



三協生  
工業  
株式会社

# Assessment of Carbon Sequestration and Environmental Benefits of Pasture Grass in Sheep Grazing

Yoshiaki Nagasawa



Eccord LLC

羊放牧地における牧草の二酸化炭素吸収量の測定と環境貢献評価

エコード合同会社 永澤 慶章

2025年9月

## 免責事項

本レポートは2025年9月時点の情報に基づき、公開されている論文、報告書、書籍、研究データ等を参考に、最大限の調査努力をもって作成していますが、日本国内法やその他公的なガイドラインを代替するものではありません。参考・引用文献については巻末をご参照ください。

本レポートの作成者は、本レポートの閲覧者が、本レポートに記載されている情報に基づいて行った一切の行為の結果、または本レポートの誤り、不備、欠陥、瑕疵に起因して生じた直接的または間接的な損害について、本レポートを成果物とする契約に基づく責任を除き、契約上、不法行為その他いかなる法理に基づく責任も負わないものとします。

## 謝辞

三協精器工業株式会社の赤松 誉生様ならびに、士別三協株式会社の土橋直也様、現場での調査作業にご協力いただいた職員の方々には、圃場データのご提供、本レポートに有益なご意見をいただいたことに感謝いたします。

本レポートはエコード合同会社の永澤 慶章によって作成されています。

発行:2025年9月 エコード合同会社

北海道釧路市愛国西3丁目31-11

© Eccord LLC, Japan 2025

## 目次

<u>レポート趣旨</u>	3
<u>用語について</u>	4
<u>はじめに</u>	6
<u>第1節 調査の背景と目的</u>	6
<u>第2節 先行・関連研究</u>	7
<u>調査方法について</u>	9
<u>第1節 概論</u>	9
<u>第2節 調査方法</u>	9
<u>調査結果</u>	13
<u>第1章 羊放牧地におけるCO2吸収量の分析</u>	13
<u>第1節 牧草の品種分布について</u>	13
<u>第2節 北海道土別市における天候の分析</u>	14
<u>第3節 調査対象地におけるCO2吸収量の算出</u>	15
<u>第4節 本章のまとめ</u>	17
<u>第2章 羊(サフォーク種)由来CO2排出量の分析</u>	18
<u>第1節 畜産由来のCO2について</u>	18
<u>第2節 羊(サフォーク種)由来のCO2について</u>	18
<u>第3節 本章のまとめ</u>	20
<u>今後の課題</u>	21
<u>チャンバー法による実測値の把握</u>	21
<u>LCAの観点</u>	21
<u>カーボンクレジットの創出</u>	21
<u>結論</u>	23
<u>付録</u>	24
<u>参考・引用文献</u>	25

## レポート趣旨

1. 北海道士別市に位置する対象牧場4.5ha、飼養頭数150頭の羊牧場にて、CO2換算での温室効果ガス吸収量ならびに排出量の算定をIPCCガイドラインに基づいて実施し、年間24,053.11875kgの排出超過であることを算定した。
2. 温室効果ガスの吸収量と排出量の総和がゼロとなるオフセットの実現には、条件を満たす草地の8.2haの拡張が必要となる旨を提示した。
3. カーボンクレジットといった制度の利用に向けて、より精度の高い観測手法やデータの拡充の必要性について提言を行った。

株  
精  
器  
工  
業  
株  
式  
会  
社

## 用語について

用語	本レポート上の定義
二酸化炭素吸収	植物の光合成および呼吸による大気中との二酸化炭素の吸収、排出の収支のうち、二酸化炭素の吸収量が呼吸による排出を上回る状態。
温室効果ガス	大気中の熱を吸収・保持する性質を持つ気体の総称。代表的なものに二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素など。
地球温暖化係数	各温室効果ガスの温室効果を、CO <sub>2</sub> に対する比で示した係数。本レポートでは、IPCC第5次報告書における100年間での評価値を用いる。
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Changeの略。気候変動に関する政府間パネル。世界気象機関(WMO)と国連環境計画(UNEP)が1988年に設立した政府間組織。
CO <sub>2</sub>	二酸化炭素。温室効果ガス定量化の基準となる。
CO <sub>2</sub> 換算値	各温室効果ガスの排出量に、各ガスの地球温暖化係数を乗じて、CO <sub>2</sub> の量に換算した数値のこと。
CH <sub>4</sub>	メタン。温室効果は二酸化炭素の約28倍。
N <sub>2</sub> O	一酸化二窒素。温室効果は二酸化炭素の約265倍。
LCA	Life Cycle Assessmentの略。経済活動(製品の生産やサービスの提供等)における温室効果ガスの排出量を、原料の取得など始期の段階から、廃棄・リサイクルに至る終期の段階まで総合的かつ定量的に評価する手法。
炭素固定	大気中の二酸化炭素を、植物の光合成や土壤への蓄積、あるいは人工的な技術によって炭素化合物などに変換し、大気中に放出せず固定すること。
温室効果ガスインベントリ	一国が1年間に排出・吸収する温室効果ガスの量を取りまとめたデータの総体。

NPP	Net Primary Productionの略。純一次生産と呼ばれ、光合成によって生成された有機物の総量から、植物自身の呼吸によって消費された有機物の量の差を指す。
NEP	Net Ecosystem Productionの略。純生態系生産と呼ばれ、植物・光合成による大気からのCO <sub>2</sub> の吸収と、植物(葉・幹・根)や微生物などの呼吸によるCO <sub>2</sub> 放出量の差を指す。NPPから土壤呼吸による放出量を差し引いた値。
NBP	Net Biome Productionの略。NEP以外の自然要素(火災や洪水、湿地におけるメタン放出など)も考慮したCO <sub>2</sub> 収支。
カーボンクレジット	温室効果ガスの削減または吸収を、プロジェクト単位で認証することで「排出権」として数値化し、市場での流通を可能にすること、またその制度。カーボンクレジットの購入者は、排出した温室効果ガスについて、購入分との相殺(オフセット)を可能にしている。

