

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が財団法人全国競馬畜産振興会の助成を受け、全国4カ所の採草地において温室効果ガスの吸収・放出を平成16年から3年間にわたって調査した結果、次の結論が得られました。

- 日本の草地における堆肥施用は、温暖化を抑制する効果がある。とくに寒冷地ではその効果が高い。
- 慣行の栽培管理の水田や畑地は、温暖化を促進するケースが多いが、草地では少なく、むしろ抑制するケースが多い。

その概要を下記に紹介します。また詳しい内容は北大のウェブサイト(<http://www.agr.hokudai.ac.jp/env/grassland/index.html>)にリンクしてください。

1. 調査の背景

わが国の家畜生産は、膨大な輸入飼料に支えられた加工型畜産によって、生産性の向上を図ってきました。しかし、加工型畜産は膨大な家畜ふん尿を排出するため、さまざまな環境問題を生んでいます。とくに平成17年2月には気候変動枠組み条約京都議定書が発効し、温暖化防止に向けた対策技術を開発することが緊急の課題です。

家畜ふん尿は二酸化炭素、亜酸化窒素、メタンなど、温室効果ガスの発生源になる恐れがありますので、その適正管理を徹底しなければなりません。とくに乳・肉牛の飼養においては、堆肥を有効に活用し、自然循環機能を増進させた自給飼料生産を拡大させることが温暖化防止にむけた有効な対策技術になります。しかし、草地への堆肥の還元が温室効果ガスの収支に及ぼす影響は実規模レベルでは明らかではありませんでした。

2. 調査方法

1) 調査地の設定

北海道中標津町、北海道新ひだか町静内、栃木県那須塩原市、宮崎県小林市の4地区の採草地（寒地型牧草）に、堆肥と化学肥料を施用する区（堆肥区）と化学肥料のみ施用する区（化学肥料区）を設け、平成16年度から平成18年度にかけて温室効果ガス等の測定・調査を行った。堆肥区の堆肥投入量は、各地で推奨されている窒素、カリウム、リンの施用上限値を超えない量に設定し、不足する要素は化学肥料で補った。



2) 温室効果ガスの測定

草地における温室効果ガスは、二酸化炭素 (CO_2)、メタン (CH_4)、亜酸化窒素 (N_2O) であり、これらのガスの放出と吸収の関係は、図1のように表される。 CO_2 の吸収源は牧草であり、排出源は有機物(堆肥、土壌有機物、枯死植物体)である。牧草の生長に伴う CO_2 の吸収と、有機物の分解に伴う CO_2 の排出の差が、大気から草地が吸収する正味の CO_2 であり、この収支の炭素量を純生態系生産量 (NEP) と呼ぶ (NEPが正の値の場合、大気から草地が正味で CO_2 の吸収することを示す)。 CO_2 の吸収・放出は渦相関法、 CH_4 の吸収・放出および N_2O の放出はチャンバー法で求めた (写真)。

