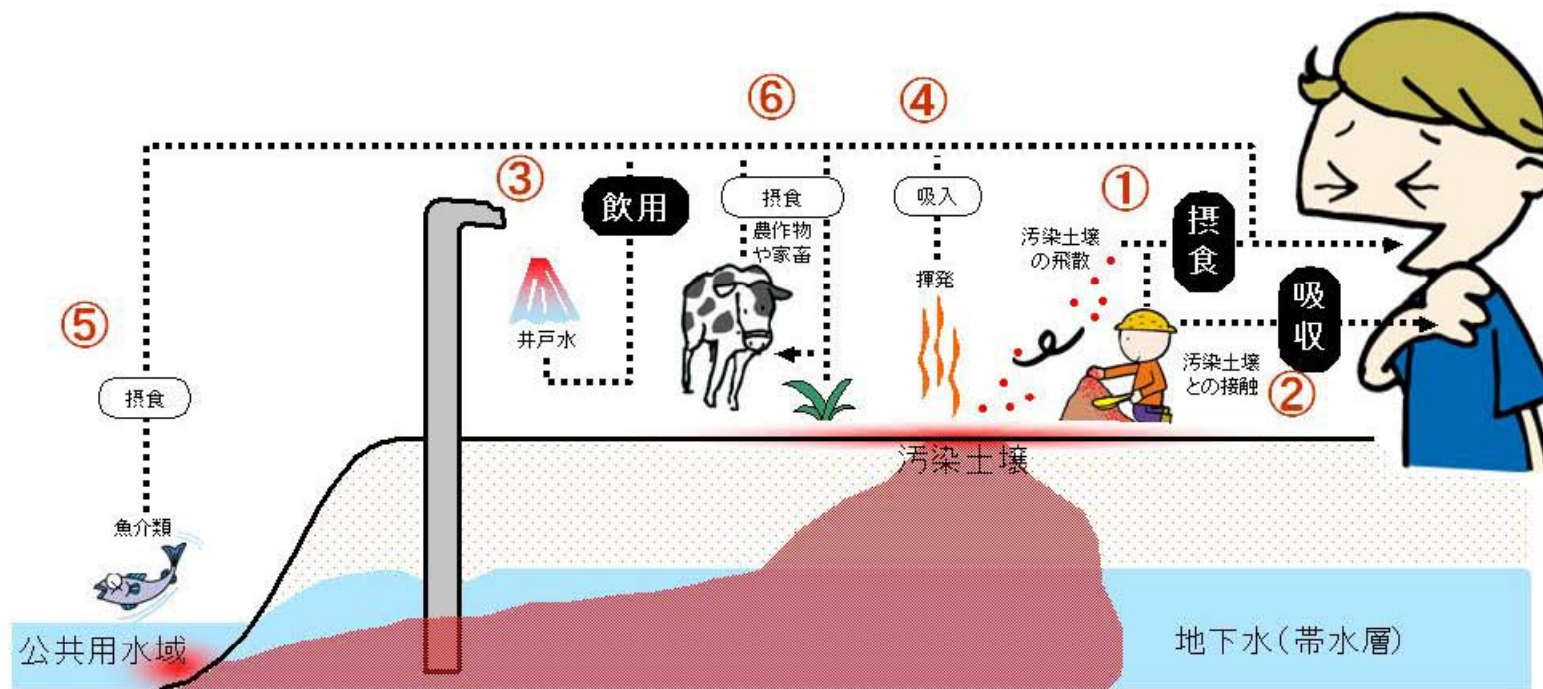


カドミウムに係る土壤環境基準(農用地)及び農用地土壤汚染対策地域の
指定要件等の見直しについて (参考資料)

I	農用地土壤汚染対策の情勢について	
○	土壤汚染による健康リスク発生の経路	… 1
○	土壤環境行政に係る経緯	… 2
○	「農用地の土壤の汚染防止等に関する法律」の概要	… 3
○	農用地土壤汚染防止法の施行状況について	… 5
○	食品中のカドミウムのリスク管理に係る国内外の動向について	… 9
○	農作物及び土壤中のカドミウムに係るリスク管理について	… 11
II	土壤及び作物に含まれるカドミウムについて	
○	土壤中カドミウムと玄米中カドミウムとの関係	… 12
○	土壤中のカドミウムの性質	… 14
○	土壤中カドミウムの植物への吸収	… 15
○	土壤による評価が困難な理由	… 16
○	精米中及び玄米中のカドミウム濃度	… 17
III	調査方法について	
○	農用地土壤汚染防止法に基づく調査の概要	… 18
○	農用地土壤汚染対策地域の指定面積の現状	… 19
○	地形やほ場規模条件等に応じて実施された細密調査等の調査区 画例	… 20
○	ほ場整備の状況について	… 21
○	<u>ほ場内変動と採取点数の関係に関するシミュレーション</u>	<u>… 22</u>
○	湛水管理と慣行管理	… <u>23</u>

I 農用地土壌汚染対策の情勢について

○ 土壌汚染による健康リスク発生の経路



- ①汚染土壌の摂食(飛散による土壌粒子の摂食を含む) **直接摂取リスク**
- ②汚染土壌と接触することによる皮膚からの吸収
- ③汚染土壌から溶出した有害物質により汚染された地下水等の飲用等..... **地下水等経由の摂取リスク**
- ④汚染土壌から大気へと揮散した有害物質の吸入
- ⑤有害物質を含む土壌粒子の公共用水域への流出→魚介類への蓄積→人の摂食
- ⑥土壌汚染地で成育した農作物、家畜への有害物質の蓄積→人の摂食 **農作物等経由の摂取リスク**

年 月		土壌環境行政に係る経緯
S43	5月	○ 富山県におけるイタイイタイ病に関する厚生省の見解(厚生省) イタイイタイ病の原因は三井金属神岡鉱業所の排出したカドミウムである旨の見解を発表。
S45	7月	○ カドミウム汚染米の安全基準について(厚生省食品衛生課発表) カドミウム濃度1.0ppm未満の玄米は人体に有害であると判断することはできない旨発表。
		○ 農林大臣談話(昭和45年7月25日) 0.4ppm以上1.0ppm未満の産米について、米の需給状況及び消費者不安に配慮し、配給しないこととした旨の談話を発表。
	○ カドミウム汚染米の安全基準について(昭和45年7月30日環食第326号) 玄米中カドミウム濃度1.0ppm未満(精白米0.9ppm未満)を食品としての米の安全基準とする旨発表。	
	10月	○ 食品、添加物等の規格基準の一部改正(昭和45年10月厚生省告示第364号) 米のカドミウムの成分規格を玄米中に1.0ppm未満と設定。
	11月	○ 第64次国会(いわゆる公害国会)
	12月	○ 水質汚濁防止法、農用地の土壌の汚染防止等に関する法律公布
S46	6月	○ 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行、大気汚染防止法公布
		○ 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律施行令公布・施行 特定有害物質にカドミウムを指定。指定要件を「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であること」等とした。
S47	10月	○ 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律の特定有害物質に銅を追加
S50	4月	○ 農用地の土壌の汚染防止等に関する法律の特定有害物質に砒素を追加
H3	8月	○ 土壌の汚染に係る環境基準について(平成3年8月環境庁告示第46号)
H14	5月	○ 土壌汚染対策法公布
H21	4月	○ 土壌汚染対策法の一部を改正する法律公布

