

奈良県における農耕地土壌の炭素貯留量

西田一平・玉田勝也・竹中勲

Quantity of Soil Carbon Storage in Arable Farmland in Nara Prefecture

Ippei NISHIDA, Katsuya TAMADA, and Isao TAKENAKA

Key Words: soil carbon storage

温暖化防止に向けて二酸化炭素等の温室効果ガスの削減が求められている。農業分野においても、農業用機械の稼働やハウス暖房、マルチビニル等資材の焼却時に発生する二酸化炭素、家畜排泄物の発酵過程でのメタンガス、水田等からの亜酸化窒素が温室効果ガスに該当する。

一方、土壌は炭素を有機物の形で固定する能力を有しており、温室効果ガスの吸収源となっている。特に農地土壌は、営農活動により普段から収穫残渣の還元や堆肥等の有機物の投入が行われていることから、適切な管理を継続することで炭素貯留効果が期待され、温室効果ガスの削減に大きく貢献すると考えられる。そこで、農林水産省では2008～2012年度に「土壌由来温室効果ガス・土壌炭素調査事業」を実施し、農地土壌の炭素貯留量の実態把握を行った。本県もこの事業に参画して、県下の農耕地での実態調査を行い、奈良県における炭素貯留量を明らかにしたので報告する。

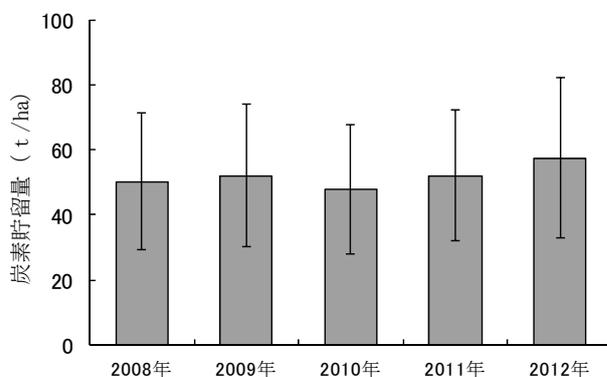
材料および方法

県内の農耕地から地目別に田 65 地点、普通畑 21 地点、樹園地 22 地点の計 108 地点を選定し、調査対象とした。調査地点の作付品目の内訳は、田については、水稻 20 地点、施設野菜 30 地点、大豆 9 地点、露地ナス 2 地点、その他 4 地点、普通畑については、施設野菜 18 地点、その他 3 地点、樹園地については、果樹 15 地点、茶 7 地点であった。調査は、2008 年から 2012 年にかけて毎年行い、水稻、大豆、野菜については作物収穫後の 9 月～11 月に、果樹、茶と一部の施設野菜については作付期間中の 7 月～12 月に土壌の採取を行った。土壌の採取は、手動式円柱試料採取器（最大 30cm 深）を用いて、各調査地点のほ場 3 カ所で第 1 層（作土層）と第 2 層（下層）に分けて

行い、各層ごとに混合し、風乾した。併せて調査時に、各調査地点の生産農家に対し、土壌管理の状況についてのアンケート調査を行った。採取土壌は風乾後、2mm 目の篩で礫・植物根を分別し、さらに、0.5mm 目の篩を通して微粉末試料とし、乾式燃焼法（ジェイ・サイエンス製マイクロコーダー JM10）により、炭素含有率の定量を行った。また、各層の土壌の一部を定温乾燥器（105℃、24 時間以上）で乾燥後、2mm 目の篩で礫・植物根を分離し、土壌の重量変化から仮比重を求め、これに各層の厚さ、炭素含有率を乗じて、単位面積（ha）あたりの炭素貯留量を算出した。さらに、各年度の地目別の炭素貯留量に、耕地面積調査結果¹⁾に基づく地目別耕地面積を乗じて、県内農耕地の炭素貯留量の推定を行った。

