



世界の食料が直面する 気候リスクとその適応策

First Sentier MUFG
Sustainable Investment Institute

目次

サステナブル投資研究所とその支援企業について	01
エグゼクティブサマリー	03
1.0 はじめに	06
2.0 作物のバリューチェーン	15
3.0 畜産物のバリューチェーン	24
4.0 水産物のバリューチェーン	34
5.0 新たな機会	43
6.0 投資家に求められる行動	47
7.0 付録	51
8.0 参考文献一覧	53

図とケーススタディ

図1: BaringaのGHG排出量の基本的見通し (2020年～2050年)	6
図2: 気候シナリオで用いられる異常気象	7
図3: 異常気象が食料システムに与える影響フローの例	8
図4: 平均的な作物消費量の用途別内訳 (2023年)	9
図5: 世界の農業生産の成長率 (2023年～2033年)	9
図6: 地域別の人口と農業生産額の増加率 (2023年～2033年)	10
図7: 連携する食料バリューチェーンと複数のセグメントに影響する要因	12
図8: 作物生産量の増加率 (2010年～2022年)	15
図9: 作物の生産量・取引量の上位国 (2022年)	16
図10: 作物バリューチェーンにおける代表的な活動	17
図11: 世界の作物生産と発生頻度の高い異常気象<地域別> (2022年)	17
図12: 気候リスクと異常気象の影響に対する作物の脆弱性	18
図13: 作物における異常気象の影響と資産・投資家への影響	19
図14: 農業 (作物) に関する緩和策と適応策の例	20
図15: 家畜生産量の増加率 (2010年～2022年)	24
図16: 畜産物の生産量・取引量の上位国 (2022年)	25
図17: 畜産物バリューチェーンにおける代表的な活動	26
図18: 世界の畜産物生産と発生頻度の高い異常気象<地域別> (2022年)	28
図19: 気候リスクと異常気象の影響に対する畜産物の脆弱性	29
図20: 畜産物における異常気象の影響と資産・投資家への影響	30
図21: 畜産業に関する緩和策と適応策の例	31
図22: 水産物生産量の増加率 (2010年～2022年)	34
図23: 水産物の生産量の上位国 (2022年)	35
図24: 水産物の取引量の上位国 (2022年)	36
図25: 水産物バリューチェーンにおける代表的な活動	36
図26: 気候リスクと異常気象の影響に対する水産物の脆弱性	37
図27: 水産物における異常気象の影響と資産・投資家への影響	38
図28: 世界の水産物生産と発生頻度の高い異常気象<地域別> (2022年)	39
図29: 水産業に関する緩和策と適応策の例	40
図30: 食料バリューチェーンにおける投資機会とリスク	43
図31: 食品会社のEBITマージン	44
図32: 世界の食品セクターと株式市場全般の株価の推移	44
図33: セクター別の世界の排出量 (2021年)	46
図34: 農業からの排出量の排出源別内訳 (2021年)	46
図35: 投資家の意思決定に役立つ情報開示	48
図36: 主要なステークホルダー、および投資家のエンゲージメント目標	50
ケーススタディ1: テキサス州で発生した複合事象による農業損失	8
ケーススタディ2: 世界を旅する大豆	13
ケーススタディ3: インドにおける気候変動緩和策としての保全耕作の導入	21
ケーススタディ4: 台湾・大甲渓流域の洪水に対する適応策の成功例	22
ケーススタディ5: 米国におけるナチュラルヘッジとしての有機生産への投資	23
ケーススタディ6: インド、ドイツ、オーストラリアにおける短い生乳バリューチェーン	27
ケーススタディ7: 日本における上流サプライヤーとの連携を通じた排出量のマッピング	32
ケーススタディ8: オーストラリアでのエコブランドの牛乳製造	33
ケーススタディ9: インドにおける、ヒートストレスによる家禽類の死亡率抑制の取り組み	33
ケーススタディ10: 日本でのブルーカーボンプレジット制度	41
ケーススタディ11: オーストラリアの循環式養殖システム	42

サステナブル投資研究所とその支援企業について

本研究所について

MUFG ファースト・センチアサステナブル投資研究所(以下研究所)は、サステナブル投資を推進するテーマに焦点を当てたリサーチ情報の提供を目指している。三菱UFJフィナンシャル・グループ(以下MUFG)とファースト・センチア・グループはともに、投資家としての社会的責任を共有し、現在および将来のコミュニティに配慮した運営を行っている。

研究所では、サステナビリティの問題に関する調査を外部機関に委託し、特定のテーマをさまざまな視点から掘り下げて考察している。今や、投資家はサステナビリティやサステナブル投資を巡る問題について、これまで以上に掘り下げ、焦点を絞って熟考するようになってきている。これらの問題は往々にして複雑であり、原因を解明するには詳細な分析が必要となる。投資家として問題の原因をより深く理解できれば、より適切に投資判断の検討を行い、サステナビリティの向上に資するポジティブな変化を促すことができるであろう。

研究所における調査・研究は、MUFGの連結子会社である三菱UFJ信託銀行とファースト・センチア・グループが協働で支援しているが、研究所は両社からは独立した研究機関であり、発行するレポートの内容は両社を代表するものではなく独自のものである。

また、研究所では、サステナビリティおよびサステナブル投資に関連する研究について助言を行うアカデミック・アドバイザー・ボードを設置している。アカデミック・アドバイザー・ボードは、責任投資、気候科学、サステナビリティに関連する専門分野における学術界、産業界、非政府組織の第一人者が構成されており、独立した監督機関として、研究所の調査・研究成果が学術的厳密性において最高水準を満たしていることを確認している。

ご連絡先

institute@firstsentier.com

www.firstsentier-mufg-sustainability.com

www.mufg-firstsentier-sustainability.jp

研究所の支援企業

ファースト・センチア・グループについて



ファースト・センチア・グループ(旧ファーストステート・インベストメンツ)は、クオリティの高い長期的な運用戦略をお客様に提供する、グローバルな資産運用グループである。当グループは責任投資とスチュワードシップの原則に対するコミットメントを共有する、複数の独立したアクティブ運用スペシャリストチームを擁している。これらの原則は、経営全般と企業文化に不可欠なものである。

また、自社ブランドおよび個別サブブランドの運用チームの区別なく、全ての運用チームは投資の自主性を確保し、各自の運用哲学を実践している。

www.firstsentierinvestors.com

MUFGについて



三菱UFJフィナンシャル・グループ(MUFG)は、世界有数の金融グループである。東京に本社を置くMUFGは、360年以上の歴史を誇り、世界40カ国以上に約2,000拠点というグローバルなネットワークを有している。グループ全体の従業員数は約14万人にのぼり、銀行、信託、証券、クレジットカード、コンシューマーファイナンス、資産運用、リースなどのサービスを提供している。傘下の事業会社間の緊密な連携によって「世界で最も信頼される金融グループになる」こと、顧客のあらゆる金融ニーズに柔軟に対応することを目指し、社会に貢献するとともに、より良い世界に向けたサステナブルな成長の共有を促進している。

www.mufg.jp/english

三菱UFJ信託銀行について

三菱UFJ信託銀行は、MUFGの中核企業として、大手信託銀行ならではの専門性の高い機能を活かし、お客さまに総合的な金融ソリューションを幅広く提供している。

そうしたソリューションには、銀行業務に加えて、不動産、証券代行、資産運用・投資家サービス、相続関連サービスなどがあげられる。「Trust(信頼・信託)」を通じ、「安心・豊かな社会」「お客さまとともにある未来」を創造できる信託銀行でありたい、というビジョンの実現を目指し、「Create a Better Tomorrow」を新たなキーコンセプトとして掲げている。

<https://www.tr.mufg.jp/english>

Baringaについて



Baringaは、グローバルな経営コンサルタント会社であり、政府、産業、ファイナンス、社会に知見を生かした持続的な影響をもたらすことを重視している。欧州、北米、アジア、オーストラリアのオフィスに2,000人の専門家を擁し、グローバルに展開している。

有意義な変化を立案し提供することに力を入れており、農業、一般消費者向け小売、エネルギーおよびリソース、ファイナンス、政府、製造、製薬、プライベートエクイティ、テクノロジー・メディア・テレコム(TMT)など幅広いセクターでサービスを提供している。

2023年にEnergy Risk Asiaの「Climate Risk Advisory Firm of the Year」、2024年にForbesの「World's Best Management Firm」、2025年にFinancial Timesの「Leading Management Consultants」に選出されるなど、数々の栄誉を得ている。

<https://www.baringa.com>

Baringaは、MUFGファースト・センティアサステナブル投資研究所から本レポートの作成依頼を受けた。作成にあたっては同研究所のSudip Hazra氏(ディレクター)、Yuichi Nakao氏(マネージャー)、Elena Zharikova氏(リサーチアナリスト)、およびBaringaのNick Forrest(パートナー)、Darshan Grover(パートナー)、Jim Fitzgerald(ディレクター)の助言を受けた。

本レポートはBaringaのShuayb Ismail(ディレクター)とZdravko Slavov(シニアマネージャー)が執筆したものである。



エグゼクティブサマリー

- 1 本レポートの目的は、2050年に至るまでの期間に**気候変動と異常気象が世界の食料サプライチェーンに及ぼす主な影響を取り上げ**、企業と投資家が食料安全保障、食料システムのレジリエンス、収益創出を支えるために何ができるのかを提案することである。
- 2 現行の政策および気候対策のままであれば、世界の気温は2050年までに**2.5度上昇するとみられ**¹、Baringaのモデルによるとパリ協定の達成には150~200億トン分のCO₂e削減量が不足する。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、排出量の増加と異常気象の発生件数の増加には関連性があることを確認している。つまり、食料のようなグローバルに連携するサプライチェーンへの直接および間接投資家は、今後数十年にわたり急激に増大する気候リスクと異常気象にさらされ続けることになる。

図1:BaringaのGHG排出量の基本的見通し(2020年~2050年)¹

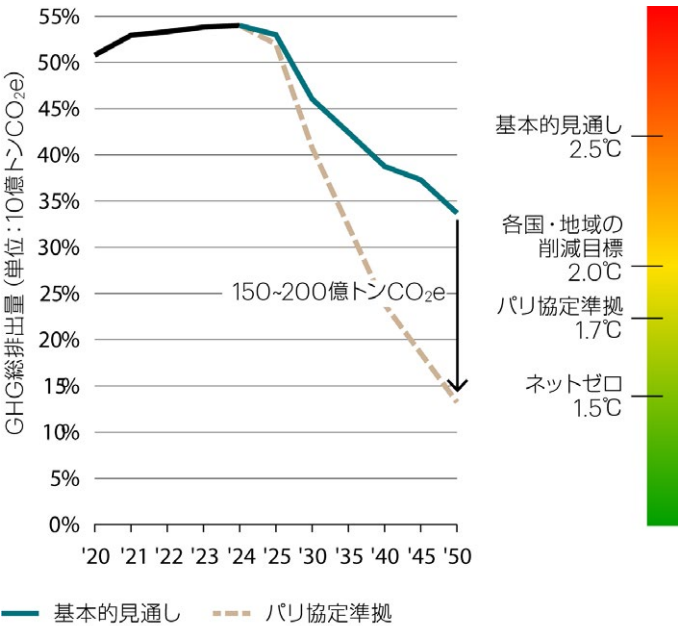
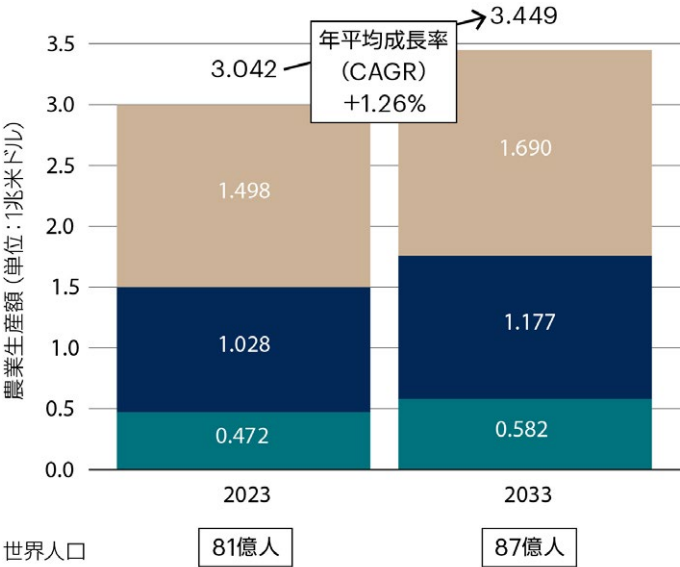


図5:世界の農業生産の成長率(2023年~2033年)²



- 3 **人口増、経済成長、都市化の進行により、世界の食料需要の今後10年間の年平均成長率(CAGR)は1.26%と予想される。**注目すべきは農業生産額であり、特に経済成長と食習慣の変化にけん引され、ほぼすべての地域で人口増(CAGR 0.7%)より速いペースで増加している。さらに、こうした食料需要は、食料が長距離輸送され、さまざまな加工段階を経て食卓に届くという世界的に一体化したシステムにおいて生じることになる。
- 4 こうした需要に対する供給は重大な気候リスクと異常気象に直面するとみられ、食料システム全般で食料不安が拡大し、収益が減少する可能性が高まる。
- 5 **世界の食料システムは主に、極端な高温・低温、大雨、洪水、干ばつ、激しい嵐、複合事象の6つの異常気象に直面している。**これがインフラ、食料バリューチェーン、幅広い自然生態系に深刻な影響を及ぼすとみられ、被害額は2050年までに最大38兆ドルに達すると推計されている³。

1 "Baringa Base Case", Baringa(2024)。エネルギー、産業、農業、土地利用の変化、林業からの全般的な温室効果ガス排出量を考慮し、最新の気候政策や削減目標の成果、その確実性を反映したBase Case(基本的見通し)。

2 "World Population Prospects", United Nations (2024) and "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024)。

3 "Emissions Gap Report", UNEP (2024) and "The economic commitment of climate change", Koz et al., Nature (2024)。

- 6 世界の食料システムでは、**有効な気候変動の緩和策や適応策も導入されており、気候に対するレジリエンスの強化や食料システム内の資産の保護につながっている**。例として、責任ある土壌管理（保全耕作、バイオ炭の農地施用、輪作など）、精密農業による肥料投入の最適化、気候変動への耐性を備えさせることを目的とした家畜や水産物の品種改良（暑さへの耐性の強化、低品質飼料への適応など）が進められている。
- 7 気候変動が進行する中で、気候リスクと異常気象の影響が常態化していき、市場の配分の再調整に繋がるだろう。**市場での5つの大きな変化がもたらす新たな農業の姿**を以下に紹介する。



栽培適地の変化

気候パターンの変化と地元産志向により、以前は栽培に適さなかった寒冷地域（北ヨーロッパなど）での農産物の価値と収穫量が向上したことで、商用化の可能性が高まっている



気候変動に強い品種への移行

気温の急激な上昇や干ばつの増加により、農業・牧畜業では暑さや寒さに比較的強い品種への切り替えが進んでいる（畜産における牛から、ヤギやラクダへの移行など）



技術革新の変化

技術革新のスピードは加速しており、データ分析やAIを活用し、最新の気象パターンのデータから最適な投入のタイミングを割り出し生産量を増やす動きが出ている



消費者の好みの変化

市場全般で食の好みが変わりつつあり、高所得国では健康やサステナビリティがより意識され、主要な新興国では畜産物の消費量が増えている



農業貿易の変化

地政学情勢および気候の変化により、今後10年間はこれまでに比べ農産品貿易が停滞する可能性があり、企業はサプライチェーンと市場の分散を迫られている

- 8 つまり、早急に軌道修正しなければ、世界は2050年までに気温が2.5度上昇するシナリオに向かって進み続ける。**投資家は、投資先企業、セクター全体、政策立案者、市民社会に働きかけ、現在の慣行がもたらす悪影響の緩和および変化する気候パターンや消費者需要への適応を目指して、農業バリューチェーンを方向転換させることができる。**

以下は、投資家への3つの提言である。

- 8.1 **物理的な気候リスクを投資の意思決定に組み込む**。バリューチェーン全般への気候の影響（バリューチェーン上流のコモディティ投入材価格への影響など）を考慮するよう、デューデリジェンスプロセスを改める。
- 8.2 企業が気候関連のリスクと機会を評価するための以下の**10の要素**について調査し、その結果を取締役会や公に情報開示できるようサポートする。
- 供給または引き取りの20%以上を占める主要な取引相手および取引地域を明らかにした**バリューチェーンマップ**
 - 企業および中心的なサプライチェーンに関係するすべての主要な異常気象を網羅した、**少なくとも今後10年間の気候リスクシナリオ**
 - 主要なボラティリティ要因の特定を含む、**投入材価格の今後5年間のシナリオ**
 - 主要なボラティリティ要因と連動している、**主要農業製品の栄養素密度の変動傾向**（干ばつによる小麦のタンパク質含有密度の減少など）
 - 自社の**スコープ1～3の排出量見通し**（可能であれば排出種別ごとの内訳を含める）
 - 直接的および間接的事業活動での天然資源の消費状況**（管理する土地の空間フットプリント、土地利用の変化、水の消費量など）、および資源利用の削減機会
 - 直接的事業活動およびそれに依存する事業活動に影響を及ぼした、または影響を及ぼしている優先順位の高いサステナビリティに関わる重要な要因**（水、生物多様性の損失、土壌の健全性、労働者福祉など）
 - 現行の、および今後想定される炭素税（および砂糖税など関連の税制）が事業活動の収益と製品構成面に及ぼす影響**
 - 顧客および消費者需要（健康、サステナビリティ、高タンパク食品に対する需要など）を変える可能性のある、**農業バリューチェーンの末端における市場需要の傾向**
 - 事業の脱炭素化、物理的影響の改善、将来の消費者需要への対応に備えるための**事業、製品、投資計画**
- 8.3 **投資先企業や他の投資家、産業全体、市民社会とのエンゲージメントを通じて、ポートフォリオを重大な気候リスクから守り、よりレジリエントな未来に向かって前進できるよう働きかける。**



米国イリノイ州のトウモロコシの雄穂除去作業

1.0 | はじめに

1.1 | 現在想定されている気候の推移

現行の政策のままであれば、世界の気温は2050年までに2.5度上昇するとみられる。つまり、食料のようなグローバルに連携しているバリューチェーンへの直接・間接投資家にとってみると、投資資産が、今後数十年にわたって急激に増大する気候リスクと異常気象にさらされ続けることになる。

「人間の活動が、主に温室効果ガスの排出により地球温暖化を招いており、2011年から2020年の地球の表面温度は1850年から1900年までに比べて1.1度上昇している」¹

これにより、気候リスクと異常気象は以前より頻繁に発生し激しさを増している。Baringaは、最新の気候政策の成果とその確実性をモデル化し、世界の排出量削減の現実的なBase Case(基本的見通し)を作成している。パリ協定は2050年までの気温上昇を1.5度までに抑えることを目標としているが、BaringaのBase Caseによると、現在のままであれば二酸化炭素換算(CO₂e)で150~200億トン分の削減量が不足し、今世紀中頃には気温上昇が2.5度まで進む可能性が高いと見ている²。

こうした排出量の増加は、幅広い気候変動課題の要因となる。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)は、排出量の増加、放射強制力³、地球温暖化、それらに伴う異常気象という形での気候フィードバックの間には明確な相関性があるとしている⁴。こうしたフィードバックこそが、もっとも直接的な被害の原因となっている。実際に、現在の排出量と予測される温暖化の進行により、インフラ、食料バリューチェーン、広範な自然生態系に対する被害総額は最大38兆米ドルに達するとみられている⁵。

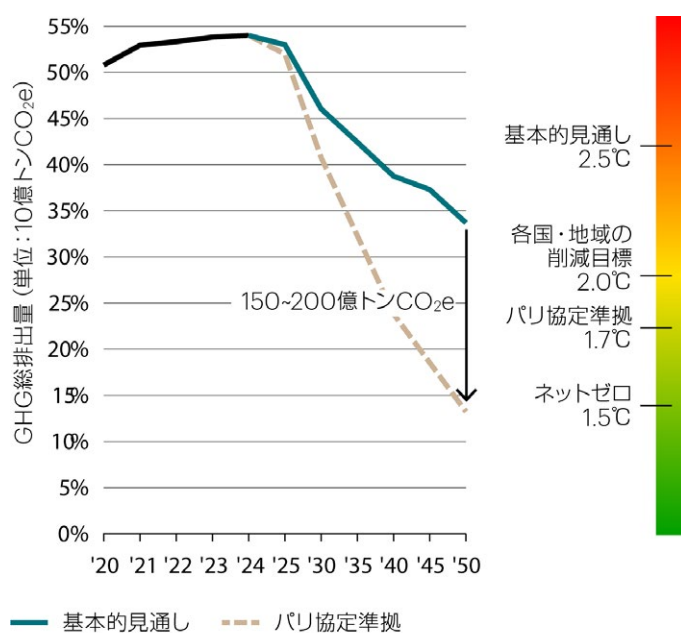
世界が猛スピードで気候の転換点を超えようとしている現状を踏まえれば、こうした被害額は現実味を帯びてくる。「転換点」とは、ひとたび超えるとシステムが二度と均衡の取れた状態に戻りできなくなる閾値とされている。

転換点は、寒冷圏、海洋圏、生物圏、大気圏に存在しており、西南極氷床の融解、大西洋南北熱塩循環(北大西洋における海流と熱の循環)の停滞、熱帯雨林やサンゴ礁の破壊などがそれに該当する。

こうした転換点を超えると、気候変動の影響が急速に激化し、世界の農業システムに重大な影響を及ぼす恐れがある(例えば、小麦やトウモロコシの生産に適した土地の半分以上が失われる)⁶。

「異常気象」とは、特定の場所や時間に1回発生するまれな現象(記録的な高温が観測された日、または異例の降雨量など)を指す。これに対して「気候リスク」とは、長期間にわたって異常気象パターンが続くことを指す。BaringaとIPCCのモデルでは6つの主な異常気象を取り上げており、2.5度シナリオでは農業の生産能力が最大20%低下する可能性がある(図2参照)⁷。

図1:BaringaのGHG排出量の基本的見通し(2020年~2050年)⁸



出所: 世界のエネルギーおよび産業部門からの排出量に基づくBaringaの分析(2024年)。

1 "Climate Change 2023 Synthesis Report", IPCC (2023).

