

畑作地帯における多湿黒ボク土の土壤有機物動態

学位論文内容の要旨

1. 背景と目的

産業革命以降の150年間、大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度を上昇させてきた原因の3分の1は食糧生産のための土地利用転換によると見積もられている。なかでも、耕起をともなう畑土壤で土壤炭素の減耗が大きいこと、および、炭素濃度の高い土壤のCO₂放出速度が速いとの指摘がなされている。したがって、地球温暖化防止の観点から、畑地における炭素濃度の高い土壤の炭素動態に注目する必要がある。また、土壤炭素の動態は、土壤へ還元される有機物量と土壤有機物分解量の収支に左右されるが、その実態はよくわかっていない。本論文は、十勝管内の畑作地帯において泥炭土について炭素濃度の高い多湿黒ボク土の有機物動態の特徴を明らかにするため、畑作圃場における有機物管理と排水改良が土壤炭素の収支に与える影響について検討し、適正な管理について考察した。なお、多湿黒ボク土の炭素動態の特徴をより明確にするため、土壤は、炭素濃度が低い黒ボク土と対比し、年次は2007年を現状として1970年と対比して検証した。

2. 調査地と方法

十勝管内の耕地面積は26万haで、日本有数の畑作地帯である。多湿黒ボク土の分布面積割合は管内耕地面積の17%、黒ボク土は32%で、両土壤群で耕地の約半分を占める主要土壤である。

1) 十勝管内の耕地土壤の土壤群ごとの炭素賦存量を見積もるため、地力保全基本調査成績書(1965~1988)を用いて395地点の表層1mの炭素量を算出した。

2) 土壤のCO₂フラックスの特徴を明らかにし、土壤有機物分解量を見積もるため、多湿黒ボク土(帯広市)と黒ボク土(芽室町)の裸地で、2007年6月から10月の間の4時期7回、クロードチャンパー法により土壤からのCO₂フラックスを測定した。得られたCO₂フラックスを地温および気温で指数回帰し、地温あるいは気温を用いて積算CO₂フラックス(有機物分解量)を求めた。ついで、畑土壤への有機物還元量と土壤有機物分解量の収支を算出するため、年間の土壤有機物分解量を算出した。また、経年的な変化を検討するため、2007年におけるCO₂フラックスと気温との回帰式に1970年の気温を用いて1970年における多湿黒ボク土の年間有機物分解量を見積もった。

3) 農林統計資料、その他の資料を基に作物の収穫残渣(茎葉+刈株+根)を算出した。刈株と根は全量還元されるものとした。茎葉還元量は、茎葉産出量に北海道農政部による資料から求めた係数を乗じて見積もった。

4) 畑地における多湿黒ボク土の有機物動態を解析するため、以下の4つのシナリオ(Sc.)を設定した。Sc.A;(1970年)排水不良、残渣還元なし、Sc.B;(1970年)排水不良、残渣全量還元、Sc.C;(2007年、現状)排水良、残渣の67%還元+畜産からの堆肥供給あり(0.381 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹)。このSc.Cは2007年の現状を想定したものである。Sc.D:(2007年、改善試案)排水良、残渣全量還元。

3. 結果と考察

1) 十勝管内における耕地の土壤炭素賦存量

十勝管内の全耕地面積の17%を占める多湿黒ボク土の表層1mの土壤炭素量は、全体の31%(12 Tg)を占めた。第1層の炭素濃度の平均値(標準偏差)は、多湿黒ボク土が70(25.8) g kg⁻¹

であり、全土壌群の 55 (44.6) g kg⁻¹ より有意に高かった。

2) 多湿黒ボク土の理化学性および CO₂ フラックスの特徴

CO₂ フラックスの 7 回の測定値の平均値(標準偏差)は多湿黒ボク土 76.7(31.6)mg C m⁻² h⁻¹ で、黒ボク土 43.2(16.9) mg C m⁻² h⁻¹ より高かった。両土壌の CO₂ フラックスと地温の間にはそれぞれ有意な相関関係があった ($P < 0.01$)。Q₁₀ は、多湿黒ボク土 1.8 で黒ボク土 1.3 より高く、多湿黒ボク土は有機物分解の温度に対する感受性が高いことが示された。1969 年に十勝農試により同じ場所で測定された結果では、多湿黒ボク土の CO₂ フラックスと黒ボク土のそれとの間には有意な差が見られなかった。このことは当時の多湿黒ボク土は排水不良であり、微生物の活性が抑制されたため両土壌の CO₂ フラックスはほぼ同じであったものと思われる。2007 年の多湿黒ボク土の作土含水率は、黒ボク土と有意差がなく、排水改良の効果が現れた結果、多湿黒ボク土の CO₂ フラックスを高めたと考えられた。

