

十勝地域の多湿黒ボク土における土壤有機物動態

関谷長昭¹

Soil carbon storage and its dynamics in Wet Andosols in the Tokachi district of Hokkaido

Nagaaki SEKIYA¹

1. はじめに

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(Lal,2004)。なかでも、耕起をとまなう畑土壌で土壤炭素の減耗が大きいこと(Murty et al.,2002)、および、炭素濃度の高い土壌のCO₂放出速度が速い(Bellamy et al.,2005)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壌の炭素動態に注目する必要がある。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。また多湿黒ボク土は自然状態では排水不良地であるため、作物生産性向上のために歴史的に排水改良工事が施工されてきた。近年その効果が発現し、作物の生産性が排水良好地に劣らない程度まで向上してきた圃場があるとの報告がなされた(丹羽ら, 1999)。この多湿黒ボク土の畑作圃場における排水改良が土壤炭素の動態に与える影響は十分解明されていない。

本報告では、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を、炭素濃度のより低い黒ボク土と比較しその土壤炭素動態の特徴を明らかにする。

なお、本稿は「北農」第77巻第3号から第78巻第4号まで6回にわたり掲載された論文「畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態」を要約、加筆したものである(関谷, 2010a, 2010b, 2011a, 2011b, 2011c, 2011d)。

2. 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。本報告で対象とした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、両土壌群で耕地の約半分を占める主要土壌である。

2.1 十勝管内における耕地土壌の土壤炭素賦存量

十勝管内の耕地土壌の土壌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。まず、土壌群の下位カテゴリーである土壌統ごとに、その層厚、容積重、炭素濃度から、1haあたり表層1mの炭素賦存量を求めた。各土壌統の1haあたり炭素賦存量は、式(1)によって算出した。

1haあたり土壤炭素賦存量(Mg C ha⁻¹) =

$$\sum_{i=1}^n (L_i \times B_i \times C_i) \times 10,000 \quad (1)$$

ただし、 L_i : i番目の層の層厚(m)、 B_i : i番目の層の容積重(Mg m⁻³)、 C_i : i番目の層の炭素濃度(Mg Mg⁻¹)、 n : 当該土壌統の炭素を含む層の数である。

次に、炭素賦存量を算出した各土壌統を、全国土壌統の設定基準(農林省農業技術研究所化学部土壌第3科, 1977)に従い、農耕地土壌分類(農林省農業技術研究所化学部土壌第3科, 1977)の16土壌群のうち十勝管内に分布する10の土壌群に分類し集計した。

各土壌群の炭素賦存量と分布面積からその土壤炭素濃度を算出した。

2.2 多湿黒ボク土のCO₂フラックスの特徴

多湿黒ボク土の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)の畑圃場において、土壤からのCO₂フラックスと理化学性及び地温、気温を測定した。測定圃場は裸地(約1.2m×3.6m)を供試して有機物分解由来のCO₂フラックス(Shimizu et al., 2009)を測定した。

有機物分解由来のCO₂フラックスの測定は、2007年6月9日、8月7日、9月25日、10月15日の計4日行った。1日の測定ごとに午前9時と午後1時の2回(ほぼ4時間間隔)測定し幅広い温度条件の測定値を得るようにした。ただし、9月の測定は、降雨のため朝のみの測定であったので、1箇所延べ7回、各地点において3反復で測定を行った。

CO₂フラックスの測定はクローズドチャンバー法(Toma and Hatano, 2007)を用いた。現地では測定の前日にチャンバーを土壤に3cm押し込んで設置した。各測定地点で3個のチャンバーを設置し、反復とした。採取したガスのCO₂濃度は、赤外線CO₂分析機(ZFP 5; 富士電機製)でサンプルガスを採取した当日に分析した。

¹Rakuno Gakuen University,

33-4 Minamimachi, Bunkyo-dai, Ebetsu, Hokkaido, 069-0835 Japan.

