

4. 1. 2 牧草から牛肉および牛乳への炭素の移行に関する研究

Study on the Transfer of Carbon from Grass to Beef and Milk

増田 毅, 石岡 正直, 多胡 靖宏, 中村 裕二

環境シミュレーション研究部

Tsuyoshi MASUDA, Masanao ISHIOKA, Yasuhiro TAKO, Yuji NAKAMURA

Department of Environmental Simulation

Abstract

The radiation dose due to ^{14}C released from a spent nuclear fuel reprocessing plant is delivered to the neighboring population mainly through intake of agricultural and daily products. In the vicinity of the reprocessing plant in Rokkasho, Aomori, Japan, stock-farming is widely undertaken, including cattle-breeding. Then, it is important to clarify how fast ^{14}C is transferred and how much it accumulates in cattle. In this study, transfer coefficients of ^{14}C from grass to meat and milk of cows were experimentally examined using a stable isotope of carbon (^{13}C) as a substitute tracer for ^{14}C .

Changes in ^{13}C isotopic ratio were measured in breath air, urine, feces, milk, muscle and serum of beef cattle and milking cows which had been given ^{13}C -labeled grass feed for 28 days. Using the data obtained, the cattle and cow Carbon Metabolism Model was developed. The estimated ^{14}C concentrations in beef and milk of cows which are bred under typical conditions in Rokkasho Village were lower than the prediction by the conventional method i.e. the specific activity approach.

1. 目的

大型再処理施設設置に伴う安全審査においては、大型再処理施設から放出される放射性炭素 ^{14}C の飼料から牛乳への移行を求める際に、飼料と牛乳の炭素あたり比放射能は一定であるという仮定にもとづいて求めた移行係数($6.4 \times 10^{-3} \text{ (Bq/kg)/(Bq/d)}$)を用いている (日本原燃サービス, 1989)。しかし、この仮定には実験的な裏付けが十分ではない。そこで、家畜炭素移行モデル作成試験では、飼料から牛乳および牛肉への移行を実験データに基づいて現実的に評価し、安全審査で用いられた方法の妥当性、および採用されている移行係数の安全裕度を確認することを目的とした。

2. 方法

肉牛 (黒毛和牛とホルスタインの F1) (各 $n=3$) 及び乳牛 (ホルスタイン) を用い、 ^{13}C 標識粗飼料を

28 日間経口投与し、牛乳あるいは牛肉、呼気、尿、糞、血清、血球中の ^{13}C 濃度の変化を測定した。

肉牛および乳牛体内の炭素プールをコンパートメントで表した肉牛および乳牛炭素代謝モデル (Fig. 1) を仮定した。牛乳や呼気等では比較的速い ^{13}C 濃度変化が観察される一方、血清ではゆっくりとした ^{13}C 濃度変化が観察されたことから、動物体内には比較的短い炭素代謝半減期を持つコンパートメント $C_1(\text{g})$ と、比較的長い炭素代謝半減期を持つコンパートメント $C_2(\text{g})$ とを仮定した。それぞれの炭素量変化は以下の式のように定義した。

$$\frac{dC_1}{dt} = P_1 f_1 - L_1 C_1 + L_2 C_2 - (L_3 + L_4) C_1$$

$$\frac{dC_2}{dt} = L_1 C_1 - L_2 C_2$$

ここで、 P_1 は 1 日あたりの炭素摂取量(g/d)である。また、摂取した総エネルギーを GE、可消化エネルギーを DE、代謝エネルギーを ME とすると、 f_1 は消化吸収率 (GE/DE)、 f_2 は尿及びメタン排出率 ($I-ME/DE$)、 C_1 は短い炭素代謝半減期を持つコンパートメント(g) 低分子炭素を想定)、 C_2 は長い炭素代謝半減期を持つコンパートメント(g) (高分子炭素を想定)、 L_1 は C_2 の合成速度定数(/d)、 L_2 は C_2 の分解速度定数(/d)、 L_3 は C_1 の分解速度定数(/d)、 L_4 は乳成分合成速度定数(/d)、 Ex_1 は糞炭素排出速度(g/d)、 Ex_2 は尿及びメタン炭素排出速度(g/d)、 Ex_3 は呼気炭素排出速度(/d)、 Ex_4 は乳炭素排出速度(g/d)である。

3. 成果の概要

牧草から牛肉への炭素移行を評価する 2 コンパートメントモデルを作成し、肥育後期 (2 歳齢) の肉牛での ^{13}C 標識粗飼料投与実験の結果 (Fig. 2) からパラメータを求めた。これにより、平成 20 年度に求めた肥育前期 (1 歳齢) でのパラメータと合わせ、市場における肉牛の移動を含めて牧草から牛肉への移行を評価することを可能にした。さらに、六ヶ所