3) 多湿黒ボク土における土壌有機物分解量と有機物還元量の収支

年間有機物分解量は、多湿黒ボク土 (3.260 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) で、黒ボク土 (1.894 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) より高かった。2007 年における十勝管内の主要畑作物の残渣量は平均 2.874 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ であった。残渣のうち、小豆の茎葉 (0.064 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) は病害予防のため焼却処分され、また、小麦の茎葉 (1.001 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) の 70% (0.701 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) が畜産農家へ敷料として搬出されたが、畜産農家からの堆肥の還元量はその約 1/3 (0.381 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹) にとどまった。したがって合計 2.490 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ の炭素が圃場へ還元された。炭素収支は、黒ボク土では、+0.596 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ となり、土壌有機物が蓄積したが、多湿黒ボク土では、-0.770 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ となり、土壌有機物が減耗することが認められた。

4) 多湿黒ボク土の炭素収支に関する 4 つのシナリオによる解析

1970 年の土壌の炭素収支は、残渣全量を還元する場合 (Sc.B)、-0.910 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ となり、茎葉を還元しない場合 (Sc.A) の -1.785 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ の半分に抑えられるものの、土壌炭素は減耗していた。1970 年から 2007 年にかけて畑作物の総炭素固定量は 2.668 から 5.951 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ に倍増し、その結果、残渣産出量も 1.006 から 2.874 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ と 2.8 倍に増加した。一方、土壌有機物分解量は 2007 年には 1970 年の 1.7 倍に増加した。このために、残渣が全量還元された場合 (Sc.D) の炭素収支は -0.386 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ となり 1970 年より改善したものの、土壌炭素は減耗していた。さらに、茎葉の一部が還元されていない現状の場合 (Sc.C) には -0.770 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹ と土壌炭素の減耗はほとんど改善されていなかった。

4. 結論

排水不良地であるために生産性が低かった多湿黒ボク土は、生産性向上を目的とした排水改良の効果が発現し、現在では、排水の良い土壌と同等の収量水準となった。作物の生育量が増加したことで、残渣量が 2007 年には 1970 年の 2.8 倍に増加した。一方では、排水改良の効果が発現し有機物分解速度は 1970 年の 1.7 倍へ増加した。しかし、麦稈が畜産農家へ持ち出され、その 3 分の 1 に相当する堆肥しか還元されていないため、多湿黒ボク土の土壌炭素は減耗していると見積もられた。この改善のために少なくとも畜産農家へ搬出した麦稈と同等量の有機物量を、堆肥として供給を受けるなど対応の必要性が示唆される。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 波多野 隆 介

副 査 教 授 長谷川 周 一

副 査 教 授 平 野 高 司

学位論文題名

畑作地帯における多湿黒ボク土の土壤有機物動態

本論文は7章からなり図11、表22、引用文献134を含む74ページの和文論文であり、他に参考論文1編が添えられている。

1. 背景と目的

大気中の二酸化炭素(CO₂)濃度を上昇させてきた原因の3分の1は、食糧生産のための土地利用転換による。なかでも、土壤炭素濃度の高い土壤、とくに畑土壤の土壤炭素の減耗に伴うCO₂放出が大きいことが指摘されている。本論文は、十勝管内の畑作地帯において炭素濃度の高い多湿黒ボク土の有機物動態の特徴を明らかにするため、畑作圃場における有機物管理と排水改良が土壤炭素の収支に与える影響を検討し、適正な管理について考察したものである。

2. 調査地と方法

1) 十勝管内の耕地土壤の炭素賦存量を、地力保全基本調査成績書を用いて算出した。

2) 土壤有機物分解量を見積もるため、多湿黒ボク土と黒ボク土の裸地で、土壤からのCO₂フラックスを測定した。得られたCO₂フラックスを地温あるいは気温で回帰した指数回帰式を用いて積算CO₂フラックスを求めた。ついで、2007年、1970年の年間の土壤有機物分解量を算出した。

