

1. 2. 2 果樹における放射性ヨウ素等移行調査

Transfer of Iodine and Cesium from the Surface of Leaf, Trunk or Fruit to the Interior of Apple Fruit

川端 一史, 箭内 真寿美, 多胡 靖宏, 高久 雄一, 久松 俊一
環境影響研究部

Hitoshi KAWABATA, Masumi YANAI, Yasuhiro TAKO, Yuichi TAKAKU, Shun'ichi
HISAMATSU
Department of Radioecology

Abstract

Part of the radionuclides released into the atmosphere are deposited on the surfaces of crop plants, followed by absorption and translocation to other parts of the plants. Radiocesium released into the atmosphere by the 2011 accident of the Fukushima Dai-ichi Nuclear Power Plant were detected in fruit harvested from trees which did not extend leaves at the time of the atmospheric deposition to these orchards. Apple fruit is one of the important agricultural products in Aomori Prefecture, where the first commercial nuclear fuel reprocessing plant is now under construction. Since the behavior of radiocesium and radioiodine deposited on apple tree surfaces and transfer to fruit is not well known, we started a research project in FY 2016 to study them, mainly by using corresponding stable elements.

The experimental methods were established in FY 2016. Plumleaf crab apple (*Malus sp.* cv. ALPS OTOME) was selected as the experimental plant for easy handling. Dry and wet depositions were simulated by applying dry aerosol and liquid droplets containing a target element, respectively. The nondestructive measurement methods of the surface areas of leaf, bark and fruit were developed for estimating the dry aerosol burden of the target element. Washing methods of the plant part surface, to which the target element was applied, are important for distinguishing retention on the surface from an absorbing fraction. The methods were decided for each plant part based on preliminary experiments. In this study, we defined the element washed by the method as retained on the surface, while the unwashed one was defined as the absorbed fraction.

Uptake of iodine from fruit surface was preliminary studied by applying droplets of an aqueous solution containing NaI on the fruit surface. Apple trees were cultivated under the conditions of 30 and 40 klx in artificial climate chambers. Approximately 50% of iodine was absorbed and retained in fruit on days 4 and 8 after the application, and no difference was found for the absorption rate between the different light conditions. The fraction on the surface was smaller than 1%, and the remainder, half of the applied iodine, may be transferred to other parts of the tree and/or vaporized. The fractions of 40% and 60% of iodine in the fruit were distributed to skin and flesh on day 4 after the application, respectively, showing penetration of a considerable part of the iodine from the surface into the fruit flesh.

1. 目的

大型再処理施設から大気中へ排出された放射性核種は、様々な過程を経て、作物表面に沈着する。作物表面に沈着した放射性核種の一部は、表面から吸

収され、他の部位へ転流する一方、一部は、雨や風等の気象現象により表面から除去される（ウェザリング）。作物表面に沈着した放射性核種の吸収、転流及びウェザリングの速度は、作物を介した線量評価

に大きな影響を与えるパラメータであり、作物葉面に沈着した放射性核種の挙動を把握することは被ばく線量評価上必要である。これまで、根菜類及び牧草を対象に葉面吸収、転流及びウェザリングの速度を求めてきた。しかし、経済的にも重要な青森県産物である果樹（リンゴ *Malus domestica*）への放射性核種の移行には不明の点が多い。また、福島第一原子力発電所の事故においても、放射性セシウムが降下した時期に展葉が見られなかった果樹において、果実への放射性セシウムの移行が検出されている。そこで、本調査では、大型再処理施設から排出される放射性核種のうち、 ^{14}C 及び ^3H の次に重要な ^{129}I 並びに異常放出時に重要な核種となる ^{137}Cs を評価対象とし、リンゴを対象にヨウ素及びセシウムのリンゴ樹各部位表面から果実への移行モデルを構築することを到達目標としている。平成 28 年度は、本調査の開始にあたり、①リンゴ樹各部位へのヨウ素及びセシウムの負荷方法、及び②ヨウ素及びセシウムを負荷した各部位の前処理方法の検討を行い、実験条件を決定すること、並びに③果実表面から内部への移行に関する予備実験を行い、平成 29 年度から実施する本実験における負荷後の栽培日数に関する基礎情報を得ることを目標とした。

2. 方法

調査対象植物として、ふじといぬりんごの交雑種であるアルプスおとめ (*Malus sp. cv. ALPS OTOME*) の幼木を選択した。本調査では、環境条件をコントロールするため、リンゴ樹の栽培は全天候型人工気象実験施設内の一般小型人工気象チャンバー（以下、小型チャンバー）で行い、安定ヨウ素及びセシウムのリンゴ樹各部位からの吸収及びその後の転流に関する実験を行う。野外における乾性及び湿性沈着を考慮して、液状及び粒子状でヨウ素及びセシウムを負荷する実験を行う。

2.1 リンゴ樹各部位へのヨウ素及びセシウムの負荷方法の検討

実験用リンゴ樹の粒子状物質初期負荷量の決定は、モニターとなるリンゴ樹を用意して実験用リンゴ樹とともにばく露し、モニターリンゴ樹の面積当たり

負荷密度を求めて、実験用リンゴの表面積を乗じて行う。このため、実験用リンゴの各部位表面積を非破壊的に求める必要があり、簡単に測定できる各種サイズデータから表面積を推定することとした。そこで、葉面積計及び 3D スキャナーシステム (MHT-PC、(株) オーピーティー) で各部位の表面積を測定し、サイズデータからの推定法を検討した。