Corresponding author: 関谷長昭, ¹酪農学園大学

2012年12月28日受稿, 2013年1月30日受理

土壤の物理性123号, 25-30 (2013)

CO₂ 発生速度は Toma and Hatano (2007) の式で計算した。

CO₂ フラックス測定時に、測定地点の深度 5 cm の土壌温度を 3 反復で測定した。また、CO₂ フラックス測定地点近傍の裸地において、地表下 5 cm に温度ロガー (TandD 社製 TR-52) を埋設し、地温を 128 日間 (6 月 9 日～10 月 14 日) にわたり 1 時間間隔で連続測定した。

2007 年の多湿黒ボク土と黒ボク土についてそれぞれ 1 時間ビッチで記録した地温のデータを用いて、128 日間の積算 CO₂ フラックスを求めた。まず、CO₂ フラックスと測定時の地温との相関をとり、指数関数的回帰式を作成した。CO₂ フラックスと測定時の地温との間の回帰式に地温の連続データを代入し、1 時間ごとの CO₂ フラックスの連続データを算出した。この CO₂ フラックス連続データを積算することにより、地温を連続測定した 128 日間の積算 CO₂ フラックスを得た。

有機物還元量との収支を算出するために年間の土壌有機物分解量を算出する必要がある。

Ohkubo et al (2010) の報告に従い非積雪期間の積算 CO₂ フラックスを年間有機物分解量とすることが可能であると判断した。芽室町の 2007 年 4 月 8 日から 11 月 19 日までの 226 日間は非積雪期間であり、この期間の積算 CO₂ フラックスを年間の有機物分解量とした。

2007 年 6 月 9 日から同年 10 月 14 日までの 128 日間 (以降「積算中期」) は CO₂ フラックスを地温で回帰した指数回帰式から求めたこの間の積算 CO₂ フラックスの値を用い、4 月 8 日から 6 月 8 日の 62 日間 (以降「積算前期」)、および 10 月 15 日から 11 月 19 日までの 36 日間 (以降「積算後期」) は、多湿黒ボク土と黒ボク土のそれぞれについて、Fig. 2 に示す CO₂ フラックスを地温で回帰した指数回帰式を用いて、CO₂ フラックスの測定日ごとの日積算 CO₂ フラックスを求めた。この日積算 CO₂ フラックスをアメダス日平均気温で回帰して得た指数回帰式 $f(t_i)$ (Fig. 3) によって、地温データのない積算前期と積算後期の日ごとの土壌有機物分解量を算出し積算前期及び積算後期の日数分の積算値を算出した。

2.3 圃場への還元有機物量と土壌有機物分解量との炭素収支

本報告が対象とする有機物は、作物収穫部位、残渣 (収穫残渣)、堆肥、土壌有機物が主体である。このうち残渣は、茎葉、刈株、および根の総称であり、その一部を指す場合は、茎葉、刈株、根とそれぞれを明記する。畜産農家が産出する堆肥類は、本報告ではそれらを総称して堆肥という。

2007 年の農林統計数値を用いて、十勝管内の主要畑作物の茎葉類、刈株、および根の産出量、これら残渣の畑作農家圃場への還元量を見積もる。なお、刈株と根は、茎葉と異なり全量が土壌へ残るものであるが、便宜上、これも「圃場へ還元する」という表現を用いた。

茎葉の算出は、主要畑作物生産量 (北海道十勝総合振興局, 2010) から茎葉量を係数 (北海道農政部, 2005) により算出し、乾物重に換算後、0.45 の炭素率 (高橋,

1984) を乗じて炭素量とした。

茎葉の用途別利用率は北海道農政部 (2005) および資料「十勝畑作地帯における施肥の実態」(十勝管内土壌診断事業推進協議会ら, 2002) によった。小麦の茎葉については、産出量の 70 % が畜産農家へ敷料として搬出される (北海道農政部, 2005) と見積もり、残りの 30 % が畑作農家の圃場へ還元されるものとした。小豆の茎葉は、落葉病、葉枯病などの病害防除のために焼却処分が奨励されている (北海道植物防疫協会, 2004) ので、全量焼却処分されるものとした。

土壌へ還元する有機物は、茎葉、刈株、根として、生育期間中に圃場に落下する落ち葉、枝などは算入していない。刈株と根の量は、小川ら (1988) の、収穫部位に対する各部位の乾物比を用いて算出した。

土壌へ還元される有機物として、上記以外に堆肥がある。畑作農家による自給堆肥は残渣に算入されているが、外部から搬入した堆肥については別に見積もる必要がある。

畜産農家から搬入される堆肥を「十勝畑作地帯における施肥の実態」により見積もった。この資料を基にてん菜への堆肥施用についてのみを見積もった。てん菜への堆肥施用量 (3.83 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) の 20 % (0.85 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) が畑作農家の自給堆肥と見積もり、てん菜への堆肥施用量の 80 % (3.06 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) が畜産農家から供給されたものとして計算した。てん菜以外の作物へは、畑作農家の自給堆肥を施用すると仮定した。

