

1.2 青森県産物への放射性物質移行に関する調査研究

1.2.1 農産物への放射性物質移行調査

Transfer of Radionuclides from the Atmosphere to Agricultural Products

今田 省吾, 新井 竜司, 川端 一史, 多胡 靖宏, 谷 享, 箭内 真寿美, 高久 雄一
環境影響研究部

Shogo IMADA, Ryuji ARAI, Hitoshi KAWABATA, Yasuhiro TAKO, Takashi TANI,
Masumi YANAI, Yuichi TAKAKU
Department of Radioecology

Abstract

While radionuclides (^3H , ^{14}C , ^{129}I etc.) are released into the atmosphere from the first commercial nuclear fuel reprocessing plant in Aomori Prefecture, the transfer of such radionuclides to commercially important agricultural products grown in the prefecture, such as fruit trees (especially, apple) and Chinese yam plants has not been adequately understood. In addition, under some abnormal situations, it is probable that the reprocessing plant will discharge radiocesium. The first purpose of this research project is to obtain empirical parameters for the transfer of ^{14}C to apples and Chinese yams and for the transfer of radioiodine and radiocesium to apples by conducting tracer experiments using stable isotopes. The second purpose is to contribute to realistic dose assessment in the future through the accuracy improvement of the advanced environmental transfer and dose assessment model (AdvETDAM).

In FY 2020, the data for the transfer of stable carbon isotope (^{13}C) to each plant organ after $^{13}\text{CO}_2$ exposure experiments and for the growth of the plant organs were obtained in mature apple trees. These data are needed for extending the model developed for young apple trees to mature apple trees. Furthermore, the method for carrying out cultivation experiments of Chinese yam in growth chambers was developed and the data related to growth in each plant organ were obtained. In addition, the parameters for the transfer and accumulation of iodine (I) and cesium (Cs) applied on the surface of each plant organ of apple and for the weathering of the elements from the surface were obtained.

For the research on ^{14}C transfer to crop plants, an *in-situ* exposure chamber system was developed for 16-year old 'Fuji' apple (*Malus domestica*) trees grafted on JM. 1 rootstock. $^{13}\text{CO}_2$ exposure experiments to mature apple trees were conducted three times from September to October and the data for the concentrations of photo-assimilated ^{13}C in each plant organ were obtained over time. For two mature apple trees, the size of each plant organ on 12 branches in each of the trees was nondestructively measured over time and the biomass of each plant organ at a whole-tree level and corresponding C content were determined in mid-November, so that temporal variations in the C mass of each plant organ at a whole-tree level were estimated. Temporal variations in plant organ biomass of Chinese yam (*Dioscorea opposita* 'nagaimo') were also determined under field conditions. In addition, Chinese yam plants were cultivated from propagules in growth chambers to check the effect of pot size on plant growth, and growth patterns of leaf and rhizophore in the field were reproduced using pots of 30 to 40 cm in depth and 15 to 25 cm in inner diameter.

For the research on weathering and transfer of I and Cs, three subjects were investigated with two types of apples: 1) the effect of rainfall on the weathering of I applied onto fruit surfaces of 'Fuji' apple trees (*M. domestica*) as dry aerosol; 2) the effect of rainfall on the weathering of Cs applied onto bark surfaces of 'Fuji' apple trees as dry aerosol; and 3) the absorption and translocation of stable I applied onto leaf surfaces of 'Alps Otome' apple (*M. domestica*) trees as liquid droplets. More I was removed from the fruit surfaces as the rainfall intensity increased and as the rainfall duration increased. Cs applied onto the bark surface was removed slightly, but rainfall intensity and duration had little effect. I applied on the leaf surface was absorbed through the surface and accumulated inside the leaf, but the transfer of absorbed I to the fruit was negligible.