協  
精  
農  
業  
株  
式  
会  
社

# はじめに

## 第1節 調査の背景と目的

化石燃料の登場により加速度的に発展した近現代社会は、人類史上で例のない温室効果ガスの排出が進み、地球環境の様々な変化をもたらしている。2015年の国連気候変動枠組条約第21回締約国会議(COP21)では、地球温暖化を防ぐための目標として、産業革命以前と比較して世界の平均気温の上昇を2度未満に、できる限り1.5度に抑えることを求める内容が採択され、2020年以降の気候変動対策のための国際的な枠組みとして認知されている。

現実的にこの目標を達成するには、2030年までに2010年比でCO<sub>2</sub>排出量を全世界で約45%削減する必要があるとされている。日本においては、2050年までにカーボンニュートラルを達成する「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」を掲げ、官民一体で脱炭素に向けた動きが加速している。

温室効果ガスの排出源として、酪農・畜産業が挙げられるが、日本における畜産業由来の排出は国全体の1%となっている(農林水産省, 2024)。しかしながら、日本の農林水産分野全体における排出量では、畜産業は約3割を占めており、世界的にも削減に向けた動きが見られる中で、この分野での対策は急務である。

温室効果ガスの削減にあたっては、まず現状の把握、排出量の可視化が求められる。数值による定量化により、目標の設定が可能となり、具体的な削減行動へつながる。一方で、農林水産分野においては圃場の気候的条件や、土壤の違い、生育している家畜の特性や頭数が画一的ではなく、それぞれに応じた検討が求められることから、工業分野と比較して排出量の可視化は進んでいない。また、本分野においては森林や圃場の作物、海洋そのものが温室効果ガスの排出だけでなく、吸収の役割を果たしているものもあり、それらを加味した評価が求められている。

そこで、三協精器工業株式会社ならびに土別三協株式会社の協力のもと、両社が所有する北海道士別市に位置する羊牧場(以下、対象牧場)にて、牧草地のデータの計測検討および飼養頭数等の取得可能なデータから実施できる調査を行い、本レポートにまとめた。本レポートでは、対象牧場の放牧地における牧草の二酸化炭素吸収量の概算を簡易な手法で明らかにすることを主な目的とし、飼養する羊の温室効果ガス排出量についても言及しながら、今後の製品生産におけるLCAへの活用や、CSR活動での参考に資することを図る。

## 第2節 先行・関連研究

農地での二酸化炭素吸収量に関しては、古くから世界各地で研究が進められており、日本においても牧草地での二酸化炭素収支に係る研究が見られる(農林水産省 草地試験場, 1995)。栃木県那須郡の黒毛和種およびF1交雑牛の放牧地で行われた本研究では、草丈や地下茎の計測のほか、被食量の測定を行っている。また、フラックス(大気の流れ)観測のための渦相関法と呼ばれる手法を、超音波風速温度計と赤外線ガス分析計を用いて行っている。本研究では、猛暑の年の夏季を除いて、概ねCO<sub>2</sub>収支がマイナスとなっており、CO<sub>2</sub>吸収源としての牧草地の可能性を示唆している。

上述のフラックス観測点は世界各地に存在し、一定の規模毎に地域ネットワークが構築されている。世界的な統括としては、FLUXNETが各地域のデータを集約しており、観測点におけるデータを取得することができる。しかしながら、フラックス観測による手法では、広範な地域の継続した観測が可能であるものの、専用機材の設置コストのほか、取得データの解析や地域に応じたカスタマイズが課題となっている(農業環境技術研究所, 2006)。

より小規模な測定方法としては、チャンバー法と呼ばれる手法があり、土壤に対して小箱(チャンバー)を設置し、内部での空気の変化を測定する方法である。局所的な計測ができるものの、対象はあくまで土壤の呼吸による空気中の成分変化であり、光合成による二酸化炭素吸収の測定には適さない(木部 & 茂, 2004)。

酪農・畜産が主要産業のニュージーランドでは、2021年に大規模な調査報告を行っており、羊と肉牛の放牧地において、正確かつ包括的な排出量の推定ができないか試みている (Ministry for the Environment of New Zealand, 2021)。当該調査においては、森林及び水はけの良い有機土壌を含む放牧地において、2018年に5,487キロトンの二酸化炭素が吸收されたと推定した。一方、先行研究において示されていた、ニュージーランドの農業分野における全体排出量のうち63~118%の二酸化炭素吸收を放牧地が果たしているという示唆に対しては、33%に留まると指摘しており、本分野での二酸化炭素吸收量の推定の難しさを物語っている。

当該調査では、「ニュージーランド温室効果ガスインベントリ」と「2006年 IPCC ガイドライン」に則った測定を行っている。日本も、国連気候変動枠組条約の附属書I締約国として、温室効果ガスインベントリを作成し、条約事務局へ年次で提出をしている。温室効果ガスインベントリの作成は、各国内の関係省庁ならびに関連団体が相互に協力して行い、一国の排出量を「エネルギー」「工業プロセス及び製品の使用」「農業、森林及びその他土地利用変化」「廃棄物」の大きく4つのカテゴリーに分類した上で、IPCCガイドラインによる数値を用いて進められる (IPCC, 2023)。温室効果ガスインベントリは条約事務局による技術審査を受けるものであり、国家を代表する国際的に信頼性の高い指標となっている。

# 調査方法について

## 第1節 概論

牧草地の二酸化炭素吸収量を把握する際に、牧草の地表部、地下茎部、土壤の大きく3つの要素に分けて検討を進める必要がある。地表部では主に葉による光合成、地下茎部を含む全体では呼吸、土壤においては微生物や分解された有機物による炭素固定といった活動が行われる。したがって、牧草地そのものの温室効果ガス削減に対する貢献を検討する際、単なる牧草の光合成による二酸化炭素吸収だけでなく、土壤への炭素固定についても考慮しなければならない。これらの要素については、NPPやNEP、NBPといった呼称でIPCCガイドラインでは定義されている。

しかしながら、前節で述べたように、フラックス観測については専用機器と高度なデータ処理が求められ、チャンバー法では局所的な観測かつ土壤のCO<sub>2</sub>收支に範囲が限られる。土壤内の有機物については、土壤診断による精緻な分析が可能だが、ある時点での実測値となり、継続的なサンプリングにはコストも嵩むため、簡易かつ画一的で精度も有効な手法は確立されていない。対象牧場が位置する北海道では、農地の面積、形状も様々ながら、内陸部型や沿岸部型といった気候等の外部条件も多様である。したがって、温室効果ガスの可視化にあたって、精度とのトレードオフは免れないものの、着手の第一手としての簡易的かつ汎用的な手法を提示する意義がある。

