

国家の気候変動に関する コミットメントにおける 家畜の健康の役割



必要とされる引用:

Özkan, Ş., Teillard, F., Lindsay, B., Montgomery, H., Rota, A., Gerber P., Dhingra M. and Mottet, A. 2022. The role of animal health in national climate commitments (国家の気候変動に関するコミットメントにおける家畜の健康の役割). Rome, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0431en>

この文書は上記の原文から一般社団法人 J ミルクが作成した翻訳(仮訳)であり、仮訳の正確性、完全性等については保証をするものではありません。この翻訳は国連食糧農業機関(FAO)、農業温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス(GRA)あるいはグローバル・デリー・プラットフォーム(GDP)が作成したのではなく、FAO、GRA および GDP は翻訳の内容や正確さについて責任を負いません。原文の英語版を正式な版とします。

本情報製品における使用名称と提示資料は、国、領土、都市、地域、またはその当局の法的または開発状況、あるいは国境または境界の画定に関し、国連食糧農業機関(FAO)側のいかなる意見表明を示唆するものではありません。特定の企業や製造業者の製品への言及は、それらが特許取得済みかどうかに関係なく、言及されていない類似の性質の他の製品よりも優先して FAO が承認または推奨していることを意味するものではありません。

本情報製品で示される見方は著者(ら)のものであり、必ずしも FAO の見方や方針を反映するわけではありません。

ISBN 978-92-5-136351-5

© FAO, 2022



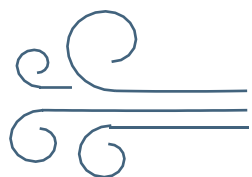
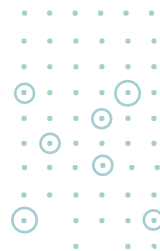
一部の権利を留保。本作品はクリエイティブ・コモンズ表示-非営利-継承 3.0 IGO ライセンスの下で利用できます(CC BY-NC-SA 3.0 IGO; <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>)。

同ライセンスの条項に従い、本作品は、適切に引用されることを条件として、非商業目的で複製、頒布、改変することができます。本作品を使用する際は、FAO が特定の組織、製品またはサービスを宣伝していると示唆してはなりません。FAO ロゴの使用は認められません。本作品を改変する場合、同一または同等のクリエイティブ・コモンズ・ライセンスを付与しなければなりません。本作品が翻訳される場合、必要な出典とともに以下の免責事項を含める必要があります。「この翻訳は、国際連合食糧農業機関(FAO)が作成したのではなく、FAO は翻訳の内容や正確さについて責任を負いません。原文の英語版を正式な版とします。」

ライセンスの下で生じる、友好的に解決できない争議は、別段の定めがある場合を除き、ライセンス第 8 条に規定される調停および仲裁によって解決します。適用される調停規則は、世界知的所有権機関の規則 <http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules> であり、仲裁は、国連国際商取引法委員会(UNCITRAL)の仲裁規則に従います。

第三者による資料。表、図、画像など第三者に帰属する本作品の資料の再利用を希望するユーザーは、その再利用に許可が必要かどうかの判断および著作権所有者からの許可取得について責任を負います。本作品を構成する第三者所有の要素に関する侵害から生じる申し立てのリスクは、ユーザーのみが負います。

販売、権利、ライセンス許諾。FAO の情報製品は FAO のウェブサイト(www.fao.org/publications)に掲載されており、publications-sales@fao.org を通して購入できます。商業利用は www.fao.org/contact-us/licence-request を通して申請して下さい。権利とライセンス許諾に関する質問は、copyright@fao.org で受け付けます。



国家の気候変動に 関するコミットメント における家畜の 健康の役割

シェイダ・エズカン Seyda Özkan¹、フェリックス・テイラード Félix Teillard¹、ブライアン・リンゼー Brian Lindsay²、ヘイデン・モン
ゴメリー Hayden Montgomery³、アントニオ・ロータ Antonio Rota⁴、ピエール・ガーバー Pierre Gerber⁵、マドウル・ディングラ
Madhur Dhingra¹、アンネ・モテット Anne Mottet¹

¹ 国際連合食糧農業機関

² グローバル・デリー・プラットフォーム

³ 農業温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス

⁴ 国際農業開発基金

⁵ 世界銀行グループ

目次

謝辞	iv
この摘要書について	v
略語と頭字語	vi
要約	vii
1. 気候変動対策における畜産分野	1
2. 家畜の健康は温室効果ガス排出量にどのような影響を与えるのか？	4
3. 気候変動に関するコミットメントに家畜の健康を含める	8
3.1. 測定・報告・検証システム、ツール、データシステムおよびパラメータ	9
3.2. 環境を整える	12
3.3. 研究の必要性和エビデンス構築	13
3.4. 測定・報告・検証の提案	15
事例研究 1:	
6 カ国における家畜の健康管理についての気候変動対策の共益をより適切に説明するための技術支援: 「サヘル地域牧畜支援プロジェクト (PRAPS-2)」(世界銀行)	16
事例研究 2:	
国が決める貢献の改定プロセスに家畜の健康改善を含めるための手法: キルギスタンでの「地域の強靱性のある牧畜コミュニティ・プロジェクト (RRPCP)」(IFAD)	18
事例研究 3:	
セクターのすべての関係者を動員するイニシアチブ: フランスの低炭素酪農	20
事例研究から学んだ共通の教訓	22
参考文献	23
図	
1. 農業・土地利用部門のサブ部門への気候変動対策融資	3
2. 家畜の健康状態が家畜や群のレベルで与える影響と、考えられる環境・経済・社会的な影響	5
3. 家畜の健康を含む緩和策パッケージと 6 地域の事例研究におけるベースライン排出量に対する GHG 排出量削減の可能性	6
4. IPCC Tier 2 の算定方法で計算された、家畜の健康への介入と GHG 排出量の関連性の概要	15
5. 国家 GHG インベントリまたは NDC にワクチン接種の影響を含めるための MRV の提案	15
6. サヘル地域 6 カ国での PRAPS-2 プロジェクトによる家畜の健康への介入を評価するための MRV システム	17
7. キルギスタンにおける家畜の健康への介入を評価するための MRV システム	19
8. フランスにおける農場レベルでの緩和策パッケージの評価のための家畜の健康への介入を含む MRV システム	21
表	
1. 家畜の健康やその他の介入による生産性と緩和の潜在的な便益	7
記事	
1. 本摘要書における家畜の健康状態の定義	2
2. 疾病が GHG 排出量に与える影響を定量化するために利用可能なエビデンスの例	5

謝辞

本摘要書を査読し、有益なコメントをご提供いただいた以下の方々に感謝いたします。イリアス・キリアザキス Ilias Kyriazakis 氏(クイーンズ大学、グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国)、マイケル・マクラウド Michael MacLeod 氏(スコットランド農村大学、グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国)、エリック・モーガン Eric Morgan 氏(クイーンズ大学、グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国)、スティーブン・モリソン Steven Morrison 氏(農業食料・生物科学研究所、グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国)、フィリップ・スクース Philip Skuce 氏(モアダン研究所、グレートブリテンおよび北アイルランド連合王国)、ニック・ホイールハウス Nick Wheelhouse 氏(ネイピア大学、グレートブリテンおよび北アイルランド)、キース・サンプション Keith Sumption 氏(FAO、イタリア)、ウーゴ・ピカ・シアマーラ Ugo Pica Ciamarra 氏(FAO、イタリア)、イマブル・ウイズアイ Aimable Uwizeye 氏(FAO、イタリア)、ウェインイン・ザオ Weining Zhao 氏(FAO、イタリア)およびサブリナ・ローズ Sabrina Rose 氏(バイオバーシティ・インターナショナルおよび CIAT 連合、米国)。また、図 1 で使用したデータをご提供いただいたジューリア・マリア・ガルビアーティ Giulia Maria Galbiati 氏(イタリア、FAO)、「ライフ・カーボン・デリー」の事例研究について情報を提供いただいたジャン・バティスト・ドレ Jean Baptiste Dollé 氏(IDELE、フランス)とエマニュエル・コステ Emmanuel Coste 氏(CNE Interbev、フランス)、サヘルでの事例研究に関するフィードバックをいただいたキャロライン・プランテ Caroline Plante 氏(世界銀行、アメリカ)、摘要書の編集と校正を行ったアンドリュー・モリス Andrew Morris 氏、最後に摘要書の出版とデザインの作成に携わったクラウディア・チャルランティーニ Claudia Ciarlantini 氏(FAO、イタリア)とクリスティアーナ・ジョバンニ Cristiana Giovannini 氏(FAO、イタリア)に感謝いたします。

この摘要書について

本摘要書は、国際連合食糧農業機関(FAO)が、グローバル・デリー・プラットフォーム(GDP)および農業温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス(GRA)と共同で、ニュージーランド政府の財政支援を受けて作成したものです。FAOは、GDPとGRAから、政策立案者と畜産セクターの関係者が気候変動に関するコミットメントにおいて牛の健康に関する取り組みの共益(コベネフィット)を捉えるプロセスの実施を支援するため、乳牛に関する先行研究の次に続く手引書を作成するよう依頼されました。FAOは、世界銀行や国際農業開発基金(IFAD)の協力のもと、特定の国々での事例を提供します。本摘要書は、家畜の健康への介入とその温室効果ガス(GHG)排出量への影響の定量化に関する方法論的な手引書を提供するものであり、特にGHG排出量の削減を考慮した場合、介入のコストを上回る複数の便益を個々の農家と社会に提供し得るという根拠に基づいています。

略語と頭字語

AHN	GRA の家畜の健康と温室効果ガス排出原単位ネットワーク
BVD	牛ウイルス性下痢症
CAP'2ER®	責任ある事業活動のための環境パフォーマンスの自動計算
CH₄	メタン
CITEPA	大気汚染研究のための専門家間技術センター
CO₂	二酸化炭素
CO₂e	二酸化炭素換算値
CSA	気候変動に対応した農業
DM	乾物
GDP	グローバル・デーリー・プラットフォーム
GHG	温室効果ガス
GLEAM	グローバル畜産環境評価モデル
GLEAM-<i>i</i>	グローバル畜産環境評価モデル-インタラクティブ
GRA	農業温室効果ガスに関するグローバル・リサーチ・アライアンス
FAO	国際連合食糧農業機関
IDELE	フランス畜産研究所
IFAD	国際農業開発基金
IPCC	気候変動に関する政府間パネル
LCA	ライフサイクルアセスメント
MRV	測定、報告、検証
NAMA	国としての適切な緩和行動
NDC	国が決める貢献
N₂O	一酸化二窒素
NZAGRC	ニュージーランド農業 GHG 研究センター
PPR	小型反芻家畜の疫病
CBPP	伝染性牛胸膜肺炎
PRAPS-2	サヘル地域牧畜支援プロジェクトフェーズ 2
RRPCP	地域の強靱な牧畜共同体プロジェクト
UNFCCC	国連気候変動枠組条約

要約

世界的に、家畜の健康状態は GHG 排出量に大きな影響を与えます。これは家畜の健康状態は、死亡率、罹患率、生産性に影響するためです。家畜の健康への介入を含む緩和策パッケージは、排出量を大幅に削減する可能性があります。測定・報告・検証 (MRV) のシステムの面では課題があります。現在、国家 GHG インベントリや国が決定する貢献 (NDC) を策定するために一般的に使用されている手法に、家畜の健康の改善を含めることに関して標準となる方法はありません。また、家畜の健康を適応策に利用することによる緩和策の共益は、NDC のコミットメントに必ずしも明示されていないことがわかっています。本文書は、国レベルで MRV システムを構築し、家畜の健康の改善を国家の気候変動に関するコミットメントに盛り込むことを可能にする方法を説明します。

家畜の健康改善による緩和効果を考慮するための前提条件として、「気候変動に関する政府間パネル (IPCC)」の Tier 2 または Tier 3 の算定方法を使用することが挙げられます。そのような手法でのみ、家畜の健康に関連するパラメータの変化が排出量にどのように影響するかを検討することができます。それは、デフォルトの排出係数、すなわち家畜 1 頭あたりの GHG 排出量に依存する Tier 1 の算定方法とは対照的であるためです。

Tier 2 の活動量データは、家畜カテゴリーと地域の生産システムに固有のものであり、したがって家畜の健康への介入に直接関連するものです。これらにはカテゴリーごとの家畜頭数(または死亡率、受胎率、初産年齢、分娩間隔、離乳年齢、更新率など個体数を推定するための群パラメータ)、および乳量、異なるライフステージでの体重、製品の廃棄と損耗などの生産に関するデータが含まれます。消化率、飼料構成成分、タンパク質含有量など、飼料給与に関するデータも、排出係数に強い影響を与えるため、さまざまなカテゴリーの家畜について収集する必要があります。最後に、糞尿管理システムのタイプに関するデータも必要です。エネルギー必要量、メタン (CH₄) 変換係数、飼料生産方法、エネルギー利用量などの二次的なパラメータは、通常、上述のパラメータを用いて計算されます。しかしながら、Tier 2 手法で消化管内 CH₄ の推定に使用される CH₄ 変換係数は、通常、家畜の健康改善から生じる潜在的な変化を含んでいないことには注意が大切です。このことが、より複雑なモデル化と関連データを用いた Tier 3 の算定方法の使用を必要としているのかもしれない。

