

令和 4 年 6 月 20 日現在

機関番号：13801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19K06335

研究課題名(和文)茶園土壌の有機物分解動態と、炭素貯留への粗大有機物の役割解明

研究課題名(英文)On-soil decomposition of organic matter, and its contribution to formation of coarse debris in tea-plantation

研究代表者

南雲 俊之(Nagumo, Toshiyuki)

静岡大学・農学部・准教授

研究者番号：70362184

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：二酸化炭素吸収源である茶園で、主要な炭素貯留の場である土壌炭素の動態を研究した。その結果、地質・気象条件が同じ隣接する雑木林や畑・果樹園などと比較して、茶園は土壌の炭素含有率が高く、炭素貯留量も多かった。茶園土壌は酸性シュウ酸塩で溶解・抽出される結晶性の低い鉱物が多く、これが土壌有機物と有機・無機複合体を形成して安定化している可能性がある。一方、茶園で刈り落とされる整枝残渣は多く、とくに葉は土壌動物の力も借りて速やかに細片化され、土壌炭素の供給源の1つとなっていると推察された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

茶園は硝酸汚染源であり、温室効果ガスであるN<sub>2</sub>O排出源の主要な排出源である。一方、研究代表者である南雲は、炭素収支に注目するとN<sub>2</sub>O排出を加味しても正味CO<sub>2</sub>吸収源として働いている可能性を示した。ただし、茶園での炭素動態はほとんど未解明のままであった。茶園は、森林の落葉落枝に相当する人工的リターと言える整枝せん枝残渣に加え、通常の農地と同様に敷き藁や堆肥・有機肥料も施用されるため有機物投入が極めて多い、一方その土壌は多用される窒素肥料の硝化によって強酸性を示すという特殊環境である。本研究の成果は、この茶園環境下での炭素貯留メカニズムの解明を試みた。

研究成果の概要(英文)：We studied the organic carbon dynamics in tea-plantation soil, where soil organic carbon is a major storage form for carbon dioxide sink. As a result, the tea plantations had a higher organic carbon content in the soil and a higher carbon storage capacity, compared to adjacent fields such as arable, orchards and thicket with the same geological and meteorological conditions. Tea-plantation soil contains many low crystallinity minerals, which are dissolved and extracted by acid oxalate. These minerals may form an organo-mineral complex with soil organic matter, thereby stabilize it. On the other hand, there are many pruning residues in the tea plantation. In particular, the leaves were rapidly fragmented with the help of soil animals, and it was speculated that they were one of the sources of soil organic carbon.

研究分野：環境土壌学

キーワード：茶園 土壌炭素貯留 整枝・せん枝残渣 分解

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

茶園は硝酸汚染源であり、温室効果ガスである  $N_2O$  排出源の主要な排出源である。一方、南雲・森田(2018)は炭素収支に注目すると  $N_2O$  排出を加味しても正味  $CO_2$  吸収源として働いている可能性を示した。ただし、茶園では生産・環境両面で窒素に注目した研究事例は多数あるが、炭素動態はほとんど未解明のままである。茶園は、森林の落葉落枝に相当する人工的リターと言える整枝せん枝残渣に加え、通常の農地と同様に敷き藁や堆肥・有機肥料も施用されるため有機物投入が極めて多い、一方その土壌は多用される窒素肥料の硝化によって強酸性を示すという特殊環境である。このような茶園環境での土壌炭素動態、とくに図1の リターの生産から、有機物片を経て、土壌有機物へと変換され、土壌に蓄積していく過程を明らかにしようとした。

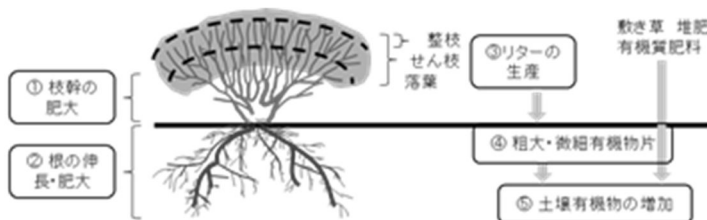


図1 茶園の炭素貯留に関する5つのコンパートメント  
樹体への正味の二酸化炭素吸収速度(①+②)と落葉や整枝・せん枝による刈り取り分(③)の合計が茶園による純生産量におよそ相当し、炭素貯留は樹体(①+②)と土壌(④+⑤)によってなされる。

