第 10 号　2010.11.17

地球温暖化対策検討部会だより

地球温暖化が農業分野へ及ぼす影響については、これまでいくつか紹介してきました。一方、農業自体が地球温暖化に影響を与えていることも確かです。家畜の消化管内発酵、農業機械の製造や運行など、温室効果ガスを排出しており、収支でいえば排出超過といえます。

今回、(独)農研機構農村工学研究所農村総合研究部地球温暖化対策研究チームの北川巌主任研究員に温室効果ガス削減にむけた基盤整備の研究について寄稿していただきました。

農地の基盤整備が温室効果ガス削減に貢献する方法とは？

農林業の温室効果ガス削減対策

地球温暖化緩和策となる二酸化炭素の吸収活動は，世界の各国で様々な取り組みが UNFCCC（気候変動枠組条約）におけるインベントリーの審査で認められ実施されている．ここでは，農林業における二酸化炭素吸収活動としての取り組み事例を紹介する．

世界的に認められている二酸化炭素の吸収活動には，**図-1** に示すように，森林を管理して樹木の生長を促し適切な間伐等による木材生産と再植林を続ける「森林経営」や「植生回復」，資源使用が少なく環境負荷も少ない「家畜の放牧管理」，土壌劣化を防止して持続的農業を行う「土壌管理」がある．

現在，日本は，二酸化炭素の吸収活動として「森林経営」を選択しているが，「土壌管理」には取り組んでいない．今後，日本において更なる温室効果ガスの排出削減を進めるには，農業においても積極的に取り組む必要がある．その方法としては「土壌管理」の選択の検討がなされている．そこでは，日本の気候や風土，農業情勢に適合した取り組みとして，各種の「土づくり」による「農地土壌の炭素貯留機能の増強」が注目されている（**図-2**）．

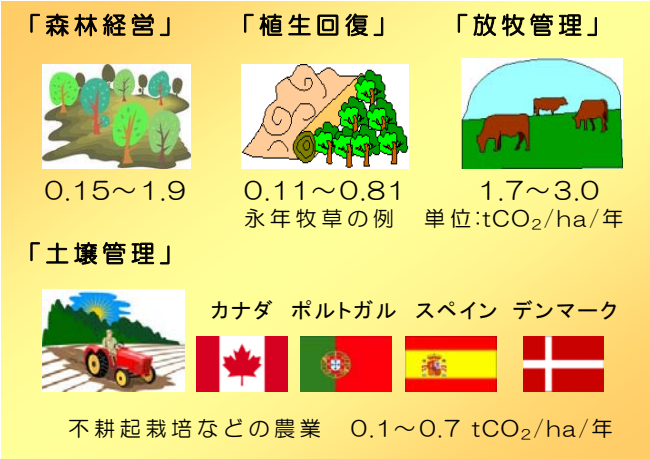


図-1　世界の農林業における二酸化炭素吸収活動の取り組みの事例

※Wageningen UR(2008):Review of existing information on the interrelations between soil and climate change.などによる

図-2　二酸化炭素吸収活動となる土づくりの事例

北海道における農地の土壌炭素の実態

現在，日本は，農地土壌における炭素の増減による温室効果ガス排出・吸収を温室効果ガス排出イン

ベントリーに反映していない．実際と異なるが土壌の炭素は，増減しない前提になっている．今後，土壌への炭素貯留技術を二酸化炭素吸収活動として取り組む場合は，土壌炭素の増減を評価することになる．

ここでは，農地の土壌炭素がこれまでどのように変化してきたか，その実態を北海道の例で示す．

北海道の水田では，土壌炭素に変化がないとされている．これは全国的にも同じ傾向である。

他方，畑では近代農業が進展した 1970 年以降，一貫して炭素が減少している．減少した炭素の多くは，二酸化炭素などとして大気中に排出され，温室効果ガスの莫大な発生源になったものと推察される（**図-3**）．

このような土壌炭素の減少を抑制する「土づくり」による「土壌管理」は，農業における温室効果ガス排出削減技術として必要であるとともに，我が国における持続的農業の推進にとっても不可欠な基本的な取り組みである．

