

未来の消費者の暮らしをより豊かにしていくために
油脂産業ができること

～未来へ豊かさをつなぐ循環型食料生産システムの構築～

一般財団法人 油脂工業会館

食と農をつなぐ油脂研究会

目次

序 文	1
はじめに	2
第1章 未来のより豊かな暮らしに向けて	3
1-1 豊かさは測れるのか、指標化することの是非	3
1-2 「食」そして「農」から見出す本質的な豊かさ	4
1-3 油脂産業と食	5
1-3-（1） 油脂産業とは	5
1-3-（2） 油脂の栄養と食への活用	6
1-3-（3） 植物油製造と畜産業との関係	6
第2章 脅かされる「食」の持続性	9
2-1 世界の人口増加による食料不足	9
2-2 気候変動による食料不足	10
2-3 バイオ燃料の利用による食料不足	10
第3章 日本の現状	13
3-1 食料自給率の低い日本	13
3-2 食料増産の課題	13
3-2-（1） 就農人口の減少	13
3-2-（2） 農地の不足	14
3-2-（3） 環境リスクの増加	14
3-3 食料自給率増加と油脂産業	15
第4章 日本の豊かな未来に向けて	16
4-1 植物油の自給率向上	16
4-2 アップサイクルから見る油脂産業の役割	16
4-3 現状の畜産業が抱える課題	16
4-4 油脂産業が促す新しい畜産の形	17
第5章 Soy Bull Power Circulation System	19
5-1 養牛（牛肉生産）の課題とこれまでの取り組み	19
5-1-（1） 就農人口の減少の解決に向けた取り組み	19
5-1-（2） 農地の不足の解決に向けた取り組み	19
5-1-（3） 環境リスク増加への取り組み①	19
5-1-（4） 環境リスク増加への取り組み②	20
5-1-（5） 環境リスク増加への取り組み③	21
5-2 大豆生産の課題とこれまでの取り組み	22

5-3	Soy Bull Power Circulation System (SBPCS) の提言	23
5-3-(1)	ウシマンション (閉鎖型牛舎ビル)	23
5-3-(2)	大豆植物工場	25
5-3-(3)	バイオガス発電施設	25
5-3-(4)	その他補足設備	26
5-4	SBPCS の社会的価値試算	26
5-4-(1)	SBPCS の施設規模と投資額試算	26
5-4-(2)	ウシマンションおよび食肉センターの売り上げ試算	27
5-4-(3)	バイオガス発電施設の売り上げ試算	28
5-4-(4)	大豆植物工場および搾油精製工場の売り上げ試算	28
5-4-(5)	GHG 抑制効果	28
5-4-(6)	SBPCS の収益性	29
5-4-(7)	本提案を通じて	30
おわりに		32
<参考文献、備考>		33

序 文

令和5年度もまた、世界の情勢が大きく不安定化した一年でありました。中東のガザ地区にて大規模な紛争が新たに勃発、ロシア・ウクライナ間の紛争も予断を許さず長期化の様相を呈しています。日本に目を向けますと、発生からおよそ3年経過した新型コロナウイルスが、国内感染症法上の5類へと移行し、経済活動の正常化に向け歩みを進めた年でした。

ただそのさなか、令和6年1月、石川県能登地方を震源とする大規模な地震により、多くの方々が年始より甚大な被害を受けられました。被災者の方をはじめ、今なお困難な状況に遭遇されている皆さま方には、心からお見舞い申し上げます。

今、我々消費者は少子高齢社会の到達による労働人口の低減や経済停滞への漠然とした不安、もはや日々の生活にて実感するレベルにまで悪化した環境問題への不安、そして頻発する自然災害への備えに対する不安など、日々の生活に多くの不安を抱えながら過ごしております。若い世代をはじめ多くの方が、明るい将来や未来を描きにくく感じているという報告も見受けられます。ですが今を生きる我々は将来に向け、こうした不安と向き合い、多くのステークホルダーと志を共に、解決を図っていかねばならないのも事実です。

このような中におきまして、令和5年度の研究会は「未来の消費者の暮らしをより豊かにしていくために油脂産業ができること」をテーマに致しました。数値化や指標化の難しいこの「豊かさ」とは何か、未来に向け何が必要なのか、年間を通じ議論を深めて参りました。物質面のみではなく、心情面においても充たされた生活の実現、そして今後も永続的に油脂産業としてその安心に充ちた生活へ貢献し続ける、そのために必要なことは、これからも我々らしく生きるための「食」、そしてそれを支える「農」の持続性の確立であるというのが本研究会にて至った提言です。

本報告書が油脂産業のみならず、様々な産業に携わる方々に、心豊かでサステナブルな未来の実現に向け考えて頂くきっかけになれば幸いです。

令和6年4月

一般財団法人 油脂工業会館
理事長 澤田道隆

はじめに

「未来のより豊かな暮らし」とは何だろうか。「豊か」とは満ち足りて不足のない状態とされるが、何に満ち足りているかは、個人の価値観や生活環境によってさまざまである。

「豊か」とは主観的かつ抽象的な言葉であり、未来の豊かな暮らしを自分事化して思い描くことは想像以上に難しい。これは、現在の日本が豊かであることの裏返しでもある。

現在よりも豊かな暮らしは存在するのだろうか。本研究会では、メンバー各々が豊かさの価値観を見つめ直し、どのような未来を子供たちに残したいか、豊かな未来に向かうための道筋や、油脂産業ができることについて議論を重ねてきた。

私たち研究会メンバーが出した答えは、「油脂産業が支える新しい循環型食料生産システムの構築」である。閉鎖管理型牛舎と植物工場を一体化させ、食料としての畜産物と飼料としての大豆ミールをサステナブルに生産し、大豆油の国産化にもつながる。日本の食の自給率向上を目指した本システムを「Soy Bull Power Circulation System」と命名し、世界のフードテック競争を技術と食文化の面で牽引できればと考えている。

農耕民族である日本人は、食と農を通して「礼儀・思いやり」、「伝統・文化」、「自然」といった感性を育んできた。このような日本人の感性は、海外からも称賛され、豊かな暮らしを支える基盤として未来に受け継いでいきたいと考えている。一方、食料輸入依存度の高い日本において、持続可能な食料生産システムの構築は必要不可欠である。

「Soy Bull Power Circulation System」は、単なる食料生産システムではなく、人間が生きていくために必要な「食」と、その食料を生産する「農」のつながりを理解できるシステムである。食料政策や自然環境への関心を高め、日本人の誇る感性を未来に継承し、日本の食を支える油脂産業と第一次産業が共存共栄できるであろう。

本報告書は、「Soy Bull Power Circulation System」の実現によって得られる未来の豊かな暮らし、及び、その実現に向けて油脂産業ができることについて述べたものである。

第1章では未来のより豊かな暮らしについて考え、豊かさを支える「食」と「農」と「油脂産業」の繋がりを述べた。第2章では世界の食料リスクを引起す要因を整理し、第3章では日本が抱える特有の食料リスクを述べた。第4章では日本の食料リスクを解決するための油脂産業の役割を述べ、第5章ではその解決法としての「Soy Bull Power Circulation System」の詳細、及び、その実現により期待される社会的な価値について述べた。

本報告書は、豊かさという抽象度を上げた視点から油脂産業ができることを俯瞰している点で意義深いものである。未来のより豊かな暮らしは、各個人が思い描いてこそ実現するのではないだろうか。不確実性が高まる世の中において、本報告書が、より豊かな未来を思い描くための「道しるべ」になれば幸甚である。

第1章 未来のより豊かな暮らしに向けて

1-1 豊かさは測れるのか、指標化することの是非

誰もが豊かな暮らしを願い、誰もが豊かに暮らす権利を持つ。近年では人々の豊かさを測る指標として Well-being が注目され、2024 年 9 月に開催予定の国連未来サミットでは、SDGs の次のグローバル・アジェンダとして Well-being が中心的な議題となる見通しである^{*1}。

一般に国の豊かさを示す指標として、GDP（国内総生産）が挙げられる。これは国内で一定期間内に生産されたモノやサービスの付加価値の合計額と定義され、国の経済規模や経済成長を図る有効な指標である。しかし、GDP では物質的、経済的以外の心情的な豊かさ、言い換えれば個人の幸福度を測れないことは、以前から議論されてきた。IMF によると 2024 年の日本の名目 GDP は約 4.2 兆ドルで世界第 4 位の見通しであるが^{*2}、国連の持続可能な開発ソリューションネットワーク（SDSN、Sustainable Development Solutions Network）による世界幸福度報告書によると、日本の幸福度指数は世界第 51 位である^{*3}。表 1-1 に示す通り、世界各国で名目 GDP と幸福度は一致しないことが分かる。

表 1-1 名目 GDP と幸福度指数の世界ランキング

名目 GDP			世界幸福度指数	
1位	アメリカ	27.97兆ドル	フィンランド	7.741
2位	中国	18.56兆ドル	デンマーク	7.583
3位	ドイツ	4.70兆ドル	アイスランド	7.525
4位	日本	4.29兆ドル	スウェーデン	7.344
5位	インド	4.11兆ドル	イスラエル	7.341
6位	イギリス	3.59兆ドル	オランダ	7.319
7位	フランス	3.18兆ドル	ノルウェー	7.302
8位	イタリア	2.28兆ドル	ルクセンブルク	7.122
9位	ブラジル	2.27兆ドル	スイス	7.060
10位	カナダ	2.24兆ドル	オーストラリア	7.057
～				
51位			日本	6.060

GDP を指標とした経済成長は本当に我々を豊かにしてくれるのか、この問いかけに対し、2007 年欧州委員会、欧州議会、ローマクラブ、OECD、WWF による「Beyond GDP 会議」が開催された。これを契機に、GDP を補完する豊かさの指標として経済成長だけではない人々の Well-being に着目し、Beyond GDP の取組みが注目されてきた^{*4}。例えば、OECD は 2011 年に国の幸福度を測る指標として「Better Life Index」を発表した。住宅、所得と富、雇用と仕事の質、社会とのつながり、知識と技能、環境の質、市民参画、健康状態、主観的幸福、安全、仕事と生活のバランス、の 11 項目で幸福に関する強みと弱みを評価している。日本でも、2021 年 7 月に「Well-being に関する関係省庁連絡会議」が設置され、Well-being に関する取組の推進に向けて各府省庁間での情報共有・連携強化・優良事例の横展開が図られている^{*5}。その他にも、持続可能な経済福祉指標（ISEW）、真の進歩指標（GPI）、国民総幸福度（GNH）、人間開発指数（HDI）、総合的な国民純生産（NNP）など、多くの幸福度を測る指標が検討されている。

ただこのような指標で高得点を目指せば、より豊かな暮らしが実現するかと言えば、そうとも言い切れないであろう。指標化は、他国との比較により自国の特徴や変化を把握でき、未来のより豊かな暮らしに向けた道筋や手段を把握できるかもしれない。しかし、豊かさの捉え方は主観的であり、自己申告による評価には、民族的、国民的性質も表れるため、指標化や順位付けには限界があると言わざるを得ない。特に日本人は謙遜し、周囲との協調を重んじる気質が強いため、中間的な回答が好まれがちであり、それが故にこのような指標では、その調整が必要になるかもしれないとも言われている^{*6}。

1-2 「食」そして「農」から見出す本質的な豊かさ

リチャード・イースタリンが提唱した「幸福のパラドックス^{*7}」では、人は他人との比較から相対的な幸福度を求めがちとされている。豊かさや幸福といった抽象的な概念は、絶対的な価値観や答えが見つけ難いため、どうしてもその傾向が高まると言わざるを得ない。このような相対的な比較にて見出される豊かさではなく、真に消費者が豊かであると実感できる生活とは、未来には何が求められるであろうか。今我々が何かを「豊か」とであると感じるとき、それは恐らく普遍的で情緒的な長年育まれてきた感性がそれを実感させているのであろう。ではその感性とはどのようなものであろうか。我々日本人が昔から持つ感性には、「礼儀・思いやり」、「伝統・文化」、「自然」などが挙げられる。そしてこれらの感性は、主にこれまで日本の生活を支えてきた第一次産業、中でも農業（農作、畜産）を通じて育まれてきたのではないだろうか。

農耕民族である日本人は、四季の移ろいを理解し、作物・家畜を育て収穫することで生活してきた。栽培や収穫には他者との協力が必要で、礼儀・思いやりの気持ちが心の中に根付く。特に食事を始めるときの「いただきます」は、植物や動物、まさに生きているものの命を頂戴すること、またそこに携わる人々への感謝の意を示す非常に尊い言葉である。このような日本人の感性は、海外からも称賛され、未来に受け継いでいきたい日本の誇るべき伝統・文化であろう。そして食事は、単に栄養を摂取するだけのものではなく、精神的な充足にも繋がる、生きるための基盤であることは言うまでもない。

「豊かさ」は、物質面はもとよりそれをどう受け入れるかという心情面も決して無視できない。そしてその両者を根本から支えるものは今後も変わらず、生きていくために必要な「食」、その食料を生産する「農」であることに異論の余地はないと思われる。そしてこれらを今まで我々は十二分に享受し、ややもすれば常にあって当然のものとして生活してきた。しかし、将来に向けこの当然が続くかは現在非常に危うい。そしてそれは「食」への貢献を担ってきた我々油脂産業の未来にも言える。豊かな消費者の未来を実現し、油脂産業としてその豊かさに貢献し続ける、そのために必要なことは、「食」そして「農」の持続性の確立であるというのが本研究会にて至った大きな方向性である。特に今後の技術発展や社会環境の変化により、「食」の形や「農」のプロセスは変わりゆくとしても、脈々と続く生物の命の連鎖の中に我々はある、それ故、時に自身と環境との繋がりを自覚しながら、安心と共に、育まれた命を頂くことへの感謝と敬意の念を持って日々を生きるという豊かさの本質的な部分は、是非次世代へも引き継いでいきたい。

1－3 油脂産業と食

では、この「食」そして「農」と我々油脂産業はどのような関係にあるか、本節にて産業の概要と共にいくつかの側面から簡単に振り返る。油脂産業は食品加工業や農業とは、原料面、商品面からも深く関わっており、産業構造的にこれらの持続性の上に成り立っているといっても過言ではない。

1－3－（１） 油脂産業とは^{*8}

油脂産業とは、動植物油などの油脂を採取・精製・加工して様々な製品を生み出す産業である。動物油脂の代表例としては、牛脂、豚脂（ラード）、魚油（マグロ油、イワシ油など）がある。植物油脂は原料とされる部位により、種子油、果実油、核油、胚芽油と分類されることもあり、それぞれの代表例としては、種子油はなたね油や大豆油、果実油はパーム油、オリーブ油、核油はヤシ油、パーム核油、胚芽油としてはこめ油、とうもろこし油が挙げられる。

油脂産業の中では、これらの油脂を製造する「製油産業」と製油された油脂を加工する「油脂加工産業」に分類され、「製油産業」では動植物を調達し、搾油することで油脂を生産している。これら動植物油は、石油化学系の原料と異なり、天然の産物のため再生産可能原料であることに加え、製品も環境負荷が少ないという特徴がある。

一方の「油脂加工産業」は製油された動植物油を加工し、油脂関連の製品を生産している。油脂関連の製品はさらに「食用加工油脂」、「洗剤・石鹼・香粧品」、及び「油脂化成品」の三つに大別されるが、日本における油脂用途の大部分はマーガリンやショートニングなどの「食用加工油脂」である。食用以外では、直接的に燃料用や潤滑油の配合成分として使用する他、多くの場合、グリセリンと脂肪酸に分解され、さらに脂肪酸は脂肪酸エステルや高級アルコール界面活性剤の原料として使用される。これら油脂誘導体は石油化学系の原料とも関わりながら、最終的には、洗剤、シャンプー・リンス、化粧品などの「洗剤・石鹼・香粧品」、及び、合成樹脂、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、農業向けの「油脂化成品」として、様々な分野で広く使用され、我々の生活に欠かせない商品になっている。

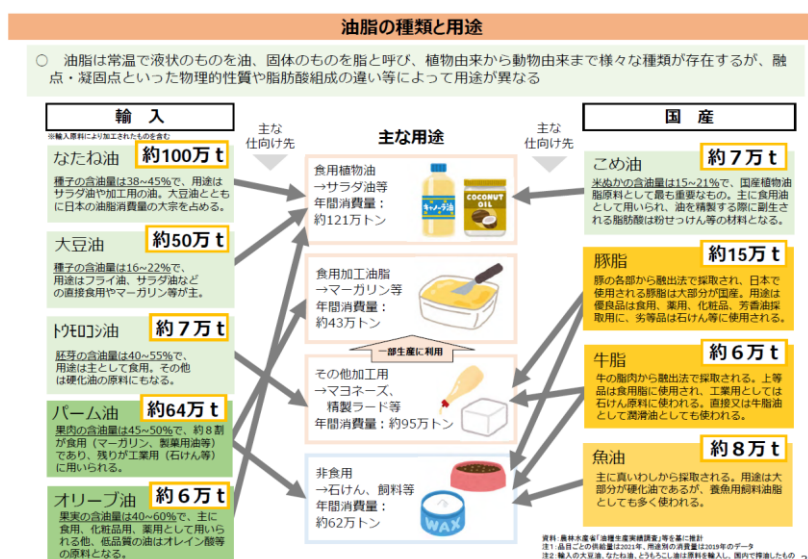


図1－1 油脂の種類と用途^{*9}

1－3－（2） 油脂の栄養と食への活用

「食」において、油脂は重要なカロリー源であり、炭水化物やたんぱく質と並び三大栄養素の一つに数えられている。さらにはリノール酸や α -リノレン酸などの必須脂肪酸の供給源でもあり、また脂溶性ビタミンのキャリア・吸収促進作用も持ち、栄養学上において重要な成分である。油脂はグリセロール1分子と脂肪酸3分子がエステル結合したトリアシルグリセロールをその主成分とするが、トリアシルグリセロールを構成する脂肪酸の種類や各脂肪酸の比率、グリセロールとの結合位置は、油脂ごとに大きく異なる。油脂の栄養や物性はこの脂肪酸の種類、比率、結合位置によって決まるため、幅広い油脂種を使用することは栄養学的、食品加工学的に重要なことである^{*10,11}。

油脂が食用として使用され始めた明確な時期を特定することはできないが、日本では室町時代後期になってから寺院等で本格的に調理に使用され始め、その後江戸時代になると中華料理の影響を受けて油が盛んに用いられるようになった。そして食用油が比較的安価なものとして庶民に広まったのは明治時代中期以降で、西洋料理の普及と共に広く浸透し、大正末期頃には今日の食用油を使用した食生活が形作られたとされている^{*12}。油脂は調理時の熱媒体として調理法に革新をもたらした素材であると同時に、またそれ自体が食品のおいしさを向上させる成分としても機能している。

1－3－（3） 植物油製造と畜産業との関係

日本で主に消費される植物油は現状その殆どが海外からの輸入に依存している（図1－2）。その内訳をみると、日本の消費量の約6割を占める菜種、大豆は種子自体を輸入して日本国内で搾油しており、約3割を占めるパーム、ヤシ油は粗油として輸入している。結果、日本の植物油自給率は約4％程度に留まっている^{*13}。