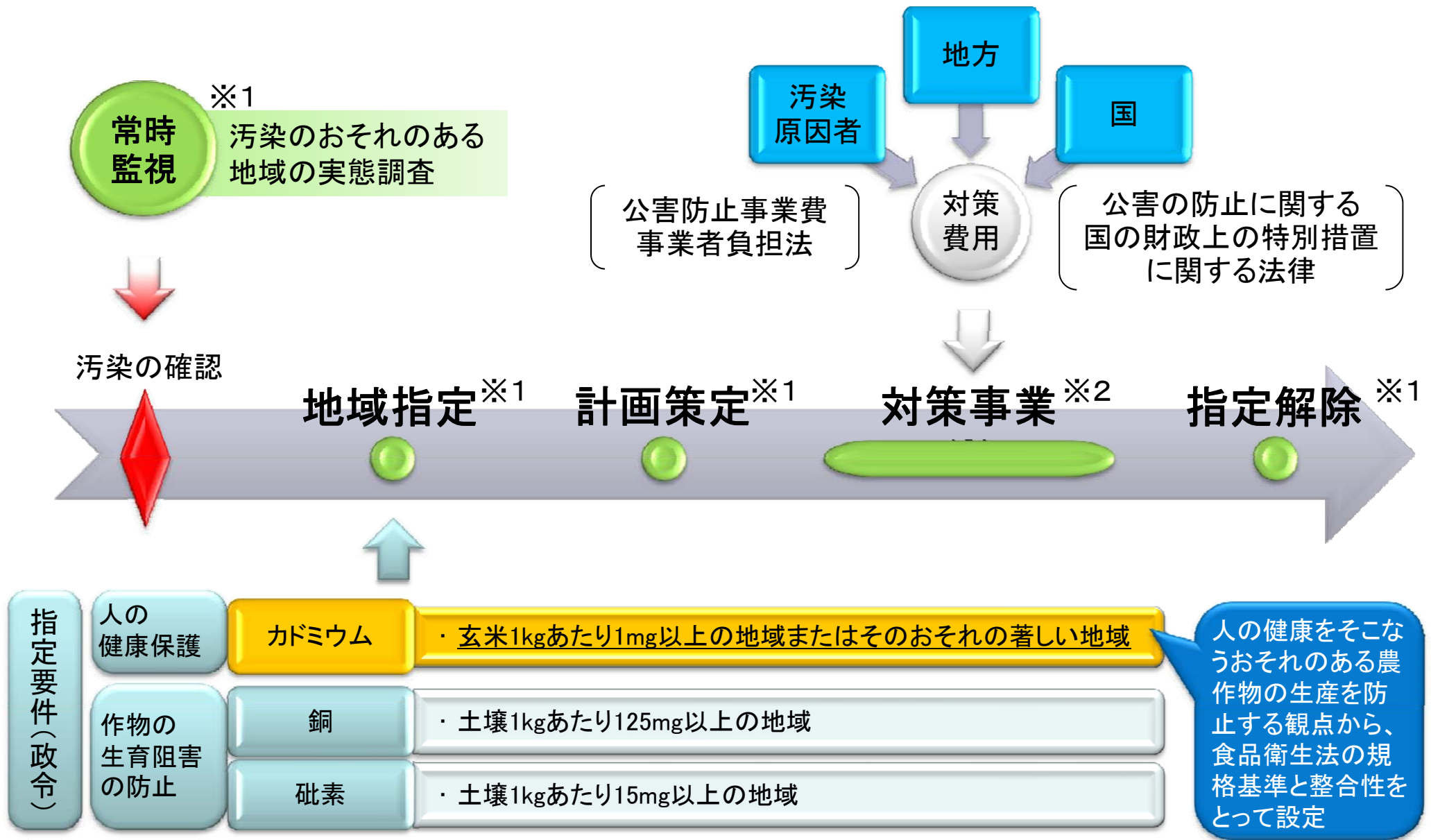
○「農用地の土壌の汚染防止等に関する法律」の概要

目的

- この法律は、農用地の土壌の特定有害物質による汚染の防止及び除去並びにその汚染に係る農用地の利用の合理化を図るために必要な措置を講ずることにより、人の健康をそこなうおそれがある農畜産物が生産され、又は農作物等の生育が阻害されることを防止し、もつて国民の健康の保護及び生活環境の保全に資することを目的とする。

仕組み

- 都道府県知事が、常時監視等により汚染が発見された地域を、農用地土壌汚染対策地域として指定し、対策計画を策定。対策計画に基づき、都道府県等が客土等の対策を実施。
- 対策地域の指定要件は、「人の健康保護」(カドミウム)と「作物の生育阻害の防止」(銅・砒素)の2つの観点で設定。
- カドミウムに係る指定要件については、食品衛生法の規格基準(米について1.0ppm)と整合性をとって設定。
- 対策が完了した地域については、対策地域調査により対策の効果を確認し、地域指定を解除。



※1 都道府県知事が実施。

※2 都道府県営事業のほか、市町村営事業により行われることもある。

○ 農用地土壌汚染防止法の施行状況について

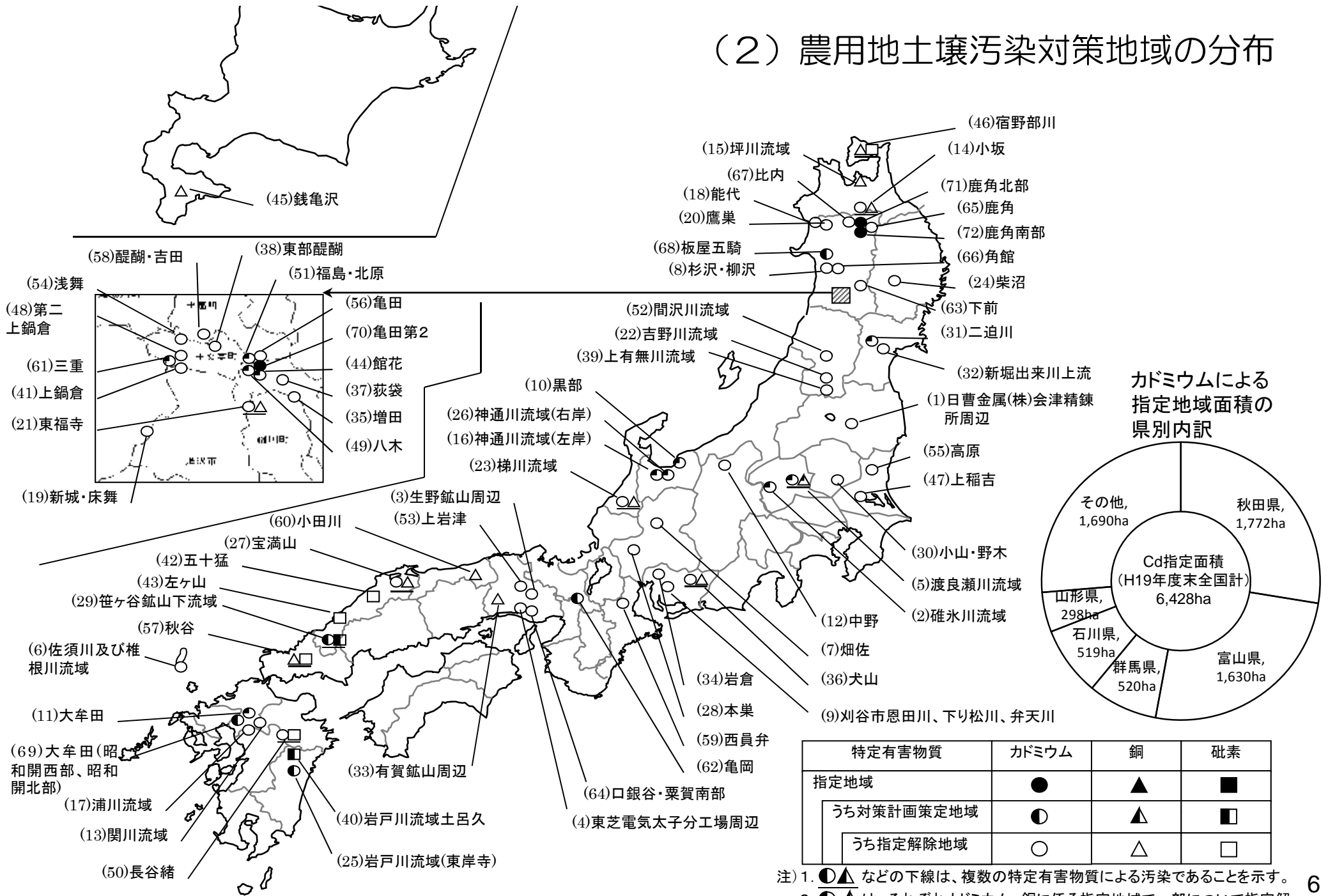
平成19年度の法の施行状況の概要は以下のとおり(平成20年12月18日公表)。

(1) 概要

- 常時監視の結果、農用地土壌汚染対策地域の指定要件基準値以上の汚染はなかった。
- 平成19年度に新たに、農用地土壌汚染対策地域に指定された地域及び指定解除された地域はなかった。
- このため、平成19年度末現在で対策地域として指定された地域は累計で72(63)地域、うち対策事業等がすべて完了したとして指定解除された地域は52(44)地域、指定地域として現存している地域は20(19)地域となっている。
- 平成19年度に新たに、農用地土壌汚染対策計画が策定された地域はなかった。
- 平成19年度末の対策事業等完了面積は6,544ha(6,104ha)であり、指定要件に該当する地域の87.4%(87.9%)が対策事業等を完了している。