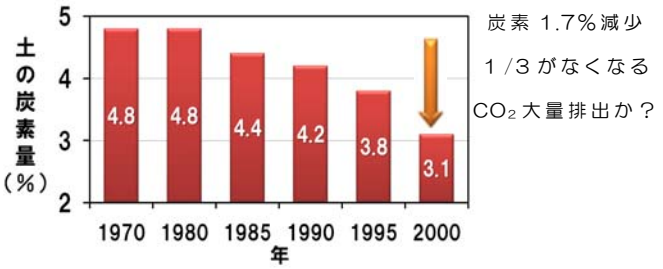


図-3　北海道の畑土壌の炭素含有率（平均値）の変化

「北海道立中央農業試験場(2006)：北海道耕地土壌の理化学性の実態・変化の方向とその対応」による

農地の土壌炭素の蓄積機能を増強するには？

農業では，温室効果ガスを排出する一方で，温室効果ガス削減策となる農地土壌への炭素貯留機能が注目されている．これまでの方法は，生産活動で対応できる不耕起などの表土を扱うものが主である．しかし，これら営農による表土における取り組みは，継続的対応が必要である．また，微生物活性や生産活動の影響が大きく貯留量の増強には限界がある．一方，最近，基盤整備として行われている有機質資材を下層土に投入する土層改良や暗渠では，有機質資材の表土への投入に比べ炭素の分解を遅くすることができることから，炭素貯留機能の強化策として期待できることがわかってきた（**図-4**）．しかしながら，下層土における有機物の分解特性や周辺環境に与える影響の知見は極めて少ない．そのため，基盤整備により下層埋設する有機質資材の炭素貯留機能の評価が求められている．

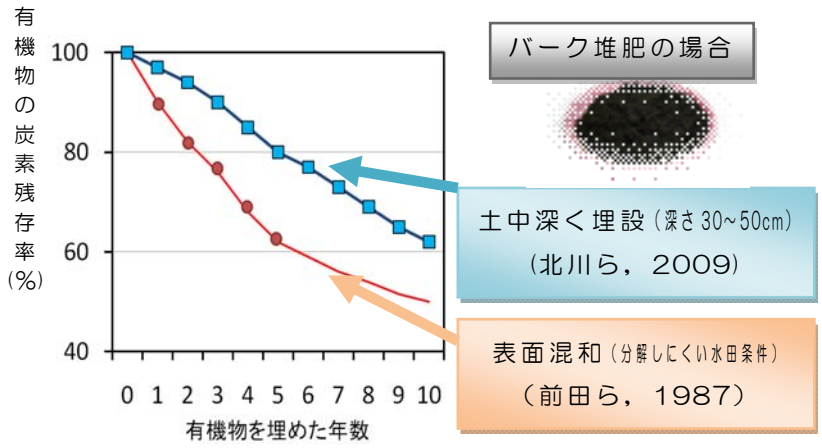


図-4　埋設深の異なる有機物（バーク堆肥）の炭素残存率の変化

北川ら(2009)：土層改良により圃場下層土に埋設した有機物の炭素貯留量の経年変化，土肥講演要旨集 53，p.43.

前田ら(1978)：水田条件下における各種有機物資材の分解過程，土肥誌 49(6)，p.455-460．による．

農地下層に有機質資材を埋設する基盤整備の新たな役割

農地下層に有機質資材を埋設する「土層改良」や「暗渠」の基盤整備には，土壌中に炭素貯留する機能を増強する新たな役割が期待されている．その一例となる土層改良について紹介する．

基盤整備のひとつである有材心土破砕による土層改良は，農地の生産性向上のために，主に北海道の

畑地帯で実施されている．この工法は一度に多量の有機物を下層土に埋設することに特徴があり，表土より多い炭素を貯留できる二酸化炭素吸収活動として期待されている．

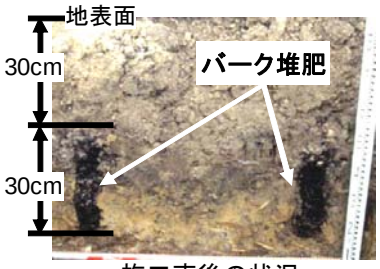
ここでは，過去に有材心土破砕が実施された農地において下層埋設したバーク堆肥の炭素量の長期変動を明らかにするとともに，二酸化炭素吸収活動量の評価となる短期の実測値により長期の炭素残存率の評価法を示す．