結果および考察

年度別の単位面積（ha）あたりの炭素貯留量の平均値は、2008 年 50t、2009 年 52t、2010 年 48t、2011 年 52t、2012 年 57t であり、2010 年度以降増加傾向であった（第 1 図）。地目別においても、田、普通畑、



第 1 図 年度別の炭素貯留量

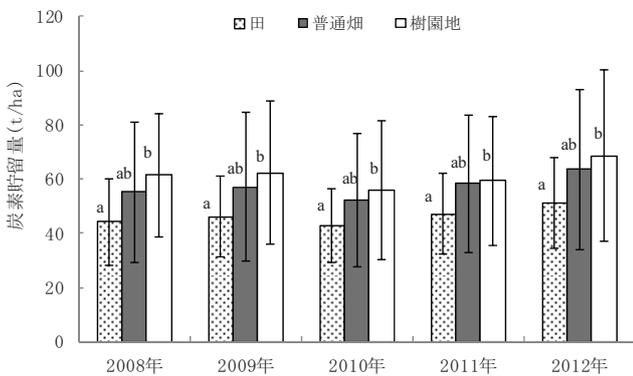
Fig.1. Quantity of soil carbon storage according to the year
注) 図中の I は標準偏差を示す

樹園地のいずれも2010年度以降増加傾向にあり、2012年度は2010年度比で約120%増となった(第2図)。また、いずれの調査年度においても、樹園地>普通畑>田の順であり、田と樹園地については、炭素貯留量に有意な差が認められた。第1層と第2層の炭素貯留量を見ると、炭素貯留量が最も多い樹園地においては、第1層の炭素貯留量は38.3t/haと他の地目より少ない傾向で、第2層は30.3t/haと最も多い傾向であった(第1表)。樹園地は第2層の層厚が大きく、炭素含有率が田及び普通畑に比べ高いことから、第2層の炭素貯留量が多くなり、結果的に

全体の炭素貯留量も多くなったと考えられた。

各地目での主要な作付品目における炭素貯留量は、田では、水稻作付における毎年度の炭素貯留量の変化は小さく、施設野菜作付では2010年を除き、増加傾向であった(第2表)。普通畑の施設野菜作付についても田と同様に増加の傾向にあり、堆肥等の有機物資材の投入による影響があると考えられた。樹園地においては、果樹作付で増加傾向であったが、茶作付は2010年、2011年に大きく減少し、2012年は2009年レベルまで戻っていた。一般に、茶園地における作付土壌は、せん定や刈り取りによって枝葉が土壌に還元され、時間とともに分解された有機物が土壌に供給される。しかし、耕起が行われなため、未分解の有機物も土壌表面近くに多く蓄積されている。本調査では、土壌表面の落葉や堆肥などの未分解有機物を取り除いた後に土壌を採取しているが、完全に除去することは困難であり、微細な未分解有機物が混入し、分析値に影響を及ぼしたと考えられた。

地目別炭素貯留量と耕地面積調査結果から推定される2008~2012年の本県の農耕地全体の炭素貯留量は、104~123万tの間で推移し(第3図)、5年間の平均値では113万tであった。地目別では、耕地面積の約72%を占める田の炭素貯留量が、70~81万tと最も多かった。



第2図 地目別の炭素貯留量

Fig.2. Quantity of soil carbon storage according to the classification of land and category

注) 図中の I は標準偏差を示す
 図中の異なるアルファベットは同一年度内に5%水準で有意差があることを示す(Tukey-Kramer 法)

第1表 地目別の第1層と第2層の炭素貯留量(2012年)

Table 1. Quantity of soil carbon storage of layer 1 and layer 2 of land and category (2012)

