

報道関係各位

2020年12月16日
茨城大学

【プレスリリース】

カバークロップ＋不耕起栽培で温暖化の緩和と土壤健全化に効果 大学農場での18年間にわたる大豆とカバークロップの輪作試験で実証

茨城大学農学部附属国際フィールド農学センターの小松崎将一教授らの研究グループは、同大の農場における18年間の試験栽培と土壤中の炭素のモニタリングの結果、カバークロップの利用と不耕起栽培の組み合わせが、温暖化の緩和につながり、かつ土壤の健全性を向上させることを明らかにしました。

この成果は、2020年11月2日、オランダの土壤環境科学専門誌『Soil & Tillage Research』（2021年1月号）に掲載されました。

【ポイント】

- 農業生産サイドでの気候変動の緩和策としての不耕起栽培やカバークロップの利用については、欧米では報告されているが、わが国でのデータは著しく少なかった。
- 2002年秋からの大学農場での長期輪作試験圃場での継続調査の結果、2017年から2018年の2年間の圃場から排出される温室効果ガス（亜酸化窒素およびメタン）と、その間の土壤炭素貯留量を二酸化炭素換算で比較した。
- 不耕起栽培で亜酸化窒素ガスの発生が多くなったが、不耕起とライムギのカバークロップ利用で土壤の炭素貯留量が著しく増加した結果、地球温暖化係数(Global Warming Potential)は、 $-2324 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ yea}^{-1}$ となり、温暖化を緩和することが示された。
- 不耕起とライムギのカバークロップ利用により土壤炭素が増加すると、土壤の化学性、生物性、物理性および生産性が改善されることを認めた。
- これらの結果は、今後、わが国における保全型農業を考えていくうえでの科学的根拠となる。

■背景

2015年に開催された国連気候変動枠組条約第21回締約国会議（COP21）において、2020年以降の新たな法的枠組みとなる「パリ協定」が採択されました。ここでは農地等における炭素貯留機能の重要性が言及されており、「日本の約束草案」（地球温暖化対策推進本部決定）として、農地土壤炭素吸収源対策の推進により約790万t-CO₂の吸収量を確保することが目標とされています。

わが国においては、農耕地の炭素貯留量増加については、堆肥の利用がすでに検討されています。また、カバークロップなどの緑肥の利用においても土壤炭素の増加が期待されますが、その定量的効果についての知見は不足しています。さらに、土壤のかく乱を最小限とする不耕起栽培も土壤炭素貯留を増加させる農法として注目されていますが、不耕起栽培の普及が少ないわが国では、これらの農作業と炭素貯留との関連についての知見も著しく不足しています。

農林水産省は、カバークロップの利用や不耕起栽培について、化学肥料・化学合成農薬を原則5割以上低減する取り組みと合わせて行うことで地球温暖化防止や生物多様性保全に高い効果をもたらす営農活動と位置づけて、2011年度から日本型直接支払により支援しています。

本研究では、このような国内外の状況の中で、気候変動の緩和に寄与する農法に関して、大学農場の長期試験圃場におけるモニタリングを通じて、その科学的根拠を得ることを目的としました。

■研究手法と成果

茨城大学農学部国際フィールド農学センターは、カバークロップと耕うん方法による炭素貯留への影響のモニタリングサイトを設置し、農耕地の炭素貯留と作物生産性について長期観測しています。ここでは、耕うん方法（不耕起、プラウ耕、およびロータリ耕）およびカバークロップの種類（ヘアリーベッチ、ライムギおよび裸地）を組み合わせ、夏作に2003年から2008年までオカガを、2009年以降はダイズを栽培しています。この圃場において、土壌中の炭素の変化を測定し、農法の違いによる土壌中の炭素の増加・減少の定量的な評価と、農耕地から発生する温室効果ガスのモニタリングを行いました。

温室効果ガスのモニタリングの結果、カバークロップの利用でメタンガスの発生が多くなり、不耕起栽培で亜酸化窒素ガスの発生が多くなりましたが、不耕起とライムギのカバークロップ利用によって土壌の炭素貯留量が著しく増加した結果、地球温暖化係数（GWP：Global Warming Potential）は、 $-2324 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となり、温暖化を緩和することが示されました。また、作物収量あたりのGWPは、 $-1037 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent Mg}^{-1} \text{ soybean yield}$ となりました。これに対し、プラウ耕を行い、ヘアリーベッチを作付けした圃場では、 $421 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となり、排出が示されました。また、不耕起栽培でもカバークロップを作付けしない場合は、 $-907 \text{ kg CO}_2 \text{ equivalent ha}^{-1} \text{ year}^{-1}$ となり、ライムギのカバークロップ利用と不耕起の組み合わせよりGWPの減少量は半減しました。（表）

