

## カドミウムに係る土壤環境基準について（素案）

## I はじめに

環境基本法（平成 5 年法律第 91 号）に基づく土壤の汚染に係る環境基準（平成 3 年 8 月環境庁告示第 46 号。以下「土壤環境基準」という。）においては、農用地について、現在、カドミウム、銅及び砒素の 3 項目が定められている。

平成 20 年 7 月 3 日、食品安全委員会より、食品中のカドミウムに関する食品健康影響評価の結果（耐容週間摂取量 7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週）が示されたことを受け、平成 21 年 12 月 2 日の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会において、食品衛生法（昭和 22 年法律第 233 号）に基づく食品、添加物等の規格基準（昭和 34 年 12 月厚生省告示第 370 号）に定められている米のカドミウムの成分規格を 1.0 ppm 未満から 0.4 ppm 以下に改正することについて、審議されたところである。

このため、環境としての土壤が果たしている機能のうち、食料を生産する機能を保全する観点において、食品からのカドミウム摂取と密接な関係を有することを踏まえ、平成 21 年 11 月 30 日、環境大臣は中央環境審議会に対し、「カドミウムに係る土壤環境基準（農用地）及び農用地土壤汚染対策地域の指定要件等の見直しについて」（諮問第 273 号）諮問した。この諮問については、土壤農薬部会に付議され、同部会に設置された農用地土壤環境基準等専門委員会及び農用地土壤小委員会において検討が行われることとなった。

当委員会では、カドミウムに係る土壤環境基準（農用地）及び農用地土壤汚染防止法に係る専門的事項について検討した。

## Ⅱ 土壤環境基準の基本的考え方

土壤環境基準は、人の健康を保護し、及び生活環境を保全する上で維持することが望ましい基準であり、土壤の汚染状態の有無を判断する基準として、また、汚染土壤の改善対策を講ずる際の目標となる基準として設定され、政府の施策を講ずる際の目標となるものである。現行の土壤環境基準は、既往の知見や関連する諸基準に即して、設定可能なものについて設定するとの考え方に基づき、次の2つの視点から設定されている。

- 1 土壤環境機能のうち、水質浄化・地下水かん養機能を保全する観点から、水質環境基準のうち人の健康の保護に関する環境基準の対象となっている項目について、土壤（重量：g）の10倍量（容量：ml）の水でこれらの項目に係る物質を溶出させ、その溶液中の濃度が、各々該当する水質環境基準の値以下であることを環境上の条件としている。
- 2 土壤環境機能のうち、食料を生産する機能を保全する観点から、農用地の土壤の汚染防止等に関する法律（昭和45年法律第139号。以下「農用地土壤汚染防止法」という。）に基づく特定有害物質について、農用地土壤汚染対策地域の指定要件に準拠して環境上の条件としている。この基準は、農用地（砒素及び銅については、田に限る。）の土壤に適用されている。

食品、添加物等の規格基準の改正は、土壤環境機能のうち、食料を生産する機能を保全する観点から設定された上記2の基準と密接な関係を有することから、今回の土壤環境基準の見直しの検討は、土壤環境基準のうちカドミウムに係る基準（農用地に係るものに限る。）について行うこととした。

### Ⅲ カドミウムについて

#### 1 物質の特性

カドミウム (Cd) は原子番号 48 番の元素であり、その地殻存在度は 98 µg/kg である<sup>1</sup>。<sup>106</sup>Cd から <sup>116</sup>Cd にいたる 8 種の安定同位体があり、存在度は <sup>114</sup>Cd が 29 %、<sup>112</sup>Cd が 24 %、<sup>111</sup>Cd が 13 %等で、平均原子量は 112.411 である。融点は 321 °C、沸点は 767 °Cであり、鉱物の製錬過程等で蒸発しやすい。

#### 2 人の健康影響と食品規格基準等

##### (1) 現行の食品規格基準等

食品衛生法に基づく食品、添加物等の規格基準においては、昭和 45 年 10 月に米のカドミウムの成分規格として、米に含まれるカドミウム及びその化合物はカドミウム(Cd)として 1.0 ppm 未満でなければならないと定められている。

また、農用地土壌汚染防止法に基づく農用地土壌汚染対策地域の指定要件については、「その地域内の農用地において生産される米に含まれるカドミウムの量が米 1 kg につき 1 mg 以上であると認められる地域及びそのおそれが著しい地域」と定められている。

