

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, Yuji NAKAMURA
Department of Environmental Simulation

Abstract

C-14 released into the atmosphere from a spent nuclear fuel reprocessing plant is partly taken up by rice plants through photosynthesis. In Aomori Prefecture, the prefectural government has recommended that rice straw be buried in paddy fields after harvest for the purpose of soil improvement and/or for the prevention of air pollution by burning the straw. The purpose of this study is to model the movement of carbon through the atmosphere, plants and soil in agricultural fields, and to clarify possible long-term accumulation of ^{14}C in soil, which would be introduced in plant biomass by burying of rice straw. In this experiment, a stable isotope of carbon (^{13}C) was used as a substitute tracer for ^{14}C .

In April 2008, the ^{13}C -enriched rice straw was cut into pieces of 10 cm in length and buried as compost in paddy soil with the concentration $0.6 \text{ kg (dry weight)/m}^2$. The total amount of carbon released as CO_2 during the period from April to November, was 261 gC/m^2 from the soil with compost, compared to 175 gC/m^2 from the soil without compost. The highest ^{13}C concentration in CO_2 released from the soil was observed in June and July, which suggested that active degradation of rice straw buried in paddy soil occurred in early summer. The result of the analysis of carbon in the soil showed that about 49% of the carbon originally contained in the straw remained in the soil in November.

The compost consisting of ^{13}C -enriched rice straw and stubble was also spread onto a carrot field in July 2008. The total amount of carbon released during the period from July to November was 110 gC/m^2 and 65.4 gC/m^2 from the soils with and without compost, respectively. The concentration of ^{13}C in CO_2 released from the soil was the highest immediately after introducing the compost, and then decreased. It was also suggested that about 59% of the carbon in the straw remained in the soil in November, 4 months after adding it to the soil.

1. 目的

大型再処理施設の稼動に伴い、放射性炭素 (^{14}C) が周辺環境に放出され、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、あるいは堆肥の材料などとして、 ^{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放出される ^{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ている。

平成 20 年度は、トレーサーとして ^{13}C を多く含む稲ワラ (^{13}C 標識稲ワラ) を鋤き込んだ水田及び ^{13}C 標識稲ワラと牛糞より作成した堆肥を施用した畑地における土壤中 ^{13}C 放出量と ^{13}C 残存量の調査で得られた稲ワラに由来する炭素の土壌への蓄積量について報告する。

2. 方法

2.1 ^{13}C 標識稲と堆肥の作成方法

ビニールハウス内でワグネルポットを用いて水耕栽培した稲を一定期間人工気象器内に移し、 $^{13}\text{CO}_2$ をばく露して、光合成により ^{13}C を取込ませた。通常の稲の ^{13}C 含有率は 1.07 atom% であるが、作成した ^{13}C 標識稲の ^{13}C 含有率は 4.9 atom% であった。この稲を裁断し、牛糞と混合したものを人工気象器に入れ、37 度で醗酵させたものを ^{13}C 標識堆肥とした。作成した堆肥の ^{13}C 含有率は 2.6 atom% であった。

2.2 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 14 日に ^{13}C 標識稲ワラの鋤き込みを行い、 ^{13}C 稲ワラ施用区、稲ワラ施用区と非施用区を策定した。施用区には 0.6 kg (乾燥重量)/ m^2 になるように稲ワラを鋤き込んだ。定期的な土壌サンプリングにより、土壌中の ^{13}C 量の変動を通年で調査した。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 ^{13}C 放出量を測定し、年間の土壌呼吸量と稲ワラ由来の炭素放出量を求めた。

2.3 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、 ^{13}C 標識稲ワラと牛糞を主原料とした堆肥を施用し (2 kg/ m^2)、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 ^{13}C 量の変動ならびに年間の土壌呼吸量と堆肥由来の炭素放出量を求めた。

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

施用区に ^{13}C 含有稲ワラを鋤き込み、水田試験を開始した。

施用区に稲ワラを乾燥重量で 0.6 kg/ m^2 になるように鋤き込み、水田試験を開始した。 ^{13}C 標識稲ワラ

施用区と通常稲ワラ施用区の土壌中 ^{13}C 量は、鋤き込み直後はそれぞれ 38.8 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ 、31.5 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ であったが、施用 7 ヶ月後の 11 月にはその差は 3.8g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ に減少した。このことから鋤き込まれた稲ワラ由来の炭素のうち 49%が土壌に残留していることが明らかとなった。試験期間中に土壌より放出された全炭素量は施用区では 261 gC/ m^2 、非施用区では 175 gC/ m^2 と算出された。1 日あたりの炭素放出量は 9 月の落水処理後に最大値が観測された。放出ガス中の ^{13}C 濃度は鋤き込み直後は低く、地温が上昇する 6 月に最大値を示し 2.4 atom% に達した (Fig. 3)。栽培期間中に ^{13}C 含標識ワラ施用区の水田土壌から放出された ^{13}C 量は 3.64 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ と算出された。また、非施用区土壌から放出された ^{13}C 量 (1.92 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$) との差より、鋤き込まれた稲ワラの 18.5%が二酸化炭素として放出されたと考えられた。