## 第2節 調査方法

本調査における対象牧場のデータは以下の通りである。

項目	内容
所在地	北海道士別市南町西4区3420-9
放牧地1面積(図1)	2.6ヘクタール

放牧地2面積(図1)	1.9ヘクタール(牧草ロール用) 2022年の収穫:ロール20個 2023年の収穫:ロール22.5個
主要品種	チモシー、シロクローバ、オーチャード、ペレニアルライグラス
飼養家畜	羊(サフォーク種)150頭(2023年)



図1. 放牧地衛星写真(士別三協株式会社提供)

今回、先行事例 (Helm & Hartmann, 2021) を参考に、放牧地1にてチャンバー法に近い形 (図2) での二酸化炭素吸収量の測定を試みたものの、調達可能な機材での光合成を加味した正確な測定が実現しなかったため、チャンバー法の採用は断念した。

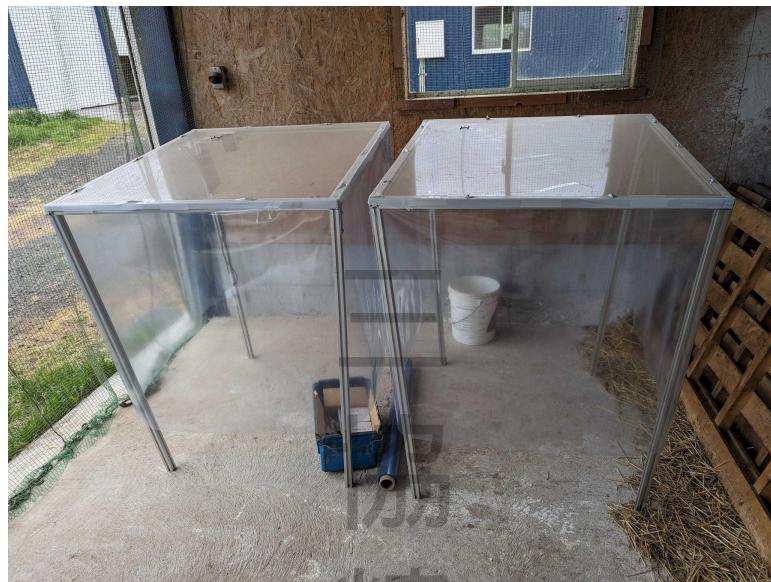


図2. 簡易チャンバー(土別三協株式会社提供)

一方、前節で述べたように、フラックス観測ではより専門的な機器の設置と、高度なデータ分析が求められるため、以下のモデルによって概算を算出する方法を考案した(図3)。

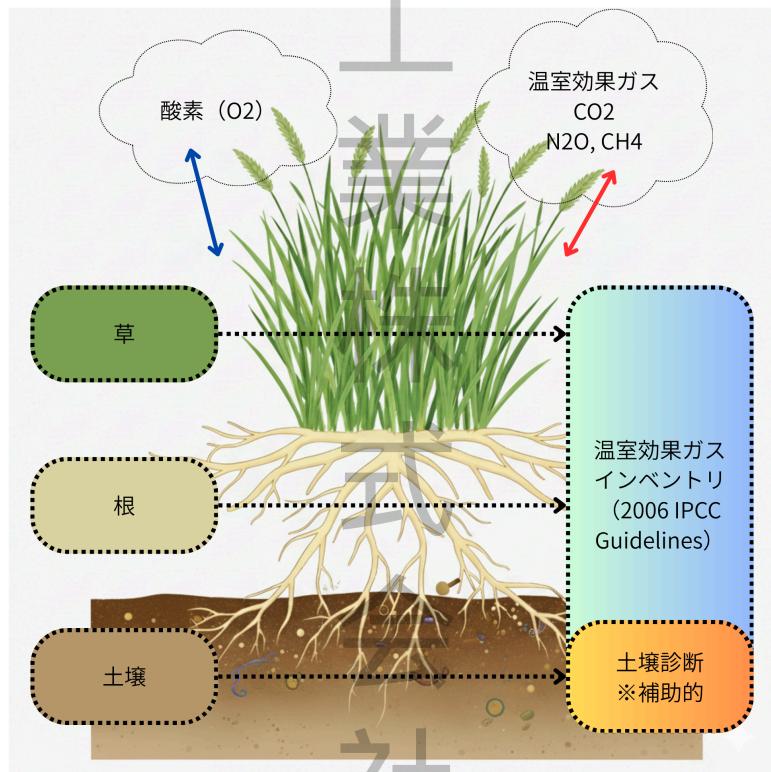


図3. 要素別の温室効果ガス算出方法

温室効果ガスインベントリによる算出方法は、本レポートの先行・関連研究でも言及した  
ニュージーランドでの測定でも採用されている手法である。算出にあたっては、

1. 牧草地の種別判定(IPCCガイドラインより選択)
2. 面積の算出
3. 排出係数との乗算
4. 吸収・排出量の集計

という手順を行う。IPCCガイドラインでは、牧草地の種別について土壤の特性による分類を行っているので、今回は放牧地1と2における「草地土壤分析結果」(付録)を参考にしながら、適当な種別を選択する。

また、飼養している羊については、「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(畜産編)」(農林水産省, 2011)を参照し、飼養頭数を基準としたCH<sub>4</sub>およびN<sub>2</sub>Oの算出推計、ならびにCO<sub>2</sub>換算値による算定を行う。

三  
協  
精  
器  
工  
業  
株  
式  
会  
社

# 調査結果

## 第1章 羊放牧地におけるCO<sub>2</sub>吸収量の分析

### 第1節 牧草の品種分布について

放牧地1と2それぞれには、チモシー、シロクローバ、オーチャード、ペレニアルライグラスを中心とした飼料用品種が生育している(図4)。ギシギシなどの飼料用に適さない雑草も見られるが、本調査では前述の温室効果ガスインベントリによる二酸化炭素吸収量の測定を実施するため、各品種の生育割合は考慮しないものとする。