さらに、土壌環境基準については、食料を生産する機能を保全する観点から、農用地土壌汚染防止法に基づく特定有害物質について、農用地土壌汚染対策地域の指定要件に準拠して環境上の条件としており、カドミウムについては、「農用地においては、米 1 kg につき 1 mg 未満であること。」とされている。

##### (2) カドミウムに係る食品健康影響評価と食品規格基準の一部改正

食品安全基本法（平成 15 年法律第 48 号）第 24 条第 3 項の規定に基づき平成 15 年 7 月 1 日付けで、及び同条第 13 項の規定に基づき平成 21 年 2 月 7 日付けで厚生労働大臣より食品安全委員会委員長あてに意見を求めた食品健康影響評価については、平成 20 年 7 月 3 日付け及び平成 21 年 8 月 20 日付けで食品安全委員会より結果が通知されている。それを受けて、平成 21 年 10 月 6 日の薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会において議論が行われ、平成 21 年 12 月 2 日の同分科会において、米のカドミウムの成分規格を 1.0 ppm 未満から 0.4 ppm 以下に改正することについて、審議されたところである。

<sup>1</sup> 理科年表 平成 20 年（国立天文台編 2008）

### ① 食品健康影響評価

食品健康影響評価の結果については、汚染物質評価書 カドミウム（第2版）（2009年8月）に以下のとおり記載されている。

過去、我が国においては、鉱山を汚染源とするカドミウム汚染地域が数多く存在し、イタイイタイ病の発生を契機に、一般環境でのカドミウム曝露に関する疫学調査が数多く実施された。これまでの知見から、カドミウムの長期低濃度曝露における食品健康影響評価のためには、因果関係が証明されている腎臓での近位尿細管機能障害を指標とすることがもっとも適切である。

したがって、今回のリスク評価における耐容週間摂取量は、国内外における多くの疫学調査や動物実験による知見のうち、特に一般環境における長期低濃度曝露を重視し、日本国内におけるカドミウム摂取量が近位尿細管機能に及ぼす影響を調べた2つの疫学調査結果を主たる根拠として設定された。すなわち、カドミウム汚染地域住民と非汚染地域住民を対象とした疫学調査結果から、ヒトの健康に悪影響を及ぼさないカドミウム摂取量として算出された量は14.4  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週以下であった。また、別の疫学調査結果から、非汚染地域の対照群と比較して7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週前後のカドミウム曝露を受けた住民に過剰な近位尿細管機能障害が認められなかった。これらのことから、カドミウムの耐容週間摂取量は、総合的に判断して7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週に設定した。

### ② 食品中のカドミウムの規格基準の一部改正等

食品からのカドミウム摂取量の実態については、汚染物質評価書 カドミウム（第2版）によると、「現在、日本人の食品からのカドミウム摂取量の実態については、1970年代後半以降、大幅に減少してきており、導き出された耐容週間摂取量の7  $\mu\text{g}/\text{kg}$  体重/週よりも低いレベルにある。また、近年、食生活の変化によって1人当たりの米消費量が1962年のピーク時に比べて半減した結果、日本人のカドミウム摂取量も減少してきている。したがって、一般的な日本人における食品からのカドミウム摂取が健康に悪影響を及ぼす可能性は低いと考えられる。」とされている。

また、薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品規格部会の「食品中のカドミウムの規格基準の一部改正について」（平成21年10月19日）においては、以下のとおり報告されている。

カドミウムは自然環境中に存在し、一次産品を汚染するため、農水産物の生産段階でできるだけ汚染を防止することが望まれる。（中略）

また、直近のマーケットバスケット方式による1日摂取量調査においても、その摂取量は耐容週間摂取量から見て十分低い値である。

薬事・食品衛生審議会食品衛生分科会食品衛生部会においては、食品中のカドミウムについて、これらの状況及び「食品中の汚染物質に係る規格基準設定の考え方」を踏まえて審議を行い、最も寄与率の高い「米」について、国内の含有実態に ALARA の原則※を適用し、国際規格に準じて基準値を 0.4 ppm に改定することとした（米が 1 日摂取量の約 4 割を占めており、他の食品に比べて寄与率は格段に高い）。