2 "Baringa Base Case", Baringa (2024)。エネルギー、産業、農業、土地利用の変化、林業からの全般的な温室効果ガス排出量を考慮し、最新の気候政策や削減目標の成果、その確実性を反映したBase Case(基本的見通し)。

3 放射強制力とは、地球に出入りする太陽エネルギーのバランスの変化を指す。

4 "Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate", IPCC (2021).

5 "Emissions Gap Report", UNEP (2024) and "The economic commitment of climate change", Koz et al., Nature (2024).

6 "Climate Tipping Points", OECD (2022).

7 "Climate Change 2023 Synthesis Report", IPCC (2023).

8 "Climate Change 2023 Synthesis Report", IPCC (2023).

図2:気候シナリオで用いられる異常気象⁹

異常気象	説明	影響	最近の発生例
 極端な高温・低温	極端な暑さや寒さが長期間続くこと	ヒートストレスと水需要の増大による作物および畜産物の生産量の減少	2022年にフランスで熱波が発生し、国内の畜産農家に推計20億～45億ドルの被害をもたらした ¹⁰
 大雨	地盤が飽和状態となるような激しい降雨	土壌の浸食、作物被害、農作業の遅れ、田畑の湛水	米国全土で発生した大雨とハリケーンは、異常気象による作物の総被害額(約220億ドル)の18%に相当する被害をもたらした ¹¹
 洪水	陸地や沿岸地域に水があふれること	作物破壊、淡水供給源の汚染、陸地の消失	2022年にパキスタンで洪水が発生し、220万ヘクタールの農地が水没し、被害額は37億ドルとなった ¹²
 干ばつ	雨がほぼ降らない期間が続き水不足になること	作物の不作、家畜の喪失、かんがい用水の減少	2022年にエチオピアで発生した干ばつにより、400万頭の家畜が死に、被害額は7億ドルを超えた ¹³
 激しい嵐	ハリケーン、台風、サイクロンなどの強力な嵐	インフラの損傷、食料サプライチェーンの混乱、作物の損失	2022年にフィリピンに上陸した台風は、漁業を中心とした一次産業に3300万ドルの被害をもたらした ¹⁴
 複合事象	複数の自然災害が同時にまたは立て続けに発生すること	食料システムの脆弱化による柔軟な対応能力の著しい低下	2022年にオーストラリアで立て続けに発生した干ばつと洪水は、作物と家畜に壊滅的な被害を与え、被害額は30億ドルにのぼった ¹⁵

9 Baringaによる分析。

10 “‘Absolute emergency’: ‘Billions’ needed to compensate drought losses in France”, euronews (2022).

11 “Major Disasters and Severe Weather Caused Over \$21 Billion in Crop Losses in 2023”, Farm Bureau (2024).

12 “Pakistan: Flood Damages and Economic Losses Over 30 billion and Reconstruction Needs Over 16 billion”, World Bank Group (2022).

13 “The Horn of Africa is facing an unprecedented drought. What is the world doing to help solve it?”, WEF (2022).

14 “Flash Update No3: Philippines: Super Typhoon Noru/Karding”, OCHA (2022).

15 “The Great Deluge: Australia’s New Era of Unnatural Disasters”, Climate Council (2022).

図3:異常気象が食料システムに与える影響フローの例¹⁶

異常気象	 極端な高温・低温	 大雨	 洪水	 干ばつ	 激しい嵐	 複合事象
一次的影響	土壌劣化	水不足	労働力不足	生物多様性の損失	エネルギー価格の高騰	水温上昇
			養分循環の劣化	受粉サービスの減少	害虫抑制の機能不全	遺伝的多様性の損失
生産への影響	農地への被害	投入材の減少	飼料不足		天然魚の回遊パターンの変化	水産養殖施設への被害
	生産への影響		家畜の負傷、成長阻害、死亡		水産資源の減少	
バリューチェーンへの影響	農業生産量の減少	作物の生産性の低下	輸送の混乱	市場での供給不足	食品廃棄物の増加(輸送段階での生鮮食品の破損を含む)	
社会への影響	食料システムのレジリエンスの低下		食料不安の拡大		社会不安	
投資家への影響	リスクの増大と保険料の上昇	設備投資費用や運営費用の増加	価格のボラティリティの上昇	市場の混乱	長期的な生産量の低下	座礁資産リスクの増大

■ 生物多様性への影響

図3は、異常気象に起因する一次的影響が、生産段階、さらにはバリューチェーン全体に波及していく流れを示したものである。異常気象は単発で発生したり、複合事象として同時に発生したりすることがある。異常気象はエネルギー価格や労働力に影響をもたらすが(輸送ルートの遮断や熱波による生産性の低下など)、土壌、水、生物多様性などの自然環境にも直接的な影響が及ぶ。

例として、世界の食料システムはすでに生物多様性損失の主要因となっており、農業は、絶滅の危機にある28,000種のうち86%を危機にさらしている¹⁷。世界的な気温上昇と異常気象に対する緩和策や適応策を講じて一次的影響を和らげなければ、事態は悪化する一方だろう。こうした一次的影響は生産に波及し、作物、畜産物、水産物の生産量を低下させる。そして農業全般の生産量が低下することで、作物の生産性が低下する。さらに、異常気象は輸送や市場にも幅広く影響を及ぼし、食品廃棄物の増加につながる。最終的に社会全体および投資家にも影響が波及し、異常気象が長期的な気候リスクに変わることがあれば、リスクの増大、運営費用の増加、座礁資産リスクの増大につながる。

ケーススタディ1:テキサス州で発生した複合事象による農業損失

2023年、テキサス州では5月と6月に発生した広範囲の大雨に続き、干ばつで記録的に乾燥した夏となるなど異常気象が次々に発生した¹⁸。熱関連のストレスが農業労働者や農地に影響を及ぼしたほか、干ばつによる深刻な水不足でかんがいシステムにも被害が及び、テキサス州全土で1,000件以上の山火事が相次いだ。最終的な被害額は、飼料と放牧地での15億ドル、綿花での23億ドルを含め48億ドルにのぼった¹⁹。農業分野の生産量が減少しただけでなく、作物の保険金請求額(公的保険と民間保険の両方)も急増した²⁰。

16 Baringaによる分析。
17 “Climate Risk in the Agriculture Sector”, UNEP FI (2023).
18 “Texas drought has deepened amid this year’s brutal heat”, The Texas Tribune (2023).
19 “Major Disasters and Severe Weather Caused Over \$21 Billion in Crop Losses in 2023”, Farm Bureau (2024).
20 “Amid heat waves and drought, crop insurance costs skyrocket”, Houston Chronicle (2023).

1.2 | 世界の食料システムの成長

これまでみてきたリスクの背景には、人口増、経済成長、都市化の進行による世界の食料需要の増大がある。この需要の増大は、世界各地が高度に統合されたグローバルな食料システムの中で起こるため、世界の一部で気候リスクが生じると他地域で収量低下や価格上昇を引き起こし、企業や投資家に影響を及ぼす可能性がある。

世界人口は2033年に至るまでに6億人増加し、それに伴い世界のGDPも年平均2〜3%成長するとみられている²¹。もっとも増加率が高い地域は引き続きアフリカとアジア(世界の人口純増の90%以上を占め、GDP成長率は世界平均を1〜2%上回る見込み)であるが、この人口増の総合的な影響により、農業需要と下流セクターにさらなる負担がかかるだろう。食料セクターはもちろん、化学、エネルギー、医薬品、繊維セクターも例外ではない。

食料システムは作物、畜産物、水産物の3つのグループに分けることができる。2023年には、この3つを合わせた純生産額は3兆ドルを超えており、今後10年間の年平均成長率(CAGR)は1.26%と予測されている。この成長を促進する要因として、農業技術の改善による生産性の向上、経済成長に伴う砂糖、高付加価値乳製品、その他のタンパク製品など高級食品の需要増などの傾向があげられる²²。

需要を検討する別の方法としても、用途別に分けてみることができる。作物は農業生産に占める割合がもっとも大きく、農業生産額全体の45%を占めている。しかし、こうした作物のすべてを人が直接消費しているわけではない。人の食料に使用されるのは42%であり、3分の1(主にトウモロコシや大豆などの穀物)は動物用飼料となる。残りは主にエネルギーおよび産業用の原料として使用されるか、バリューチェーン上で廃棄される。

図5:世界の農業生産の成長率(2023年~2033年)²³

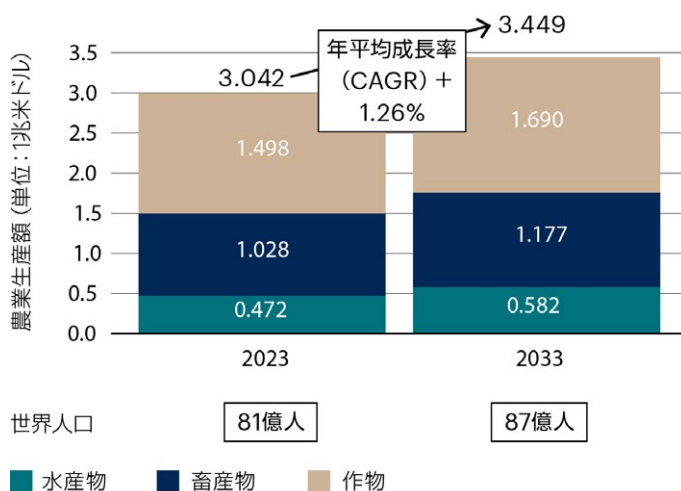
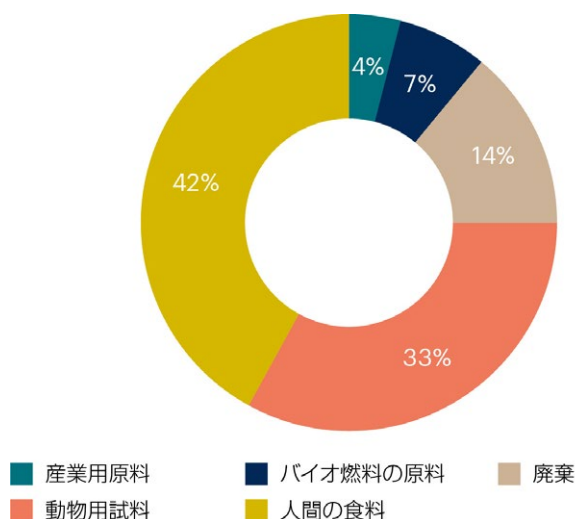


図4:平均的な作物消費量の用途別内訳(2023年)²⁴

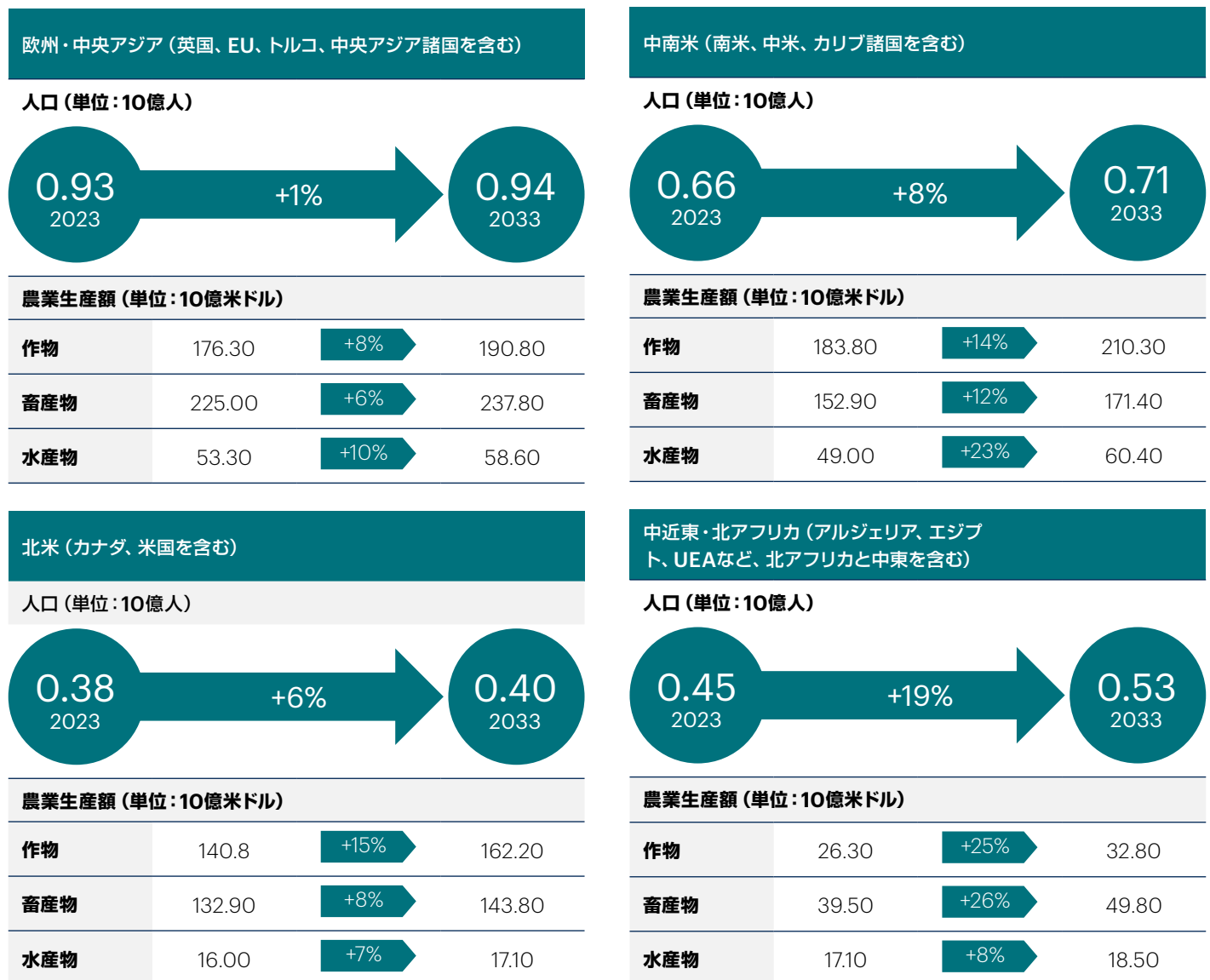


21 "World Population Prospects", United Nations (2024) and "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024).

22 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024), "Pathways towards lower emissions: A global assessment of the GHG emissions and mitigation options from livestock agri-food systems", FAO (2023), "Statistical Yearbook", FAO (2023), and "The State of World Fisheries and Aquaculture", FAO (2024).

23 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024).

24 "World Population Prospects", United Nations (2024) and "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024).

図6:地域別の人口と農業生産額の増加率(2023年~2033年)²⁵

25 “World Population Prospects”, United Nations (2024) and “Agricultural Outlook”, OECD-FAO (2024).

東アジア・東南アジア
(アジア先進国・東アジアを除くアジア市場)

人口 (単位: 10億人)



農業生産額 (単位: 10億米ドル)

作物	377.10	+17%	442.30
畜産物	199.10	+38%	274.70
水産物	158.10	+12%	177.80

アジア先進国・東アジア
(中国、日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランドを含む)

人口 (単位: 10億人)

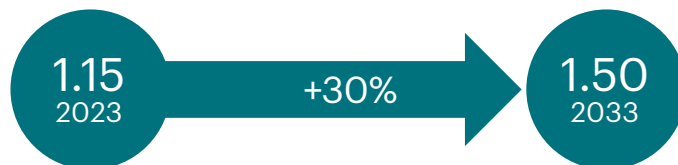


農業生産額 (単位: 10億米ドル)

作物	446.90	+3%	461.90
畜産物	242.90	+5%	254.30
水産物	199.80	+13%	254.30

サハラ以南アフリカ (エチオピア、ナイジェリア、
南アフリカを含むすべてのサハラ以南の国々)

人口 (単位: 10億人)



農業生産額 (単位: 10億米ドル)

作物	147.00	+25%	190.00
畜産物	36.00	+26%	45.00
水産物	23.00	+8%	25.00

農業生産額は、ほぼすべての地域で人口増を上回るペースで増加している。大きな要因は、特に新興市場での、経済成長に伴う食の好みの変化と1人当たりのカロリー摂取量の増加である。1人当たりの甘味料(作物由来)摂取量および脂肪(畜産・水産由来)摂取量は、インド、東南アジア、中南米を中心に増加するとみられている²⁶。

各国間には依然として経済格差はあるものの、今後は全般的に主食中心の食生活から高付加価値食品中心の生活へと大きく変化するだろう。こうした主食離れの傾向により、農産物の処理過程が増えるため、状況は一層複雑になる。その結果、バリューチェーンが地域を超えて広がり、気候リスクと異常気象の影響の度が高まることになる。

食料システムの拡大は、さまざまな要因、仕組み、産業が複雑に絡み合うネットワークとして捉えることができる(図7参照)。農場から食卓までの食料バリューチェーンには、通常7つの主要セグメントがある。そのうち、生産と加工のセグメントが経済価値全体の35~60%を占めている(作物ではこの割合は低く、水産物では高い)。

食料はグローバルに取引されており、ある国から供給された投入材が、違う国の生産を支え、その生産物はまた違う国で加工され、最終的にまったく違う国で流通し消費されるということがよくある。その一例が大豆市場である(ケーススタディ2参照)。そのため、農業関連産業や食品会社の下流の投資家は、投入、生産、加工、流通などの上流の気候リスクを間接的に引き受けることになる。

26 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024).



オーストラリア・ベガバレーの乳牛

図7:連携する食料バリューチェーンと複数のセグメントに影響する要因²⁷

バリュー チェーン	1. 投入	2. 生産	3. 加工	4. 流通	5. マーケティング	6. 消費	7. 廃棄/ リサイクル
説明	種子、飼料、水、 肥料、エネルギー、 機械、労働力の 供給	作物生産、畜産、 天然魚漁業、養殖	未加工製品の集約 および加工 (製粉や食肉処 理など)	輸出向けを含む 消費市場への 製品の輸送	卸売業および 小売業 (包装や宣伝活 動など)	農産物の購入と 最終消費	農業廃棄物および 生物由来廃棄物 の収集、処理、 加工
経済価値の 割合	10～15%	20～35%	15～25%	10～15%	5～10%	該当なし	該当なし
主要な担い手	投入材の提供 業者 エネルギー会社 農学者/農業技 術者	農家 牧場主 漁師	加工業者 食肉解体業者 専門職技術者	コールドチェーン (冷蔵輸送) 運営業者 物流業者	マーケティング 担当 卸売業者 小売業者	飲食店シェフ 消費者	廃棄物専門家 循環型事業の 経営者
複数のセグメン トに影響する 要因	社会経済的要因 (人口、経済、産業需要、所得水準、投資、食生活の変化など)						
大きな影響	気候リスクと気象災害 (気温の変化、水の利用可能性、土壌の健全性など)						

27 Baringaによる分析。

ケーススタディ2:世界を旅する大豆

ブラジルは世界最大の大豆生産国であり、世界の生産量の35%を占めている(米国の33%を上回っている)²⁸。また、世界最大の大豆輸出国でもあり、容積重量ベースでの市場シェアは42%となっている²⁹。しかし、この2つの統計値からは分かりにくいのが、実際には、大豆生産のバリューチェーンは世界的に一体化している。

ブラジルは、バリューチェーンの上流において他国に大きく依存している。ブラジル産大豆の大半は、米国や欧州の大手農業化学会社が開発した遺伝子組み換え(GMO)種子を使用して生産された遺伝子組み換え大豆である。また、ブラジルは肥料の輸入国でもあり、肥料の80%を輸入に依存しており、その大半をカナダ、ロシア、ベラルーシから輸入している³⁰。

バリューチェーンの下流では、ブラジル産の大豆は63%が国際市場に振り分けられている。主な輸出先は中国であり、ここ数年はブラジル産大豆の輸出量全体の70%を占めている³¹。中国に輸出されたブラジル産大豆の大半は、家畜用飼料や食用油の製造に用いられる(中国国内で生産された大豆は通常、豆腐、豆乳、醤油の原料となる)³²。中国は、大半の農産物において輸出を上回る量を輸入しているが、畜産物の輸出額は135億ドルを超えており、日本、米国、欧州が主要な貿易相手国となっている³³。

最終的に、食料バリューチェーンでは投入、生産、加工、流通、マーケティング、消費のすべてのセグメントが異なる地域で展開されることがあるが、このような大豆の世界的な旅路はその典型例である。他の農産物と比べると、作物は特にこの傾向が顕著である。注意すべきは、気候リスクの影響についても同じことが起こるという点である。たとえば2021年にカナダで発生した深刻な干ばつの影響は、肥料の輸出に波及し、輸出先のひとつだったブラジルは大豆生産用の投入の新たな供給元確保を迫られた³⁴。さらにバリューチェーン全般に影響する広範囲の干ばつが発生したこともあり、2021年は生産量が減少し、供給ショックが市場全般を揺るがし、関連する大豆セクターの下流での価格高騰を招いた³⁵。

こうした影響の波及は逆方向にも当てはまる。昨年ブラジルでは干ばつが発生したため大豆の作付けが遅れ、その影響は肥料市場全体に及んだ。例として、肥料の確定需要は25%減少し、カリ(肥料の主要原料)価格は前年比で36%下落したとされている³⁶。食料バリューチェーンは一体化しているため、ある場所の気候リスクが、世界の他の場所における収穫量の減少と価格高騰につながることもあり、その影響は間接的な投資家にも波及する。

28 "FAO Stat", FAO (2024).

29 "FAO Stat", FAO (2024).

30 "Soybean in Brazil", CZ (2023).

31 "Massive Brazilian soybean exports too heavily leaning on China?", Reuters (2023).

32 "Interdependence of China, United States, and Brazil in Soybean Trade", USDA (2019).

33 "World Integrated Trade Solution", World Bank (2022).

34 "Impacts and Repercussions of Price Increases on the Global Fertilizer Market", USDA (2022) and "Confronting Urgent Challenges and Building the Resilience of the Canadian Food Supply Chain", House of Commons Canada (2022).

35 "Agriculture Industry Is Still Sweating This Year's Droughts", S&P Global (2022).

36 "Brazilian drought slows fertilizer purchases, affecting global suppliers", Fertiliser Daily (2023) and "Fertilizer Outlook:Global dynamics to influence 2024 fertilizer prices", Farm Progress (2023).



