

平成 23 年 4 月 26 日

大桃洋一郎

放射性物質と野菜への影響等について

1. 平常時(原子力施設等が正常に運転されている時)における線量限度について

- ・一般公衆については1年間に1ミリシーベルト (mSv/年)
- ・職業人については、5年間に100ミリシーベルト、1年に50ミリシーベルトを超えない。
(シーベルトという単位は放射線の人体影響の尺度)

2. 事故が起きたときの線量限度について (1) 外部被曝

・緊急事態だからある程度の被ばくは止むを得ない。とはいえ、後で放射線影響が現れるようでは困る。放射線影響が現れるぎりぎりの線量はどれぐらいか？広島や長崎の原爆被爆者の例では、全身に受ける線量が100ミリシーベルトを超えなければ影響が現れない。しかも1回に100ミリシーベルトである。人間の体には放射線によって受けた傷を修復する機能が備わっているので、分割して放射線を受けるのであれば、100ミリシーベルト以上でも、影響が現れない可能性が高い。一般公衆には幼児も含まれているので配慮する。以上のことを念頭において、外部被ばくによる全身線量がある期間に10から50mSvになると予測されるときは屋内退避、それ以上になると予測されるときは避難する。

3. 事故が起きたときの線量限度について (2)

- ・飲食物を通じて体内に取り込まれる放射性物質による内部被ばくの制限。
- ・特定の組織に濃縮される場合と、ほぼ全身に均一に分布する場合とでは限度が違う。
ヨウ素は甲状腺に集まる：甲状腺の線量として50mSv/年（飲料水、牛乳、葉花果菜にそれぞれ丸めて10mSvずつ、残りはその他の食品に割り当てる）。
セシウムは全身に分布する：5mSv/年（飲料水、牛乳・乳製品、野菜、穀類、その他の5食品群に均等に1mSvを割り当てる）。割り当てはBq/Kg生で表示する。(国民の日平均摂取量で1年間食べ続けても、割り当てた限度を超えない濃度で示されていると理解)
- ・特に野菜について

ヨウ素 - 131 : (根菜、芋類は除く)2000Bq/Kg 生、セシウム - 137(全野菜)500Bq/Kg 生

4. 特に農作物への移行について

農作物への移行は、直接沈着と経根吸収の2経路。

平成 23 年 4 月 12 日付 原子力安全委員会のレポート「福島第一原子力発電所から大気中への放射性核種(ヨウ素 - 131 とセシウム - 137)の放出総量の推定的試算値について」によれば、両核種共に 3 月 16 日に急上昇し、その後若干増えたが、3 月 31 日以降は安定化するとしている。したがって現時点 (4 月 26 日現在) では、新たな直接沈着は考慮しないものとする。またヨウ素 - 131 は 1 ヶ月の間に 16 分の 1 減衰している。

今後はセシウム - 137 に重点を置く。

5. セシウム - 137 の摂取低減化対策について

- ・すでに葉面に沈着したセシウムは、水洗いと茹でることにより、少なくとも 50%は除去できる (RMCW-04-P-16、食品の調理・加工による放射性核種の除去率等参照) という。
- ・経根吸収を積極的に抑制する方法には土壌にカリウムやアンモニウムイオンを加えたり (共存元素イオンの抑制効果)、セシウム吸着剤 (例えばゼオライトやフェロシアン化物など) をまく方法もある。しかし核実験などで土壌に降下した放射性セシウムの鉛直分布を見ると、表層から深さ 15cm に大部分が固定されている。このことは、時間の経過と共にセシウムは移動せず、また作物に吸収されにくい形態に変化することを示している。
- ・セシウムの土壌から作物への移行係数 (作物可食部のセシウム濃度と乾燥畑土中のセシウム濃度との比の値) を用いて、作物中のセシウム濃度の予測が行われてきた。しかしこの移行係数は土壌の種類、施肥条件、作物の種類、特にセシウムを土壌に添加してからの経過時間などによってかなり大幅な変動を示す (RWMC - 88-P-11、土壌から農作物への放射性物質の移行係数など参照)。したがって移行係数を用いて野菜の汚染濃度を予測する場合は、この係数の持つ特性を理解して使用しなければならない。