「米」以外の品目については、米に比べ生産量や寄与率が低いため、検査に要する労力、時間、コストなどを考慮すると、基準を設定し遵守させることによるカドミウム曝露の低減に大きな効果は期待できない。農林水産省を通じ関係者に対して引き続きカドミウムの低減対策を講じるよう要請するとともに、一定期間経過後にその実施状況について報告を求め、必要に応じて規格基準の設定等について検討することとする。

※「合理的に達成可能な範囲でできる限り低く設定する (As low as reasonably achievable)」との考え方。

### 3 農用地の土壌汚染の現状等

#### (1) 農用地土壌のカドミウムによる実態等

我が国の農用地及び林地の土壌については、(財)日本土壌協会（1984）がカドミウム等重金属自然賦存量調査の結果解析を行い、カドミウムの自然賦存量（中央値）は、表層で 0.39 mg/kg、下層で 0.23 mg/kg（いずれも全含有量）とされた。

一方、カドミウムに係る農用地土壌汚染対策地域は、平成 19 年度までに 96 地域・6,945 ha で指定基準値以上が検出され、63 地域・6,428 ha が指定されている。指定時の調査では、土壌中のカドミウム含有量は最大で 37.8 mg/kg (0.1 mol/L 塩酸抽出) であった。また、玄米中のカドミウム含有量は最大で 5.2 mg/kg であった。

対策地域の汚染原因についてみると、鉱山によるものが最も多く 39 地域(61.9%)、鉱山及び製錬所によるものが 7 地域(11.1%)、製錬所のみによるもの 7 地域(11.1%)、その他工場等が 10 地域(15.9%)となっている。

鉱山による汚染は、汚染源の鉱山（及び製錬所等）から排出されたカドミウムが、豪雨時などに河川を流下し、下流の水田を汚染したことが多い。用水路などを通じて度重なるカドミウムの流入が起こったため、汚染地域が河川に沿って拡大している場合も多い。

製錬所のみによる汚染は、製錬所の熔鉱炉から揮散したカドミウムを含むばいじんが、製錬所を中心とする範囲に降下して、周辺の農地を汚染したことが多い。降下ばいじんが用水路等で二次的に運ばれて汚染が拡大し

た地域もある。製錬所の近傍では、土壌のカドミウム含有量が 20～40 mg/kg に達する場合もある。

## (2) 土壌中のカドミウムの存在状況と挙動

農用地土壌中のカドミウムは、水にイオンとして遊離しやすい「水溶態」のほか、塩化カルシウム等の添加によって抽出される「交換態」、硝酸や塩酸等によって抽出される「酸化・水酸化物吸着態」「腐植物質吸着態」、土壌水分や酸に溶解しにくい「結晶格子態」といった異なる存在形態が想定されている。

これらの存在割合は、土壌に含まれる粘土鉱物の種類や量、有機物の量、土壌 pH、酸化還元電位、肥料等に由来するイオン濃度など、種々の要因によって変化し、例えば土壌の pH が上昇すると、土壌に含まれる粘土鉱物や腐植等の表面にある陽イオン交換基へのカドミウムの吸着が促進され、逆に、pH が低下すると、このような交換態カドミウムの溶出が促進されると考えられている。

一方、カドミウムの稲への吸収は、土壌の間隙水に溶解しているカドミウムイオンが、根細胞のイオンチャネル等を経由して取り込まれることによって起こると考えられており、例えば、土壌から直接採取した土壌溶液中 Cd (0～2.0 µg/L) と玄米中 Cd (0～0.7 mg/kg) との間に相関が認められることを示した例がある<sup>2</sup>。

湛水管理などによって土壌の酸化還元電位が低下した状態が続くと、稲へのカドミウム吸収が著しく抑制されることが知られている。これは、酸化還元電位の低下に伴って、土壌間隙水中に存在していた水溶態カドミウムが溶解度の低い硫化カドミウム (CdS) 等の硫化物を形成し、結果として水溶態のカドミウムが減少することが原因と考えられている。

## 4 農用地に係る土壌環境基準について

### (1) 現行の農用地に係る土壌環境基準

現行のカドミウムに係る土壌環境基準については、食料を生産する機能を保全する観点から、食品衛生法におけるカドミウム成分規格を踏まえ、「米 1 kg につき 1 mg 未満であること」とされており、環境基準に適合しない土壌については「汚染の程度や広がり、影響の態様等に応じて可及的速やかに達成維持に努める」こととされている。