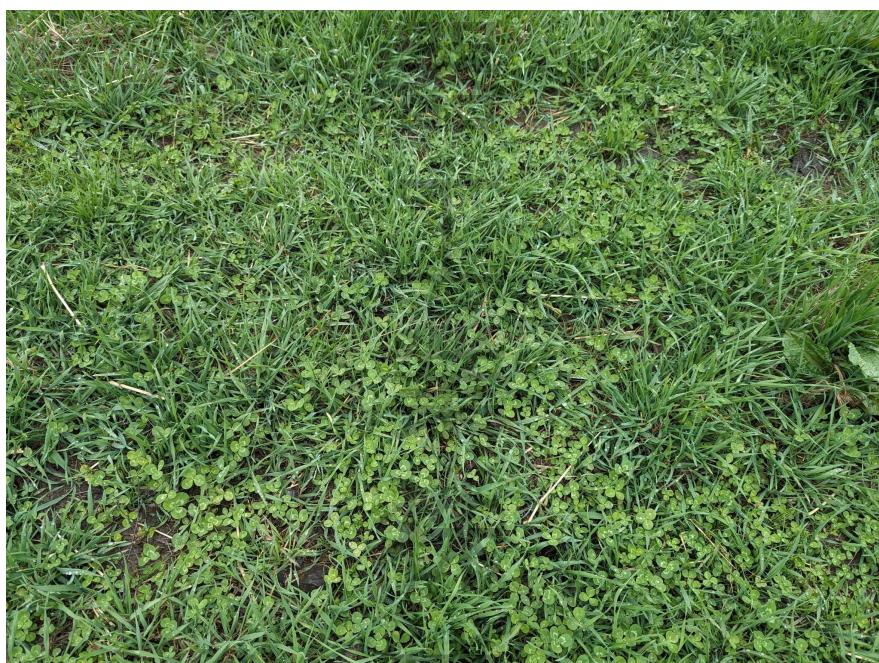


図4. 放牧地1の約1m<sup>2</sup>範囲の様子

IPCCガイドラインにおいても放牧地における品種の差異は考慮されておらず、土壤や草地の管理、その他の外的要因での差異が大きいため、それらから適切な区分を選択する方式となっている。

## 第2節 北海道士別市における天候の分析

士別市は、北海道の旭川市から北に約60kmの内陸部に位置し、四季のはっきりとした内陸性気候である。平年値の冬季と夏季の寒暖差は激しく、35°C近い開きがある（図5）。

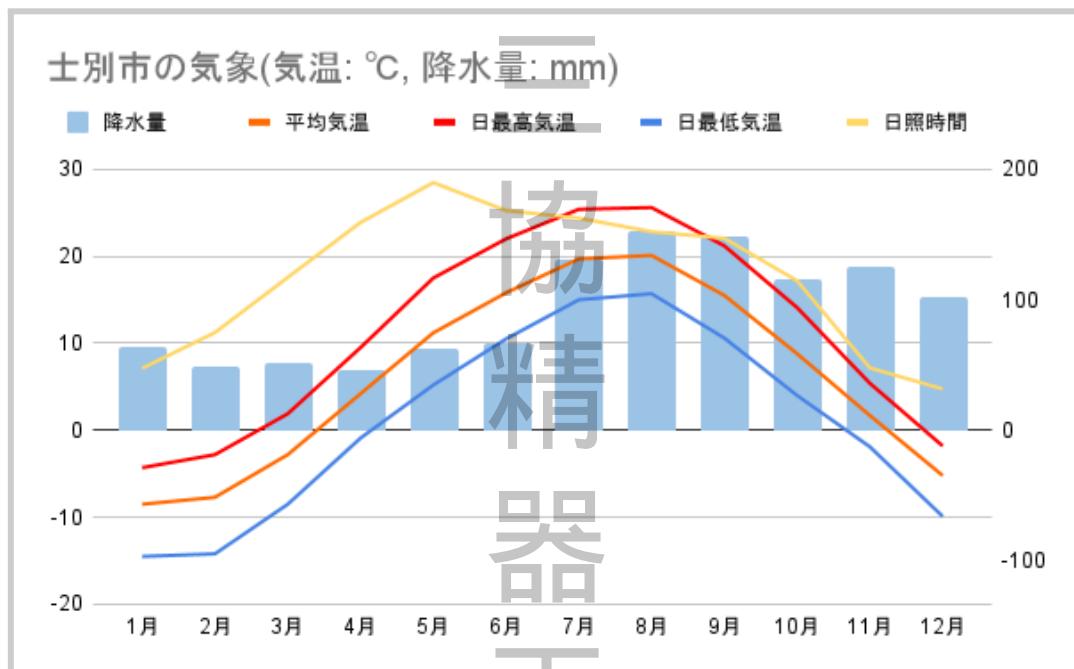


図5. 士別市の気象(気象庁 平年値データを参照)

月	降水量 (mm)	平均気温 (°C)	日最高気温 (°C)	日最低気温 (°C)	日照時間 (時間)
1月	64.2	-8.5	-4.3	-14.5	47.6
2月	49.2	-7.7	-2.8	-14.2	75
3月	52.2	-2.8	1.9	-8.5	117.2
4月	46.7	4.2	9.5	-0.9	159.3
5月	62.9	11.2	17.5	5.2	189.8
6月	66.3	15.8	22	10.5	168.4
7月	130.5	19.7	25.4	15	162.6
8月	152.3	20.1	25.6	15.7	152.2
9月	148.8	15.5	21.2	10.6	147.2
10月	116	8.8	14.1	4	114.6
11月	125.7	1.7	5.4	-1.9	48
12月	102.3	-5.2	-1.8	-9.9	31.8

IPCCガイドラインでは、牧草地の種別について「草地の植生タイプ」「土壤タイプ」「気候ゾーン」による分類があり、それぞれ適合した炭素収支を計算するための変数が設けられている。また、農地の利用については森林から耕作地への転用など、土壤の炭素固定量を大きく変化させる利用も考えられるため、牧草地の定義として「20年以上前に牧草地としての利用が始まった土地」となっている。本調査では、計算を簡易化する目的と、中長期的にわたって牧草地の炭素収支を評価したいため、対象牧場については当該定義による牧草地として検討を行う。