このことから、不耕起栽培に加えてライムギなどのイネ科のカバークロップの利用の組み合わせが、GWPをより削減する農法として重要であることがわかりました。

表 耕うん方法とカバークロップの利用が地球温暖化係数（GWP）に及ぼす影響

耕うん方法	カバークロップ	CH ₄ GWP ₁₀₀	N ₂ O GWP ₁₀₀	GWP	Net CO ₂ retention	Net GWP	Yield-scaled GWP
		(kg CO ₂ equivalent ha ⁻¹ year ⁻¹)					(kg CO ₂ equivalent Mg ⁻¹ soybean yield)
プラウ耕	裸地	-180 bc	295 ab	115 bc	216 b	-101 a	-122 a
プラウ耕	ヘアリーベッチ	86 ab	236 b	321 ab	-99 b	421 a	122 a
プラウ耕	ライムギ	-646 d	173 b	-473 d	-77 b	-396 ab	-116 a
不耕起	裸地	-368 cd	275 ab	-93 c	814 ab	-907 ab	-247 ab
不耕起	ヘアリーベッチ	250 a	384 a	635 a	1565 ab	-930 ab	-344 ab
不耕起	ライムギ	-257 c	320 ab	63 bc	2387 a	-2324 b	-1037 b
分散分析結果							
耕うん方法 (T)		ns	*	*	*	*	*
カバークロップ (CC)		***	ns	***	ns	ns	ns
T×CC		*	ns	*	ns	ns	ns

注) *, **, および *** は、それぞれ $P < 0.05$ 、 $P < 0.01$ 、および $P < .001$ を示し、ns は有意差がないことを示す。

これらの長期試験圃場において、土壌全炭素、土壌全窒素、C/N 比、可給態リン酸、交換性カリウム、交換性カルシウム、交換性マグネシウムおよび交換性ナトリウム、陽イオン交換容量、腐植化度、土壌乾燥密度、土壌硬度、土壌粒度分布、および土壌微生物の基質誘導呼吸量を測定しました。また、農法ごとの作物収量を求めました。これらの土壌パラメータを正規化しその積算値（＝土壌評価値）と土壌炭素量との相関分析を行った結果、土壌炭素量が増加するにつれて、土壌の化学性、生物性、物理性および生産性が改善されることが明らかとなり、不耕起とライムギのカバークロップ利用で、最も高い土壌炭素を示し、かつ最も高い土壌評価値を得ました。（図）