1.3 | 本レポートについて

本レポートの目的は、気候変動と異常気象が世界の食料サプライチェーンに及ぼす大きな影響を浮き彫りにすることである。

今後ますます広がるとみられる気候リスクと異常気象が世界の食料システムに及ぼす影響を緩和し適応するには、リスク、機会、食料システムの担い手がとるべき行動を明らかにしなくてはならない。その目的は、収益確保だけでなく、食の安全と食料システムのレジリエンスを確保し、世界中で起きている人口増と経済成長を支えることでもある。また、食料のバリューチェーンは一体化が進んでおり、連携してシステム全体を見据えた行動を取る事が求められる。

したがって本レポートでは、以下の3つの核心的な問いに重点的に取り組んでいる。

- 1 今後10年、主にどのような気候リスクおよび異常気象が世界の農産物・食料品に影響を及ぼすか(セクション2～5)
- 2 その影響に対応し、食料システムの安全性、レジリエンス、収益創出を支えるためにどのような緩和策および適応策が導入されているか(セクション2～5)

- 3 投資家には、農業および食品会社に関与し、支援するどのような機会があるか(セクション6)

本レポートは、最終的に以下を通じて投資家をサポートすることを目指している。

- 1 生産量の多い農業(作物、畜産物、水産物)セクターにおいて、気候変動の要因、リスク、影響に関する理解を深める。
- 2 食糧安全保障および食料システムのレジリエンス強化と、収益性向上につながる、有効な緩和策および適応策の事例について説明する。
- 3 気候リスクの重要課題(情報開示を含む)について、農業・食料システム関連会社に対する投資家のエンゲージメント戦略と意思決定、ならびに広範なステークホルダー(利害関係者)コミュニティへの働きかけを支援する有用な情報を提供する。

2.0 | 作物のバリューチェーン

2.1 | グローバルなバリューチェーン構造

世界の作物バリューチェーンは複数の地域をまたいで高度に統合されており、その結果として各セグメントに存在する気候リスクや気象災害の影響が集約されやすい構造になっている。こうした傾向は、消費に近い下流工程よりも、市場の寡占化がより進んでいる品種開発・種まき、生産といった上流セグメントで特に顕著である。

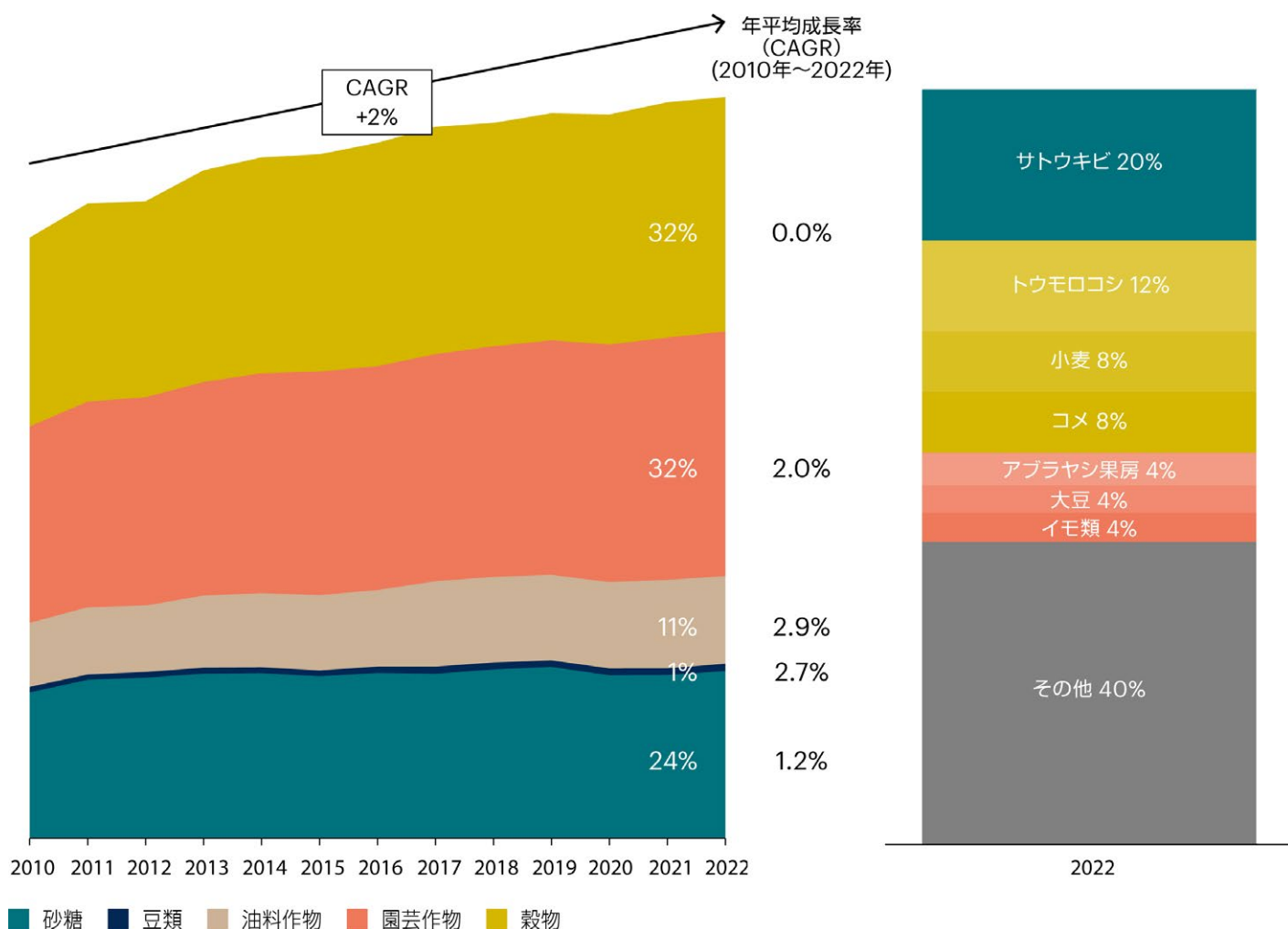
食料および飼料用の作物の生産額は2023年には1.13兆ドルとなっており、生産量は約100億トンだった¹。作物は、穀物、園芸作物(果物、野菜、根菜、木の实など)、油料作物、豆類、砂糖の5つの主要なカテゴリーに分けることができる。

作物の生産量は、2010年以降、年平均成長率(CAGR)2%となっており、2033年まではこの伸びが続くとみられている。絶対値での成長率が特に

大きいのは、穀物、園芸作物、砂糖である²。

こうした成長の主な要因は、2022年には作物生産全体の40%を占めた主要農産物(サトウキビ、トウモロコシ、小麦など)の需要増である³。人口増と食生活の変化が需要増を大きく後押しした(家畜飼料用のトウモロコシ需要の増加、インドおよび東南アジアでの所得増加に伴う砂糖需要の増加など)。

図8:作物生産量の増加率(2010年~2022年)⁴



¹ "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024) and "FAO Stat", FAO (2024)。これは2023年の作物生産額合計(1.498兆ドル)の75%にあたる。

² "World Projections", OECD (2023) and "FAO Stat", FAO (2024)。

³ "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024) and "FAO Stat", FAO (2024)。

⁴ "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024) and "FAO Stat", FAO (2024)。

図9 :作物の生産量・取引量の上位国(2022年)⁵

分類	農産物名	生産量全体に占める割合	上位生産国	上位輸出国 (未加工・加工品)	上位輸入国 (未加工・加工品)
砂糖	サトウキビ	20%	1. ブラジル(38%) 2. インド(23%) 3. 中国(5%)	1. ブラジル(37%) 2. インド(17%) 3. タイ(9%)	1. インドネシア(9%) 2. 中国(8%) 3. 米国(6%)
穀物	トウモロコシ	12%	1. 米国(30%) 2. 中国(24%) 3. ブラジル(9%)	1. 米国(28%) 2. ブラジル(20%) 3. アルゼンチン(16%)	1. 中国(10%) 2. メキシコ(8%) 3. 日本(7%)
穀物	小麦	8%	1. 中国(17%) 2. インド(13%) 3. ロシア(13%)	1. オーストラリア(14%) 2. 米国(10%) 3. フランス(10%)	1. 中国(5%) 2. トルコ(5%) 3. インドネシア(5%)
穀物	コメ	8%	1. 中国(27%) 2. インド(25%) 3. バングラデシュ(7%)	1. インド(39%) 2. タイ(14%) 3. ベトナム(10%)	1. 中国(11%) 2. フィリピン(6%) 3. イラク(4%)
油料作物	アブラヤシ果房	4%	1. インドネシア(60%) 2. マレーシア(22%) 3. タイ(4%)	1. インドネシア(56%) 2. マレーシア(27%) 3. オランダ(2%)	1. インド(16%) 2. 中国(11%) 3. 日本(6%)

生産量・取引量上位3位の農産物の市場集約度

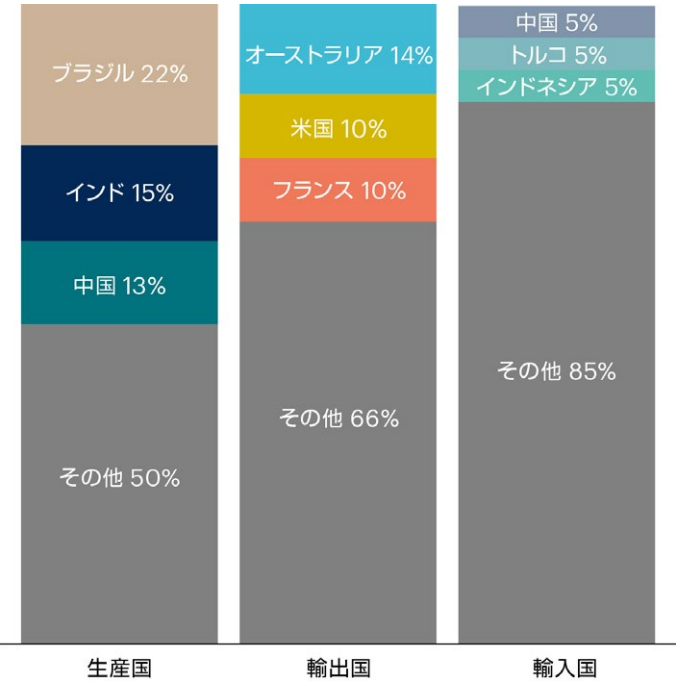


図9の表とグラフは、特に作物バリューチェーンの上流で市場集約が進行していることを示している。サトウキビ、トウモロコシ、小麦は世界の作物生産量全体の40%を占めており、そのうちの50%がブラジル、インド、中国の3カ国のみで生産されている⁶。このような生産地の集中は、気候リスクの集中を意味し、この3カ国で異常気象が発生すれば、その影響はバリューチェーンの下流に広がり、加工・輸出業者や完成品の輸入業者にも波及していく。

つまり、図9は作物バリューチェーンが複雑で連携していることを示している。作物は畜産物と異なり、加工やマーケティングなどの下流よりも生産システムでの市場集中度が高い。ここでの市場集中度は、加工・輸出業者のデータを代理指標として用いることで示されている。

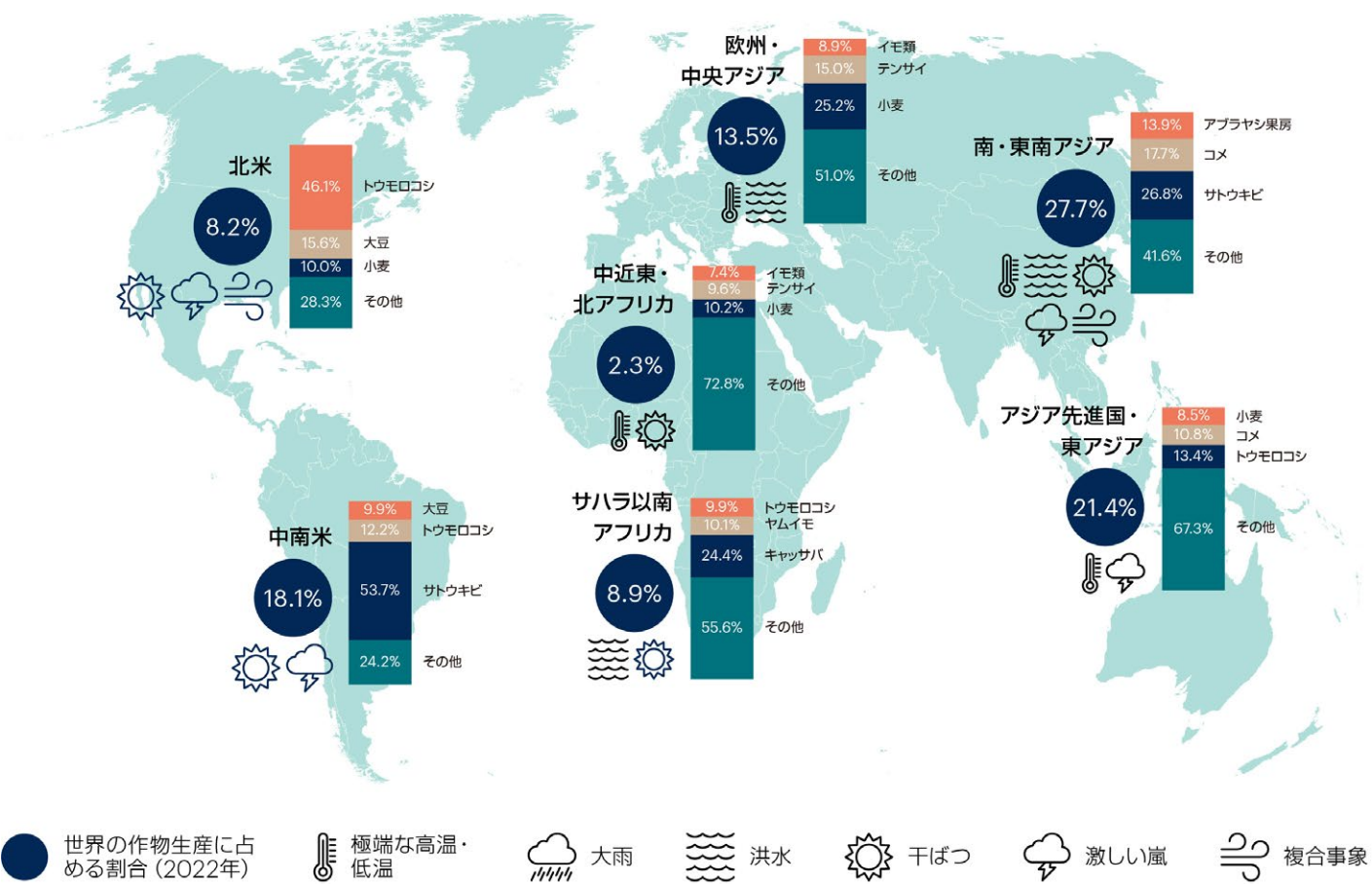
作物のバリューチェーンは通常、投入から廃棄まで7つのセグメントがあり、最大31の工程がある。図10でこれについて説明している。作物の生産セグメントで投入される材には国内で調達されるものもあるが、エネルギー、肥料、殺虫剤などはそれぞれが世界的なサプライチェーンを構築している。生産後は、複数の地域を超えて展開することが多い加工、流通、マーケティングなどのセグメントを経て、消費者の元に届く(ケーススタディ2の大豆の世界的な移動を参照)。このように入り組んだ作物バリューチェーンが、グローバルな食料バリューチェーンの気候リスクを高める主要な要因となっている。

5 “FAO Stat”, FAO (2024).
6 “FAO Stat”, FAO (2024).

図10:作物バリューチェーンにおける代表的な活動

1. 投入	2. 生産	3. 加工	4. 流通	5. マーケティング	6. 消費	7. 廃棄／リサイクル
・ 水 ・ エネルギー ・ 労働者と機械化 ・ 種子 ・ 肥料 ・ 殺虫剤	・ 整地 ・ 植え付け ・ かんがい ・ 肥料散布 ・ 害虫駆除 ・ 収穫	・ 乾式製粉 ・ 湿式製粉 ・ 脱穀・乾燥 ・ 選別・等級付け ・ 特殊加工 ・ 包装	・ 取引 ・ 輸出 ・ 輸送	・ 製品のラベリング ・ 価格設定 ・ 広告 ・ 流通	・ 食料としての直接消費 ・ 家畜用飼料	・ 動物用飼料生産 ・ バイオ肥料生産 ・ バイオ燃料生産 ・ バイオプラスチック生産
担い手の例						
・ Bayer (バイエル) ・ Syngenta (シンジェンタ)	・ 商業農場 ・ 小規模農家	・ Tereos (テレオス) ・ Cargill (カーギル)	・ Cosan (コザン) ・ LDC	・ Walmart (ウォルマート) ・ Sainsbury's (セインズベリー)	・ 一般の人々 ・ 家畜	・ Braskem (ブラスケム) ・ Bioenergy Devco (バイオエナジー・デヴコ)

図11:世界の作物生産と発生頻度の高い異常気象<地域別> (2022年)⁷



7 "FAO Stat", FAO (2024).

2.2 | 作物の気候リスクと異常気象の影響

農作物は環境に依存する部分が大きく、その場所に固定されているため、気候変動や異常気象に対して特有の脆弱性を持っている。これらの脆弱性は、作物の生育段階において季節ごとに際立つことになり、直接および間接投資家に大きな影響をもたらす。

作物によって適した生育条件は異なり、水、土壌、温度パターンの条件が成長を大きく左右する。例として、サトウキビは小麦の4倍の水を必要とし、小麦よりも生長サイクルが長く、イモ類はトウモロコシよりも酸性度の高い土壌を好む。このような作物特有の生育条件により、6つの脆弱性(図12参照)が浮き彫りとなる。この脆弱性があるために、作物の成長は他の農産物よりも異常気象の影響を大きく受けてしまう。

図12:気候リスクと異常気象の影響に対する作物の脆弱性

異常気象が与える影響	説明
 水	作物は種類によって最適な生育条件が異なるため、必要な栄養素と水分要件が異なる。水分量や水分含有量が変わると収穫量が減少するだけでなく、品質も落ちる(例として小麦は干ばつに遭うとタンパク質の含有量が低くなり、イモ類は水の条件が一定していないと病気にかかりやすくなる)
 温度	作物は決まった温度条件で成長するため、生育に適した季節が限定される(例として小麦の生育にもっとも適した温度は10~24度だが、トウモロコシはこれより高い18~27度が適温である)。生育期間の温度変化が作物の生長を阻害して、栄養バランスを崩し、大規模な品質劣化につながることもある(例としてトウモロコシの穀粒はヒートストレスで縮小する)
 土壌	土は、水や栄養分を供給・排出し、根を保護して外からの衝撃を和らげるため、土壌の条件は作物の成長における重要要素である。土壌は気候リスクや異常気象の影響を和らげ、作物の成長を保護している(例としてサトウキビは、雨水が地表を流れることで土壌の塩分濃度が上がるとショ糖の含有量が減少する)
 病虫害	作物は種類によって、それ自体および生育環境における病虫害リスクが異なる。気候リスクと異常気象は、季節のパターンの変化や、成長を阻害する新たな病虫害の発生につながる可能性がある(例として気候の温暖化はコロラドハムシの大量発生を招き、ジャガイモの収穫量を減少させる)
 固定性	上記4つの脆弱性はすべて、植えた場所から作物を移動できないことで悪化する。これは、天候パターンがますます予測不能になっていることに加え、気候変動による気象や土壌の変化により、従来の作付け、肥料投与、収穫パターンが適切ではなくなっている可能性があるにもかかわらず、それに頼ろうとする経験則的な傾向が農業生産に存在するため、特に問題となる。
 収穫後の品質劣化	収穫後損失は、とりわけ気温・湿度の上昇に伴う汚染リスクの増大と品質劣化の拡大により、増加している(例として、小麦は収穫後に湿度が高い環境に置かれると品質が劣化し、サトウキビは輸送が遅れると砂糖の回収率が最大30%減少する)

こうした脆弱性による影響は、図2で説明した6つの異常気象によって発生、または悪化する。特にバリューチェーンの中でも影響を受けやすいセグメント(投入、生産、加工、流通)ではその傾向が顕著である。異常気象とこれらの脆弱性との相関が作物の収穫量を減少させ、資産および投資家に直接影響を及ぼすだけでなく、連携するバリューチェーンの他の部分にも間接的な影響が及ぶ。その結果、環境条件の悪化が生産性減少と座礁資産リスク上昇につながり、資産評価は低下する。

図13:作物における異常気象の影響と資産・投資家への影響⁸

バリューチェーンのセグメント	異常気象による影響の例	資産および投資家への影響	発生例
投入	- 気温の変動による労働生産性への影響 - 沿岸部の洪水による海水の侵入が及ぼす土壌の健全性および土壌-種子適合性への影響	運営費の上昇(遺伝子組み替え種子費用、特殊肥料費用、人件費など)	トウモロコシと大豆の遺伝子組み替え種子の価格は、1990年から2020年にかけて需要増大により463%上昇し、作物の販売による収益を上回った⁹
生産	- 気温の変動による発芽への影響 - 雨量増加による肥料流出	- 特に要求される品質レベルの作物の収穫量の大きな落ち込み - 潜在的な座礁資産リスク(山火事、干ばつ、洪水などによるもの)	日本では2000年以降の極端な高温・低温で米の栄養価が下がっており、タンパク質は10%、鉄は8%、亜鉛は5%減少したとの研究結果が出ている¹⁰
加工	- 湿度の上昇に起因する傷んだ作物からの汚染の拡大 - 停電の発生による加工施設への影響	生産性減少による生産量と収益性の低下	ケニアは2022年に豪雨に見舞われ、収穫後の加工段階にあったトウモロコシにアフラトキシン汚染が広がり、サンプル検査では35%が規制値(肝臓ガンの発生リスク上昇に関連)を超えた¹¹
流通	- 道路の冠水による輸送の遮断、および品質劣化の拡大 - 気温上昇によるコールドチェーンインフラへの負荷	- 輸送における食品の品質劣化の拡大 - 輸送コスト(コールドチェーンを含む)の上昇	2023年にオーストラリアに上陸したサイクロン「ジャスパー」は、100万トン以上のサトウキビ(生産量全体の3%に相当)に被害をもたらした。特にサトウキビの圧搾や輸送用鉄道インフラに被害が出た¹²

8 Baringaによる分析。

9 “Prices for genetically modified seeds have risen much faster than non-GM seeds”, USDA (2023).

10 “Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein, micronutrients, and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries”, Science Advances (2018) and “Warming Leads to Lower Rice Quality in East Asia”, Geophysical Research Letters (2024).

11 “Aflatoxin Contamination of Maize from Small-Scale Farms Practicing Different Artisanal Control Methods in Kitui, Kenya”, Journal of Food Quality (2023).