### 2. 研究の目的

本研究の問いは、茶園がその特殊性を含めて低炭素社会に貢献する道筋を示せるかという点である。そのため、土壌炭素の貯留量の実態を解明する。この土壌炭素を生み出す地表面あるいは土壌中での残渣炭素の分解過程を明らかにすることを目的とした。

### 3. 研究の方法

#### 1) 茶園の炭素含有率・貯留量:

静岡大学農学部附属藤枝フィールドで、地質・気象条件が同じ隣接する雑木林や畑・果樹園とともに茶園圃場で土壌を採取した。土壌は一定間隔の層ごとに採取したのち、レキ、根を含む粗大有機物 (> 2 mm)、風乾細土 (< 2 mm) に分けた。すべての画分の重量と、有機物・細土の有機炭素含有率を測定して、レキ含有率を補正した土壌の容積重を用いて土壌面積あたりの有機炭素貯留量を計算した。

#### 2) 茶園土壌炭素の集積要因:

採種した土壌について、腐植物質の安定化に関する鉱物成分を選択溶解法の1つである酸性シュウ酸塩溶解法により測定した。この溶解法は、低結晶質アロフェン・イモゴライト(アルミノケイ酸)やフェリハイドライト(鉄鉱物)とともに、Al/Fe-腐植複合体を溶解・抽出すると言われている。風乾細土 1.00g に 0.2M 酸性シュウ酸塩溶液 (pH3.0) 100ml を加え、室温・暗所で4時間振とう後、ろ過 (Advantec No.5C) した。ろ液の一部をコニカルピーカーに取り、濃硝酸と過酸化水素により灰化したのち、希塩酸に再溶解した。この灰化液について Al (キシレノールオレンジ法)、Fe (o-フェナントロリン法)、Si (モリブデンブルー法) を測定した。これらの値と1)で測定した土壌有機炭素含有率との関係を検討した。

#### 3) 地表面に堆したリターの分解動態:

森林リター(落葉落枝)の分解率測定で一般的に使われるリターバッグ法により、整枝・せん枝残渣の分解率を測定した。このとき、上面のメッシュサイズを目開き 2 mm ないし 4 mm と変えた2種類のナイロン製リターバッグ (15 cm×15 cm) を作成した。前者には枝と葉をそれぞれ封入し、後者には葉のみを封入した。調査時期は2020年7月22日~12月2日と2021年1月20日~5月20日の2回であった。リターバッグは茶園畝間に置いた。定期的に回収して重量を測って求めた残存率  $W$  を時間  $t$  に対してプロットし、指数関数モデルに当てはめて分解速度定数  $k$  (平均滞留時間  $1/k$ ) を計算した。

### 4. 研究成果

#### 1) 茶園の炭素含有率・貯留量:

地質・気象条件が同じ隣接する雑木林や畑・果樹園などと比較して、茶園は土壌の炭素含有率が高く、炭素貯留量も多かった(図2)。この炭素の大部分は土壌粒子、すなわち細土画分 (< 2 mm) に含まれ、腐植物質として貯留されていると考えられた。一方、軽画分 Light-fraction に相当する微細な有機物片が、当初考えていたより多量に混入していた。この植物片は整枝・せん枝残渣