ここで求めた圃場への有機物還元量と前項で求めた土壌有機物分解量の収支を算出した。

2.4 排水改良が多湿黒ボク土の CO₂ フラックスに及ぼす影響

1969 年から 1971 年の間に黒ボク土と多湿黒ボク土の裸地において CO₂ フラックスが測定されていた (北海道立十勝農業試験場土壌肥料科, 1969, 1970, 1971)。この CO₂ フラックス測定は田辺 (1975) の方法を用いた。CO₂ フラックス測定値の両土壤間の差の有意性を検定した。また、この CO₂ フラックス測定と同時に、供試両土壤の裸地の作土の含水率が測定されていたのでこれらの結果の両土壤間の差の有意性を検定した。同様に 2007 年の CO₂ フラックス測定地点の両土壤の作土含水率を測定し両土壤の差の有意性を検定した。

3. 結果と考察

3.1 十勝管内における耕地の土壌炭素賦存量

各土壤群の 1 ha あたり炭素賦存量と当該土壤群の管内分布面積および表層 1 m の炭素賦存量を Table 1 に示す。十勝管内の地力保全基本調査による 395 土壤群の総面積は、226,673 ha であった。主な土壤群の分布面積と炭素賦存量は、黒ボク土が 73,161 ha, 7.7 Tg C, 多湿黒ボク土が 39,162 ha, 11.6 Tg C, 全土壤群合計炭素賦存量は 37 Tg C であった。

十勝管内の耕地土壌の表層 1 m の平均炭素濃度は 16.3 kg C m⁻³ であった。全球的な表層 1 m の土壌炭素賦存量の見積もり (Post et al., 1982; Paustian et al., 2000) と、

Table 1 十勝管内耕地土壌表層1mの炭素賦存量.

The current amount of soil carbon in the top 1m of cropland in the Tokachi district.

土壌群	土壌統数*	分布面積 (A) (ha)	各土壌群の分布面積割合 (%)	炭素賦存量 (B) (Tg C)	各土壌群の炭素賦存量割合 (%)	単位面積当り炭素賦存量 (B/A) (Mg C ha ⁻¹)	炭素濃度** (kgCm ⁻³) (SD)
黒ボク土	72	73,161	(32.3)	7.695	(20.8)	105	10.5 (8.0)
多湿黒ボク土	60	39,162	(17.3)	11.614	(31.4)	297	29.7 (15.5)
黒ボクグライ土	6	763	(0.3)	0.122	(0.3)	160	16.0 (8.4)
褐色森林土	39	16,819	(7.4)	2.006	(5.4)	119	11.9 (6.3)
灰色台地土	28	11,370	(5.0)	1.590	(4.3)	140	14.0 (10.9)
グライ台地土	1	1,011	(0.4)	0.246	(0.7)	243	24.3 (-)
褐色低地土	115	54,739	(24.1)	5.528	(15.0)	101	10.1 (8.3)
灰色低地土	47	17,340	(7.6)	2.857	(7.7)	165	16.5 (10.9)
グライ土	11	3,279	(1.4)	0.300	(0.8)	91	9.1 (3.9)
泥炭土	16	9,029	(4.0)	5.012	(13.6)	555	55.5 (36.4)
合計	395	226,673	(100.0)	36.970	(100.0)	163	16.3***

(北海道立中央農業試験場, 1978)

*: 土壌統数は、地力保全基本調査により設定した市町村別の土壌統数である。

**: 炭素濃度は、各土壌群に属する土壌統の平均値 (SD) である。グライ台地土は1土壌統のみであり、SDは算出できない。

***: 全土壌統の平均炭素濃度は、合計炭素賦存量を合計面積で除して算出した。

その面積から算出した全球的な土壌の平均炭素濃度は、10～11.7 kg C m⁻³である。わが国の表層1mの土壌の平均炭素濃度は16.0 kg C m⁻³と見積もられている(杉原ら, 2004)。すなわち、十勝の平均炭素濃度は、全球的な平均炭素濃度より大きい、日本の平均値と変わらない。

しかし、多湿黒ボク土の炭素濃度は29.7 kg C m⁻³であり、面積割合は17% (39,000ha)であるが、深さ1mまでの炭素賦存量は31% (12 Tg)を占めている。多湿黒ボク土は沖積低地、谷底地や台地、丘陵地内の凹地などのほぼ平坦ないし緩傾斜面に分布し、その土壌生成過程では排水不良のために多量の有機物を集積させてきた。しかし、作土の潜在地力は高く(西宗, 1984)、排水改良を進めることで、現在では作土は好気的な環境となり畑作に支障のない農地となっている。すなわち、農地利用されている多湿黒ボク土は、かつて集積した腐植が特徴として残されているのであり、湿潤で腐植を集積させるというものではない可能性が高い。