日本で消費されている主な植物油の供給量

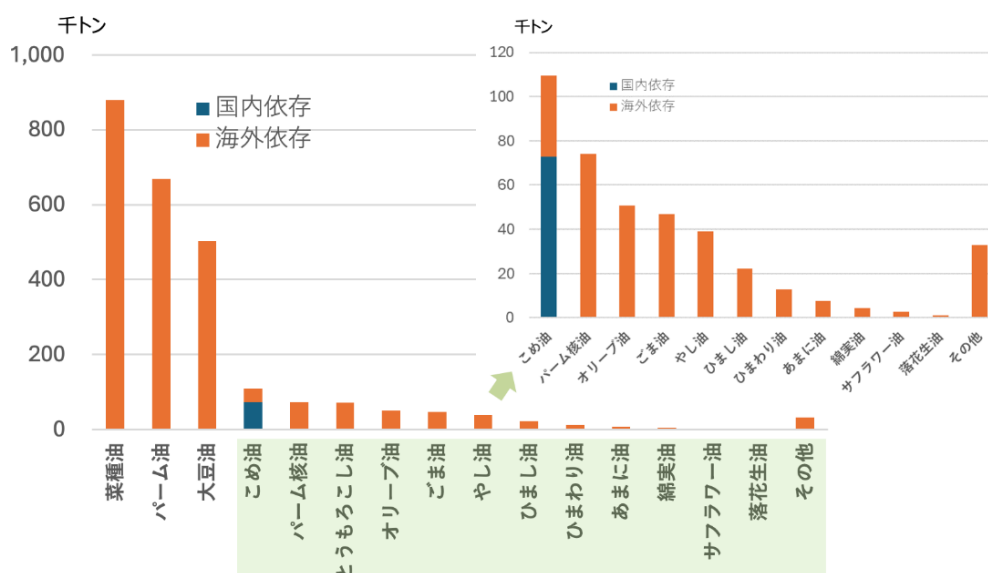


図1－2 日本で消費されている主な植物油の供給量^{*14}

ここで、植物油の国際流通の殆どが粗油で行われる中、何故日本では、菜種や大豆は種子としての輸入量が多く、国内で搾油する必要性があるのかについて簡単に述べる。日本では1970年以前はパーム核、ヤシ油を含む各種子油の搾油を行っていたが、搾油量の少ない原料については効率性の観点から徐々に減少していった。一方、大豆油粕（大豆ミール）

は 2022 年度実績で国内発生量が約 193 万トンと搾油量が現在でも多い^{*15}。その理由は搾油後のミール自体の商品価値が高いことにある（図 1－3）。特に大豆ミールは高品質なたんぱく質であることから畜産用飼料として多く使用されている。このように日本では「搾油業」と「油脂精製業」が合わさった植物油製造業（油糧種子等の原料から油分を抽出し、油と粕に分離してそれぞれの需要先に供給する産業）として食への貢献をなしており、この形態は国内の油粕需要及び油需要のバランスを担う役割も同時に果たしている。そして畜産業は動物油脂の原料生産を担うと共に、植物油副産物として発生するミールの処理・活用先という役割も担い、油脂産業にとっては非常に重要な連携産業である（図 1－4）。

搾油マージンによる大豆需要増減

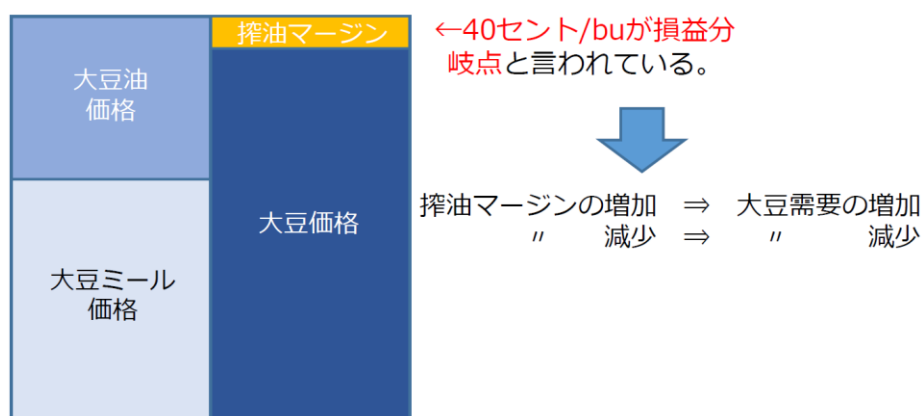


図 1－3 搾油マージンによる大豆需要増減^{*9}

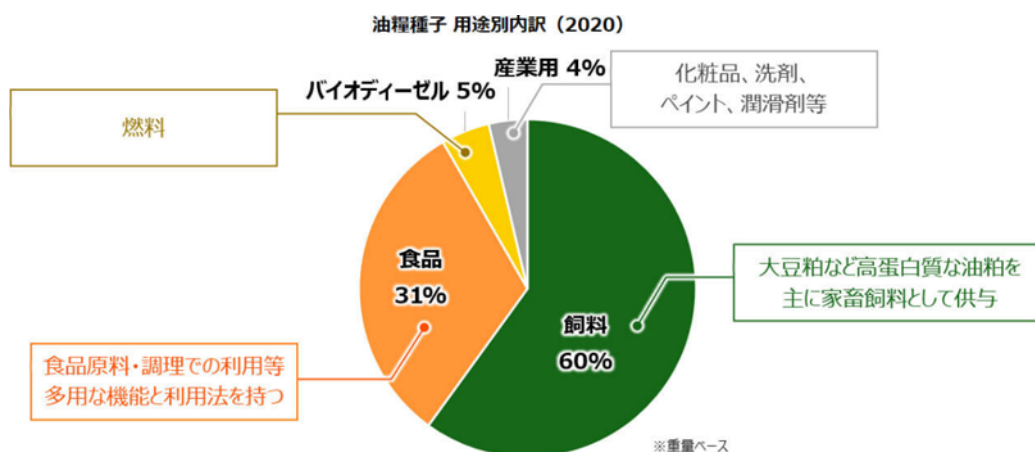


図 1－4 油糧種子用途別内訳（2020）^{*16}

このように油脂産業は「食」と「農」に深く関連しながらここまで持続的に発展してきた。しかし、世界的な経済成長に伴い、人間の数は爆発的に増加し、農地拡大や食料乱獲による農業由来の温室効果ガス（GHG、Greenhouse Gas）発生量が問題視されるなど、今「食」自体の持続性やそれを支える「農」のこれまでの在り方が世界的な課題となってきた。これは本テーマである豊かさと共に、当然ながら我々油脂産業自身の持続性にも関わってくる問題である。例えば、もし世界的に畜産業が大きく衰退すれば、前述したミールの需要減につながり、ミール余りを発生させ、油脂の供給量や価格の変動という形で我々の産業にも大きく影響を与えるであろう。

そこで以降より、本論文では下記構成に沿い本テーマに向け考えていく。

＜第2章＞：まず次章では未来の食料不足を引き起こす主要なリスクに関し、各種報告・論文等から得た現状を報告する。特に人口増加、気候変動と共に、油脂産業としてはバイオ燃料の需要増が食のアクセサビリティに与える影響にも危惧しており、詳細を述べる。

＜第3章＞：第3章では、更に日本特有の「食」のリスクを論じ、そこから我々がなすべきことを考えていく。特に日本は既に現時点で食の多くを国外に依存し、世界に先んじて人口減少を迎える環境下にあり、今後の生産力低下をいかにカバーし、自給率を上げていくかがポイントとなる。

＜第4章＞：第4章にて我々油脂産業として、「食」の国内自給率向上に向け具体的にどのように貢献を図るかを考える。特に我々は様々な産業との連携の上で成り立っており、その特徴を理解し、活かしたアプローチが必要である。

＜第5章＞：そして最終章では、豊かな食の継続に向け畜産業と連携した新しい循環型食料生産システムを本研究会の提言として述べる。環境負荷を低減し、効率性を高めながらも、生き物の命の繋がりの中、引き続き我々が豊かに生きるために何ができるかを考える。

第2章 脅かされる「食」の持続性

2-1 世界の人口増加による食料不足

国連の2年に1度行われる人口推計によると2022年の世界の人口は、ついに80億人に達したと報告された*1。2030年には85億人、2050年には97億人と到達すると推計され、世界の人口動態の大きな流れは、先進国の高齢化、アジア人口の中心が中国からインドへ移行、アフリカ人口の急増と推測されている（図2-1）。少なくともこの地球上で人間が生きていくためには、食料と水の確保が大前提であり、世界の人口が100億人近くに達するのであれば、人口増に伴う食料不足は大きな懸念である。

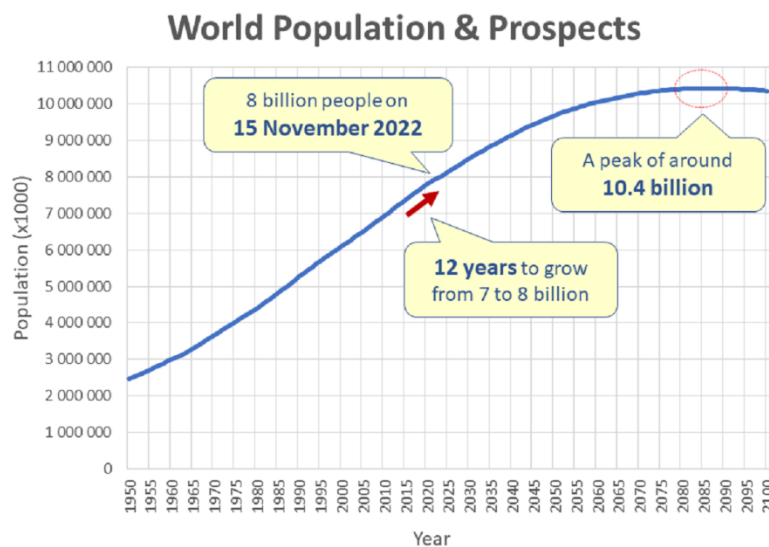


図2-1 世界の人口推移*1

更に農林水産省の統計によれば*2、2050年には、食料需要は2010年と比較して1.7倍になると予測されており、特に、アジア・アフリカの低所得国の伸びが大きいとされている（図2-2）。今後2050年へ向けて、食料の安定生産や効率化は世界規模で求められていくであろう。

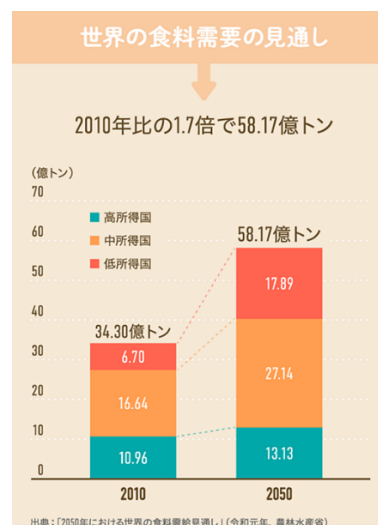


図2-2 2050年の食料需要見通し*3

2-2 気候変動による食料不足^{*4}

食料の確保が困難になりつつある原因は、人口増加だけではない。気候変動による食への影響はグローバルレベルで指摘されている。直接的な影響としては、平均気温の上昇による穀物収量の減少、畜産や養殖業における疾病発生などが指摘されている。また近年多発している異常気象による干ばつ、洪水など、農畜産物の生産に損失を与える気候関連災害もこれに該当する。農作物の生育環境の悪化のみではなく、農場や工場といったインフラへの被害によるサプライチェーンへの影響も危惧され、これらは国際取引価格の上昇へとつながり、食へのアクセサビリティを著しく低下させる可能性がある。

また、こうした直接的な影響に加え、気候変動に伴う生態系の変化から生じる間接的な影響も挙げられている。これは水、原材料、受粉媒介といった生態系によりもたらされるサービスが、環境破壊等により影響を受けることで食糧生産に波及するというものだ。人口増加・気候変動によって、食の供給は地球規模で異変をきたしつつある。

2-3 バイオ燃料の利用による食料不足

こうした気候変動に対する我々の対応は、基本的には4つのカテゴリー、「適応」、「緩和」、「太陽放射管理」、「二酸化炭素の除去」に分けられる^{*5}。これらの4つのカテゴリーの中で、「適応」は必然的にやるべき内容と考えられるため、自発的に対処をする施策としては、「緩和」と「二酸化炭素の除去」となる。GHGを排出しない方針、いわゆる脱炭素政策は「緩和」にあたる。2020年10月、日本政府においても2050年までにGHGの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラルを目指すことが宣言された。

このような流れの中で、石化燃料の代わりにカーボンニュートラルなエネルギー源としてバイオ燃料を使用する動きがグローバルに拡大している。現在バイオ燃料として用いられているのは第1世代と言われ、主にバイオエタノール、バイオディーゼルである^{*6}（図2-3）。前者はガソリンに、後者は軽油に一定量混合して使用されている。これらは非食用原料への置き換えが将来に向け検討はされているものの、現在その大半は食用原料から製造がなされている。例えばバイオエタノールは、さとうきびのような糖質系原料やとうもろこしのような澱粉系原料を発酵・蒸留して製造され、アメリカのとうもろこしの4割はバイオエタノールに使われていると言われている^{*7}。日本ではアメリカからとうもろこしを輸入し畜産用の飼料としているが、近年はバイオエタノール用途が増えたことで、入手が難しくなっている。

またバイオディーゼルについては、油脂の新しい利用用途として需要が拡大している。バイオディーゼル製造の原料となる主な油種は、パーム油、大豆油、なたね油であり、これらの用途は元来食用が非常に大きな割合を占めてきた。しかし、各国政府が脱炭素目標を達成するために、あるいはパーム生産国のインドネシアやマレーシアではパーム油の自国消費を促すために、バイオディーゼルの混合義務割合を段階的に上げたり、混合義務化を進めたりしている。米国では、2023年6月に米国環境保護庁（EPA）が2025年までの3年間の再生可能燃料混合基準量を決定したが、ここでも基準量は年々増えている^{*8}。原油高騰時には、その代替需要から当然油脂価格も高騰する。本来その多くが食用原料としての側面を持つ油脂が環境的観点から燃料用途に回されることで、食料不足の加速を招くという状況にあると言えるであろう。

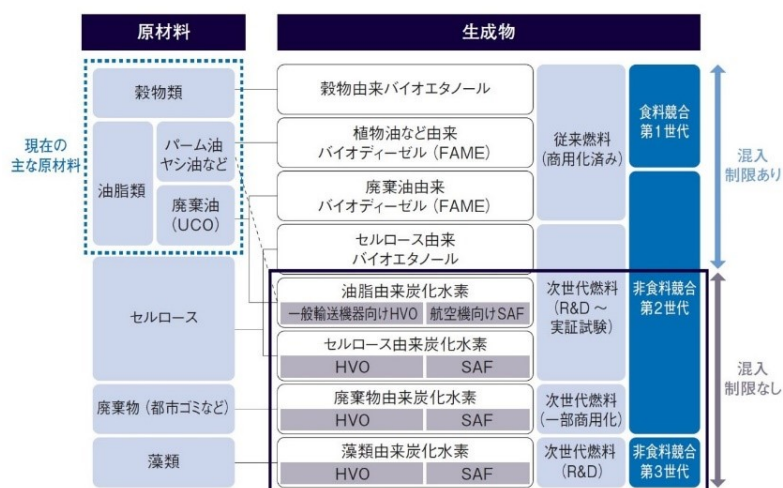


図2-3 バイオ燃料の種類^{*6}

加えて、近年では廃食用油もまた、確保が難しくなっている。その原因として、再生航空燃料（S A F）向け需要の台頭が挙げられる。2023年に欧州議会が定めた新たな航空ルールでは、域内の空港と燃料供給者に対し、S A Fの利用比率を順次引き上げるとした（2025年当初は最低2%、2050年には70%）^{*9}。S A Fの種類は複数あるが、現時点で大量生産が可能なのは「水素化処理エステル・脂肪酸（H E F A）」といわれる生産方法で^{*10}、主に廃食用油や動物油脂を加工した燃料である。再生燃料大手であるフィンランドのNESTE社はこのH E F A方式で事業を拡大し、世界全体でのS A F生産能力をこれまでの10万トンから150万トンに引き上げるとしている^{*11}。しかし、国際航空運送協会（I A T A）によると、ネットゼロを2050年までに実現するためには、さらなる増産が必要と試算しており^{*12}、日本政府も2023年には石油各社に対し、2030年から国際線に供給する燃料の1割をS A Fとすることを義務付けた^{*13}。こうした流れを受け、廃食用油をはじめとするS A F原料への需要が殺到している（図2-4）。

日本ではもともと、外食店や食品メーカーが使った食用油を回収し、精製した後、我々油脂産業の工業用途や、動物性油脂などと混合して養鶏、養豚産業の配合飼料などに展開してきた。このように油を再利用する循環型の仕組みの中に、突如S A F需要が波及した状況である。その結果、S A F利用で先行する欧州企業が日本の廃食用油を高値で買い付け、日本からの輸出量が12万トンとおおよそ5年前に比べ倍増し、飼料向け国内価格の急騰を招いた（図2-5）。今後もS A F需要は増え続けると思われる。本来廃食用油は有効活用が求められる原料ではあるが、それが過剰に必要とされ奪い合いの対象となるという歪んだ現象が生じているため、古くから食を支えてきた再利用のシステムが崩壊し、食料不足を招くという新たな懸念が高まりつつある。