12 “North Queensland flooding has significantly impacted farming communities and supply chains”, Queensland Farmers' Federation (2023).

2.3 | 緩和策と適応策

企業とその投資家は、異常気象に対抗するために、投資資産を保護し、食料システムのレジリエンスを強化し、商業的リターンを高めるための緩和策および適応策を立てる際、4つの重要な問いを自らに投げかけるべきである。

気候変動および異常気象への対策を検討する際には、緩和と適応の違いを理解することが重要になる。緩和とは長期的な気候リスクを未然に防ぐことを指し、適応とは気候変動の影響に対処し、適応することを指す。特に作物のバリューチェーンのレジリエンス強化を図るうえでは、どちらも重要であり、どちらにも企業と投資家が活用できる数多くの方策がある(図14参照)。

図14:農作物に関する緩和策と適応策の例¹³

対策例	想定される効果
緩和	責任ある土壌管理(保全耕作、バイオ炭の利用、輪作など)による土壌の健全性の保全
	精密農法による有機肥料の使用により、化学汚染を抑制し、土壌の健全性を促進し、水の流出に伴う汚染を回避する
	自然を活用した解決策(NbS)。農場に樹木や灌木を植えて農業と林業を同時に行うアグロフォレストリーでは、土壌の炭素貯留が促されると同時に、樹木が風よけや猛暑期間に日陰を提供することで局所的な気候調整を行うなど、異常気象へのレジリエンスが強化される
	再生可能エネルギーおよびクリーンなエネルギー燃料の活用による、農業の機械化および輸送に伴う排出量(食料システム全体の排出量の10~20%を占めている ¹⁴)の削減
適応	作物の品種改良。異常気象の影響および収穫後の低技術環境による負担への耐性を持つ、生産性の高い品種(暑さや干ばつへの耐性の高い品種など)の開発
	デジタル技術を活用した農家への早期警報システム。これにより農家は土壌の健全性および気候パターンの変化などを監視し、その情報を踏まえて作付け、肥料投与、収穫を行う
	自然環境に遮断帯を設置し、異常気象から農地を保護する。(岩壁を設置して強風や山火事を食い止めるなど)
	農家、加工業者、流通業者、市場を保護する保険。極端な暑さ、雨量、湿度などの気象閾値に基づいて保険金が支払われる天候インデックス保険など

13 Baringaによる分析。
14 "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers", Science (2018) and "Field to fork: global food miles generate nearly 20% of all CO₂ emissions from food", EC (2023).



インドのタミル・ナド州の稲作農業

このように、食料システム全般の企業および投資家はさまざまな緩和策および適応策を使用して、より持続可能で、レジリエンスがあり、生産性の高いアグリビジネスをサポートすることができる。こうした方策の適切な組み合わせを見つけるには、自らが関わるバリューチェーン、環境条件、気候の傾向を十分理解している必要がある。そのためにまず、以下の4つの重要な問いを投げかけることから始めるべきである。

- 1 自社の上流サプライチェーンにおける地理、作物、気候帯の集中度をどれだけ理解しているだろうか
- 2 今後10年で自社のサプライチェーンおよび事業に影響する気候リスクと異常気象は、どのような傾向を示すだろうか。それが作物の収穫量、品質、市場需要にどのような影響を及ぼすか
- 3 どの緩和策および適応策を導入すれば、自社の抱えるリスクを低減でき、要求される品質水準を満たしつつ農業生産量の増大を促すことができるだろうか
- 4 気候レジリエントで持続可能な農業投資を支えるために開示すべきサステナビリティおよび気候リスクの情報は何かだろうか

これらの問いは、食料バリューチェーンの担い手が、自らが関わるバリューチェーン、リスクプロファイル、緩和策、優先順位を理解するための助けとなり、よりレジリエントで収益性の高い作物システムの実現を促進することになるだろう。セクション6では、投資家による投資先企業やステークホルダー全般へのエンゲージメント機会について詳しく説明している。

ケーススタディ3:インドにおける気候変動緩和策としての保全耕作の導入

インドは中国に次ぐ世界第2位の農産物産出国だが、農業生態系に被害をもたらす異常気象の発生件数が増加傾向にある。熱波、干ばつ、大雨、複合事象が農業に深刻な被害を与えており、2015年から2021年にかけて、洪水により3390万ヘクタールの農地、干ばつにより3500万ヘクタールの農地が失われた¹⁵（失われた農地面積は、日本と英国を足した面積よりも広い）。従来通りの収量を維持するには、異常気象の影響を緩和するために投入コストを増加させることが求められる。

インド各地の農業コミュニティは、責任ある土壌管理、とりわけ保全耕作の導入を着実に進めて農業の効率性と持続可能性を高めてきた。保全耕作は場所を選ぶものの、乾燥地では降雨に依存する作物の生産性を向上させるのに効果的である¹⁶。保全耕作とは基本的に次の3つの原則に従い、土壌の健全性を向上させる農法を指す:1) 機械使用による土壌のかく乱の抑制、2) 土壌被覆の維持(カバークロップの栽培など)、3) 作物体系の多様化(輪作など)。

2020年には、1,353件の現地調査結果の分析により、保全耕作は特に小麦やトウモロコシなどの作物と、こうした作物への気候の影響に大きなメリットがあることが実証されている¹⁷。収穫量は5.8%増加し、水効率は12.6%改善し、経済的リターンは25.9%上昇し、排出量は12~33%減少していた。どの地域でも同様の成果が得るとは限らないが、この分析結果により、緩和策が収量のレジリエンス、商業的成果、そしてサステナビリティの向上に貢献する可能性があることが示された。

15 “UNDP India partners with Absolute Foods to further sustainable agriculture practices in the country”, UNDP (2023).

16 “Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture”, Nature (2015).

17 “Conservation agriculture for sustainable intensification in South Asia”, Nature Sustainability (2020).



台湾の花き・園芸農園

ケーススタディ4:台湾・大甲渓流域の洪水に対する適応策の成功例

台湾では毎年、集中豪雨および台風による洪水で平均4億ドルの経済損失が発生している¹⁸。中でも2009年の台風第8号は過去50年間に台湾を襲ったどの台風よりも被害が甚大で、被害額は34億ドルと推計されている¹⁹。台風第8号は、農地を広範囲にわたって水没させ、より包括的な適応戦略の必要性を浮き彫りにした。これを受け、台湾の大甲渓流域では以下の3つの適応戦略が導入され、作物のレジリエンス強化と損失の最小化を実現した。

- 1 **農地を囲む高い土手の整備**。水の流れを管理することで、作物の品質劣化の原因となる農地の長時間湛水を回避する。その結果、浸水するサツマイモ畑の面積は25%減少した²⁰。
- 2 生育期間が短く、水への耐性が高く、**洪水に強い作物品種**の採用。これにより冠水の影響を受けにくくなり、収量の安定性が高まるので、安定した収穫が見込めるようになった。
- 3 **災害早期警報システムの導入**。詳細な天気予報と、プッシュ通知でのリアルタイムの災害警報、重要度が高い76品種の作物の災害カレンダーを提供している。気象観測所の増設(1986年の17カ所から2021年は176カ所に増加)により効率的な早期警報システムを確立し、提供する予測データの質と量を高めている²¹。

このように、工学的解決策(農地周囲の土手の整備)、農業レジリエンス戦略(洪水に強い作物品種の採用)、テクノロジーを活用した解決策(災害警報システム)を組み合わせた手法は、台湾において、大規模洪水によって高まる異常気象リスクへの適応策として効果的であることが示された。

18 "A Case Study on Flooding in the Southern Taiwan during Typhoon Morakot and Typhoon Fanapi", Natural Hazards and Earth System Sciences (2022).

19 "Typhoon Morakot Situation Report No. 1", OCHA (2009).

20 "Agriculture Adaptation Options for Flood Impacts under Climate Change", Sustainability (2021).

21 "Agricultural Disaster Prevention System: Insights from Taiwan's Adaptation Strategies", Atmosphere (2021).



米国カリフォルニア州の有機園芸農場

ケーススタディ5:米国におけるナチュラルヘッジ(自然リスクの回避)としての有機生産への投資

本レポートで取り上げた異常気象に伴う投入材価格・収量・生産量の変動などが要因となって農業コモディティ価格は乱高下しており、投資家の間では、ナチュラルヘッジとして有機農業に着目する動きが出ている。これは有機農産物の価格上昇によって安定的なリターンを確保し、緩和策および適応策を支援するものであり、特に有機農業が再生農業の一環として土壌修復に活用される場面で効果を発揮する。

世界の有機市場はこの数十年間で大きく成長してきた。2010年以降の年平均成長率(CAGR)は8%であり、2022年には市場規模が1,348億ドルに到達した²²。最大の有機市場を有するのは米国で、世界市場に占める金額ベースのシェアは43%となっている。このような成長により企業および不動産投資信託(REIT)が有機農業に注目する一方で、多くの農家は有機農業への移行に苦労してきた。特に障害となっているのがいわゆる「死の谷」の期間だ。これは米国の個人農家が従来の農業から有機農業に移行し、USDA 認証を受けた「有機」と表示して(プレミアム価格で)販売できるようになるまでの期間を指し、最長で3年を要する。

米国のあるREITはこうした課題の解決を重視し、利益を焦らず、長期的に資金を提供して農家が「死の谷」を乗り越え、再生農業を始められるよう支援している。このREITは、これまで1億2000万ドルを調達し、116件以上の投資先に配分してきた²³。さらに、柔軟な民間の融資手段として5年間で年利2.5%の無担保債務証書「Soil Restoration Note」を発行するなど、さまざまな融資手段を提供している。こうした融資は、従来型農業から有機農業に移行するにあたり、有機認証を受けて「有機」と表示してプレミアム価格で販売できるようになるまで3年の期間を要する農家にとって大きな助けとなる²⁴。長期的リターンを見通しを持ったこのREITは、作物の高付加価値化を目指す農家の有機市場への参入に貢献し、高品質の作物生産を支援しながら食料システムのレジリエンスを強化することに顕著な成功を収めた。

別の米国の投資ファンドは、市場のボラティリティや価格高騰に対抗すべく、ナチュラルヘッジとしての再生農業を活用することに取り組んでいる。2009年に設立されたこの投資ファンドは3億ドルを上回る資産残高を有しており、従来型の農場を取得して持続可能な農業へ転換させることに力を入れている²⁵。この取り組みにより、これまで土壌再生の促進、16,000トンの二酸化炭素隔離、310万トンの合成肥料削減を実現し²⁶、さらに第1号ファンドの投資家に対し税引後で113%のリターンを提供した²⁷。再生農業を通じて有機農産物の価格上昇を活用し、農地の健全性を改善して長期的な収量の引き上げる取り組みが功を奏し、現在第3号ファンドの立ち上げに取り組んでおり、目標額は2億5000万ドルとしている。

22 "The World of Organic Agriculture", IOFAM (2024).

23 "Public Benefit Report", Iroquois Valley Farmland REIT (2023).

24 "Farm Grows 'Organic' Returns for Impact Investors", Real Leaders (2022).

25 "About Us", Farmland LP (2024).

26 "Impact", Farmland LP (2024).

27 "Farmland LP Launches \$250M Third Fund Focused on Organic and Regenerative Agriculture", PR Newswire (2023).

3.0 | 畜産物のバリューチェーン

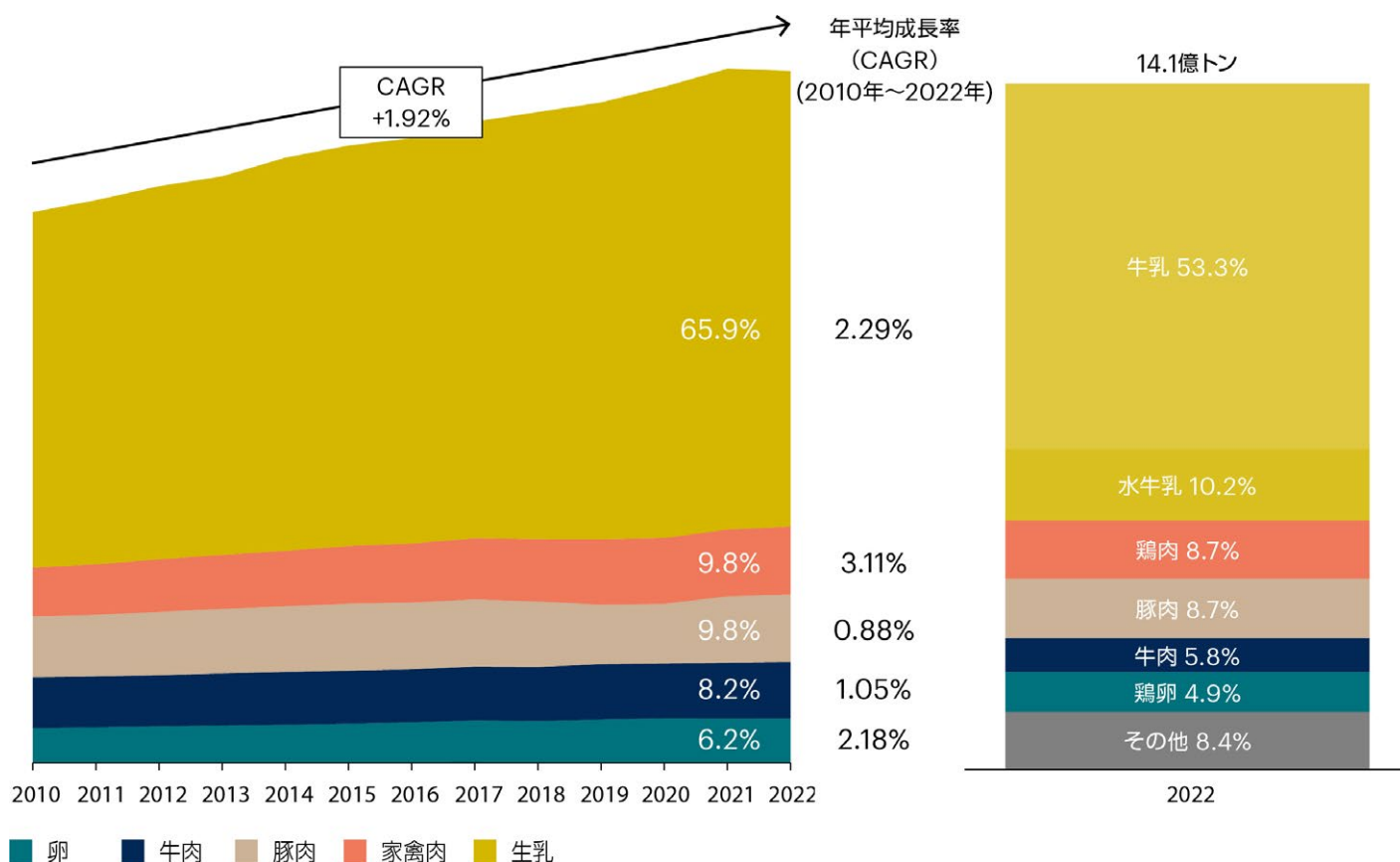
3.1 | グローバルなバリューチェーン構造

世界の畜産物バリューチェーンも、作物同様に一体化が進んでおり、地域間の相互依存が強まっている。一方で、他の農産物とは異なり、畜産物には、飼料作物の生産への依存、長い成長サイクル、生産国の集中度が低いという3つの特徴がある。

畜産の2023年の生産額は1兆ドルをやや上回っており、生産量は約14.1億トンだった。畜産物は生乳、家禽(かきん)肉(鶏肉など)、豚肉、牛肉、卵の5品目に分類することができる^{1,2}。2010年以降の畜産の生産量の年平均成長率(CAGR)は1.92%となっており、2033年まで増加が続き、成長にもっとも寄与するのは乳製品、豚肉、牛肉だとみられている。

今後は、新興国における需要と供給の増大がこうした畜産市場の拡大をけん引するだろう。乳製品に関しては、インドとパキスタンが2033年までに供給量の30%以上を占めるようになり、今後10年間の増加幅は最大になる見込みである。このことが、南アジアにおける大幅な人口増および経済成長の主要因となっている。次に増加幅が大きいのが家禽肉と牛肉であり、今後10年間で最大16%増加し、そのうちの79%は中所得国が貢献するとみられている。一部の国では代替乳製品と代替肉を好む傾向が続く可能性はあるが、新興市場の需要増加がこれを相殺するだろう。

図15:家畜生産量の増加率(2010年~2022年)³



1 皮革や蜜ロウなど食品以外の品目を除く。こうした食品以外の品目の2022年の生産量は1480万トンだった。蜂蜜もグラフに表示されていないが、生産量全体に占める割合は0.1%だった。

2 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024), "Pathways towards lower emissions: A global assessment of the GHG emissions and mitigation options from livestock agri-food systems", FAO (2023), and "FAO Stat", FAO (2024).

3 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024) and "FAO Stat", FAO (2024).

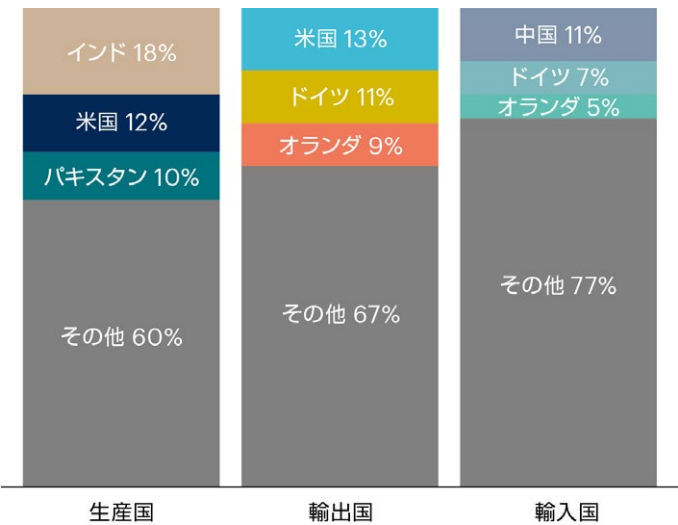
図16の表とグラフは、畜産市場の集中度を示したもので、図17の表は代表的な畜産物のバリューチェーンに関する説明である。バリューチェーンには、投入から廃棄まで7つのセグメントがあり、最大32の工程がある。畜産物のバリューチェーンは、作物と同様に複雑だが、作物とは違う特徴もある。また、作物とは異なり、畜産は生産における市場の集中度がやや低い。

畜産物の第1の特徴は、飼料用作物生産への依存である。もっとも代表的な飼料用作物は、トウモロコシ、大麦、オーツ麦などの穀物や牧草である。家禽類、豚、牛は、世界の畜産生産量の22.3%を占めているが、トウモロコシ生産に依存している。家畜用飼料の60～90%はトウモロコシであり、特に米国が生産および輸出の主要市場である⁴。このような飼料の需要は、広範囲にリスクを抱えていることを意味する。このように畜産は、市場の集中度が高いことが多い投入材の生産段階に起因するサプライチェーンおよび気候リスクを引き継ぐ構造になっている。

図16:畜産物の生産量・取引量の上位国 (2022年)⁵

分類	農産物名	生産量全体に占める割合	上位生産国	上位輸出国 (未加工・加工品)	上位輸入国 (未加工・加工品)
生乳	牛乳と水牛乳	63.5%	1. インド(23%) 2. 米国(11%) 3. パキスタン(7%)	1. ドイツ(13%) 2. オランダ(9%) 3. ニュージーランド(8%)	1. ドイツ(12%) 2. 中国(8%) 3. オランダ(8%)
家禽肉	鶏肉	8.7%	1. 米国(16%) 2. ブラジル(12%) 3. 中国(12%)	1. ブラジル(26%) 2. 米国(23%) 3. ポーランド(8%)	1. 中国(10%) 2. メキシコ(6%) 3. オランダ(5%)
豚肉	豚肉	8.7%	1. 中国(45%) 2. 米国(10%) 3. ブラジル(4%)	1. スペイン(15%) 2. 米国(15%) 3. ドイツ(12%)	1. 中国(13%) 2. メキシコ(7%) 3. 日本(6%)
卵	鶏卵	5.8%	1. 中国(36%) 2. インド(8%) 3. 米国(8%)	1. オランダ(16%) 2. ポーランド(11%) 3. トルコ(9%)	1. オランダ(14%) 2. ドイツ(14%) 3. ベルギー(8%)
牛肉	牛肉	4.9%	1. 米国(19%) 2. ブラジル(15%) 3. 中国(10%)	1. ブラジル(16%) 2. 米国(10%) 3. インド(9%)	1. 中国(20%) 2. 米国(8%) 3. 日本(4%)

生産量・取引量上位3位の農産物の市場集中度



4 "Feed Grains Sector", USDA (2023).

5 "FAO Stat", FAO (2024).

