

第6章 微生物系物質循環に関する調査研究

6.1 土壌における炭素の蓄積と放出の調査

Carbon Transfer in Agricultural Soil containing Plant Biomass

永井 勝, 坂田 洋, 多胡 靖宏, 中村 裕二

環境シミュレーション研究部

Masaru NAGAI, Hiroshi SAKATA, Yasuhiro TAKO and Yuji NAKAMURA

Department of Environmental Simulation

Abstract

Rice is one of the most important food crops in Japan. The operation of a spent nuclear fuel reprocessing plant will accompany the release of ^{14}C into the atmosphere, which can be taken up as CO_2 by rice plants through photosynthesis. The weight of edible part is less than half of the total weight of the plant, and large amounts of plant residues as stubble and rice straw are left after harvest in the paddy fields. Some parts of the rice straw (leaves and stem) are used as compost with dung in agricultural fields for vegetation cultivation. In addition, in Aomori Prefecture, it is recommended by the prefectural government that rice straw be buried into the paddy fields after harvest for the purpose of soil improvement and/or for the prevention of air pollution by combustion. Then, ^{14}C absorbed and fixed in rice plants is artificially added into agricultural fields. The purpose of this study was to model the migration of carbon between the atmosphere, plants and soil in an agricultural field, to clarify the probable long-term accumulation of ^{14}C in the soil.

Changes in carbon amount and ^{13}C concentration in CO_2 gas released from the soil where ^{13}C -enriched rice straw had been buried were analyzed by a closed chamber method. The highest ^{13}C concentration in CO_2 released from the soil was observed in early summer, which suggested that active degradation of rice straw occurred in paddy soil at that time. The compost consisting of ^{13}C -enriched rice straw and stubble was also used in a carrot field. The concentration of ^{13}C in CO_2 released from the soil was the highest immediately after introducing the compost, and then slowly decreased. These data suggested that in both paddy and farm fields, organic materials in rice straw would be decomposed first rapidly with the half-life of less than 3 months, and then relatively slowly with that of 2 to 3.5 years.

It was also suggested that the carbon originally contained in the rice straw buried in paddy soil, was taken up again by rice plants. The concentration of ^{13}C in the plant was the highest in June, when the release of the highest concentration of ^{13}C from the soil was observed.

1. 目的

大型再処理施設の稼動に伴い、放射性炭素 (^{14}C) が環境に排出され、その一部は光合成により農作物に取り込まれる。稲ワラ等の作物非可食部の一部は、耕地への残留、茎葉部の鋤き込み、あるいは堆肥と

して、 ^{14}C を含んだまま耕地に戻される。本調査は、大型再処理施設から排出される ^{14}C の影響評価に資するため、水田への稲ワラの鋤き込み、あるいは稲ワラを用いた堆肥の施用等、バイオマスの再利用に伴う農耕（水田及び畑）土壌中の炭素の挙動、特に

土壌中での炭素の収支（分解速度とガス発生速度）と蓄積、及び土壌から発生した二酸化炭素の植物への再吸収量等を求めることを目的とした。

2. 方法

2.1 水田における炭素の蓄積と放出の調査

水田には平成20年4月に¹³C含有稲ワラを0.6 kg m⁻² 鋤き込み、¹³C稲ワラ施用区、稲ワラ施用区と非施用区を設定した。定期的な土壌サンプリングにより、土壌中の¹³C量の変動を二年間追跡した。また、クローズドチャンバー法により月に一度（夏期は週に一度）土壌からの二酸化炭素放出量および¹³C放出量を測定し、稲ワラ由来の炭素の放出量を求めた。

2.2 畑地における炭素の蓄積と放出の調査

畑には平成20年7月に、¹³C含有稲ワラと牛糞を主原料とした堆肥2 kg m⁻²を施用し、ニンジン栽培した。水田同様に定期的な調査を行い、土壌中の¹³C量の変動ならびに堆肥中の稲ワラ由来の炭素の放出量を求めた。