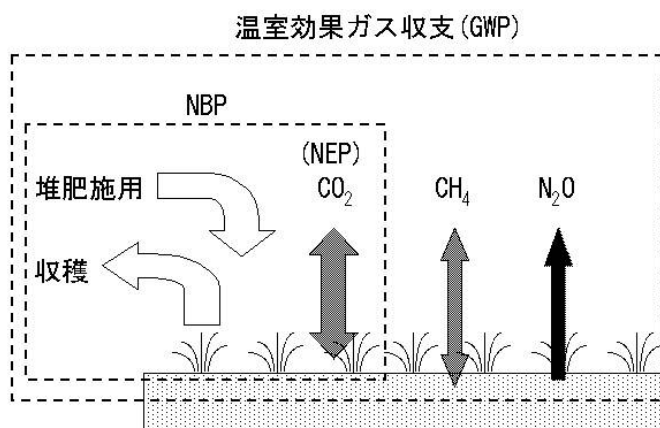


図1 草地の温室効果ガス収支を構成する要素

CO_2 の吸収・放出は渦相関法、 CH_4 の吸収・放出および N_2O の放出はチャンバー法で求めた (写真)。



(写真) 渦相関法による二酸化炭素 (左) とチャンバー法によるメタンと亜酸化窒素ガス (右) の測定

3) 温暖化指数の計算方法

採草地における炭素量は収穫によって搬出され、堆肥の施用で搬入されるので、草地における炭素収支は $\text{NEP} + \text{投入堆肥の炭素量} - \text{収穫された炭素量}$ で表される。これを純生物相生産量 (NBP) と呼ぶ (NBPが正の値の場合、草地は CO_2 の吸収源となっている)。さらに N_2O は化学肥料や堆肥等の有機物から放出され、 CH_4 は土壌微生物が吸収し、堆肥等の有機物から放出される。ここでは、 CO_2 の収支に、 N_2O と CH_4 の収支を加えて、温暖化効果を評価する指数を地球温暖化指数 (GWP) と呼ぶ。 CO_2 の温暖化効果を1とすると、 CH_4 は23倍、 N_2O は296倍なので、GWPはこれらの効果の違いを考慮して計算する。GWPが正の値を取る場合は温暖化を促進し、負になる場合は抑制する。 CH_4 と N_2O の正味の放出量はチャンバー法で測定して求めた (写真)。

3. 成果

1) 大気から草地への正味のCO₂吸収量 (NEP)

(1) 渦相関法による連続

観測により、NEPの時間変動を詳しく測定できた(図2)。いずれの調査地とも、堆肥区のNEPは化学肥料区のNEPより小さかった。

- (2) 春季から秋季の期間におけるNEPの経時的变化は、いずれの調査地及び両施用区とも牧草の萌芽成長及び刈取り後の再成長に伴い増加した(図2)。しかし冬季における静内、中標津のNEPは絶対値及び変動幅が小さく、また明瞭な日変化も認められないが、那須塩原では日中はCO₂を吸収し、夜間は放出し、明瞭な日変化が認められた。さらに小林では冬季でも他の調査地の夏季に相当するCO₂の吸収が観察された。