さらにBellamy et al (2005)は現在、農地であれ非農地であれ、炭素濃度の高い土壌は温暖化のために炭素を失っていると述べている。このことから十勝管内の多湿黒ボク土の土壌炭素動態に注目すべきことの重要性が理解できる。

3.2 多湿黒ボク土のCO₂フラックスの特徴

2土壌のCO₂フラックスの平均値を土壌別、時期別にFig. 1に示す。黒ボク土では調査時期の違いによる大きな変動は見られず、31.3～61.8 mg C m⁻² h⁻¹の範囲で推移した。多湿黒ボク土はこれよりやや大きな変動で44.7～113.3 mg C m⁻² h⁻¹であった。CO₂フラックス測定7回の平均値 (SD) は、黒ボク土が43.2 (16.9) mg C m⁻² h⁻¹、多湿黒ボク土は76.7 (31.6) mg C m⁻² h⁻¹で、多湿黒ボク土が黒ボク土より5%水準で有意に高かった。

2007年における地温、気温、作土の含水率とCO₂フラックスとの相関関係は、全土壌込みにして5%水準で有意であったが、土壌別には地温と気温のみがCO₂フラックスとの間に有意な相関関係が見られた。また、地温と気温は、 $r=0.9790$ ($n=14$, $P<0.001$)という高い正の相関関係があったので以降、CO₂フラックスと地温との関係を論議の対象とする。

CO₂フラックスと地温の相関図をFig. 2に示す。

黒ボク土と多湿黒ボク土の両土壌ともCO₂フラックスと地温の間には0.1%水準で有意な指数回帰式が得られた。この回帰式から両土壌のQ₁₀を求めると黒ボク土は1.3、多湿黒ボク土は1.8であった。このことから、多湿黒ボク土は黒ボク土より温度依存性が大きいことが分かる。得られた多湿黒ボク土および黒ボク土の指数回帰式に128日間の地温の連続データを代入して期間中の積算CO₂フラックスを算出したところ、多湿黒ボク土が2.37 Mg C ha⁻¹、黒ボク土が1.19 Mg C ha⁻¹であった (Table 2)。

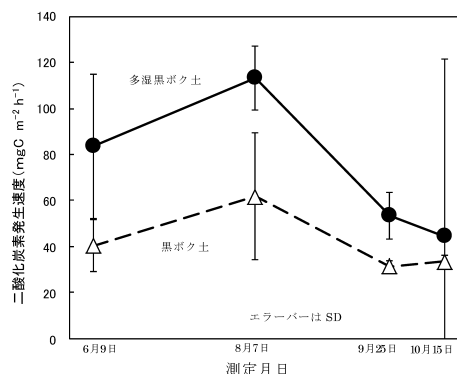


Fig. 1 2土壌の時期別CO₂フラックス。
Seasonal variations of CO₂ flux on the two soils.

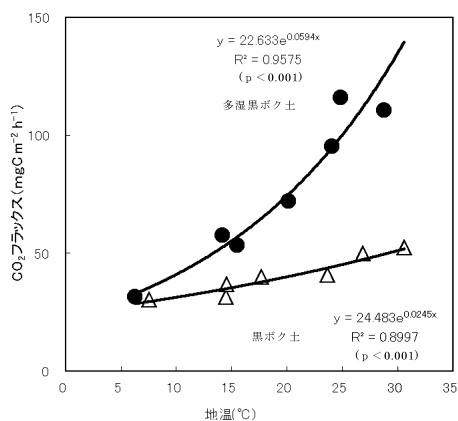


Fig. 2 CO₂ フラックスと地温との関係.

The relationships between CO₂ flux and soil temperature on the two soils.

日積算 CO₂ フラックスとアメダス日平均気温の相関図を Fig. 3 に示す. 4 回の CO₂ フラックス測定日の日積算 CO₂ フラックスを測定日のアメダス日平均気温で回帰したところ, いずれの土壌も有意な指数回帰式が得られた. この式を用いて積算前期, 積算後期の土壌有機物分解量を算出し Table 2 に示す.