図17:畜産物バリューチェーンにおける代表的な活動⁶

1. 投入	2. 生産	3. 加工	4. 流通	5. マーケティング	6 消費	7. 廃棄／リサイクル
・ 水 ・ エネルギー ・ 労働力 ・ 飼料 ・ 遺伝的改良 ・ 獣医サービス	・ 飼料投与 ・ 飼育 ・ 搾乳 ・ 繁殖 ・ 環境管理	・ 食肉処理 ・ 解体や除骨 ・ 低温殺菌や均質化 ・ 選別・等級付け ・ 特殊加工 ・ 包装	・ コールドチェーン ・ 物流管理 ・ 輸送 ・ 取引 ・ 輸出	・ 製品のラベリング ・ 価格設定 ・ 広告 ・ 流通	・ 食料としての直接消費 ・ 家畜用飼料	・ 廃棄物処理 ・ 動物用飼料生産 ・ バイオ肥料生産 ・ バイオ燃料生産 ・ 堆肥化
担い手の例						
・ Cargill(カーギル) ・ Zoetis(ゾエティス)	・ BRF ・ Tyson Foods(タイソン・フーズ)	・ Nestle(ネスレ) ・ JBS	・ Buitelaar Group ・ コールドチェーン物流管理	・ Costco (コストコ) ・ Carrefour(カルフル)	・ KFC ・ 一般の人々	・ Darling(ダーリング) ・ BioCNG(バイオ圧縮天然ガス)

畜産の第2の特徴は、作物よりも成長サイクルが多様で長いという点である。トウモロコシ、小麦、コメなどの多くの作物の成長サイクルは2～5カ月である(例外はサトウキビの1～1.5年とアブラヤシ果房の3～4年だが、どちらも成長した後は10日おきに収穫できる)。対照的に畜産の成長サイクルは2～24カ月であり、家禽類が品種により、また有機生産かどうかにより2～3カ月、卵は採卵鶏のふ化から4～5カ月、豚は5～6カ月、牛は18～24カ月となっている。畜産は成長サイクルが長いと、長く気候リスクにさらされる。これが生産セグメントに影響を及ぼすため、資産価値を保護するにはより細かな配慮が必要となっている。

第3の特徴は市場集中度に関することである。作物のバリューチェーンは生産セグメントでの集中度が比較的高く、最大の3カ国が重量ベースで作物生産量全体の上位40%にあたる部分における市場シェアの50%を占めている。これに対し、畜産では上位3位までの品目が世界の生産量に占める割合は80%であるが、こうした品目の最大3カ国の市場シェアは40%にとどまっており、その大半は国内で消費されている。このように、生産から消費までの経路が比較的に短いことが、市場集中度が低くなる主な理由である。

6 Baringaによる分析。

ケーススタディ6: インド、ドイツ、オーストラリアにおける短い生乳バリューチェーン

牛乳と水牛乳は、世界の畜産物生産量の63.5%を占める最大の畜産品目である。この品目は、消費者までの距離が短いことが特徴であり、畜産物バリューチェーンにおける市場の集中度の低さがどう影響するかを示す好例となっている。世界の生乳生産ではインドが23%を占め、世界シェア1位となっている。インドでは通常、生乳の生産に必要な資源は現地調達され、その生産は小規模農家が行うシステムが確立している⁷。搾取された生乳は地元の協同組合で、ギー（バターオイルの一種）、チーズ、ヨーグルトなどの乳製品に加工される。加工された乳製品は小売店に運ばれる。小売店が重視するのは価格の手頃さと伝統であり、地元の国内ブランドがそれに応えている。新興市場の主要な乳製品については、このような地元に着したバリューチェーンがよく見られる。

対照的に、ドイツとオーストラリアは乳製品の加工を大規模に展開しており、世界最大規模の乳製品の輸入国・輸出国となっている。それでも、そのサプライチェーンは長くはない。ドイツはEU最大の生乳生産国であり、高い生産基準で機械化された農場で生産を行い、セクター全般にわたり品質を一定に保っている。輸入生乳の90%超が近隣のEU諸国からのものであり、これは主に乳製品の加工需要を満たすために使われている⁸。ドイツの加工業者は輸出に重点を置いており、加工業界を独占する大手の多国籍企業や協同組合が多様な乳製品を製造している。そのうち70%以上が再びEU諸国に向けて輸出され、最も大きな国際市場は中国(14%)とモーリタニア(2%)である。

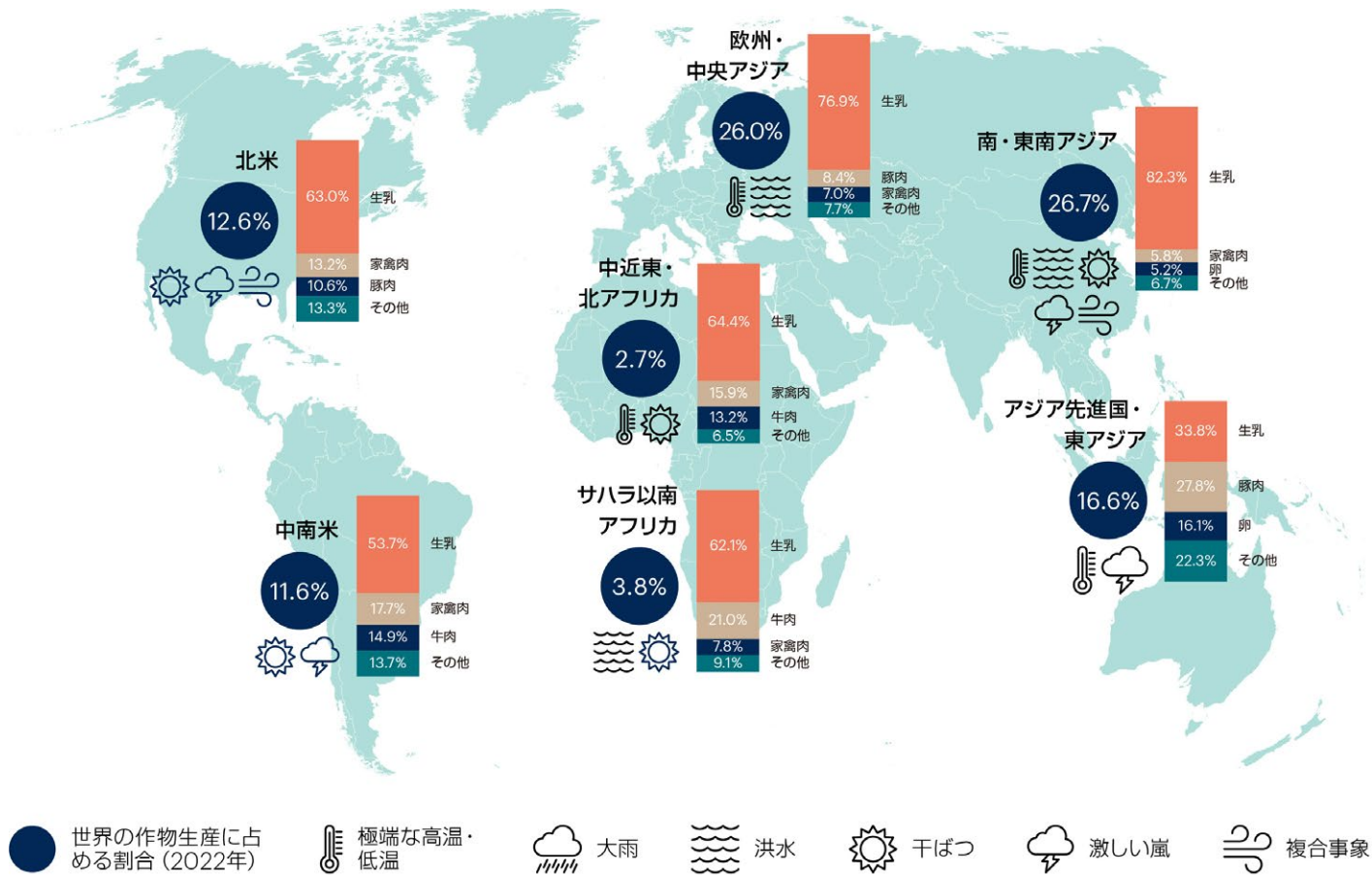
オーストラリアでも同様の状況がみられる。オーストラリアが輸入する生乳の85%は隣国ニュージーランド産であり、輸入した生乳は大手の多国籍加工会社に送られている。これらは粉乳およびチーズなどの製品に重点を置いており、オーストラリアの食品安全認証のもとで販売されることで、高品質を証明し、付加価値の高い利益を得ることができている。輸出市場で大きな存在感を示しているのは東アジアであり、輸出の80%以上が中国(51%)、シンガポール(14%)、フィリピン(8%)、マレーシア(7%)の4カ国向けとなっている。ドイツとオーストラリアの例から、先進国であっても畜産のバリューチェーンが作物と比べて大幅に短く、通常は近隣地域内に限定されていることが分かる。

最終的に、世界の市場における生乳のバリューチェーンが一般的に短いことは、異常気象によるいくつかの主要な影響と関連している。例えば、特に乳製品の痛みやすさと地元での調達が好まれる傾向が相まって、影響の伝搬が速くなる。これにより、単一の異常気象が地元のサプライチェーン全体に影響を与える一方で、特に新鮮な乳製品に関しては、地元の供給不足を世界的な輸入で補うことが難しくなる。このような乳製品特有のバリューチェーンの性質は、他の畜産物、作物、水産物ではみられないものである。

7 “FAO Stat”, FAO (2024) and “India’s White Revolution”, Niti Aayog (2023).

8 “UN Comtrade Database”, UN (2024).

図18：世界の畜産物生産と発生頻度の高い異常気象＜地域別＞（2022年）⁹



9 “FAO Stat”, FAO (2024).



干ばつが発生したオーストラリアの酪農場

5.2 | 畜産物の気候リスクと異常気象の影響

畜産には、異常気象に対する脆弱性につながる5つの特徴がある。例えば、作物生産への気候の影響が畜産業にも影響を及ぼすこと、弱った家畜の回復に時間がかかることなどである。

畜産は、飼料と家畜自体の飼育の両方で水資源に大きく依存している。気温の急激な上昇や干ばつの増加は水不足を悪化させ、これが卵のサイズの縮小、繁殖力の低下、成長阻害、病気リスクの増大など畜産業全体にさまざまな影響を及ぼす。水が不足することで飼料の生産量および品質も低下し、これらの影響をさらに悪化させる。

畜産には作物生産と同じ脆弱性もあるが、多くの家畜は自分たちでうまく体温を下げられないため、気温の変化などによる広範な気候リスクを被る。これが家畜の免疫力を低下させ、病気をまん延させる可能性がある。また、作物生産では土壌の整備や植え直しが比較的簡単だが、畜産は、生育サイクル、インフラ、サプライチェーンの整備に多額の投資を要するため、復旧により長い時間がかかる。

図19:気候リスクと異常気象の影響に対する家畜の脆弱性

異常気象が与える影響	説明
 水	家畜は、飲み水、飼料、冷却用に大量の水を必要とし、水が不足すると特に乾燥地帯の家畜は脱水状態になる危険性があり、健康状態や生産性に影響する(卵のサイズの縮小、繁殖障害、成長阻害、病気リスクの増大など)
 作物の量と質の変化	すべての家畜は、穀物や牧草などの飼料に大きく依存している。つまり、異常気象が作物の生産にもたらす影響は、特に作物生産の量と質の低下によって、家畜にも波及する(飼料の品質が低下すると、酪農場での乳牛のタンパク質摂取量が低下し、生乳の生産量が減少するなど)
 温度	家畜は汗をかくなどして熱を効率的に外に発散できないため、気温の変化に極めて敏感である。気温上昇がヒートストレスを引き起こし、飼料の摂取量、成長速度、乳量、繁殖率を低下させる。特に乳牛と家禽類でこの傾向が強みられる
 病気	ダニや蚊などの媒介生物が拡散する感染症は、これらの媒介生物の個体数が温度の上昇と降雨量の増加に伴い増加することによって広がるが、この感染症の拡大は、飼養密度が高く温暖な環境の中で飼育されている家畜によって加速される(すなわち、温暖な環境が家畜のヒートストレスと免疫機能の低下を引き起こすとともに、媒介生物の個体数も増加させる)
 復旧時間の長さ	畜産における生産投資は、成長サイクル、インフラやサプライチェーンに関して非常に集中的である。比較的安価に植え替えが可能な作物とは異なり、家畜が異常気象で被害を受けるとその復旧には時間がかかり、繁殖用の家畜が死に至れば甚大な被害がでる

こうした脆弱性による影響は、図2で説明した6つの異常気象によって発生または悪化する。これにより、短期的な畜産の生産量だけでなく、長期的な生産性や農業全体の産出量にも大きなリスクがもたらされる。

その結果、食料システムのレジリエンスが低下して食料不安が拡大し、企業、および直接・間接投資家の収益減少につながる。これは短期的にはバリュエーションや保険コストに影響を及ぼし、長期的には投資事業計画を根本から覆す可能性がある。

図20:畜産物における異常気象の影響と資産・投資家への影響¹⁰

バリューチェーンのセグメント	異常気象による影響の例	資産および投資家への影響	発生例
投入	- 水不足による牧草および飼料生産のためのかんがい用水の減少 - 極度の暑さによる労働生産性の低下と労働力の減少	運営費の増加(飼料の品質低下と人件費の向上による飼料コストの上昇など)	英国では2022年を通じて発生した異常気象により、飼料コストが過去10年間の最高値となり、2023年の畜産農家の飼料調達価格は前年比で33%上昇した¹¹。
生産	洪水による牧草、畜舎、家畜用の水源への甚大な被害。それに起因する家畜の負傷、頻繁に発生する病気による死亡	- 生産性と品質の低下 - 運営費の増加(温度管理された畜舎、疾病対策など)	オーストラリアでは2019年に洪水が発生して50万頭の家畜が死亡するなどし、被害額は37億ドルにのぼった¹²。
加工	- 熱波による冷凍・冷蔵需要の増加 - 停電の発生による加工施設への影響	運営費の増加(コールドチェーンでの保管やエネルギーの費用など)	2021年、カナダのプリティッシュコロンビア州は熱波に見舞われ、66万1000羽の家禽類が死亡し、冷蔵施設の不足などで250万リットルの生乳が廃棄された¹³。
流通	- 嵐での洪水発生による港の閉鎖や道路の通行止め - 気温上昇によるコールドチェーンインフラへの負荷	- 運営費の増加(輸送費など) - 輸送における食品の品質劣化の拡大	2020年に日本海沖で発生した台風9号により、畜牛運搬船が沈没し、43名の乗組員と6,000頭の牛が死亡した¹⁴。

10 Baringaによる分析。

11 “Extreme weather and its impact on farming viability in Wales”, Farmlytics (2024).

12 “Multi-week prediction of livestock chill conditions associated with the northwest Queensland floods of February 2019”, Nature (2022).

13 “The Case for Adapting to Extreme Heat”, Canadian Climate Institute (2023).

14 “Cargo ship with 43 crew and nearly 6,000 cattle sank off Japan, survivor says”, The Guardian (2020).

3.3 | 緩和策と適応策

企業とその投資家は、気候リスクや異常気象に対抗するために、畜産業の食料システムへの投資を保護し、食料システムのレジリエンスを強化し、商業的リターンを高めるための緩和策および適応策を立てる際、4つの重要な問いを自らに投げかけるべきである。

畜産バリューチェーンの担い手は、気候変動への影響を軽減し、増加する異常気象の影響に適応するための数多くの方策を選択することができる。まずはバリューチェーン全体の資源の使用状況を把握し、効率性の向上と

資源の必要量削減を図るべきである。これにより異常気象に対するレジリエンスを強化しながら、動物福祉と事業のサステナビリティを維持し、収益の安定と成長を支えることができる。

図21:畜産業に関する緩和策と適応策の例¹⁵

対策例	想定される効果	
緩和	メタン排出削減戦略。 飼料添加物(海藻など)の使用や、排泄物を原料とするバイオガスの生成(バイオガス生成装置の設置など)	- 投入材にかかる運営コストの削減(農場内でのバイオガスの利用など) - 新たな収入源の確保(市場でのバイオガスの売却など)
	飼料効率の向上。 飼料配合の最適化による消化の促進、栄養成分の排出や温暖化ガス排出量の削減、生産性の向上(飼料の精密投与や高タンパク質添加物の使用など)	- 投入材にかかる運営コストの削減(必要な飼料の量の削減) - 畜産生産量の向上 - 排出量の削減に関するサステナビリティ基準との一致
	自然を活用した解決策(NbS)。 畜産農場に樹木や灌木を植えて畜産業と林業を同時に行うアグロフォレストリーでは、土壌の炭素貯留が促されると同時に、樹木が家畜に風よけや日陰を提供することで局所的な気候調整を行うなど、異常気象へのレジリエンスが強化される	- 農業全体の産出量の増加 - 製品ロスの減少 - 持続可能な木材生産や炭素クレジットによる新たな収入源の確保
	再生可能エネルギーとクリーンエネルギー燃料の活用による、機械化および輸送からの排出量の軽減 (畜舎の屋根に太陽光パネルを設置し、事業用電源とするなど)	- 燃料およびメンテナンスコストの削減 - 排出量の削減に関するサステナビリティ基準との一致
適応	家畜の品種改良による、気候変動や異常気象への耐性強化 (暑熱耐性の向上、低品質飼料への適応など)	- 畜産生産量の増加 - 異常気象に対するレジリエンス強化によるリスクの低減
	飼料供給元の多様化による、気候を原因とする飼料不足へのレジリエンスの強化 (耐乾性の牧草や飼料作物など)	- 畜産生産量の増加 - 投入材にかかる運営コストの削減(今後の価格高騰に備えた先物取引の利用など)
	インフラの強化。 気候変動、および干ばつや嵐などの異常気象の影響から畜産農場を保護する。(洪水多発地域での高床式の畜舎および加工施設など)	- 畜産生産量の維持 - 異常気象に対するレジリエンス強化によるリスクの低減
	デジタル技術の活用による早期警報システムの導入。 畜産農家は異常気象の発生を予測し、家畜を保護できるようになる	異常気象に対するレジリエンス強化によるリスクプロファイルの改善

15 Baringaによる分析。



日本の放牧地

このように、企業および投資家は、高まる気候リスクから家畜や下流の加工施設を保護する計画を策定し、リスクに備えることができる。その際には、以下の4つの問いを自らに投げかける必要がある。

1. 飼料を含むすべての重要な投入材の上流サプライチェーンにはどのような要素があるか、集中リスクを回避するためのどのような選択肢があるか(飼料の多様化や干ばつに備えた貯水を含む)
2. 今後10年で自社のサプライチェーンおよび事業に影響する気候リスクと異常気象は、どのような傾向を示すか。保護施設へのインフラ投資など、どのように変化に適応できるか
3. 事業のレジリエンスを維持するために、どのような災害シナリオおよび緊急時対応計画が存在するか(停電時の冷凍・冷蔵庫用電源の確保など)
4. 天候状況、家畜の健康状態、資源の利用可能性を監視するための技術およびデータにはどのようなものがあり、何が必要か

これらの問いは、畜産業の担い手が、自らが関わるバリューチェーン、リスクプロファイル、緩和策、優先基準を理解し、よりレジリエントなシステムの構築を促進するための助けとなるだろう。

ケーススタディ7: 日本における上流サプライヤーとの連携を通じた排出量のマッピング

牛の腸内発酵による排出量は、農業からのメタン排出量の多くを占めており、世界の二酸化炭素排出量の最大3%を占めるとされている。スコープ3の排出量削減が注目されており、こうしたメタンの排出はバリューチェーン全般の担い手の懸念材料となっている。上流サプライチェーンのカーボンフットプリントを明らかにすることが、緩和策を計画する第一歩である。

日本のある大手食品会社はスコープ1~3の排出量削減を目指し、まずは自社製品のカーボンフットプリント評価に着手した。自社の排出量をマッピングしたほか、スタッフを乳製品サプライヤーに派遣し、連携してエネルギー投入量、飼料の配合、飼料の消費状況に関する年間データを収集した。その結果、自社のカーボンフットプリント全体の91%が上流サプライチェーンからきており、58%以上は牛の腸内発酵によるメタンに由来することが明らかになった。

このアプローチには次の2つのメリットがあった。(1) 排出源を特定し、排出量を数値化することで、全体的なカーボンフットプリントを削減するための目標が設定できた。(2) 最初の段階で上流のサプライヤーを巻き込んだことで、合意を形成し、脱炭素化に向けた取り組みに勢いがつき、単なる取引関係ではない真のパートナーシップを構築できた。



オーストラリア・タスマニアの放牧地

ケーススタディ8:オーストラリアでのエコブランドの牛乳製造

全体的な生産量に影響を出さずにメタンの排出量を減らす方法として注目されているのが、家畜に合わせた飼料の調整である。最大90%の排出量削減が期待できる。まだ始まったばかりの試験的取り組みだが、数多くの生産者や飲食店チェーンが、改良された飼料を事業に取り入れようとしている。

2024年、タスマニアのある酪農場は、メタンガスの排出量削減に効果があることが示された、特殊な海藻エキス配合のオイルを混ぜた飼料で育った500頭の牛を使い、生乳生産を始めた¹⁶。この取り組みで、25%の排出量削減を実現した。

この牛からの生乳生産量は1日当たり1万リットルであり、その大半が新たなエコブランドとして地元の大手小売店で販売されている。このブランドは、他の成分無調整乳よりも5%高い価格設定となっているが、消費者から高く評価されている。この海藻エキスの製造会社は2023年にアースショット賞の最終候補者に選ばれている。

ケーススタディ9:インドにおける、ヒートストレスによる家禽類の死亡率低減の取り組み

家禽肉は世界の畜産物生産量の9.8%を占めており、生乳を除くとその割合は30%である。鶏肉は、家禽市場の最大のシェアを保持しており、総生産量の90%近くを占めている。しかし、鶏の飼育の最適温度は15~25°Cであり、昔から養鶏が盛んな地域での気温上昇が深刻なヒートストレスにつながっている。鶏には汗腺がなく、自分で体温調節できないことが大きな要因である。そのため、気温上昇で体内に熱が蓄積され、健康状態が悪化し、成長が遅れ、生産性が落ち、最終的には死に至る。

2020年、インド農村部のある養鶏場では、一夜にして鶏の10~15%がヒートストレスの影響で死亡した。この事件は収益面に打撃となっただけでなく、養鶏場の他の鶏、農家、家族を動揺させた。

そこで、鶏舎の設計に投資し、気温上昇に適応するために太陽光を利用した冷却システムを設置した。また、近隣の農家も厚い藁ぶき屋根の風通しの良い小屋に投資し、ハイテク技術を使わない冷却対策を実施した。こうした取り組みの結果、鶏の健康状態が改善し体重が増加して、農家の収益は最大20%上昇した¹⁷。

16 "Tasmanian 'Eco-Milk' Tests Shoppers' Thirst for Climate-Friendly Dairy", ESM (2024).

17 "Experimenting with shed design to reduce heat stress in livestock, poultry", Mongabay (2024).