地目	第1層 ¹⁾				第2層 ²⁾			
	層厚 (cm)	仮比重 (kg/L)	炭素含有率 (g/kg)	炭素貯留量 (t/ha)	層厚 (cm)	仮比重 (kg/L)	炭素含有率 (g/kg)	炭素貯留量 (t/ha)
田	19.1 ± 1.6	1.1 ± 0.1	20.1 ± 8.3	39.4 ± 13.6	10.9 ± 1.6	1.3 ± 0.1	8.8 ± 4.9	11.7 ± 5.5
普通畑	18.6 ± 2.8	0.9 ± 0.2	31.9 ± 19.6	47.5 ± 20.8	11.4 ± 2.8	1.2 ± 0.1	12.5 ± 9.0	16.2 ± 11.9
樹園地	12.7 ± 2.9	0.8 ± 0.3	50.0 ± 37.0	38.3 ± 16.4	17.3 ± 2.9	1.1 ± 0.2	16.9 ± 12.3	30.3 ± 21.2

注) 値は平均値±標準偏差
 1) 作土層
 2) 第1層の下から深さ30cmまでの層

第2表 地目別の主要な作付品目における土壌炭素貯留量(t/ha)

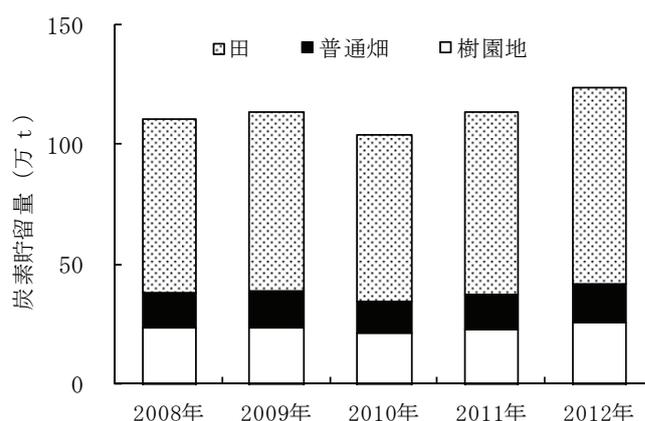
Table 2. Quantity of soil carbon storage in the item with main product according to the classification of land and category (t/ha)

地目	作付品目	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年
田	水稻	41.0 a	46.4 a	44.6 a	45.7 a	45.7 a
	施設野菜	47.7 ab	49.5 a	43.9 a	51.6 a	57.3 a
普通畑	施設野菜	54.2 ab	54.9 a	49.2 a	55.6 a	59.6 a
樹園地	果樹	56.6 b	57.9 a	56.1 a	61.8 a	66.6 a
	茶	71.7 b	71.7 a	55.4 a	54.2 a	72.9 a

注) 表中の異なるアルファベットは同一年度内に5%水準で有意差があることを示す (Tukey-Kramer 法)

一方、土壌環境基礎調査（1994～1998年）に基づき算出されている全国の炭素貯留量は約3.8億tであり、これに、2012年の本県耕地面積の全国比0.49%を乗じると187万tとなる。耕地面積から推定した2012年の本県の農耕地における炭素貯留量123万t（第3図）とは64万tの差があった。この原因として、黒ボク土が少ない本県の土壌特性が考えられる。炭素貯留量はもともとの土性に由来するところが大きく、灰色低地土など沖積低地の土壌に比べ、火山灰由来の黒ボク土は、アルミニウムを多量に含んでおり、それが土壌中の有機物と強く結合し、分解されにくい形態となるため、炭素貯留量が多くなる（全国調査における炭素貯留量の平均値は、灰色低地土61.6t/ha、同黒ボク土128t/ha²⁾。全国では黒ボク土が農耕地の約20%を占めているが、本県では0.1%（37ha）と非常に少なく、沖積土壌の灰色低地土とグライ低地土が約80%を占めている。今回の調査対象108地点においても、約62%の67地点が沖積低地の土壌であった。