土壤タイプについては、放牧地1と2の土壤分析結果(付録)より、「低地土・埴壤土」に該当する変数で算定を行う。

気候ゾーンについては、上述の特徴から「Cold Temperate - Moist(冷温帯・湿潤)」に分類される。

### 第3節 調査対象地におけるCO<sub>2</sub>吸収量の算出

IPCCガイドラインでは、牧草地における炭素収支の計算要素として「地上バイオマス」「地下バイオマス」「枯木」「リター(落ち葉や枝などの落下物)」「土壤有機炭素」の5要素を対象としている。ただし、基本的な算定にあたっては「枯木」「リター」について、有機物の発生(炭素固定)と分解による流出が平衡状態にあると仮定できるため、計算から除外される。本調査では、基本的な算定方法であるTier1を採用する。

#### (1) 地上バイオマス

地上バイオマスとは、牧草地における地上部分、牧草の可食部等が該当する。対象の牧草地では、1.9haで年間20個の牧草ロールを生産している(2022年)ため、1個あたりの総重量を300kg、乾物重量を250kgと仮定する。

この場合、ヘクタール毎の収穫量は、約2,630kgとなる。また、ロール生産の際には刈り残しも生じるため、草地全体の70%がロールとして収穫できると仮定すると、約3,760kgが正味の地上バイオマスとなる。

なお、地上バイオマスの計算にあたっては家畜による食草の増減分が考慮されていないため、今後のデータ追加が望まれる。

## (2) 地下バイオマス

地下バイオマスは、地上に対する地下茎部であり、根などが該当する。IPCCガイドラインでは、地上バイオマスから地下バイオマスを算出するための係数が設けられており、対象牧場の気候ゾーンでは4となる。

したがって、地上バイオマス量に4を乗じた約15,040kgが正味の地下バイオマスとなる。

## (3) バイオマス蓄積量の変化

Tier1での炭素収支の計算にあたって、毎年の牧草収穫と食草、枯死などによって失われるバイオマスは、再成長と再生により補充されるとIPCCガイドラインでは考慮されているため、バイオマス蓄積量は定常の状態(炭素収支がゼロ)にあるとみなすことができる。Tier3での計算では、実際の圃場データを用いてバイオマス蓄積量の変化を細かく炭素収支として算定することが可能であり、今後の実施が期待される。

## (4) 土壤有機炭素

植物の活動により、地上と土壤間で行われる炭素交換のうち、バイオマスを除いてやりとりされるのが土壤有機炭素である。

IPCCガイドラインでは、以下の計算式が用意されている。

年間変化量 =

[参考炭素蓄積量] × [土地利用係数] × [管理係数] × [有機物投入係数]

対象牧場における変数をIPCCガイドラインよりそれぞれ当てはめると、

$81\text{炭素トン/ha} \times 1 \times 1.14 \times 1.05 = 96.975\text{炭素トン/ha}$

となる。

この年間変化量は、草地の維持活動において土壤に固定される炭素量を示してお

り、その環境貢献評価は何もしない状態、つまり各係数を1とした数値との差分で示すことができる。つまり、

$$96.975 - 81 = 15.975 \text{ 炭素トン/ha}$$

が差分であり、单年の変化量は評価期間である20年で割った値となるため、

$$0.79875 \text{ 炭素トン/ha}$$

が年間の削減貢献量となる。CO<sub>2</sub>に換算すると、2.9314125トンとなる。

後述の畜産由来CO<sub>2</sub>との集計のため、kgによる数値に修正すると、

$$2,931.4125 \text{ kg/ha/年}$$

今回の対象牧場は合計4.5haであるため、

$$13,191.35625 \text{ kg/年} \text{ が土壤における二酸化炭素基準での吸収量となる。}$$

ただし、評価期間の20年は草地の利用に伴う管理活動の成果と解することができるため、利用開始から既に20年以上経過している草地においては、土壤への炭素固定量、ないしは吸収量が遅減している可能性を考慮する必要がある。

#### 第4節 本章のまとめ

本章では、対象牧場の特性をIPCCガイドラインにおける分類を参考しながら整理し、対象放牧地における牧草由来CO<sub>2</sub>吸収量を算定した。当該吸収量は13,191.35625kg/年であり、世帯あたりCO<sub>2</sub>排出量に照らし合わせると、約3.65世帯分の年間排出量に相当する(国立環境研究所, 2025)。また、使用した係数は肥料の投与方法や管理実態によって変化するものであり、これらの影響が大きいことが分かる。特に、寒冷地においては施肥による温室効果ガス排出の抑制効果が示唆されており(日本草地畜産種子協会, 2007)、放牧地の適切な管理による環境貢献が期待できる。

ただし、この数値では前述の通り、評価期間の始点における環境からの変化を削減貢献量とみなすため、利用開始から年数を経た圃場においては吸収量の遅減が見込まれる。より精度の高い算定に向けては、実測データとの比較検討が求められる。

## 第2章 羊(サフォーク種)由来CO2排出量の分析

### 第1節 畜産由来のCO2について

家畜由来の温室効果ガスは、CH4とN2Oが測定対象となる。CH4については、家畜の消化管内発酵による排出と、排泄物による有機物のメタン発酵が排出源となる。N2Oについては、排泄物の管理過程で発生するほか、アンモニアや窒素として大気中に揮発したもののうち、酸化して大気中にN2Oとして発生する(間接排出量)。いずれも、IPCCガイドラインによる算定が可能である。

### 第2節 羊(サフォーク種)由来のCO2について

IPCCガイドラインでは、「めん羊」のカテゴリが用意されており、本調査では該当する数値を用いる。

#### (1) CH4の測定

##### (a) 消化管内発酵由来

$$[\text{めん羊のCH4排出係数}] \times [\text{頭数}] = \text{年間CH4排出量}$$

の計算式となり、当該係数は8である。対象牧場における2023年の150頭を通年の数値として用いると、年間CH4排出量は1,200kgとなる。また、CO2換算では33,600kg/年となる。