1. 目的

大型再処理施設の稼働に伴い排出される放射性核種 (^3H 、 ^{14}C 及び ^{129}I 等) の、青森県における経済的に重要な農産物である果樹 (リンゴ) 及びナガイモ等への移行には不明な点が多く、また、異常放出時にはこれらに加えて放射性セシウムの放出が考えられる。

このため、放射性核種の放出形態を考慮し、 ^{14}C の果樹及びナガイモ等への移行、並びに放射性ヨウ素及び放射性セシウムの果樹への移行に関して注目する放射性核種の安定同位体をトレーサとして用いる実験を行って実証的パラメータを求め、将来、総合的環境移行・線量評価モデルの精度向上等を介して、現実的な線量評価に資することを目的とする。

果樹 (リンゴ) 成木における炭素移行については、屋外で果実生育段階別に成木地上部への $^{13}\text{CO}_2$ のばく露を行い、各部位への ^{13}C 移行データを取得するとともに、各器官の生長データを取得し、これまでに開発した幼木の炭素移行・蓄積モデルを成木へ拡張する。さらに、ナガイモにおける炭素の移行・蓄積については、トレーサ実験を可能とする室内栽培手法を確立するとともに、各器官の生長データを取得する。加えて、リンゴ樹におけるヨウ素等移行については、各部位表面に負荷した安定ヨウ素等の移行・蓄積及びウェザリングに関するパラメータを取得する。

2. 方法

2.1 果樹成木における放射性炭素移行に関する調査

リンゴ (ふじ) 成木への $^{13}\text{CO}_2$ ばく露実験を可能とするため、成木地上部全体を覆うことのできる可搬

型の成木ばく露チャンバーシステムを考案して設計・製作し、果樹園のリンゴ成木に用いる際の設置方法、環境制御性能及び CO_2 制御性能を確認した。また、上記成木ばく露チャンバーシステムを用いて、農研機構果樹茶業研究部門リンゴ研究領域 (岩手県盛岡市) の圃場のリンゴ成木を対象に、地上部全体への $^{13}\text{CO}_2$ ばく露を9月~10月の期間中に3回行い (Fig.1)、光合成によって固定された ^{13}C が果実等に移行して残存する割合を評価するための経時的なデータを取得した。経時的な試料採取の後、果実の収穫は11月中旬に行った。さらに、成木の樹レベルでの各部位生長の時間変化を推定する方法を確立するために、全体の一部 (3年前に発生した枝の基部から先を一単位とし、以下「3年枝単位」と呼ぶ) の各部位の重量の時間変化、並びに収穫時の各部位の総現存量を推定する方法を検討した。

2.2 ナガイモにおける放射性炭素移行に関する調査

既往の定量的知見が少ないナガイモについて、生態系実験施設の植物実験室内で、直径と高さの異なる栽培容器を用いてムカゴを種イモとした栽培を行った。またJA十和田おいらせの圃場においてムカゴを種イモとして栽培したナガイモの生長データを取得した。

2.3 果樹における放射性ヨウ素等移行に関する調査

粒子状Iを負荷した果実又は粒子状Csを負荷した枝を降雨強度と時間を変えて雨にばく露し、各部位に残存するI及びCsを定量した。また、果実発達期のリンゴ樹を対象に、液状Iを葉面に負荷した後、葉面を洗浄した洗浄液及び部位別植物試料中のI濃度を経時的に測定し、葉面からの吸収及び果実への転流速度を求めた。

3. 成果の概要

3.1 果樹成木における放射性炭素移行に関する調査

成木ばく露チャンバーシステムを開発して、実際に果樹園リンゴ樹への設置手順を確認し、チャンバー内の光量及び温湿度がリンゴ樹の光合成が適切に行われる範囲内に制御できること、 $^{12}\text{CO}_2$ と $^{13}\text{CO}_2$ を一定比率で同時に注入することでチャンバー内の大気中炭素同位体比 $^{13}\text{C}/(^{13}\text{C} + ^{12}\text{C})$ を一定に維持できることを確認することで、ばく露実験系を構築した。