(注 括弧内はカドミウムに係る地域、面積及び割合)

(2) 農用地土壌汚染対策地域の分布

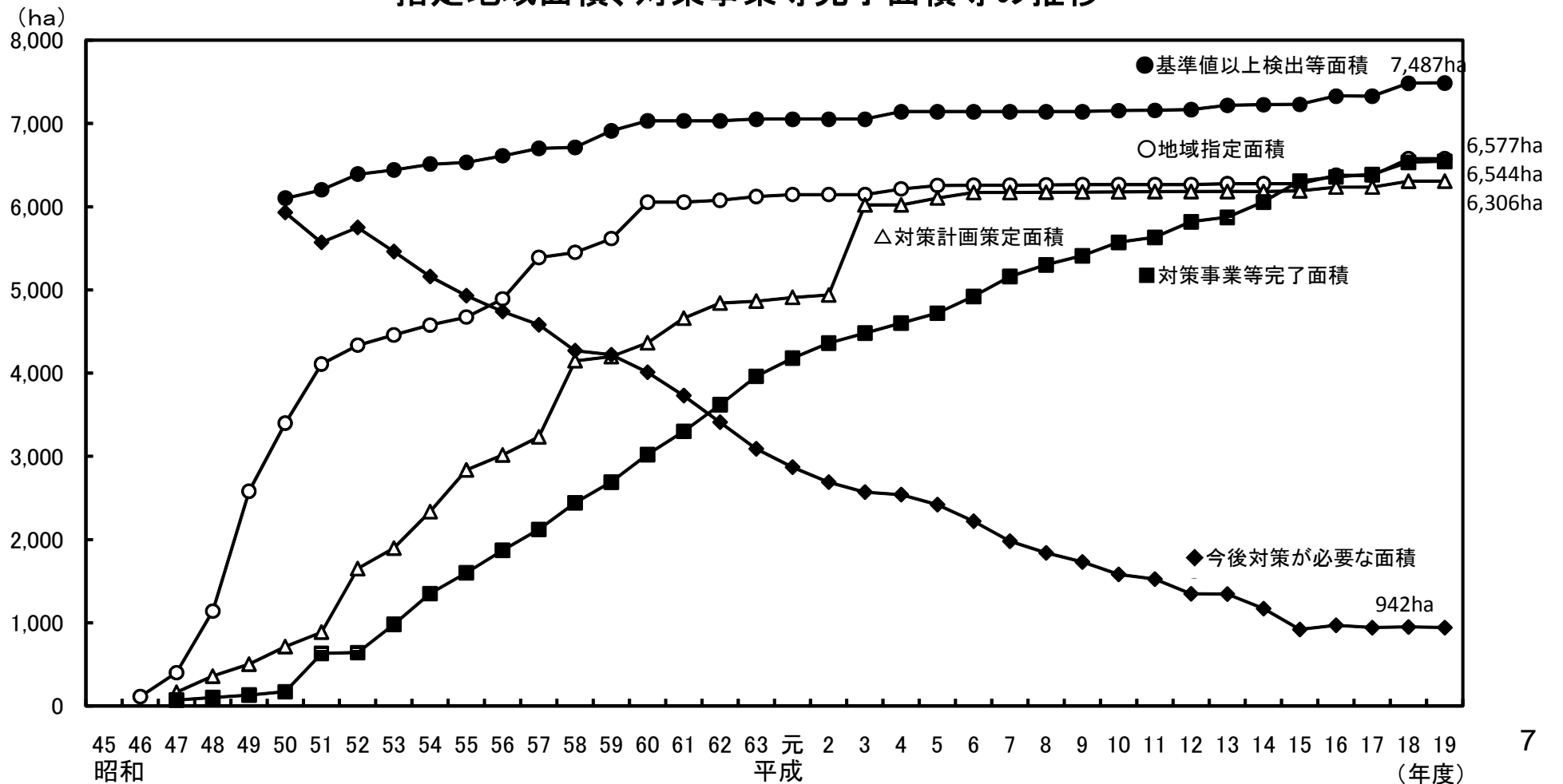


(3) 農用地土壌汚染対策の進捗状況

- 法の施行(昭和46年)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を指定
- 対策事業はほぼ一定のペースで進捗しており、大半の指定地域で対策が完了

汚染物質別指定面積	
カドミウム	: 6,428ha
銅	: 1,225ha
ひ素	: 164ha
(平成19年度末現在)	

指定地域面積、対策事業等完了面積等の推移



(平成19年度末現在)

特定有害 物質	①基準値以上検出等地域										
	②対策地域に指定された地域								⑨県単独 事業 完了等 地域	⑩未指定 地域	
	③対策計画が策定された地域				⑦対策事業 実施中 地域	⑧対策計画 未策定 地域					
	④対策事業等が完了した地域		⑤指定解除 地域	⑥未解除 地域							
カドミウム	6,945 ha	6,428 ha			6,158 ha	5,723 ha	5,424 ha	299 ha	435 ha	270 ha	381 ha
	96	63	61	60	55	11	12	4	52	17	
銅	1,405 ha	1,225	1,225	1,199	1,169	30	26	—	171	9 ha	
	37	12	12	12	12	1	1	—	25	1	
砒素	391 ha	164	164	164	84	80	—	—	160	67 ha	
	14	7	7	7	5	2	—	—	7	5	
計	面積	7,487 ha	6,577 ha	6,306 ha	5,839 ha	5,559 ha	312 ha	435 ha	270 ha	705 ha	205 ha
	地域数	134	72	70	69	63	12	12	4	79	22
⑪対策事業等完了面積 (=④+⑨)									6,544 ha		
⑫対策進捗率 (=⑪/①×100)									87.4 %		

(上段：面積，下段：地域数)

- 注) (1)「基準値以上検出等地域」は、平成19年度までの細密調査等の結果によるものである。
- (2)縦の欄の面積、地域数を加算したものが、合計欄のそれと一致しないのは、重複汚染があるためである。
- (3)横の欄の地域数を加算したものが、合計及び「基準値以上検出等地域」と一致しないのは、部分解除した地域、一部対策事業が完了した地域等があるためである。
- (4)「対策計画策定地域の事業完了」は、国の助成に係る対策事業の面工事が完了している地域及び他用途転用面積である。
- (5)「県単独事業完了等地域」には、他用途転用面積及び営農管理等により被害が見られなくなった面積を含む。

○ 食品中のカドミウムのリスク管理に係る国内外の動向について

(1) 国際的な動向

リスク評価

- ・ JECFAが、カドミウムの長期低濃度曝露による腎機能障害を防止する観点からリスク評価(理論モデル等)を行い、暫定週間耐容摂取量(PTWI)として7 μ g/kg体重/週を維持することを決定。(2003年)

(JECFA(FAO/WHO合同食品添加物専門家会議)は、食品中の化学物質等についてリスク評価を行い、耐容摂取量(TDI、TWI)等を設定。)

コーデックス規格

- ・ コーデックス委員会において、穀物、野菜、海産物等について、「合理的に達成可能な範囲でできるだけ低く」との考え方(ALARAの原則)に立ち、各国の食生活や食品中のカドミウムの含有実態等を踏まえて基準値を検討。
- ・ 精米0.4mg/kg、小麦0.2mg/kg、根菜・茎菜0.1mg/kg等の基準値を決定。(2005~2006年)

(コーデックス委員会(FAO/WHO合同食品規格委員会)は、消費者の健康の保護、食品の公正な貿易の確保等を目的として、1962年にFAO及びWHOにより設置された国際的な政府間機関であり、国際食品規格等を設定。)