や敷き藁等による植物遺体から腐植物質への移行する過渡的形態と考えられた。

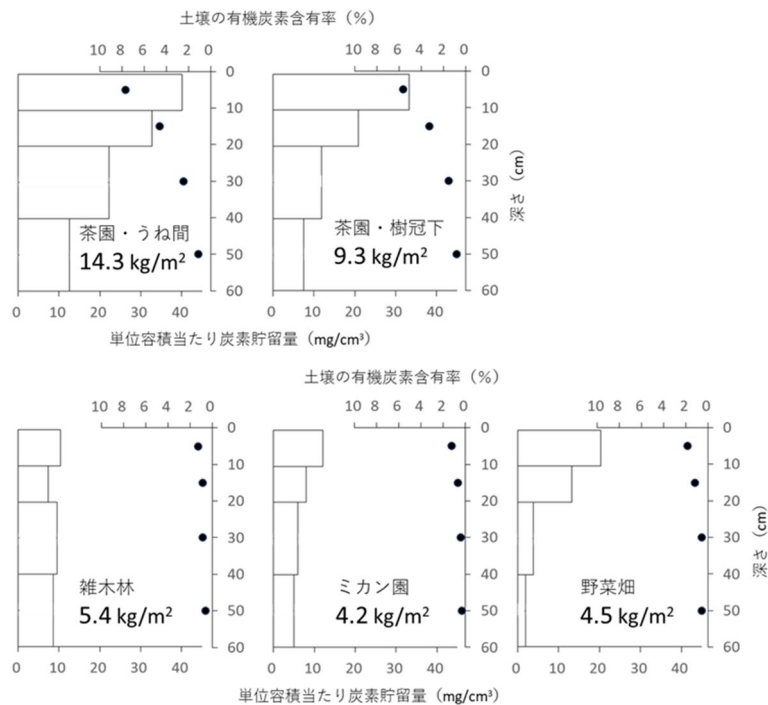


図2 静岡大学農学部附属農場(藤枝フィールド)内の土壌有機炭素含有率と有機炭素貯留量の垂直分布：茶園(うね間, 樹冠下), 雑木林, ミカン園と野菜畑の比較

## 2) 茶園土壌炭素の集積要因：

酸性シュウ酸塩可溶の Al, Fe, Si 含有率は、この順で多かった。とくに茶園では茶園以外の土壌に比べて酸性シュウ酸塩可溶の Al 含有率が多い傾向にあった。一方酸性シュウ酸塩可溶の Fe や Si 含有率は、茶園と茶園以外とで大きな違いがなかった(表)。この酸性シュウ酸塩可溶の Al 含有率と有機炭素含有率の関係を見ると、両者の間には全体として正の相関( $r=0.65$ )が見られた(図3)。これは酸性シュウ酸塩可溶の Al が有機炭素と結合して分解抵抗性の高い Al-腐植複合体を形成していると示唆する。とくに、酸性シュウ酸塩可溶の Al 含有率が多い茶園土壌では、この複合体形成が多量の炭素蓄積をもたらしている可能性がある。

	pH		EC	交換酸度 $y_1$ ml	Truog-P $\mu\text{mol/g}$	酸性シュウ酸塩			Org-C %
	H <sub>2</sub> O	KCl				Al $\mu\text{mol/g}$	Fe	Si	
茶園	4.26~6.01	3.13~5.40	7.61~30.15	0.49~32.52	57.53~839.54	4.81~516.13	14.02~63.87	12.24~25.69	0.60~9.36
茶園以外	4.34~6.36	3.41~5.87	3.12~15.90	0.22~42.39	6.03~897.96	35.15~168.19	10.18~121.65	7.51~32.31	0.32~2.71

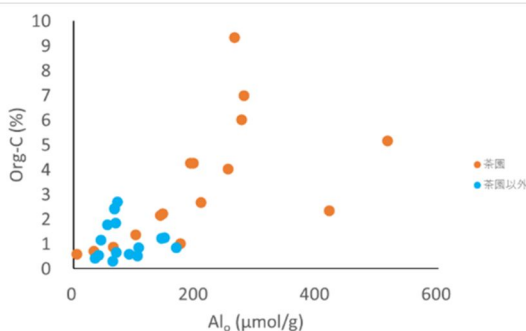


図3 酸性シュウ酸塩可溶の Al 含有率と、土壌有機炭素含有率との関係。図のプロットは、茶園と茶園以外に分けて示した。

なお、有機炭素含有率と、交換性アルミニウムの指標である交換酸度  $y_1$  との間には負の相関がみられた(データ示さず)。これも茶園土壌で pH の低下に伴って溶出した交換性 Al が次々と Al-腐植複合体を形成したためかもしれない。その結果として交換性 Al が減少して交換酸度  $y_1$  を低下させる、一方有機炭素含有率が増加した可能性もある。