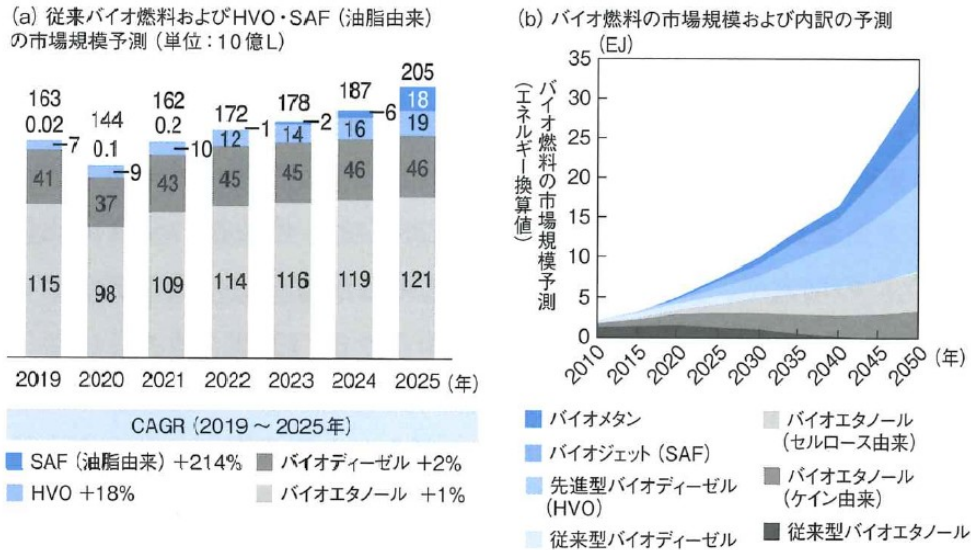


図 2 - 4 バイオ燃料市場の市場規模予測*6

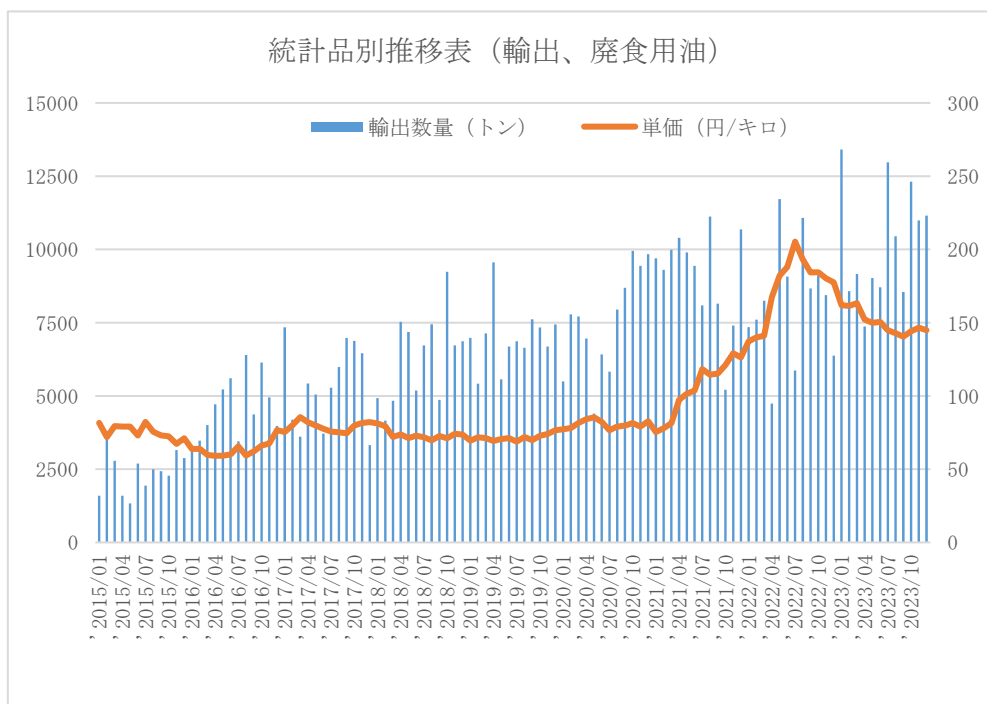


図 2 - 5 廃食用油の輸出動向（貿易統計より作成）*14

このような「食」を脅かす危機がグローバルで進行する中、現在の日本は更に固有のリスクを有している。既に現時点で食の多くを国外に依存し、世界に先んじて人口減少を迎えるというこの日本特有の環境は、より「食」の持続性確保を難しくしているであろう。特に人口減少は生産力の低下を招き、「食」の自給率を更に低下させるだけでなく、「食」の国際購買力の低下にもつながる。

そこで次章では、我々が暮らすこの日本特有の「食」のリスクを更に論じ、そこから本テーマである「未来の消費者のより豊かな暮らし」に向け我々がなすべきことを考えたい。

第3章 日本の現状

3-1 食料自給率の低い日本

日本では戦後、米や野菜といった自給可能な食料中心の生活から、パン、肉や卵などの畜産物、油脂類などを多く食べる生活へと大きく変化した。これにより国内にて生産可能な量以上の需要が生まれ、それに応えるべく食料の輸入が本格化した。さらに外食産業やインスタント食品、冷凍食品などの発展と共に、工業的な生産に適した一定品質の食材を安定的かつ大量に確保する必要性も生まれ、本来自給可能であった品目においても輸入への依存が進行した。その結果、日本のカロリーベース食料自給率は、1965年には73%であったが、2022年には38%と半分程度にまで落ち込み、主要先進国の中でイタリア、スイスに次いで最低水準となっている（以下、特に断りがない限り自給率はカロリーベースでの数値とする）^{*1}。

上記のような食生活の変化は食の多様化であり、それは今新たな食文化として根付き、豊かな暮らしの一部となっている。しかし、ここまで述べたように、世界的な食料不足が進む中、自国にて賄える食料が少ないという今の状況は、豊かな未来の実現に向け非常に大きなリスクであると言わざるを得ない。

日本政府もそうした懸念への対応として、2024年2月、農政の基本理念や政策の方向性を示す「食料・農業・農村基本法」の改正と、「食料供給困難事態対策法」という新法の制定を閣議決定した^{*2}。この中で、緊急時に政府が指定する作物の優先的な生産の要請・指示が盛り込まれているが、指示があってから収穫までには場合によっては1年以上かかることも多分に起こりえる。本質的な解決には食料自給率の向上、つまり国内生産量の増加による食の安定化が必要であり、日本政府はこれまで「食料・農業・農村基本法」に基づき策定される「食料・農業・農村基本計画」を5年ごとに見直し、食料自給率の目標を定め施策を行ってきた。直近では2020年に見直され、その中で2030年の食料自給率を45%とし^{*1}、食料の安定供給に向けた施策を実施してきている。しかし、日本の自給率はこの10年ほどの推移をみても37~39%の間で横ばいのままである^{*1}。今後、「食料・農業・農村基本法」に従い、従来型農業の持続的な発展とそれを支える農村の振興は当然継続していくべきではあるものの、食料自給率の向上には、より革新的な施策が必要になると考えられる。

3-2 食料増産の課題

この課題の本質的な解決には食料自給率自身を向上させる必要があるが、そこには就農人口の減少、農地の不足といった日本特有の課題と、環境リスクの増加といった世界共通の課題が存在する。

3-2-1 就農人口の減少

日本の農家の数は年々減少しており、2010年の農業就業人口は約260万人であったが、その後は毎年減り続け、2019年には約168万人にまで減少している。更に、2019年の基幹的農業従事者数のうち、65歳以上の階層は全体の70%を占める^{*3}。日本の少子高齢化、および人口減少の傾向を考えると、今後就農人口は加速度的に減少することが予測される。

3-2-(2) 農地の不足

2018 年時点、日本の農地面積は 442 万 ha であったが、農地自体も年々減少の一途をたどっている。もし仮に現在輸入に依存している小麦や大豆などを国内にて賄おうと考えた場合、生産に必要な農地は 913 万 ha と、現状の 2 倍以上の面積が必要な試算となる^{*4}。農林水産統計で過去最高の農地面積があった 1961 年においても、その面積は 609 万 ha であった。現在の食生活は、自国の農地量を圧倒的に超えた量であることがこのことからわかるであろう。なお先進国の中で食料自給率が 100%を越えているカナダ、オーストラリア、アメリカ、フランスの人口当たりの農地面積 (ha/人) はそれぞれ、1.49、14.02、1.20、0.44 となっている。一方、自給率が 50%程度とそれほど高くないイギリス、イタリア、スイスではその数値は 0.2 程度となる。そのような中、日本の数値は 0.04 である。これは山間部の多い日本の農地が、人口に対していかに少ないかを示している (図 3-1)。

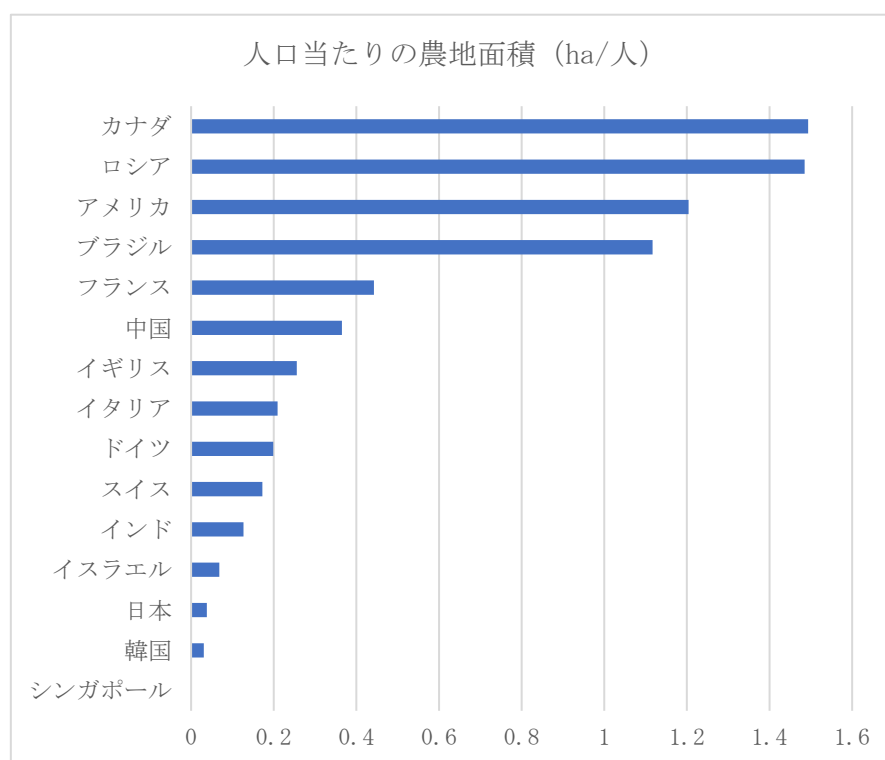


図 3-1 各国の人口当たりの農地面積比率^{*5}

3-2-(3) 環境リスクの増加

更に近年では温暖化の影響により、これまで作物の栽培に適していた地域の環境変化や、異常気象の発生による農作物の被害等が頻発している。今後はよりこうした影響を強く受け、安定的な収量確保が難しくなることが考えられる。また G H G 削減の必要性はますます高まる中で、食料増産における農業由来 G H G の増加をどう考えるかという難しい問題もある。現在世界では、人為起源の CO₂ 排出における農林業由来の CO₂ が占める割合は 23% である。日本の CO₂ 総排出量に占める農林水産分野の排出量は 4.4% であり^{*6}、比率としては比較的少ないように思えるが、排出量増加を前提とした食料増産は、今後の国際的な流れから難しくなる可能性がある。

3-3 食料自給率増加と油脂産業

こうした課題に対し、現在官民間問わず様々な試みがなされている。農林水産省は2021年5月に「みどりの食料システム戦略」を策定し、2050年に向けて、AIやロボット等を活用したスマート農業の推進、CO₂のゼロエミッション化の実現、化学農薬の使用量（リスク換算）50%低減、化学肥料の使用量30%削減、有機農業の取組面積の割合を25%（100万ha）に拡大するなどの目標を掲げている^{*7}。

これら技術的・社会的潮流を踏まえ、我々油脂産業はどのようにこの食料自給率向上に貢献していくべきか。前述したように、我々の産業の製品でもありかつ原料でもある「油脂」自身、自給率は僅か3~4%程度である。これは主要な品目の中で自給率が低い小麦（16%）や畜産物（17%）と比較しても、圧倒的に低い状況である（図3-2）^{*8}。ただ、前述するように油脂はエネルギー密度の高い食品であるため、エネルギーとしては全体の約14%を占めている。それ故に油脂の国内生産量増加が全体の自給率向上へ与える影響は決して小さくはないであろう。では、単にこの低い油脂の自給率を高めていくことが我々のなすべきことなのか。次章では、油脂の自給率向上を論じながら、この問題を考えていく。

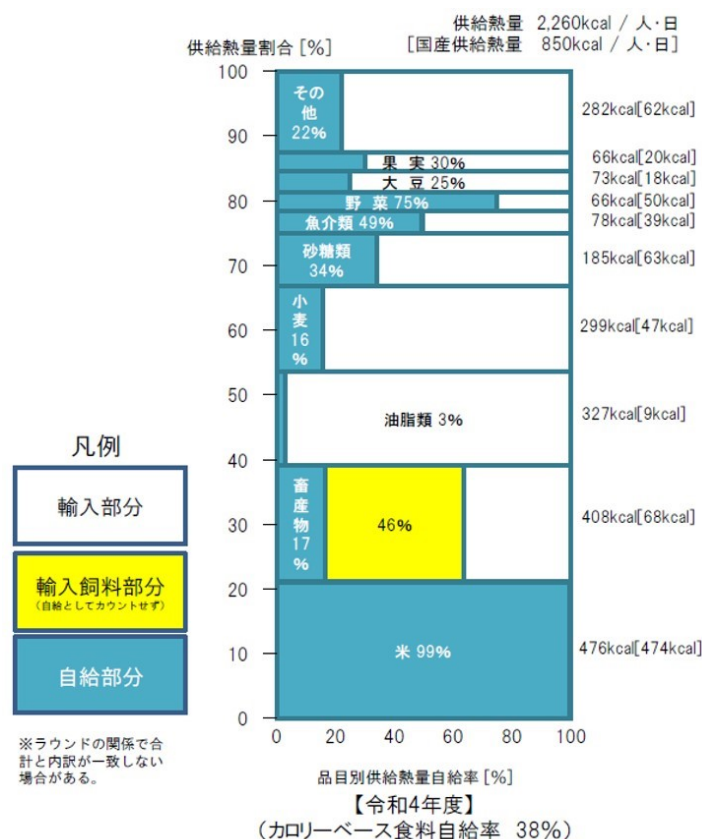


図3-2 品目別食料自給率^{*8}

第4章 日本の豊かな未来に向けて

4-1 植物油の自給率向上

現在日本の油脂供給量の内訳は、70%が植物油（なたね油、大豆油、こめ油など）、29%が植物脂（パーム油、ヤシ油など）、1%が動物油脂となっている^{*1}。なおパーム油の国内増産に関しては令和4年度の本研究会にて、コスト面で困難との結論が出されている。では他の植物油に関してはどうかであろうか。

なたね油は現在ほぼ輸入原料に頼っているが、日本は世界で第3位の菜種輸入国でもある^{*1}。なたね油の国内消費量は高く、引き続き需要もあり、今後も規模による購買力の維持が見込めるのではないかと考えられる。国産化を推進するよりは、生産各国との良好な関係性構築を今後も強く日本側から図っていくことが重要と思われる（平成28年度の本研究会報告内容も参考されたい）。同様に輸入原料からなる大豆油であるが、大豆は菜種以上に世界の流通量が豊富である^{*1}。また油脂原料用途の大豆は遺伝子組み換え品種が大半を占めている。農地が少なく就労農家の減少が進む中、さらに厳しい管理制度の中で、農地を確保し従来の農法で油脂用として大豆の増産を図るのは難しいであろう。そしてこめ油は自給率が最も高い油脂ではあるが、年々米の需要量は減少を続けており、現在米の自給率がほぼ100%であることを見てもわかるよう^{*2}、国内の米の需給量は釣り合っている状況である。このような中、原料である米ぬか確保に向け更なる米の増産を進めるのも、やはり困難と言わざるを得ないであろう。

4-2 アップサイクルから見る油脂産業の役割

将来のサステナブルな日本の食に向けて、油脂産業として単に油脂自体の自給率を高めるというアプローチは、現状現実的とは考えられず、カロリーベースの自給率を数値上は高めたとしても、それが消費者の実感を伴う豊かさであるとも言い難い。一方我々の扱う油脂は、それ自身がアップサイクルされた製品であるという捉え方も可能である。例えば、大豆油は大豆を栄養価の高い家畜用飼料として与えるため、その生産工程にて生じる副産物（油分）に、商材価値を付与し活用したものと捉えることができる。こめ油も精米時に発生する米ぬかを単に廃棄物とせず、そこからさらに有用な成分を抽出し、無駄なく活用したものといえる。動物油脂も食肉製造時に食用とされない脂肪、魚油もフィッシュミール作成時の脱脂で生じる油分を活用したものである^{*3}。つまり、食用油脂の活用自体が直接的・間接的に食料生産効率化に寄与しているとも言えるであろう。この観点から考えた場合、日本の食料自給率向上、特に生活において実感を伴う豊かな食の継続に向け、我々油脂産業が主要な役割を担えるのは、食におけるたんぱく質の重要な供給元である畜産業の継続と発展に対してではないかと本研究会では考えた。

4-3 現状の畜産業が抱える課題

先に述べた「食料・農業・農村基本計画」において、特に酪農・畜産物については、飼料自給率を考慮しない「食料国産率（カロリーベース）」、更に飼料自給率（TDNベース）を反

映した「自給率（カロリーベース）」に目標値が設定されている。まず食料国産率に関しては、2030年度目標が53%である。2022年時、豚肉、鶏肉、そして牛肉の食料国産率はそれぞれ49%、64%、47%となっている^{*2}。現在食生活に欠かせない畜産物の多くは、このように輸入頼りになっている。中でも牛肉は、一般に経済成長とともに消費が増えることから分かるように^{*4}、豊かな食の象徴でもあるが、国産率は最も低く、この向上は日本の豊かな食の実現に向け重要な課題であると思われる。一方、飼料自給率を反映した畜産の自給率向上は飼料構成比がカギとなる。まず飼料は干し草などの粗飼料と、ミールなどからなる濃厚飼料がある。粗飼料の自給率は78%であるのに対し、濃厚飼料の自給率は13%であり、畜産全体においてこの粗飼料と濃厚飼料の構成比は、およそ2：8の割合である^{*5}。今後畜産の国内増産を図る場合、濃厚飼料自体の自給率向上も共に求められると言えるであろう。この濃厚飼料を主に構成するのはとうもろこし、小麦などの穀類、米ぬかなどの糟糠類、大豆などの油かす、魚粉などの動物性飼料である。この内最も構成比率の高いとうもろこしは食用と飼料用で品種が異なり、この増産は農地の競合が起こりえる懸念がある。小麦も同様であろう。また、米ぬかは前述の通り米自体の更なる増産が難しく、魚粉も栄養学的には魚類の養殖に優先して使用された方が好ましい。こうした中、大豆に関しては、その濃厚飼料化と同時に得られる油分は我々油脂産業にて食用大豆油としての価値化が可能である。飼料用途と食用用途の競合ではなく、共創的な手段が取り得るのではないだろうか。

ただ牛肉の国内増産には課題も多い。農林水産省が2022年6月に公表した「食料安定供給に関するリスク検証（2022）」では、牛肉の安定供給におけるリスクとして、労働力不足と伝染病が挙げられている。畜産経営の大規模化は進んでいるものの、労働集約的な酪農・畜産においては、依然として労働力不足は影響の大きなリスクとして評価されている。また伝染病についても、中国等の近隣諸国で継続的に口蹄疫が発生していることがリスクの重大性を引き上げる結果となっている。そして近年大きな課題として懸念されているのが環境への影響である。牛のような反芻動物特有のルーメン発酵によるメタン排出（いわゆる牛のゲップ）、家畜排せつ物由来の一酸化二窒素やメタン量の増加による温暖化への影響は、現在無視できないレベルに高まっている。特に二酸化炭素と比較し、メタンの温室効果は約25倍、一酸化二窒素の温室効果は約300倍であり^{*6}、これらの問題への対処なしには今後の増産はおろか、継続的な生産自体も危ぶまれるであろう。