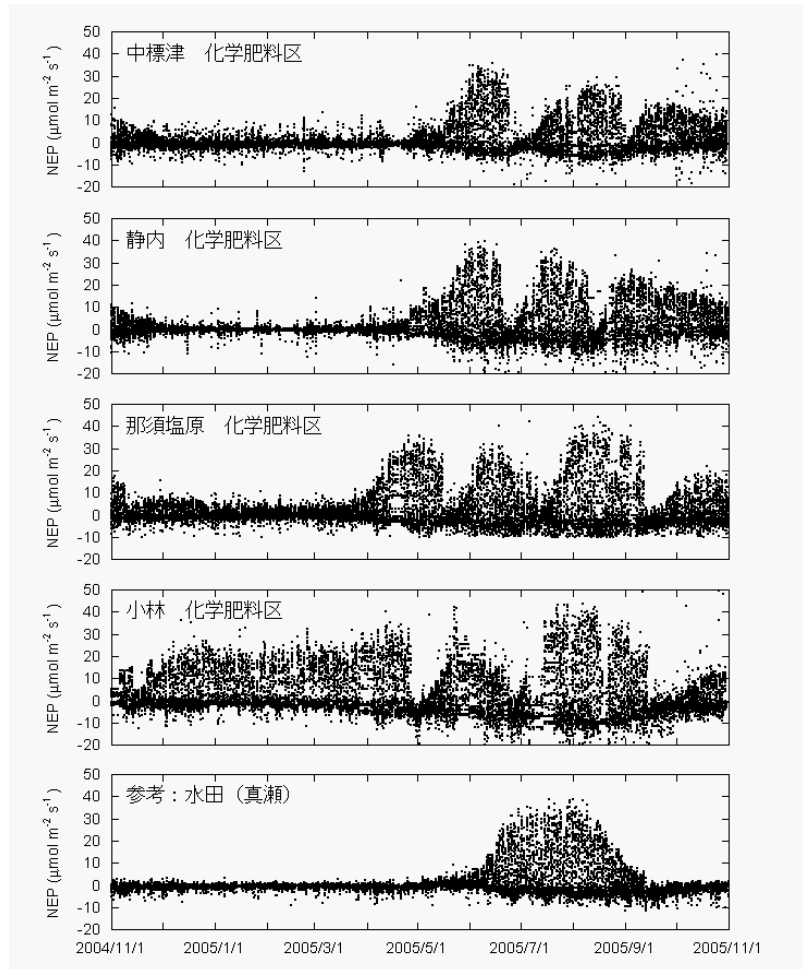


図2. 各調査地のNEPの季節変化

(正の値は草地によるCO₂吸収、負の値は草地からのCO₂放出を表す。参考は、比較のために、茨城県つくば市真瀬の水田で、同じ時期に観測したNEP)

- (3) 最も生育期間の短い中標津でもNEPは7ヵ月間、正の値を示し、長期間にわたってCO₂が吸収され、またNEPの最大値も茨城県の水田と同程度の数値を示すことから、草地は水田よりもCO₂の吸収量が明らかに高かった(図2)。

2) 堆肥投入による草地の温暖化の抑制効果

(1) 堆肥区の GWP は全ての地域で負となり、堆肥を施用することによって温暖化を抑制することができた (表 1)。

表 1 地域における地球温暖化指数 (GWP)

地域	年	GWP (Mg CO ₂ eq ha ⁻¹ y ⁻¹)							
		堆肥区				化学肥料区			
		GWP 構成要素			GWP	GWP 構成要素			GWP
NBP	CH ₄	N ₂ O	NBP	CH ₄		N ₂ O			
中標津	2	-13.	-0.0	0.3	-12.8	3.3	-0.0	0.1	3.4
	2	-12.	0.00	0.9	-12.0	-0.4	0.01	0.2	-0.2
静内	2	-19.	0.01	1.8	-17.2	2.7	0.01	1.3	4.0
	2	-20.	0.00	2.3	-18.3	-2.6	0.00	1.3	-1.3
那須塩原	2	-8.6	-0.0	3.3	-5.4	-6.7	-0.0	2.2	-4.5
	2	-6.7	0.00	5.1	-1.6	0.8	-0.0	4.2	5.1
小林	2	-6.5	-0.0	5.3	-1.2	-5.5	-0.0	0.9	-4.6
	2	-17.	-0.0	2.5	-15.3	-4.8	-0.0	1.4	-3.4

(2) GWP に与える影響の程度は、NBPが最も大きく、ついでN₂Oであり、CH₄は小さかった (表 1)。

(3) GWP は年平均気温、生育期間の日照時間により影響を受けた。化学肥料区では、日照時間 1000 時間以下および年平均気温 10℃以下で正となり (図 3)、温暖化を促進した。すなわち、温暖地域の草地は堆肥を投入せずとも温暖化を抑制する効果をもつが、日照不足等で草地の生産性が低下した場合には温暖化を促進する場合がある。一方、寒冷地の草地では、堆肥の投入なしでは、温暖化を抑制することはできない。