## 3) 地表面に堆したリターの分解動態：

リターバッグ設置 4 か月後のリター残存率は、夏の場合は葉で 8.3~20%, 枝で 66%, 冬の場合

合は葉で 40～49%、枝で 72%と、枝よりも葉の方がリターの残存が少なく(図4),速やかに分解した。このとき、同じ葉で比較すると、2mm メッシュより 4mm メッシュで分解がより速やかに進んだ。これは、ヒトの踏み付けとともに、大型土壌動物、とくにヤスデやダンゴムシなどの落葉粉碎者のためと考える。夏の整枝残渣の分解は葉でおよそ 2～3 か月半、枝を含めても 1

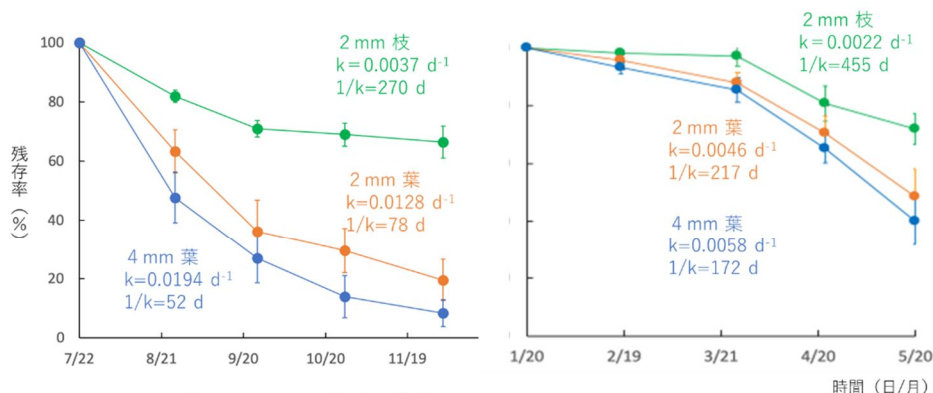


図4 リターバック法によるリター残存率の推移。図中の凡例には、分解速度定数kと平均滞留時間1/kの値を同時に示した。

年以内には全て分解した、一方冬の整枝残渣の分解は葉でおよそ 6～7 か月、枝のみだと 15 か月を要した。この季節差は、気温の低い冬に土壌動物を含む生物活性が低下したためであろう。

これらの成果を踏まえて、土壌表面に添加された整枝・せん枝残渣は耕耘による鋤きこみとともにダンゴムシやヤスデのような落葉粉碎者による細片化を経て土壌中に移行する、その細片化物が土壌中に微細有機物片として一時的に、かつ多量に貯留され、最終的に土壌微生物によって腐植物質へと変換される、という分解過程を想定した(図5)。当初、その存在を予見した粗大有機物片(南雲・森田, 2018)は土壌中に極めて少なく、多量の微細有機物片が細土中に観察された。この微細有機物片のプールが、森林でいうリター層のような役割を果たしているのかもしれない。今後、軽比重画分に分画される微細有機物片の消長を切り口として、茶園の炭素貯留機能をさらに解明していく予定である。

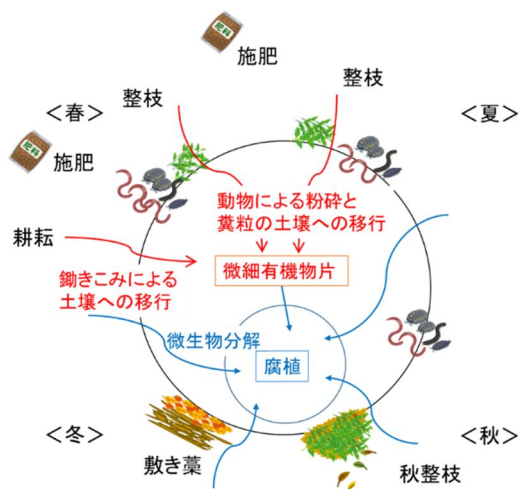


図5 想定される茶園の有機物分解過程

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 南雲俊之・森田昭雄
2. 発表標題 茶園のもつ二酸化炭素吸収源機能
3. 学会等名 日本土壌肥科学会（日本土壌肥科学雑誌論文賞 2020年度岡山大会）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊藤 奈緒・南雲 俊之・稲垣 栄 洋
2. 発表標題 竹炭のアンモニウムイオン吸着能 とその測定上の問題
3. 学会等名 日本雑草学会 第60回静岡大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------