti.go.jp/committee/council/basic_policy_subcommittee/mitoshi/cost_wg/pdf/cost_wg_20210908_01.pdf
- *58 渡邊, 化学工学会第42回秋季大会, 展望講演「緑藻類ボトリオコッカスの有機排水利用性と産生オイルの特性」, 京都, 2010年9月
 DOI: <https://doi.org/10.11491/scej.2010f.0.157.0>
- *59 仙台市「藻類バイオマスに係る研究開発の推進」
<http://www.city.sendai.jp/kankyo/jigyosha/kezai/sangaku/project/sorui/index.html>
- *60 Chen, J. H. *et al.*, *J. Appl. Phycol.* **2022**, *34*, 159.
 DOI: <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02618-6>
- *61 シンガポール政府水道局「NEWater」
<https://www.pub.gov.sg/watersupply/fournationaltaps/newater>
- *62 Chen, W. N. Private Communication. 2023年3月



後列左より

(株)資生堂	日油(株)	第一工業製薬(株)	ミヨシ油脂(株)	三洋化成工業(株)
岡原 圭吾	迫田 丈志	川崎 俊孝	澤野 博紀	大池 拓郎

前列左より

新日本理化(株)	ライオン(株)	花王(株)	(株)ADEKA
上峠 侑也	沖本 陽平	後藤 智志	加治屋 あゆみ

《研究会メンバー》

リーダー	後藤 智志	(花王株式会社)
サブリーダー	沖本 陽平	(ライオン株式会社)
	上峠 侑也	(新日本理化株式会社)
	大池 拓郎	(三洋化成工業株式会社)
	岡原 圭吾	(株式会社資生堂)
	加治屋 あゆみ	(株式会社ADEKA)
	川崎 俊孝	(第一工業製薬株式会社)
	迫田 丈志	(日油株式会社)
	澤野 博紀	(ミヨシ油脂株式会社)

五十音順

世界的リスク多発時代における油脂産業

一般財団法人油脂工業会館

令和5年5月22日発行

東京都中央区日本橋三丁目13番11号

電 話: 03-3271-4307

F a x: 03-3271-2230

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