日本で最も土壌の炭素貯留機能が期待できる地域は北海道であり，特に主要な畑地帯である十勝地方は使用する有機質資材も豊富である．その十勝地方において過去に施工された土層改良の経過年数が異なる複数の多湿黒ボク土畑圃場に埋設されている有機質資材の炭素貯留量を調査した．土層改良で下層土に埋設されたバーク堆肥の炭素残存率（炭素貯留量）の長期変動は，指数関数で回帰され，施工時にバーク堆肥(原物)を 200 t/ha（炭素量で 73tCO_2/ha）埋設した際と比べ，５年で 78 %(57tCO_2/ha)，10 年で 61 %(44tCO_2/ha)，18 年で 41 %(30tCO_2/ha)となった．

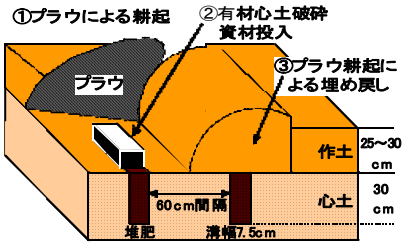
これは分解の遅い水田表土へのバーク堆肥埋設時の既知の炭素残存率である５年で約 65%（**図-4**）より高い．また，図-1 の活動量と比べて，1 度の活動により高水準な活動量が得られることがわかる。

このことから有材心土破砕によるバーク堆肥の農地下層土への埋設は，より高い土壌炭素貯留能を有し二酸化炭素吸収活動として有効と考えられる（**図-6**）．

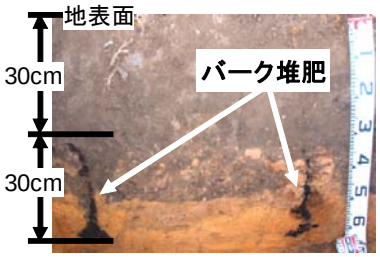
有材心土破砕(北海道農業開発公社製)