6. 土壌からの除染

- ・上述の移行係数を指標にして除染に適する植物を探索した報告は少なくない。菜種、ひまわり、アマランサス、タデ科の植物などはセシウムを吸収するとされる。しかしこれらの植物が吸収した放射性セシウムを、最終的にどう処分するかについて言及した報告は殆ど見当たらない。
- ・個人的には時間の経過と共に移動しにくくなるセシウムの性状から、外部被曝を低減し、更に作物への移行を低減化するには表層を削り取り、やや深いところに埋めてしまう方法が現実的選択かもしれないと思う。

取食物の摂取制限に関する指標について

[Bq/kg]

平成23年4月5日改

| | <p>¹³¹I 甲狀腺(等価)線量50mSv/年の2/3を3つの食品カテゴリーに均等に1/3ずつ割り当てた。(約10mSv)これにわが国の食品摂取量を考慮して、10mSvの等価線量になるように各食品カテゴリー毎の摂取制限値を算出した。</p> <p>参考：海水への放出基準 40Bq/l</p> | <p>放射性セシウム 全食品を5つのカテゴリーに分け、各カテゴリーに実効線量5mSv/年の1/5ずつを均等に割り当てた。(1mSv/年)さらにわが国の食品の摂取量及び放射性CsとSrの寄与を考慮して¹³⁷Cs及び⁹⁰Srの放射能比を0.1と仮定。指標値としては放射能分析の迅速性から¹³⁴Cs及び¹³⁷Csの合計値とした。</p> <p>参考：海水への放出基準 90Bq/l</p> | <p>ウラン 核燃料施設の防災対策をより実効性のあるものとするため、5%濃縮度の²³⁵Uが全食品に含まれ、これが5mSv/年に相当すると仮定し、さらに我が国の食品摂取量を考慮して、各食品カテゴリー毎に指標を算出した。</p> | <p>プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種 (²³⁸Pu, ²³⁹Pu, ²⁴⁰Pu, ²⁴²Pu, ²⁴¹Am, ²⁴²Cm, ²⁴³Cm, ²⁴⁴Cmの放射能濃度の合計) IAEAの「電離放射線に対する防護及び放射線源の安全に関する国際基本」(BSS)に記載されているアルファ核種が全食品に含まれ、これが5mSv/年に相当すると仮定し、さらに我が国の食品の摂取量を考慮して、各食品カテゴリー毎に指標を算出した。</p> |
|-----------|--|---|---|--|
| 飲料水 | 300 (乳幼児は100) | 200 | 20 | 1 |
| 牛乳・乳製品 | 300 | 200 | 20 | 1 |
| 乳幼児用食品 | | | 20 | 1 |
| 野菜 | 2,000 (根菜、芋類は除く) | 500 | 100 | 10 |
| 穀類 | | 500 | 100 | 10 |
| 肉・卵・魚・その他 | 2,000 (H23.4.5付け通知) | 500 | 100 | 10 |

2-2-15 (IV-1) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Srの除去率 (%)


| 文献 | 調理法 ドイクリン (DC) | 水 洗 | 洗剤水洗 | 下ごしら えと煮沸 | スチーム あく抜き | 水 あく抜き | 煮沸 あく抜き | DC, 焼く 焼く | 備 考 |
|--------------|----------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|---------------|-------------|---------------|------|
| I-1 [9] | | | | | | | 90 | | 表面汚染 |
| | | | | | | | 70 | | 経根汚染 |
| I-2 [25] | 27 | 79 | 82 | | 27 | 56 | | 92 | 表面汚染 |
| | 33 | 66 | 66 | | 65 | 71 | | 75 | 経根汚染 |
| I-6 B072 | | | | 20 | | | | | 表面汚染 |
| 平 均 最小~最大 | 30 27~33 | 72.5 66~79 | 74 66~82 | 20 | 46 27~65 | 63.5 56~71 | 80 70~90 | 83.5 75~92 | |