4-4 油脂産業が促す新しい畜産の形

前述したように牛肉の国産率向上のためには、労働力の不足、伝染病、そしてGHGの削減などの課題に対処した新しい畜産の形が今後求められる。またそれは飼料自給率の向上も伴う形が理想である。食の持続性確保という我々と同様の志のもと、現在既に検証や実装が進められている様々な技術やシステムを参考に、本研究会では一つの可能性として、新たな循環型食料生産システムの構築を提案したい。アグリテックを活用した効率性と防疫性の高い閉鎖型飼育環境下、発生するGHGは回収し、排泄物は肥料として、更には電力化して、植物工場に活用、そこでは育成面に優れた遺伝子組み換え大豆を飼料用として管理的に生産、それをミール化し国産濃厚飼料として再度閉鎖型飼育環境へと循環する。そしてこのシステムを下支えするのが我々油脂産業である。なぜなら我々がミール化にて脱脂される油分、そして食肉化で生じる不要な脂肪分などを余すことなく活用、価値化す

るという役目を担えるからこそ、プロセスにて生じる排泄物やGHGを濃厚飼料原料の自給へと活用する自律的な循環を描けるからである。

本システムを「Soy Bull Power Circulation System (SBPCS)」と名付け、この設計指針と共に一つのモデルケースを最終章にて述べ、本研究会の提言とする。

第5章 Soy Bull Power Circulation System

Soy Bull Power Circulation System (S B P C S) とは、これまで様々な機関で検証、実装されてきたシステムを組み合わせ構成したシステムである。本章ではまず、我々が今回対象とした牛肉、そしてその濃厚飼料原料として定めた大豆、これらの生産上の課題と共にその解決に向けた検討事例と、S B P C S の構成に参照した各種技術やシステムの紹介を行う。そして効率的な食料生産という視点でこれらの全体最適化を目指し、新たな循環型食料生産システムとして考案した本S B P C S の社会的価値を、最後に各種概算と共に記す。

5-1 養牛（牛肉生産）の課題とこれまでの取り組み

養牛の課題は複数存在するが、ここでは第3章でみた就農人口の減少、農地の不足、環境リスクの増加の観点から現状を述べる。

5-1-1 就農人口の減少の解決に向けた取り組み^{*1}

まず就農人口の減少に関しては、モニタリングシステムを中心としたスマート農業など多くの取り組みがなされており、例えば酪農では搾乳ロボットを導入している農家の割合が2019年の4.0%から2022年には5.8%と増加している。また、外国からの特定技能在留外国人は2020年の560人程度から2022年には4,700人に増加している。しかし、経営体当たりの労働時間は酪農、肉用牛の繁殖、肥育共に増加傾向であり、労働力不足の十分な解消には残念ながらまだ至っていないと言えるだろう。

5-1-2 農地の不足の解決に向けた取り組み

畜産における農地の不足に関しては、飼育に要する土地と飼料生産に要する土地の両面を考える必要がある。まず飼育に要する土地不足解消に向けた取り組みとしては、養牛ではなく養豚での事例ではあるが、中国において17階建てや26階建てといった「タワー豚舎」での飼育が試みられている^{*2,3}。26階建ての「タワー豚舎」では、年間60万頭の豚の出荷が可能とのことで、不要の工業用地を使用し、通常の平屋方式の豚舎と比較して、20倍の土地利用効率を達成している。また、この豚舎では飼料供与などの作業が自動化され、300人程度での運用が可能となっており、就農人口減少の対策としても有効と思われる。

一方、飼料生産に要する土地不足解消に向けた取り組みとしては、単位面積当たりの栄養量が多い青刈りとうもろこしの生産拡大や、水田でのとうもろこし生産、飼料用米生産の推進等の施策が打たれているものの、飼料用米以外の作付面積は現状広がっていない^{*4}。

5-1-3 環境リスク増加への取り組み①

：地球環境の変化が養牛にもたらす影響に向けて

環境リスクの増加に関しては、地球環境の変化が養牛にもたらす影響と、養牛のプロセスが環境へ与える負荷の2つを考える必要がある。まず地球環境の変化による養牛への影響としては、暑熱による増体・繁殖率の低下や疾病罹患・死亡の増加などが挙げられる。暑熱被害への対策としては、次世代閉鎖型牛舎システムの実証研究が宇都宮大学を代表機関とする次世代畜舎コンソーシアムにより行われている^{*5}。このシステムでは、吸気側と排気側を分離し、シミュレーション技術により決められた最適配置の換気扇を、環境計測センサーでモニタリングを行いながら自動制御することで最適な飼育環境が維持できる。さら

には、吸気側と排気側を分離していることで、プッシュ&プル型の一方向の気流により、排気側での悪臭成分の脱臭を容易にし、また、強い気流により、感染症の媒介となるアブなどの飛翔を妨げ、罹患リスクの低減にもつながると考えられている。



図 5－1 次世代閉鎖型牛舎^{*6}

5－1－（４） 環境リスク増加への取り組み②

：養牛のプロセスが環境へ与える負荷に向けて I（ゲップ由来メタン）

これに関しては現在、GHG排出量の増加が最も懸念されている課題である。畜産由来のGHGは日本の総排出量（11.7 億 t-CO₂/年）の約 1 %、農林水産業由来の約 28%を占め、牛の消化管内発酵（ルーメン）に起因するゲップ由来のメタンと排泄物由来のメタン、排泄物由来の一酸化二窒素は特に大きな発生源と指摘されている（図 5－2）^{*7}。

ゲップ由来のメタン排出量を抑制する方法としては大きく分けて 2 法あり、飼料による改善と、直接的な捕集である。飼料による改善策としては様々あるが、代表的なものとしては脂肪酸カルシウム^{*8}やカシューナッツシェルリキッド（CNSL）^{*9-11}の添加によるものがよく研究されている。CNSLはカシューナッツ生産時に廃棄物となるカシューナッツの殻から得られるもので、研究においては 3 割程度メタン削減が可能であり、日本においても既に商品化もされている。飼料として与え、家畜自身に大きな負荷をかけない点は、今後重要視される生物多様性、アニマルウェルフェア（家畜福祉）等の面からも非常に優れた手法といえる。今後の普及と更なるメタン削減効果の向上には是非期待したい。

一方、発生するGHGを直接捕集する手段としては、牛にマスクを装着させ回収する方法が提案されている（図 5－3）^{*12}。これはマスクの中に、メタンを酸化し、二酸化炭素と水に分解する触媒装置が組み込まれており、分解反応時のエネルギーを回収したり、ソーラー発電を利用したりすることで、外部エネルギーを必要とせず使用できるとされている^{*13}。このマスクでは牛の口を覆うことがないため、そのまま飲水・摂餌可能でアニマルウェルフェアにも配慮されており、個体ごとに各マスクの維持管理は必要ではあるが、ゲップ由来のメタン削減の方法として有力であると思われる。

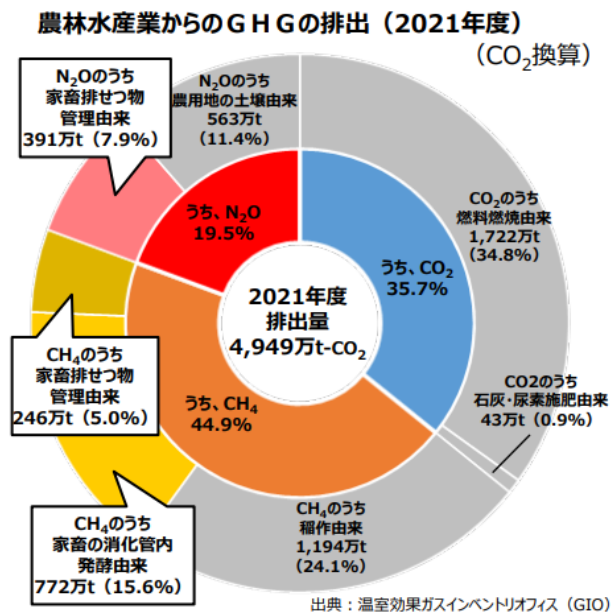


図 5 - 2 農林水産業からのGHGの排出^{*7}



図 5 - 3 牛のゲップ捕集マスク^{*12}

5 - 1 - (5) 環境リスク増加への取り組み③

：養牛のプロセスが環境へ与える負荷に向けてⅡ（排泄物由来GHG）

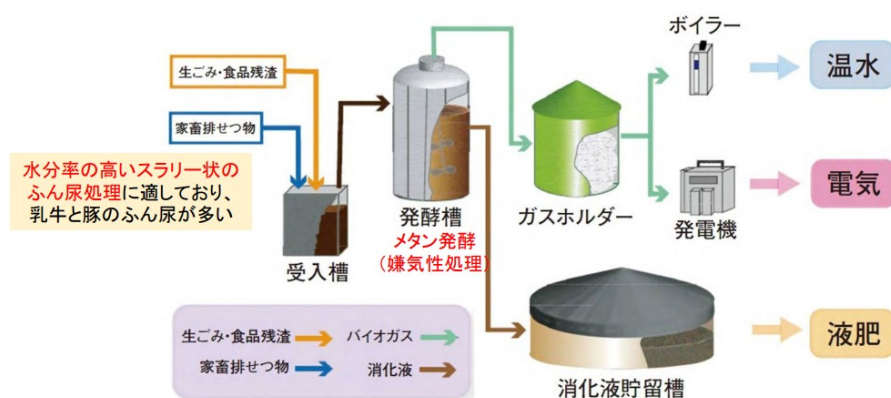
排泄物からのGHGは、メタンに加え、一酸化二窒素も発生する。世界の一酸化二窒素の排出量の内、65%が家畜排泄物由来といわれている^{*14}。メタン、一酸化二窒素は共に家畜排泄物の堆肥化の過程で発生すると考えられているが、家畜排泄物は1999年に施行した、「家畜排せつ物管理の適正化および利用の促進に関する法律」により現在は約9割が堆肥化処理されている。

この堆肥化の際のGHG排出低減の方法として、メタンの元となる有機物および一酸化二窒素のもとになるたんぱく質（窒素）の排泄抑制のために飼料の多給を抑える「減容」

*¹⁵、亜硝酸酸化細菌の添加などによる「発生抑制」*¹⁶、メタン発酵を促進させ、発電に活用する「エネルギー利用」*¹⁷などが検討されている。

これらの方法の中で特に「エネルギー利用」は、密閉状態で処理するため、これまで問題とされてきた悪臭問題、水質汚濁、廃棄物対策にも有効である。さらに、発酵の際にメタンガスと発酵後のかすである消化液が発生するが、それぞれメタンガスは発電に、消化液は固液分離されて、固形分は柔軟で吸水性の高い敷料、液体分は従来通り堆肥として利用することができるため、資源の少ない我が国では特に有効な方法であると考えられる(図5-4)*¹⁷。

メタン発酵とバイオガス生産システム



出典：バイオガス事業推進協議会「バイオガス事業の策 2019」

図5-4 メタン発酵とバイオガス生産システム*¹⁷

5-2 大豆生産の課題とこれまでの取り組み

次に大豆生産の課題と取り組みについて述べる。2022年の大豆の需要量は約390万トン、そのうち、味噌や豆腐といった食品に利用される食品用は100万トンで全体の26%、油糧用が273万トンで70%を占めている*¹⁸。食品用だけで見ると自給率は23%だが、油糧用、その他は輸入に頼っているため、大豆全体の自給率は6%となっている。先の食料・農業・農村基本計画においては、大豆の生産量の目標を2030年に34万トンとし、耐病性、加工適性に優れた新品種の作付け強化や、団地化による人材の集積、排水対策強化やスマート農業の推進などの試作を行っているが、作付面積、平均収量ともに、基準年である2018年からほぼ増加がなく、目標達成は現状では厳しいと言わざるを得ない*¹⁸。このような状況下においては、第4章で述べたように、従来型農業による油糧・飼料用大豆の生産は、農地・人材の確保という面から非常に困難だと考えられる。

こうした大豆生産の課題解決法として、植物工場での水耕栽培がいくつかの研究機関や企業により検討・実施されている。植物工場による水耕栽培のメリットは、施肥や収穫などの作業を自動化しやすく、少人数で生産できる点、また、多段栽培やビル型建築内は各階層で栽培可能であるため、必要な土地が露地栽培よりも少なく出来る点などがある*^{19, 20}。株式会社食のカコーポレーション*²¹などの企業や研究機関が実施、検証しているように、収穫までの期間を短縮できるため、更に単収を増加させることも可能であると思われる。また温調や日照管理も可能であるため温暖化などの気候変動の中でも、安定的な収穫が期

待される。

5-3 Soy Bull Power Circulation System (S B P C S) の提言

5-1節、5-2節でみたように、従来型農業システムにおいても、個々の課題に向けた対策については検討や実証研究が進められ、一定の効果を上げることが期待されるが、それらは現在各々に最適化が検討されている状況ともいえる。我々はここで、もう一段広い範囲での最適化を志向した食料生産システムを提案したい。それがビル型牛舎による畜産と植物工場型大豆栽培を融合させ、エネルギー生産まで可能となる循環型食料生産システム、「Soy Bull Power Circulation System (S B P C S)」である。

このシステムの概略は、閉鎖型牛舎で牛を育て、生じる排泄物等からバイオガス発電によってエネルギーと肥料を生み出し、併設する植物工場での大豆栽培に利用し、植物工場で栽培した大豆でミールを製造、牛の飼料とする循環の中で、畜肉、油脂を生産するシステムである（図5-5）。システムの具体的な内容を次項以降で説明する。



図5-5 Soy Bull Power Circulation System (S B P C S) の概略図

5-3-(1) ウシマンション（閉鎖型牛舎ビル）

牛舎については、タワーマンションのようなビルとして建設し、閉鎖型牛舎とする。閉鎖型のメリットとして、排出するGHGの回収、感染症の防止、最適な飼育環境の維持が容易となり、ビル型にすることで必ずしも広大な農地を必要とせず、多くの牛の飼育が可

能となる。

こうした牛舎ビルを我々は「ウシマンション」と呼ぶが、基本的なシステムは5－1節で述べた宇都宮大学などが実証研究した次世代閉鎖型牛舎システムを活用し、タワー豚舎（図5－6）と組み合わせることで実現する。次世代閉鎖型牛舎システムは通常の牛舎に比べ、棟の高さを低くすることが可能なため、階層を増やし、ビル型牛舎に適合するシステムだと思われる。



図5－6 中国の26階建てのタワー豚舎^{*2}

このウシマンションの排気部にある脱臭装置を設置する部分に、5－1－（4）項で紹介したメタン回収マスクで使用されているシステム（メタンを回収・分解する触媒装置とメタン分解物のモニタリング装置）を設置することで、より効率的かつ確実に、メタン回収と排気中のメタン濃度の管理が可能になると考える。また、次世代閉鎖型牛舎においては、排気ファンから脱臭装置を通過し、脱臭された空気は直接外気に排気されるようになっているが（図5－7）、ウシマンションでは直接排気しない。脱臭後およびメタン分解後の空気については、大気中よりも二酸化炭素濃度が高くなっているため、直接大気中に放出するのではなく、併設する大豆の植物工場で利用する。

なお、飼養形態については、アニマルウェルフェアの観点、衛生面、少人数で飼育可能である点などから、フリーストール型の飼養形態をとる^{*22}。生産効率向上のための各個体データの採取も容易であると思われる。フリーストール方式では、糞尿が同時に回収され水分の多いスラリー状となるが、こうしたスラリー状の糞尿はメタン発酵に適しており、メタン発酵によりエネルギー生産を行うSBPCSに合致した飼養形態であると思われる。

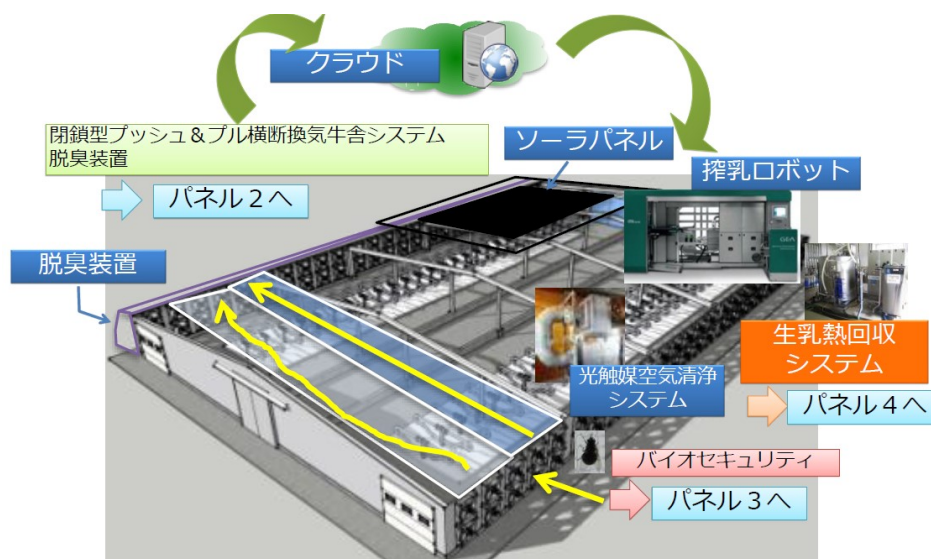


図 5－7 次世代閉鎖型搾乳牛舎*⁵

5－3－（2） 大豆植物工場

本植物工場での大豆栽培には、「完全人工光型」のLEDを用いた水耕栽培を採用した。なお水耕栽培のデメリットとしては、収穫後の茎や根を処理する必要がある、バイオエタノールの原料として利用する試算を実施したが、コスト面において十分なリターンが見込めなかったため、これらの大豆の茎葉については、前項で述べたウシマンション中で牛の粗飼料として利用することとした。また、肥料費抑制のため、根粒菌を播種することとしたが、根粒崩壊による一酸化二窒素については、その水溶性の高さから栽培液に溶解し、大半が養分として利用されると考えており、根は糞尿とともにメタン発酵に供することで、一酸化二窒素の排出を抑制できるものと考えた。

生産性向上のため、前述のようにウシマンション内から発生する二酸化炭素はこの植物工場に活用する。特にハウス栽培のような閉鎖系での栽培時には、植物自身の光合成により植物体周囲の二酸化炭素濃度が低下しており、植物体周辺に二酸化炭素を放出することで作物の成長が促進され、収量向上につながるということが知られている*²³。一例として、不二製油などの民間企業数社と佐賀市、佐賀大学が連携して、ごみ焼却施設から排出される二酸化炭素を活用した栽培方式の実証研究を進め、露地栽培と比較して3倍の収量を得たとの報告もある*²⁴。我々の提案するウシマンションと併設する大豆植物工場においては、前述の牛の呼吸からの発生分、ゲップメタンの分解による発生分、メタンガスのエネルギー使用時に発生する二酸化炭素を利用することを想定している。またICT（情報通信技術）を使うことで、適切な栽培方法が実施できれば、人件費を削減することも可能と考える。

5－3－（3） バイオガス発電施設

SBCSでは、ウシマンションにバイオガス発電施設を併設し、牛の糞尿からエネルギーと肥料を効率的に生産するシステムを想定した。糞尿輸送の必要がなくなるため、すぐにメタン発酵に供することができ、余分なメタンや一酸化二窒素の発生を抑制できる。バイオガス発電施設に必要な設備は、実際に牛の糞尿を用いてバイオガス発電を実施している大木牧場をもとに設計した*¹⁷。今回は現状の電力買取価格を考え、バイオマス発電した電力はFIT（固定価格買取制度）として売電することを想定した。また消化液は液肥