リンゴ成木地上部全体を $^{13}\text{CO}_2$ にばく露するとばく露によって上昇した葉及び当年枝の $^{13}\text{C}/(^{13}\text{C} + ^{12}\text{C})$ は48時間後までに急減する一方で、果実では48時間後まで漸増する傾向が認められた (Fig.2)。また、ばく露時大気中 $^{13}\text{C}/(^{13}\text{C} + ^{12}\text{C})$ 及び11月中旬の収穫時果実の $^{13}\text{C}/(^{13}\text{C} + ^{12}\text{C})$ から、どの果実生育段階でばく露しても、光合成により同化された ^{13}C の収穫時果実における残存量を測定可能であり、大気中 ^{14}C 濃度変動に応じて収穫時果実の ^{14}C 濃度を予測するモデルの検証が可能であることを確認した。

リンゴ成木2樹について「3年枝単位」を樹当たり12本選んで時期別に各部位の外形サイズを非破壊的に測定するとともに、収穫時に刈り取り、各部位重量及び炭素含有量を実測することで、樹当たり各

部位炭素現存量の時間変化 (Fig.3) を推定した。

3.2 ナガイモにおける放射性炭素移行に関する調査

新イモの収穫時重量は、ポットサイズ (深さ30~40 cm、内径15~25 cm) による違いが見られず、葉数の増加停止が新イモの生長停止に先立って見られるという生長パターンが圃場同様に見られたことから、屋内栽培で圃場栽培の再現が可能であることが確認された。また、圃場においてムカゴを種イモとして栽培したナガイモの生育に伴う根の分布域の変化を確認するとともに、茎葉部と新イモの1年目の生長データを取得することができた。

3.3 果樹における放射性ヨウ素等移行に関する調査

果実表面に粒子状で負荷したIは、降雨強度の増大とともに一定の割合で除去されることが分かった。また、雨の降り始めに速く、その後ゆっくり除去されることが分かった。枝表面に負荷したCsは僅かに除去されたが、その除去に降雨強度や雨ばく露時間は大きな影響を与えないことが分かった。

液状で葉面に負荷したIの果実への移行は見られなかった。また、葉面に残存するIの割合及び負荷葉中Iの割合の変化から、葉面からのIの吸収には速度の異なる2成分が存在することが分かった。



Fig. 1 A photo during the $^{13}\text{CO}_2$ exposure experiment using a mature apple tree in an orchard.

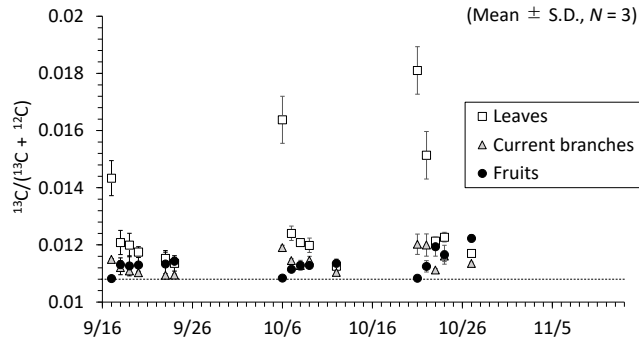


Fig. 2 Temporal variations in $^{13}\text{C}/(^{13}\text{C} + ^{12}\text{C})$ in the leaves, current branches, and fruits of mature apple trees exposed on September 17, October 6, and October 21. Data were collected at 0, 24, 48, 72, and 144 h after the exposure finished.

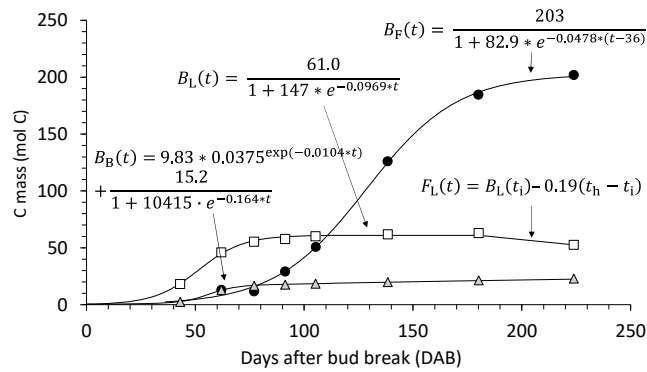


Fig. 3 Temporal variations in the C mass of the leaves ($B_L(t)$, $F_L(t)$), current branches ($B_B(t)$), and fruits of a mature apple tree ($B_F(t)$).