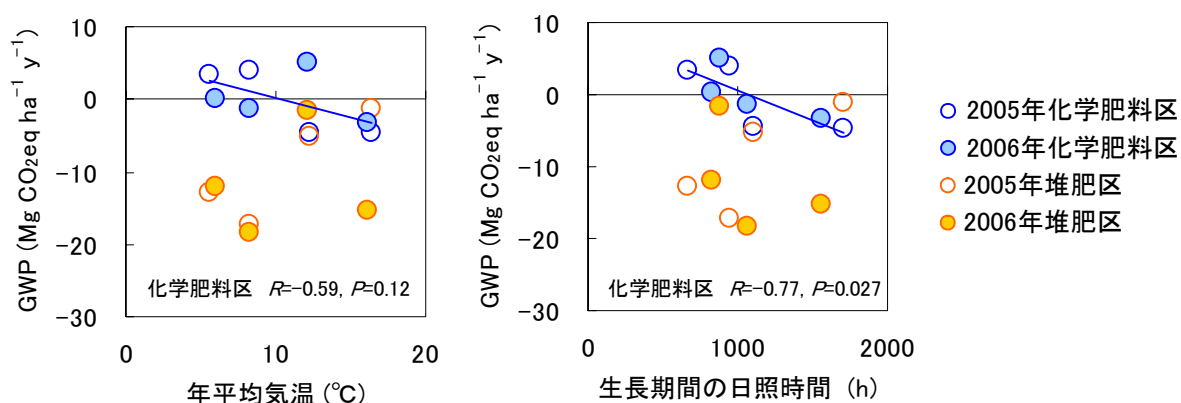


図 3 年平均気温および生長期間の日照時間と地球温暖化指数 (GWP) の関係

- (4) 窒素施用量の増加により、収穫炭素量及びNEPが増加した(図4)。この効果は寒冷地よりも温暖地域で高かった。

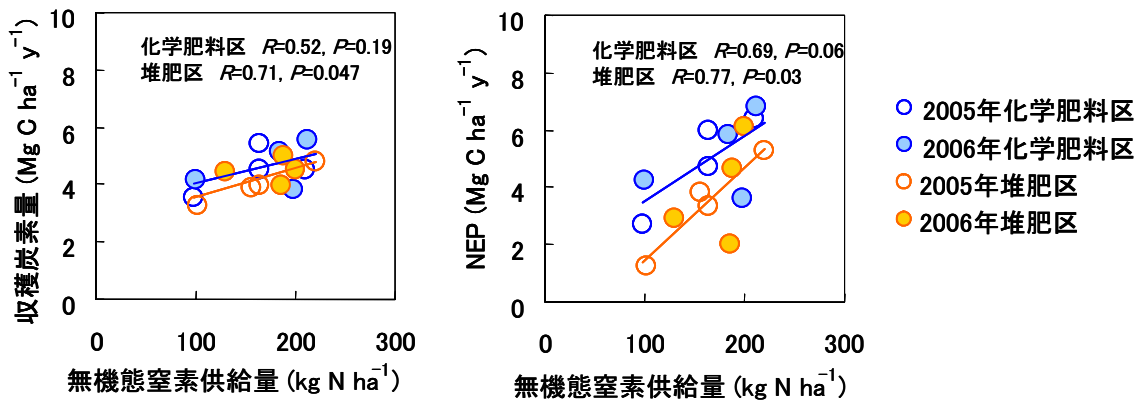


図4 無機態窒素供給量と収穫炭素量、純生態系生産量(NEP)の関係

- (5) 3)と4)の結果から、温暖地域では低収化した草地を更新し、生産性を高めることによって、温暖化抑制効果をさらに高めることが期待できるが、その効果の程度は今後、検討する必要がある。

- (6) 北海道の水田や畑のGWPの測定例と比較したところ、北海道の水田ではCO₂は固定するものの、CH₄を放出し、北海道の畑ではCO₂とN₂Oの放出により、温暖化を促進しており、本事業で行った堆肥を施用した草地でのみ、温暖化を抑制することが示された(図5)。堆肥投入はとくに寒冷地における温暖化抑制技術として有効である。ただし、堆肥投入によりN₂Oの放出が増加しているため、その抑制方法については今後の検討課題である。