積算全期の土壌有機物分解量は黒ボク土が 1.95 Mg C ha⁻¹ y⁻¹, 多湿黒ボク土が 3.43 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ となった. 以降, この非積雪期間有機物分解量を年間有機物分解量とする.

3. 3 圃場への還元有機物量と土壌有機物分解量との炭素収支

十勝管内の主要畑作物 (小麦, 大豆, 小豆, 菜豆, 馬鈴薯, てん菜, ながいも, スイートコーン) の 2007 年における残渣 (茎葉 + 刈株 + 根) の炭素量は平均 2.87 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ であった. このうち小麦茎葉 (1.00 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) の 70 % (0.70 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) が畜産農家へ敷料として搬出されたが, 畜産農家から畑作農家への堆肥の推定供給量は約 1/2 (0.38 Mg C ha⁻¹ y⁻¹) にとどまった. したがって合計 2.49 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ の炭素が畑作農家の圃場へ還元された. 2007 年の年間土壌有機物分解量と還元有機物量の炭素収支は, 黒ボク土では, +0.54 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ となり土壌炭素が蓄積傾向を示した. 十勝農試において黒ボク土畑圃場を供試した長期有機物連用試験の解析の結果 (中津・田村, 2007), 収穫残渣を全

量還元すると土壌有機物は蓄積傾向となることを報告しているが, 本報告の試算結果と一致する. これに対して多湿黒ボク土では, -0.94 Mg C ha⁻¹ y⁻¹ となり, 土壌炭素が減耗する傾向であった (Table 3).

3. 4 排水改良が多湿黒ボク土の CO₂ フラックスに及ぼす影響

前述のとおり, 2007 年における多湿黒ボク土の CO₂ フラックスは, 黒ボク土より有意に高かった.

1969 年に十勝農業試験場で測定された黒ボク土と多湿黒ボク土の 9 回の CO₂ フラックス測定値の平均値 (SD) は, 黒ボク土は 89.0 (74.0) mg C m⁻² h⁻¹, 多湿黒ボク土は 61.0 (33.0) mg C m⁻² h⁻¹ で, 両土壌間の CO₂ フラックス測定値間の差は有意ではなかった (p > 0.862). また, 吉田・坂井 (1963) は, 十勝で行った研究で, 火山灰土の乾燥統 (黒ボク土), 湿地統 (多湿黒ボク土) における耕地土壌の CO₂ 発生量には, ほとんど差がないことを報告している.

このように, 1969 年には黒ボク土と多湿黒ボク土の CO₂ フラックスの測定値の差が見られなかったが, 2007 年には多湿黒ボク土の CO₂ フラックスの測定値が有意に黒ボク土のそれより高くなっていった. この理由として考えられるのが Q₁₀ の違いに加えて土壌の乾燥化がある. 2007 年の作土の含水率は黒ボク土の 0.29 kg kg⁻¹ と多湿黒ボク土の 0.278 kg kg⁻¹ との間に有意差が見られなかった (Fig. 4).

一方, 1969 年 (n=8), 1970 年 (n=12), 1971 年 (n=7) の作土の含水率の 3 年間の各土壌型平均値 (SD) は, 乾性型火山性土 (黒ボク土) が 0.279 (0.003) kg kg⁻¹, 湿性型火山性土 (多湿黒ボク土) が 0.361 (0.003) kg kg⁻¹ であった. 1969 年からの 3 年間の年次間に有意差はなく, 土壌間では 5 % 水準で湿性型火山性土が高かった (Fig. 4). 同時に 2007 年の多湿黒ボク土の値は 1969 ~ 1971 年の多湿黒ボク土の値より 5 % 水準で有意に低かった. このことから, 過去 40 年弱の間に, 黒ボク土に比べて多湿黒ボク土で特に土壌の乾燥化が進んでいたと判断できる.

これは, 2007 年には多湿黒ボク土に対する排水改良の効果が現れた (北海道開発局帯広開発建設部, 2006) 結果, 土壌の乾燥化により微生物活性が高まったため土壌有機物分解が促進され CO₂ フラックスが高まったと考えられる.

CO₂ フラックスと土壌水分との関係については, 関連

Table 2 黒ボク土および多湿黒ボク土の年間土壌有機物分解量.

The annual amount of soil carbon decomposition on Andosols and Wet Andosols.