なお、測定対象を米としているのは、当該土壌に起因して「人の健康を

---

<sup>2</sup> 先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「農用地土壌のカドミウムによる農作物汚染リスク予測技術の開発に関する研究」研究成果集（櫻井ら 2005）

そこなうおそれがある農産物が生産される」かどうかをみる場合、これを土壌の性質のみから推定するのは困難であると考えられたからである。

## (2) 農用地の土壌に係るカドミウム基準のあり方について

### ① 測定対象

農作物に吸収されるカドミウムの量は、土壌に含まれるカドミウムの量だけでなく、土壌の種類や土性、土壌 pH、酸化還元電位等によっても大きく左右される。また、検定の時点で立毛中の稲とともに採取した土壌のカドミウム含有量や pH などの土壌要因を測定しても、米の子実形成に関わる水や栄養の吸収・移動が盛んに行われる出穂期前後のカドミウム動態の情報を得ることはできない。このため、種々の土壌要因を組み合わせたとしても、それによって「人の健康をそこなうおそれのある農産物が生産」されるかどうかを一定の精度で判定するのは現時点の技術水準でも困難と考えられる。このため、現に稲に吸収され、米に蓄積されたカドミウムの量を測定するのが適当と考えられる。

なお、食品衛生法においては、流通・加工・販売段階等の米を規制対象とするため、測定対象は「玄米及び精米」とされている。一方、農用地の土壌の汚染状況を把握するためには、調査地点の土壌及びこれとの関連が明確な立毛状態の稲から米の試料を得る必要がある。また、通常、玄米において **0.4 mg/kg** を超えることがなければ、精米において **0.4 mg/kg** を超える可能性は少ないと考えられる。これらのことから、測定対象とする「米」は、引き続き「玄米」を示すこととするのが適当である。

### ② 環境上の条件

食品規格基準の改正により、**0.4 mg/kg** を超えるカドミウムを含む米が、公衆衛生の見地から販売等が禁止される食品に位置付けられることになる。食料を生産する機能を保全する観点から定める環境上の条件としては、食品のカドミウム成分規格の改正を受け、「米 1 kg につき **0.4 mg** 以下であること」とするのが適当である。

## (3) 対象項目の測定方法等

### ① 調査区画

現行のカドミウムの測定に係る調査の単位区画については、土壌の汚染状況の的確な把握のほか、調査測定効率化等の観点を考慮し、おおむね農用地の面積の **2.5 ha**(およそ **160 m** 四方)に 1 点の割合で採取しなければならないとされている。

土壤環境基準を達成するための措置を講じるために指定する農用地土壤汚染対策地域については、数 10ha～数 100ha 規模での指定が多くなっていることから、「地形が複雑かつ狭小」「小規模かつ高濃度な汚染が点在」といった場合など状況に応じて、より高い密度で調査を行う必要があるが、基本的な調査単位区画としては、引き続き「おおむね農用地の面積の 2.5 ha(およそ 160 m 四方)に 1 点の割合で採取」とすることが適当と考えられる。

## ② 試料の採取点数

現行のカドミウムの測定に係る試料の採取位置については、玄米に含まれるカドミウムについて、調査ほ場内の 3 点（水口・中央・水尻）の対比において平均的な試料が採取できることから、農用地の区画の中央部（1 点）において行わなければならないとされている。

一方、ほ場の中央 1 点での採取は、採取地点が恣意的にならない利点はあるが、近年は 30 a 以上で整備された水田区画が増えてきている（昭和 44 年当時の 8 %から平成 18 年には 60 %に増加）こと、実際のほ場における多点採取のデータによる検討では、1 点採取よりも、複数点採取の平均をとった方が、ほ場全体をより適切に評価できることが示唆されている。

ほ場内変動を仮定したシミュレーションの結果も参考にすると、調査ほ場における採取点数については、5 点採取とするのが適当と考えられる。

なお、5 点採取を行う場合、1 点当たりの試料採取の効率化を図る観点から、5 点各点について、土壤はハンドオーガー等により 1 kg 程度、玄米は 4 株程度を採取するのが適当と考えられる。

