

# ホウレンソウへの移行係数からみた放射性セシウムの土壌への固定の進行 Radiocesium Fixation Process to Soil Analyzed by Tracking of Transfer Factor of Spinach

○光岡伸子、二瓶直登、塩沢 昌、吉田修一郎、西田和弘

Nobuko MITSUOKA, Naoto NIHEI, Sho SHIOZAWA, Shuichiro YOSHIDA, Kazuhiro NISHIDA

## 1.はじめに

放射性セシウム (Cs) は陽イオンとして負電荷をもつ土粒子や有機物表面に弱く固定されるとともに、特定の粘土鉱物の特定の吸着サイト (フレイドエッジ) に強く固定される。福島第一原発の事故により土壌に降下した放射性セシウムは、当初は土壌に弱く固定されて土壌水とともに移動しやすかったが、時間を経て強い固定への移行が進み移動しにくくなったと考えられる。土壌中における放射性セシウムの鉛直移動量をモニタリングした研究によれば、フォールアウトから2-3ヵ月の2011年6、7月までは水分子平均移動量の1/10~1/20であったのに対し、その後の9、10月には1/100~1/200程度まで低下しており、フォールアウトから2-3ヶ月で土壌への弱い固定から強い固定への移行が大きく進んだことを示している (塩沢, 2013)。この放射性Csの弱い固定から強い固定への移行は、同時に、植物の根から吸収されやすい形態から吸収されにくい形態への移行を意味し、根からの吸収による土壌から作物へのCsの移行も、この2-3ヶ月間に大きく低下したと考えられる (Fig. 1)。実際、福島県が行っている農作物のモニタリングデータによれば、この時期に農作物のCs濃度は大きく減少した (Nihei, 2013)。そこで本研究では、福島県全体におけるこの時のCsの土壌に対する弱い固定から強い固定への移行速度を知るために、2011年のホウレンソウのCs濃度のモニタリングデータと市町村の土壌Cs濃度データから移行係数を算出し、その時間変化から土壌中のCsの強い固定への移行速度を推定した。

## 2.方法

移行係数は  $TF = \frac{\text{作物中の放射性物質濃度(Bq/kg)}}{\text{土壌中の放射性セシウム濃度(Bq/kg)}}$  で示される。TFは土壌によるCsの固定の強さと植物の吸収しやすさを反映するものであるが、同一作物についてTFの時間変化をみれば、土壌によるCsの固定状態の時間変化を知ることができる。ホウレンソウに着目したのは、モニタリングされたサンプル数が多いことと、播種から収穫までが1~1.5ヶ月と短いため収穫物のCs濃度モニタリングデータの測定時点と土壌から吸収した時期が近いためである。ホウレンソウ中のCs濃度は福島県が行っているモニタリングデータを用いた。

\*東京大学大学院農学生命科学研究科 Graduate School of Agricultural and Life Sciences, The University of Tokyo

キーワード：放射性セシウム、移行係数、土壌への固定

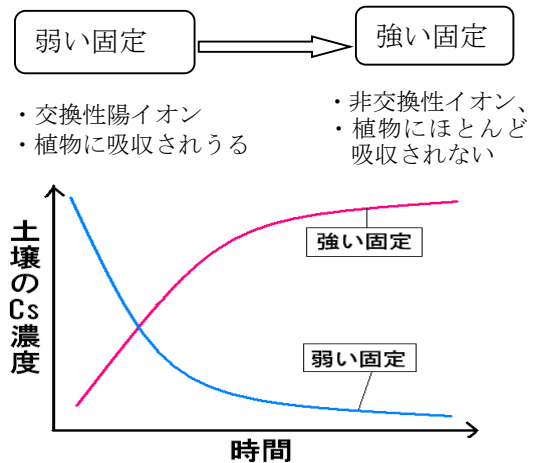


Fig.1 セシウムの土壌への固定の概念

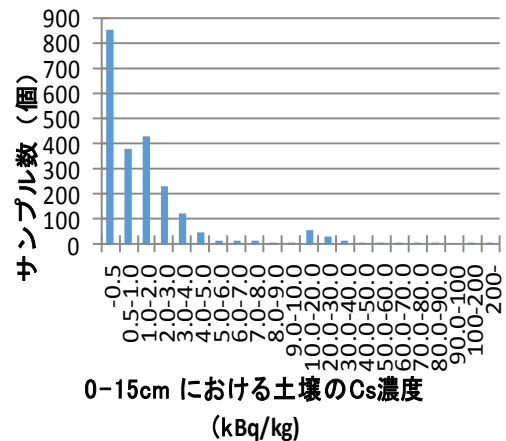


Fig.2 福島県の農地の汚染度レベルの分布

ここにはサンプルの Cs 濃度が測定日と収穫された市町村名とともに記載されている。一方、これに対応させる土壌の Cs 濃度値は、農林水産技術会議の農地モニタリングデータから市町村ごとの平均を求めて用いた。