必要なものではありませんが、通常、国家統計からカテゴリーごとの家畜頭数は入手できませんし、死亡率や受胎率など、これらの家畜頭数を推定するために使用する群パラメータも入手できません。また、疾病のために廃棄された生乳や肉の量に関する情報も収集する必要があります。これは通常、国家統計で報告される総生産量には含まれておらず、したがって GHG インベントリにも含まれていないためです。これらのパラメータの質を保証するために、農場またはその他の関連する管理部署レベルでの専用かつ体系的なアンケート調査またはモニタリングシステムを、可能な限り実施する必要があります。しかし、二次的なデータやモデル化も利用することができます。**データ収集システムの確立と維持には、セクターの様々な関係者が含まれることが極めて重要です。** 処理加工業者(例:酪農協同組合)と飼料サプライヤーは、例えば、Tier 2 ベースの計算に関連するデータ収集システムをすでに持っているかもしれません。

未解決の課題として、畜産セクターの排出量を各国の GHG インベントリでどのように報告し、NDC に含めるのかということがあります。GHG インベントリでは、各国は分野レベルで直接排出量を報告しています。畜産セクターの排出には、消化管内発酵からの CH₄、糞尿管理からの CH₄、一酸化二窒素(N₂O)の排出量が含まれます。飼料の生産、処理加工、輸送とエネルギー使用による排出は、「農業用土壌」またはエネルギー分野として報告されています。家畜の健康への介入は、直接排出にのみ影響するものとして、家畜レベルで単独で考慮することはできません。例えば、後継家畜の必要性の減少や飼料給与の変更により、サプライチェーンの排出量が減少する可能性があります。したがって、**システムの視点を採用し、サプライチェーンの排出の要因を理解することが重要です**。気候変動と疾病・宿主分布の間の複雑な動態の予測・モデル化を含む研究能力を向上させるための投資が必要になります。家畜の健康に対処する選択肢が、システムの視点の必要性を反映して、飼料給与、遺伝資源、生産システム、食品安全、バリューチェーンなどの他の次元と確実にリンクするよう、研究を促進し実施することが重要になります。

国レベルの認識と理解力、そして制度的な取り決めの強化が不可欠です。これには、各国の事情に合わせたツールや、NDC の数値目標設定と実施計画の策定におけるステークホルダーとの協議が含まれます。したがって、畜産と排出量に関する情報を持つ個人を特定するためには、畜産担当省庁との包括的な協力と、異なる省庁や機関間の定期的なコミュニケーションが不可欠です。国際金融機関による家畜への大規模な投資や国のサプライチェーンのレベルで主導されるイニシアチブは、国家インベントリでの報告に関係できる大きな可能性を持っています。例えば、広範な家畜開発プロジェクトの一環としての国家的なワクチン接種キャンペーンは、この摘要書に含まれる事例研究が示すように、その国の緩和策の意欲に貢献していると認識される可能性があります。同様に、家畜の健康を改善するなどして、畜産セクターの効率を高めることを目的としたプロジェクトに取り組んでいる国は、能力開発やツールをよりよく利用できる可能性があります。

要点

- 一般に、家畜の健康の改善による影響は、現在のところ国家 GHG インベントリおよび NDC には含まれていません。
- 家畜の健康増進による GHG 排出量削減の推定には、Tier 2 以上の算定方法が必要です。
- セクターを超えたステークホルダーを含めたデータ収集・整備体制の確立が必要です。
- 家畜の健康の改善による間接的な排出量削減(例: 飼料摂取量、牧草地利用、エネルギー利用の変化)をシステムアプローチで考慮するためには、ライフサイクルアセスメント(LCA)の視点が必要です。
- Tier 2 の算定方法による排出量の計算や、バリューチェーン全体における影響の会計について、政府やパートナーの理解力を強化する必要があります。
- 制度的な取り決めは、研究機関や学術機関だけでなく、民間企業(産業界)を含むこのセクターのすべての関係者を包含する必要があります。

1 気候変動対策における 畜産分野





畜産は気候変動の緩和と適応において重要な役割を担っています。畜産のサプライチェーンは人為的な温室効果ガス排出量の 14.5 パーセントを占めており (Gerber *et al.*, 2013)、家畜の飼育者、特に辺境地や屋外で家畜を飼育する人々は、気候変動に対して最も脆弱な人々になっています。2015 年に採択された気候変動に関する法的拘束力のある国際条約である「パリ協定」では、地球温暖化を 2°C 未満に抑え、望ましくは産業革命前と比較して 1.5°C に抑えるために、排出量削減に向けた各国の取り組みが行われています (United Nations, 2015)。

NDC は、パリ協定の目標を達成するための骨格となるものです。2021 年に 164 の最新の NDC から得られた情報を総合すると、「締約国(または国)」の 30 パーセントが国内の緩和策の特別な優先分野として放牧と家畜生産を、21 パーセントが緩和策の選択肢として糞尿と群の管理の改善に言及しています (UNFCCC, 2021)。気候関連の様々なテーマに関する「農業に関するコロナビア共同作業」では、家畜の健康を「後悔しない」選択肢(疾病を減らすことで、環境影響の低減、食料安全保障の改善、コミュニティの強靭性の強化といった便益を最大化する、技術的・財政的な優先事項)の一つとして挙げています (Drioux *et al.*, 2021)。したがって、家畜の健康の改善(記事 1)は、畜産からの GHG 排出量を削減するための重要な行動のポイントの一つとなるべきです (FAO and GDP, 2018, Statham *et al.*, 2020)。例えば、肢蹄疾患、臨床的乳房炎、不顕性ケトーシスを含むある種の疾病に起因する GHG 排出量の増加は 0.4 百万トン/年に

達し、2030 年のオランダの農業分野の総排出削減目標の 15 パーセントに相当 (Mostert, 2018) しています。

このように「後悔しない」ことが明らかにされているにもかかわらず、気候変動の緩和と適応のための選択肢として、家畜の健康の改善の役割が NDC で取り上げられている範囲は限定的です。2021 年 11 月に新規または改定された NDC を提出した 148 カ国のうち、74 カ国が畜産に言及しています。このうち、家畜の健康を具体的に盛り込んだのは 14 カ国で、緩和策の状況や、緩和策の共益を伴う適応の状況では 4 カ国(アルバニア、ブルンジ、ガンビア、スリランカ)だけでした (Rose *et al.*, 2021a, 2021b)。

記事 1: 本摘要書における家畜の健康状態の定義

家畜の健康状態は、感染性・非感染性の原因の両方にわたることが定義されています。感染症は、細菌、ウイルス、真菌、原虫、寄生虫などの病原体によって引き起こされる病気(例: 乳房炎、肢蹄疾患)ですが、非感染症は、環境、遺伝、栄養不良など、病原体以外の原因によって引き起こされるものです。胃腸障害、粘膜損傷、食餌の無分別、酵素欠乏などの代謝・栄養障害や、暑熱・寒冷ストレスなどの気候に起因する状況も、非感染性の状態の一例です。感染症および非感染症は、例えば栄養と寄生虫の相互作用のように、相互に影響しあって結果に影響を与えることがあります。

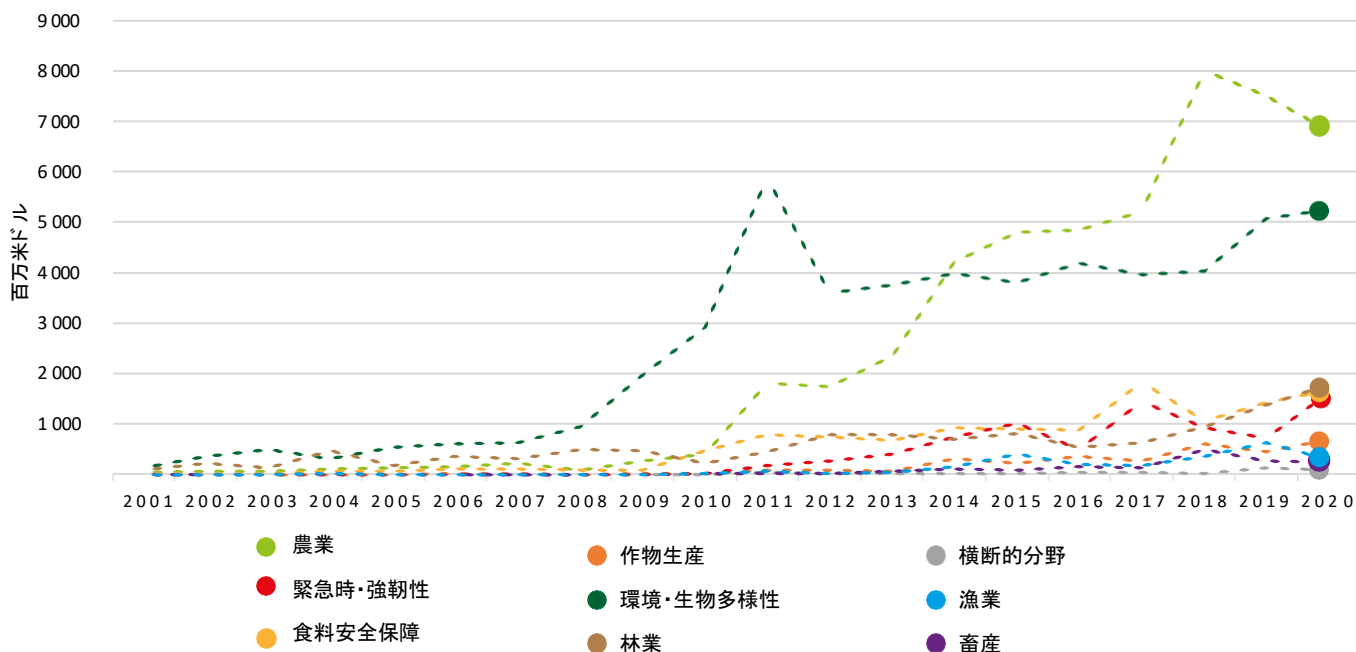


附属書 I に記載の国¹は、通常、経済全体の排出量削減数値目標を設定しているため、NDC に特定の部門の活動に関する明示的な言及を含んでいないことに留意すべきです。それでも、国家レベルでは、GHG 報告算定方法が不十分な場合、家畜の健康対策による緩和効果を把握する上で同様の限界があり、家畜の健康対策を含めることの便益により、経済全体の排出量に大きな影響を与え、公共・民間の観点から関心を持たれる可能性があります。

現在、ほとんどの国が GHG インベントリや NDC において、家畜の健康改善の便益を適切に捉えることができる GHG 排出量報告方法を利用していないことを我々は気づいています。ほとんどの場合、インベントリの算定方法によっては

積極的な介入とその GHG への影響を検証できる可能性が制限されています。さらに、NDC に畜産を盛り込んだ国の多くが、国際的な支援(気候変動資金等)を条件として目標を設定しているだけに、家畜の健康への介入を支援するために気候変動資金等を活用できる範囲は限られており、このセクターへの投資不足をさらに深刻にしています。2000～2019 年の間に農業・土地利用部門に投資された気候関連の総額 1220 億米ドルのうち、畜産は気候変動対策資金のわずか 2 パーセントしか受けておらず、最も資金が不足しているサブ部門の一つとなっています(図 1) (Buto et al., 2021, World Bank, 2020)。

図 1. 農業・土地利用部門のサブ部門への気候変動対策資金



出典: Buto, O., Galbiati, G., Alekseeva, N. & Bernoux, M. 2021. Climate finance in the agriculture and land use sector – global and regional trends between 2000 and 2018. Rome, Italy.