3) 農林統計資料、その他の資料を基に主要畑作物(小麦、大豆など8作物)の収穫残渣(茎葉+刈株+根)を算出した。茎葉還元量は、北海道農政部による資料から求めた。

4) 十勝管内畑地帯における多湿黒ボク土の有機物動態を解析するため、4つのシナリオ(Sc.)を設定した。Sc.A;(1970年)排水不良、茎葉還元なし、Sc.B;(1970年)排水不良、残渣全量還元、Sc.C;(2007年、現状)排水良、茎葉の67%還元+畜産からの堆肥供給あり(0.381 Mg C ha⁻¹ yr⁻¹)。このSc.Cは2007年の現状を想定したものである。Sc.D:(2007年、改善試案)排水良、残渣全量還元。

3. 結果と考察

1) 十勝管内における耕地の土壤炭素賦存量

十勝管内の全耕地面積26万haの表層1mの土壤炭素量は37Tgであった。耕地面積の17%の多湿黒ボク土の土壤炭素は31%の12Tgを占めた。

2) 多湿黒ボク土の理化学性およびCO₂フラックスの特徴

CO₂フラックスは多湿黒ボク土76.7mg C m⁻² h⁻¹で、黒ボク土43.2 mg C m⁻² h⁻¹より高かった。1969年には、多湿黒ボク土のCO₂フラックスと黒ボク土のそれとの間には有意な差が見られなかった。このことは当時の多湿黒ボク土は排水不良であり、両土壤のCO₂フラックスはほぼ同じであったものと思われる。2007年の多湿黒ボク土の作土含水率は、黒ボク土と有意差がなく、排水改良の効果が現れた結果、多湿黒ボク土のCO₂フラックスを高めたと考えられた。

3) 多湿黒ボク土における土壌有機物分解量と有機物還元量の収支

年間有機物分解量は、多湿黒ボク土 ($3.43 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) で、黒ボク土 ($1.95 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) より高かった。2007年における十勝管内の主要畑作物の残渣量は平均 $2.87 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ であった。小麦の茎葉 ($1.00 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) の70% ($0.70 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) が畜産農家へ敷料として搬出されたが、畜産農家からの堆肥の還元量はその約1/2 ($0.38 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$) にとどまった。したがって合計 $2.49 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ の炭素が圃場へ還元された。炭素収支は、黒ボク土では、 $+0.54 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ となり、土壌有機物が蓄積したが、多湿黒ボク土では、 $-0.94 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ となり、土壌有機物が減耗することが認められた。

4) 多湿黒ボク土の炭素収支に関する4つのシナリオによる解析

1970年の土壌の炭素収支は、残渣全量を還元する場合 (Sc.B) $-0.97 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ となり、茎葉を還元しない場合 (Sc.A) の $-1.85 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ の半分に抑えられるものの、土壌炭素は減耗していた。1970年から2007年にかけて畑作物の総炭素固定量は2.67 から $5.95 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ に倍増し、その結果、残渣産出量も1.01 から $2.87 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ と2.8倍に増加した。一方、土壌有機物分解量は2007年には1970年の1.7倍に増加した。このために、残渣が全量還元された場合 (Sc.D) の炭素収支は $-0.56 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ となり1970年より改善したものの、土壌炭素は減耗していた。さらに、茎葉の一部が還元されていない現状の場合 (Sc.C) には $-0.94 \text{ Mg C ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ と土壌炭素の減耗はほとんど改善されていなかった。

4. 結論

排水不良地であるために生産性が低かった多湿黒ボク土は、現在では、排水の良い土壌と同等の収量水準となった。作物の生育量が増加したことで、残渣量が2007年には1970年の2.8倍に増加した。一方では、排水改良の効果が発現し有機物分解速度は1970年の1.7倍へ増加した。しかし、麦稈が畜産農家へ持ち出され、その2分の1に相当する堆肥しか還元されていないため、多湿黒ボク土の土壌炭素は減耗していると見積もられた。この改善のために少なくとも産出残渣全量を還元するなど対応の必要性が示唆される。

以上のように本研究は、畑土壌の中でとく炭素濃度の高い多湿黒ボク土における土壌炭素の減耗の要因について、炭素収支法を用いて検討し、その改善を述べたものであり、今後の農業による地球温暖化防止策を策定するに貢献するものである。よって審査員一同は、関谷長昭が博士(農学)の学位を受けるに十分な資格を有するものと認めた。