として大豆植物工場で活用し、余剰分は販売して収益化することを想定した。

5-3-(4) その他補足設備

これらのシステムを補足するため、ウシマンションから得られる牛肉や牛脂の加工のための食肉センター、大豆油を絞り、大豆ミールと分離するための大豆搾油精製工場を設置した。また、SBPCSのウシマンション、食肉センター、大豆植物工場の屋根部分に太陽光発電を設置し、さらにGHG削減を目指すシステムとした。

5-4 SBPCSの社会的価値試算

本節ではここまで述べた「Soy Bull Power Circulation System」の社会的価値について様々な点から数値的な試算を行った。この試算に際し、本システムはウシマンション、食肉センター、バイオガス発電施設、大豆植物工場および搾油精製工場からなる複合施設とし、1ユニットでの飼育頭数は5万頭を想定した。2023年度における日本の肉用牛飼養頭数は約270万頭であり、SBPCSでの飼育頭数はその約2%に相当する^{*25}。この牛5万頭を飼育するのに必要なミール量は年間約6,400トンとなるため、植物工場にて生産する大豆量は年間約8,530トンと定めた。

なお各種試算は極力既存事例を参照しながら、本システムの規模や特徴を鑑み試みた。更なる精査は必要ではあるが、本システムの実現性や事業性を概括的に判断できると考えている。以降に記す各種試算数値の詳細な参照事例、考え方等は別途末尾に備考として記載した。

5-4-(1) SBPCSの施設規模と投資額試算

SBPCSを構成する各施設の建設費用を試算した。ウシマンションは上述した豚舎タワーの建設費用に基づいて試算した。食肉センターは株式会社SEミート宮崎、バイオガス発電施設は御影バイオガス発電所、大豆植物工場は株式会社椿本チェーンの人工光型の大型植物工場、搾油精製工場は株式会社Jーオイルミルズ倉敷工場およびゼニス式油脂精製設備等を参考に、装置能力指数乗則法^{*26}にて試算した。太陽光発電システムについては、既存の事業用太陽光発電費用に基づいて行った。なお敷地面積はこれら参考事例の能力値に基づき、本システムに必要な能力値の倍率をそれぞれの敷地面積に乗ずることで試算した。結果、設備投資額は約783億円との結果を得た(表5-1、図5-8)^{*備考1-6}。また1ユニットの建設に必要な敷地面積は約63万^{m²}となり、この建設用地購入費用は市街化調整区域内の農用地区域を想定し、約18億円^{*備考7}と試算した。

以下では、SBPCSがこれら設備投資に値するシステムとなりうるか、各施設の売り上げを試算し、最後にSBPCS稼働にかかる支出について整理を行い、全体としての収益性について論じる。

表 5－1 Soy Bull Power Circulation System の建設費用*備考 1-6

	建設費用	敷地面積	備考
ウシマンション	331億円	9.3万m ²	1
食肉センター	73億円	2.1万m ²	2
大豆植物工場	267億円	21.3万m ²	3
バイオガス発電施設	72億円	30.0万m ²	4
大豆搾油精製工場	11億円	0.07万m ²	5
太陽光発電設備	30億円	18.3万m ² ※	6
合計	783億円	62.8万m ²	

※太陽光発電は屋根のため合計から除外

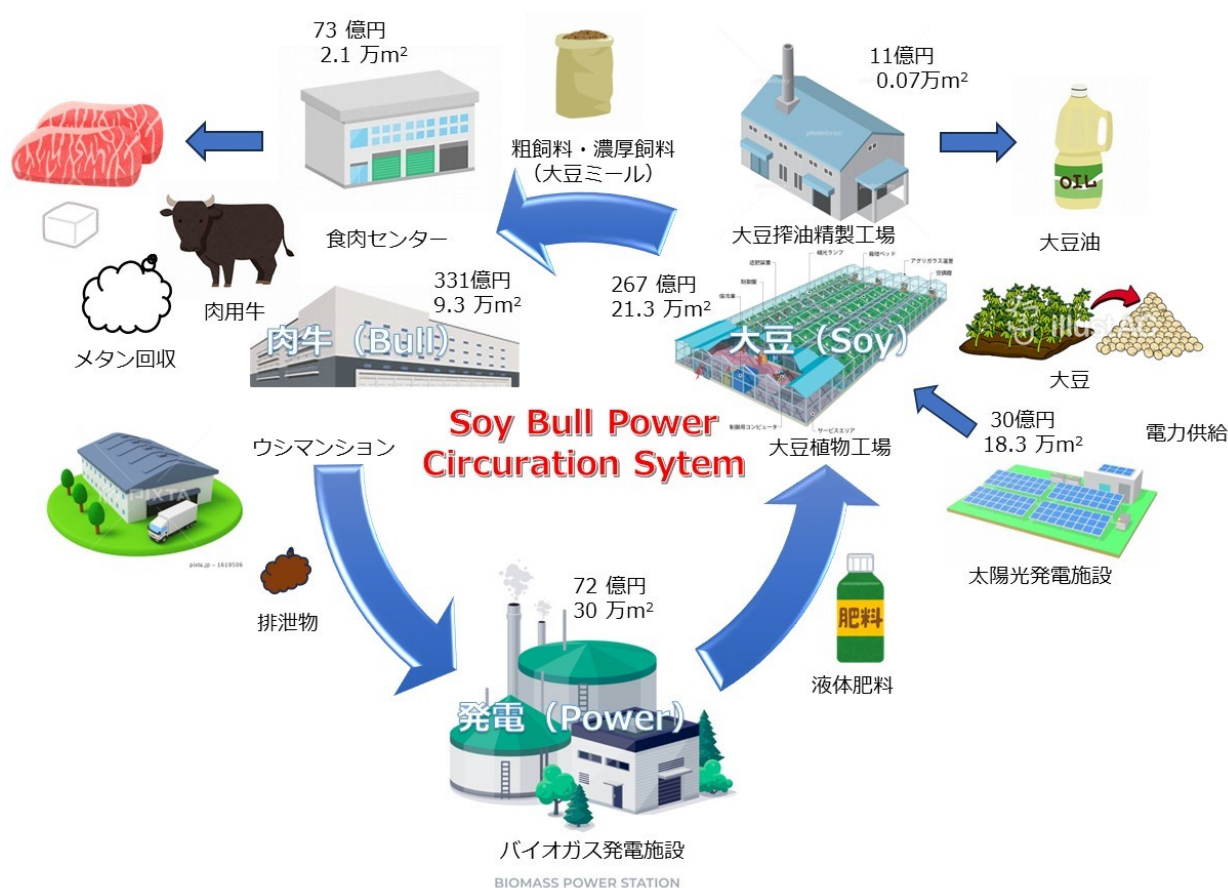


図 5－8 Soy Bull Power Circulation System の建設費用

5－4－（2） ウシマンションおよび食肉センターの売り上げ試算

ウシマンションでは、大豆植物工場で発生する大豆ミールと茎葉を飼料として使用し、1棟で5万頭を飼育、肥育期間は20か月、年間屠畜頭数は2.5万頭を想定した。結果、併設する食肉センターにて肉の解体を行い、年間で部分肉11,400トン、内臓1,625トン、牛脂1,750トンの生産によって、約315億円の売上高を見込む（表5－3）*備考⁸。

表 5－2 ウシマンションおよび食肉センターの売り上げ試算^{*備考 8}

飼育頭数	5 万頭
屠畜頭数	2.5 万頭/年
部分肉生産量	11,400 トン/年
内臓生産量	1625 トン/年
牛脂生産量	1,750 トン/年
売上高	315 億円/年

5－4－（3） バイオガス発電施設の売り上げ試算

バイオガス発電施設での発電量は、ウシマンションでの飼育頭数から排出される糞尿の量と既存バイオガス発電での発電量を参照に、年間 4,916 万 kWh と試算した^{*備考 9}。この売電により、約 17.2 億円の収入が見込まれる。

さらにバイオガス発電時に同時に発生する液肥は大豆植物工場で活用し、余剰分は売却することで約 4.2 億円の売上高を見込む^{*備考 10}。

表 5－3 バイオガス発電施設の売り上げ試算^{*備考 9, 10}

バイオガス発電量	4,916 万 kWh/年
売電による売り上げ	17.2 億円/年
消化液の生産	52.1 万トン/年
消化液売却による売上高	4.1 億円/年

5－4－（4） 大豆植物工場および搾油精製工場の売り上げ試算

大豆植物工場は年間収穫数 5 回とし^{*備考 3}、大豆として年間 8,530 トンの生産能力を想定した。バイオガス発電で生じた消化液や牛舎から発生する二酸化炭素を活用し、効率的な栽培を目指す。また併設する搾油精製工場にて大豆搾油を行い、大豆ミールを年間約 6,400t 生産する。これはウシマンションでの肉牛 5 万頭飼育に必要な大豆ミール量となる。大豆ミールは濃厚飼料として、大豆収穫後の茎葉は粗飼料として活用し、飼料自給率向上にも寄与する。搾油精製工場では油脂産業にとって重要な大豆油も年間 1,700 トン生産され、この売却によって約 6.8 億円の売上高を見込む^{*備考 11}。

表 5－4 大豆植物工場の売り上げ試算^{*備考 11}

大豆の収穫回数	5 回/年
大豆の生産量	8,530 トン/年
大豆ミールの生産量	6,398 トン/年
大豆油の生産量	1,700 トン/年
大豆油売却による売り上げ	6.8 億円/年

5－4－（5） G H G 抑制効果

畜産業において問題となっている G H G 排出については、ウシマンションの閉鎖系システムと大豆植物工場及びバイオガス発電施設での排泄物の活用により大幅抑制が見込まれる。

牛の生育状態により差はあるものの、ウシマンションにおいて、5万頭の牛からは年間で約3,350トンのメタンが排出される。これらメタンを捕集、分解し、発生した二酸化炭素を大豆植物工場で活用することでメタンを大気中に排出させない。牛消化管から発生するメタンの有効活用により約8.4万t-CO₂/年の抑制を見込んでいる^{*備考12}。

牛の排泄物は、一般的には堆積発酵等により肥料化し農地へ還元されるが、堆肥化の過程でメタンや一酸化二窒素が発生する。バイオガス発電施設のメタン発酵設備では排泄物を嫌気性条件下で発酵しメタンを回収するため、大気への排出を抑制できる。また、閉鎖系であるため臭気面の課題も同時に解決でき、排泄物管理により6.6万t-CO₂/年の抑制に寄与する^{*備考12}。

本システムでは1ユニット5万頭飼育と想定しており、従来法と比較し、15万t-CO₂/年のGHG排出抑制が見込まれる。これら抑制したGHGはJ-クレジット制度を活用し、10,000円/t-CO₂で売却することで年間15億円の収入を見込む^{*備考12}。なお、太陽光発電設備による電力は、火力発電と比較し、1.4万t-CO₂/年の抑制も見込んでいる。

5-4-(6) SBPCSの収益性

SBPCS稼働による年間の費用は、光熱費等が約56億円^{*備考13-17}、人件費が約19億円を見込み^{*備考18-21}、さらに子牛や大豆の種子、飼料などの購入、食肉加工、大豆油製造にかかる原料・製造費等を約194億円^{*備考22-26}、減価償却費を約39億円^{*備考27}、合計約308億円と試算された。一方、収入は5-4-(2)以降で説明したように、ウシマンション関連で約315億円、バイオガス発電、消化液販売で約21億円、大豆油販売で約7億円、GHG排出抑制分のJ-クレジット化で約15億円となり、合計で約358億円と試算された。これら試算結果より算出される利益は約62億円、キャッシュフローは約101億円、回収期間法にて算出した投資回収期間は約7.8年となった^{*備考28}。今回の各種試算はあくまで本SBPCSにおける主要なシステム、設備を中心に算出しており、現実的に要する様々なコストをすべて反映は出来ていないが、概括的な実現性を試算できたのではないかと考えている(表5-5)。また本システムは、経済的な観点以上に、図5-9に示すよう、相互補完しながら牛肉、大豆、油脂、電力を生産する持続可能なシステムである点、畜産業の発展に求められるGHG削減や、牛肉・飼料の自給率向上にも貢献できる点、食の持続性確保に伴い何かしら消費者に我慢や変化を強いることがない点など、サステナブルな社会実現に向け様々な価値を同時に発揮できるシステムであり、社会的な意義は大いにあると考えられる。

表 5－5 Soy Bull Power Circulation System 収支試算結果

費用	光熱費	ウシマンション、大豆工場の水道、電気代等	56億円
	原材・製造費	子牛、畜産飼料、大豆肥料、種苗購入費用等	194億円
	人件費	ウシマンション、大豆工場、バイオガス発電他	19億円
	その他	減価償却費	39億円
合計			308億円
売上	販売収入	部分肉、内臓、牛脂	315億円
	販売収入	消化液、大豆油	11億円
	発電収入	バイオガス発電	17億円
	その他	Jクレジット	15億円
合計			358億円

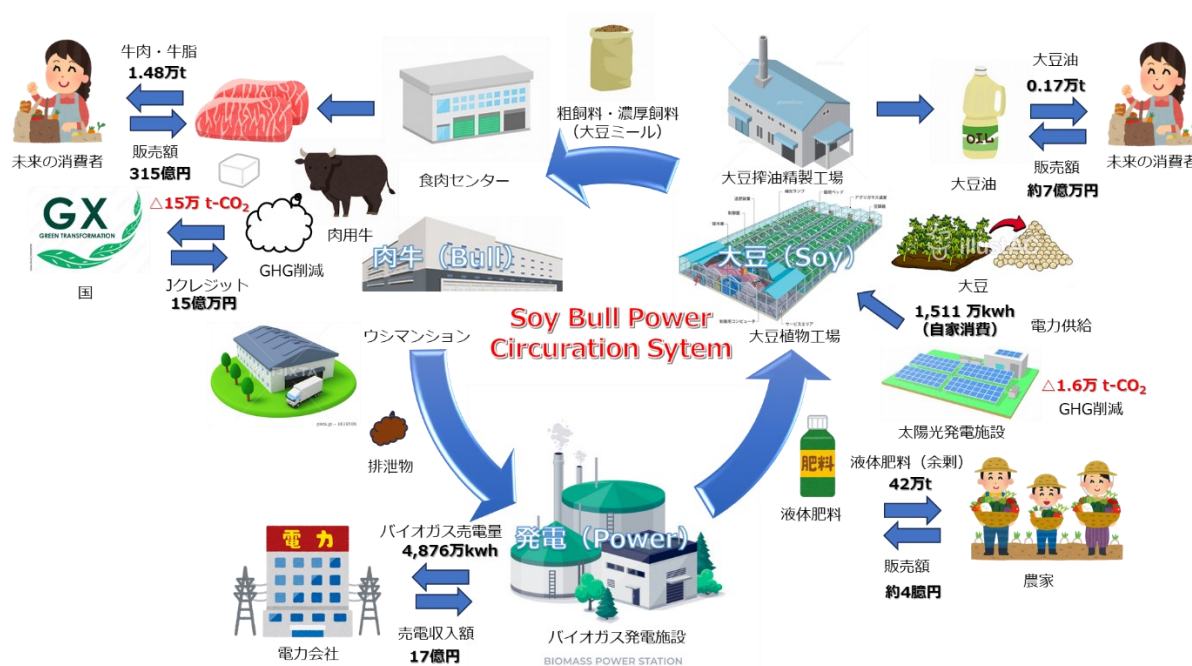


図 5－9 Soy Bull Power Circulation System の収入試算

5－4－（7） 本提案を通じて

以上が本研究会にて思案した食と農の持続性確保に向けた一つの提案である。既に述べたように、これまでの「食」の在り方やその食を支える「農」の在り方が限界を迎えており、この延長線上に有効な解決策を見出すのは難しいであろう。しかし、我々と同じ危機感を有する同志はいま世界中に存在し、様々な解決の糸口が見出されつつある。我々油脂産業は多様な産業の持続性の上に成り立ち、そして同時に多様な産業の持続性に貢献している。この特色に基づき、既に個々の分野で見いだされつつある知見、技術、システムを、油脂をつなぎとして融合したものが今回の提案である。上記試算のとおり、今回設定した

条件での投資額は一企業で出来る範囲を超えており、実現には国も含めた推進が必要な規模であることは重々承知している。しかし、既に個々のソリューションは確立しており、ゼロからの技術開発、それに伴う費用・期間を要する訳ではない。我々油脂産業が入り、あるものを組み合わせ、つなげることで理論的には現状でも成立し、単独に存在する以上の有用なソリューションとなることが、今回示せたのではないだろうか。

2022年時点で日本の食料自給率は約38%である。国は2030年に向けてこの値を45%にすることを目標としている。もう数年後である。仮に現在、ほぼ輸入頼りの油糧用大豆をすべて国産化し、搾油時に発生するミールを国産飼料として余すことなく展開できたとしても、残念ながらその数値は45%に届かない※備考²⁹。当然現状の農業の延長でこれを達成するのは恐らく不可能であり、今回の我々の提案においても複数のユニットが必要となる数値である。油脂産業単独で考えるレベルではなく、産官学が連携し、国が一丸となって取り組まねばならない目標であることがわかるであろう。

今回の提案が問題の解決にすぐにつながるものとは考えていない。ただ、今のままでは有効な解決に至らないのも事実である。各産業、各分野が個々に最適化を目指すのではなく、ありたい姿を共有し、「未来の消費者の暮らしをより豊かにしていくため」に、様々な産業に携わる方々と技術連携・融合のスタートを共に切る、本提案が少しでもそのきっかけとなれば幸甚である。

おわりに

本研究会では「未来の消費者の暮らしをより豊かにしていくために油脂産業ができること」をテーマとして議論を重ねてきた。大きなパラダイムシフトを迎えようとしている現在において、衣食住を通して幅広く暮らしを支えている油脂産業ならではのテーマであったと思う。

当初、豊かさの定義付けや未来のより豊かな暮らしを具体的に思い描くことが難しく、議論は難航した。「油脂産業ができること」という問いも、油糧原料の多くを輸入に依存している油脂産業にとっては制約が大きく、それが豊かな暮らしに繋がるのか判断も難しいものであった。抽象度の高いテーマに議論は混迷を深めた。

しかし、「未来のより豊かな暮らしとは何か」という問いを通して、研究会メンバー各々の根底に子供たちへの「思いやり」が共通して存在することに気付いてからは早かった。

現在の私たちがそうであるように、子供たちもより豊かな暮らしを求めて議論を重ねるだろう。いつの時代も誰もが豊かな暮らしを望み、豊かな暮らしにゴールなどないのではないか。未来永劫続くと思われる「未来のより豊かな暮らしとは何か」という問いに対して、私たちの「思いやり」を育んできた日本の「食」と「農」を残すことが必要であると考え、そのために油脂産業ができることについて議論を深耕した。

本研究会で提言した「油脂産業が支える新しい循環型食料生産システム」、すなわち「Soy Bull Power Circulation System (S B P C S)」は熟慮した末に導き出した結論である。食料輸入依存度の高い日本において、食料を量的に充足させるだけでなく、「食」と「農」のつながりを理解でき、「思いやり」を始めとした日本人の誇る感性を未来に受継ぐことができる。S B P C Sは革新的な技術を用いながらも、自然が有する循環性を模倣・再現し食料を得るという農業の本質を踏襲したシステムといえる。