地域でのウシの移動の実態に合わせて、1 歳齢で購入した他地域のウシを出荷まで 2 年間六ヶ所村で肥育した場合の牛肉中 ^{14}C 濃度をこのモデルで予測し、安全審査で用いられた評価方法による予測と比較することにより、安全審査における評価の安全裕度を確認した (Fig. 3)。

また、牧草から牛乳への炭素移行を評価する 2 コンパートメントモデルを作成し、乳牛への ^{13}C 標識粗飼料投与実験の結果 (Fig. 4) からパラメータを求めた。このモデルを用いて他地域で育成した成牛を市場で購入し一般的な搾乳期間である 1 年間六ヶ所村の牧草を与えた場合の牛乳中 ^{14}C 濃度予測値は、安全審査で用いられた評価方法による予測値より低いことが確かめられた (Fig. 5)。

引用文献

日本原燃サービス (1989) 六ヶ所事業所再処理施設
事業指定申請書添付書類七

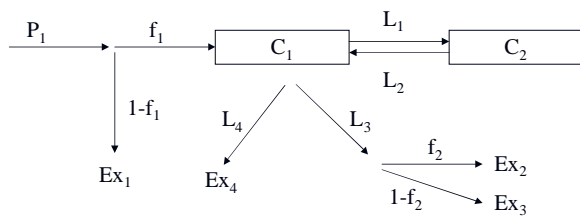


Fig. 1 Compartment model for metabolism in beef cattle and milking cow.

C1: carbon pool of low molecular weight, C2: carbon pool of high molecular weight, P1: carbon intake, f1: fraction of absorption, f2: fraction to urea and methane, L1: transfer rate, L2, 3: excretion rate, L3: breakdown rate, L4: transfer rate to milk (in case of cow), Ex1: feces, Ex2: urine, Ex3: breath, Ex4: milk (in case of cow) .

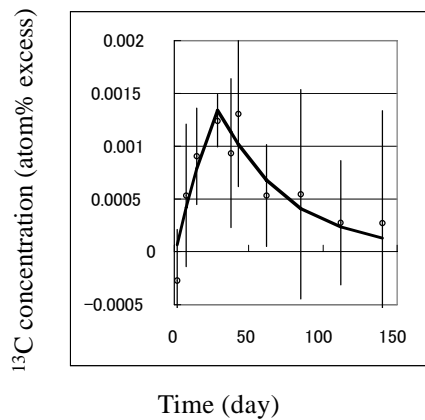


Fig. 2 Temporal change in ^{13}C concentration in beef accompanied by the continuous ^{13}C administration during 28 days.

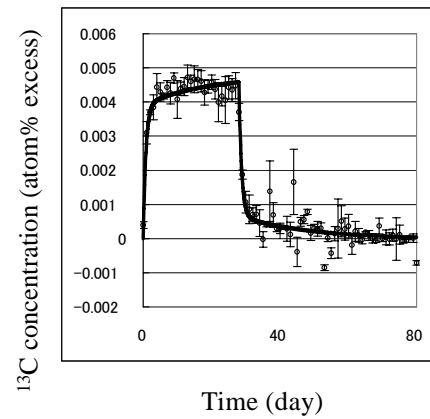


Fig. 3 Temporal changes in ^{13}C concentration in milk accompanied by continuous ^{13}C administration during 28 days.

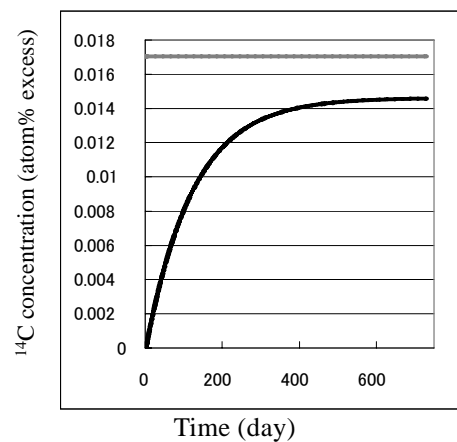


Fig. 4 Comparison of the expected ^{14}C concentration in beef.

Black line: Cattle and cow carbon metabolism. model, Gray line: conventional model.

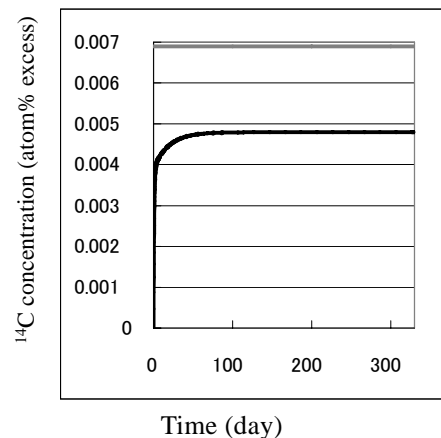


Fig. 5 Comparison of the expected ^{14}C concentration in milk.

Black line: Cattle and cow carbon metabolism model, Gray line: conventional model.