施工直後の状況

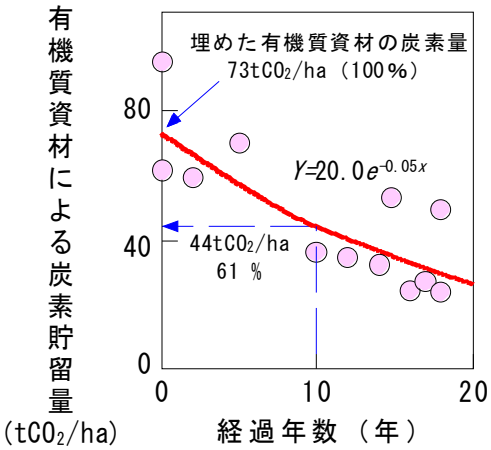


有材心土破砕の概要



施工後15年経過の状況

図-5　有機質資材を埋設する有材心土破砕の概要と経年変化



注 1)本調査では，埋設した有機質資材の単位面積あたりの体積，乾燥密度，炭素含有率から炭素貯留量を測定した．

注 2)土層改良に用いたバーク堆肥は C/N 比が約 20，全炭素含有率が約 33 %(乾物)．

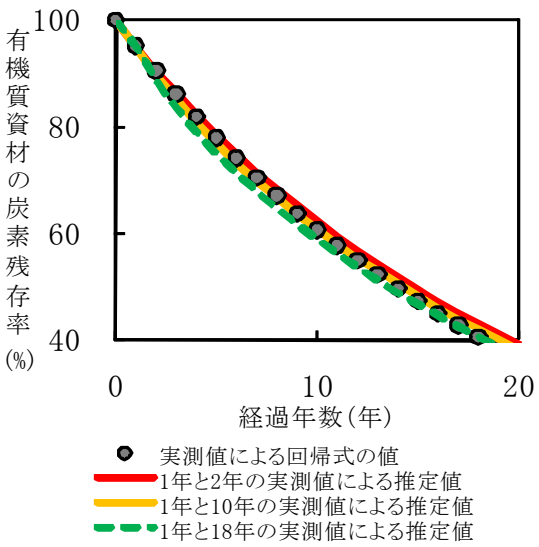
図-6　有材心土破砕により埋設した有機質資材(バーク堆肥)の経年変化

有機質資材の炭素残存率の長期予測による活動量の評価

農地土壌における炭素の長期貯留を二酸化炭素吸収活動として取り組むにあたって，炭素貯留量を示すのに 10 年後まで待ってから実測して評価するわけにはいかない．対象となる枠組み合意の期間内に炭素貯留量を評価し示さなければならない．そのためには，1～２年の短期間で，10 年後などの長期間経過した有機質資材の炭素量の変化を予測する手法が必要になる．

そこで我々は，**図-7** に示す有機質資材の炭素残存率を長期予測による予測式を検討した．本予測式

を図-6 の調査の結果から評価したところ，土層改良などによる農地下層への埋設条件でのバーク堆肥などの有機質資材の炭素残存率の長期変動予測には，実測値を用いて算定する本推定式を評価法として活用できることが明らかになった．本推定式による約 20 年後の有機質資材の炭素残存率の予測では，１年と２年或いは１年と 10 年以降の実測値を用いて 20 年までの炭素残存率を推定したところ，いずれの年数の実測値の組合せでも実測値による回帰値との差が３％未満で，いずれの組み合わせでも同じ結果になると評価できた(図 3)．このことから，約 20 年後の有機質資材の炭素貯留量を予測するには，炭素残存率の推定式と短期の実測値による評価法が利用できる．なお，本予測式は IPCC が示す土壌炭素貯留量の評価ガイドラインに示された手法(Gain-Loss 法)に適合している．



「下層土に埋設した有機質資材の炭素残存率の推定式」

$$y_t = ab^t + cd^t + fg^t \cdots 式$$

注1)　y_tは炭素残存率，t は経過年数．
注2)　投入量と比較した異なる2年分の炭素残存率の実測値とその年数をそれぞれ推定式に代入して連立方程式を解き，a，c，f の係数を決める．$a+c+f=1$とする．各項の係数は分解性の異なる有機質資材の成分が炭素残存に関与する程度を示す．なお，b=0.01，d=0.63，g=0.955を用いている．これは各成分項目の年残存率で，半減期0.15，1.5，15年に相当する値として使用している．

図-7　下層土に埋設した有機物資材の炭素残存率の推定結果

農地下層における長期炭素貯留技術の確立に向けて

各種の基盤整備により一度に投入される有機質資材量は 40～200 t ha^{-1}（原物）と，一般的な農作業による表土への有機質資材の施用量 10～40 t ha^{-1}（原物）に比べて多い．加えて，同質な資材を下層埋設した条件では，表土に混和した条件より，有機質資材の分解が抑制され炭素残存率が高い．資材の種類によっては，15～20 年が経過しても半分近くが残存している．また，基盤整備により有機質資材を投入する機械の消費エネルギーについては，表土に混和するエネルギーと変わらない省エネルギー型の工法の開発が進んでいる．これらのことから，有機質資材の下層埋設による炭素貯留機能は，一般的な農作業による表土への有機物施用と同等以上の機能が期待できる．

有機質資材の炭素残存率の推定式は，基盤整備で下層土に埋設した有機質資材の長期的な炭素残存率の推定に用いることができる．この推定法は，農地土壌への長期炭素貯留による二酸化炭素吸収活動量を短期間での評価に活用できることから，将来の炭素取引における炭素量の算定や UNFCCC 等での審査や評価に用いることを想定している．

今後は，異なる資材や気候・土壌・地目の条件における長期の炭素貯留機能を評価して，全国的な炭素貯留ポテンシャルを把握することが求められており，継続した研究調査が推進されている．次の機会には，現在，取り組まれている研究調査の進展状況を紹介したい．

◇本部会の情報収集・発信ＷＧ◇　北海道農政部農村振興局農村計画課　農地計画グループ
部会へのご意見お待ちしています
Tel　011-231-4111(内線 27-425)
E-mail　nosei.keikaku1@pref.hokkaido.lg.jp