また、 ^{13}C 標識稲ワラを鋤き込んだ水田で栽培した水稻は対象区よりも ^{13}C を多く含んでおり、鋤き込んだ稲ワラ中炭素の一部が稲に吸収される可能性を示唆している。

3.2 畑地における炭素の蓄積と放出の調査

畑地には平成 20 年 7 月 17 日に ^{13}C 標識稲ワラと牛糞を主原料とした堆肥を施用し、畑地試験を開始した。

堆肥施用直後の ^{13}C 標識堆肥施用区と通常堆肥施用区の土壌中 ^{13}C 量はそれぞれ 20.3 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ 、16.8 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ あったが、栽培終了時の 11 月にはその差は 1.9 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ に減少した (Fig. 2)。このことから施用された堆肥由来の炭素のうち 59%施用から 4 ヶ月後も土壌に残留していることが明らかとなった。試験期間中に土壌より放出された全炭素量は施用区では 110.3 gC/ m^2 、非施用区では 65.4 gC/ m^2 と算出された。1 日あたりの炭素放出量は 7 月の堆肥施用直後に最大値が観測された。放出ガス中の ^{13}C 濃度を調べると、堆肥施用直後が最も高く (1.8 atom%)、その後減少した (Fig. 4)。 ^{13}C 標識堆肥を施用した畑地土壌から放出された ^{13}C 量は 1.41 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$ と算出された。非施用区土壌から放出された ^{13}C 量 (0.71 g $^{13}\text{C}/\text{m}^2$) との差から、土壌に施用された堆肥の 14%が二酸化炭素として放出されたと考えられた。

また、 ^{13}C 標識堆肥を施用した畑地で栽培したニンジン
 ジンは対象区よりも ^{13}C を多く含んでおり、水田の場

合と同様に施用した堆肥中炭素の一部がニンジンに
 吸収される可能性が考えられる。

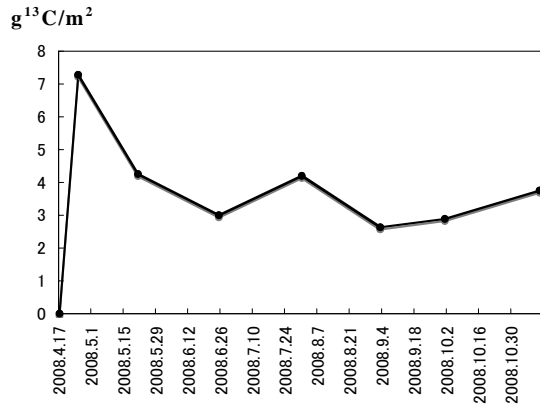


Fig. 1 The excess ^{13}C amount of the paddy soil buried with ^{13}C enriched straw

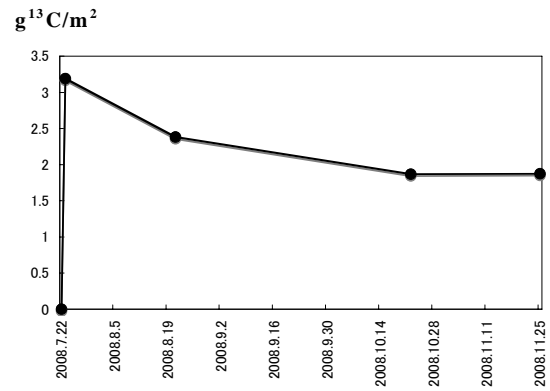


Fig. 2 The excess of ^{13}C amount of the carrot field spread with ^{13}C enriched compost

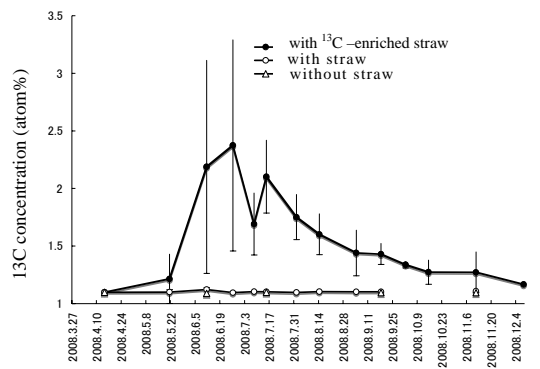


Fig. 3 The ^{13}C concentration of gases released from the paddy soil

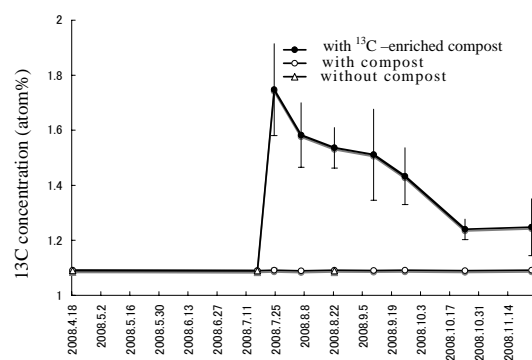


Fig. 4 The ^{13}C concentration of gases released from the carrot field