2-2-16 (IV-2) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Iの除去率 (%)

| 文献 | 調理法 ドイクリン (DC) | 水 洗 | 洗剤水洗 | 下ごしら えと煮沸 | スチーム あく抜き | 水 あく抜き | 煮沸 あく抜き | DC, 焼く 焼く | 備 考 |
|--------------|----------------------|-----|------|--------------|--------------|-----------|------------|--------------|------------|
| IV-1 | | 93 | | | | | | | Fallout(C) |
| 平 均 最小~最大 | | 93 | | | | | | | |

2-2-17 (IV-3) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Csの除去率 (%)

| 文献 | 調理法 ドイクリン (DC) | 水 洗 | 洗剤水洗 | 下ごしら えと煮沸 | スチーム あく抜き | 水 あく抜き | 煮沸 あく抜き | DC, 焼く 焼く | 備 考 |
|--------------|----------------------|---------------|---------------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| I-1 [9] | | | | | | | 95 | | 表面汚染 |
| | | | | | | | 60 | | 経根汚染 |
| I-2 [25] | 8 | 78 | 80 | | 12 | 77 | | 95 | 表面汚染 |
| | 25 | 44 | 37 | | 44 | 50 | | 60 | 経根汚染 |
| IV-1 | | 59, 89 | | | | | | | Fallout(C) |
| 平 均 最小~最大 | 16.5 8~25 | 67.5 44~89 | 58.5 37~80 | | 28 12~44 | 63.5 50~77 | 77.5 60~95 | 77.5 60~95 | |



放射性物質と野菜への 影響等について

平成23年4月26日

防護対策をとるための指標は、なんらかの対策を講じなければ個人が受けると予想される線量（予測線量）又は実測値としての飲食物中の放射性物質の濃度として表される。^{※4}

予測線量は、異常事態の態様、放射性物質又は放射線の予想される又は実際の放出状況、緊急時モニタリング情報、気象情報、SPEEDIネットワークシステム等から推定されることとなる。なお、SPEEDIネットワークシステムを用いた予測線量の算定についての参考資料を、付属資料10に示す。

(1) 屋内退避及び避難等に関する指標

国際放射線防護委員会（ICRP）等の出版物を踏まえながら、防護対策の実効性も考慮し、屋内退避及び避難等に関する指標を以下のとおり提案する。検討に当たり参考とした資料については、付属資料8、11に示す。

防護対策のための指標

表2 屋内退避及び避難等に関する指標

| 予測線量（単位：mSv） | | 防護対策の内容 |
|--------------|---|---|
| 外部被ばくによる実効線量 | 内部被ばくによる等価線量 | |
| | <ul style="list-style-type: none"> ・放射性ヨウ素による小児甲状腺の等価線量 ・ウランによる骨表面又は肺の等価線量 ・プルトニウムによる骨表面又は肺の等価線量 | |
| 10～50 | 100～500 | 住民は、自宅等の屋内へ退避すること。その際、窓等を閉め気密性に配慮すること。ただし、施設から直接放出される中性子線又はガンマ線の放出に対しては、指示があれば、コンクリート建家に退避するか、又は避難すること。 |
| 50以上 | 500以上 | 住民は、指示に従いコンクリート建家の屋内に退避するか、又は避難すること。 |

- 注) 1. 予測線量は、災害対策本部等において算定され、これに基づく周辺住民等の防護対策措置についての指示等が行われる。
2. 予測線量は、放射性物質又は放射線の放出期間中、屋外に居続け、なんらの措置も講じなければ受けると予測される線量である。
3. 外部被ばくによる実効線量、放射性ヨウ素による小児甲状腺の等価線量、ウランによる骨表面又は肺の等価線量、プルトニウムによる骨表面又は肺の等価線量が同一レベルに