### 3. 結果と考察

Fig.3 のハウレンソウ中の放射性セシウム濃度の経時変化によれば、2011 年の 3 月下旬には、6000 Bq/kg を超えるような高い値もあるが、これは事故直後の葉への直接のフォールアウトによるもので、4 月以降、徐々に減少し、6 月に入るとほぼ全てのサンプルで検出限界以下となっている。葉への直接付着データを除くため、発芽から収穫までの期間（約 1 ヶ月）から根からの Cs 吸収と考えられる 4 月 25 日以降のデータを用いて移行係数を算出して、その推移を Fig.4 に示した。図中で次に、Cs が検出されたサンプルについて、移行係数 TF とフォールアウト（3 月 20 日）からの経過時間  $t(d)$  との関係が、 $TF=TF_0 \times \exp(-t/\tau)$  の指数関数で表されると仮定して、回帰直線を求めた。ここで、 $TF_0$  は初期の TF 値、 $\tau$  は緩和時間(d)、で回帰式から求まる定数である。この結果、緩和時間は  $\tau = 21$  日となり、半減期で示せば 15 日である。この回帰分析には測定限界以下のサンプルが含まれないため、この  $\tau$  の値はやや過大であろう。これより、

土壌からハウレンソウへの Cs の移行は、フォールアウトからサンプルがほぼ全て測定限界以下となるフォールアウトから 100 日間でおよそ 1/100~1/200 に減少した。土壌への Cs の弱い固定（可給態）から強い固定（非可給態）への移行がこの速度で進んだことを反映すると考えられる。

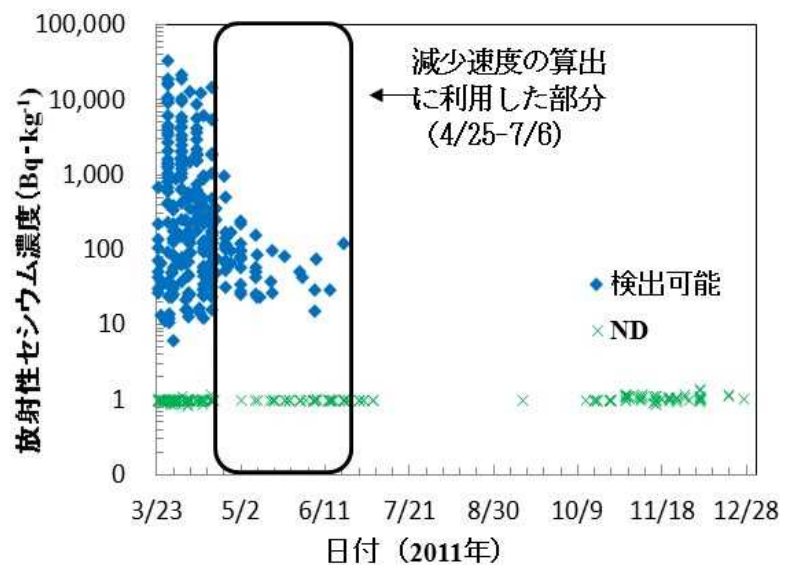


Fig.3 福島県における 2011 年のハウレンソウの Cs 濃度の推移。ND のサンプルは測定限界値（ほぼ 20Bq/kg）と 2011 年以前の推定値（0.05Bq/kg）との幾何平均値をプロットした。

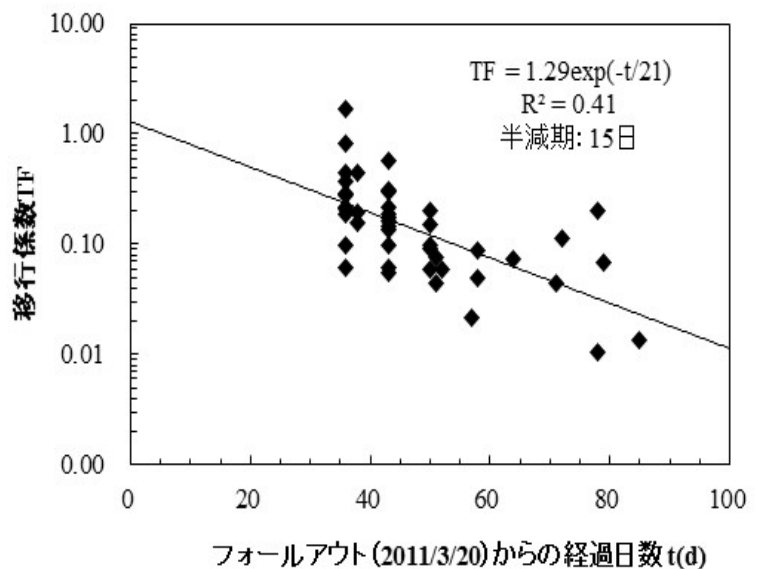


Fig.4 ハウレンソウの移行係数とフォールアウトからの経過時間との関係。直線は回帰直線

\*参考文献: 1)塩沢昌(2013)「放射性セシウムの土壌中の挙動、水稻への移行、水系への流出」放射農汚染の土壌科学,学術会議叢書 20. 2) Nihei.N.(2013) Radioactivity in Agricultural Products in Fukushima. in 'Agricultural Implications of the Fukushima Nuclear Accident', Springer.