土壌群	CO ₂ フラックス	積算前期	積算中期	積算後期	積算全期
		4/8 ~ 6/8 (62 日間)	6/9 ~ 10/14 (128 日間)	10/15 ~ 11/19 (36 日間)	4/8 ~ 11/19 (226 日間)
黒ボク土	積算 (Mg C ha ⁻¹)	0.50	1.19	0.26	1.95
	日量平均 (mg C m ⁻² day ⁻¹)	803 ^a	886 ^a	739 ^a	-
	(日量平均の SD)	(89)	(122)	(60)	-
多湿黒ボク土	積算 (Mg C ha ⁻¹)	0.72	2.37	0.34	3.43
	日量平均 (mg C m ⁻² day ⁻¹)	1,153 ^b	1,474 ^b	961 ^b	-
	(日量平均の SD)	(260)	(456)	(162)	-

右肩の a, b は, 列方向の異文字間に 0.1 % 水準で有意差があることを示す.

Table 3 年間有機物分解量と還元有機物量の収支.

The annual balance of input and output of carbon on Wet Andosols.

	年間有機物 分解量 (A) (Mg C ha ⁻¹)	茎葉産出量 (Mg C ha ⁻¹)	茎葉還元量 (Mg C ha ⁻¹)	刈株還元量 (Mg C ha ⁻¹)	根還元量 (Mg C ha ⁻¹)	畜産農家から の堆肥供給 (Mg C ha ⁻¹)	合計有機物 還元量 (B) (Mg C ha ⁻¹)	収支 (B) - (A) (± Mg C ha ⁻¹)
多湿黒ボク土	3.43	2.34	1.57	0.24	0.30	0.38	2.49	- 0.94
黒ボク土	1.95	2.34	1.57	0.24	0.30	0.38	2.49	+ 0.54

があるとする報告（吉田・坂井，1963）と、関係はないとする報告（瀬戸ら，1978）があるが、間接的には排水改良の効果発現による土壌水分の低下は、CO₂フラックス、すなわち土壌有機物分解速度に影響を及ぼしているとの報告例が多い（Ding et al., 2007；Fang and Moncrieff, 2001；瀬戸ら，1978；吉田・坂井，1963）。

東田ら（1996）は、本報告とほぼ同じ2土壌を含む十勝の代表的3土壌を供試して、土壌微生物活性の阻害要因について、多湿黒ボク土は水分が多く気相率が低いことであることを報告している。このことから、排水効果が現れ、過剰な水分が排除され、気相率が多くなれば多湿黒ボク土は、微生物活性が高まり有機物分解が促進されると推測できる。

1963, 1969年当時は、多湿黒ボク土の土壌水分が多く、過剰な土壌水分を排除するための排水改良の効果が出ていなかったために作物生産性が低かった（山田・菊地，1971）。このような土壌環境であったために微生物の基質が多いにもかかわらずCO₂フラックスは黒ボク土と同等か（吉田・坂井，1963）、両土壌間のCO₂フラックスの大きさに有意差が見られなかった（北海道立十勝農業試験場土壌肥料科，1969）のであろう。

以上から、十勝管内の排水不良地のうち、多湿黒ボク土は、根圏土層の過剰水分が排除されるなど、排水効果が表れてきたために生産性を向上させてきたとみられる。同時に、土壌有機物分解速度が促進されてきていることが推察できる。

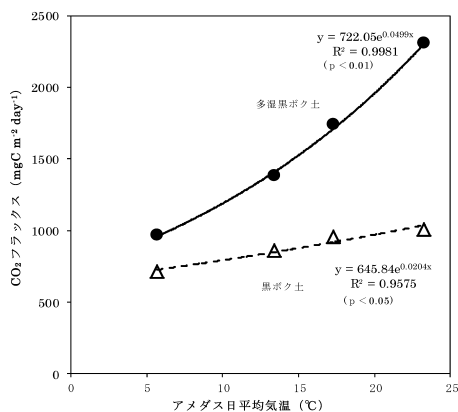


Fig. 3 2007年におけるCO₂フラックスとアメダス気温の関係。The relationships between CO₂ flux and air temperature on the two soils.