2.3 土壌有機物の作物への移行

試験圃場で栽培した稲およびニンジンの炭素同位体比を測定し、土壌に施用した稲ワラまたは堆肥に含まれる炭素の作物への移行を調査した。また、稲においては、標識稲ワラを鋤き込んだ土壌を用いたポット栽培を行い、移行時期を推定した。

3. 成果の概要

3.1 水田における炭素の蓄積と放出の調査

水田土壌における炭素同位体比を Fig. 1 に示す。¹³C 標識稲ワラ施用区の炭素同位体比は、施用から一ヶ月間に急激な低下を示し、平成20年6月26日以降はほぼ直線的に低下している。この事は、土壌に鋤き込まれた稲ワラの有機物分解が初期に大きく、その後は穏やかである事を示唆している。平成20年6月末は水田土壌から二酸化炭素として放出された炭素の同位体比がもっとも高い時期にあたる。稲ワラ由来の有機物のうち、比較的分解し易い有機物の分解に伴う二酸化炭素の放出はこの時期までに終わっており、これ以降の分解は中分解性、難分解性の有機物分解によるものであると考えられる。稲ワ

ラ由来の炭素の水田土壌における二年目以降の残存半減期は約2年と算出された。

3.2 畑地における炭素の蓄積と放出の調査

畑地土壌の炭素同位体比の減少を Fig. 2 に示す。水田と同様に¹³C 標識堆肥施用区の炭素同位体比は、施用から直後に急激な低下を示し、その後、緩やかに減少した。堆肥に含まれる稲ワラ由来の有機物も比較的分解し易い有機物と、中、難分解性の有機物からなる事が示唆された。土壌から放出される二酸化炭素の¹³C濃度は堆肥施用直後に最も高く、この時期に堆肥に含まれる有機物の分解が盛んであったことを示している。畑地における堆肥中稲ワラ由来の炭素の二年目以降の残存半減期は約3.5年と算出された。

3.3 土壌有機物の作物への移行

土壌に鋤き込まれた稲ワラあるいは施用された堆肥に含まれる稲ワラ由来の炭素が作物に移行するかどうかを調べるために、¹³C 標識稲ワラや堆肥を施用した試験圃場で栽培した稲およびニンジンの炭素同位体比を測定した。稲においては鋤き込みを行った年の収穫時の地上部の炭素同位体比は4~5%程度の上昇を示したが、二年目には半減した。ニンジンにおいては施用年においても、炭素同位体比の上昇はごくわずかであり、堆肥に含まれる炭素のニンジンへの移行は非常に少ないと考えられた。

稲ワラ由来の炭素の稲への移行時期を明らかにするため¹³C 標識稲ワラを鋤き込んだ土壌を用いたポット栽培試験を行った。6月頃の稲において炭素同位体比が最も高く、稲中の炭素のおよそ3%が土壌中の稲ワラ由来であると算出された(Fig. 3)。この時期は土壌から放出される二酸化炭素の¹³C濃度が高い時期と一致していることから、土壌に鋤き込まれた稲ワラ由来の有機物の分解に伴い生じた無機炭酸が、経根的に吸収されている事が示唆された。また、生育に伴い、大気中の二酸化炭素を固定することや呼吸により貯蔵炭水化物を利用することによって、収穫時の稲における稲ワラ由来炭素の割合は約0.5%に低下していた。

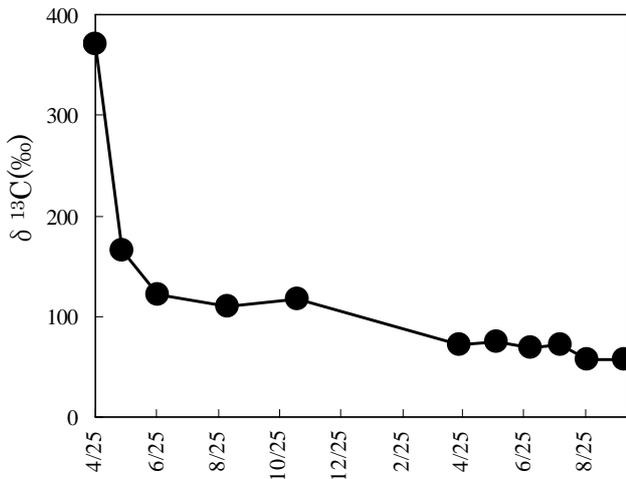


Fig. 1 Variation in $\delta^{13}\text{C}$ in the paddy soil.