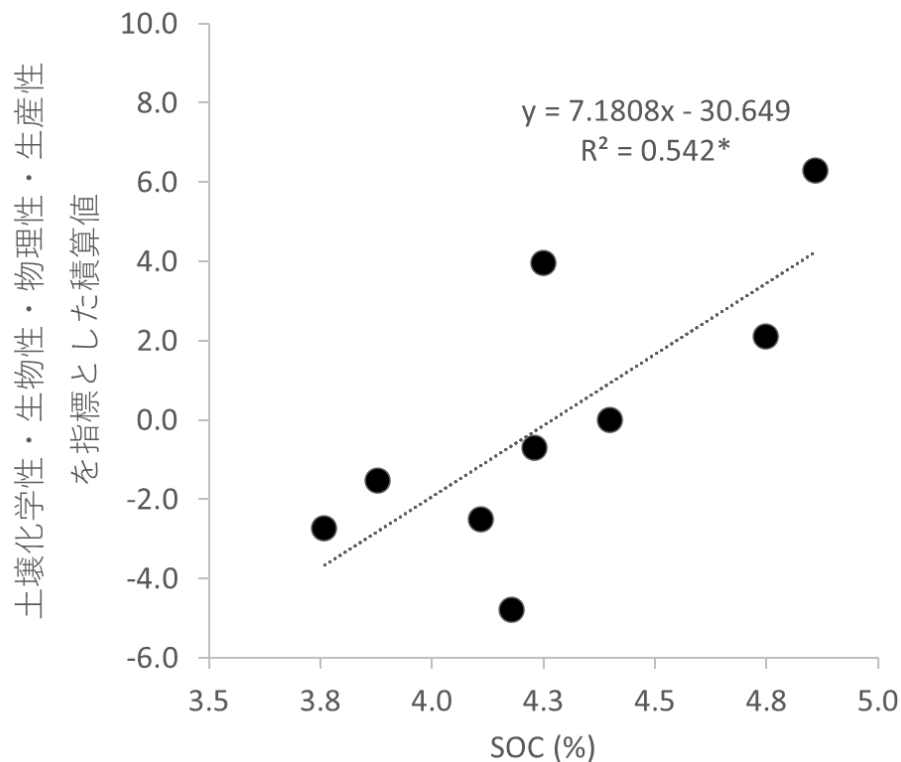


図 土壤炭素と正規化した土壤化学性、土壤物理性、土壤生物性のパラメータおよび作物収量のパラメータの総計との関係 (* P<0.05.)

農耕地の土壤に炭素を貯留することが、農地の生産力の維持増進にとって大切であることは以前より知られていましたが、本研究の成果から、不耕起栽培とカバークロップを組み合わせて利用することで、農耕地における地球温暖化係数を削減すると同時に、土壤の示す化学的、物理的、生物的なパラメータと生産性に係る機能が向上することで、環境保全と生産性という相互に利益のある農法となることが認められました。

■今後の展望

カバークロップは決してメインとなる作物ではありません。そのため、農業技術の興味の対象あるいは研究の対象として注目される機会は久しくありませんでした。また、日本のように高温多湿な夏に雑草が繁茂しやすい耕地環境においては、不耕起栽培に関する取り組みはあまりありませんでした。

しかし、農業生産と環境との調和が重視されてくる中、カバークロップの利用や不耕起栽培は、農業のもつ自然循環機能を向上させる上で極めてユニークな手法であると考えられます。カバークロップを利用して土壤炭素を増加させることは、二酸化炭素の吸収源のほかに、投入施肥量削減、長期的な収量の安定、さらに土壤保全や生物相の健全化など多面的な効果があります。特にカバークロップの導入は、土壤炭素を増加させると同時に、土壤残留養分を積極的に回収・ストックする機能をもつことから、堆肥では得られない極めて特徴的な土壤管理手法です。また、不耕起栽培は、農業生産に必要な耕うんのためのエネルギー消費を削減することも期待されます。

土壤のもつ公益的な機能や生態系サービスに対する関心が高まる中、ライムギなどのカバークロップと不耕起栽培は、今後日本での保全型農業の一つの姿になる可能性があります。これらの農法が、農業生産現場で生かされていくにはさらなる多様な場面での検討が必要です。

■関連写真



試験圃場でのカバークロープ生育状況



不耕起播種風景



大豆栽培状況



大豆栽培圃場のドローン空撮写真

■論文情報

【1】

- タイトル : No-tillage with rye cover crop can reduce net global warming potential and yield-scaled global warming potential in the long-term organic soybean field
- 著者 : 龚 颖婷 (東京農工大学大学院連合農学研究科 (茨城大学配置))、李沛然 (東京農工大学大学院連合農学研究科 (茨城大学配置))、坂上伸生 (茨城大学農学部)、小松崎将一 (茨城大学農学部附属国際フィールド農学センター)
- 雑誌 : *Soil and Tillage Research*, Volume 205, January 2021
- 公開日 : 2020/11/02
- DOI : [10.1016/j.still.2020.104747](https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104747)

【2】

- タイトル : A cover crop and no-tillage system for enhancing soil health by increasing soil organic matter in soybean cultivation
- 著者 : Heppy Suci Wulanningtyas (当時 : 茨城大学大学院農学研究科、現インドネシア農業研究所)、龚 颖婷 (東京農工大学大学院連合農学研究科 (茨城大学配置))、李沛然 (東京農工大学大学院連合農学研究科 (茨城大学配置))、坂上伸生 (茨城大学農学部)、西脇淳子 (茨城大学農学部)、小松崎将一 (茨城大学農学部附属国際フィールド農学センター)
- 雑誌 : *Soil and Tillage Research*, Volume 205, January 2021
- 公開日 : 2020/11/02
- DOI : [10.1016/j.still.2020.104749](https://doi.org/10.1016/j.still.2020.104749)

※本研究の一部は、科学研究費補助金 (18H02310) の研究助成を受けて実施しました。