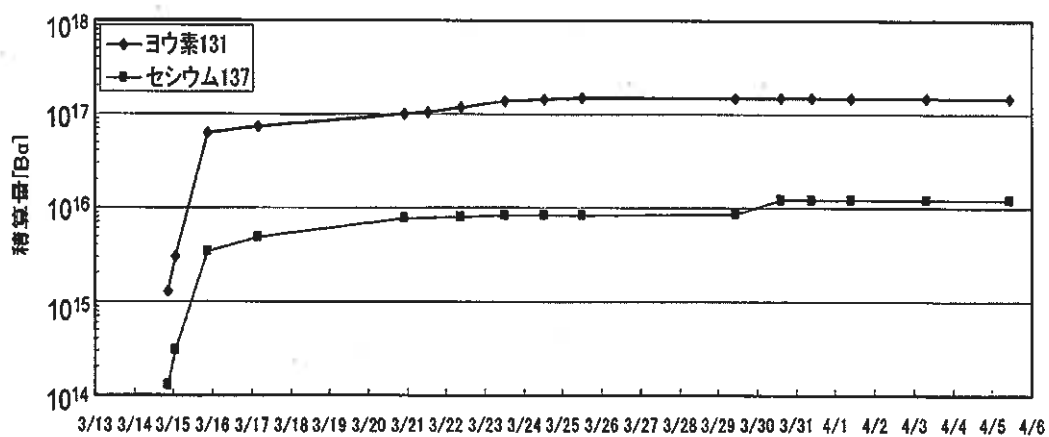
^{※4} IAEA等の文書において、防護対策（屋内退避／避難）の指標は、ある対策を講じた場合に回避することができる線量（回避線量）で記載されている。しかし、原子力災害発生時においては防護対策の実施期間を定めて求めた回避線量より、一定の期間を定めて求めた予測線量を防護対策指標と比較し、防護対策の実施を判断した方がより安全側の対応になることから、防災指針においては、予測線量を用いている。

飲食物の摂取制限に関する指標について [Bq/kg]

平成23年4月5日改

| | ¹³¹ I 甲状腺(等価)線量50mSv/年の2/3を3つの食品カテゴリーに均等に1/3ずつ割り当てた。(約10mSv)これにわが国の食品摂取量を考慮して、10mSvの等価線量になるように各食品カテゴリー毎の摂取制限値を算出した。 参考：海水への放出基準 40Bq/l | 放射性セシウム 全食品を5つのカテゴリーに分け、各カテゴリーに実効線量5mSv/年の1/5ずつを均等に割り当てた。(1mSv/年)さらにわが国の食品の摂取量及び放射性CsとSrの寄与を考慮して ¹³⁷ Cs及び ⁹⁰ Srの放射能比を0.1と仮定。指標値としては放射能分析の迅速性から ¹³⁴ Cs及び ¹³⁷ Csの合計値とした。 参考：海水への放出基準 90Bq/l | ウラン 核燃料施設の防災対策をより実効性のあるものとするため、5%濃縮度の ²³⁵ Uが全食品に含まれ、これが5mSv/年に相当すると仮定し、さらに我が国の食品摂取量を考慮して、各食品カテゴリー毎に指標を算出した。 | プルトニウム及び超ウラン元素のアルファ核種 (²³⁸ Pu、 ²³⁹ Pu、 ²⁴⁰ Pu、 ²⁴² Pu、 ²⁴¹ Am、 ²⁴² Cm、 ²⁴³ Cm、 ²⁴⁴ Cmの放射能濃度の合計) IAEAの「電離放射線に対する防護及び放射線源の安全に関する国際基本」(BSS)に記載されているアルファ核種が全食品に含まれ、これが5mSv/年に相当すると仮定し、さらに我が国の食品の摂取量を考慮して、各食品カテゴリー毎に指標を算出した。 |
|-----------|--|--|---|--|
| 飲料水 | 300 (乳幼児は100) | 200 | 20 | 1 |
| 牛乳・乳製品 | 300 | 200 | 20 | 1 |
| 乳幼児用食品 | | | 20 | 1 |
| 野菜 | 2,000 (根菜、芋類は除く) | 500 | 100 | 10 |
| 穀類 | | 500 | 100 | 10 |
| 肉・卵・魚・その他 | 2,000 (H23.4.5付け通知) | 500 | 100 | 10 |