¹附属書 I に記載の国とは、1992 年に経済協力開発機構に加盟した先進国に、ロシア連邦、バルト諸国、中・東欧諸国などの移行経済国を加えた国のこと。

家

2

家畜の健康は温室効果
ガス排出量にどのよう
な影響を与えるのか？



家畜の健康が GHG 排出量に影響を与える経路は、生産性の低下と死亡率や罹患率に関連する「非生産的排出」と呼ばれるものを介しています。生産性の低下を引き起こす罹患率は、家畜の成長速度や生体重を低下させ、飼料利用効率の低下、繁殖成績や乳量の低下につながります (FAO and NZAGRC, 2017a)。

家畜の健康状態が飼料給与、飼養、免疫反応にどの程度関連し、その結果 GHG 排出量にどのような影響を及ぼすかは現在進行中の研究分野であり (Özkan *et al.*, 2016)、特に GRA の「家畜の健康と温室効果ガス排出原単位ネットワーク(AHN)」で取り組まれています。乳牛に特化してみると、疾病(例えば、臨床的または不顕性の乳房炎、肢蹄疾患、口蹄疫)による GHG 排出量の増加は、廃棄乳の除去、乳量減少、分娩間隔の延長、淘汰に由来することがあります (Mostert *et al.*, 2019, 2018, Özkan Gülzari, Vosough Ahmadi and Stott, 2018)。いくつかの疾病は他の疾病よりも扱いやすく (Skuce *et al.*, 2016)、いくつかの健康問題は他の疾病よりも大きな GHG 排出をもたらします。

家畜の体内で疾病が発生すると、すぐに影響が出るのは自発的な飼料摂取量の減少です。さらに、特に消化管が寄生された場合には、栄養素(養分)の消化、吸収、利用が著しく損なわれる可能性があります。維持のための要求量が、特にタンパク質で増加し、維持に必要な栄養素の利用率が低下する可能性があります。もしそうでなければもっと管理しやすかった課題に対して家畜がより脆弱になる可能性があります (Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。

記事 2: 疾病が GHG 排出量に与える影響を定量化するために利用できるエビデンスの例

家畜の健康と放牧家畜の生産性の問題となる寄生虫は、飼料利用効率、栄養素の利用、生産物の特徴に影響を与え、乾物(DM)摂取量 1 kg あたりの CH₄ 産生量を 33 パーセント増加させる可能性があります (Fox *et al.*, 2018)。離乳の遅れと母体の体力低下への補償による飼料摂取量の増加を考慮した場合、寄生虫によって、子羊体重増加 1 kg あたりの排出量は、消化管内 CH₄ が 11 パーセント、糞尿 CH₄ が 32 パーセント、糞尿 N₂O が 30 パーセント増加する可能性があります (Houdijk *et al.*, 2017)。東アフリカでトリパノソーマ症などの寄生虫病を取り除くと、主に乳量と受胎率の増加によって、排出原単位を 0~8 パーセント削減できることにつながります (MacLeod *et al.*, 2018)。

ヨーネ病やサルモネラ菌症のように、1 頭あたりの年間 GHG 排出量に与える影響が牛ウイルス性下痢症 (BVD) よりも大きい疾病もありますが、生産量の損耗があるため、生乳 1000 L あたりの BVD の GHG 排出量に与える影響はサルモネラ菌症とほぼ同じです。GHG 排出量増加の主な原因は、BVD(免疫抑制により他の病気への道が開く)とサルモネラ菌症における死亡率の増加、およびヨーネ病における淘汰率の増加でした。これらの疾病は、消化性有機物摂取量 1 kg あたりの CH₄ と N₂O 排出量の両方を増加させる可能性があります (ADAS, 2015; Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。

メタン生成菌が水素をめぐって細菌と競争するため、抗生物質治療によって腸内細菌叢が変化し、CH₄ フラックスが増加することに注意することが重要です (Hammer *et al.*, 2016)。

特定の疾病とそれが GHG 排出量に与える影響に関する研究は増え続けています (記事 2 参照)。ただし、このようなエビデンスは入手可能ではありますが、国家のコミットメントにおける GHG 排出量削減の算定にはまだ十分に活用されていません。そのことを図 2 にまとめました。

図 2. 家畜の健康状態が家畜や群のレベルで与える影響と、考えられる環境・経済・社会的な影響
出典: 第 2 章の研究に基づく筆者らの推論

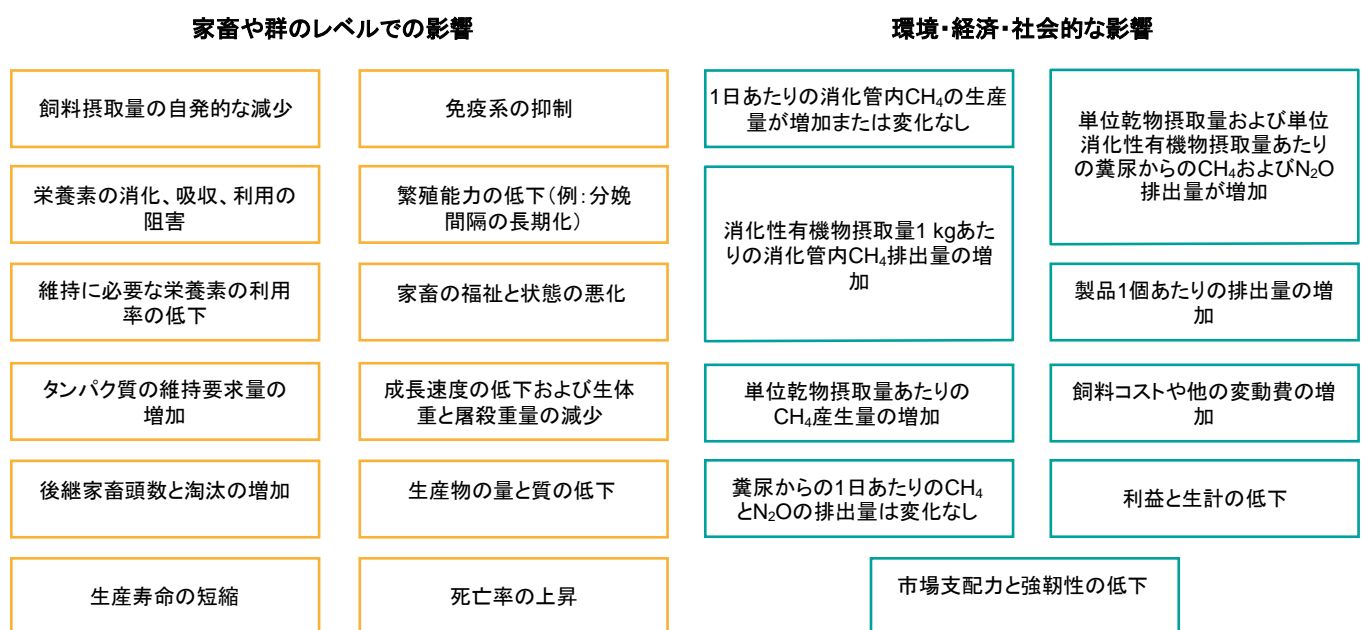
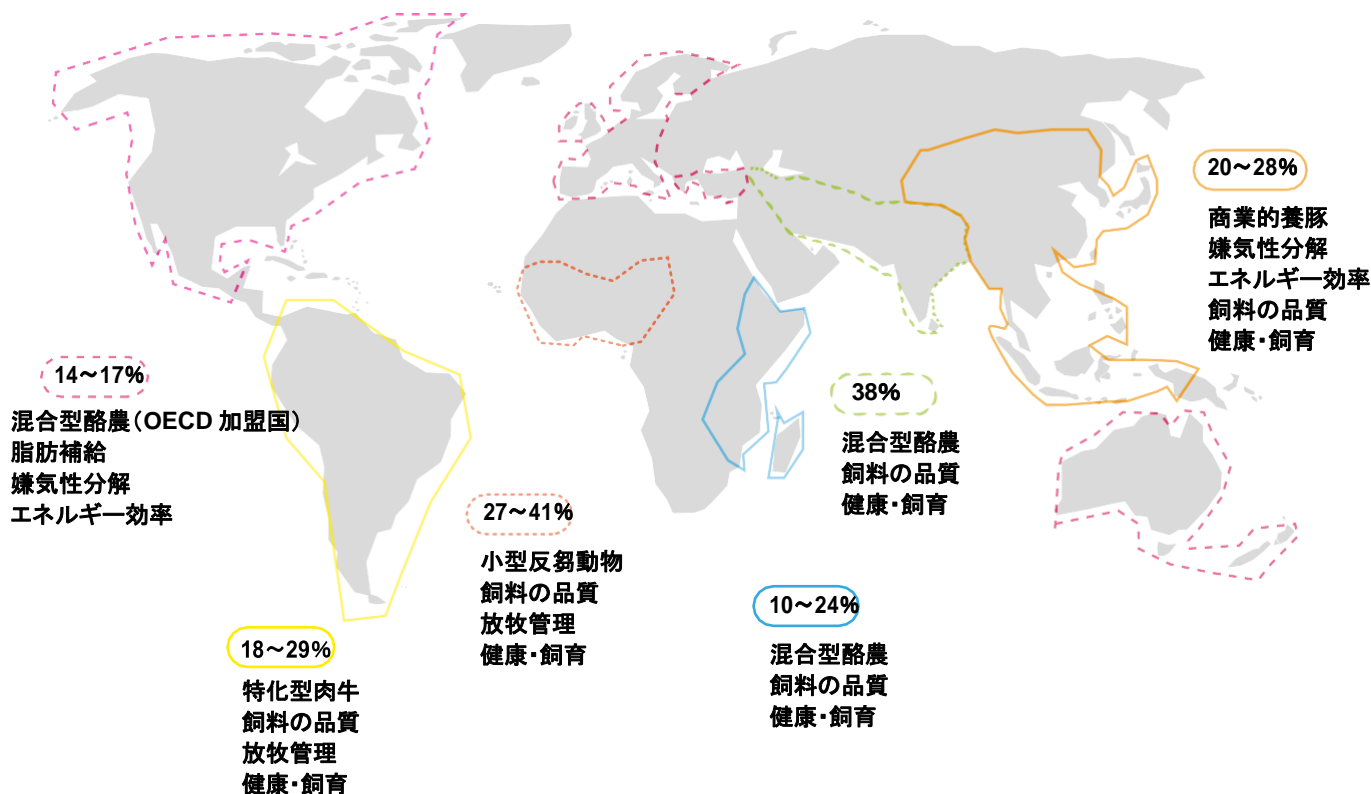




図 3. 家畜の健康を含む緩和策パッケージと 6 地域の事例研究におけるベースライン排出量に対する GHG 排出量削減の可能性



出典: Mottet, A., Henderson, B., Opio, C., Falcucci, A., Tempio, G., Silvestri, S., Chesterman, S. & Gerber, P.J. 2017. Climate change mitigation and productivity gains in livestock supply chains: insights from regional case studies. *Reg. Environ. Chang.* 17, 129–141.

生産性の向上に応じて牛の頭数が減少する一定生産量シナリオでは、家畜の健康が改善されることで、家畜生産に不要になった草地面積による土地利用変化からの排出も結局は防止できるかもしれません(ADAS, 2015)。一定生産量レベルが有用なベースラインであるとしても、生産量の変化が重なった場合の GHG 排出量への影響は、直線的であるとは思えません。なぜなら、家畜頭数の変化は、単位面積当たり放牧頭数や管理システム、さらには土地利用に、どちらの方向にも影響を与えるからです。このことは、家畜頭数が増加した場合、生産性や繁殖効率の向上と、国家レベルの排出量や絶対排出量の間トレードオフをモニターする必要があることも意味しています。

家畜の健康状態が良好であることは、他の緩和策(例: 外来血統の導入や新たな飼料添加物)がその潜在能力を發揮するための前提条件です。家畜の健康状態が良好であれば、貿易や交流も促進され (FAO, 2020)、外来疾病の輸入に伴うリスクも低減できます。生産性の向上は、一般に、群の管理、家畜の健康、飼育方法の改善によって、生産性の高い家畜のために資源を使用することで達成されます。

それは、生産性の高い家畜を維持することで達成されるものではありません。結果として、例えば乳牛の場合、単位生産乳量あたりの泌乳牛と後継牛の常備バイオマスが減少することにつながります (Gerber *et al.*, 2013)。それゆえに、家畜の健康を介入のパッケージの一部として見るのが重要です。

例えば、FAO は家畜の健康がパッケージに含まれる 6 つの地域の緩和策の事例研究を作成しました (同上; Mottet *et al.*, 2017)。既存のベストプラクティスに基づくこれらの緩和策パッケージは、混合型酪農システムにおける 10 パーセントから、小型反芻動物における 41 パーセントまでのかなりの排出削減ポテンシャルがあると推定されました (図 3)。

国レベルで行われた他の評価では、FAO はニュージーランド「農業温室効果ガス研究センター (NZAGRC)」と「気候クリーンエア連合」と共同で、13 カ国において家畜の健康を介入パッケージの一部として考慮した場合、かなりの緩和の可能性を示しました。パッケージの一部として考慮した場合の推定される緩和の潜在性は、5~65 パーセントの範囲です (表 1)。

表 1. 家畜の健康やその他の介入による生産性と緩和の潜在的な便益

地域・国	家畜の健康への介入	単独で家畜の健康への介入を行う便益		パッケージで家畜の健康への介入を行う便益	
		生産性の向上	排出原単位の低減	生産性の向上	排出原単位の低減
ラテンアメリカ¹					
アルゼンチン	トリコモナス症制御	21-31%	15-2%	24-70%	19-60%
東アフリカ					
エチオピア	トリパノソーマ症制御	>50%	30-36%	62-225%	36-65%
ケニア	東海岸熱ワクチン接種	25%	14-19%	31-35%	21-36%
	虫下し	12-27%	8-20%		
ウガンダ	東海岸熱ワクチン接種	4-27%	8-40%	8-120%	5-52%
タンザニア連合共和国	東海岸熱ワクチン接種	12-23%	20-29%	27-43%	29-59%
西アフリカ					
ベナン、ブルキナファソ、マリ、ニジェール、セネガル	伝染性牛胸膜肺炎 (CBPP)、リフトバレー熱、ブルータング、小型反芻動物疫病 (PPR) のワクチン接種	15-21%	13-19%	14-43%	9-29%
南アジア					
バングラデシュ	虫下し	6-16%	0-5%	24-27%	17-18%
	乳房炎予防	5-14%	3-12%		
スリランカ	乳房炎予防	6%	4-6%	15-45%	10-29%
	暑熱ストレス管理	6%	3-6%		

出典: FAO and NZAGRC (2017a, 2017b, 2017c, 2017d, 2017e, 2019a, 2019b, 2019c)