(2) 国内の動向

リスク評価

- 食品安全委員会が、国内で行われた疫学調査等の結果に基づき、カドミウムの長期低濃度曝露による腎機能障害が生じないレベルとして、耐容週間摂取量を7 μ g/kg体重/週と設定することを決定し、厚生労働大臣へ答申。(2008年7月)

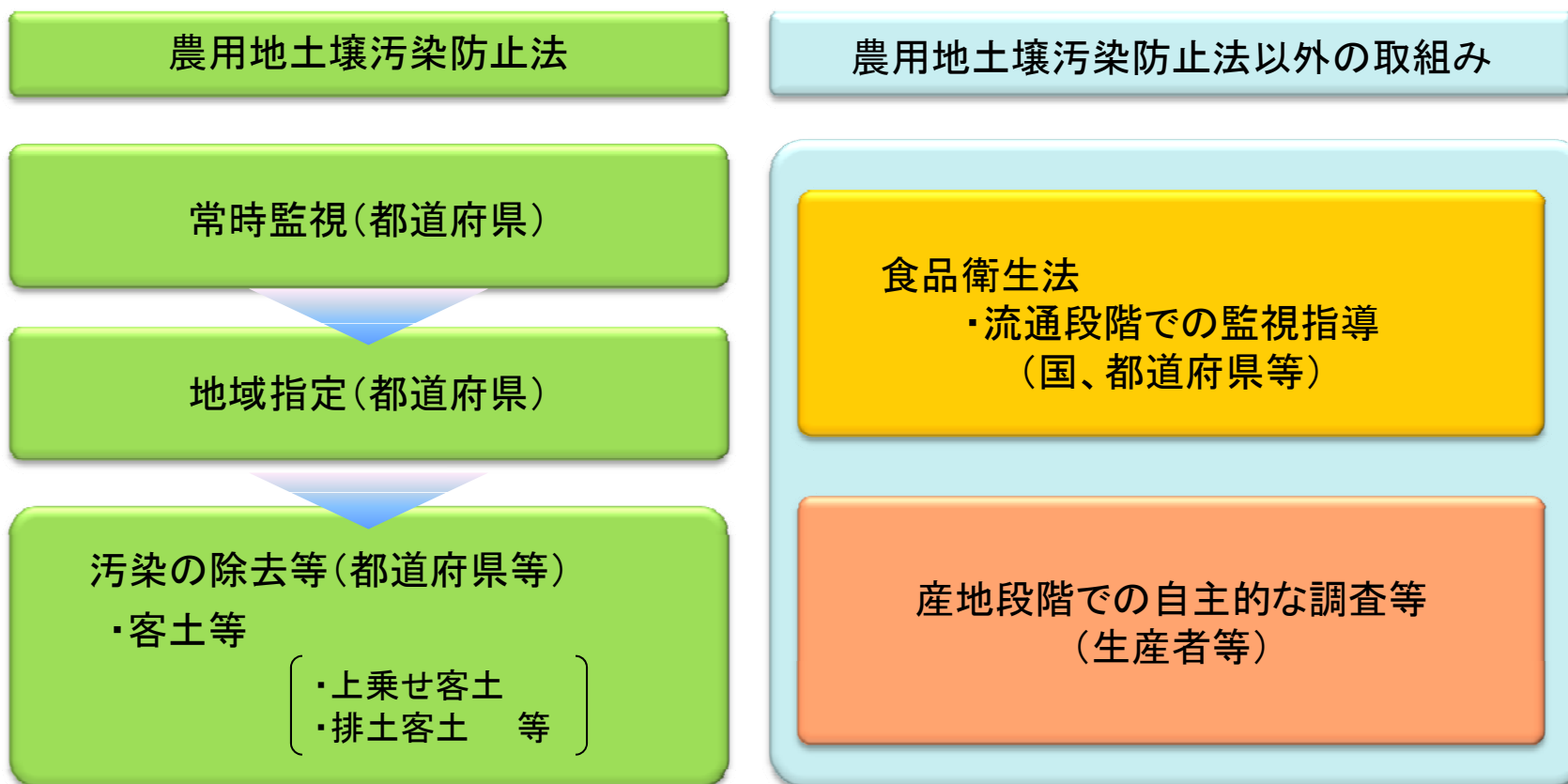
食品衛生法成分規格

- 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、コーデックス規格のある農産物・海産物等について、カドミウムの含有実態や国民の食品摂取量等を踏まえてカドミウムの成分規格の設定を検討を開始。(2008年7月)
- 2009年1月の同部会で、以下を内容とする部会報告案をとりまとめ。同年2月に以下の①について、食品安全委員会へ諮問。
 - ① 米のカドミウム成分規格を、現行の「1.0 ppm未満(玄米;精米は0.9 ppm未満)」から「0.4 ppm(玄米及び精米)以下」に改正。
 - ② 米以外の品目については、関係者に対してカドミウムの低減対策を引き続き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。
- 2009年8月20日付けで食品安全委員会から厚生労働大臣へ答申。
- 2009年10月6日、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審議。
- 2009年12月2日、薬事・食品衛生審議会 食品衛生分科会において審議。
- 2010年2月24日付けで薬事・食品衛生審議会 から厚生労働大臣へ答申。

- WTO通報等の手続きを経て、2010年4月8日に食品、添加物等の規格基準(昭和34年12月厚生省告示第370号)の改正が行われ、2011年2月28日より適用される見込み。

○ 農作物及び土壌中のカドミウムに係るリスク管理について

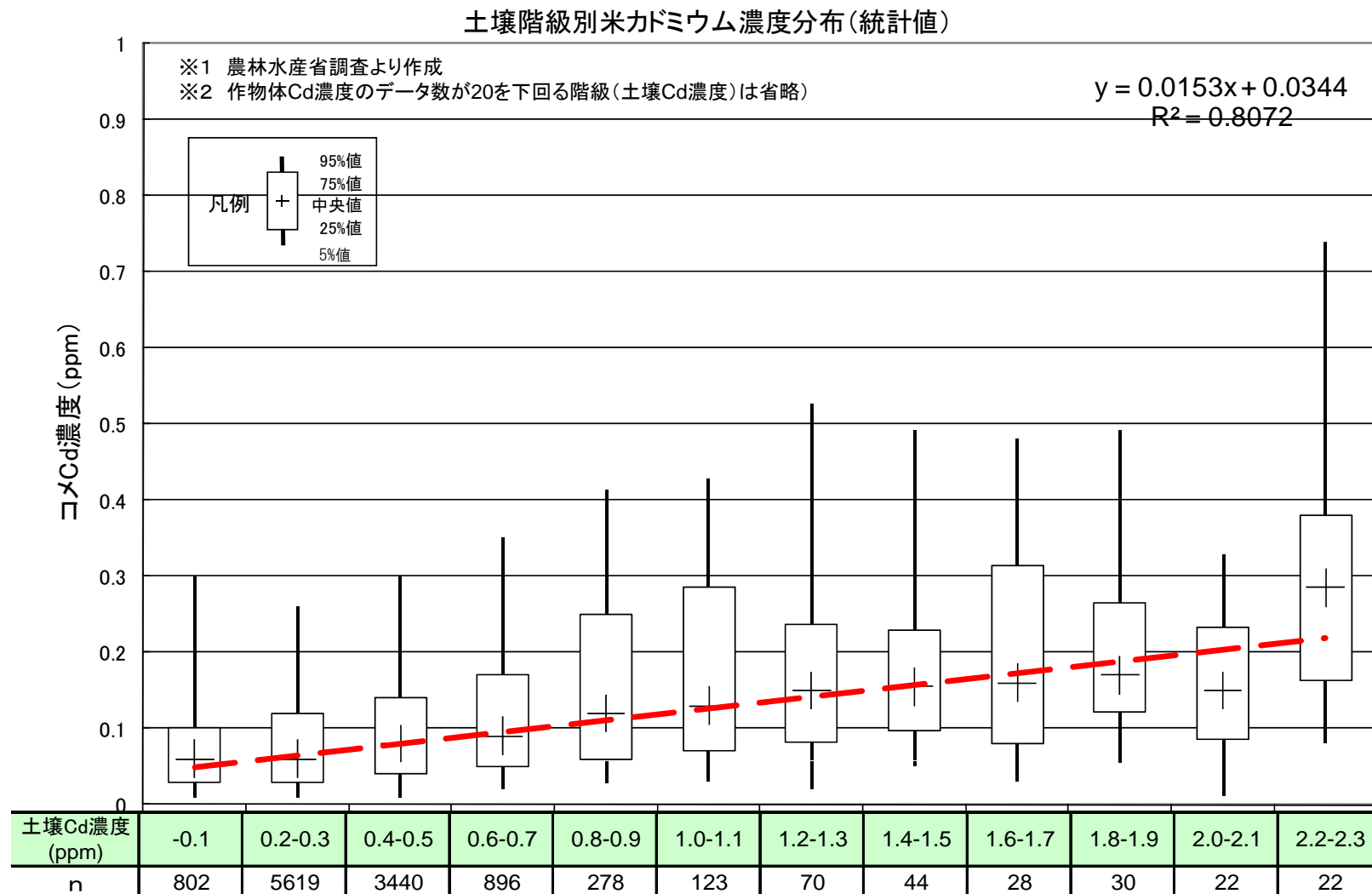
- 米については、現行のカドミウム成分規格の1.0mg/kg以上（改正後は0.4mg/kgを超えて）含有するものについて、流通段階での監視指導により、農作物中のカドミウムのリスク管理が行われている。
- また、農作物のカドミウム低減対策として、産地段階での自主的な調査や、湛水管理をはじめとする吸収抑制対策等の取組も行われている。
- 農用地の土壌については、常時監視により汚染実態を把握し、指定要件に該当する農用地について、汚染の除去等の措置を行うことで、土壌中のカドミウムのリスク管理が行われている。