ヨウ素131、セシウム137の大気中への放出総量(モニタリングデータからの推定値)



平成23年4月12日

原子力安全委員会

注)事故発生以来その日までに大気中に放出された総量を示しているものです。
その日1日で放出された量ではありません。

RWMC-94-P-16

環境パラメータ・シリーズ 4

食品の調理・加工による 放射性核種の除去率

財団法人

原子力環境整備センター

2-2-15 (IV-1) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Srの除去率 (%)

| 文献 | 調理法 | ドライン (DC) | 水洗 | 洗剤水洗 | 下ごしらえと煮沸 | スチームあく抜き | 水あく抜き | 煮沸あく抜き | DC, 焼 or 焼 焔, 焔 | 備考 |
|-------------|-----|-------------|---------------|-------------|----------|-------------|---------------|-------------|-----------------|------|
| I-1 [9] | | | | | | | | 90 | | 表面汚染 |
| | | | | | | | | 70 | | 経根汚染 |
| I-2 [25] | | 27 | 79 | 82 | | 27 | 56 | | 92 | 表面汚染 |
| | | 33 | 66 | 66 | | 65 | 71 | | 75 | 経根汚染 |
| I-6 B072 | | | | | 20 | | | | | 表面汚染 |
| 平均 最小~最大 | | 30 27~33 | 72.5 66~79 | 74 66~82 | 20 | 46 27~65 | 63.5 56~71 | 80 70~90 | 83.5 75~92 | |

2-2-16 (IV-2) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Iの除去率 (%)

| 文献 | 調理法 | ドライン (DC) | 水洗 | 洗剤水洗 | 下ごしらえと煮沸 | スチームあく抜き | 水あく抜き | 煮沸あく抜き | DC, 焼 or 焼 焔, 焔 | 備考 |
|-------------|-----|-----------|----|------|----------|----------|-------|--------|-----------------|------------|
| IV-1 | | | 93 | | | | | | | Fallout(C) |
| 平均 最小~最大 | | | 93 | | | | | | | |

2-2-17 (IV-3) 農作物-葉菜-ほうれんそうの放射性Csの除去率 (%)

| 文献 | 調理法 | ドライン (DC) | 水洗 | 洗剤水洗 | 下ごしらえと煮沸 | スチームあく抜き | 水あく抜き | 煮沸あく抜き | DC, 焼 or 焼 焔, 焔 | 備考 |
|-------------|-----|--------------|---------------|---------------|----------|-------------|---------------|---------------|-----------------|------------|
| I-1 [9] | | | | | | | | 95 | | 表面汚染 |
| | | | | | | | | 60 | | 経根汚染 |
| I-2 [25] | | 8 | 78 | 80 | | 12 | 77 | | 95 | 表面汚染 |
| | | 25 | 44 | 37 | | 44 | 50 | | 60 | 経根汚染 |
| IV-1 | | | 59, 89 | | | | | | | Fallout(C) |
| 平均 最小~最大 | | 16.5 8~25 | 67.5 44~89 | 58.5 37~80 | | 28 12~44 | 63.5 50~77 | 77.5 60~95 | 77.5 60~95 | |

環境パラメータ・シリーズ 1

土壤から農作物への
放射性物質の移行係数

ENVIRONMENTAL PARAMETERS SERIES 1

Transfer Factors of Radionuclides from
Soils to Agricultural Products

Radioactive Waste Management Center

第3-4表 農作物への移行係数 (IAEA Safety Series No. 57³⁾)