最終的に、家畜の健康の改善とその結果得られる緩和の便益は経済的に定量化することもできます。例えば、「限界削減費用曲線」を用いて、MacLeod と Moran (2017) は、2035 年までにグレートブリテンおよび北アイルランド連合王国において、牛の健康を改善することにより、社会への正味の便益を代表する尺度を利用して、469 kt CO₂e/年の排出量を達成できると報告しました。分娩間隔の 10 日間短縮により繁殖能力を向上させることで、投資に対して 10 倍の便益を得られる可能性があります。

BVD の予防も同様に、予防ワクチン接種に約 2~3 米ドル/頭/年の費用がかかりますが、群において 68 米ドル/頭/年を上回る節約ができる可能性があります (Statham *et al.*, 2020)。不顕性乳房炎を予防する農家での利益の変化は、乳量および生乳や飼料の市場価格の変化によるところが大きいでしょう (Özkan Gülzari, Vosough Ahmadi and Stott., 2018)。

¹ウルグアイでは考慮されていない特定の家畜の健康への介入策

3 気候変動に関するコミットメント に家畜の健康を含める



国家 GHG インベントリや NDC の一般的な手法に、家畜の健康増進を含めることに関して標準となる方法は存在していません。家畜の健康を適応策として利用することによる緩和の共益は、各国が NDC のコミットメントを策定する際にいつも明らかにされていたという訳ではありませんでした (Rose *et al.*, 2021b)。それを含めるプロセスは、国における対象範囲(すなわち実施規模)、期間(例:長期または短期の実施)、家畜の健康状態や介入の種類、制度的役割と責任、さらに国の科学とイノベーションの能力によって異なる可能性があります。したがって、家畜の健康の状況における緩和行動の定量化およびモニタリングには以下のように多くのニーズがあります。

- 会計、データシステム、パラメータの方法論的側面
- 制度の整備と能力開発
- 研究とイノベーション

以下のセクションは、単にセクターの特定の関係者に向けてすることはできないことに注意する必要があります。セクターの関係者が協力して、データの収集と質の維持、MRV システムとツールの確立、そして気候変動対策を国への関連性を考慮して結果を解釈することが不可欠です。協力的な取り組みが成功すると、より多くの気候変動資金を呼び込める可能性が高くなります。

以下のセクションでは、気候変動に関するコミットメントに家畜の健康への介入を含めることを確実にするために、入口の主なポイントに関連する課題とその取り組み方について説明します。

3.1.測定・報告・検証システム、ツール、データシステムおよびパラメータ

畜産セクターからの GHG 排出量は、IPCC のガイドラインに準じて計算されています。IPCC のガイドラインは 2006 年版報告書の改訂版が 2019 年に作成されました。IPCC ガイドラインには、使用する算定方法の複雑さを表す 3 つのレベルがあり、Tier 1 が最も基本的、Tier 2 が中程度であり、Tier 3 が最も高度でデータを必要とします (IPCC, 2019)。1 頭あたりの GHG 排出量に固定値を用いる Tier 1 の算定方法は、異なる年齢、健康状態、または飼養状況にあるすべての家畜の GHG 排出量が同じであり、時間の経過や健康状態との関連で変化しないと仮定しています。Tier 1 手法は、比較的簡単で必要なデータも限られているため、今でも広く使われていますが、デフォルトの排出係数に基づいているため、各国の特異性や畜産システムの多様性を反映することはほとんどありません。これらのデフォルトの排出係数は、家畜 1 頭あたりの CH₄ の kg 数と窒素排泄量で表され、家畜の健康の改善、例えば家畜または群のレベルでの飼料利用効率(これらはいずれも畜産からの GHG 排出を減らすための重要な入口となる)を反映できていません。この方法を用いた場合、畜産の排出量を削減する唯一の方法は、家畜頭数を減らすことであり、したがって、気候変動に関するコミットメントに家畜の健康を含める政策立案者を支援するための方法としては適していません(事例研究 2 で説明された課題を参照)。しかし、Tier 2(または Tier 3)手法では、異なる生産システムにおいて、飼料や家畜の生産性などの管理の変更が GHG 排出量に与える影響をより適切に説明することができます。時間と共に変化する排出量は Tier 2 手法で把握できるため、Tier 2 の改善(例:家畜の健康状態をより反映させるための固定式の修正)も必要ではありますが、このセクターの気候政策を策定する際にはこの手法を用いることが不可欠です (Wilkes and van Dijk, 2018; FAO, 2022)。

実際、家畜の健康を緩和策または適応策として NDC に盛り込んだ 4 カ国(アルバニア、ブルンジ、ガンビア、スリランカ)をより詳細に分析したところ、いずれの国もこうした対策が GHG 排出量に与える影響を報告しておらず、これはおそらく Tier 1 の算定方法の適用が原因と考えられます。

Tier 2 インベントリの策定には、GRA が以前に出版した報告書 (Wilkes and van Dijk, 2018) で説明・図解されている多くの手順が必要です。さらに、FAO と GRA は、家畜の健康に特化したものではないものの、Tier 2 インベントリのための活動量データに関するガイダンスを発表し (FAO and GRA, 2020)、既存のデータとデータ不足の特定方法、不足を埋める方法、およびデータの品質の評価方法について述べています。例えば、活動量データの収集は以下の手順を含みます。

- i) 活動量データのニーズを定義する。
- ii) 活動量データを収集する。
- iii) データの利用性を評価する。
- iv) データの品質を評価する。
- v) データ不足を埋める。
- vi) 適切な品質のデータを用いてインベントリを作成する。
- vii) インベントリの品質を評価する。
- viii) 継続的な改善

しかしながら、農場試験からのデータをスケールアップするための MRV の必要性、個々の農場の規模での予防の効果、および時間経過による GHG 排出量への影響については、さらなる努力が必要になります。家畜の健康データを Tier 2 の GHG インベントリにリンクさせる中間手順として、データの品質保証と品質管理のための手順を確立することが必要です。処理加工業者や飼料サプライヤーは、例えば、一部のデータが自動的に入力され、Tier 2 ベースの計算ツールにリンクされるようなデータ接続を作成することができるかもしれません。この場合、データの利用可能性と品質が長年にわたって維持されるよう、データ収集を制度化することが極めて重要です。これにより、効果的な家畜保健サービスの提供における気候変動緩和の主流化、疾病監視への適応、疾病発生モニタリングの気候関連の進展を促進することができます。新しいデータ収集システムの構築や既存のデータ収集システムの維持には、このセクターの様々な関係者が参加することが重要です。GRA の AHN のようなプラットフォームは、データ収集システムの主催や促進において役割を果たすことができます。健康への介入による影響を捉えるための別の手法として、不健康な家畜の割合と、健康状態が GHG 排出量に与える影響を特定することによって、ベースラインを修正することができます (例: Mostert [2018])。

図 4 に示した Tier 2 パラメータを知るために必要なデータは、国内のさまざまな情報源から入手することができます。体重、乳量、カテゴリーごとの家畜頭数などのパラメータに関する良質なデータを確保するためには、専用の体系的なアンケート調査や農場の実績(パフォーマンス)モニタリングシステムが理想的ですが、二次情報(またはいわゆる「専門家の知識」)、モデル化も利用できます。例えば、MacLeod ら (2018) は、感染牛と非感染牛の生産性を報告した縦断・横断研究の文献調査に基づいて、東アフリカにおけるトリパノソーマ症治療の成績への影響を推定しました。また、家畜疾病監視・情報システム (EMPRES-*i* や WAHIS など) や、セクターを超えたワン・ヘルス・インテリジェンスのシステムからもデータを取得することができます。

畜産セクターからの排出量がどのように国家 GHG インベントリに報告され、NDC に含められるかは、未解決の課題の一つです。



インベントリの算定方法は、各国に部門ごとに発生する直接排出量のみを報告するよう求めています。畜産セクターでは、消化管内発酵による CH₄ の排出と、糞尿管理による CH₄ と N₂O の排出がこれに相当します。飼料の生産、処理加工、輸送からの排出とその他のエネルギー使用による排出は、「農業用土壌」またはエネルギー分野で報告されます。家畜の健康への介入による影響により、家畜レベルの直接排出量と群またはサプライチェーンレベルでの排出量の間トレードオフが生じる可能性はありますが、後継家畜の必要頭数が減少し、直接排出量には含まれない飼料の摂取と生産が減るため、群またはサプライチェーン全体の排出量は減少する可能性があります。このような間接排出量の変化も反映させるべきです。

家畜の疾病や家畜の健康の改善の影響に関する活動量データは、試験や測定、モデル化研究を報告する文献など、さまざまな情報源から得ることができます(さまざまなスケールの例については、この摘要書の第 2 章を参照下さい)。ただし、活動量データの利用可能性を向上させるためには、以下のような制限に対処する必要があります。

- 死亡率、受胎率は、国家統計で報告されている家畜頭数には通常含まれません。これらの数字は通常、体系的な調査ではありませんが、年間成長速度の仮定に基づく推定値であり、通常、家畜の健康の改善は反映され

ていません。これは、より定期的で体系的な家畜アンケート調査や家畜検査によって家畜頭数の推定値を向上させるか、群のモデル化を使用することで対処できます。

- Tier 2 の手法で消化管内 CH₄ の推定に用いられるメタン変換係数 (Y_m、飼料エネルギーの CH₄ への変換率) は、通常、家畜の健康の改善に起因する潜在的な変化は含んでいません。この影響を定量化する研究が増えれば、より多くの参考文献を作成することができるでしょう。より複雑なモデルとデータ要件を持つ Tier 3 手法も、状況によっては必要かもしれません。
- 疾病のために廃棄された製品(例: 生乳や肉)は、国家統計で報告される総生産量に含まれないかもしれず、したがって、必ずしも GHG インベントリには含まれていません。これは、サプライチェーンの様々な段階における廃棄物や損耗について、食肉や生乳の処理加工業者からのデータも含めて、より適切に推定することで対処できる可能性があります。
- 疾病のある家畜のエネルギー要求量は、家畜によって、また疾病によって大きく異なります。したがって、疾病が Y_m に与える影響について、様々な状況で、より多くの活動量データの参考資料を作成するための研究が必要です。