4.0 | 水産物のバリューチェーン

4.1 | グローバルなバリューチェーン構造

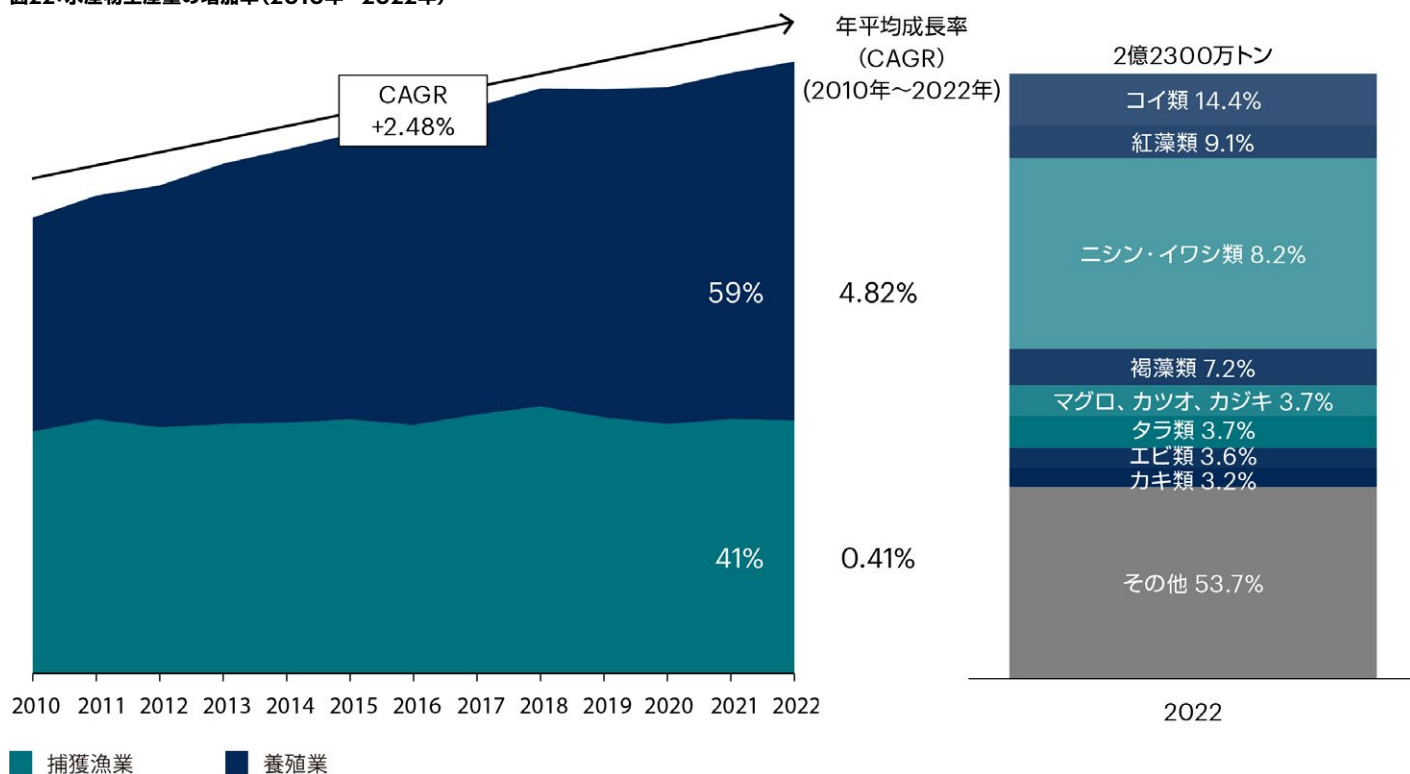
水産物は、過去15年間で需要が年平均成長率(CAGR)2.48%で増加している。海洋生態系に特有の依存性を持つことから、食料システム全体の中でも特徴的なセグメントとなっている。例として水産物は水分を多く含み、繊細な組織を持つため、保存可能期間が短く、水揚げ後の保管管理では、バリューチェーン全体でより強固なインフラが求められる。

世界の水産物生産量は2010年以降、作物および畜産物よりも早いペースで増加している。世界各国での1人当たり消費量の増加、および水産技術の大幅な進歩という2つの大きな要因がその増加を促進している。水産物の生産は、養殖されたものか捕獲されたものかによって大きく2つに分類することができる。捕獲漁業は、海洋、河川、湖などの水域で「野生捕獲」を行うものであり、養殖業は、食料生産を目的として管理された水域で魚類を飼育することを意味する。

水産業の成長をけん引してきたのは養殖業で、2010年以降CAGR 4.82%で増加しており、今後10年間もペースは減速するものの増加傾向が続くとみられている。人口増と食の好みの変化による魚介類の需要の増加と、野生魚介類の資源量の減少が複合的要因となり、養殖市場の成長を支えている。しかし、成長の決定的な要因は養殖技術の進歩である。

品種改良や給餌などにおけるイノベーションにより、より健康で、大きく、持続可能な魚介類をより速く生産できるようになり、養魚業の大規模な拡大を実現した。これにより、養殖は水産市場全体の59%を占めるようになった。養殖業全体の生産量は1億3090万トンで、そのうち72%が水生生物で占められており、2032年までに2億500万トンに達するとみられている¹。

図22: 水産物生産量の増加率(2010年~2022年)²



¹ "The State of World Fisheries and Aquaculture", FAO (2024).

² "The State of World Fisheries and Aquaculture", FAO (2024).

図23と24の表およびグラフは、水産物の生産および取引市場の集中度を示している³。上位3位までの水産物が生産量全体の31.7%を占めており、アジアの3カ国だけで水産物全体の77%を生産している。これは世界の水産市場の典型的な構図であり、アジアの食生活と人口増が水産物の需要増につながっている。

一方で、水産物全体の総生産量は、少数の主要市場に支配されているが、取引市場は比較的分散しており、輸出市場では上位3カ国が取引の23%、輸入市場では上位3カ国が取引の27%を占めている。こうした数字は、作物や畜産とは異なる水産市場特有の性質が反映されたものである。

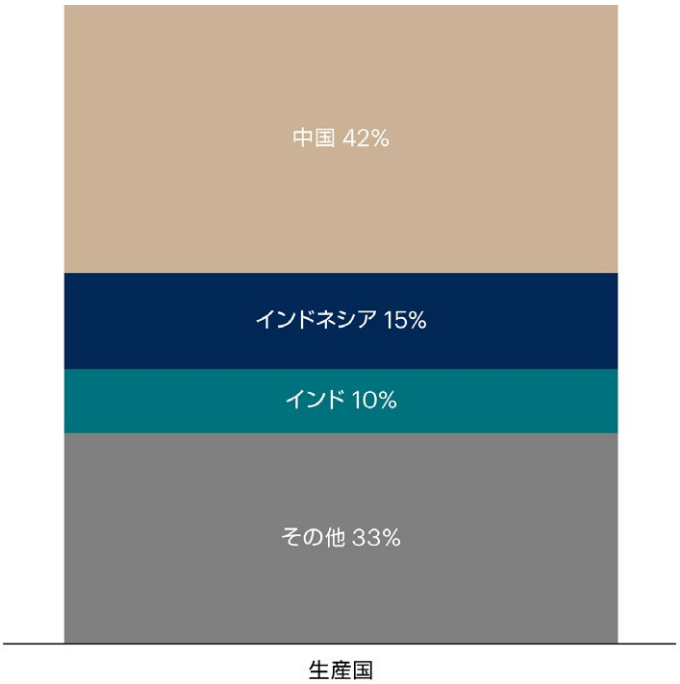
- 1. ほとんどの市場において、消費者は近場で獲れた魚を好む傾向があり、そのため「外国産の魚」には高い参入障壁が存在し、クロスボーダー取引へのニーズが低下している。
- 2. 水産物は傷みやすく、流通や保管の費用がかさむため、サプライヤーは近場の需要を優先する。
- 3. 水産貿易には厳格な規制があり（品質、安全性、サステナビリティに関する要件など）、コストがかかる可能性があるため、国内市場への供給の方が容易である。

これらの3つの要素は、バリューチェーン全体に関わるリスクのほとんどが、特定の地域に集中していることを示している。

しかし、特に海洋由来の水産物に関しては、水生生態系が相互につながっているため、気候リスクは地域を越えて影響を及ぼすと考えられる。

図23:水産物の生産量の上位国 (2022年)⁴

分類	農産物名	生産量全体に占める割合	上位生産国
養殖業	コイ類	14.4%	1. 中国(64.2%) 2. インド(20.4%) 3. バングラデシュ(4.5%)
養殖業	紅藻類	9.1%	1. インドネシア(45.2%) 2. 中国(40.7%) 3. フィリピン(7.6%)
捕獲漁業	ニシン・イワシ類	8.2%	1. ペルー(22.6%) 2. モロッコ(5.6%) 3. チリ(5.4%)
養殖業	褐藻類	7.2%	1. 中国(88.3%) 2. 韓国(7.3%) 3. 北朝鮮(3.8%)
捕獲漁業	マグロ、カツオ、カジキ	3.7%	1. インドネシア(19.8%) 2. 中国(6.3%) 3. ベトナム(5.7%)



3 "FishStat", FAO (2024).

4 "FishStat", FAO (2024).

図24:水産物の取引量の上位国 (2022年)⁵

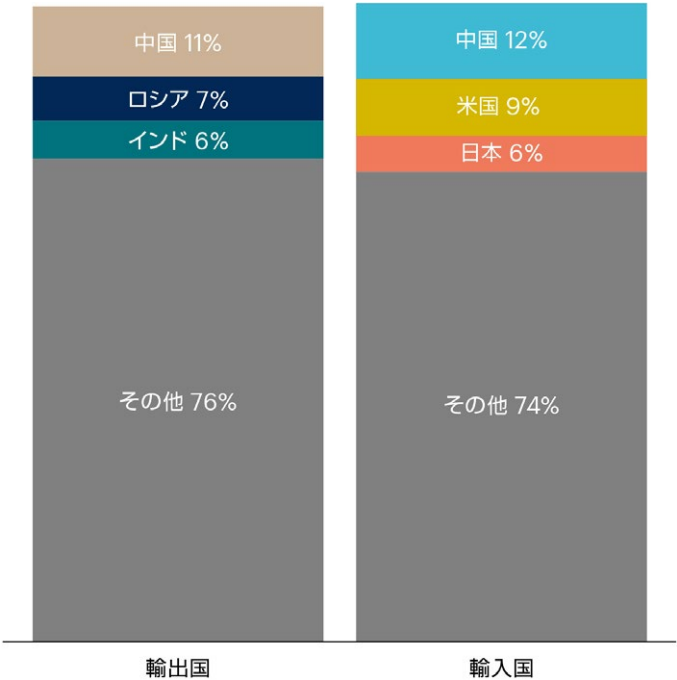


図25:水産物バリューチェーンにおける代表的な活動⁶

1. 投入	2. 生産	3. 加工	4. 流通	5. マーケティング	6. 消費	7. 廃棄／リサイクル
- 収穫・漁獲用具 - 漁船 - エネルギー - 労働力 - 養殖投入材(飼料、水処理、種親など)	- 飼料投与 - 収穫・漁獲 - 洗浄 - 冷却 - 環境管理	- 選別と等級付け - 下処理と内蔵除去 - 切身加工 - 特殊加工 - 保存 - 冷凍 - 包装	- コールドチェーン - 物流管理 - 輸送 - 取引 - 輸出	- 製品のラベリング - 価格設定 - 広告 - 流通	- 食料としての直接消費 - 魚粉や魚油 - 産業利用(魚膠など)	- 廃棄物管理 - 動物用飼料生産 - バイオ肥料生産 - バイオ燃料生産
担い手の例						
- Skretting(スクレッティング) - AKVA グループ	- Pacific Seafood (パシフィック・シーフード) - MOWI(モウイ)	- SAFCOL(サフコル) - ニッスイ	- Sysco(シスコ) - Trident - Seafoods(トライデントシーフード)	- Thai Union(タイ・ユニオン) - マルハニチロ	- Costco(コストコ) - KURA	- Biomega - フジミツ

5 “FishStat”, FAO (2024).

6 Baringaによる分析。

4.2 | 水産物の気候リスクと異常気象の影響

水産物のバリューチェーンは、食料エコシステム全般と同じ異常気象に直面しているが、これらの異常気象は、特に海洋の生育環境や回遊パターン特有の影響を及ぼす。異常気象は養殖業にストレスを与えるだけでなく、潜在的漁獲量にも大きな影響を及ぼし、漁獲可能な海産物は2100年までに40%減少すると言われている⁷。

異常気象が水産システムに与える影響は、水中の生態系やライフサイクル特有の性質によって、他とは異なる形で現れる。例えば、熱波、洪水、嵐は、すべての海洋生物種の25%以上が生息し、「海の熱帯雨林」と呼ばれるサンゴ礁や海草床に甚大な被害をもたらすことがある。

同様に、干ばつは内陸水域の水を干上がらせ、大雨は雨水を沿岸水域に流出させて塩分濃度を変化させる。これにより魚が傷つけられるか、または回遊を強いられることになる。いずれの場合も、水産業に深刻で長期間にわたる影響をもたらす可能性がある。

気候リスクが海洋に与える主な影響には酸性化がある。その原因は異常気象ではないが、異常気象によって悪化する。海洋酸性化は、海が二酸化炭素を吸収して炭酸が生成されることで、サンゴ、軟体動物、特定のプランクトンが殻や骨の形成に必要な炭酸カルシウムを作りにくくなるなど、海洋生物にさまざまな影響を与える。これにより稚魚の育成場に被害を与え、海洋の食物連鎖を乱すため、コイ、サケ、タラなど商業的に重要な魚類が顕著に減少する。このように、海洋の酸性化は、重大かつ特有の複合的要因となり、広範囲に影響を及ぼす。

気候リスクと異常気象が水生生物に与える影響の根底には、5つの主要な脆弱性が存在しており、図26でこれについて説明している。バリューチェーンのその他の要素全般にわたる影響については図27で説明している。

図26:気候リスクと異常気象の影響に対する水産物の脆弱性

異常気象が与える影響		説明
 温度		魚は変温動物(冷血動物)であり、水温が直接的に新陳代謝、成長、繁殖に影響を及ぼす。熱波や温度変動は魚の生体リズムに大きな影響を及ぼし、回遊の時期が早まったり、死に至ったりすることもある(太平洋北西部でのサケの大量死など)
 水質		魚は酸素、炭素、塩分濃度など水の栄養水準に大きく依存しており、敏感に影響を受ける。大雨や洪水は水中の塩分濃度を下げ、魚に回遊を強いる。一方、嵐で水中に栄養が流出することで藻類が大発生し、酸素濃度が激減したエリアでは魚が生息できなくなる(メキシコ湾の一部エリアは「デッドゾーン」と呼ばれている)
 高い移動性		作物や家畜と比べ、魚は容易に移動することができ、環境の変化に合わせてより適した環境へと回遊する。また、魚は特定の季節における海流の動きが予測可能であることを感じ取り、それに基づいて回遊のサインを受け取るため、海流が変化すると大きな影響を受ける(マグロとサバは水温が上昇すると回遊する)
 繁殖サイクル		魚の繁殖または産卵は、海水温などの環境パターンに基づく季節的なサイクルで行われる。このため、水温の上昇や水質変化によって、通常よりも早く、十分に準備できないままに繁殖期に入り、産卵期が乱れたり、卵のふ化能力が低下したりする(水温上昇がタラの卵に被害をもたらし、成体数が減少するなど)
 複雑な食物連鎖		魚は複雑な食物連鎖に依存しており、いずれかの種に影響が及ぶと、それは食物連鎖全体に波及する(海洋の酸性化は幅広く影響を及ぼす。例としてプランクトンが減少し、その影響は海洋全体の栄養素の流れや、プランクトンを食べるニシン、イワシ、サバ、サケ、タラなどの多くの魚に波及する)

7 “The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security”, FAO (2023).



米国モンレーのニシンとイワシの群れ

図27:水産物における異常気象の影響と資産・投資家への影響⁸

バリュー チェーンの セグメント	異常気象による影響の例	資産および投資家への影響	発生例
投入	- 熱波による孵化場の種親や飼料生産システムへの被害 - 嵐による漁船や港湾インフラへの被害	- 異常気象対策による設備投資費の増加 - 運営費の増加(種親の交換など)	2020年にバングラデシュで発生した異常気象は孵化場や養魚場に影響を与え、被害額は5620万ドルにのぼった⁹。
生産	- 大雨での雨水流出による内陸水域や沿岸域の水質の変化 - 干ばつでの河川の流量減少による繁殖サイクルの乱れ	- 水産物生産量の減少 - 運営費の増加(洪水対策など)	オーストラリアでは2022年に大雨が発生し、河口域の生物の多様性が17~45%減少した¹⁰。
加工	- 熱波に伴う冷凍・冷蔵費用の上昇 - 台風によるインフラおよび加工施設への甚大な被害	- 運営費の増加(コールドチェーンでの保管やエネルギーの費用など) - 加工の生産性の低下	2022年にトンガでフンガ・トンガーフンガ・ハアパイ火山の噴火による台風が発生し、水産業に730万ドルの被害をもたらした¹¹。
流通	- 港の閉鎖や道路の通行止め／嵐に伴う洪水発生によるサプライチェーンへの影響 - 気温上昇によるコールドチェーンインフラへの負荷	- 輸送における食品の品質劣化の拡大 - 運営費の増加(輸送費など)	英国で2024年に発生した嵐の影響で、サケが入った箱が貨物船から海に流出し紛失する事故が発生した¹²。

8 Baringaによる分析。

9 “Economic valuation of climate induced losses to aquaculture for evaluating climate information services in Bangladesh”, Climate Risk Management (2024).

10 “Flood effects on estuarine fish are mediated by seascape composition and context”, Marine Biology (2024).

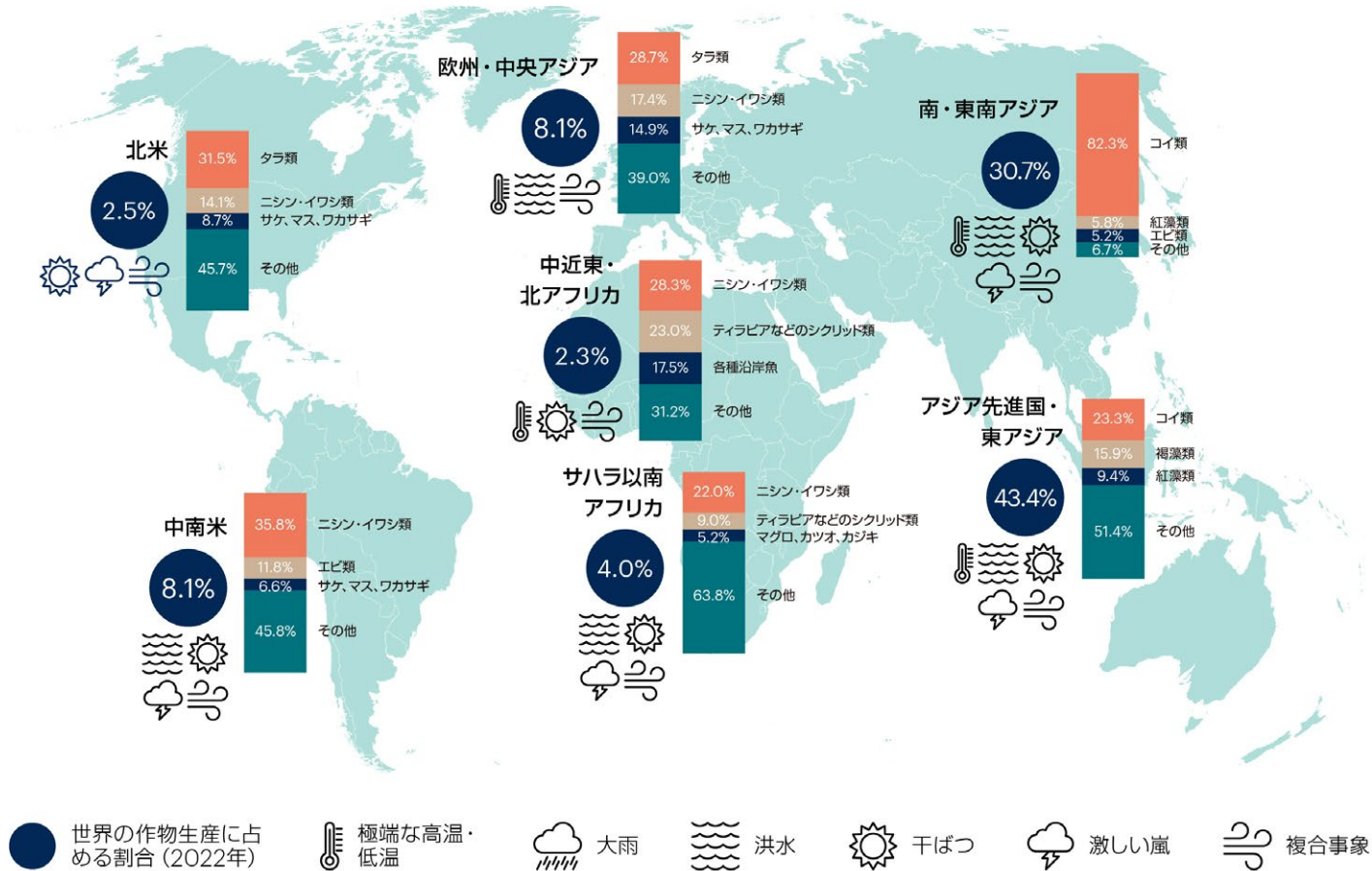
11 “The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security”, FAO (2023).

12 “Fresh salmon lost overboard from NorthLink freight boat in severe weather”, The Shetland Times (2024).



海の養殖場

図28：世界の水産物生産と発生頻度の高い異常気象＜地域別＞（2022年）¹³



13 "FishStat", FAO (2024).