2.2 ヨウ素及びセシウムを負荷したリンゴ樹各部位の前処理方法の検討

ヨウ素又はセシウムの負荷後に採取したリンゴ樹各部位は、洗浄液で表面を洗浄した後、乾燥、粉碎し、ICP 質量分析装置により、ヨウ素及びセシウムを定量する。そこで、洗浄方法の検討として、葉及び枝の表面にセシウムを、果実の表面にヨウ素又はセシウムを液滴で負荷し、液滴が自然乾燥した後、30、60 又は 120 秒間洗浄し、負荷量に対する洗浄液中の回収率を求めた。実験は各条件で 5 回実施した。

2.3 果実表面から内部へのヨウ素の移行に関する予備試験

小型チャンバーで 125 日間栽培したリンゴ樹の果実表面に液状ヨウ素 (I) を液滴で負荷した後、照度 30 及び 40 klx で 4 及び 8 日間栽培した。採取した果実は、表面を洗浄液で洗浄した後、乾燥、粉碎し、ICP 質量分析装置でヨウ素を定量した。また、別に照度 40 klx で 4 日間栽培した後、採取した果実については、表面を洗浄後、果皮部とその他の部位（以下、果肉部）に分けて、ヨウ素を定量した。果実は、各条件で 3 個採取した。

3. 成果の概要

アルプスおとめ幼木（2 及び 3 年生）を照度 30 及び 40 klx で 5 月から 10 月までの 138 日間小型チャンバーで栽培した。その結果、いずれの照度でも果実の収穫適期まで栽培できた。

3.1 リンゴ樹各部位へのヨウ素及びセシウムの負荷方法の検討

葉身長と葉幅から求めた葉の仮想表面積と葉面積計で求めた葉面積には、強い正の相関関係が見られ、葉身長と葉幅から葉面積を推定する式を導出できた。また、果実の最大縦径、最大横径及び円周率の積か

ら求めた仮想表面積と 3D スキャナーで求めた表面積にも、強い正の相関関係が見られ、最大縦径及び最大横径から表面積を推定する式を導出できた。同様に、幹及び枝についても、幹直径等のサイズデータから表面積を推定する式をそれぞれ導出できた。

3.2 ヨウ素及びセシウムを負荷したリンゴ樹各部位の前処理方法の検討

葉は、洗浄時間を変えても回収率に変化は見られなかったが、時間を長くすることにより変動が小さくなった。また、枝は、洗浄時間を長くすることにより回収率が大きくなり、120 秒で回収率が 1 となった。さらに、果実は、洗浄時間を 60 秒から 120 秒にすることにより、回収率が低下する傾向を示した。

以上の結果から、葉及び枝の洗浄時間は 120 秒、果実は 60 秒とすることにした。

3.3 果実表面から内部へのヨウ素の移行に関する予備試験

いずれの照度でも、負荷後 4 日で表面にはほとんど存在せず、約 5 割が内部へ移行し、8 日経過してもその割合に変化は見られなかった (Fig. 1)。残りは、別の部位に転流したか、揮散したとみられる。また、照度 40 klx の負荷後 4 日の果実における果皮部と果肉部の分配率は各々 4 割と 6 割であり、1/2 以上が果肉部に侵入していた (Fig. 2)。これらの結果を元に負荷後の栽培日数を決定する。

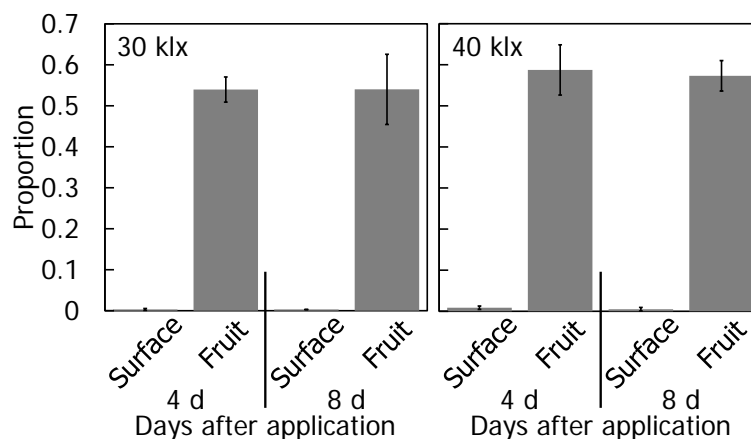


Fig. 1 Proportion of I distributed on surface and in fruit to applied I. Apple trees were cultivated under the condition of 30 or 40 klx during 4 or 8 days after application of I solution to fruit surface. Vertical bars indicate standard deviation of three samples.

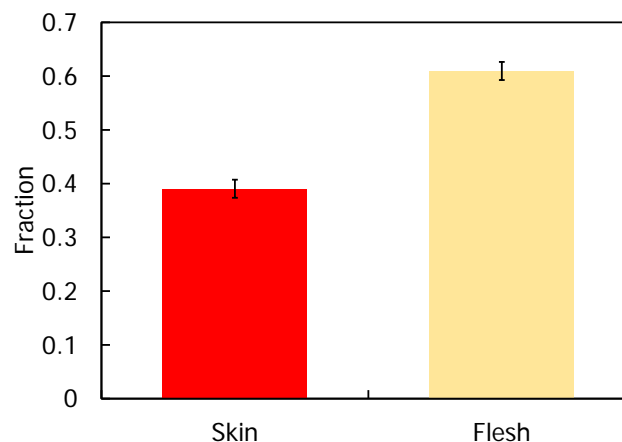


Fig. 2 Fraction of I in the fruit distributed to skin and flesh. Apple trees were cultivated under the condition of 40 klx during 4 days after application of I solution to fruit surface. Vertical bars indicate standard deviation of three samples.