これまでのような地球の限界を超えた生産や消費は見直す時期に来ており、消費者の暮らしと密接に関わる油脂産業の役割は大きい。近年では「食」と「Well-being」の間には強い関係性があることが立証され、食を支える油脂産業の役割は更に大きくなると考えられる。未来のより豊かな暮らしの実現に向けて、油脂産業が強いイニシアチブを発揮し、様々な産業に携わる方々、そして消費者のみなさまと協同を進めていきたい。

謝辞

最後になりますが、本テーマをきっかけに異なる企業の皆様と多くの議論を交わし、油脂産業の使命と真摯に向き合うことができた一年間でした。貴重な機会を与えていただきました一般財団法人油脂工業会館、及び、参加企業の関係者の方々に深く感謝申し上げます。

また、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 専務理事 宮井克之様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 未来のより豊かな暮らしに向けて】

- *1: United Nations 「SUMMIT OF THE FUTURE:WHAT WOULD IT DELIVER?」
<https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/our-common-agenda-summit-of-the-future-what-would-it-deliver.pdf>
- *2: International Monetary Fund 「GDP, current prices Billions of U.S. dollars」
<https://www.imf.org/external/datamapper/NGDPD@WEO/OEMDC/ADVEC/WEOWORLD/ALB/USA>
- *3: World Happiness Report 2024
<https://worldhappiness.report/ed/2024/>
- *4: 内閣府経済社会総合研究所「Well-“beingbeyond GDP”を巡る国際的な議論の動向と日本の取組」2024年3月
https://www.esri.cao.go.jp/jp/esri/archive/e_rnote/e_rnote090/e_rnote082.pdf
- *5: 内閣府「第3回 Well-being に関する関係府省庁連絡会議」2023年7月26日
<https://www5.cao.go.jp/keizai2/wellbeing/action/20230726/agenda.html>
- *6: 村上 由美子・高橋 しのぶ(2020)「GDPを超えて一幸福度を測るOECDの取組」サービスロジー, 6(4), p. 8-15
https://www.jstage.jst.go.jp/article/serviceology/6/4/6_8/_article/-char/ja/
- *7: Easterlin Richard A. “Does Economic Growth Improve the Human Lot ? Some Empirical Evidence”. In David, P. A, and W. R. Melvin (eds.) *Nations and Households in Economic Growth*, Academic Press (1974) , New York, USA, pp. 89-125.
https://mpa.ub.uni-muenchen.de/111773/1/MPRA_paper_111773.pdf
- *8: 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>
- *9: 農林水産省「食料安全保障月報 (第14号)」
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_rep/monthly/attach/pdf/r4index-96.pdf
- *10: 日本植物油協会「植物油と栄養」
<https://www.oil.or.jp/kiso/eiyou/>
- *11: 農林水産省「脂質やトランス脂肪酸の基本的な情報」
https://www.maff.go.jp/j/syouan/seisaku/trans_fat/t_kihon/index.html
- *12: 壺齋散人(引地博信)「日本語と日本文化」
<https://japanese.hix05.com/Folklore/Food/food06.oil.html>
- *13: 一般社団法人 日本植物油協会 植物油 INFORMATION 第30号「日本の食料供給と植物油」2003年5月10日
https://www.oil.or.jp/info/30/30_3.html
- *14: 一般社団法人 日本植物油協会「日本における植物油原料の海外依存度」
https://www.oil.or.jp/trends/vol1_7.html
- *15: 一般社団法人 日本植物油協会「10. 資料集(データ集)ー植物油の生産から消費まで」
https://www.oil.or.jp/kiso/seisan/seisan10_01.html
- *16: 一般社団法人 日本植物油協会「植物油・油粕の用途拡大による植物油産業の発展」
https://www.oil.or.jp/trends/vol1_8.html

【第2章 脅かされる「食」の持続性】

- *1: United Nations 「World Population Prospects 2022」 UN DESA/POP/2021/TR/NO. 3
https://www.un.org/development/desa/pd/sites/www.un.org.development.desa.pd/files/wpp2022_summary_of_results.pdf
- *2: 農林水産省「2050年における世界の食料需給見通し」2019年9月
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/attach/pdf/index-12.pdf
- *3: 花岡郁「データで考える。2050年に向けた世界と日本の「食糧問題」」2023年7月28日
<https://newspicks.com/news/8705388/body/>
- *4: 農林水産省「令和2年度フードテック振興に係る調査委託事業 4. 気候変動が食料供給等に与える影響」
<https://www.maff.go.jp/j/shokusan/sosyutu/itaku.html>
- *5: アンドリュー・E・デスラー「現代気候変動入門」2023年8月10日
- *6: 日経XTECH「第2～3世代に期待のバイオ燃料」2022年9月21日
<https://xtech.nikkei.com/atcl/nxt/column/18/02148/00004/>
- *7: バイテック情報普及会「よくある質問-テクノロジー編」2022年11月28日
<https://cbijapan.com/faq/technology/31/>
- *8: 日本貿易振興機構(ジェトロ)「米環境保護庁、2003～2025年の再生可能燃料混合基準案を公表、対象クレジットにEV用電力の生成追加」2022年12月2日
<https://www.jetro.go.jp/biznews/2022/12/1834e79032b1d11b.html>
- *9: 経済産業省 資源エネルギー庁「持続可能な航空燃料(SAF)の導入促進に向けた施策の方向性について(中間とりまとめ(案))」2023年5月26日
https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/saf/pdf/003_07_00.pdf
- *10: The Asahi Shimbun SDGs ACTION「SAF(持続可能な航空燃料)とは?特徴や製造方法、開発企業を紹介」2022年8月8日
<https://www.asahi.com/sdgs/article/14689855#h12slb756f0x17qb3b1fbo86ozn12z9>
- *11: NESTE「Sustain Aviation Fuel FAQ」
<https://www.neste.jp/neste-my-sustainable-aviation-fuel/faq>
- *12: 日本経済新聞「IATA事務総長、空港での再生燃料義務化は普及を阻害」2022年6月21日
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0GR219WY0R20C22A6000000/>
- *13: NHK「航空機の代替燃料SAF 石油元売り会社に供給の1割義務づけへ」2023年5月26日
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20230526/k10014079231000.html>
- *14: 財務省貿易統計
<https://www.customs.go.jp/toukei/info/> をもとに作成

【第3章 日本の現状】

- *1: 農林水産省「令和4年度の食料自給率」
https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-5.pdf
- *2: 日本経済新聞「食料不足時に増産指示へ 政府、新法など閣議決定」2024年2月27日
<https://www.nikkei.com/article/DGXZQ0UA228140S4A220C2000000/>
- *3: minorasu「日本の農業人口はどう推移している?農業現場へ与える影響とは」2020年

10月12日

<https://minorasu.basf.co.jp/80076>

*4: 農林水産省「aff (あふ)」2023年2月号

<https://www.maff.go.jp/j/pr/aff/2302/>

*5: 農林水産省「海外農業情報 主要国・地域別の農業概況」※日時揭示無し

https://www.maff.go.jp/j/kokusai/kokusei/kaigai_nogyo/ を基に計算

*6: 農林水産省「農林水産省地球温暖化対策計画について」2022年11月

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/climate/taisaku/attach/pdf/top-24.pdf>

*7: 農林水産省「みどりの食料システム戦略 ～食料・農林水産業の生産力向上と持続性の両立をイノベーションで実現～ (本体)」2021年5月

<https://www.maff.go.jp/j/kanbo/kankyo/seisaku/midori/attach/pdf/index-10.pdf>

*8: 農林水産省「令和4年度の食料自給率」

https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-5.pdf

【第4章 日本の豊かな未来に向けて】

*1: 農林水産省「食料安全保障月報 (第14号)」

https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_rep/monthly/attach/pdf/r4index-96.pdf

*2: 農林水産省「令和4年度の食料自給率」

https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-5.pdf

*3: 公益社団法人 日本油化学会「油脂・脂質の基礎と応用-栄養・健康から工業まで-」

<https://jocs.jp/%e5%87%ba%e7%89%88%e7%89%a9%e9%96%a2%e9%80%a32/%e5%88%8a%e8%a1%8c%e5%9b%b3%e6%9b%b8/>

*4: 農林水産省「お肉の自給率」

https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/ohanasi01/01-04.html

*5: 農林水産省「飼料をめぐる情勢 畜産局飼料課」2024年3月

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1046.pdf

*6: 環境省「2019年度(令和元年度)の温室効果ガス排出量(速報値)について」2020年12月8日

<https://www.env.go.jp/content/900445197.pdf>

【第5章 Soy Bull Power Circulation System】

*1: 農林水産省「畜産・酪農をめぐる情勢」2024年3月

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/attach/pdf/index-307.pdf

*2: The Asahi Shimbun GLOBE+「ハイテク養豚最前線 中国のブタは高層ビルで育つ、建設ブームで豚肉価格は乱高下」2023年3月22日

<https://globe.asahi.com/article/14865475>

*3: PRESIDENT Online (プレジデントオンライン)「17階建ての「タワー豚舎」で35万頭の豚を飼育…アリババ、恒大集団も群がる中国「巨大豚肉ビジネス」の実態」2022年5月17日

<https://president.jp/articles/-/57582?page=1>

*4: 農林水産省「飼料をめぐる情勢 畜産局飼料課」2024年3月

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index1046.pdf

- *5 宇都宮大学農学部「新しい搾乳牛舎システムの誕生！」
<https://agri.mine.utsunomiya-u.ac.jp/hpj/deptj/env/lab/be/NextLH/%E6%AC%A1%E4%B8%96%E4%BB%A3%E7%95%9C%E8%88%8E.pdf>
- *6: Panasonic Group「次世代閉鎖型牛舎システムを本格導入～コンソーシアムで実証研究、暑熱期の搾乳量減少抑制に効果」2016年6月3日
<https://news.panasonic.com/jp/topics/145702>
- *7: 農林水産省「畜産環境をめぐる情勢」2023年12月
<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/attach/pdf/index-151.pdf>
- *8: 農研機構「脂肪酸カルシウムの給与によるメタン産生の抑制」※日時掲示無し
<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/1996/nilgs96-023.html>
- *9: 環境バイオテクノロジー学会誌「カシューナッツ副産物給与によるウシからのメタン生成削減」2013年9月5日
<https://www.jseb.jp/wordpress/wp-content/uploads/13-02-089.pdf>
- *10: 株式会社エス・ディー・エス バイオテック「カシューナッツ殻液のすすめ」
https://www.sdsbio.co.jp/products/anim/cnsl_lp/index.html?_ga=2.258214668.726902215.1694404203-251333046.1694404203
- *11: 共立製薬株式会社「ルミナップシリーズ」
https://www.kyoritsuseiyaku.co.jp/products/detail/product_20179.html
- *12: The Asahi Shimbun GLOBE+「メタン発生させる牛のゲップ、抑制マスクが誕生 温暖化対策に期待・・・鼻に装着、なぜ？」2022年10月2日
<https://globe.asahi.com/article/14729517>
- *13: ZELP 社ホームページ
<https://www.zelp.co/the-technology-2/>
- *14: SDGs CONNECT「畜産からも温室効果ガスは発生する？-発生原因から対策・取組事例も徹底解説」2022年9月1日
<https://sdgs-connect.com/archives/50814#i-5>
- *15: 全国肉用牛振興基金協会「気になる情報の解説」
<https://nbafa.or.jp/sustainable/kaisetsu/kaisetsu03.html>
- *16: 農研機構「温室効果とオゾン層破壊をもたらす一酸化二窒素ガスの発生を抑制する豚ふん堆肥化技術を開発」2010年1月14日
https://www.naro.go.jp/publicity_report/press/laboratory/nilgs/013058.html
- *17: 農林水産省「家畜排せつ物のメタン発酵によるバイオガスエネルギー利用」2020年9月28日
https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/2020_sympto_asai.pdf
- *18: 農林水産省「大豆をめぐる事情」2024年3月
<https://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/daizu/attach/pdf/index-20.pdf>
- *19: 農林水産省「植物工場の特徴と千葉大学拠点の概要」
https://www.maff.go.jp/j/shokusan/fcp/torikumi_jirei/attach/pdf/torikumi_jirei_02-16.pdf
- *20: 大塚商会「「儲かる植物工場」に世界が注目」2023年12月12日
<https://mypage.otsuka-shokai.co.jp/contents/business-oyakudachi/ganbaru-magazine/onestep/2023/12-01.html>

*21: 株式会社食の力コーポレーション

<https://shokuchika.jp/daiznext/>

*22: らくのうラボ「乳牛の様々な牛舎構造！飼養形態の違いについて！」2023年9月4日

<https://rakuno-labo.com/dairyfarmdesign/>

*23: minorasu「二酸化炭素発生装置でハウス栽培の収量不足を解消！ CO2発生装置の方式や効果、導入方法を解説」2021年10月11日

<https://minorasu.basf.co.jp/80290>

*24: 伊藤忠エネクス株式会社「佐賀市・佐賀大学・不二製油グループ本社と共同し、CO2を活用した大豆育成研究プロジェクト開始のお知らせ」2022年5月18日

<https://www.itcenex.com/ja/news/2022/20220518.html>

*25: 農林水産省「畜産統計(令和5年2月1日現在)」

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/tiku_toukei/r5/

*26: 田村 実(1960)「プラントの見積」化学工学, 24(11), p. 878-889

https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakoronbunshu1953/24/11/24_11_878/_article/-char/ja

<備考>

備考1: ウシマンションの建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。中国の17階のタワー豚舎ビルでは35万頭の豚を飼育しており、豚は牛の体重の約7分の1程度であるため、同規模の施設にて肉用牛5万頭の飼育を想定した。建設費と敷地面積については17階のタワー豚舎ビルを参考に計算した。

建設費 16億円。1元=20.7円想定で16億円×20.7円=約331億円。

敷地面積: 140畝(約9.3万m²)

・プレジデントオンライン / 2022年5月17日

https://news.infoseek.co.jp/article/president_57582/

・東京食肉市場株式会社 農場から食卓まで

<https://ssl.tmmc.co.jp/safety/flow/>

備考2: 食肉センターの建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。株式会社SEミート宮崎の例を参考にSBPCSの食肉センターでは牛肉2.5万頭/年の出荷を想定し、建設費と敷地面積を計算した。株式会社SEミート宮崎では牛屠畜1.2万頭/年の生産能力があるため、2.5万頭/年を処理するためには同施設の2.1倍規模の施設が必要となる。また総事業費は43.7億円であることから、建設費は装置能力指数乗則法に則り $(2.5/1.1)^{0.7} \times 43.7$ = 約73億円と試算した。敷地面積も同様に株式会社SEミート宮崎の例を参考に約1万m² × 2.1倍 = 約2.1万m²と試算した。

・朝日新聞DIGITAL「和牛「日本一」の宮崎県内初のハラル食肉処理施設」2022年10月18日

<https://www.asahi.com/articles/ASQBK7RSNQB6TNAB00D.html>

・株式会社SEミート宮崎 HP プレリリース

<https://se-meat-miyazaki.jp/>

備考 3: 大豆植物工場の建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。株式会社椿本チエインの人工光型の大型植物工場の例を参考に大豆生産 8,530 トン/年を想定して、建設費と敷地面積を計算した。なおその際の能力値に関しては、JAXA 月面農場ワーキンググループ検討報告、株式会社食の力コーポレーションの大豆栽培事例（年 5 回収穫）を参照した。更にウシマンション内から発生する二酸化炭素を本植物工場に活用し、品種改良も行うことで収量を現実的に可能と考えられる 1.5 倍と想定した。まず JAXA 月面農場ワーキンググループ検討報告より、1 m²当たりの日生産量がレタス 83g、大豆 14g から大豆はレタスの 0.17 倍の生産効率とした。次に、椿本チエインの植物工場ではレタス類の製造を約 2.2 トン/日規模を想定していると記載があるため、大豆製造の場合 2.2 トン×0.17 倍の 374 kg/日を生産量と想定した。JAXA 月面農場ワーキンググループ検討報告では年 3 回の収穫を想定しているため、これを 5 回、収量 1.5 倍と想定した場合 374 kg÷3×5×1.5=935 kg/日、935 kg/日×365 日=約 340 トン/年の生産量と想定した。これらより大豆生産量 8,530 トン/年の製造には、8,530 トン÷340 トン=25 倍規模の施設が必要と試算される。椿本チエインの植物工場の能力の約 25 倍規模の施設と想定し、同社の投資額約 28 億円に基づき装置能力指数乗則法に則り $(8530/340)^{0.7} \times 28 \text{ 億} = 267 \text{ 億円}$ の建設費、敷地面積については約 8,500 m²×25 倍=21.3 万 m²と試算した。

・ SMART AGRI 椿本チエイン、福井県に大型植物工場を建設 中食・外食での需要増に対応 2023 年 3 月 7 日

<https://smartagri-jp.com/news/6124>

・ JAXA Repository 「月面農場ワーキンググループ検討報告書第 1 版」 2019 年 6 月 19 日

<https://jaxa.repo.nii.ac.jp/records/2797>

・ 株式会社 食の力コーポレーション

<https://shokuchika.jp/daiznext/>

備考 4: バイオガス発電施設の建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。肉用牛から発生する糞・尿量は乳用牛のおよそ半分との報告がある。下記事例（御影バイオ発電所における乳用牛の糞尿受け入れ量のデータ）を参照にウシマンション（肉用牛）から発生する一頭当たりの糞・尿量を約 34kg/日と想定し、ウシマンションでの年間糞・尿発生量を 34kg×5 万頭×365 日=約 62 万トンと算出した。また御影バイオガス発電所では、糞・尿受入量は 200 トン/日であることから約 7.3 万トン/年の糞・尿受入が可能と試算される。これよりウシマンションから発生する糞・尿受入が可能な施設としては、御影バイオガス発電所の約 8.5 倍規模の施設を想定した。同社の総工費が約 16 億円であることから装置能力指数乗則法に則り、 $(62/7.3)^{0.7} \times 16 \text{ 億} = 72 \text{ 億円}$ の建設費、敷地面積については 3.5ha×8.5 倍=30 万 m²と試算した。

・ ノベルズグループ バイオガス発電所

<https://nobels.co.jp/business/kouchiku/powerplant/>

・ いしかわのちくさん「堆肥の基本」

<https://ishikawa.lin.gr.jp/kankyo/>

備考 5: 大豆搾油精製工場の建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。株式会社 J-オイルミルズ 倉敷工場の例を参考に大豆搾油量 8,530 トン/年を想定した大豆搾油工場の建設費と敷地面積を計算した。生産能力:搾油 37 万トン (下記報告の大豆油 7 万トン、大豆ミール 30 万トン)。敷地面積:2.8 万 m²との記載に基づき、植物工場から生産する大豆 8,530 トン/年を搾油するため、約 43 分の 1 程度の規模を想定した。参照元建設費用が 117 億円であることから装置能力指数乗則法に則り、 $(8,530/37) \times 117 \text{ 億} = 8 \text{ 億}$ 円の建設費、敷地面積 0.07 万 m²と試算した。精製設備は下記に記す文献 (油脂精製技術の今後の動向) を参照して概算した。年間 3 万トン精製可能なゼニス式精製設備の償却費 (10 年) が当時 282.9 円/トン油脂と報告されている。したがって、年間の償却費は 849 万円/年となり、この設備の購入金額は 8,500 万円と試算される。一方我々のシステムにて必要な能力は 1700 トン/年から装置能力指数乗則に則り、 $(1,700/30,000) \times 8,500 \text{ 万} = 1,140 \text{ 万円}$ 、更に付帯設備工事費用を加味しラング係数を 5 とすると、投資金額は 5,700 万円と試算される。参考文献が 1979 年と古いため、企業物価指数 (1975 年: 95.3, 2023 年: 119.6) にて調整し、今回の費用を約 7,100 万円と試算した。脱臭設備に関しては令和 4 年度本研究会報告内容を参照し、年間 100 トンのパーム油脱臭設備が 2,000 万円の試算から、装置能力指数乗則に則り $(1,700/100) \times 2,000 \text{ 万} = 1.5 \text{ 億円}$ と概算した。以上より大豆搾油精製工場の建設費は計 11 億円と試算した。なお精製、脱臭設備は規模が小さいため、敷地面積試算は割愛した。

