

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

When radionuclides are released into the atmosphere during nuclear fuel processing, some are deposited on the surfaces of crop plants, followed by absorption and translocation to other parts of the plants. Apples are one of the important agricultural products in Aomori Prefecture, where the first commercial nuclear fuel reprocessing plant is undergoing final construction activities. 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 2018, we studied the absorption and translocation of stable Cs applied onto leaf or trunk surfaces. The Cs was applied as liquid droplets or solid particles on these surfaces. Potted 2 year-old Plumleaf crab apple trees (*Malus sp.* cv. ALPS OTOME) were used for our experiment since they are easy to grow and handle.

We cultivated the apple trees in artificial climate chambers and applied droplets of CsCl solution onto the leaf or trunk surfaces of apple trees at early and late fruit development stages, corresponding to 87–92 and 118–119 days after flowering, respectively. Solid aerosols of NaCl containing CsCl were sprayed onto the leaf or trunk surfaces of other apple tree groups before bearing fruit (35 to 43 d after flowering). The whole apple trees were periodically collected after the application 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 proportion of Cs applied as liquid droplets on both of the leaf and trunk surfaces at the early development stage, decreased in two steps, an initial rapid step and a later slow step, while that of Cs applied at the late development stage rapidly decreased but was then followed by fairly constant values without the later slowly decreasing step. Higher summed values of washable and un-washable proportions of Cs remaining until harvest in the applied trunk were found compared to those of Cs in the applied leaf. This showed that the absorption/translocation rate from the leaf surface was higher than that from the trunk surface.

The washable Cs applied as particles on the leaf surfaces before bearing fruit also decreased in two steps, while that on the trunk surfaces decreased in an initial rapid step followed by fairly constant values. The washable proportions of particulate Cs in each applied part, leaf and trunk, were higher than those of dissolved Cs applied as the droplets in the corresponding part (results in FY 2017) throughout the cultivation period until harvest. This demonstrated the absorption rate of particulate Cs from the surfaces was lower than the absorption rate of dissolved Cs. The summed values of washable and un-washable proportions of particulate Cs remaining until harvest in the applied leaf were found to be higher than those of dissolved Cs, implying

the absorption/translocation rate of particulate Cs was lower than that of dissolved Cs; however, those proportions of dissolved and particulate Cs in the applied trunk were similar to each other.

Some of the Cs applied on each surface was found in fruits in all experiments, demonstrating absorption from the surfaces and translocation of Cs to fruits.

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。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、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及びセシウムの吸収、並びに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た。平成 30 年度は、①結実後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②結実前のリンゴ樹葉面及び樹皮表面に負荷した粒子状セシウムの吸収及び果実への転流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、2 年生の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バー内で行い、安定セシウムを使用した。

2.1 結実後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

結実後の果実生長段階の異なる 8 月初旬の開花後 87～92 日及び 9 月初旬の開花後 118～119 日の 2 時期にリンゴ樹の葉面又は幹の樹皮表面に液状セシウムを負荷した。葉面への負荷は、花芽の付いている枝の中で最も低い位置の枝の基部側の葉を選び、2 又は 3 枚の葉に行った。幹への負荷は、台木と最も低い枝の間に行った。負荷後、果実収穫期となる 10 月中旬まで最大 63 日間人工気象チャンバーで栽培した。栽培期間中、継続的にリンゴ樹を採取した。採取後、負荷部位を洗浄液で洗浄した後、樹全体を部位別に採取した。植物試料は混酸で全分解し、得られた洗浄液及び分解溶液中のセシウムを ICP 質量分析装置で定量した。なお、洗浄液に回収されたセシウムは各部位の表面に残留している画分とし、洗浄後の試料中セシウムは各部位内に残留する画分とする。

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

6 月中旬の開花後 35～43 日の結実前のリンゴ樹の葉面又は幹の樹皮表面に粒子状セシウムを負荷した。負荷は、2.1 と同じ位置に行ったが、葉面の場合、11～25 枚の葉に行った。負荷後、果実収穫期となる 10 月中旬まで最大 122 日間人工気象チャンバーで栽培した。栽培期間中、継続的にリンゴ樹を採取した。採取後、負荷部位を洗浄液で洗浄した後、樹全体を部位別に採取した。採取した試料の処理及び試料中セシウムの定量は、2.1 と同じ方法で行った。

3. 成果の概要

3.1 結実後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

果実発達期に負荷した場合は、葉面又は幹表面に残存するセシウム量の負荷量に対する比は負荷後急激に減少し、その後は漸減した。果実後期発達期に負荷した場合は、負荷後 7 日までは急激に減少したが、その後はほぼ一定となった。また、いずれの果実生長段階においても葉面又は幹の樹皮表面から果実への転流が見られた。さらに、果実収穫期における負荷部位に残存する割合（洗浄液と部位試料中セシウムの和）は、いずれの果実生長段階も葉面に負荷した方が小さく、幹の樹皮表面より葉面からの方が吸収転流しやすい傾向を示した。

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

得られた結果の一例として、負荷葉面の洗浄により回収されたセシウム量の負荷量に対する比（葉面残存率）の経時変化を Fig. 1 に示した。図には、平成 29 年度に実施した液状で負荷した場合の結果も併せて示した。葉面残存率は、負荷後急激に減少し、その後漸減する経時変化を示した。いずれの物理形態で負荷した場合も同様な経時変化を示したが、その割合はいずれの採取時期も液状の方が小さく、粒子状で負荷した方が葉面から吸収されにくいことが示唆された。葉面残存率の経時変化から、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。そこで、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、葉面残存率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 6 割で、速度は遅い成分の約 20 倍であった。液状の場合、速い成分の割合は約 9 割であり、粒子状の約 1.5 倍であったが、速

い成分と遅い成分の速度はほぼ同じであった。また、果実への転流が見られた。

幹の樹皮表面に負荷した場合も葉面に負荷した場合と同様に、負荷部位の洗浄により回収されたセシウム量の負荷量に対する比は負荷後急激に減少し、負荷後 20 日以降ほぼ一定となった。葉面に負荷した場合と同様、液状で負荷した場合に比べ、表面に残存する割合は大きい傾向を示した。また、果実への転流も葉面と同様に見られた。

果実収穫期における負荷部位に残存する割合は、葉面に負荷した場合、粒子状で負荷した方が液状に比べ大きく、粒子状セシウムは液状より転流しにくい傾向を示した。幹に負荷した場合は、その割合は同程度であり、転流傾向に明瞭な差異は見られなかった。

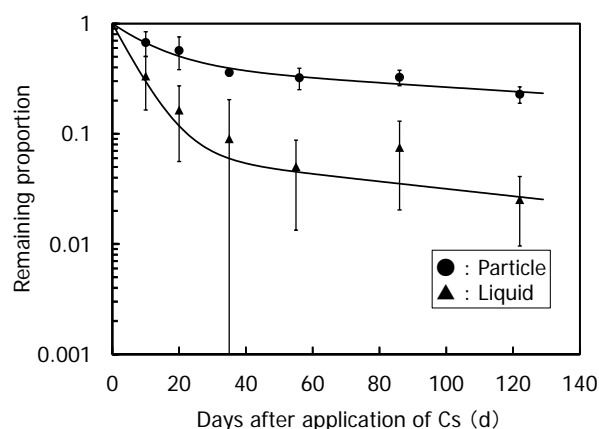


Fig. 1 Change in remaining proportion of Cs after application of Cs. Remaining proportion of Cs was defined as the ratio of the amounts on leaf surfaces to that loaded initially on the leaf surfaces.

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.