次に、土壌管理の状況についてのアンケート調査によると、2008～2012年にかけて毎年堆肥を投入しているのは53地点、無投入は42地点であった（第3表）。炭素貯留量の平均値は、すべての区分で増加しており、区分間で比べると、2008・2012年いずれの調査年も、1～2t投入で2t以上の投入よりも多い傾向であった。炭素貯留量増加率で比較すると、1～2t投入で24%と最も高く、2～3t投入では4%、3t以上投入では12%以上となり、2t以上投入で1～2t投入に比べて低い傾向であった。有機物連用試験の結果から、同じ種類の堆肥を連年施用することにより土壌中の炭素貯留量は増加するが、その増加率は徐々に小さくなり、最終的には年間に施用した資材中の炭素と同量の炭素が全て無機化される平衡状態に達すると報告されている³⁾。2t以上投入の調査地点において、2008年以前の堆肥の投入履歴は不明であるが、比較的土づくりに熱心な生産者が管理する野菜作付圃場であることから、過去からの堆肥の連年施用によって増加率が低下した可能性がある。一方、堆肥無投入で炭素貯留量が多くなったのは、堆肥無投入地点の49%が果樹及び茶作付であり、せん定枝や落葉の土壌表面への蓄積による堆肥以外の未熟な有機物の投入があったためと考えられた。また、炭素貯留量は、投入される有機物の量や種類だけでなく、耕起の方法等営農活動によっても増減する。今回の調査のように、堆肥投入量の違いのみでは炭



第3図 耕地面積から換算した炭素貯留量

Fig.3. Quantity of soil carbon storage which I converted from a cultivated area

第3表 堆肥投入量別の炭素貯留量 (t/ha)

Table.3 Quantity of soil carbon storage according to the quantity of compost (t/ha)

堆肥投入量 (10a・年当り)	地点数 ¹⁾	炭素貯留量(t/ha) ²⁾		増加率 ³⁾ (%)
		2008年	2012年	
無投入	42	51.7 ± 21.1	60.2 ± 26.8	16
～1t	18	42.0 ± 16.1	50.8 ± 23.3	21
～2t	13	57.0 ± 17.5	70.6 ± 26.1	24
～3t	12	54.4 ± 22.4	56.5 ± 19.3	4
3t以上	10	50.1 ± 24.2	56.3 ± 21.3	12

1)5年間継続して同量の堆肥投入（または無投入）を行った地点数

2)平均値±標準偏差

3)2008年に対する2012年の炭素貯留量平均値の増加率

素貯留量に及ぼす影響は判然としなかった。しかし、有機物投入による適切な土壌管理は、作物生産だけでなく、地球温暖化防止の観点からも重要であると考えられる。

今回の調査により、奈良県農耕地土壌の炭素貯留量は113万t、二酸化炭素に換算すると414万tと推定された。奈良県のエネルギー起源温室効果ガス排出量は1年間で546万t（2011年）⁴⁾であることから、排出量の約76%に匹敵する炭素が農耕地土壌に貯留されていることが明らかとなった。今後は、農地土壌温室効果ガス排出量算定基礎調査事業として、全国で継続調査を行い、調査結果が国連気候変動枠組条約で提出が義務付けられている「日本国温室効果ガスインベントリ報告書」に反映されることとなる。

謝辞

本調査に際して、快く土壌採取やアンケートに御協力いただいた生産農家の方々に深く感謝の意を表します。

引用文献

1. 農林水産省大臣官房統計部. 2008～2011. 作物統計調査における面積調査（耕地面積調査）.
<http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/menseki/index.html>

2. 温暖化対策土壌機能調査協議会. 2013. 全国農地土壌炭素調査（定点調査）. 平成24年度土壌由来温室効果ガス・土壌炭素事業報告書. 76-90.
3. 農林水産省. 2008. 今後の環境保全型農業に関する検討会資料. 「今後の環境保全型農業に関する検討会」報告書. 1-31
4. 奈良県くらし創造部. 2014. 温室効果ガス排出状況. 奈良県環境総合計画. 21-22.