4. 結論

1970年当時の多湿黒ボク土は排水不良地であるために栽培作物の生産性が低かった。1950年以降、排水不良圃場の生産性向上を目的とした組織的な排水改良工事が施工された（北海道開発局帯広開発建設部，2006）結果、2007年には多湿黒ボク土においてその効果が発現し、排水の良い土壌と同等の収量水準となった例が報告された（丹羽ら，1999）。反面、排水効果が発現した多湿黒ボク土は土壌の乾燥化により土壌有機物分解が促進されてきたと推察される。さらに、農業構造の変革から畑作地帯における土壌への有機物還元量が減少傾向である。多湿黒ボク土の有機物の減耗を抑制するための対策として、少なくとも残渣の生産量全量を圃場へ還元するなどの対策の必要性が示唆される。

5. おわりに

これまで、多湿黒ボク土に関しては生成要因、その土壌理化学的特性と分布、改良法、生産性に関する研究は非常に多く、実用面に多大な貢献をしてきた。

しかし、排水改良後の土壌の乾燥化による有機物の減耗とその対策に関しては研究が開始されたばかりといっても良い。この領域の研究の進展とその成果の現場における貢献を今後に期待したい。

土壌生成過程で集積した貴重な資源である多湿黒ボク土の有機物を少しでも長く保持してゆかねばならない。これは地球温暖化防止対策としても重要であるが、同時

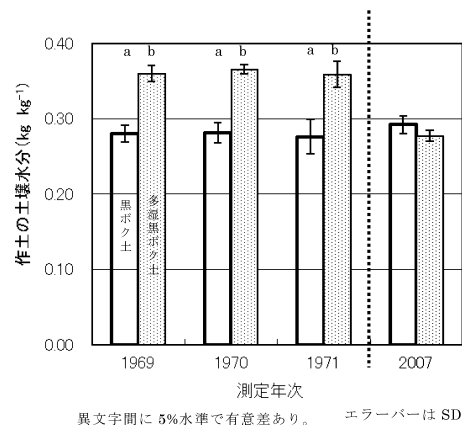


Fig. 4 作土の含水率の土壌間、年次間比較。The topsoil moisture content of the two soils in 1969, 1970, 1971, and 2007.