## ③ 調査条件に係る留意点

調査・指定の客観性、公平性を確保する観点から、調査にあたっては、統一的な手法によって採取された試料を用いて測定を行う必要があるほか、土壤中のカドミウムの量と玄米中のカドミウムの量の相関に大きく影響する水管理条件による変動を極力抑制する必要がある。

近年、農林水産省が「水稻のカドミウム吸収抑制のための対策技術マニュアル」を策定し、カドミウムによる土壤汚染が認められる地域を中心に、湛水管理によるカドミウムの吸収抑制対策が広く実施されている。

このため、例えば「当該地域で生産される米の品質管理の観点から通常行われている水管理を行ったほ場」について調査を実施するという方向性を明確にするとともに、調査の対象ほ場については、どの程度の湛水管理が行われたのかを明確にしておくことが望ましいと考えられる。

#### ④ 分析方法及び精度管理手法

##### ア 玄米中カドミウムの分析方法について

現行の玄米中カドミウムの分析方法としては、試料（玄米）を硝酸・硫酸分解し、有機溶媒（MIBK：メチルイソブチルケトン）による濃縮を経て、原子吸光光度法によって、カドミウムの量を検定することとされている。

今回、食品衛生法に基づく米のカドミウムの量の検定方法として、従来の原子吸光光度法に加え、ICP 発光光度法及び ICP 質量分析法が新たに導入される見込みであることから、これらの手法を分析方法として導入するのが適当と考えられる。

なお、原子吸光光度法については、有機溶媒（MIBK）の取扱いの煩雑さや健康上の影響が問題になる場合もあることから、他の有機溶媒への代替や逆抽出の導入の可否等についての検討も今後の課題と考えられる。

##### イ 土壌中カドミウムの分析方法について

現行の土壌中カドミウムの分析方法としては、風乾・篩いがけした土壌に含まれるカドミウムを 0.1 mol/L 塩酸によって抽出し、原子吸光光度法によって、カドミウムの量を検定することとされている。

土壌についても、近年は、ICP 発光光度法や ICP 質量分析法の適用事例が増えてきていることから、玄米中カドミウムの分析と同様に、分析手法の追加を検討することが、今後の課題と考えられる。

##### ウ 精度管理手法について

玄米及び土壌に含まれるカドミウムの検定にあたっては、十分な精度管理が必要とされる一方、精度管理項目や精度管理手法が明確にされてこなかった。

このため、検量線の確認、標準試料等を用いた真度や精度の確認、さらには二重測定による信頼性の確認といった精度管理の考え方を示したり、抽出・定量操作における留意点などを示した指針等が必要と考えられる。

#### (4) 達成のための手段及び達成期間

##### ① 達成のための手段

農用地については、従来から、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律に基づき、一定以上のカドミウムを含む米が生産される農用地等を農用地土壌汚染対策地域として指定した上で、客土や地目変換等の対策が進められてきた。

今回の食品の規格基準の改正を契機とする土壌環境基準の見直しに対応して、農用地土壌汚染防止法の指定要件の見直しについて、検討を行う必要がある。

## ② 達成期間

土壌の汚染に係る環境基準に適合しない土壌については「汚染の程度や広がり、影響の態様等に応じて可及的速やかに達成維持に努める」必要がある。

このため、引き続き、農用地土壌汚染防止法に基づく常時監視等による汚染状況の把握を進めるとともに、汚染状況に応じた対策により、早期に環境基準の達成を図っていく必要がある。

## (5) 達成状況の評価

農用地土壌汚染防止法の施行（昭和 46 年）以後、数年の間に全国で集中的に調査が行われ、昭和 60 年までに現在の対策地域のほとんどが指定されている。対策事業はほぼ一定のペースで進捗してきており、大半の指定地域で対策が完了している。また、カドミウムに係る指定地域 63 地域のうち、55 地域で指定が解除されている。

引き続き、農用地土壌汚染防止法に基づく常時監視によって、汚染状況を把握するとともに、対策の実施状況等について毎年とりまとめを行うことが重要である。

## IV 今後の課題

環境基本法に基づく農用地のカドミウムに係る土壌環境基準について検討を行い、以上のとおり取りまとめた。今後、農用地土壌汚染対策地域の指定要件等の見直しを行うほか、引き続き土壌中の有害物質の挙動や周辺環境への影響等に関する科学的知見の蓄積に努め、土壌汚染の実態に応じた土壌環境基準達成のための対策を円滑に推進することが重要である。