##### (b) 排泄物発酵由来

$$[\text{めん羊のCH4排出係数}] \times [\text{頭数}] = \text{年間CH4排出量}$$

の計算式となり、(a)と同様である。

当該係数は0.28kgであり、(a)と同様の頭数で計算をすると、年間CH4排出量は42kgとなる。

また、CO2換算では1,176kg/年となる。

#### (2) N2Oの測定

### (a) 排泄物発酵由来

[排泄物管理区分のN2O排出係数] × [頭数] × [1頭あたりの排泄物窒素量]

= 年間NO2排出量

ただし、上記の計算式では2025年の日本国温室効果ガスインベントリ報告書と同様（国立環境研究所, 2025）に、放牧地における係数を採用している。

当該係数は0.3%、当該窒素量は20.7kgであり、

年間NO2排出量は9.315kgとなる。

また、CO2換算では2,468.475kg/年となる。

### (b) 間接排出量

牧草地由来のN2O間接排出量の算定には、排泄物だけでなく使用した無機質窒素肥料ならびに有機質肥料から揮発した分の計算も求められており、当該データの不足と、算定が煩雑になること、また揮発割合が各項目で肥料投与量の10%前後となっており、対象牧場における間接排出量が全体排出量に占める割合が軽微（CO2換算で概算500kg/年以下、全体の1%以下）であるため、除外する。

以上の排出量をCO2換算にて集計すると、対象牧場における羊由来の年間CO2排出量は、37244.475kg/年となる。

## 第3節 本章のまとめ

本章では、畜産由来のCO2排出量算定にあたっての概要を示した後、IPCCガイドラインを用いた実際の計算を行い、対象牧場における羊由来の年間CO2排出量を算定した。当該排出量は年間37244.475kgであり、世帯あたりCO2排出量に照らし合わせると、約10世帯分に相当する（国立環境研究所, 2025）。ただし、この数値では揮発した窒素化合物

についての評価は行っておらず、より精度の高い測定に向けては、圃場データの追加が求められる。

三協精器工業株式会社

## 今後の課題

### チャンバー法による実測値の把握

今回、実現できなかったチャンバー法による測定については、3Dプリンターや安価なセンサー類の普及に伴い、汎用性の高い機器の構築が安価かつ専門的な知識を用いずとも可能になることが期待される。また、温室効果ガスインベントリを用いて算出した数値との比較をすることで、本調査における手法の信頼性の確認と、より精度の高い測定を簡易的に実施するために不足している要素を検討することができる。

### LCAの観点

本調査では、放牧地における二酸化炭素吸収量の算定を行ったが、LCAの観点においては、原料の調達から、牧場運営に用いる機材や従業員由来の排出、羊肉の出荷までにおける運搬など、商品やサービスを構成する要素の総合的な測定は実施できていない。

食肉分野では、LCAとカーボンクレジットによる「カーボンニュートラル認証」を付与した製品が登場しており (TruBeef) 、製造サイクルにおける環境負荷への意識が高まり始めている。対外的な製品のアピールにあたっては、客観的かつ定量的なデータの収集が今後も必要となる。また、海外輸出にあたっても国際的な基準と合致した手法での測定ならびに認証が求められる。

### カーボンクレジットの創出

現状の可視化、削減目標の設定、削減の実行と評価、のサイクルを繰り返すことで、カーボンニュートラル社会に向けた事業活動の実現が期待できる。また、削減量については、カーボンクレジットによる認証取得が可能であれば、新たな収益を生み出す手段にもなり得る。農業分野では、本レポートで言及したように、農地の活用方法次第で炭素固定量

や、温室効果ガス排出量を大きく増減させる可能性が示唆されており、カーボンクレジットを新たな収入源として期待する声も高まっている（農林水産省、2025）。

カーボンクレジットの創出は、温室効果ガス排出量の部分的な可視化や、LCAの実施だけではなく、測定や算出方法の科学的根拠や合理性が厳しく求められるため、様々なデータの取得が用意ではない一次産業分野では、依然として高いハードルが立ちふさがっている。しかしながら、厳格な基準を満たした認証であれば、それ自体が製品やサービス、提供企業の付加価値向上にもつながるため、本レポートでの可視化を契機に、脱炭素を志向した中長期的なロードマップの検討を進めることが期待される。

協  
精  
器  
工  
業  
株  
式  
会  
社

## 結論

本調査では、対象牧場における炭素収支について、放牧地における吸收量と、羊由来の排出量の観点でIPCCガイドラインに則った算定を行った。結果は以下の通りである。

$$[\text{吸收量} - \text{排出量}] = 13,191.35625\text{kg} - 37244.475\text{kg} = -24,053.11875\text{kg/年}$$

この数値は、排出量が吸收量を上回っている状態であり、排出超過といえる。本調査で算出した1haあたりの吸收量を用いると、

$$\text{超過分} 24,053.11875\text{kg} \div 1\text{haあたり吸收量} 2,931.4125\text{kg} \doteq 8.2\text{ha}$$

となり、飼養頭数や拡張する草地の条件に変更がないかつ、その他の事業活動由来の排出量を考慮しない前提だが、8.2ha分の草地を拡張し、自家消費を行うことで吸收量と排出量の総和がゼロとなるオフセットの実現が可能である。

現在投与している飼料について、外部からの購入割合が多い場合は、LCAの観点においては仕入れに係る排出量も将来的には加味することになるため、輸送由来排出量の削減も自家消費割合の増大によって期待できる。このように、畜産事業全体での炭素収支を考えていく視点も求められる。

しかし、本調査での算定は国際的な指標に準拠したものとはいえ、依然として一次産業におけるより正確な炭素収支の測定ならびに計算が難しいことも示した。酪農・畜産業の先進的な地域であり、産官学が連携して様々な研究の進むニュージーランドにおいても、産業全体でのオフセットができているかは不明瞭と結論づけられている (Ministry for the Environment of New Zealand, 2021)。

現実的には、圃場における作業記録や実観測データの拡充を推進しつつ、より精度の高い手法の採用が今後も求められる。データの精度が、事業利益にもつながるカーボンクレジットといった制度の活用にもつながり、早期に着手する価値の高い行動となるであろう。

## 付録

1. 土壤分析結果\_放牧地1(2021年6月1日採取)
2. 土壤分析結果\_放牧地2(2021年6月1日採取)

二協精器工業株式会社

## 参考・引用文献

農林水産省. (1995). 地球温暖化に係る二酸化炭素・炭素循環に関する研究.