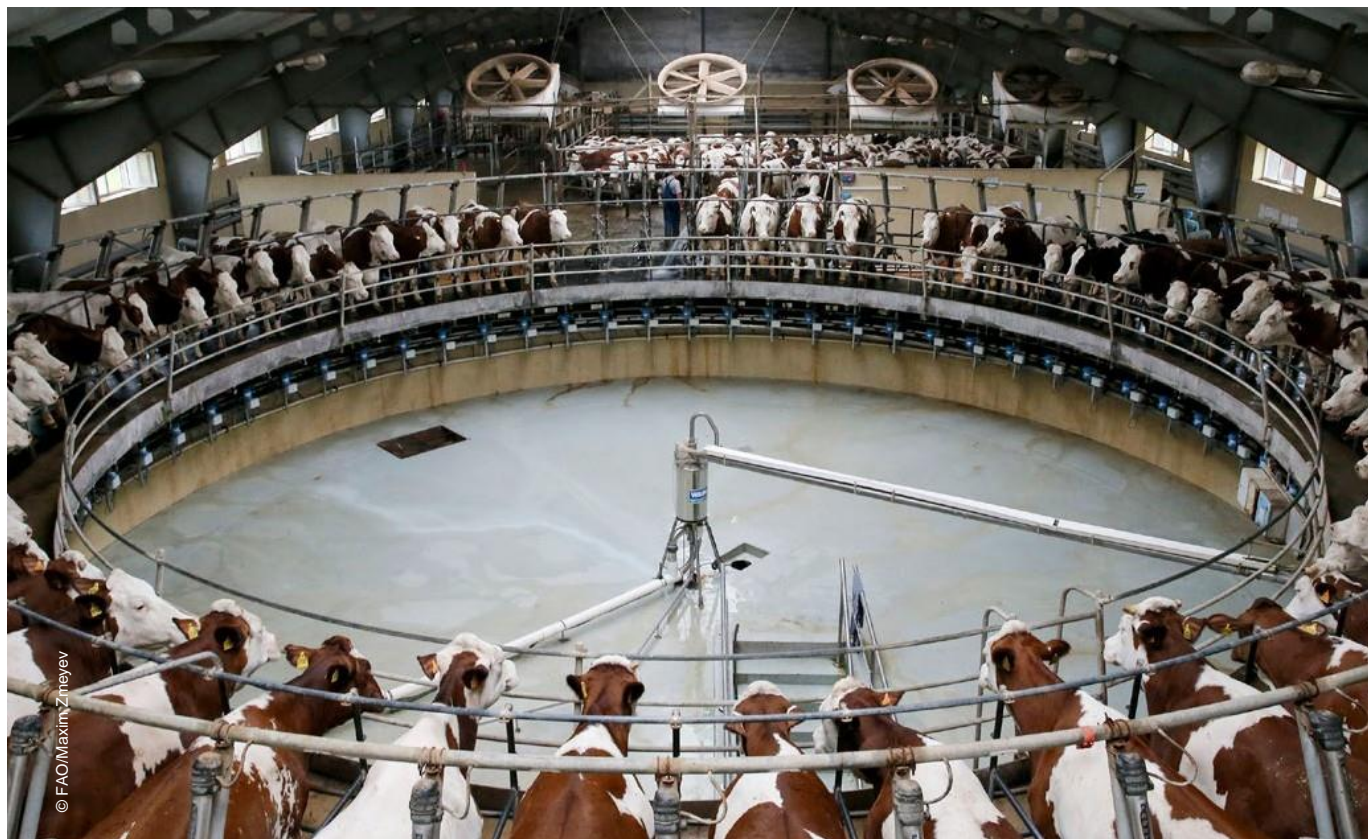
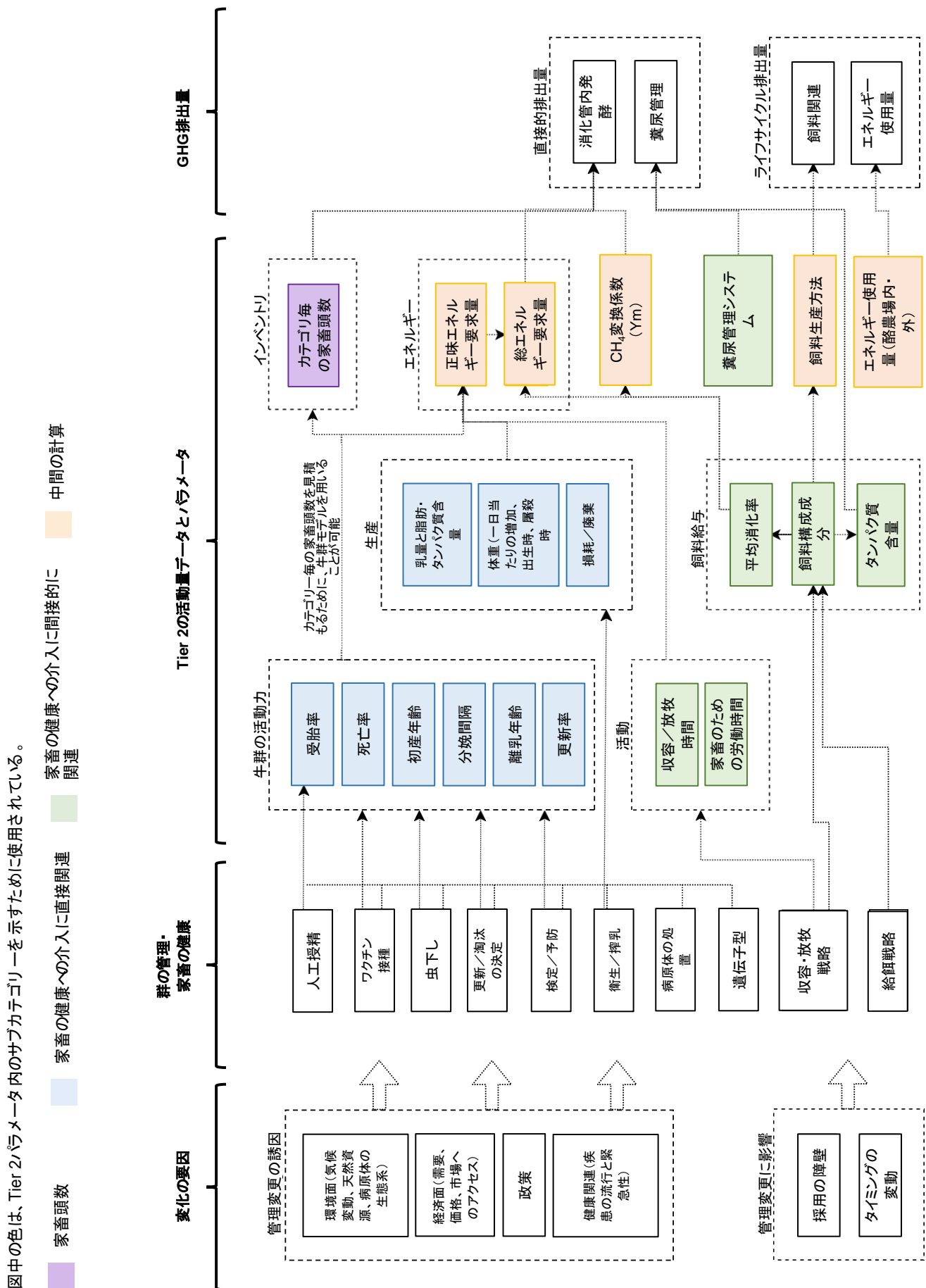


図 4. IPCC Tier 2 の算定方法で計算された、家畜の健康への介入と GHG 排出量の関連性の概要

消化管内 CH₄ 排出量の計算を特に詳しく説明しているが、他の排出カテゴリーも考慮している。家畜の健康と管理の意思決定に影響を与える包括的な要因も強調されている。出典: 変化の要因、群の管理・家畜の健康への介入、Tier 2 パラメータと GHG 排出量に関する GLEAM-GLEAM-i(IPCC に基づく)について、Kipling ら(2021)の報告を基に筆者らが推敲した。





3.2. 環境を整える

NDC は、通常、各国の環境省が主導しており、畜産システムの情報は緩和の入口である生産性と効率性を含めるには必ずしも十分ではありません。その結果、群の規模を縮小することが唯一の選択肢とされることもあります。また、家畜に特化した技術的な選択肢が含まれることもありますが、国内の群の大部分には関係していなかったり実現できなかったりしています(例:大規模放牧システムにおける脂肪補給)。この課題は、利用可能な選択肢について、国の政府レベルで認識と理解力を向上させる必要性を強調しています。また、NDC の数値目標設定とそれに伴う実施計画の策定において、制度的な取り決めや各国の事情に合わせたツール、幅広いステークホルダーとの協議が必要であることも強調しています。

したがって、畜産を担当する省庁との包括的な連携や、異なる省庁間の定期的なコミュニケーションは、畜産と排出に関する情報を持つ人物を特定するために不可欠です(事例研究 3 参照)。実践の変更を持続させ、気候変動に強い農業(CSA)を政策に取り入れるためには、能力開発とパートナーシップ構築が重要な要素となります。能力開発は、情報管理、研究、ステークホルダーのプロセス、エビデンスに基づく政策決定など、あらゆるレベルで必要です(Arslan, 2017)。

制度的マッピングの目的は、CSA の目標を支援する権限を持つすべての機関の役割と、CSA を支援する環境を確保するために対処すべき不均衡や障壁を特定することです(同上, 2017)。政府の役割には、気候変動の影響に対してより脆弱である、またはリスクが高いと予測される国々を優先した、国家レベルでの獣医サービスの強化も含まれます(FAO, 2020)。ここで重要なのは、風土病や生産を制限する疾病は克服すべき国の問題であり、したがって、すべての関係者を巻き込んだ能力開発(例:研修、意識向上)、報告、特にそれらを対象とした行動計画が必要であることを政府が認識することです。また、そのほとんどが公的部門の外にある、基本的な家畜保健サービスの提供が重要です。

家畜の健康と国家の気候変動に関するコミットメントとを関連付ける包括的な政策や法律を特定することが極めて重要です。既存の国家農業開発・投資計画、国家気候変動戦略、持続可能な開発計画や、主要な農業・気候変動関連プログラムのスクリーニングは、例えば国家農業投資計画、国としての適切な緩和行動(NAMA)、国家適応行動プログラム、国連気候変動枠組み条約(UNFCCC)への国家コミュニケーション、開発途上国における森林減少および森林劣化による排出量の削減プログラム、パリ協定に先立って UNFCCC に提出した NDC など、不均衡や優先分野の特定に有益です(Arslan, 2017)。

例えば、NDC と国の適応計画を支援する人々の間で調整を強化すれば、緩和と適応の両方の目標を達成し、それを行動に移すための家畜の健康への介入の設計を支援することも可能です。

もう一つの重要な要素は、各国が家畜の健康の改善など、セクターの効率向上を目的としたプロジェクトに取り組むことです(FAO, 2022)。このようなプロジェクトは様々な規模で実施することができますが、畜産に焦点を当てた大規模な投資は、国家インベントリでの報告に関連できる可能性が高いです。飼料の品質とサプライチェーンの改善を目的としたプロジェクトの一環である国家ワクチン接種キャンペーンは、その国の緩和意欲に貢献していると認識することができます(6 か国を対象とした事例研究 1 を参照)。このため、政府や国際金融機関が資金を提供する大規模な畜産プロジェクトでは、GHG 排出量算定システムの開発(プロジェクトの前または後)を支援し、その結果を国家インベントリに反映させることが推奨されます。

例えば、世界銀行の畜産ポートフォリオは、2010 年の年間平均 1 億 5000 万米ドルから、2019、2020、2021 年には年間約 7 億米ドルにまで増加しています。世界銀行は、多国籍開発銀行の共同手法を用い、2019~2021 年に畜産ポートフォリオが生み出す気候変動による共益の平均値を 61 パーセントと推定しています。これは、農業ポートフォリオ(57 パーセント)よりも高く、過去 3 年間の平均値(55 パーセント)と比べても改善を示しています(van Nieukoop, 2021)。事例研究 1 は、西アフリカの 6 力国で運営されている国家規模のプロジェクトの一例です。

IFAD はもう一つの国際金融機関として、過去 40 年間に総投資額の 7 パーセントを占める 15 億米ドルを畜産開発プロジェクトに投資してきました。IFAD の加盟国では、2010~2020 年に、低・中所得国(LMIC)の最貧困層や辺境の家畜生産者を対象とした、年間平均 6320 万ドルの畜産分野への投資需要が大幅に増加しました。家畜保健サービスの利用可能性とアクセスしやすさの強化への投資は、全体の 12.3 パーセントを占めました(A. Rota, 私信, 2022)。事例研究 2 は、キルギスタンでのこのようなプロジェクトの一例です。

3.3. 研究の必要性とエビデンス構築

前項で挙げたデータや参考文献は、農場モニタリングシステムを確立した国々には存在するものの、ほとんどの LMIC ではいまだに不足しています。統計局には幅広いかつ膨大な量のデータが集まっており、疾病が GHG 排出量に与える影響を評価するのに利用できるため、ここでの投資優先分野は、さまざまな国家統計局との連携になります。次に、研究インフラには、さらなる重点化が必要です。例えば、Merbold ら(2021)は、このようなデータや参考資料の作成を支援するアフリカの環境研究のインフラを確立するための青写真を作成しました。この青写真は、様々な要素で構成されています。すなわち、既に存在する観測地点の目録、気候現象の予測における不確実性を低減するために役に立つ地点の空間的細分化、そして今後 30 年間にわたる大陸全体のこのようなプロジェクトの全体的な推定コスト(推定 5 億 5000 万米ドル)です。また、電子インフラの開発、能力、およびオーナーシップを確保するためにステークホルダーを含めることの必要性も強調されました。

気候変動と疾病・宿主の分布の間の複雑な動きを予測し、モデル化するための研究能力を向上させるための投資が必要になります。主要なパラメータ(Kipling *et al.*, 2021)と主要なパフォーマンス指標(Statham *et al.*, 2020)に関する初期の研究は、手法に何らかの光を当てることができます。

進行中の取り組みの影響に関するデータを向上させ、将来の家畜の研究の脅威の予測に役立つ研究を推進すること、家畜の健康におけるイノベーションと技術を促進し、新たな疾病の脅威を管理するための監視を改善すること、家畜の健康に対処する選択肢が、飼料給与、遺伝資源、生産システム、食品安全、バリューチェーンなどの他の次元と確実にリンクしていることが重要になります(FAO, 2020 年)。飼料摂取量、成長速度、または生産量に対する健康状態の効果は、消化管内 CH₄ への影響や糞尿に含まれる揮発性固形物の量を測定するよりも比較的容易に定量化できます。同様に、排出原単位は消化率や Ym 因子の変化に非常に感度が高い(MacLeod *et al.*, 2018 年)にもかかわらず、家畜の DM とエネルギー摂取量に基づく固定式を用いた Tier 2 IPCC プロトコルには限界があり、家畜の健康状態の変化を十分に反映しません(Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。インベントリのためのツール(例: IPCC 等式)と研究開発のためのツール(例: モデル化)を改善するために、さらなる試みが可能です。GHG 排出量への影響という面から、飼料と栄養の側面を家畜の健康に関連付ける実験的研究が必要であり、特に、異なる措置が相互作用する場合、1 つ以上の措置があるときに、家畜の健康への介入の GHG 排出量への帰属を特定することが必要です。まず、最も影響の大きな疾病を優先化し、優先度の高い家畜の疾病が、先に挙げた Tier 2 パラメータ(受胎率、死亡率など)に与える影響に関するデータを作成することが有用になる可能性があります。群パラメータが潜在的に相関していることを考えると、確率論的分析は介入の影響をよりよく捉えることが可能です。