・日本経済新聞「J-オイルミルズ、岡山県倉敷市の大豆搾油の倉敷工場が竣工」2017 年 6 月 15 日

https://www.nikkei.com/article/DGXLRS448232_V10C17A6000000

・松原 繁(1979)「油脂精製技術の今後の動向」油化学, 28(10), p. 670-679

https://www.jstage.jst.go.jp/article/jos1956/28/10/28_10_670/_article/-char/ja/

・日本銀行「企業物価指数」

<https://www.boj.or.jp/about/education/oshiete/history/jl2.htm>

・令和 4 年度研究会報告内容

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

備考 6: 太陽光発電設備 (屋根) の建設費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。太陽光発電設備は屋根に設置するタイプの大型発電システムを想定し、GLP ALFALINK 流山 8 物流施設 (敷地面積: 69,599m²) に搭載しているパネル出力 (2862.5kW) をベースに概算を行った。SBPCS の設備形態から、屋根に太陽光パネルが設置可能な施設はウシマンション、食肉センター、大豆植物工場と考えられ、これらの合計敷地面積 32.8 万 m² から、物流施設の設置実績をもとに設置可能な太陽光発電パネルの面積を 18.3 万 m² と計算した。その結果、太陽光パネル出力は 13,491kW となる。発電設備の設備投資額は、事業用太陽光発電費用 (中央値) 1kW 当たり 22 万 2,000 円から、太陽光パネル出力と掛け合わせ建設費を約 30 億円と試算した。

・日経 B P 「日本 GLP、流山市の物流施設の 8 棟目が竣工、全棟に太陽光」2023 年 7 月 5 日

<https://project.nikkeibp.co.jp/ms/atcl/19/news/00001/03489/?ST=msb>

・経済産業省「令和 6 年度以降の調達価格等に関する意見」2024 年 2 月 7 日

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/20240207_report.html

備考 7: 建設用地取得費用

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。建設用地として、市街化調整区域内の農用地区域を想定した。市街化調整区域内農用地区域の 2023 年全国平均価格は田が 2,849 千円/10a、畑が 2,732 千円/10a であり、平均値の 2,791 千円/10a を採用し、S B P C S の必要敷地面積が 62.8 万 m² であることから、建設用地取得金額は 17.5 億円と見積もった。しかし、特に食肉センター、搾油精製設備については農地転用許可が必要となる可能性があるが、今回は法制的な面までは考慮できていない。ただし、S B P C S 各施設は、農業用施設、農産物加工・販売施設に該当すると考えられ、農地転用の例外許可施設に該当する可能性があると考えている。

- ・一般社団法人全国農業会議所 田畑売買価格等に関する調査結果 2023 年(都道府県別)

<https://www.nca.or.jp/publication/statistics/>

https://www.nca.or.jp/upload/denpata_r5_kekka.pdf

- ・農林水産省 農地転用許可制度の概要

https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/totiriyo/nouchi_tenyo.html

https://www.maff.go.jp/j/nousin/noukei/totiriyo/attach/pdf/nouchi_tenyo-29.pdf

備考 8: ウシマンションの売り上げ

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。飼育期間に約 20 カ月要するため、年間で 2.5 万頭の屠畜を想定。成牛 800kg から部分肉 456kg(単価 2,736 円/kg)、内臓 65kg(単価 45 円/kg)、牛脂 70kg(単価 145 円/kg)を出荷することをから、これらの金額合計で約 315 億円/年と試算した。なお屠畜と販売にかかる諸経費は、福岡食肉市場株式会社の成牛 1 頭当たり 8,713 円から、と畜場使用量を除く 6,547 円を基に約 1.6 億円と試算した。

- ・日本の畜産の将来を考える会「食肉と飼料の話(牛肉編)」2017 年 3 月 30 日

https://chikusangenki.jp/story04/story04_002/

- ・J A 全農ミートフーズ株式会社「相場 牛肉」2024 年 3 月

https://www.jazmf.co.jp/market/situation/domestic_cattle.html

- ・J A 全農ミートフーズ株式会社「相場 副産品」2024 年 3 月

https://www.jazmf.co.jp/market/situation/by_product.html

- ・朝日新聞 DIGITAL「和牛「日本一」の宮崎県内初のハラル食肉処理施設」2022 年 10 月 18 日

<https://www.asahi.com/articles/ASQBK7RSNQB6TNAB00D.html>

- ・福岡食肉市場株式会社 1 頭あたりのと畜及び販売にかかる費用

<https://www.fk-meat.co.jp/wp/expenses/>

備考 9: バイオガス発電施設による発電量と売り上げ

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。バイオガス発電は大木牧場の例を参考に、5 万頭飼育規模の設備を想定した。本試算においては大木牧場での実績である 2.5 万トンの糞尿から 197 万 kWh の発電量を基に概算した。ウシマンションにて発生する糞尿は備考 4 で記したよう、34kg×5 万頭×365 日=約 62 万トンから、発電量は 197 万

kWh/年×62 万/2.5 万=4,916 万 kWh/年と概算した。発電した電力は収益面から 35 円/kWh で売電し、4,916 万 kWh/年×35 円/kWh=約 17.2 億円/年の収益と試算した。

・農林水産省 畜産環境シンポジウム「家畜排せつ物のメタン発酵によるバイオガスエネルギー利用」2020 年 9 月 28 日

<https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/sympo.html>

・経済産業省「再生可能エネルギーの FIT 制度・FIP 制度における 2024 年度以降の買取価格等と 2024 年度の賦課金単価を設定します」2024 年 3 月 19 日

<https://www.meti.go.jp/press/2023/03/20240319003/20240319003.html>

備考 10: 消化液販売による売り上げ

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。大木牧場では年間 2.5 万トンの糞尿から消化液が約 2.1 トン得られる。ウシマンションにて年間発生する糞尿量は 34kg×5 万頭×365 日=約 62 万トンとなるため、ウシマンションにて得られる消化液量は 2.1 万トン/2.5 万×62 万=52.1 万トン/年と試算できる。なお、ウシマンションでは、大豆植物工場で発生する大豆根もメタン発酵に供しているが、その量は糞尿の 0.5%程度(約 2,900 トン)であり、固液分離により、固体分として回収されると考えられるため、消化液の収量には影響がないと判断した。また、後述の消化液組成についても、大きな影響はないと判断し、以下の試算を行った。

次にこのうち大豆植物工場にて使用する量を概算した。1,000kg の大豆生産に必要な窒素は 80 kg、リン酸は 15 kg、酸化カリウムは 43 kgと報告されている。一方、消化液の組成は、実例の分析値の平均(リン、カリウムはそれぞれリン酸、酸化カリウム相当に換算)をとると、窒素 0.38%、リン酸 0.14%、酸化カリウム 0.42%である。また、消化液における各肥効率は参照例では窒素が 55%、リン酸が 80%、酸化カリウム 90%とされている。したがって大豆 8530 トン生産に必要な消化液はそれぞれの成分基準で窒素基準 38.5 万トン、リン酸基準 11.6 万トン、カリウム基準 9.7 万トンとなる。この中で過栄養とならぬよう最も必要量の少ないカリウム基準を採用し、大豆植物工場生産する 8,530 トンの大豆栽培に必要な消化液は 9.7 万トンと想定した。これにより、売却に回せる消化液の量は 42.4 万トンとなる。消化液の販売価格約 1,000 円/トンから、売上額 4.2 億円と試算した。

・AgriKnowledge「大豆 - 自給率向上に向けた技術開発 - 第 3 章 栽培生産技術施肥法(リン酸、カリ、微量要素)」2011 年 11 月 28 日

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2039015956>

・柚山 義人ら(2007)「メタンはこう消化液の利活用技術」*農業土木学会論文集*, 247, p. 119-129

・NARO メタン発酵消化液の畑地における液肥利用-肥料効果と環境への影響-2012 年 3 月

<https://www.naro.affrc.go.jp/archive/nkk/introduction/files/ekihiriyou.pdf>

・遠藤 はる奈、中村 修(2012)「メタン発酵消化液の農地還元に関する経済性評価」*食農資源経済論集*, 63(1), p. 93-103

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010833091>

・高橋 幹(2007.2)「根粒超着生ダイズ品種の開発及び生理・栽培的特性の解明」*作物研究所研究報告*, 8, p. 49-108

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010760332>

・中村 茂樹・沢畑 秀(1988.12)「大豆品種の根重に対する茎重の比」*日本作物学会紀事*, 57(4), p. 621-626

<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010411056>

備考 11: 大豆搾油精製による売り上げ

大豆必要量ならびに大豆油価格等は下記リンク先情報を参考に算出した。牛濃厚飼料用の大豆ミール必要量は、年間ミール必要量(国内品、輸入品の合計)338 万トン/年にミールの畜産別用途比率から算出。 $338 \text{ 万トン} \times 10.6\% = 36 \text{ 万トン/年}$ 。国内での肉用牛飼養頭数 280 万頭で割り、1 頭当たりのミール必要量を算出。 $36 \text{ 万トン} / 280 \text{ 万頭} = 0.13 \text{ トン/頭/年}$ 。5 万トン規模にすると 6,398 トン/年のミールが必要となる。大豆ミールは大豆搾油後の残渣でありおよそ 75%として計算し、必要な大豆量を 8,530 トン/年と試算した。なお、搾油により大豆の約 20%は大豆油として活用できることから、 $8,530 \text{ トン/年} \times 0.2 = 1,706 \text{ トン/年}$ が見込まれる。大豆油価格 400 円/kg として $1,706 \text{ トン/年} \times 400 \text{ 円/kg} = 6.8 \text{ 億円/年}$ の収益と試算した。

・USSEC「大豆ミール（飼料用大豆）」

<https://ussoybean.jp/soy-power/feed-uses>

・一般社団法人 日本植物油協会「油粕（ミール）の利用」

https://www.oil.or.jp/kiso/seisan/seisan07_01.html

・中谷技術士事務所「食用油価格動向・最新情報 2022 年 12 月」2023 年 7 月 13 日

<https://nakatani-peoffice.com/2022/12/26/202212oilprice/>

備考 12: GHG抑制と J-クレジット活用による収益

肉用牛の生育中及び排泄物からメタン、一酸化二窒素が排出される。下記リンク先の情報を参照に各排出量を算出し、削減効果を試算した。

・生育中の牛由来のメタン排出量は、牛一頭当たり（肉用牛）の排出係数が $0.067 \text{ t-CH}_4/\text{頭}$ 、5 万頭では $0.067 \times 50,000 = 3,350 \text{ t-CH}_4/\text{年}$ 、このメタン排出量を二酸化炭素に換算すると 25 倍の $83,750 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ に相当する。

●生育中の牛由来の一酸化二窒素排出量は、牛 1 頭当たりの排出量が $2.64 \text{ g-N}_2\text{O-N}/\text{頭}$ 、5 万頭では $50,000 \text{ 頭} \times 2.64 \text{ g-N}_2\text{O-N}/\text{頭} = 0.13 \text{ t-N}_2\text{O-N}$ 。 CO_2 換算では 298 倍の $39 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ に相当する。

上記合計で生育中の二酸化炭素排出量は $83,789 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ と試算した。

●排泄物由来のメタン排出量は、堆積発酵における排出係数が $0.0033 \text{ t-CH}_4/\text{トン}$ 、肉用牛 2 歳以上のふんからの年間有機物排せつ量 $= 1.31 \text{ トン/頭/年}$ 、肉用牛 2 歳以上の尿からの年間有機物排せつ量 $= 0.0122 \text{ トン/頭/年}$ 、肉用牛 50,000 頭 $\times (1.31 + 0.0122) \text{ トン/頭/年} \times 0.0033 \text{ t-CH}_4/\text{年} = 218 \text{ t-CH}_4/\text{年}$ 。このメタン排出量を二酸化炭素に換算すると $218 \text{ t-CH}_4/\text{年} = 25 \times 218 = 5,454 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ に相当する。

●排泄物由来の一酸化二窒素排出量は、堆積発酵における排出係数が $0.073 \text{ t-N}_2\text{O}/\text{年}$ 、肉用牛 2 歳以上のふんからの年間有機物排せつ量 $= 0.0229 \text{ トン/頭/年}$ 、肉用牛 2 歳以上の尿からの年間有機物排せつ量 $= 0.0304 \text{ トン/頭/年}$ 、肉用牛 50,000 頭 $\times (0.0229 + 0.0304) \text{ tN}/\text{頭/年} \times 0.073 \text{ t-N}_2\text{O}/\text{tN} = 195 \text{ t-N}_2\text{O}/\text{年}$ 。この一酸化二窒素排出量を二酸化炭素に換算すると、 $195 \text{ t-N}_2\text{O}/\text{年} = 298 \times 195 = 60,309 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ に相当する。

上記合計で排泄物由来の二酸化炭素排出量は $65,763 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ と試算した。生育と排泄物の合計で $149,552 \text{ t-CO}_2/\text{年}$ の二酸化炭素抑制に貢献する。

J-クレジット制度は、排出削減量に応じて創出したクレジットを販売して初めて収益が得られる。仮に森林系クレジットの取引事例と同様の価格（1万円/t-CO₂）で販売できた場合と仮定して、149,552 t-CO₂×1万円＝約15億円の収益となると試算した。

なお、太陽光発電によるGHG削減量は、火力から太陽光への自家消費へと切り替えることにより、0.0009 t-CO₂/年削減される。備考16にて示した年間の発電量1,511万kWhと掛け合わせることで、13,598t-CO₂/年の削減と試算された。

・環境省「温室効果ガス排出量計算のための算定式及び排出係数一覧」2007年3月

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/suishin_g/3rd_edition/ref2.pdf

・農研機構「牛自身からの亜酸化窒素排出量」

<https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2003/nilgs03-58.html>

・農林水産省生産局畜産部「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル（畜産編）」2011年7月

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/ontaihou_manu.pdf

・環境省「平成17年度温室効果ガス排出量算定方法検討会（第3回）議事次第 資料2－5 農業分科会」2006年2月2日

https://www.env.go.jp/earth/ondanka/santei_k/17_03/

・「水稻栽培における中干し期間の延長」のJ-クレジット制度について2023年5月9日

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/nakaboshi-1.pdf>

・太陽光設置お任せ隊「太陽光発電のCO₂排出削減量ってどのくらい？ | 火力発電との比較や環境面以外の導入効果を解説」2024年4月10日

<https://taiyoukou-secchi.com/column/ems/ems-co2-reduce/>

・太陽光設置お任せ隊「【5分で分かる】J-クレジットをわかりやすく解説」2023年12月13日

https://taiyoukou-secchi.com/column/kankyou/column_jikashohi2_jcredit/

備考13: ウシマンションの光熱水料および動力費等

下記に記す情報を参照して概算を行った。農業経営統計調査 令和4年度畜産物生産費にて報告されている令和3年度交雑種肥育牛生産費を参照に試算した。光熱費は肥育牛一頭当たりの光熱水料及び動力費9,531円を基にし、9,351円×飼育頭数5万頭＝約4.7億円と試算した。また、メタン回収システムの具体的な試算は今回難しく、本文記載の回収マスクと同等の処理能力が5万頭分必要との考えに則り、アメリカの農産物商社より提示されている一頭当たりにかかる本回収マスクの年間コスト（サブスクリプション）約8,800円から、必要なコストとして8,800円×5万頭＝約4.4億円を試算した。なお敷料費に関しては、本システムではバイオガス発電施設で生じる消化液を固液分離した固体の使用を想定している。また人件費、飼料費は本システムに合わせた形での試算を別途備考18、備考24にて行っておりそちらを参照願いたい。

・e-Stat「農業経営統計調査 畜産物生産費 確報 令和4年畜産物生産費」2022年

<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001215662&cycle=7&year=20220>

・Bloomberg カーギルが牛用マスクを発売へ、げっぷで出るメタン吸収し温暖化対策

<https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2021-06-01/QU0ACAT1UM1001>

備考 14: 植物工場の電力料金（太陽光発電併用）

下記に記す情報を参照して概算を行った。大豆植物工場での使用電力は、JAXA 月面農場ワーキンググループ検討報告及び、八戸工業大学エネルギー環境システム研究所紀要第 13 巻よりレタスの植物工場の例を元に年間大豆栽培数を 5 回/年。1 回当たりの収量を $11.0\text{kg}/\text{m}^2/\text{年}$ と想定。8,530 トンの大豆を育てる場合、 $779,039\text{m}^2$ の栽培面積が必要。1 階層 10 段のラックで栽培。LED 照明を用いた場合、レタス工場の例から 31,866 万 kWh/年の電力を必要とする。また、備考 16 で算出した太陽光発電量の 1,511 万 kWh/年を本設備にて使用し、この量を差し引いた 30,355 万 kWh/年が大豆植物工場運営に必要な消費電力である。電力料金を 12.78 円/kwh とした場合、 $30,355 \text{ 万 kWh/年} \times 12.78 \text{ 円/kwh} = 38 \text{ 億円/年}$ と試算した。

・ JAXA Repository「月面農場ワーキンググループ検討報告書第 1 版」2019 年 6 月 19 日

<https://jaxa.repo.nii.ac.jp/records/2797>

・ 花田 一磨、小玉 成人、高橋 普、野田 英彦(2015)「再生可能エネルギーを利用する植物工場開発の基礎的検討」八戸工業大学エネルギー環境システム研究所, 13, p. 13-15

https://hi-tech.repo.nii.ac.jp/record/3554/files/02_01_13_013-015.pdf

・ ニュースイッチ「消費電力を 64%も削減、LED 照明植物工場ユニットはなぜ実現できた？」2018 年 3 月 16 日

<https://newswitch.jp/p/12318>

備考 15: 電力基本料金

植物工場 30,355 万 kWh/年（備考 14）から算出された月の契約電気量と、関西電力の高圧の基本料金を（高圧電力 BL）の月単価（2,044 円）と掛け合わせて、 $2,044 \times 30,355 \times 12 = \text{約 } 7.4 \text{ 億円/年}$ と試算した。