| 元素 | 移行係数 | 元素 | 移行係数 | 元素 | 移行係数 |
|----|--------------------|----|--------------------|----|--------------------|
| Na | 5×10^{-2} | Tc | 5×10^0 | Pb | 1×10^{-2} |
| P | 1×10^0 | Ru | 8×10^{-3} | Bi | 1×10^{-1} |
| S | 6×10^{-1} | Ag | 2×10^{-1} | Po | 2×10^{-4} |
| Cr | 8×10^{-4} | Sb | 1×10^{-2} | Ra | 4×10^{-2} |
| Mn | 5×10^{-1} | Te | 6×10^{-1} | Ac | 1×10^{-3} |
| Fe | 7×10^{-4} | I | 2×10^{-2} | Th | 5×10^{-4} |
| Co | 3×10^{-2} | Cs | 3×10^{-2} | Pa | 4×10^{-2} |
| Ni | 2×10^{-2} | Ba | 5×10^{-3} | U | 2×10^{-3} |
| Zn | 4×10^{-1} | La | 2×10^{-3} | Np | 4×10^{-2} |
| Sr | 3×10^{-1} | Ce | 2×10^{-3} | Pu | 5×10^{-4} |
| Y | 2×10^{-3} | Pm | 2×10^{-3} | Am | 1×10^{-3} |
| Zr | 5×10^{-3} | Sm | 2×10^{-3} | Cm | 1×10^{-3} |
| Nb | 1×10^{-2} | Eu | 2×10^{-3} | | |

$$\text{移行係数} = \frac{\text{農作物(可食部)中のRI濃度 (Bq/g・生)}}{\text{土壌中のRI濃度 (Bq/g・乾燥)}}$$

3-3 移行係数の変動幅およびその変動要因

第3-5表⁴⁾は、Y. C. Ngらが、これまでに報告されている科学論文の実験条件などを詳細に検討し、妥当でないと思われるようなデータを取り除いてまとめたもので、移行係数の変動幅についてそれぞれの元素ごとにまとめている。移行係数の変動幅が3桁以上に及ぶ元素も少なくない。このように移行件数を変動させる要因としては、次のようなものが考えられている。⁵⁾

- (a) 放射性核種の違いとそれらの物理的・化学的存在形態の相違、また共存する同位元素や類似元素の濃度と存在形態の差。
- (b) 土壌の性質の相違(無機成分・水分・有機物や交換性K・Ca量、粒径組成、pH、酸化還元電位(Eh)等)
- (c) 農作物の種の相違と栽培条件(気象条件、施肥等)の差
- (d) 実験条件の相違(RIトレーサ実験によったか、フォールアウト核種分析または安定元素分析によったものかの相違、さらにRIトレーサ実験では、実験規

模やサンプリング条件の差)

現実には幾つかの要因が複雑に絡み合って、移行係数を変動させているわけであるから、変動要因の研究は Y. C. Ng⁴⁾ の報告に見られるように、多くのデータを統計的に処理して個々の要因の影響の大きさの検討が進められている。