農業環境技術研究所. (2006). 涡相関法による二酸化炭素フラックス測定のためのデータ

処理プログラム.

日本草地畜産種子協会. (2007). 環境に配慮した草地管理に係わる調査事業報告.

日本草地畜産種子協会. (2010). 自給粗飼料生産による温室効果ガス削減.

農林水産省. (2011). 温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(畜産編).

農林水産省. (2024). 温室効果ガス排出量の内訳と対策の動向.

農林水産省. (2025). 農林水産分野におけるカーボン・クレジットの拡大に向けて.

国立環境研究所. (2025). 日本の温室効果ガス排出量データ.

国立環境研究所. (2025). 日本国温室効果ガスインベントリ報告書2025年.

彦坂, 幸. (2016). 植物の光合成・物質生産の測定とモデリング. 共立出版.

木部, 剛., & 茂, 鞠. (2004). 土壤呼吸の測定と炭素循環.

Helm, J., & Hartmann, H. (2021). *Low-cost chamber design for simultaneous CO<sub>2</sub> and O<sub>2</sub> flux measurements between tree stems and the atmosphere.*

IPCC. (2023). *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.*

Ministry for the Environment of New Zealand. (2021). *Net emissions and removals from vegetation and soils on sheep and beef farmland.*

TruBeef. (n.d.). *Carbon Neutral Beef and Steak Delivery - Sustainable and Eco-Friendly*. TruBeef Organic. Retrieved September 27, 2025, from <https://truorganicbeef.com/pages/trubeef-is-carbon-neutral-regenerative-beef>

三協精器工業株式会社

# 【草地土壤分析結果票】

指図No. 6349

作成日 : 2021/07/08

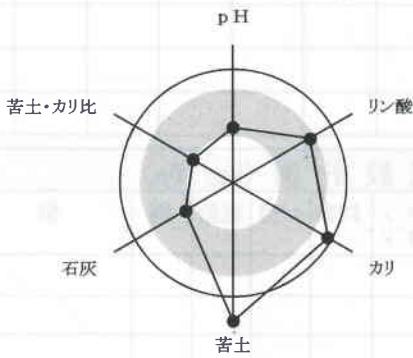
農協名	氏名	組合員コード	圃場番号	圃場名	地区名	地帯名
北ひびき農協 士別	三共ファーム			圃場A		士別市(士別市)

作付予定作物	作型等	土壤種類	土性	病害	採取日
チモシ一草地	マメ科率区分1	低地土	埴壤土		21/06/01

栽培区分	一般
------	----

土壤分析結果 (mS/cm, mg/100g dry soil, %, ppm)							
分析項目	基準値	測定値	判定	分析項目	基準値	測定値	判定
基	pH (H <sub>2</sub> O)	5.5 ~ 6.5	5.7	適正	遊離酸化鉄	-	
	EC	-		微	易還元性マンガン	-	
	培養室素	-		交換性マンガン	-		
	熱水室素	-		ホウ素	-		
	硝酸態窒素	-		亜鉛	2 ~ 40	3	適正
	アンモニア態窒素	-		銅	0.5 ~ 8.0	2.9	適正
	リン酸	20.0 ~ 50.0	47.7	適正	稻体ケイ酸 %		
	カリ	15.0 ~ 20.0	27.7	やや高い	土壤分析結果からのコメント		
	苦土	10 ~ 20	104	高い			
	石灰	200 ~ 450	250	適正			
本	ケイ酸	-		含む			
	腐植	-	2.4	中程度			
	リン酸吸収係数	-	908	中程度			
	苦土・カリ比	2.0 ~	8.8	適正			
	石灰・苦土比	-	1.7				
	リン酸・苦土比	-	0.5				

レーダーチャート



外側の円 : 基準値上限 内側の円 : 基準値下限

土づくり肥料別施用量 : kg/10a (作土の深さ : 5 cm) ※【】は苦土施用量です。			
酸度矯正	(改良目標 pH 5.5)	リン酸	(改良目標 20.0)
・炭カル	0.0	・ようりん	0.0【 0.0】
・消石灰	0.0	・苦土重焼りん特号	0.0【 0.0】
・苦土炭カル	0.0【 0.0】	・ダブリン	0.0【 0.0】
		・重焼りん2号	0.0

有効態リン酸含量が基準値より低い場合はリン酸資材の施用量を調整願います。

苦土 (改良目標 20.0)							微量元素	
組み合わせ	単体	苦土質肥料と				苦土質肥料+苦土炭カルと		
		苦土炭カル	ようりん	苦土重焼りん特号	ダブリン	ようりん	苦土重焼りん特号	
水酸苦土	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫酸苦土	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

# 【草地土壤診断票】

指図No. 6349

作成日 : 2021/07/08

農協名	氏名	組合員コード	圃場番号	圃場名	地区名	地帯名
北ひびき農協 王別	三共ファーム			圃場A		王別市(王別市)

作付予定作物	作型等	土壤種類	土性	病害	採取日
チモシー草地	マメ科率区分1	低地土	埴壤土		21/06/01

栽培区分	一般
------	----

有機物投入量 (kg/10a) 単年度施用のみの減肥可能量 (窒素分析値がないものを除く)

有機物名	投入量	窒素	リン酸	カリ	備考
有機1					
有機2					
分析					
合計					

土壤診断に基づく施肥量案 (kg/10a)

作物名	窒素			リン酸			カリ		
	計	早春	1番	計	早春	1番	計	早春	1番
① マメ科率区分1	4.0	2.7	1.3	8.0	5.3	2.7	7.5	5.0	2.5
② マメ科率区分2	6.0	4.0	2.0	6.0	4.0	2.0	7.5	5.0	2.5
③ マメ科率区分3	10.0	6.7	3.3	6.0	4.0	2.0	7.5	5.0	2.5
④ マメ科率区分4	16.0	10.7	5.3	6.0	4.0	2.0	7.5	5.0	2.5
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
⑪									
⑫									