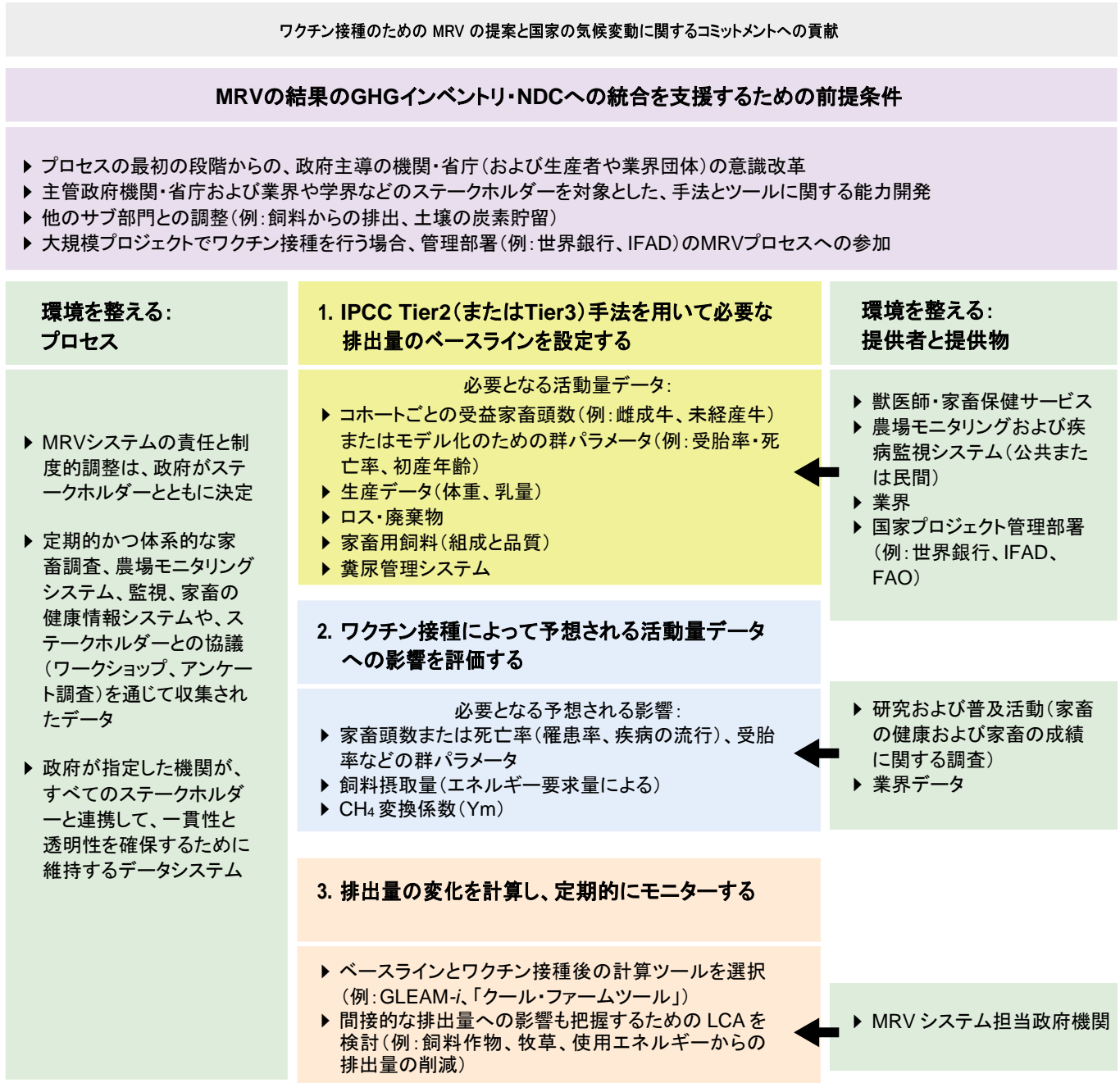
LCA 研究は、死亡率、受胎率、飼料利用効率、農業システムの生産物の品質特性の変化を通じて、管理の変更が GHG 排出に及ぼす結果を評価することができますが、疫学データは家畜または群レベルでしか利用できず、国レベルのモデル化へのスケールアップは困難です (Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。現在の標準的な方法では、食肉または枝肉の重量に関する指標を用いており、栄養の質に関する区別はありません。例えば、脂肪・タンパク質補正乳 (FPCM) は、標準的な脂肪とタンパク質の含有量を使用しています。同様に、LCA 研究において排出量を食用製品だけでなく、他の製品、例えば糞尿や、社会的価値や強靭性といった他の機能にも配分することは、結果に影響を与えそうです (MacLeod *et al.*, 2018)。このことに取り組むには栄養機能単位がより有用ですが、疾病時の家畜組織の化学的特性に関するデータは容易に入手できません (Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。結果の報告が行われる単位も重要です。例えば、寄生虫の寄生は、一日あたりの消化管内 CH₄ の産生量を減少させる一方で、DM 摂取量単位あたりの CH₄ 産生量に影響せず (Houdijk *et al.*, 2017)、増加 (Fox *et al.*, 2018) もさせませんが、消化性有機物摂取量単位あたりの CH₄ 産生量を増加させる可能性があります。同様に、一日あたりの糞尿からの CH₄ と N₂O 排出量は変わらないかもしれませんが、糞尿からの CH₄ と N₂O は DM 摂取量単位あたりと消化性有機物摂取量単位あたりでは増加することがあるかもしれません (Houdijk *et al.*, 2017)。

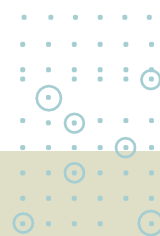
現在のモデルは通常、GHG 排出量の定量化のみに限定されていますが、将来的にはトレードオフを捉えるために、他の環境外部性、例えば富栄養化、酸性化、水利用、生物資源利用を組み込むことを考慮することが重要になるでしょう (Mackenzie and Kyriazakis, 2021)。実験的調査は、主に消化管内 CH₄ 排出への影響に焦点を当てていますが、糞尿 CH₄ と N₂O への影響も重要な意味を持つことができます (Houdijk *et al.*, 2017)。反芻動物(および牧草地媒介寄生虫などの風土病による生産の制限を受けやすいことから主に大規模システム)に焦点が当たってはいますが、世界的に消費される畜産物の割合が増加していることから、豚や鶏のシステムにも焦点を広げ、土地利用や飼料・食料競合などの付随する間接的な作用を検討する必要があります。最も費用対効果の高い緩和策を特定するために、経済的側面を環境モデル化に統合することも重要です。これはまた、特定の健康への介入に対する資金や補助金の分配を促進することも可能にします。

3.4. 測定、報告、検証の提案

本摘要書の第2節で特定された影響と第3節で挙げられた課題に基づいて、国家の気候変動に関するコミットメントにおいて家畜の健康を含めるために、ワクチン接種(図5)の例を用いてMRVを起草しました。

図5. 国家 GHG インベントリまたは NDC にワクチン接種の影響を含めるための MRV の提案





事例研究 1

6 カ国における家畜の健康管理についての気候変動対策の共益をより適切に説明するための技術支援:「サヘル地域牧畜支援プロジェクト (PRAPS-2)」(世界銀行)

世界銀行が西アフリカの 6 カ国で資金提供している 3 億 7500 万米ドルのプロジェクトには、国家インベントリや気候変動に関するコミットメントにはまだ計上されていないものの、気候変動対策による共益が大きい大規模な家畜の健康の構成要素が含まれています。PRAPS の第 2 フェーズ (PRAPS-2) では、ブルキナファソ、チャド、マリ、モーリタニア、ニジェール、セネガルで推定 1300 万人が恩恵を受けると予想されます。このプロジェクトでは、家畜疾病制御と撲滅戦略の調和、PPR と CBPP へのワクチン接種のスケールアップ、疾病監視プログラムから獣医サービスの強化と家畜用医薬品の管理まで、より強固な家畜保健システムに投資する予定です。特に、獣医療ユニット、国境検査所、ワクチン接種所、家畜市場、移牧・貿易ルート沿いの休憩所など、重要なインフラの建設、修復、アップグレードに大きなインセンティブが与えられるでしょう。GHG 排出量に対する PRAPS-2 の介入の影響は、世界銀行の環境的・社会的セーフガードの仕組みの一環として、FAO が GLEAM-*i* というツールを使って試算したものです。この分析に必要な一次データは、各国の PRAPS-2 準備チームと共同で収集されました。家畜の健康の改善の影響は、受胎率、体重の増加、死亡率の減少に反映されています。一方、干ばつは、受胎率の低下、死亡率の増加、生体重、および乳量の減少をもたらすことが予想されました。市場アクセスが改善され、畜産の商業化が促進されたため、耕作放棄地率は上昇すると予想されます。生殖可能な家畜頭数の改善による影響の一部または全部を、取水率の増加 (干ばつも含む) が補います。さらに、飼料の質は、PRAPS-2 の一部でもある飼料作物の開発と放牧地の管理の改善を反映して、わずかに改善されました。

本プロジェクトでは、6 カ国平均で 39 万 9828 トン CO₂e/年の正味マイナスバランスを示したと試算されました。特に、家畜の健康が大きく改善され、総タンパク質生産量 (食肉 + 牛乳) が 20 パーセント増加したにもかかわらず、畜産からの排出量は結果として増加しないと試算されました。タンパク質 1 kg あたりの排出量は、17 パーセント削減される見込みです。

FAO は、6 カ国政府および世界銀行と協力し、PRAPS-2 の気候変動対策による共益を国家の気候変動に関するコミットメントに反映させるための活動を継続する予定です。このことは、特に 6 カ国の政府のプロジェクトチームが PRAPS-2 の活動によって影響を受けた排出量を計算しモニタリングする能力を開発するために、ツール、データ、方法に関する技術支援とトレーニングを継続的に行う必要があります。それぞれの国のインベントリーチームと NDC チームも、この技術支援に含まれています (図 6)。

西アフリカ

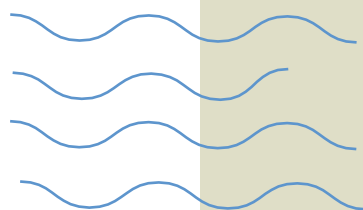
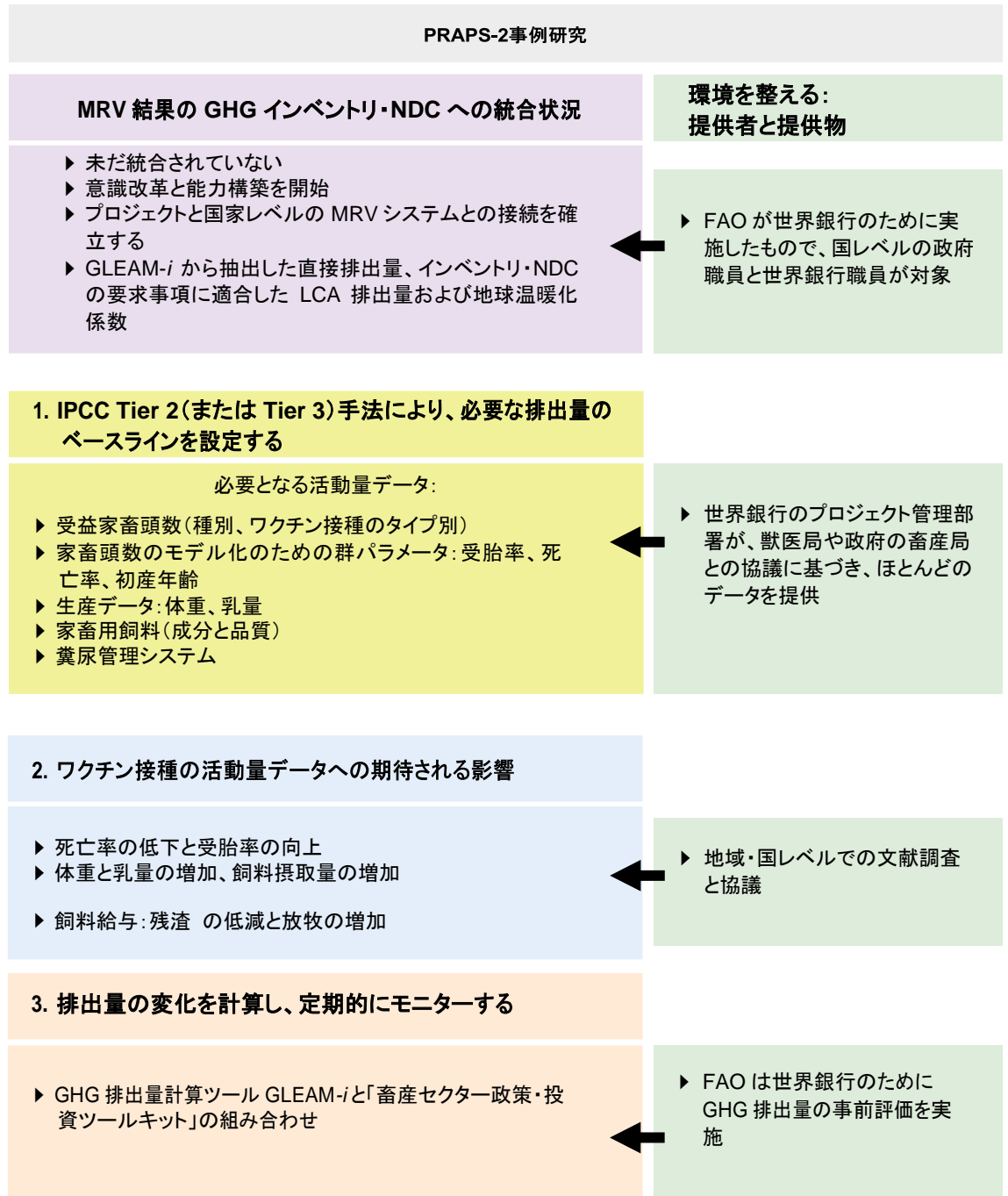
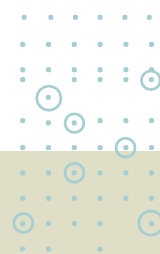