4.3 | 緩和策と適応策

漁業に特有のリスクを考慮して、企業とその投資家は、投資資産を保護し、より広範な水域のレジリエンスを確保するための緩和策と適応策を立てる際、5つの重要な問いを自らに投げかけるべきである。

水産物バリューチェーンの担い手は、気候変動への影響を軽減し、増加する異常気象に適応するための多様な機会を有する。まずはバリューチェーン全体の資源の使用状況を評価し、効率性の向上と資源の必要量削減を

図るべきである。これにより異常気象に対するレジリエンスを強化しながら、動物福祉と事業のサステナビリティを維持し、収益の安定と成長を支えることができる。

図29:水産業に関する緩和策と適応策の例¹⁴

対策例		想定される効果	
緩和	飼料効率の改善。 養殖での無駄な給餌量の削減と成長率の向上を重視することで、環境フットプリントを削減する(精密な給餌システムにより無駄を削減して水中に残る食べ残しを抑制する、または酵素を多く含んだ飼料による栄養吸収の促進など)	- 投入材にかかる運営費の削減(必要な飼料の量の削減) - 生産量の増加 - 排出量の削減に関するサステナビリティ基準との一致	
	多栄養段階統合養殖(IMTA)。 自然の生態系に基づいて栄養分を循環させ、汚染や排出量を抑制するための養殖手法(魚を貝や海藻などと一緒に養殖し、排出された栄養素を有効活用し廃棄物を削減する)	- 投入材にかかる運営費の削減(飼料の量の削減、循環性の改善、廃棄物管理費用の削減) - 排出量および汚染物質の削減に関するサステナビリティ基準との一致	
	ブルーカーボンによる隔離 (自然を活用した解決策の一例)。海藻養殖を活用し水中および大気中の二酸化炭素を吸収する(二酸化炭素だけでなく、過剰な栄養を吸収するケルプを栽培し、富栄養化を防ぐなど)	- 水産物生産量の向上 - ブルーカーボンクレジットや海藻バイオマスによる新たな収入源の確保(バイオ燃料や飼料生産用として販売するなど)	
	再生可能エネルギーとクリーンエネルギーの活用による、 排出量とエネルギーコストの抑制(太陽光を活用したエアレーターやポンプなど)	- 燃料費の削減と化石燃料依存の軽減 - 排出量の削減に関するサステナビリティ基準との一致	
適応	気候変動および異常気象に強い種親をめざした 魚の品種改良 (水温上昇や酸素レベル低下に対する耐性の向上など)	- 水産物生産量の向上 - 異常気象に対するレジリエンス強化によるリスクの低減	
	飼料原料の多様化による、 気候を原因とする飼料不足やサプライチェーンリスクへのレジリエンスの強化(アメリカミズアブの幼虫など昆虫由来の代替タンパク質の利用など)	- 水産物生産量の向上 - 投入材にかかる運営費の削減(今後の価格高騰に備えた先物取引の利用など)	
	インフラ強化による、 気候変動、および洪水や嵐などの異常気象の影響からの養殖場の保護(高台の養殖場や、強化用ネットの使用など)	- 水産物生産量の維持 - 異常気象に対するレジリエンス強化によるリスクの低減	
	水管理の改善。 循環式養殖システム(RAS)により水の品質を改善しながら水の消費量を削減するなど	- 水管理費の削減 - 水産物生産量の向上	

14 Baringaによる分析。



日本の真鶴半島の海岸

このように、企業および投資家は、高まる気候リスクから水産物や下流の加工施設を保護する計画を策定し、リスクに備えることができる。その際には、以下の5点の問いを自らに投げかける必要がある。

1. 飼料やエネルギーを含むすべての重要な投入材の上流サプライチェーンにはどのような要素があるか、集中リスクを回避するためのどのような選択肢があるか(飼料の多様化、再生可能エネルギーの利用、水管理など)
2. 事業や投資に関連する、(上流)バリューチェーンの漁場に影響を及ぼす全体的な気候リスクおよび異常気象は何か、どのようなリスク回避の機会があるか(海草藻場の創出など)
3. 1つの種や繁殖技術への過度な依存を軽減するために、漁業モデルを多様化するにはどのような機会が存在するか
4. 需要と供給の主要な地域における異常気象の傾向を踏まえ、水産品の輸送を支えるにはどのような冷蔵冷凍および物流システムが必要か
5. 気候変動に対する水産業のレジリエンスを強化し、効率性と循環性を改善するために、どのようなイノベーションを活用しているか

これらの問いは、水産物バリューチェーンの担い手が、自身のリスクプロファイルへの理解を深めてリスクを軽減し、よりレジリエントなシステムの構築を促進するための助けとなるだろう。

ケーススタディ10:日本でのブルーカーボנקレジット制度

ブルーカーボנקレジットとは、マングローブ林、塩性湿地、海草藻場を創出・再生する取り組みにより、海洋生態系によって炭素を回収・貯留することを指す。任意の炭素市場で行われている取引であり、導入および監視コストが高いため、その仕組みはより複雑になっていることが多い。その反面、炭素隔離のほかにもメリットがある(生物多様性の促進、海洋の酸性化の抑制、海岸浸食の防止など)ことから、一般的に質の高いカーボנקレジットとみなされている。2024年1月時点で、ブルーカーボנקレジットの発行はカーボנקレジット発行全体の0.2%にとどまっていたものの、複合的なメリットを背景に陸域のカーボנקレジットの最大4倍のプレミアムがついていた¹⁵。

日本はブルーカーボנקレジットにおいて先行しており、横浜市と福岡市が実施する海草藻場の創出など45以上の取り組みが進められている¹⁶。両市の取り組みによる排出削減面積は合計161ヘクタール以上にのぼっており、その成果として、ジャパンプルーエコノミー技術研究組合(JBE)の認証を受けた「Jブルークレジット」が発行された。こうしたプロジェクトは、カーボנקレジットの販売による直接的な収益創出だけでなく、漁業環境の改善にもつながっている(例として、増毛町での3.4ヘクタールの藻場創出プロジェクトによりウニの漁獲量は80%増加した)¹⁷。

15 "How the VCM can turn the tide for blue carbon", BeZero (2024).

16 "Case Study on Blue Carbon Initiatives in Japan", Blue Carbon Liaison Council (2023).

17 "Case Study on Blue Carbon Initiatives in Japan", Blue Carbon Liaison Council (2023)



米国アラスカ州のサケの遡上

ケーススタディ11: オーストラリアの循環式養殖システム

循環式養殖システム(RAS)とは、タンクなど管理された環境内で、再利用した水を使い魚介類を養殖する高度なシステムである。大量の水や自然の水域に大きく依存する他の養殖技術とは異なり、RASは機械フィルターや微生物フィルターを使って循環水をろ過したうえで、魚類の飼育条件に応じて酸素供給、オゾン消毒、または熱交換などの工程を追加することにより、最大99%の水需要を削減している。繁殖費用およびエネルギー消費は上昇するが、経済および資源効率の最適化と、年間を通じた魚類の成長促進を両立することができる。

RASは、陸上の魚の養殖に特に多く用いられておりさまざまな地域で一般的に採用されている。グローバル展開しているオーストラリアのある大手農業企業は2024年、1億ドル以上を投じて99%の水をリサイクルするRASをタスマニアに新規建設すると発表した。これは陸上でのサケの養殖の時間を短縮し、稚魚が適した大きさに達するまでの時間を早め、海水養殖期間は業界平均と比べ最大30%短縮される¹⁸。養殖業を後押しするだけでなく、残りの1%の水を近隣の園芸作物(サクランボなど)農場に提供することで農業全体にもメリットを及ぼすとみられている¹⁹。

このように、RASのような取り組みは、養殖業の気候変動に対する緩和策および適応策となっている。異常気象が自然環境に及ぼす影響(極端な高温・低温、嵐、海洋の酸性化など)から魚類の成長を保護し、地下水などの水資源への依存度を軽減すると同時に、魚類の成長を効果的に管理することで水産事業を強化し、座礁資産リスクも低減している。

18 “Whale Point Nursery Expansion”, Huon (2024).

19 “Huon Aquaculture to invest \$110 million to boost land-based production at Port Huon, Tasmania”, JBS (2024).

5.0 | 新たな機会

5.1 | 投資環境

食料バリューチェーンには豊富な投資機会がある半面、いくつかのセグメントは他のセグメントよりもアクセスが難しいという課題を抱えている。これは特に生産セグメントに当てはまる。

農業バリューチェーンには多様な投資機会があるが、投資家の関心は特定のセグメントに集中しやすい。関心を左右するのは、収益性、拡張性、市場の動向、投資家の注目度、技術革新などである。一般的に生産セグメントは、成長性が低く、消費者との距離が遠いため（投資家の注目も薄れ）、加工セ

グメントに比べて投資の割合が低い。バリューチェーンのセグメントによって、抱えている投資リスクは異なっている。図30で、バリューチェーン全体の投資機会およびリスクの概要を説明している。

図30:食料バリューチェーンにおける投資機会とリスク¹

バリューチェーンのセグメント	セグメントの特徴	投資機会	リスク
投入	食料システムの投入材供給者は、他の業界にも供給していることが多く、リスク分散の恩恵を受けられるため、投資家からのアクセスが得やすい（農業機械は自動車メーカーが製造し、肥料会社は大手エネルギー会社のグループ会社であることが多い）	- 上場株式 - プライベートエクイティ - 大手企業の上場債券	- 設備投資の減速（需要または資金面の影響など） - 原材料の供給可否とそのコスト - 腐りやすい投入財の需給ギャップ
生産	生産の大半を2ヘクタール未満の小規模農家（食料供給量の32%を占める）または20ヘクタール未満の家族経営の中規模農家（同27%を占める）が担っているため²、投資家からのアクセスを得にくい。	- 企業への投資機会は限定的 - プライベートエクイティ - 政府補助金	- 気候リスク - 投入コスト（種子、肥料、エネルギー、労働力など） - 政府の政策および支援措置
加工	グローバルな食料生産者は、複数の食品分野にまたがる大規模で多角化された企業グループであることが多く、投資家がアクセスしやすい一方で、より小規模な企業は地域密着型または限定的な事業に焦点を当てており、この領域ではプライベートエクイティが重要な役割を果たしている。	- 世界的な上場株式 - 規模の小さい上場株式 - プライベートエクイティ - 大手企業の発行債券	- 農産物価格の変動 - 消費者トレンドの変化（地元産やオーガニック志向など） - 食品規制、税制、関税 - 需給ギャップ
流通	食品流通業者は食品物流と食品以外の物流を併せて行っていることが多いため、投資家からのアクセスが得やすい。	- 世界的な上場株式 - 規模の小さい上場株式 - プライベートエクイティ - 大手企業の発行債券	- 資材コスト（エネルギー、労働力など） - 需給ギャップ - 流通チャネルの変化

1 Baringaによる分析。
2 “How much of the world’s food to smallholders producer”, Ricciardi et al., Global Food Security (2018).

食品業界バリューチェーンの下流セグメントは最終的に、人口増加と1人当たり消費量の動向による制約を受けている。また、基本的に食品業界のEBIT マージンは低く(図31参照)、食品小売と食品流通業者は5%前後となっている。菓子類を含む特定の食品はEBIT マージンが高く、大手複合企業は一貫して2桁マージンを達成しているが、それでも耐久消費財セクター全体のマージンには及ばない。つまり一般的に、食品セクターは強い株主価値の創出において十分な成果を上げていない。

図31:食品会社のEBIT マージン³

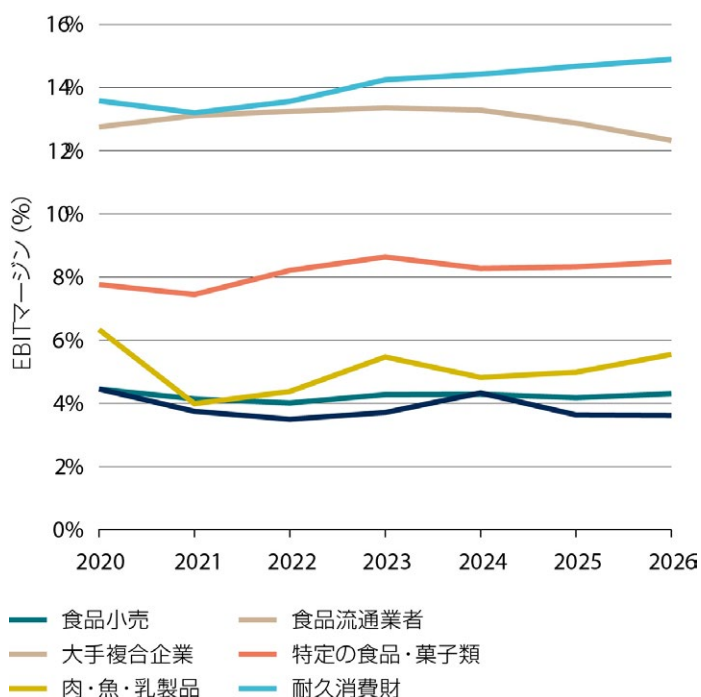


図32は、世界の食品セクターの株式価値と、世界全体の株式市場の推移を指数化して比較したものである⁴。食品セクターは2015年から2020年にかけておおむね世界全体の株式市場と同様のリターンを創出していたが、

2020年以降はアンダーパフォームが続いている。新型コロナウイルスによるロックダウンの影響に加え、2023年から2024年のテック株ブームに伴う株式市場の高騰によって、非テックセクターとの適切な比較が難しくなった。こうした厳しい投資環境は、セクター全体をアウトパフォームするポテンシャルの高い投資案件を見極める重要性を際立たせている。市場シェアを獲得し、勢いのあるセグメントの成長を捉え、革新的な手段を取り入れて消費者、テクノロジー、環境の動向に適切に対応できるかどうかアウトパフォーマンスの決め手となる。投資案件のポテンシャルを見極めるには、投資の見通しと、気候リスクがリターンに及ぼす影響を十分に把握しなくてはならない。

図32:世界の食品セクターと株式市場全般の株価の推移⁵



3 "Total Return for Indexes:World Food:Major Diversified - Industry and World - All Listed Equities", FactSet (2024).

4 "Total Return for Indexes:World Food:Major Diversified - Industry and World - All Listed Equities", FactSet (2024).

5 "Total Return for Indexes:World Food:Major Diversified - Industry and World - All Listed Equities", FactSet (2024).

5.2 | 市場の変化と新たな勝者

これまでのセクションで示された気候リスクの高まりを受け、世界の農業バリューチェーンは大きな転換期を迎えている。

これにより、従来のプレーヤーが淘汰され、食料需要の拡大から最も大きな利益を得る者が勝者となるための新たなルールが生まれるだろう。こうした状況を5つの市場の変化としてまとめることができる。

- 1 **農業適地の変化:**気候変動が従来の気候パターンに影響し温暖化が進行することで、農業に適した地域が広がっており、北ヨーロッパやカナダなどの特定地域が新たな農業の中心地となる可能性が高まっている。それと同時に、作物や家畜の遺伝子組み替え技術の向上、循環式養殖システム(RAS)などのイノベーションによってバリューチェーンが短縮できるようになっており、世界的な気候リスクを軽減し、地元産の農産物への消費者の需要に対応できるようになっている。新たな勝者は、気候パターンの変化、インフラの強化、サプライチェーンを短縮する機会をうまく活用できる者たちである。特に需要が高まっている、大規模な人口を抱える市場にサービスを提供し、地元産製品にプレミアムを付けられるかどうかがかぎとなる。
- 2 **気候変動に強い品種への移行:**干ばつが増加し、気温も急激に上昇している地域では、もともと似たような気候条件にある砂漠地帯で採用されている畜産方法への移行が進むと考えられる。実際には、これは牛の飼育から、ヤギやラクダの飼育への移行を意味し、エチオピア⁶やケニアなどではすでにそのような変化が進んでいる⁷。こうした地域では、いち早く移行できる者が勝者となる。新たな勝者は、農業環境の支援(例:ラクダ配布プログラムや研修制度)から恩恵を受けるほか、消費者市場がすでに移行に対応している地域(ラクダミルクへの需要拡大など)でも恩恵を受ける。
- 3 **技術革新の変化:**農業とテクノロジーの融合が進んでおり、農業運営を効率的かつ効果的に管理する方法に大きな変革をもたらしている。例として、IoTセンサーや高度なデータ分析技術を使った精密農業、AIを使った土壌監視システムに基づく農作業スケジュールの最適化、ドローンや衛星を使った異常気象の予測精度の向上、バイオ技術および遺伝子編集技術を用いた害虫や干ばつに強い遺伝子組み替え作物の開発

などが行われている。最終的には、こうした解決策を駆使することで農業収量が向上し、食料バリューチェーンの他のセグメントでも成果が改善するだろう。新たな勝者は、これらの新技術がもたらす機会とリスクを最も理解し、それと同時に、気候リスクが増大し、作物、畜産、水産物に関する福祉への期待が高まっているという新たな状況の中で、消費者市場にそれを理解させる準備ができている者である。

- 4 **消費者の嗜好の変化:**今後はどの国でも、農業生産物全般の需要が増大するだろう。しかし、食の好みは今後も変化し続け、先進市場と新興市場それぞれに特有の成長パターンを形作ることになるだろう。高所得国では、今後も健康およびサステナビリティ志向が続き、甘いものの離れが進み、肉類の需要も頭打ちになるだろう。これとは反対に、他の国々では1人当たりのカロリー消費量が増加し、肉類や乳製品の消費が増加するだろう。中所得国は、今後10年間の世界の食肉需要増加分の最大79%を占めると予想されている。インドとパキスタンだけで、2033年までの乳製品生産増加分の74%を占める見込みである⁸。新たな勝者は、地域ごとの消費者の好みの変化を的確に理解し、需要の変動に先手を打って的確に対応できる者である。
- 5 **農業貿易の変化:**今後10年にわたり世界の農業貿易は拡大が続く見込みだが、一部の国で自由貿易化が鈍化または逆行する動きがあり、過去数年に比べ成長スピードは減速するとみられる。例として、EUが南米南部共同市場(メルコスール)との間で、相互関税を最大90%撤廃する貿易協定を締結する一方、米国はカナダとメキシコからの輸入品に対する最大25%の関税を発動した。他の国々も、気候変動で農業収量が減少し国内の食料安全保障が脅かされれば、輸出制限に動く可能性がある。そのため、多くの生産者および加工業者が貿易政策に対して積極的に働きかける一方、投入材や主力農業生産物の輸入市場を分散し、新たな消費拠点を構築して輸出市場の多角化を図るとみられる。新たな勝者は、事業に関わる貿易リスクを抑制するための措置を講じられる者である。

6 "Effects of climate variability on livestock productivity and pastoralists perception:The case of drought resilience in Southeastern Ethiopia", Habte et al., Veterinary & Animal Science (2022).

7 "Camels replace cows in Kenya due to climate change", Le Monde (2024).

8 "Agricultural Outlook", OECD-FAO (2024).

5.3 | 脱炭素化におけるビジネスチャンス

このように市場トレンドは変換期にあるが、農業バリューチェーンにおける脱炭素化ニーズとそれに伴うビジネスチャンスへの注目は今後も引き続き強いものとなるだろう。上流の投入材と生産セグメントは特にその傾向がみられる。

農業と、LUCF（土地利用の変化および林業）とで世界の温室効果ガス排出量の15～30%を占めている。その大半は、家畜の腸内発酵、土地利用の変化、排泄物、稲作、合成肥料が排出源となっており、主にメタンや亜酸化窒素を放出している（図34参照）。

メタン（CH₄）と亜酸化窒素（N₂O、一酸化二窒素）は特に温室効果が高いとされている。メタンの大気中での寿命は12年だが、二酸化炭素に比べ最大30倍の温室効果がある。エネルギー吸収率が格段に高いことが主な要因であり、エネルギー吸収率が高いということは、大気中の寿命は短いものの、その分地球温暖化への影響が大きくなることを意味している。亜酸化窒素の大気中での寿命は100年以上であり、二酸化炭素の270倍の温室効果がある。特に、作物と畜産物が排出しているこの2種類のガスが、農業からの排出量の主要な要因となっている。

農業需要の増大と食生活の変化を踏まえると、対策を講じなければ食料システムからの排出量は増加する一方だろう。複数の研究により、地球温暖化抑制の1.5度目標、または2度目標の達成には、農業バリューチェーンの投入材および生産システムにおける温室効果ガス排出量削減が極めて重要であるとの調査結果が出ている⁹。このような排出量削減は、深刻化・複合化している異常気象による気候リスクの悪化を抑制する決め手となるだろう。

本レポートでは、自然を活用した解決策（NbS）など、農業からの排出量削減を通じて気候変動を緩和するためのさまざまな機会が示されている。保全耕作をはじめとする再生農業による土壌の炭素隔離の増加、家畜のメタン排出量削減を目的とした飼料への海藻を含む添加物の導入、精密農業による肥料使用の最適化と亜酸化窒素排出量削減などである。依然としてビジネスとして成り立つか見極めている段階のものもあるが、収量の増大によって、または、規制基準に適合し、サステナビリティプレミアムを創出する能力によって、すでに高いリターンが得られていることが明らかになっているものもある。

図33:セクター別の世界の排出量(2021年)¹⁰

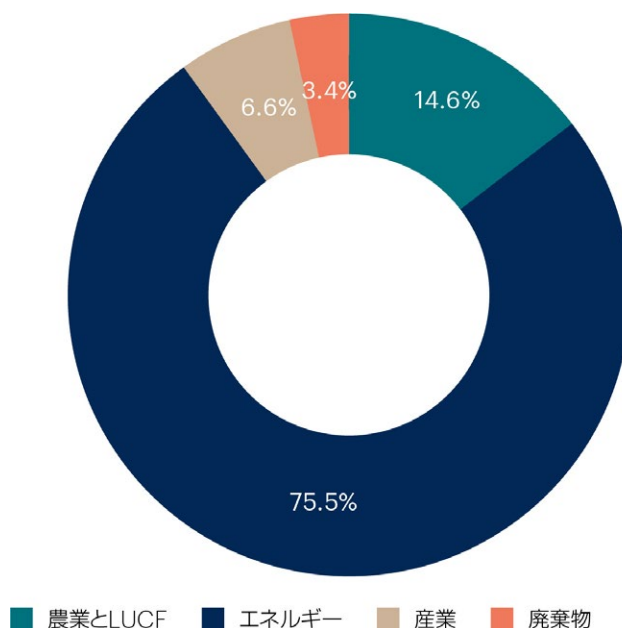
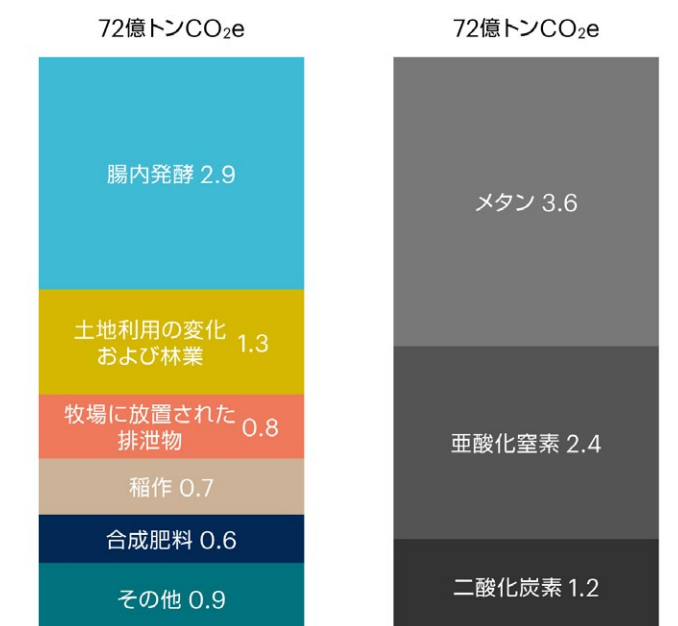


図34:農業からの排出量の排出源別内訳(2021年)¹¹



⁹ "Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2°C climate change targets", Clark et al., Science (2020).

¹⁰ "Climate watch platform and data", Climate Watch (2024).

¹¹ "Climate watch platform and data", Climate Watch (2024).

