

## 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. 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 their transfer to fruit are not well known, a research project to determine them was launched in FY 2016. In FY 2017, we studied 1) the absorption of stable I or Cs<sup>+</sup> applied onto fruit surfaces, and 2) the absorption and translocation of stable Cs<sup>+</sup> applied onto leaf or trunk surfaces. In both studies, the target ions were applied as liquid droplets on the surface. Potted Plumleaf crab apple (*Malus sp. cv. ALPS OTOME*) trees, 2 to 4 years old, were used as the experimental plant for easy handling.

We cultivated the apple trees in artificial climate chambers and applied droplets of I or Cs<sup>+</sup> solution onto the fruit surfaces at early and late development stages and the fully mature stage, corresponding to 106, 141 and 176 days after bud breaks, respectively. The fruits were periodically collected from the trees, and their surfaces were washed with solution containing detergent, followed by peeling them. The washed solution, peel and flesh samples were analyzed for I or Cs. At all growth stages, the washable proportion of I and Cs on the fruit surface decreased in two phases, the initial phase decreased quickly and later one decreased slowly excluding Cs applied at the fully mature stage. For Cs applied at the fully mature stage, there was an early fast decrease followed by constant values. At the late fruit development stage, the proportion of both elements in peel and flesh samples rapidly increased during ~2 d followed by almost constant values being maintained; this showed the rapid transfer of both elements from the surface to inside the fruits. Recovery ratios of both elements in the whole fruits including the washable fraction to the applied load were <1.0 indicating the translocation of I and Cs to another part of the plant and/or volatilization for I.

After applying droplets of Cs<sup>+</sup> solution onto the leaf and trunk surfaces of apple trees before bearing fruit (60 to 68 d after bud breaks), the whole apple trees were periodically collected and separated into their parts. The Cs-applied leaf and trunk samples were washed with solution containing detergent, followed by analyzing the samples and the washed solution for Cs together with other plant part samples. The washable Cs from both surfaces also had two decreasing phases: the initial phase decreased quickly and the later phase decreased slowly. The translocated Cs to fruits were found to be several tenths of the percent values of the load applied to each surface.

## 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。作物表面に沈着した放射性核種の吸収及び転流の速度は、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、転流及びウエ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リンゴへの放射性核種の移行には不明の点が多い。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、 $^{14}\text{C}$  及び  $^3\text{H}$  の次に重要な  $^{129}\text{I}$  並びに異常放出時に重要な核種となる  $^{137}\text{Cs}$  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、目的元素のリンゴ樹への部位別負荷方法及び植物試料の前処理方法について検討を行うとともに、姫リンゴのアルプスおとめ (*Malus sp. cv. ALPS OTOME*) 幼木の室内栽培条件を検討し、それぞれの手法を確立した。平成 29 年度は、その決定した手法を用い、①果実表面に負荷した液状ヨウ素の吸収、②結実前のリンゴ樹葉面及び樹皮表面に負荷した液状セシウムの吸収及び果実への転流、並びに③果実表面に負荷した液状セシウムの吸収に関する実験を行い、それらの吸収及び転流の速度を求めることを目標とした。

## 2. 方法

調査対象植物として、アルプスおとめ幼木のポット苗を使用した。また、実験では、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人工気象チャンパー内で行い、ヨウ素及びセシウムにはそれらの安定元素を使用した。

### 2.1 液状ヨウ素の果実表面からの吸収

実験には、3 又は 4 年生のリンゴ樹を使用し、1 樹当たり 1 果の条件で果実生長の 3 段階(発芽後 106、141 及び 176 日)に果実表面に液状ヨウ素 (I) を負

荷し、負荷後経時的に負荷果実を採取した。採取後、洗浄液で表面を洗浄した後、果実表皮とその他の部位(以下、果肉)に分けた。果実表皮及び果肉はアルカリ抽出を行い、得られた洗浄液及び抽出液中のヨウ素を ICP 質量分析装置で定量した。

### 2.2 結実前のリンゴ樹葉面及び樹皮表面に負荷した液状セシウムの吸収及び果実への転流

実験には、2 年生のリンゴ樹を使用し、結実前となる発芽後 60 から 68 日の間に、葉面又は幹の樹皮表面に液状セシウムを負荷し、負荷後経時的にリンゴ樹を採取した。採取後、樹全体を部位別に分け、負荷部位は洗浄液で洗浄した。葉面に負荷したリンゴ樹については、負荷した葉が付いていた枝、並びにその枝に付いていた葉及び果実を、幹に負荷したリンゴ樹については、果実を分析対象とし、負荷部位及び洗浄液と共に、ICP 質量分析装置でセシウムを定量した。