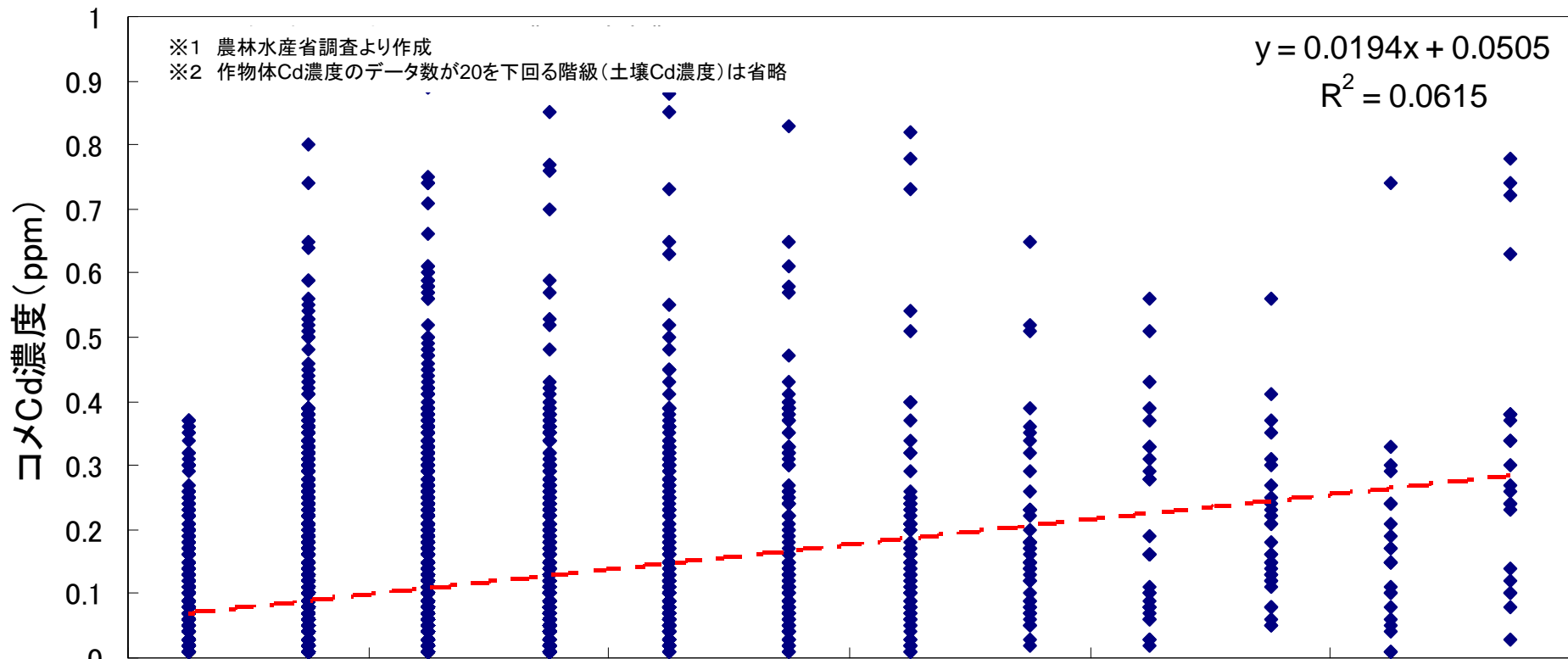
Ⅱ 土壌及び作物に含まれるカドミウムについて

○ 土壌中のカドミウムと玄米中カドミウムの関係

- 農用地の土壌中のカドミウム濃度が高くなると、生産される玄米に含まれるカドミウムも増加するという傾向は見られるものの、土壌の各濃度段階における玄米中カドミウム濃度には大きなばらつきが見られる。



土壤階級別カドミウム濃度分布(分析値プロット)