土壤診断に基づく施肥設計例 (kg/10a)

施肥法時期	銘柄名	施肥量	窒素	有機窒素	リン酸	カリ	苦土	マンガン	鉄素	ケイ酸	亜鉛	銅	備考
合計													

## コメント

- 出力された施肥量案は、「北海道施肥ガイド2015」に基づいた内容です。
- 有効態リン酸の上限値は85に設定しています。腐植の上限値は13に設定しています。
- 診断に基づく施肥量案と合致する肥料銘柄がない場合、施肥設計例欄に一部のみ（基肥のみ又は追肥のみ）出力されることがあります。
- 年間2回利用を前提とする。その時の施肥配分は、早春：1番草刈取後 = 2:1とします。
- 施肥時期は、早春ではチモシーの萌芽期ごろ、1番草刈取後ではチモシーの独立再生長始期（刈取後5～10日前後）が適当です。

# 【草地土壤分析結果票】

指図No. 6349

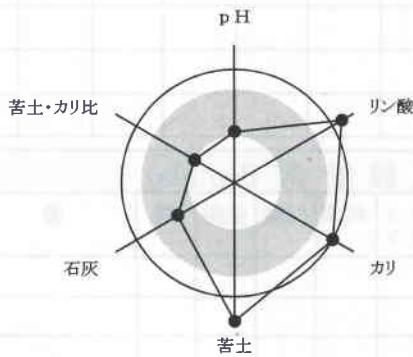
作成日 : 2021/07/08

農協名	氏名	組合員コード	圃場番号	圃場名	地区名	地帯名
北ひびき農協 土別	三共ファーム			圃場B		土別市(土別市)
作付予定作物	作物型等		土壤種類	土性	病害	採取日
チモシー草地	マメ科率区分1		低地土	埴壤土		21/06/01

栽培区分	一般
------	----

土壤分析結果 (mS/cm, mg/100g dry soil, %, ppm)							
分析項目	基準値	測定値	判定	分析項目	基準値	測定値	判定
基	pH (H <sub>2</sub> O)	5.5 ~ 6.5	5.6	適正	遊離酸化鉄	-	
	E C	-		微	易還元性マンガン	-	
	培養窒素	-		交換性マンガン	-		
	熱水窒素	-		ホウ素	-		
	硝酸態窒素	-		亜鉛	2 ~ 40	3	適正
	アンモニア態窒素	-		銅	0.5 ~ 8.0	2.7	適正
	リン酸	20.0 ~ 50.0	85.0	高い	稻体ケイ酸 %		
	カリ	15.0 ~ 20.0	29.5	やや高い	土壤分析結果からのコメント		
	苦土	10 ~ 20	70	高い			
	石灰	200 ~ 450	308	適正			
本	ケイ酸	-		含む			
	腐植	-		中程度			
	リン酸吸収係数	-		適正			
	苦土・カリ比	2.0 ~	5.5				
	石灰・苦土比	-	3.2				
	リン酸・苦土比	-	1.2				

レーダーチャート



外側の円 : 基準値上限 内側の円 : 基準値下限

土づくり肥料別施用量 : kg/10a (作土の深さ : 5 cm) ※【】は苦土施用量です。			
酸度矯正	(改良目標 pH 5.5)	リン酸	(改良目標 20.0)
・炭カル	0.0	・ようりん	0.0【 0.0】
・消石灰	0.0	・苦土重焼りん特号	0.0【 0.0】
・苦土炭カル	0.0【 0.0】	・ダブリン	0.0【 0.0】
		・重焼りん2号	0.0

有効態リン酸含量が基準値より低い場合はリン酸資材の施用量を調整願います。

苦土 (改良目標 20 )							微量元素	
組み合わせ	単体	苦土質肥料と			苦土質肥料+苦土炭カルと			
		苦土	ようりん	苦土重焼りん特号	ダブリン	ようりん	苦土重焼りん特号	
水酸苦土	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
硫酸苦土	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

# 【草地土壤診断票】

指図No. 6349

作成日: 2021/07/08

農協名	氏名	組合員コード	圃場番号	圃場名	地区名	地帯名
北ひびき農協 士別	三共ファーム			圃場B		士別市(士別市)

作付予定作物	作型等	土壤種類	土性	病害	採取日
チモシー草地	マメ科率区分1	低地土	埴壤土		21/06/01

栽培区分	一般
------	----

## 有機物投入量 (kg/10a) 単年度施用のみの減肥可能量 (窒素分析値がないものを除く)

有機物名	投入量	窒素	リン酸	カリ	備考
有機1					
有機2					
分析					
合計					

## 土壤診断に基づく施肥量案 (kg/10a)

作物名	窒素			リン酸			カリ		
	計	早春	1番	計	早春	1番	計	早春	1番
① マメ科率区分1	4.0	2.7	1.3				7.5	5.0	2.5
② マメ科率区分2	6.0	4.0	2.0				7.5	5.0	2.5
③ マメ科率区分3	10.0	6.7	3.3				7.5	5.0	2.5
④ マメ科率区分4	16.0	10.7	5.3				7.5	5.0	2.5
⑤									
⑥									
⑦									
⑧									
⑨									
⑩									
⑪									
⑫									

## 土壤診断に基づく施肥設計例 (kg/10a)

施肥法 時期	銘柄名	施肥量	窒素	有機 窒素	リン酸	カリ	苦土	マン ガソ	鉻素	ケ酸	亜鉛	銅	備考
合計													

## コメント

- 出力された施肥量案は、「北海道施肥ガイド2015」に基づいた内容です。
- 有効態リン酸の上限値は85に設定しています。・腐植の上限値は13に設定しています。
- 診断に基づく施肥量案と合致する肥料銘柄がない場合、施肥設計例欄に一部のみ（基肥のみ又は追肥のみ）出力されることがあります。
- 年間2回利用を前提とする。その時の施肥配分は、早春：1番草刈取後 = 2 : 1 とします。
- 施肥時期は、早春ではチモシーの萌芽期ごろ、1番草刈取後ではチモシーの独立再生長始期（刈取後5～10日前後）が適当です。



ホクレン・空知くみあい土壤分析センター

No. 30038