6.0 | 投資家に求められる行動

6.1 | 投資家の必要条件

投資家は、気候変動による影響が拡大する中で、農業ビジネスのリスク軽減において重要な役割を果たす。投資先が農業バリューチェーンのどの部分であろうとそれは変わらない。また、投資ライフサイクルのどの段階であっても同じである。

農業および食品セクターの投資家の多くは、加工、流通、マーケティングセグメントに投資している。対照的に、バリューチェーンの中でも異常気象の影響を最も大きく受けるセグメントの1つである生産への投資は限定的である。特に、最も重要な生産者グループである小規模農家に十分な投資が届いていない¹。農家の約80%は、2ヘクタール未満の土地で農業を営む小規模農家であり、世界の食料供給の約30%を担っている²。投資家は、投資先のサプライチェーンが一体化していることを理解し、必要であれば上流の小規模農家まで遡って気候リスクを特定し、それに備える必要がある。

投資家は、農業および食品分野の投資先企業における主要なリスクをよりよく理解するために、以下の7つの重要な項目を調査すべきである。



1. バリューチェーン構造: サプライチェーン上流および取引相手を明らかにする



2. 経済構造: 経済構造および中核事業のフローを明らかにする



3. 市場の動向: 需要および価格の今後の傾向を把握する



4. 物理的な気候リスク: 異常気象をモデル化し、必要な緩和策または適応策を明らかにする



5. 規制環境: 貿易政策、補助金制度、サステナビリティ規制について理解する



6. 分散戦略: 需要または供給依存を軽減する選択肢を明らかにする



7. 農業イノベーション: 新たな農業手法および解決策を理解する

¹ 詳しい背景情報についてはStewart Investorsの「Investment and sourcing through smallholder supply chains」を参照のこと。

² “How much of the world’s food do smallholders produce?”, Ricciardi et al., Global Food Security (2018).

6.2 | ディスクロージャー要件

投資家は、企業が気候リスクを評価するために必要なデータを適切に収集・分析し、戦略的意思決定を拡充・深化させるよう支援することができる。以下に、気候リスクと機会を評価する上で有用となる、10の主要な開示カテゴリー（取締役会向け、または必要に応じて一般向け）を示す。

これらのディスクロージャーの多くは、自然関連財務情報開示タスクフォース(TNFD)、気候関連財務情報開示タスクフォース(TCFD)、国際サステナビリティ基準審議会(ISSB)、EUの企業サステナビリティ報告指令(CSRD)の提言や要件に沿ったものであるため、包括的な報告フレームワークにおけるベストプラクティスをサポートしている。

図35:投資家の意思決定に役立つディスクロージャー³

ディスクロージャー	目的	対応分野						
		バリューチェーン構造	経済構造	市場の動向	物理的な気候リスク	規制環境	分散戦略	農業イノベーション
1. 供給または需要の20%以上を占める主要な取引相手および地域を明らかにしたバリューチェーンマップ	気候リスクが生じる可能性のある事業運営のクリティカルパスにおける依存を特定する	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2. 自社および中心的なサプライチェーンに関するすべての主要な異常気象に対する、少なくとも10年間の気候リスクシナリオ	直接的事業活動およびそれに依存する事業活動に影響を及ぼしている異常気象の気候リスクを明らかにして数値化する				✓	✓	✓	
3. 主要なボラティリティ要因も明らかにした、すべての主要投入材価格の今後5年間のシナリオ	主要な投入材(エネルギー、飼料、肥料など)や農業収量について価格変動を特定し数値化する		✓	✓		✓	✓	
4. 主要な製品の栄養密度の傾向(干ばつによる小麦のタンパク質含有量の減少など)	主要製品における、主要な自然由来の要因に帰する品質の変化を明らかにする				✓			
5. 事業活動でのスコープ1〜3の排出量(可能であれば排出種別の内訳を含める)	削減規制または課税の対象となる、排出源およびタイプ別のGHGフットプリントを把握する		✓			✓		✓
6. 直接的および間接的事业活動での天然資源の消費状況(管理する土地の空間フットプリント、土地利用の変化、水の消費量など)および使用量の削減機会	主要な自然関連要素に関する資源の使用状況、および消費量の削減機会を明らかにする	✓			✓			✓

3 Baringaによる分析。

ディスクロージャー	目的	対応分野						
		バリュー チェーン 構造	経済構造	市場の 動向	物理的な 気候 リスク	規制 環境	分散 戦略	農業イノ ベーション
7. 直接的事業活動およびそれに依存する事業活動に影響を及ぼしている優先順位の高いサステナビリティに関わる重要な要因(生物多様性の損失、土壌の健全性、労働者福祉など)	事業に関連する重大なインパクト、リスク、機会を明らかにする ⁴	✓	✓	✓	✓			✓
8. 現行の、および今後想定される炭素税が事業活動にもたらす収益と製品構成面への影響	将来を見据えた投資計画に必要な炭素のシャドープライスを含め、炭素税が今後の事業にもたらす影響を予測する		✓	✓		✓		
9. 需要成長を変える可能性のある、農業バリューチェーンの末端における市場需要の傾向	消費者の感受性、順応性、好みの変化を把握する(砂糖摂取量の削減や代替タンパク質など)		✓	✓			✓	✓
10. 事業運営の脱炭素化、サステナビリティへの重大な影響の改善、将来の消費者需要への変化に備えるための事業運営、製品開発、投資計画	2050年に向けた中間目標の設定または特定の基準(SBTiなど)への準拠などを通じ、気候リスクの低減およびビジネスレジリエンス強化に関する計画を策定する		✓	✓	✓	✓	✓	✓

4 EU内で事業を行う、または上場している企業にダブルマテリアリティ評価の実施を義務付ける企業サステナビリティ報告指令(CSRD)の要件に近い。これにより影響、リスク、機会について、企業がサステナビリティに関わる事項に及ぼすものと、企業がサステナビリティに関わる事項から被るものの両方を明らかにする。

6.3 | 投資家のエンゲージメント計画

早急に軌道修正しなければ、世界は2050年までに気温が2.5度上昇するシナリオに向かって進み続けるとみられる。軌道修正には、投資家の関与が不可欠である。特に投資先企業、バリューチェーン、政策立案者と連携し、農業バリューチェーンの方向性を形づくり導いていくことで、現在の慣行がもたらす悪影響を緩和し、変化する気候パターンや消費者需要に適応することが求められる。

投資家は、資本配分という本来の役割にとどまらず、持続可能な事業慣行を促すという役割を担うことができる。投資家は、主要なステークホルダーに働きかけることで、持続可能なビジネスモデルの導入を後押しし、気候リスクの緩和に寄与することができる。

本セクションでは、世界の食料バリューチェーンにおける気候レジリエンスの強化と悪影響の抑制に向けて、投資家とアセットオーナーが主要な5つのステークホルダーグループとエンゲージメントを行う際の指針を提供する。そこには、投資家とアセットオーナーが、気候リスクからポートフォリオを守り、よりレジリエントな1.5度の未来へと移行させていくための機会が示されている。

図36:主要なステークホルダー、および投資家のエンゲージメント目標

ステークホルダー	エンゲージメント目標
企業	- バリューチェーンに直接的または間接的に関与する事業に影響を及ぼす気候リスク全般に関する情報開示を促す - 投資により研究開発から導入までを支え、投資先企業が農業イノベーションおよび気候スマートテクノロジーの活用に取り組めるよう支援する - 取締役会レベルの投資判断に気候リスク評価を統合することで、レジリエンス計画の推進を促す。
投資家とアセットオーナー	- 気候リスクおよびサステナビリティに関するフレームワークを、デューデリジェンスおよびポートフォリオ管理と整合させる - 農業イノベーションや生物多様性保全の分野で、スケール可能なプロジェクトへの資金支援を目的としたインパクト志向の取り組みに関係者と連携して参加する - 大規模な農業の構造転換を支えるため、資金を動員する革新的な金融商品やスキームを開発する
業界全体	- 投資先企業での持続可能な調達方針の採用を促し、気候レジリエンス強化に向けた取り組みを推進する - バリューチェーンの企業同士をつなぎ、協働とイノベーション創出を促すことで、新たな農業イノベーションを共同で推進する - 企業およびステークホルダーを集め、適切で整合性のとれたネットゼロ移行経路のベンチマークと、気候レジリエンス強化の計画を策定する
政策立案者	- カーボンプライシング、補助金、生物多様性保全インセンティブなどの政策を理解し、これらが気候目標と整合するよう政府に働きかける - 官民連携の資金スキームを構築し、農家が気候レジリエントかつ再生型の農業プラクティスへ移行できるよう支援する - 政策立案者と連携し、低炭素で持続可能な農業バリューチェーンの構築を促進する貿易協定を後押しする
市民社会	- NGOと協力して持続可能な消費および気候に配慮した農業製品の重要性を訴えるキャンペーンを実施する - 企業、政策立案者、市民社会を招集し、サステナビリティ課題に関する透明性のある議論の場を設ける - 森林再生、水の保全、生物多様性に力を入れている地域プロジェクトに出資し、市民社会が気候変動対策を主導できるよう支援する

7.0 | 付録

用語	定義
適応	実際のまたは想定される気候変動の影響に適応し、被害を軽減したり、有益な機会を活用したりすること。
アグロフォレストリー	樹木、作物、家畜を同一の土地で組み合わせて経営する土地利用システム。サステナビリティを高め、生物多様性を保全する。
養殖業	魚介類および海藻などの水生生物を管理した環境で飼育・栽培すること。
資産の座礁化	気候政策の変更または環境の変化により、投資資産が使われなくなり、価値を失うリスク。
バイオ炭	植物由来のバイオマスを使った炭の一種。土壌の改良や炭素隔離目的で利用される。
ブルーカーボנקレジット	マングローブ林や海藻藻場などの海洋生態系から創出されるカーボנקレジット。
生物多様性の損失	環境の変化や人間の活動によって、生態系の種の多様性が損なわれること。
種親	繁殖のために飼育される動物。
炭素隔離	気候変動を抑制するために大気中の二酸化炭素を回収・貯留するプロセス。
気候リスク	気候変動および異常気象に起因する金銭面および事業運営上のリスク。
複合事象	複数の異常気象が同時に、または立て続けに発生して被害を増幅させること。
企業サステナビリティ報告指令 (CSRD)	EU域内で事業を行う対象企業に対し、サステナビリティパフォーマンスに関する非財務情報の開示を強化し、標準化しよう義務付けるEU規制。
輪作	同じ農地で複数種類の作物を順番に栽培して土壌の養分バランスを保ち、害虫の発生を抑えること。
脱炭素化	産業セクターおよびエネルギーセクターからの二酸化炭素排出量を削減すること。
森林伐採	農業などの目的で森林を切り開くこと。生物多様性の損失につながることが多い。
分散戦略	さまざまな市場や資産に投資を分散させるリスク管理アプローチ。
排出量のスコープ	温室効果ガス (GHG) 排出のカテゴリー: スコープ1 – 自社が直接排出する GHG; スコープ2 – 購入したエネルギーの使用により自社が間接排出する GHG; スコープ3 – バリューチェーン全般から間接的に排出される GHG
異常気象	ハリケーン、干ばつ、熱波などの通常と異なる深刻な気象事象。
食料システムのレジリエンス	食料サプライチェーンが気候変動の深刻かつ急激な影響に耐えて回復する能力。
遺伝子組み替え (GM)	望ましい性質を持つよう、人工的に遺伝子を操作した生物。
温室効果ガス (GHG) の排出	二酸化炭素 (CO ₂)、メタン (CH ₄)、亜酸化窒素 (N ₂ O) など、気候変動の要因となるガス。
グローバルなバリューチェーン (GVC)	生産、加工、流通セグメントが複数地域にまたがり一体化しているシステム。
多栄養段階統合養殖 (IMTA)	異なる水生生物を一緒に養殖し、資源を有効活用し廃棄物を削減する養殖手法。
国際サステナビリティ基準審議会 (ISSB)	国際的なサステナビリティ開示基準を定める組織。
土地利用の変化および林業 (LUCF)	炭素貯留および排出量に影響を及ぼす土地利用の変化。
畜産由来の排出ガス	畜産業から排出されるメタンなどのガス。
メタン排出削減戦略	家畜用の飼料の変更や、バイオガスの回収によるメタン排出量の削減方法。

局所的な気候調整	防風林などの環境要素を活用し、温度や天候状況の影響を局所的に和らげること。
自然を活用した解決策 (NbS)	自然生態系を活用して環境課題に対応する戦略。
海洋の酸性化	二酸化炭素の吸収により海洋の pH が低下し、海洋生物に悪影響を及ぼすこと。
物理的な気候リスク	海面の上昇や気温の変動などの気候変動によるリスク。
精密農業	農業投入材を最適化し、収量を向上させるためのテクノロジーの活用
循環式養殖システム (RAS)	水をろ過して再利用する閉鎖循環式の養殖システム。
再生農業	土壌の健全性および生物多様性を回復させる農業。
持続可能な開発目標 (SDGs)	サステナビリティを促進するために国連が設定した17のグローバル目標。
炭素のシャドープライス	規制リスクや財務リスクを評価する目的で、炭素排出量に仮定の価格を設定すること。
小規模農家 (SHFS)	規模の小さい農家で、農地面積が2ヘクタール未満であることが多い。世界の食料生産では重要な存在。
土壌被覆	土壌を保護するために有機物をかぶせ、土壌の水分量を一定に保ち、栄養状態を改善すること。
気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD)	企業の気候変動関連の財務リスクに関する情報開示のための枠組み。
自然関連財務情報開示タスクフォース (TNFD)	生物多様性に関連する財務リスクを評価するための枠組み。
バリューチェーンのマッピング	サプライチェーンにおける主要な事業者、投入材、プロセスを分析しリスクと機会を明らかにすること。

8.0 | 参考文献一覧

- 1 Atmosphere (2021). "Agricultural Disaster Prevention System: Insights from Taiwan's Adaptation Strategies".
- 2 Baringa (2024). "Baringa Base Case".
- 3 BeZero (2024). "How the VCM can turn the tide for blue carbon".
- 4 Blue Carbon Liaison Council (2023). "Case Study on Blue Carbon Initiatives in Japan".
- 5 Canadian Climate Institute (2023). "The Case for Adapting to Extreme Heat".
- 6 Clark et al., Science (2020). "Global food system emissions could preclude achieving the 1.5° and 2° C climate change targets".
- 7 Climate Council (2022). "The Great Deluge: Australia's New Era of Unnatural Disasters".
- 8 Climate Risk Management (2024). "Economic valuation of climate induced losses to aquaculture for evaluating climate information services in Bangladesh".
- 9 Climate Watch (2024). "Climate watch platform and data".
- 10 CZ (2023). "Soybean in Brazil".
- 11 EC (2023). "Field to fork: global food miles generate nearly 20% of all CO₂ emissions from food".
- 12 ESM (2024). "Tasmanian 'Eco-Milk' Tests Shoppers' Thirst for Climate-Friendly Dairy".
- 13 euronews (2022). "'Absolute emergency': 'Billions' needed to compensate drought losses in France".
- 14 FactSet (2024). "Total Return for Indexes: World Food: Major Diversified – Industry and World – All Listed Equities".
- 15 FAO (2023). "Pathways towards lower emissions: A global assessment of the GHG emissions and mitigation options from livestock agrifood systems".
- 16 FAO (2023). "Statistical Yearbook".
- 17 FAO (2023). "The Impact of Disasters on Agriculture and Food Security".
- 18 FAO (2024). "FAO Stat".
- 19 FAO (2024). "FishStat".
- 20 FAO (2024). "The State of World Fisheries and Aquaculture".
- 21 Farm Bureau (2024). "Major Disasters and Severe Weather Caused Over \$21 Billion in Crop Losses in 2023".
- 22 Farm Progress (2023). "Fertilizer Outlook: Global dynamics to influence 2024 fertilizer prices".
- 23 Farmland LP (2024). "Impact".
- 24 Farmlytics (2024). "Extreme weather and its impact on farming viability in Wales".
- 25 Fertiliser Daily (2023). "Brazilian drought slows fertilizer purchases affecting global suppliers".
- 26 Geophysical Research Letters (2024). "Warming Leads to Lower Rice Quality in East Asia".
- 27 Habte et al., Veterinary & Animal Science (2022). "Effects of climate variability on livestock productivity and pastoralists perception: The case of drought resilience in Southeastern Ethiopia".
- 28 House of Commons Canada (2022). "Confronting Urgent Challenges and Building the Resilience of the Canadian Food Supply Chain".
- 29 Houston Chronicle (2023). "Amid heat waves and drought crop insurance costs skyrocket".
- 30 Huon (2024). "Whale Point Nursery Expansion".
- 31 IOFAM (2024). "The World of Organic Agriculture".
- 32 IPCC (2021). "Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate".
- 33 IPCC (2023). "Climate Change 2023 Synthesis Report".
- 34 Iroquois Valley Farmland REIT (2023). "Public Benefit Report".
- 35 JBS (2024). "Huon Aquaculture to invest \$110 million to boost land-based production at Port Huon, Tasmania".
- 36 Journal of Food Quality (2023). "Aflatoxin Contamination of Maize from Small-Scale Farms Practicing Different Artisanal Control Methods in Kitui, Kenya".
- 37 Kotz et al., Nature (2024). "The economic commitment of climate change".
- 38 Le Monde (2024). "Camels replace cows in Kenya due to climate change".
- 39 Marine Biology (2024). "Flood effects on estuarine fish are mediated by seascape composition and context".
- 40 Meiji Group (2023). "Making Japan's Dairy Industry More Sustainable. Meiji Group Calculates Greenhouse Gas Emissions from Milk Production".
- 41 Mongabay (2024). "Experimenting with shed design to reduce heat stress in livestock, poultry".
- 42 Natural Hazards and Earth System Sciences (2022). "A Case Study on Flooding in the Southern Taiwan during Typhoon Morakot and Typhoon Fanapi".
- 43 Nature (2015). "Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture".
- 44 Nature (2022). "Multi-week prediction of livestock chill conditions associated with the northwest Queensland floods of February 2019".
- 45 Nature Sustainability (2020). "Conservation agriculture for sustainable intensification in South Asia".
- 46 Niti Aayog (2023). "India's White Revolution".
- 47 OCHA (2009). "Typhoon Morakot Situation Report No. 1".
- 48 OCHA (2022). "Flash Update No3: Philippines: Super Typhoon Noru/Karding".
- 49 OECD (2022). "Climate Tipping Points".
- 50 OECD (2023). "World Projections".

- 51 OECD-FAO (2024). "Agricultural Outlook".
- 52 PR Newswire (2023). "Farmland LP Launches \$250M Third Fund Focused on Organic and Regenerative Agriculture".
- 53 Queensland Farmers' Federation (2023). "North Queensland flooding has significantly impacted farming communities and supply chains".
- 54 Real Leaders (2022). "Farm Grows 'Organic' Returns for Impact Investors".
- 55 Reuters (2023). "Massive Brazilian soybean exports too heavily leaning on China?".
- 56 Ricciardi et al., Global Food Security (2018). "How much of the world's food do smallholders produce?".
- 57 S&P Global (2022). "Agriculture Industry Is Still Sweating This Year's Droughts".
- 58 Science (2018). "Reducing food's environmental impacts through producers and consumers".
- 59 Science Advances (2018). "Carbon dioxide (CO₂) levels this century will alter the protein micronutrients and vitamin content of rice grains with potential health consequences for the poorest rice-dependent countries".
- 60 Stewart Investors (2021). "Investment and sourcing through smallholder supply chains".
- 61 Sustainability (2021). "Agriculture Adaptation Options for Flood Impacts under Climate Change".
- 62 The Guardian (2020). "Cargo ship with 43 crew and nearly 6000 cattle sank off Japan survivor says".
- 63 The Shetland Times (2024). "Fresh salmon lost overboard from NorthLink freight boat in severe weather".
- 64 The Texas Tribune (2023). "Texas drought has deepened amid this year's brutal heat".
- 65 UN (2024). "UN Comtrade Database".
- 66 UNDP (2023). "UNDP India partners with Absolute Foods to further sustainable agriculture practices in the country".
- 67 UNEP (2024). "Emissions Gap Report".
- 68 UNEP FI (2023). "Climate Risk in the Agriculture Sector".
- 69 United Nations (2024). "World Population Prospects".
- 70 USDA (2019). "Interdependence of China, United States, and Brazil in Soybean Trade".
- 71 USDA (2022). "Impacts and Repercussions of Price Increases on the Global Fertilizer Market".
- 72 USDA (2023). "Feed Grains Sector".
- 73 USDA (2023). "Prices for genetically modified seeds have risen much faster than non-GM seeds".
- 74 WEF (2022). "The Horn of Africa is facing an unprecedented drought. What is the world doing to help solve it?".
- 75 World Bank (2022). "World Integrated Trade Solution".
- 76 World Bank Group (2022). "Pakistan: Flood Damages and Economic Losses Over 30 billion and Reconstruction Needs Over 16 billion".

ご留意事項

MUFG ファースト・センティア サステナブル投資研究所は、三菱UFJ 信託銀行およびその傘下にあるファースト・センティア・インベスターズグループが共同してサステナブル投資に関する調査・研究・レポート作成などの業務を対外的に行う際の呼称です。本資料は、三菱UFJ 信託銀行サステナブルインベストメント部が発行しています。本資料は、MUFG ファースト・センティアサステナブル研究所の活動の一環としてファースト・センティア・インベスターズグループが発行した「Climate Risk & Adaptation in Global Food」(英語版)を、三菱UFJ 信託銀行が日本語訳ご紹介するものです。最大限、内容に忠実に日本語訳をしておりますが、万が一これら両言語の内容に相違があった場合には、英語版が正となることを予めご了承ください。本資料は、お客さまに対する情報提供のみを目的としたものであり、三菱UFJ 信託銀行およびファースト・センティア・インベスターズグループが特定の有価証券・取引や運用商品を推奨または勧誘するものではありません。本資料に記載されているデータ、意見などは本資料作成時点で信頼できると思われる情報に基づき作成したものです。三菱UFJ 信託銀行およびファースト・センティア・インベスターズグループは、その正確性、完全性、情報や意見の妥当性を保証するものではなく、また、当該データ、意見などを使用した結果についてもなんら保証するものではありません。また、本資料に関連して生じた一切の侵害について、三菱UFJ 信託銀行およびファースト・センティア・インベスターズグループは責任を負うものではありません。本資料に記載されている情報および見解は著者のものであり、必ずしも三菱UFJ 信託銀行およびファースト・センティア・インベスターズグループのものではありません。本資料の著作権その他の知的財産権は三菱UFJ 信託銀行およびFirst Sentier Investors (Australia) Services Pty Limitedに属し、その目的を問わず無断で引用または複製することを禁じます。

© First Sentier Investors Group