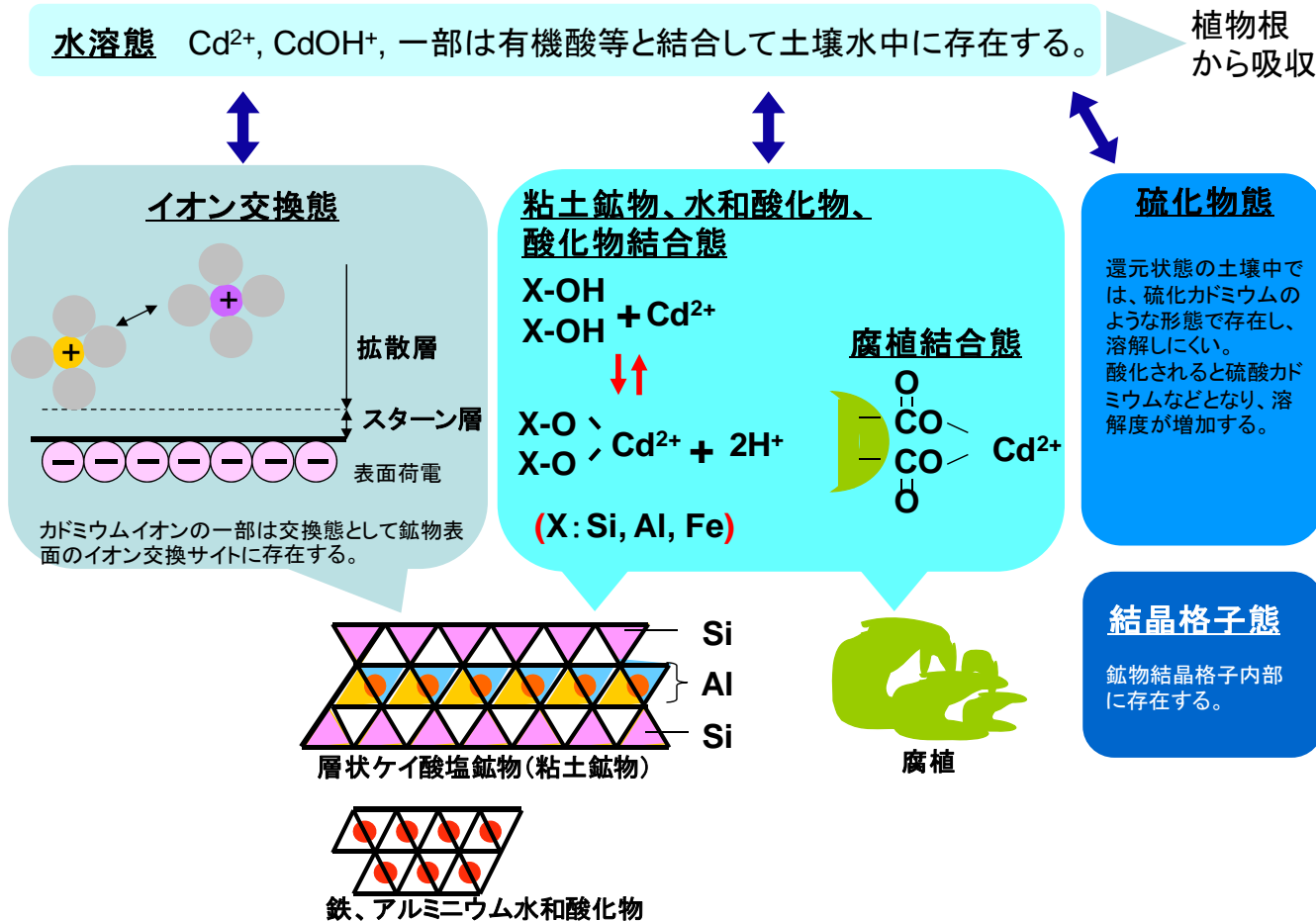


土壤Cd濃度 (ppm)	-0.1	0.2-0.3	0.4-0.5	0.6-0.7	0.8-0.9	1.0-1.1	1.2-1.3	1.4-1.5	1.6-1.7	1.8-1.9	2.0-2.1	2.2-2.3
n	802	5619	3440	896	278	123	70	44	28	30	22	22

○ 土壌中のカドミウムの性質

- 土壌中の重金属は、イオンとして遊離しやすいものから、土壌の構成粒子等と比較的強く結合したものまで、様々な存在形態をとることが知られており、このうち土壌水分に溶出したものが植物中に吸収される。
- カドミウムイオンを吸着しやすい粘土や腐植に富む土壌では、カドミウムが蓄積しやすいと同時に、土壌のpHや共存イオンの変化に伴って、土壌溶液中のカドミウムイオンの濃度に変化が生じやすい。
- カドミウムの難溶化については、理論的には土壌中の酸化還元電位が-130ないし-150mVを下回るとカドミウム硫化物が生成し、難溶化するとされており、実測によっても確認されている。

(1) 土壌中のカドミウムの諸形態



(2) 玄米へのCd吸収と土壌の性質

玄米へのCd吸収	大	↔	小
Eh	酸化 (節水)	↔	還元 (湛水)
pH	低い (酸性)	↔	高い (アルカリ性)
土性	粗い (砂質)	↔	微細 (粘土質)
有機物含量	少ない	↔	多い
リン酸吸収係数	低い	↔	高い
陽イオン交換容量	低い	↔	高い

注 各土壌の性質は、完全に独立した因子ではなく、相互に影響を及ぼす。

○ 土壌中カドミウムの植物への吸収

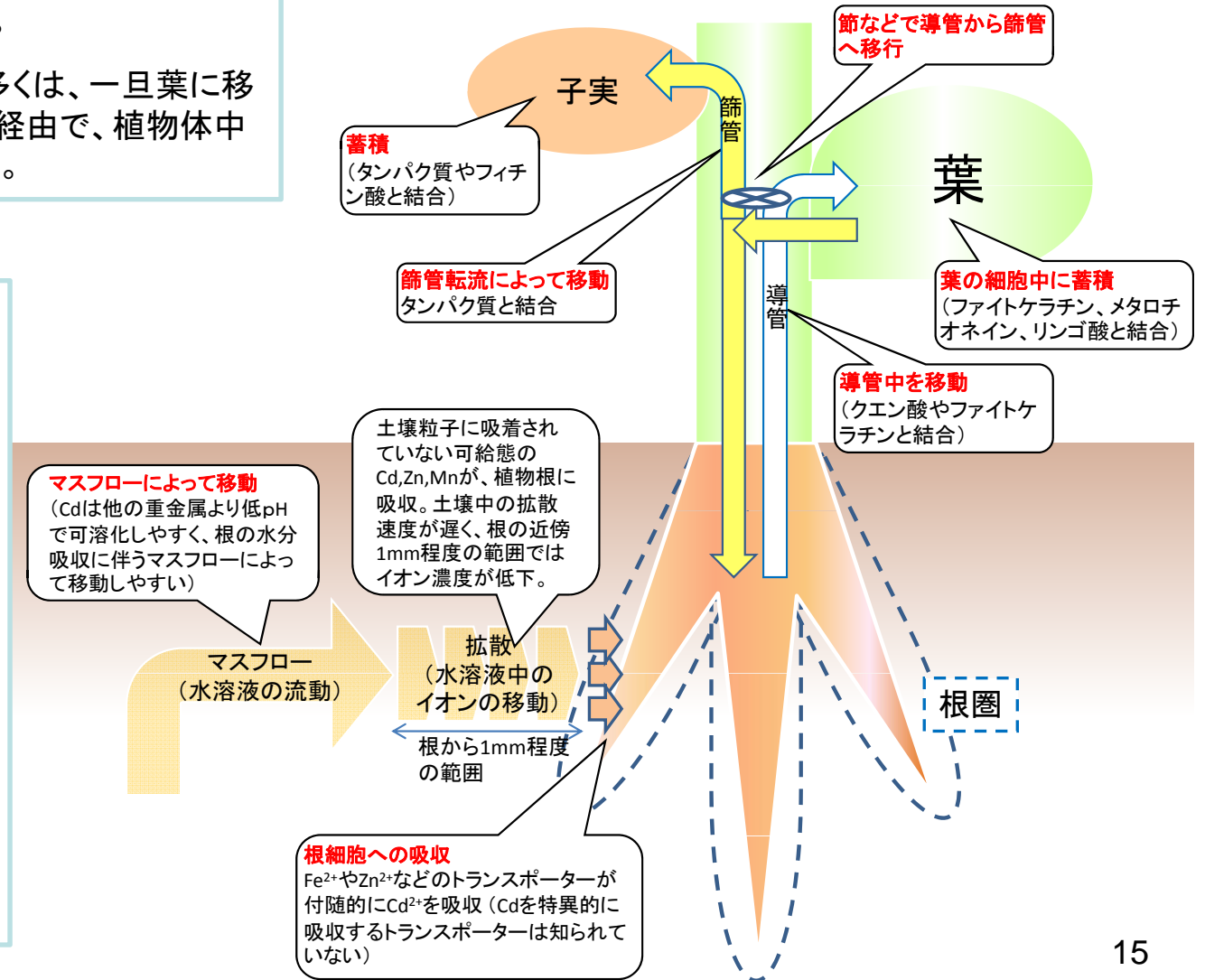
作物中におけるカドミウムの転流

- 根から吸収されたカドミウムはシンプラストを經由して、根の中心柱に至り、有機酸やファイトケラチンなどと結合して導管により地上部へ移行すると考えられている。
- 導管から地上部へ移行したカドミウムの多くは、一旦葉に移動し、葉細胞の液胞に蓄積される他、篩管経由で、植物体中に再配分されることも考えられている。

根からのカドミウム吸収

- 土壌水分中のカドミウムは、根による土壌水分吸収に伴う「マスフロー」や根の周辺の低濃度域への「拡散」によって移動するほか、根の周辺における植物根等からの有機酸や糖類などの影響により、土壌水分や土壌粒子からの物質の取り込みが活発に行われている領域(根圏)があると考えられている。
- 根の水の吸収は、根の細胞膜上に存在する水移動たんぱく質であるアクアポリンによって行われており、養分や金属類はそれぞれに対する輸送体やイオンチャネルによって吸収あるいは排出される。

土壌からのカドミウム吸収と作物への蓄積プロセス



○ 土壌による評価が困難な理由

- 土壌による評価にあたっては、人の健康をそこなうおそれがある農産物が生産されるかどうかの判断をする必要がある。
- これまで玄米中のカドミウム濃度を用いた評価が行われてきたが、土壌による評価は、土壌の汚染状況や土壌条件に依らない因子の影響により可食部中カドミウム濃度に違いが出ることから、困難と考えられる。

(1) 土壌溶液中のカドミウム濃度による評価

作物が土壌より直接的に吸収するカドミウム
(=水溶態カドミウム)

土壌溶液中のカドミウムを計測することが重要

可食部中のカドミウムを評価

問題点等

- 土壌溶液中のカドミウムは生育期間中に変動するため、玄米中のカドミウムと最も相関のよい採取時期を求める必要がある。
- 限られた土壌溶液の採取時期に集中して採取を行うことは現実的に困難。