### 2.3 液状セシウムの果実表面からの吸収

液状セシウムを果実表面に負荷する実験は、液状ヨウ素と同時にを行い、1 樹当たり各元素を 1 果に負荷し、負荷後経時的に負荷果実を採取した。採取した試料の処理は、2.1 と同じ方法で、また、試料中セシウムの定量は、2.2 と同じ方法で行った。

## 3. 成果の概要

### 3.1 液状ヨウ素の果実表面からの吸収

洗浄液、果実表皮及び果肉から回収されたヨウ素の割合は、2~8 割であり、未回収分は、果実表面から大気へ直接揮散したか、果実を経由し、他の部位へ転流したと考えられる。

果実生長の 3 段階のいずれにおいても、果実表面に残存する割合は、負荷後 1 日で 2 割以下となり、その後は漸減した。また、果実後期発達期に負荷した場合、果肉部及び果実表皮部中の存在割合は、負荷後 2 日まで急激に増大したが、その後はほぼ一定となった。これらのことから、果実表面から果肉部への移行は速やかであることが判明した。

### 3.2 結実前のリンゴ樹葉面及び樹皮表面に負荷した液状セシウムの吸収及び果実への転流

葉面に負荷した場合、負荷葉が付いていた枝の各

部位から回収されたセシウムの割合は、1~8割であり、未回収分は、他の部位へ転流したと考えられる。

得られた結果の一例として、負荷葉表面を洗浄した洗浄液中セシウムの負荷量に対する割合の経時変化を Fig. 1 に示した。その割合は、負荷後急激に減少し、その後漸減する経時変化を示した。このことから、吸収の速い成分と遅い成分の2成分が存在することが推測された。葉面からのセシウム吸収が非可逆一次反応で進むと仮定し、洗浄液中セシウムの割合の経時変化を二つの指数項を持つ変化とし、非線形最小二乗法により、その吸収速度と各成分の割合を見積もった。その結果、速い成分の割合は、約9割であり、速度は遅い成分の約20倍であった。また、負荷後10日で負荷したセシウムの約0.3%が果実へ転流していた。

幹の樹皮表面に負荷した場合、負荷部と果実から回収された割合は、6~10割であった。また、葉面に負荷した場合と同様に、負荷部位を洗浄した洗浄

液中の割合は負荷後急激に減少し、その後は漸減した。葉面と同様な解析を行った結果、速い成分の割合は約6割で、その速度は葉面の場合と同程度であった。さらに、負荷後10日で約0.2%が果実へ転流していた。

### 3.3 液状セシウムの果実表面からの吸収

洗浄液、果実表皮及び果肉から回収されたセシウムの割合は、5~8割であった。

果実発達期及び後期発達期に負荷したセシウムの果実表面に残存する割合は、負荷後急激に減少し、その後漸減した。また、果実完熟期の場合、果実表面に残存する割合は、負荷後1日で約4割にまで減少し、その後最後に果実を採取した負荷後8日まではほぼ一定であった。さらに、果実後期発達期の場合、果実表面に残存する割合が減少するのに対応して、果肉部及び果実表皮部に存在する割合が増大しており、果実表面から表皮部を通じて、果肉部へ吸収されたことが判明した。

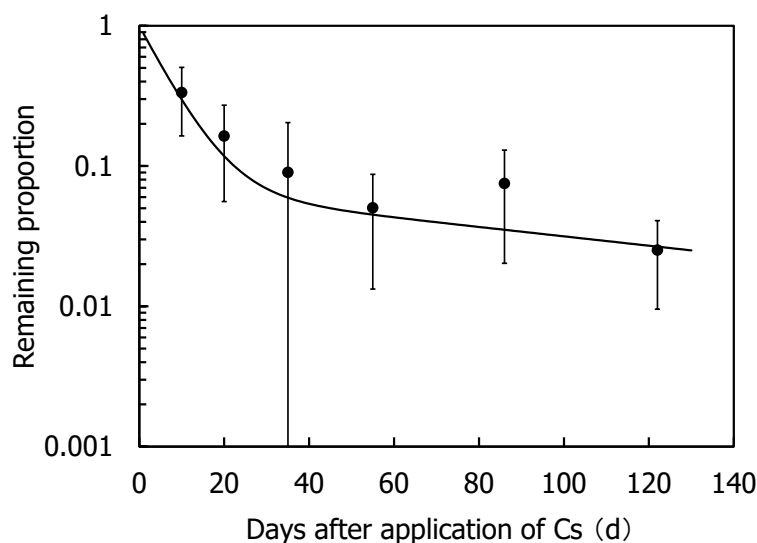


Fig. 1 Change in remaining proportion of Cs after application of Cs. Remaining proportion of Cs was defined as the ratio of the amounts on leaf surfaces to that loaded initially on the leaf surfaces.

Vertical bars indicate a standard deviation of 2 or 3 samples. The lines show least square approximation by a function with two exponential terms of days after application of Cs.