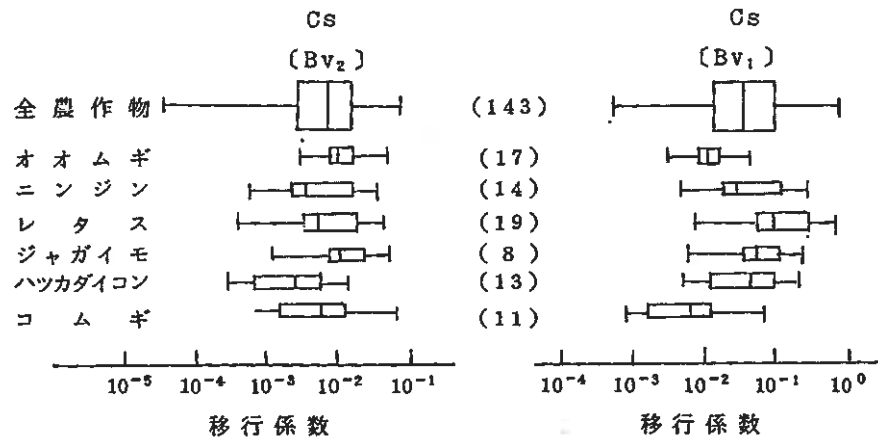
第3-5表 農作物への移行係数の変動幅⁴⁾

| 元素 | データの範囲 |
|----|---|
| Na | $8.2 \times 10^{-4} - 2.6 \times 10^{-2}$ |
| Cr | $5.4 \times 10^{-3} - 2.2 \times 10^{-2}$ |
| Mn | $6.9 \times 10^{-3} - 3.4 \times 10^0$ |
| Fe | $2.4 \times 10^{-4} - 6.8 \times 10^{-4}$ |
| Co | $2.2 \times 10^{-3} - 2.0 \times 10^{-1}$ |
| Ni | $7.0 \times 10^{-3} - 1.5 \times 10^{-1}$ |
| Cu | $3.0 \times 10^{-3} - 8.2 \times 10^{-1}$ |
| Zn | $7.2 \times 10^{-3} - 1.6 \times 10^0$ |
| Sr | $1.6 \times 10^{-3} - 1.7 \times 10^0$ |
| Zr | $3.4 \times 10^{-6} - 1.8 \times 10^{-2}$ |
| Ru | $4.8 \times 10^{-5} - 1.4 \times 10^{-1}$ |
| I | $2.0 \times 10^{-4} - 1.2 \times 10^{-1}$ |
| Cs | $1.5 \times 10^{-5} - 5.9 \times 10^{-2}$ |
| Ba | $4.9 \times 10^{-5} - 3.7 \times 10^{-2}$ |
| Ce | $4.6 \times 10^{-6} - 1.8 \times 10^{-2}$ |
| Np | $2.8 \times 10^{-2} - 1.3 \times 10^{-1}$ |

3-3-1 元素の種類とそれらの化学形による影響

土壌中の元素の植物への吸収され易さ(可給性)は土壌中での元素の存在形態と密接に関係する。

第3-6表⁶⁾は、牧草(perennial ryegrass)によるヨウ素の経根吸収について、 I^- と IO_3^- との違いを示している。この実験は、化学形を調整したヨウ素を含む水耕液に牧草を移植し、3週間後に各部位のヨウ素濃度を測定したものである。水耕液中のヨウ素濃度や牧草の部位の相違により多少は異なるものの、すべて I^- の化学形の方が牧草に吸収されやすく、 IO_3^- に比べて6~7倍($10^{-7}M$)から10倍($10^{-6}M$)の吸収量が示されている。



第3-11図 Csの移行係数におよぼす作物種の影響

Bv₁: 乾作物/乾燥土壌

Bv₂: 生作物/乾燥土壌

3-3-4 実験条件等による影響

移行係数を求めるためには、フォールアウト核種または安定元素ないしは、天然のRIの植物中と土壌中の濃度を測定して比を求める方法があり、またトレーサー元素を添加した土壌で植物を栽培する方法もある。

トレーサー添加法については、添加してからの期間により移行係数が異なる。²¹⁾ またRIを添加してから作物を植えるまでの期間によって、作物によるRIの取込み割合が異なることが水稲に関する報告¹⁶⁾で示されている。すなわち、土壌に⁹⁰Sr、¹³⁷Csを添加して栽培した水稲について3年間にわたって調査した結果、玄米のRI移行係数が2年目、3年目になると1年目の1/2、1/3になっていた。また、小麦に関するA. Eriksson²²⁾の報告でもテクネチウム(Tc)の移行係数が、最初の年に0.144であったものが2年目、3年目にはそれぞれ0.057、0.0065に減少している。

実験規模の違いによる移行係数の変動幅に関するY. C. Ngら¹¹⁾のデータを第3-12図に示した。フィールド(野外)実験における移行係数は3~4桁の変動があるが、ポット実験^{註1)}では、2~3桁にすぎない。A. Keenら¹²⁾も同様の検討をしているが、(第3-4図、第3-5図参照)¹³⁷Csではポット実験の方が、⁹⁰Srではライシメータ実験^{註2)}の方が移行係数が高くなる傾向を報告しているものの、この実験では⁹⁰Srと¹³⁷Csで

RWMC-95-P-17

環境パラメータ・シリーズ 5

飼料から畜産物への 放射性核種の移行係数

財団法人

原子力環境整備センター