図 6. サヘル地域 6 カ国での PRAPS-2 プロジェクトによる家畜の健康への介入を評価するための MRV システム





事例研究 2

国が決める貢献の改定プロセスに家畜の健康改善を含めるための手法： キルギスタンでの「地域の強靱性のある牧畜コミュニティ・プロジェクト (RRPCP)」(IFAD)

FAO と IFAD は共同で、キルギスタンにおける大規模な畜産プロジェクトの影響を試算し、国家インベントリーや将来の NDC 改定に含めるための道筋をつけました。RRPCP は、牧草地と家畜の生産性を向上させ、牧畜コミュニティの気候変動に対する強靱性を強化することにより、農村部の貧困を削減することを目的としています。このプロジェクトでは、家畜の健康と生産性を向上させることを具体的な目標としています。プロジェクト活動に伴う GHG 排出量の試算に用いた手法とデータは、IFAD と FAO (2021) が報告しています。FAO は、GLEAM-i のツールを用いて、プロジェクト介入の GHG 排出量への影響を試算しました。GLEAM-i が対象とする排出源は、投入資材の生産からファームゲートまでの LCA 排出量です (FAO, 2021)。データの収集と検証は、プロジェクト文書の見直しや文献調査によって情報を補完することに加え、畜産科学者、民間企業、政府関係者、獣医サービスなどのステークホルダーとの協議によって可能となりました。

この評価で行われた手順は以下の通りです。i) 施策を特定する：ワクチン接種 (ブルセラ症、口蹄疫、羊・ヤギ痘)、飼養の改善 = 健康の改善および繁殖の改善、ii) プロジェクトの目標に基づきパラメータを定義し、それらが互いにどのように関連するかを明らかにする：死亡率、更新率、初産年齢、生体重、さらに飼料と糞尿管理、iii) 文献や専門家の意見から、プロジェクトの対象や改善を反映するための具体的なパラメータの変更を探す、iv) 方策やツールを選択する：方策：データ検証ワークショップ、専門家の意見、文献調査、LCA 排出量、直接排出量 (NDC 入力用)、ツール：GLEAM-i、v) 影響を報告する：絶対排出量、排出量原単位、飼料摂取量、タンパク質生産量。プロジェクトありのシナリオでは家畜頭数はベースラインと同じ数値にとどまることが予測され、プロジェクトなしのシナリオでは (NDC の数値に関して) GDP 農業予測に基づいて増加し、(LCA の数値に関して) 20 パーセント増加しました。

ワクチン接種を含む対策を組み合わせ実施したプロジェクトを総合評価した結果、総排出量を 17 パーセント削減、排出原単位を 20 パーセント削減、タンパク質生産量を 4 パーセント増加、飼料摂取量を 15 パーセント削減させたことがわかりました。NDC 改定のための入力として 2022 年と 2025 年、2030 年を比較した計算では、総排出量は 2025 年に 11 パーセント、2030 年に 24 パーセント削減され、排出原単位は両年とも 21 パーセント削減されました (図 7)。

キルギスタン

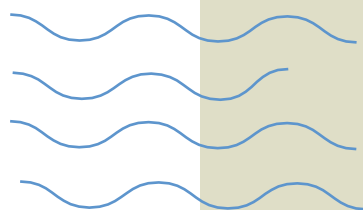
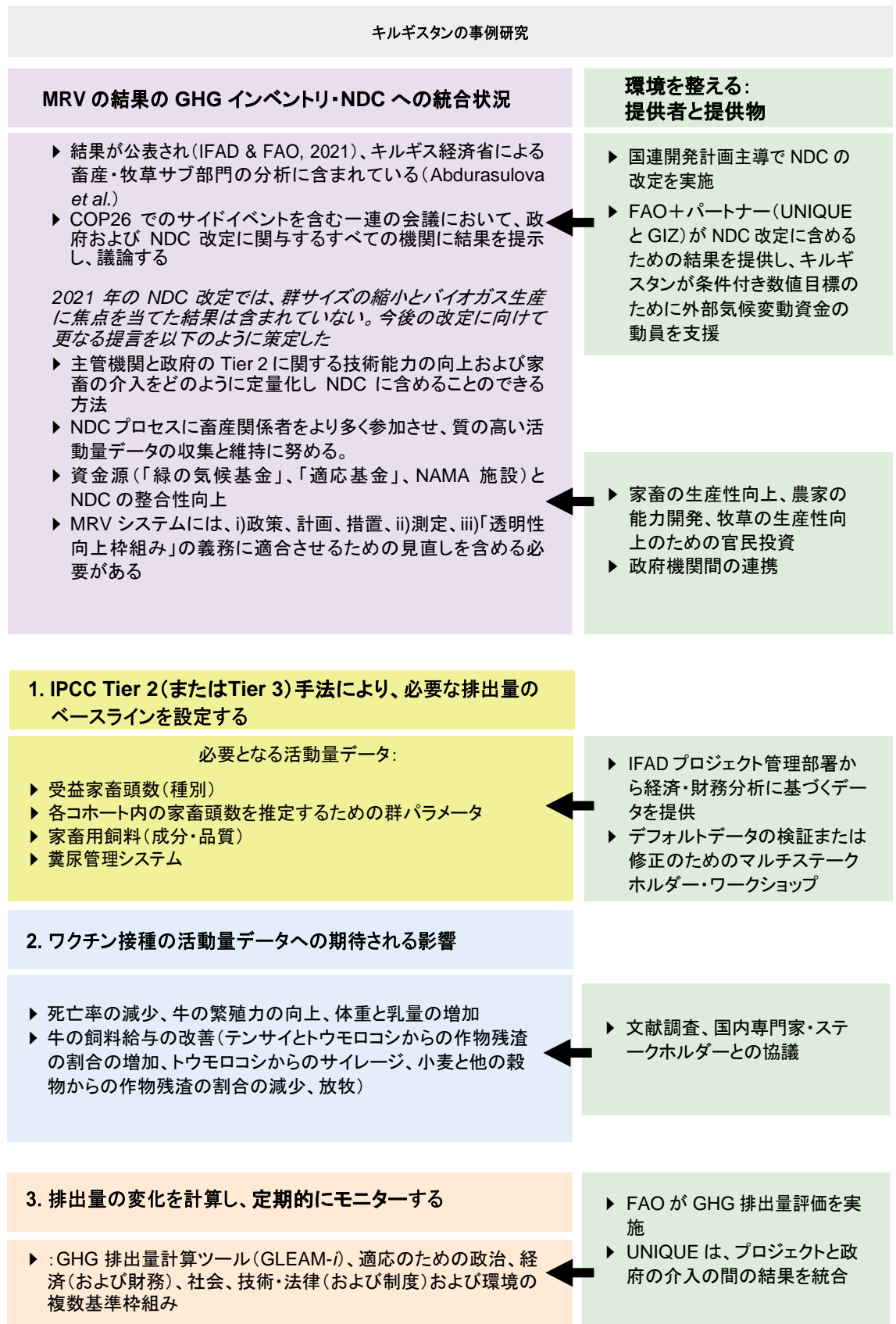
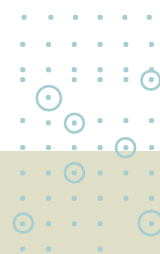


図 7. キルギスタンにおける家畜の健康への介入を評価するための MRV システム
GIZ はドイツの機関であり、UNIQUE は気候変動に特化したコンサルタント会社である。





事例研究 3

セクターのすべての関係者を動員するイニシアチブ: フランスの低炭素酪農

低炭素酪農イニシアチブ(<https://www.low-carbon-dairy-farm.com/>)は、酪農場から排出される GHG を削減することを目的としており、酪農家の農場や意欲に合わせた個別のアドバイスや解決策を提供しています。費用対効果の高い主な緩和策として、群の管理と糞尿管理(群の健康と乳量、遺伝子改良、未経産牛と更新率、糞尿・堆肥の有効利用など)が挙げられ、10~15 パーセントの削減が期待できます(Dollé, 2019)。家畜の健康状態の改善は、緩和行動計画を構築するために酪農家に提案された主な行動ポイントの1つです。参加する酪農家は、2013~2023年に、生乳のカーボンフットプリントを20パーセント削減することを約束します(家畜の健康を含む、実施したすべての措置から)。排出量は、フランス畜産研究所(IDELE)が開発した診断ツールである「責任ある開発のための環境成績の自動計算(calcul automatisé des performances environnementales pour des exploitations responsables (CAP'2ER®))」によって試算されます。CAP'2ER®は、IPCCの手法のTier 2とTier 3を組み合わせて、介入による環境影響を試算します。CAP'2ER®の評価には2つのレベルがあります。レベル1は簡易的な分析で、観測所を設置し、実践と環境との関連性を明らかにすることを目的としています。レベル2は、より包括的な分析で、緩和策のシミュレーション、個々の炭素行動計画の策定、炭素市場へのアクセスを目的としています。現場でのレベル2評価の支援は、農業会議所、フランスの生乳記録の傘下の企業、乳業会社のアドバイザーの支援によって可能になっています。国および民間部門の両方が、このプロジェクトの大規模な実施を資金援助しています。

CAP'2ER®で実施した分析によると、フランスの平均的な農場は61万1635 kg CO₂e/年を排出し、90 haの生物多様性を維持し、6万900 kg CO₂e/年を貯留し、これは1万6600 kgの炭素に相当し、光合成、草地、生垣を通してGHG排出量の11パーセントを相殺し、その生産物のタンパク質含有量によって1840人に食料を提供しています(Danilo *et al.*, 2017)。

低炭素の実践を採用する際の主な障壁は、生産利益の不確実性、承認された炭素会計手法や炭素削減量を証明するモニタリングツールの欠如、低炭素戦略の財政支援に関する認識不足と特定されています(Dollé, 2019)。これらの障壁に直面し、モニタリングプロトコルが開発されました。

低炭素酪農プロジェクトは農場レベルで活動しています。一方、インベントリは、農場の効率や環境への影響を特徴づける活動量データの規模が農場ごとに異なるため、個々の農場で適用されている緩和策に敏感でない可能性があります。しかし、今後、インベントリの手法を改善し、低炭素酪農によって達成された緩和策がGHGインベントリに反映されるようにするため、このイニシアチブは、GHG排出量と大気汚染物質に関する情報を計算、検証、普及する非営利団体である「大気汚染に関する研究専門家間技術センター(CITEPA)」(<https://www.citepa.org/fr/presentation/>)と連携しています。CITEPAは、フランス環境連帯移行省に代わり、排出量インベントリを作成しています。CITEPAには、産業界、業界団体、エネルギー生産・販売会社、コンサルタント会社、研究機関、測定機関、大気質監視協会が加盟しています(図8)。