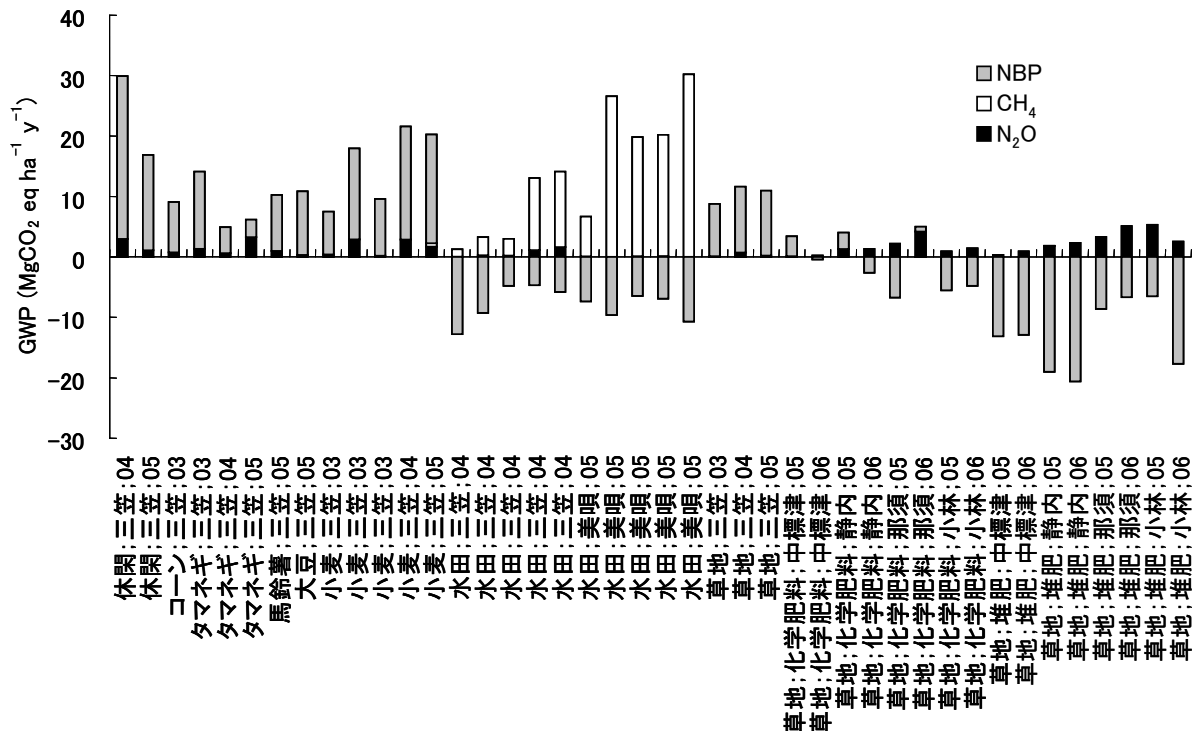


図5 北海道のさまざまな土地利用における地球温暖化指数(GWP)の文献値と本測定結果の比較。文献値のNBPは生態学的手法により測定された。

4. 本調査の推進体制

1) 推進検討委員会委員

波多野 隆介 北海道大学大学院農学研究院 (委員長)

(あいうえお順)

加納春平 (前) 農業・生物系特定産業技術研究機構 畜産草地研究所

藤沼康実 国立環境研究所・地球環境研究センター

八 木 一行 農業環境技術研究所

山本 晋 岡山大学大学院

2) 調査作業委員会委員

加納春平 (前) 農業・生物系特定産業技術研究機構 畜産草地研究所 (委員長)

(あいうえお順)

川村 修 宮崎大学農学部

神山 和則 農業環境技術研究所

三枝 俊 哉 北海道立根釧農業試験場

高橋 博人 家畜改良センター

波多野 隆介 北海道大学大学院農学研究院

寶示戸 雅之 農業・生物系特定産業技術研究機構 畜産草地研究所

長田 隆 農業・生物系特定産業技術研究機構 北海道農業研究センター

松浦 庄司 農業・生物系特定産業技術研究機構 畜産草地研究所

宮田 明 農業環境技術研究所

3) 実務の担当者

甲田裕幸 北海道立根釧農業試験場 研究部 草地環境科

清水真理子 北海道大学 大学院農学研究院

新美 光弘 宮崎大学 農学部

深水弘文 (前) 家畜改良センター宮崎牧場

寺戸貴裕 家畜改良センター宮崎牧場

4) 事務局

三田村 強 社団法人 日本草地畜産種子協会