に長期的に見た土壌の生産力の維持のためにも重要であることを強調しておきたい。

引用文献

- Bellamy, P.H., Loveland, P.J., Bradley, R.I., Lark, R.M., and Kirk, J.D. (2005) : Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature*, 437 : 245-249.
- Ding, W., Cai, Y., Cai, Z., Yagi, K., Zheng, X. (2007) : Soil Respiration under Maize Crops : Effects of Water, Temperature, and Nitrogen Fertilization. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 71 : 944-951.
- Fang, C., and Moncrieff, J.B. (2001) : The dependence of soil CO₂ efflux on temperature. *Soil Biol. Biochem.*, 33-2 : 155-165.
- 東田修司・田村元・山神正弘 (1996) : 畑土壌の微生物活性とその規制要因, 北海道立農業試験場集報, 70 : 17-26.
- 北海道開発局帯広開発建設部 (2006) : 十勝農業における排水改良事業効果の検証, pp.1-127.
- 北海道農政部 (2005) : 北海道における有機質資材の利用ガイド, pp.1-137.
- 北海道立十勝農業試験場土壌肥料科 (1969, 1970, 1971) : 昭和44, 45, 46年度土壌肥料試験成績書, pp.19-32, pp.16-34, pp.14-40.
- 北海道植物防疫協会 (2004) : 北海道病害虫防除提要, pp.190-198.
- 北海道十勝総合振興局 (2010) : 十勝農業の統計年次表, <http://www.tokachi.pref.hokkaido.lg.jp/> (2010年4月1日)
- Lal, R. (2004) : Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304 : 1623-1627.
- Murty, D., Kirshbaum, M.U.F., McMurtrie, R.E., and McGrilveray, H. (2002) : Does conversion of forest to agricultural land change soil carbon and nitrogen? *Global Change Biology*, 8 : 105-123.
- 中津智史・田村元 (2007) : 30年間の有機物(牛ふんパーク堆肥および収穫残渣)連用が北海道の淡色黒ボク土の全炭素, 全窒素および物理性に及ぼす影響. *土肥誌*, 79 : 139-145.
- 西宗昭 (1984) : 十勝地方における畑作物の生産に対する土壌窒素の評価. 北海道農業試験場研究報告, 140 : 33-91.
- 丹羽勝久・辻修・大淵清志・菊地晃二 (1999) : 細粒質褐色低地土に生成した耕盤層が土壌水分動態およびテンサイ根系の発達に及ぼす影響. *ペドロジスト*, 43 : 7-15.
- 農林省農業技術研究所化学部土壌第3科 (1977) : 土壌統の設定基準および土壌統一覧表 第2次案, pp.1-67. 農業技術研究所化学部土壌第3科.
- 小川和夫・竹内豊・片山雅弘 (1988) : 北海道の耕草地におけるバイオマス生産量および作物による無機成分吸収量. 北海道農業試験場研究報告, 149 : 57-91.
- Ohkubo, S., Yanai, Y., Nagata, O., Nemoto, M., Iwata, Y., Koga, N., and Hirota, T. (2010) : Observing CO₂ dynamics over and in agricultural soils under a snowpack removal experiment in northern Japan. 日本農業気象学会 2010年全国大会講演要旨, p.133.
- Paustian, K., Andr n, O., Clarholm, M., Hanssen, A-C., Johansen, G., Lagerlof, J., Pettersson, R. and Sohlenius, B. (1990) : Carbon and nitrogen budgets of four agroecosystems with annual and perennial crops, with and without N fertilization. *J. Appl. Ecol.*, 27 : 60-84.
- Post, W.M., Emanuel, W.R., Zinke, P.J., and Stangenberger, A.G. (1982) : Soil carbon pools and world life zones. *Nature*, 298 : 156-159.
- 関谷長昭 (2010a) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態. *北農*, 77 : 268-273.
- 関谷長昭 (2010b) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態 第2章 十勝管内畑作地帯の土壌炭素賦存量. *北農*, 77 : 387-393.
- 関谷長昭 (2011a) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態 第3章 多湿黒ボク土の理化学性および二酸化炭素フラックスの特徴. *北農*, 78 : 30-40.
- 関谷長昭 (2011b) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態 第4章 多湿黒ボク土における土壌有機物分解量と還元有機物量との収支. *北農*, 78 : 144-150.
- 関谷長昭 (2011c) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態 第5章 多湿黒ボク土における土壌有機物動態に関する4つのシナリオによる予測. *北農*, 78 : 280-287.
- 関谷長昭 (2011d) : 畑作地帯における多湿黒ボク土の有機物動態 第6章 総合考察. *北農*, 78 : 386-395.
- 杉原弘恭, 生駒依子, 山下潤 (2004) : 日本列島のカーボンプール : 森林・森林土壌・湿地・農地土壌に関する研究. *地域政策研究*, 11 : 1-55.
- Shimizu, M., Marutani, S., Desyatkin, A.R., Jin T., Hata, H., Hatano, R. (2009) : The effect of manure application on carbon dynamics and budgets in a managed grassland of Southern Hokkaido, Japan. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 130 : 31-40.
- 瀬戸昌之・宮沢武重・田崎忠良 (1978) : いくつかの土壌における二酸化炭素の発生速度と土壌の温度および水溶性有機物量との関係. *生物環境調節*, 16-4 : 109-112.
- 田辺市郎 (1975) : 土壌中の微生物活性の測定法. *土壌微生物研究会編 土壌微生物実験法*, pp.270-279. 養賢堂, 東京.
- 高橋英一 (1984) : 植物の元素, 動物の元素. *CLINICIAN*, 331 : 83-91.
- 十勝管内土壌診断事業推進協議会・北海道立十勝農業試験場・十勝農業協同組合連合会 (2002) : 十勝畑作地帯における施肥の実態. pp.1-132.
- Toma, Y., Hatano, R. (2007) : Effect of crop residue C : N ratio on N₂O emissions from Gray Lowland soil in Mikasa, Hokkaido, Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53 : 198-205.
- 山田忍・菊地晃二 (1971) : 十勝地方の排水と土層改良. *圃場整備事業関係調査 (西報国地区)*, 北海道開発局, pp.19-30.
- 吉田富男, 坂井弘 (1963) : 土壌の水分環境と有機物の分解について. *土肥誌*, 34 : 197-202.

要 旨

地球温暖化の視点から, 耕起を伴う畑土壌で特に炭素濃度の高い土壌の炭素減耗がより早いとの指摘がなされている. このことから, 我が国有数の畑作地帯である十勝地域において特に炭素濃度の高い多湿黒ボク土の炭素動態に注目する必要がある. 十勝管内耕地における排水不良土壌に対して, 生産性向上を目的とした排水改良工事が組織的に行われてきた. 排水不良土壌の代表的土壌である多湿黒ボク土の排水効果が十分発現したと思われる2007年にはこの土壌の乾燥化により土壌有機物の分解が促進されていると考えられる. この土壌の有機物の減耗を抑制するための対策が必要であることが示唆される.

キーワード: 土壌炭素賦存量 (Soil carbon storage), 二酸化炭素発生速度 (CO₂ flux), 多湿黒ボク土 (Gleic Andosols), 土壌水分 (Soil water), 排水改良 (Drainage)