(2) 複数の土壌の性質を用いた評価

可給態カドミウム(=土壌pHなどによる影響も大きい)

土壌pHやリン酸吸収係数といった複数の要素を組み合わせ、実際に得られたデータから回帰的に可食部中のカドミウム濃度を予測する式を作成

可食部中のカドミウムを評価

問題点等

- 土壌pH、リン酸吸収係数等を含めて測定する場合のコストの増加。
- 十分な予測精度が得られない可能性。

○ 精米中及び玄米中のカドミウム濃度

■ 複数の文献等において、試料を玄米のままと精米にしたものに分け、それぞれを分析し、比較した結果が示されている。精米にすることにより、玄米中カドミウム濃度(100)に対し、精白米のCd濃度は6試料の平均で96.8を示し、米ぬかのCd濃度は139であった。

○ 米試料中のカドミウム濃度の比較

品種	玄米 (上段)	精米 μg/kg	米ぬか 下段 (%)	とう精 歩合(%)
ヒノヒカリ	45.3±0.3 100	43.6±0.1 96.2	63.9±1.6 141.1	90.1
きらら397	63.5±0.5 100	62.6±0.8 98.6	90.4±1.2 142.4	88.7
ひとめ ぼれ	116.4±3.3 100	110.9±0.8 95.3	170.1±7 146.1	83.6
コシヒカリ	120.5±0.9 100	116.9±1.3 97	164.0±1 136.1	89.7
あきた こまち1	117.6±3.1 100	112.4±1.1 95.6	147.0±0.8 125	92
あきた こまち2	15.6±0.2 100	15.3±0.7 98.1	22.4±0.2 143.6	88.4
平均	100	96.8	139	

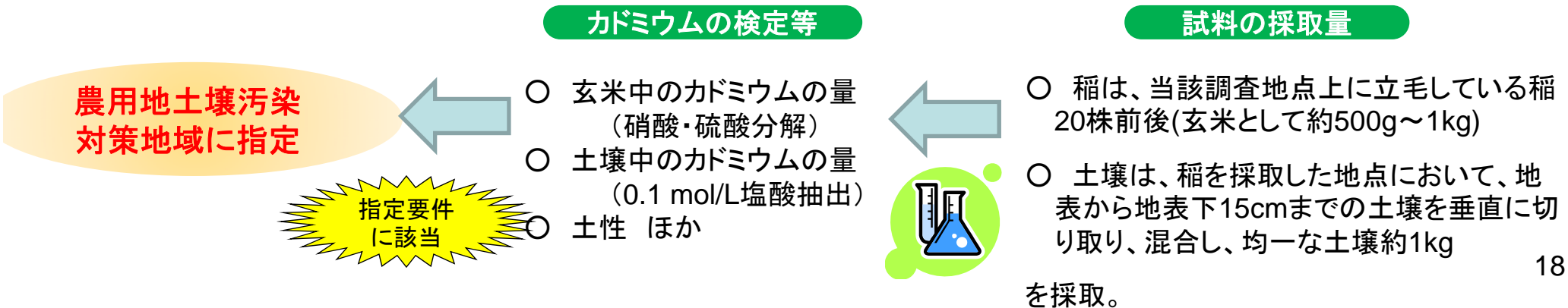
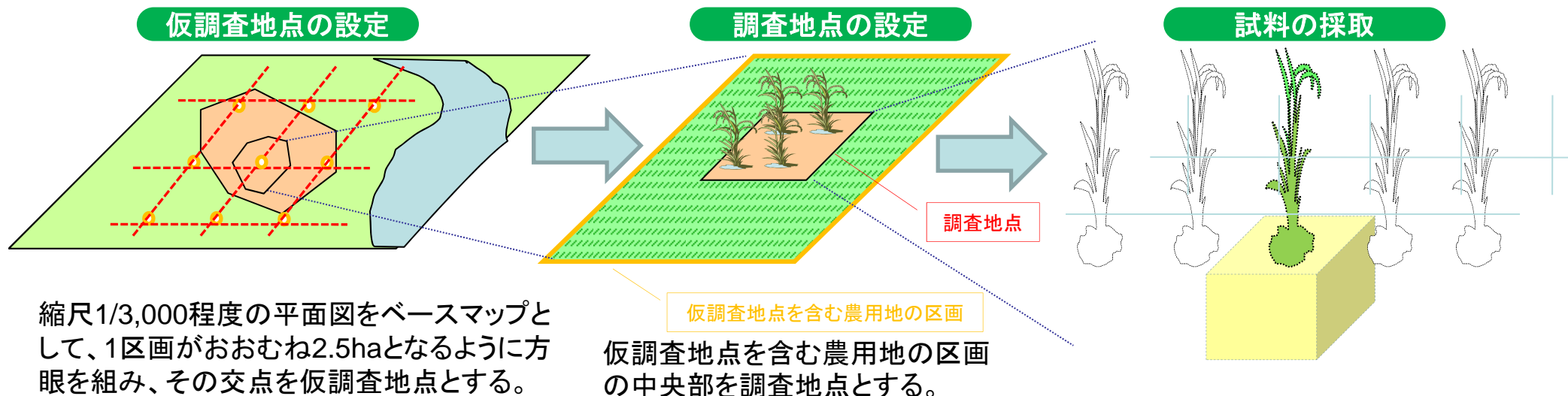
注: 下段の数字(%)は、玄米の濃度を100としたときの相対値。

出典: 中規模搗精工程におけるコメ中カドミウム含有量の変化(守山ら 食品衛生学雑誌 Vol. 44 No. 3)