フランス

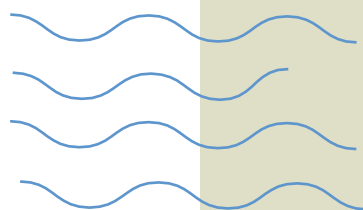
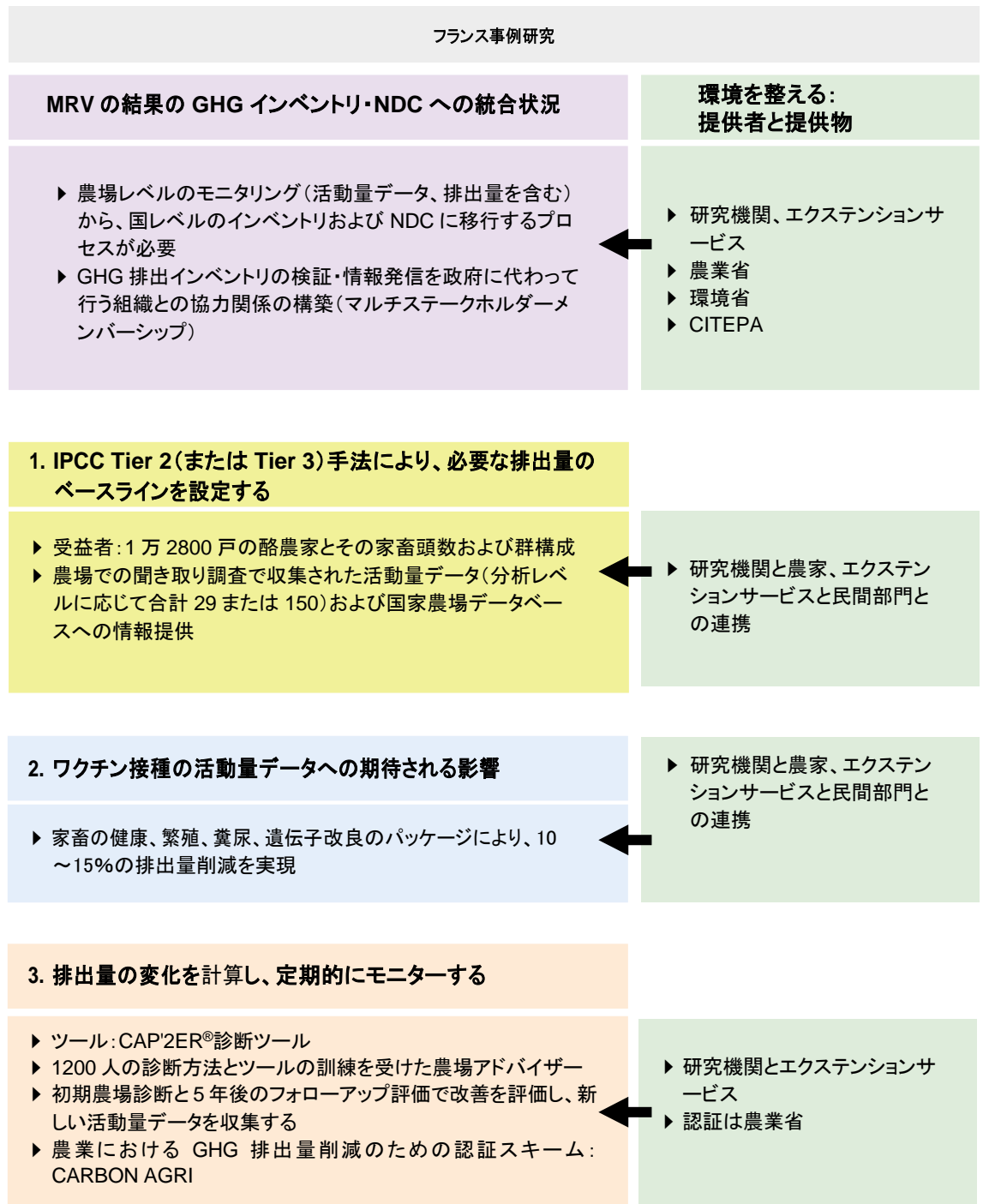


図 8. フランスにおける農場レベルでの緩和策パッケージの評価のための家畜の健康への介入を含む MRV システム



事例研究から学んだ共通の教訓

この摘要書に含まれる 3 つの事例研究は、家畜の健康への介入の多くが、特定の疾病よりは、一般的な家畜保健支援の役割と幅広い適用に焦点を当てていることを示しています。これは、政策や開発活動は、一般的には一度に複数の入口を対象にすることを目的としているためです。また、このことは家畜の健康への介入が GHG 排出量に与える影響を定量化し、細分化することを、より困難にしています。

定量化は、生産レベルだけでなく、バリューチェーンにおけるモニタリングとデータの利用性や品質にも大きく依存しており、これには多大な財源が必要になります。LMIC の国々ではそのような資源は限られているかもしれませんが、家畜の健康の改善が GHG 排出にもたらす便益を達成するための最大の可能性を秘めているのもそれらの国々です。

3 つの事例研究とも、家畜の健康への介入が、国レベル(事例研究 1)または地方レベル(事例研究 2)の大規模開発プロジェクトを通じて行われるか、サプライチェーン全体の支援による農家の関与(事例研究 3)を通じて行われるかにかかわらず、定量化はさまざまな国や状況においても可能であることを示しています。3 つの事例のすべてにおいて、関係するさまざまな政府機関・省庁との調整、能力開発、適切なツールが重要になっています。



参考文献

- Abdurasulova, G., Wassie, S., Özkan, Ş., Mundy, O., Mottet, A., Eralieva, M., Ibraimova, A., Tenningkeit, T. & Wilkes, A. 2021. *Analysis of livestock and pasture sub-sectors for the NDC revision in Kyrgyzstan*. [link](#)
- ADAS. 2015. *Study to model the impact of controlling endemic cattle diseases and conditions on national cattle productivity, agricultural performance and greenhouse gas emissions*. [link](#)
- Arslan, A. 2017. *The Theory of Change for the CSA Approach: A Guide to Evidence-Based Implementation at the Country Level*. Available SSRN 3300001. [link](#)
- Buto, O., Galbiati, G., Alekseeva, N. & Bernoux, M. 2021. *Climate finance in the agriculture and land use sector – global and regional trends between 2000 and 2018*. Rome, Italy. [link](#)
- Danilo, S., Brocas, C., Dolle, J.-B., Lejard, A., Blondel, A., Morin, C., Prigent, A. & Sicot, I. 2017. *Overall results of life carbon dairy*. [link](#)
- Dolle, J.-B. 2019. *Partnerships for dairy and beef low carbon initiatives in France*. 7th Greenhouse Gas and Animal Agriculture Conference, Iguassu, Brazil. [link](#)
- Drieux, E., Van Uffelen, A., Bottigliero, F., Kaugure, L. & Bernoux, M. 2021. *Understanding the future of Koronivia Joint Work on Agriculture*. Boosting Koronivia. Rome, Italy. [link](#)
- FAO. 2020. *Animal health and climate change*. Rome, Italy. [link](#)
- FAO. 2021. *Global Livestock Environmental Assessment Model – Interactive (GLEAM-i)*. Guidelines, Version 1.9. [link](#)
- FAO. 2022. *Prioritizing the reduction of methane in livestock climate actions in the Eastern Africa Region – Policy brief*
- FAO & GDP. 2018. *Climate change and the global dairy cattle sector: The role of the dairy sector in a low-carbon future*. [link](#)
- FAO & GRA. 2020. *Livestock activity data guidance (L-ADG): methods and guidance on compilation of activity data for Tier 2 livestock GHG inventories*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2017a. *Options for low emission development in the Kenya dairy sector - reducing enteric methane for food security and livelihoods*. Rome, Italy. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2017b. *Low-emissions development of the beef cattle sector in Argentina*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2017c. *Supporting low emissions development in the Ethiopian dairy cattle sector – reducing enteric methane for food security and livelihoods*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2017d. *Options for low emission development in the Bangladesh dairy sector – reducing enteric methane for food security and livelihoods*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2017e. *Options for low-emission development in the Sri Lanka dairy sector – reducing enteric methane for food security and livelihoods*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2019a. *Options for low emission development in the Uganda dairy sector - reducing enteric methane for food security and livelihoods*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2019b. *Options for low emission development in the Tanzania dairy sector - reducing enteric methane for food security and livelihoods*. [link](#)
- FAO & NZAGRC. 2019c. *Soutenir un développement a basses emissions des secteurs laitiers pastoraux et agropastoraux en Afrique de l'Ouest (Benin, Burkina-Faso, Mali, Niger & Senegal)*. [link](#)
- Fox, N.J., Smith, L.A., Houdijk, J.G.M., Athanasiadou, S. & Hutchings, M.R. 2018. Ubiquitous parasites drive a 33 percent increase in methane yield from livestock. *Int. J. Parasitol.* 48, 1017–1021. [link](#)
- Gerber, P.J., Steinfeld, H., Henderson, B., Mottet, A., Opio, C., Dijkman, J., Falcucci, A. & Tempio, G. 2013. *Tackling climate change through livestock: a global assessment of emissions and mitigation opportunities*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). [link](#)
- Hammer, T.J., Fierer, N., Hardwick, B., Simejoki, A., Slade, E., Taponen, J., Viljanen, H. and Roslin, T., 2016. Treating cattle with antibiotics affects greenhouse gas emissions, and microbiota in dung and dung beetles. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1831), p.20160150. [link](#)
- Houdijk, J.G.M., Tolcamp, B.J., Rooke, J.A. & Hutchings, M.R. 2017. Animal health and greenhouse gas intensity: The paradox of periparturient parasitism. *Int. J. Parasitol.* 47, 633–641. [link](#)
- IFAD & FAO. 2021. *Low-carbon livestock development in Kyrgyzstan: Quantifying the future impact of the Regional Resilient Pastoral Communities Project on greenhouse gas emissions* (by Özkan Ş, Mottet A, Mundy O). [link](#)
- IPCC. 2019. *2019 refinement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories*. [link](#)



- Kipling, R.P., Bannink, A., Bartley, D.J., Blanco-Penedo, I., Faverdin, P., Graux, A.-I., Hutchings, N.J., Kyriazakis, I., Macleod, M., Ostergaard, S., Robinson, T.P., Vitali, A., Ahmadi, B.V. & Özkan, Ş.** 2021. Short communication: Identifying key parameters for modelling the impacts of livestock health conditions on GHG emissions. *Animal* 15. [link](#)
- Mackenzie, S. Kyriazakis, I.** 2021. Quantifying the contribution of livestock health issues to the environmental impact of their production systems, in: R, B. (Ed.), *Reducing GHG Emissions from Livestock Production*. [link](#)
- MacLeod, M., Eory, V., Wint, W., Shaw, A., Gerber, P.J., Cecchi, G., Mattioli, R., Sykes, A. & Robinson, T.** 2018. Assessing the Greenhouse Gas Mitigation Effect of Removing Bovine Trypanosomiasis in Eastern Africa. *Sustainability*. [link](#)
- MacLeod, M. & Moran, D.** 2017. Integrating livestock health measures into marginal abatement cost curves. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz* 36, 0. [link](#)
- Merbold, L., Scholes, R.J., Acosta, M., Beck, J., Bombelli, A., Fiedler, B., Grieco, E., Helmschrot, J., Hugo, W. & Kasurinen, V.** 2021. Opportunities for an African GHG observation system. *Reg. Environ. Chang.* 21, 1–12. [link](#)
- Mostert, P.** 2018. *The impact of diseases in dairy cows on greenhouse gas emissions and economic performance*. Wageningen University. [link](#)
- Mostert, P.F., Bokkers, E.A.M., De Boer, I.J.M. & Van Middelaar, C.E.,** 2019. Estimating the impact of clinical mastitis in dairy cows on GHG emissions using a dynamic stochastic simulation model: a case study. *Animal* 13, 2913–2921. [link](#)
- Mostert, P.F., Van Middelaar, C.E., De Boer, I.J.M. & Bokkers, E.A.M.** 2018. The impact of foot lesions in dairy cows on greenhouse gas emissions of milk production. *Agric. Syst.* 167, 206–212. [link](#)
- Mottet, A., Henderson, B., Opio, C., Falcucci, A., Tempio, G., Silvestri, S., Chesterman, S. & Gerber, P.J.** 2017. Climate change mitigation and productivity gains in livestock supply chains: insights from regional case studies. *Reg. Environ. Chang.* 17, 129–141. [link](#)
- Özkan Gulzari, Ş., Vosough Ahmadi, B. & Stott, A.W.** 2018. Impact of subclinical mastitis on greenhouse gas emissions intensity and profitability of dairy cows in Norway. *Prev. Vet. Med.* 150, 19–29. [link](#)
- Özkan, Ş., Vitali, A., Lacetera, N., Amon, B., Bannink, A., Bartley, D.J., Blanco-Penedo, I., De Haas, Y., Dufresne, I., Elliott, J., Eory, V., Fox, N.J., Garnsworthy, P.C., Gengler, N., Hammami, H., Kyriazakis, I., Leclere, D., Lessire, F., Macleod, M., Robinson, T.P., Ruete, A., Sandars, D.L., Shrestha, S., Stott, A.W., Twardy, S., Vanrobays, M.-L., Vosough Ahmadi, B., Weindl, I., Wheelhouse, N., Williams, A.G., Williams, H.W., Wilson, A.J., Ostergaard, S. & Kipling, R.P.** 2016. Challenges and priorities for modelling livestock health and pathogens in the context of climate change. *Environ. Res.* 151, 130–144. [link](#)
- Rose, S., Khatri-Chhetri, A., Stier, M., Vu Hong, T. & Nelson, K.** 2021a. *Agricultural sub-sectors in new and updated NDCs: 2020-2021*. CCAFS dataset version 2.0. Wageningen. [link](#)
- Rose, S., Khatri-Chhetri, A., Stier, M., Wilkes, A., Shelton, S., Arndt, C. & Wollenberg, E.** 2021b. *Livestock management ambition in the new and updated NDC: 2020-2021: Analysis of agricultural sub-sectors in national climate change strategies*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security. [link](#)
- Skuce, P.J., Bartley, D.J., Zadoks, R.N. & Macleod, M.** 2016. *Livestock health and greenhouse gas emissions*. Edinburgh, UK. [link](#)
- Statham, J., Scott, H., Statham, S., Acton, J., Williams, A. & Sandars, D.** 2020. *Dairy cattle health and greenhouse gas emissions pilot study: Chile, Kenya and the UK*. [link](#)
- UNFCCC.** 2021. *Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement*. [link](#)
- United Nations,** 2015. Paris agreement, in: *Report of the Conference of the Parties to the UNFCCC (21st Session, 2015: Paris)*. [link](#)
- van Nieukoop, M.** 2021. *State of World Bank investment in Sustainable Livestock*. [link](#)
- Wilkes, A. & van Dijk, S.** 2018. *Tier 2 inventory approaches in the livestock sector: a collection of agricultural greenhouse gas inventory practices*. [link](#)
- World Bank.** 2020. *Opportunities for climate finance in the livestock sector*. [link](#)