・ 関西電力

https://biz.kepc.co.jp/elec/menu/500kw_more/

備考 16: 太陽光発電（発電量）

下記リンク先を参照に、発電量を試算し、自家消費が有利なコストメリットを試算した。設置可能な太陽光発電パネル 18.3m^2 と備考 6 のパネル出力と比例計算により、パネル出力（13,491kW）を算出した。パネル出力と日射量（ $3.61\text{kW}/\text{m}^2$ ）と損失係数（0.85）を掛け合わせることで 1 日当たりの発電量 41,396kWh を算出し、稼働日（365 日）を掛け合わせることで、発電量 1,511 万 kWh/年を試算した。備考 13 にて、購入費用 12.78 円/kWh と売電の 2023 年 FIP 平均落札額 8.55 円との差額から 1,511 万 kWh と掛け合わせて算出し、自家消費のほうがコストメリットの出る計算となったため、システムへ電力を供給することとした。

・ NEDO「NEDO 日射量データベース閲覧システム」

<https://appww2.infoc.nedo.go.jp/appww/monsola.html?m=53396752>

・ 発電戦士ソーラーウーマン「太陽光パネル 1 枚の発電量はどのくらい？実際に計算してみた結果」

<https://solar-jp.net/1935>

・ 経済産業省「令和 6 年度以降の調達価格等に関する意見」2024 年 2 月 7 日

https://www.meti.go.jp/shingikai/santeii/20240207_report.html

備考 17: 大豆植物工場の水料金

下記に記す情報を参照して概算を行った。大豆 1g に必要な水の量は約 300g、工業用水の単価 25 円/m³ から、大豆 8,530 トン/年の製造に必要な植物工場の水量を 300×8,530 トン× 25 円/m³=6,398 万円/年と試算した。なお、その他付随的に必要となる水に関しては農業用水の利用を考えており、現在利用料金は 4 円/m³ ほどであるために、試算は割愛した。

- ・「大豆播種前研修会～大豆の栽培の基礎～」2023 年 5 月

[http://ja-tagawa.or.jp/wp-](http://ja-tagawa.or.jp/wp-content/uploads/2023/05/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E5%88%9D%E6%9C%9F%E3%81%AE%E6%A0%BD%E5%9F%B9%E7%AE%A1%E7%90%862023%E8%BB%BD%E9%87%8F%E7%89%88.pdf)

[content/uploads/2023/05/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E5%88%9D%E6%9C%9F%E3%81%AE%E6%A0%BD%E5%9F%B9%E7%AE%A1%E7%90%862023%E8%BB%BD%E9%87%8F%E7%89%88.pdf](http://ja-tagawa.or.jp/wp-content/uploads/2023/05/%E5%A4%A7%E8%B1%86%E5%88%9D%E6%9C%9F%E3%81%AE%E6%A0%BD%E5%9F%B9%E7%AE%A1%E7%90%862023%E8%BB%BD%E9%87%8F%E7%89%88.pdf)

- ・文部科学省「第 2 章 水の需給の動向」

https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu0/shiryo/attach/1331541.htm

備考 18: ウシマンションの人件費

下記に記す情報を参照して概算を行った。5 万頭を 17 フロアで飼育することから、約 3,000 頭/1 フロアとした。alic 独立行政法人農畜産業振興機構の報告書より、2,000～3,000 頭未満飼育の経営体の労働者数は 15.4 人であることから、17 フロア分の運営人数を 262 人とした。賃金は毎勤原表（令和 5 年平均確報）の畜産食料製造業の規模 5～29 名の一般労働者計賃金である 343,390 円/人/月をベースとし、262 人計算で 10.8 億円/年とした。

- ・e-Stat 政府統計の総合窓口「毎勤原表（令和 5 年平均確報）E091 畜産食料品製造業」2024 年 4 月 2 日

[https://www.e-stat.go.jp/stat-](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450071&tstat=000001011791&cycle=7&class1=000001027694&cycle_facet=tclass1&tclass2val=0)

[search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450071&tstat=000001011791&cycle=7&class1=000001027694&cycle_facet=tclass1&tclass2val=0](https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?page=1&layout=datalist&toukei=00450071&tstat=000001011791&cycle=7&class1=000001027694&cycle_facet=tclass1&tclass2val=0)

- ・alic 独立行政法人農畜産業振興機構「令和元年度 大規模肉用牛経営動向に関する調査報告書」2020 年 2 月

<https://www.alic.go.jp/content/001176241.pdf>

備考 19: 大豆植物工場運営の人件費

下記に記す情報を参照して概算を行った。令和 4 年産の大豆生産費において、10a 当たりの収穫量 214kg を得るための労働費が 9,530 円であることから大豆 1 kg 当たりの労働費は 45 円/kg。牛 5 万頭飼育に必要な大豆量が 8,530 トン/年であることから、相当する労働費（人件費）として 3.8 億円/年とした。

- ・農林水産省「令和 4 年産 大豆生産費（個別経営体）」2023 年 8 月 29 日

https://www.maff.go.jp/j/tokei/kekka_gaiyou/noukei/nou_seisanhi/r4/daizu_kobetsu

備考 20: バイオガス発電施設の人件費

下記に記す情報を参照して概算を行った。牛 5 万頭の排せつ物から得られる発電量は備考 8 で概算したとおり 4,916 万 kWh/年。株式会社バイオマス小牧では食品廃棄物を発酵させメタンガスを燃料に発電する。年間想定発電量は 9,200MWh/年。社員は 14 名。牛 5 万頭分の排せつ物からの発電量はバイオマス小牧の 5.3 倍であることから、この規模のバ

イオガス発電施設を運営する人数も 5.3 倍の 75 名とした。人件費は農業農村工学会誌での調査結果 480 万円/人/年を参照し、3.6 億円/年とした。

・農林水産省「家畜排せつ物のメタン発酵によるバイオガスエネルギー利用 大木牧場バイオガスプラント」2020 年 9 月 28 日

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/kankyo/taisaku/pdf/2020_sympo_asai.pdf

・J F E エンジニアリング「食品バイオガス発電事業会社 バイオマス小牧 発電プラント本格稼働開始」2023 年 5 月 30 日

<https://www.jfe-eng.co.jp/news/2023/20230530.html>

・岡庭良安・三原千宗・岡島賢治・田中忠次(2009)「稼働プラント調査による小規模バイオガス施設の経済性検討」農業農村工学会誌, 77(8), p. 635-638, a2

https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jjsidre/77/8/_contents/-char/ja

備考 21: 食肉センターの人件費

下記に記す情報を参照して概算を行った。牛のと畜・解体作業を 3 万頭/年の大規模で実施する場合、作業員 27 名で 3 頭/日を処理数となっていることから、2.5 万頭/年をと畜する場合の作業員を 23 名とした。人件費は年収例を参照し、420 万円/人/年とした。27 名×420 万円/年=1.13 億円/年とした。

・月刊「畜産技術」(758 号/2018 年 7 月)「食肉処理施設の現状と課題 その 1」2
人件費(食肉センター)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/livestocktechnology/2018/758Jul./2018_28/_pdf/-char/ja

・エン転職「京都食肉市場株式会社」

https://employment.en-japan.com/desc_1158396/

備考 22: 大豆栽培費(種苗費)

令和 3 年農産物生産費(個別経営)より大豆 10a あたり 186kg を生産するために必要な種苗費は 3,277 円であり、大豆 1kg あたりの生産に必要な種苗費は 17.6 円。大豆 8,530 トン/年の製造には約 1.5 億円の種苗費が必要と試算した。

・農研機構「大豆作における収益性の向上について」2024 年 1 月 26 日

<https://www.maff.go.jp/hokuriku/seisan/daizu/attach/pdf/240126-5.pdf>

備考 23: 大豆栽培費(肥料・薬剤費)

下記に記す情報を参照して概算を行った。大豆 10a あたり 186kg を生産するために必要な農業薬剤費は 7,167 円/であり、大豆 1kg あたりの生産に必要な農業薬剤費は 38.5 円/kg。大豆 8,530 トン/年の製造には約 3.3 億円の農業薬剤費が必要と試算した。肥料については、備考 10 で記載の通り、カリウムについては消化液で充足しており、また窒素については、液肥により 27%充足される。下記参考文献によると「大豆が吸収する窒素の 6 割から 8 割は、根に共生している根粒菌から供給される」とあるため、追肥による窒素供給は不要と判断した。リン酸については、液肥 9.7 万トン使用により 107 t 供給出来ており、必要量から差し引くと、21 t 分の施肥が必要と試算した。今回は水溶性などを考慮し、過リン酸石灰を施肥することとした。過リン酸石灰のリン酸含量は 17.5%、肥効率 30%であることから、施肥量は 397 t、単価を 94.7 円/kg として、3.8 億円/年と試算した。

- ・農研機構「大豆作における収益性の向上について」2024年1月26日
<https://www.maff.go.jp/hokuriku/seisan/daizu/attach/pdf/240126-5.pdf>
- ・「【農業技術・経営情報】大豆・麦・そば：大豆ほ場での地力窒素供給力の低下と対応策について」2021年2月1日
<https://www.pref.niigata.lg.jp/site/nogyo-navi/soy-nitrogen-supply.html>
- ・農林水産省「肥料をめぐる情勢」2024年3月
https://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_hiryo/attach/pdf/index-59.pdf

備考 24: 牛の肥育に必要な飼料費

飼料原料費は下記に記す情報を参照して概算を行った。牛の配合飼料の粗飼料、濃厚飼料の粗濃比は15:85とし、給与量は粗飼料1.5kg/日、濃厚飼料8.3kg/日で、それぞれ5万頭分では粗飼料23,725トン/年、濃厚飼料129,575トン/年となる。粗飼料のうち一部は大豆栽培で発生した7,250トン/年の茎葉を利用する。不足分の粗飼料16,475トン/年は30円/kgで購入し、粗飼料費用16,475トン/年×30円/kg=約4.9億円となる。濃厚飼料のうち大豆ミールは約5%で全量、植物工場で製造した大豆の搾油後の絞り粕で賄う。一方、残り95%はとうもろこし、大麦、ふすま等で129,575トン/年必要となり、濃厚飼料価格60円/kgとすると77.7億円/年となる。ただし、濃厚飼料に含まれる大豆ミール5%分は6,479トン/年×100円/kg=6.5億円/年を差し引いて、濃厚飼料価格は71億万円/年となる。濃厚飼料、粗飼料を合わせ飼料価格は76億円/年と試算した。

- ・農研機構「飼料用米の生産・給与技術マニュアル<2016年度版>」
https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/074988.html
- ・三重の畜産広場「肉用牛への飼料給与」
<https://mie.lin.gr.jp/hatena/hmn.html>
- ・alic「飼料・飼料原料の輸入動向 ア 輸入量」2024年4月8日
https://www.alic.go.jp/joho-c/joho05_000073.html
- ・作物研究所研究報告 8, 49-108 (2007.2) 根粒超着生ダイズ品種の開発及び生理・栽培的特性の解明 高橋 幹

備考 25: 牛購入費用

子牛の購入費用は以下のデータを参照に算出した。農業経営統計調査 令和4年度畜産物生産費にて報告されている令和3年度交雑種肥育牛生産費を参照に試算した。備考2より、年間で2.5万頭を屠畜するため、子牛の買付が年間2.5万頭必要となる。肥育牛一頭当たりのもと畜費428,898円を基に、428,898円×購入頭数2.5万頭=約107億円と試算した。

- ・e-Stat「農業経営統計調査 畜産物生産費 確報 令和4年畜産物生産費」
<https://www.e-stat.go.jp/stat-search/files?tclass=000001215662&cycle=7&year=20220>

備考 26: 大豆搾油精製工場の用役費

“食用大豆油と大豆ミールのLC-CO2”第2回日本LCA学会研究発表会講演要旨集(2007年3月)に大豆搾油精製に関する用役原単位(蒸気、電力、抽出溶剤)の記載がある。蒸気原単位合計3,063kg/oil-t(搾油1,685、精製1,378)の記載から、蒸気単価9,000

円/t、大豆生産量 1,700t/年とした場合、蒸気代は $9,000 \text{ 円/kg} \times 3,063 \text{ kg/oil-t} \times 1,700 \text{ oil-t/年} = \text{約 } 47 \text{ 百万円/年}$ と推定した。電力原単位合計 346 kWh/oil-t (搾油 279、精製 67) の記載から、備考 13 より電力単価 12.78 円/kWh とした場合、電気代は $12.78 \text{ 円/kWh} \times 346 \text{ kWh/oil-t} \times 1,700 \text{ oil-t/年} = \text{約 } 7.5 \text{ 百万円/年}$ と推定した。大豆油抽出に使用する溶剤(n-ヘキサン)の原単位は 12.3 kg/oil-t の記載から、n-ヘキサン単価 206 円/kg とした場合、溶剤代は $1,700 \text{ t/oil-t} \times 206 \text{ 円/kg} \times 12.3 \text{ kg/oil-t} = \text{約 } 4.3 \text{ 百万円/年}$ と推定した。漂白に使用する活性白土の原単位は 5.2 kg/oil-t の記載から、活性白土単価 400 円/kg とした場合、活性白土代は $1,700 \text{ t/oil-t} \times 400 \text{ 円/kg} \times 5.2 \text{ kg/oil-t} = \text{約 } 3.6 \text{ 百万円/年}$ と推定した。上記を合計し、大豆搾油精製工場の用役費用は年間 62 百万円と概算した。なお本設備は規模的に小さく、運営に要する人員負荷は軽微であるため、他施設の人員が兼務することとし、人件費は割愛した。

・佐藤邦光、辻本進“食用大豆油と大豆ミールの LC-CO2” 第 2 回日本 LCA 学会研究発表会講演要旨集 (2007 年 3 月)

・株式会社那須環境技術センター

<http://www.nasukan.co.jp/works/proposal/>

備考 27: 減価償却費

今回減価償却費を試算するにあたり、法定耐用年数は建物、機械で異なるが、一律 20 年として試算を行うこととした。建築費用 783 億円を 20 年償却と想定し、年間約 39 億円の償還を試算した。

・freee 株式会社「会計の基礎知識」2023 年 6 月 29 日

<https://www.freee.co.jp/kb/kb-accounting/service-life/>

備考 28: 回収期間の計算

下記各種リンク先に示す情報を参照して概算を行った。投資判断の方法として回収機関法を採用し、下記式①および②に従い、回収期間を算出した。

① キャッシュフロー＝当期純利益＋減価償却費－配当金

② 回収期間(年数)＝設備投資額÷予想キャッシュフロー(年間)

S B P C S の売上は約 358 億円、また光熱費 (56 億円)、原料・製造費 (194 億円)、人件費 (19 億円) 等を合計した経費は約 269 億円/年より、税引き前利益は約 89 億円と試算した。法人税の実効税率を 30.62%(本社所在地を東京 23 区、資本金 1 億円以上と想定)とすると、税引き後利益(当期純利益)は $89 \text{ 億} - 89 \text{ 億} \times 0.3062 = \text{約 } 62 \text{ 億円}$ と試算できる(なお固定資産税等は今回反映しなかった)。減価償却費は備考 27 より約 39 億円と試算、また今回は配当金を算定から除外したため、式①よりキャッシュフローは約 101 億円、式②より設備投資額 783 億円を回収するには、約 7.8 年かかると試算された。

・TOMATO BizNet「設備投資」を判断するときに使える 4 つのアプローチ

<https://tomato-biz.com/tax/20417>

・森福会計事務所/森福税理士事務所 法人税がざっくりわかる！概算を出す計算方法と計算シミュレーションを税理士が解説

<https://www.morifuku.jp/company-taxcalculation>

備考 29: 大豆油増産による効果検証

この数値は、下記リンク先の数値データを参照に概算した。まず大豆油の供給量はここ数年およそ 50 万 t 程度で推移している。これをすべて国産大豆で賄う場合、およそ 250 万 t の大豆が必要となり、発生する大豆ミールは 188 万 t と試算される。この場合、大豆油の国産化によりカロリーベースの食料自給率は約 3% の上昇が見込まれる。(食用油脂における大豆油の比率は約 20% 程度であり、国産化により、油脂の自給率はそのまま 20% 上昇。また油脂の供給エネルギーは全体の 14% を占めるため) また現在国内で発生する大豆ミールは、ほぼ輸入大豆由来であるため、飼料自給率には反映されないが、大豆国産化により発生する 188 万 t のミールは国産原料となる。これによる濃厚飼料の自給率向上に伴い畜産物の自給率も向上することから、カロリーベースの食糧自給率を約 0.5% 押し上げる効果が見込まれる。(大豆ミールの TDN [可消化養分総量、利用可能なエネルギー比率のようなもの] は約 80%、畜産物の供給エネルギーは全体の 18%、また 2022 年度飼料の供給量は約 2,500 万 TDN t、飼料自給率は 26%、畜産物自給率は 17%、これら数値から 188 万トンの国産ミールは濃厚飼料の自給率を約 6% 引き上げ、畜産自給率約 3% の上昇に繋がり、全体の自給率をおよそ 0.5% 増と推算した)

● $188 \text{ 万トン(大豆ミール)} \times 80\% \text{ (TDN)} = 150 \text{ 万 TDN トン}$

● $150 \text{ 万 TDN トン} \div 2,500 \text{ 万 TDN トン} \times 100 = 6\% \cdots \text{飼料自給率}$

● $\text{畜産国産率 } 53\% \times \text{飼料自給率アップ分 } 6\% = 3\% \cdots \text{畜産自給率}$

これらを 2022 年の食糧自給率 38% に加算して概算した。

・一般社団法人日本植物油協会「10. 資料集 (データ集) - 植物油の生産から消費まで」

https://www.oil.or.jp/kiso/seisan/seisan10_01.html

・農林水産省「食料自給率① 食料自給率の基本的考え方」※日時揭示無し

https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/zikyu_ritu/attach/pdf/012-5.pdf

・農林水産省「油糧生産実績調査」

<https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/oil/index.html>

・農林水産省「飼料をめぐる情勢 畜産局飼料課」2024 年 3 月

https://www.maff.go.jp/j/chikusan/sinko/lin/l_siryo/attach/pdf/index-1046.pdf

・独立行政法人農林水産消費安全技術センター「飼料の公定規格 別表第 3 可消化養分量及び代謝エネルギー」

<http://www.famic.go.jp/ffis/feed/kokuji/k51n756-2.html>



後列左より

日油(株)	第一工業製薬(株)	(株)ADEKA	三洋化成工業(株)
伊東 利博	森下 健	長谷川 茂夫	谷 真悟

前列左より

ライオン・スペシャリティ	花王(株)	ミヨシ油脂(株)	新日本理化(株)
・ケミカルズ(株)	小原 周一郎	高松 雄一郎	村西 洋
松葉 寛之			

《研究会メンバー》

リーダー	小原 周一郎	(花王株式会社)
サブリーダー	高松 雄一郎	(ミヨシ油脂株式会社)
	伊東 利博	(日油株式会社)
	谷 真悟	(三洋化成工業株式会社)
	長谷川 茂夫	(株式会社 ADEKA)
	松葉 寛之	(ライオン・スペシャリティ ・ケミカルズ株式会社)
	村西 洋	(新日本理化株式会社)
	森下 健	(第一工業製薬株式会社)

五十音順

未来の消費者の暮らしをより豊かにしていくために
油脂産業ができること

一般財団法人油脂工業会館

令和6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

H P：<https://www.yushikaikan.or.jp>

M a i l：jimukyoku@yushikaikan.or.jp