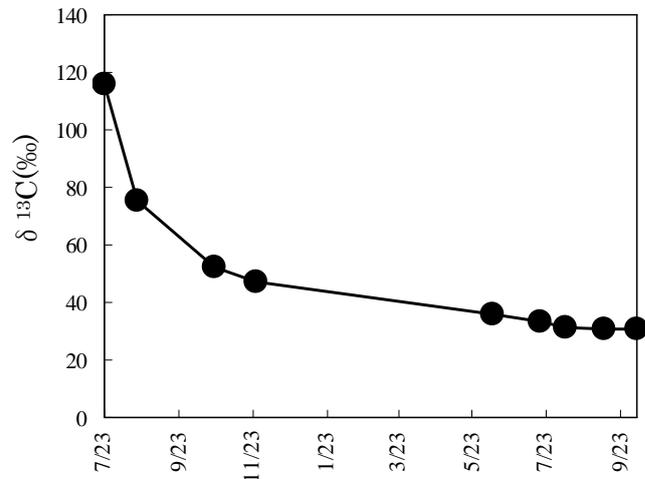


Fig. 2 Variation in $\delta^{13}\text{C}$ value in the carrot field soil.

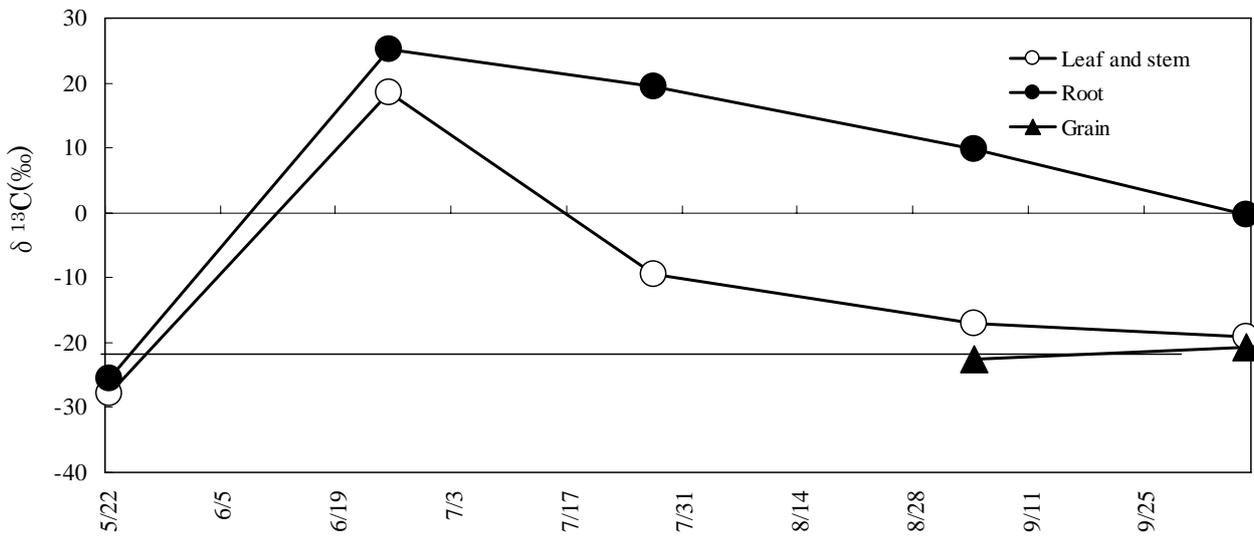


Fig. 3 Seasonal changes of $\delta^{13}\text{C}$ value of the rice plant cultivated by Wagner pot with ^{13}C -enriched rice straw buried in the soil.