Ⅲ 調査方法について

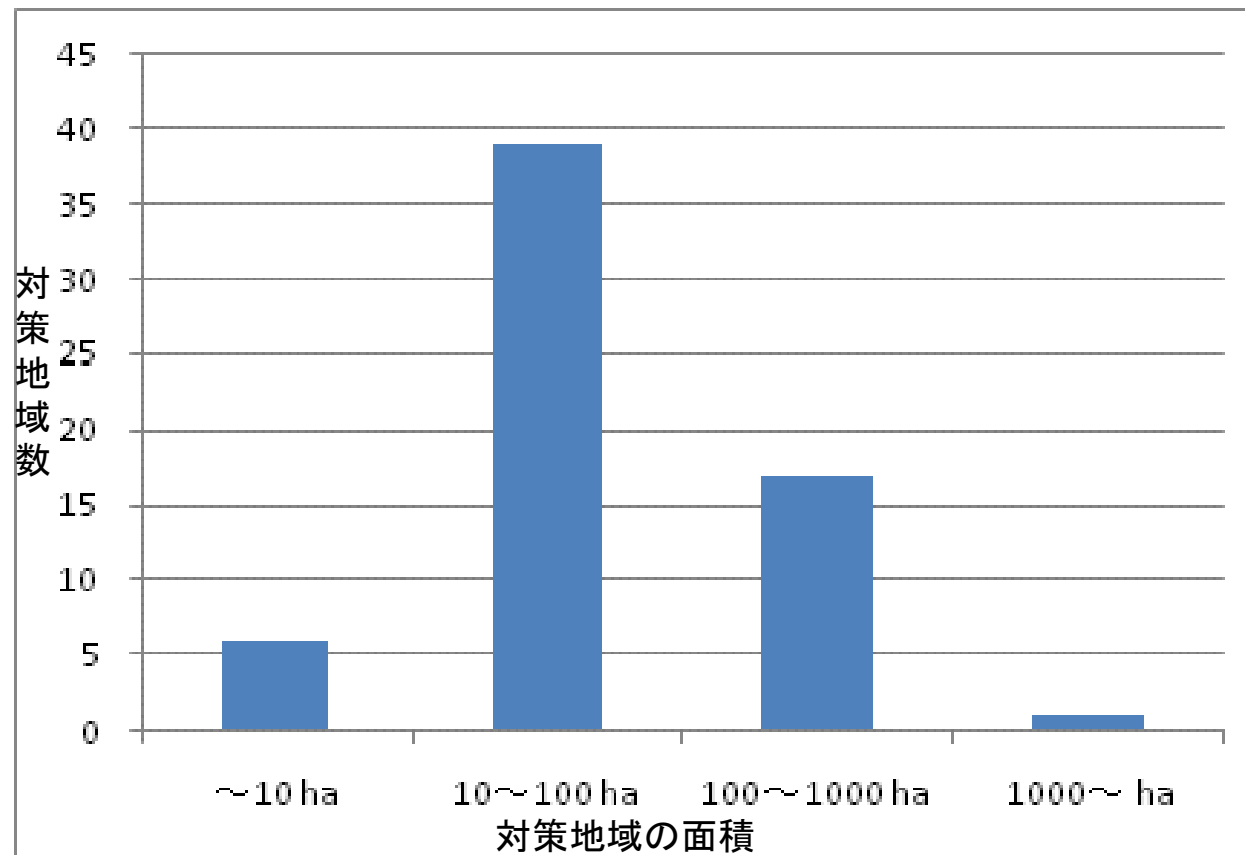
○ 農用地土壌汚染防止法に基づく調査の概要

- 農用地土壌汚染対策地域の指定要件に係るカドミウムの量の検定の方法を定める省令(昭和46年6月農林省令第47号)においては、調査は2.5haごとのほ場の中央での土壌及び作物採取を行うことが規定されている。
- カドミウムに係る土壌環境基準においては、測定方法として、「農用地に係るものにあつては、昭和46年6月農林省令第47号に定める方法」と定められている。



○ 農用地土壌汚染対策地域の指定面積の現状

■ これまで、カドミウムについて農用地土壌汚染対策地域として指定された地域の面積は、平均で1地域あたり102.0haであり、10～100haの地域が約6割近くを占めている。
(最大値 1,018.4 最小値 1.5 標準偏差 158.2 変動係数 155.0)



○ 地形やほ場規模条件等に応じて実施された細密調査等の調査区画例

	山麓の傾斜地、河岸段丘に沿って未整備のほ場が狭長に分布している例	汚染源が小規模で、汚染の広がりが小水路の周辺に限られている例
地域の概要	山脈と山地との間に開けた盆地状地形。中央を河川が流れ、急斜面をなして平野に臨む水田地帯。山麓に崩積地、別の河川に沿って河岸段丘地及び河川沖積地が発達。	河川の堰掛かり水田。地形は沖積地、土壌は沖積土からなり、土性はほとんどが、微粒質であり、土壌は低湿地型の泥炭土壌、黒泥土壌が多く、一部にグライ土壌も見られる。
経営耕地面積	約400 ha（うち水田が約8割）	約230 ha（うち水田が95%）
1戸あたりの平均経営面積	約0.5 ha	約2.2 ha(対策地域内は0.4ha)
指定面積	約200 ha	約50 ha
汚染原因	複合汚染 大気(工場のばいじん)ほか	カドミウムメッキ工場からのメッキ廃液の排水
調査地点数	約100（うち、1.0 mg/kg以上検出地点数 約40）	約25（うち、1.0 mg/kg以上検出地点数 約20）

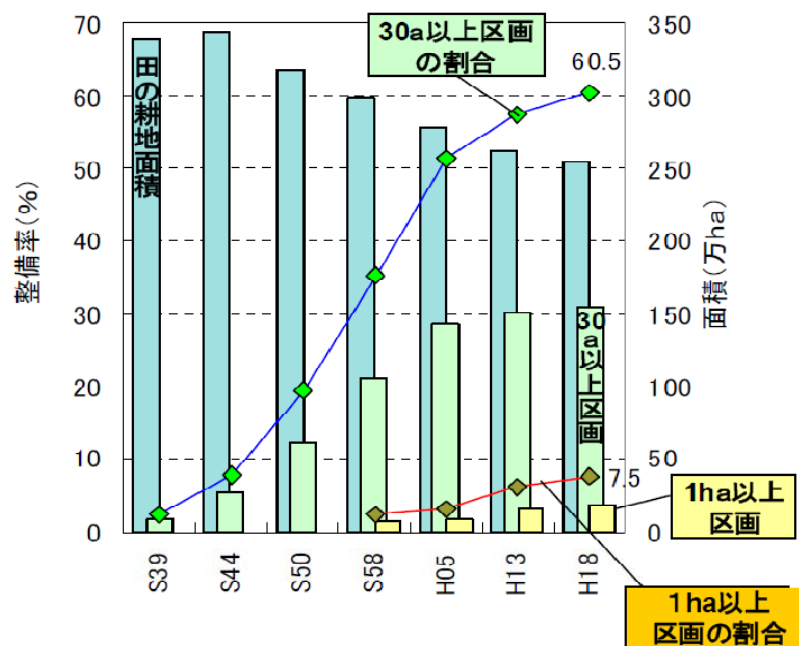
「地形が複雑かつ狭小」「小規模かつ高濃度な汚染が点在」といった場合など状況に応じて、より高い密度での調査が実施されている。

○ ほ場整備の状況について

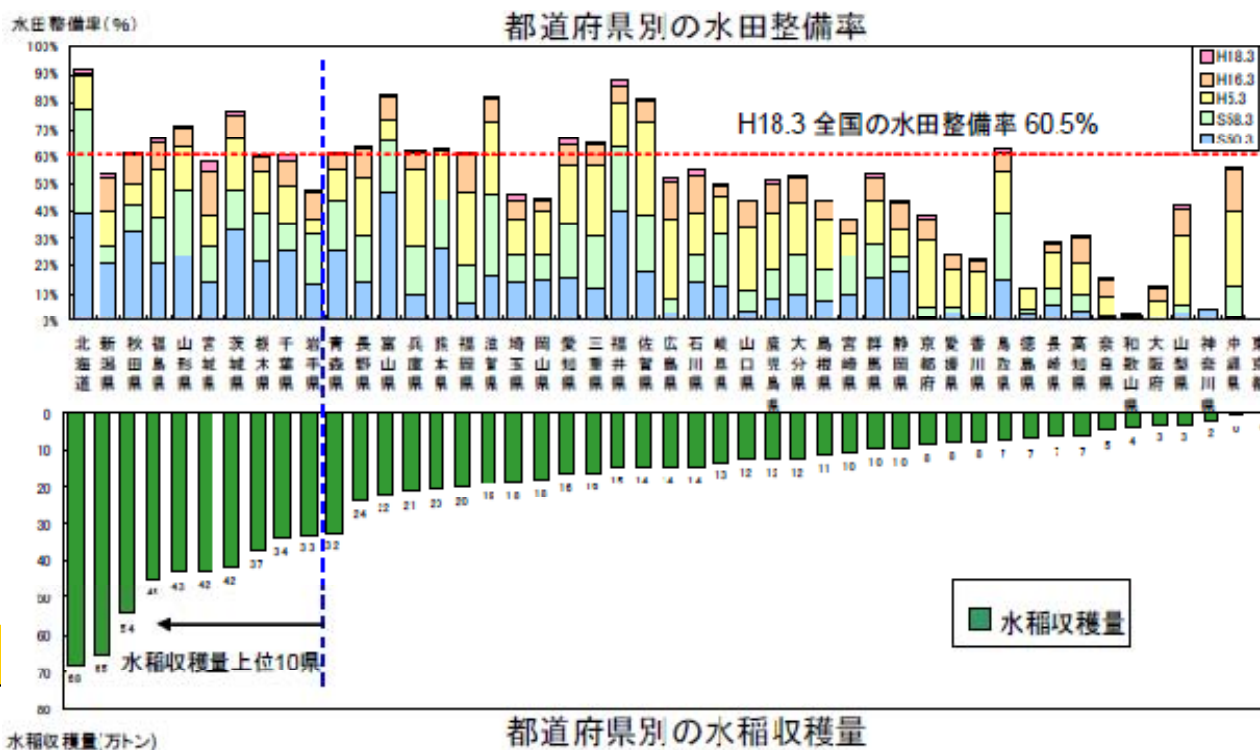
- 「ほ場整備の効果と農家の負担について」(農林水産省農村振興局農地整備課、平成20年4月)によると、
 - ・水田のほ場(区画)整備率は、平成18年には6割に向上している。
 - ・1ha以上の大区画化率は7.5%程度となっている。

注 整備率:30a程度以上に整形された面積の全水田面積に対する割合

○ 田の整備状況の推移



○ 水田整備率と収穫量

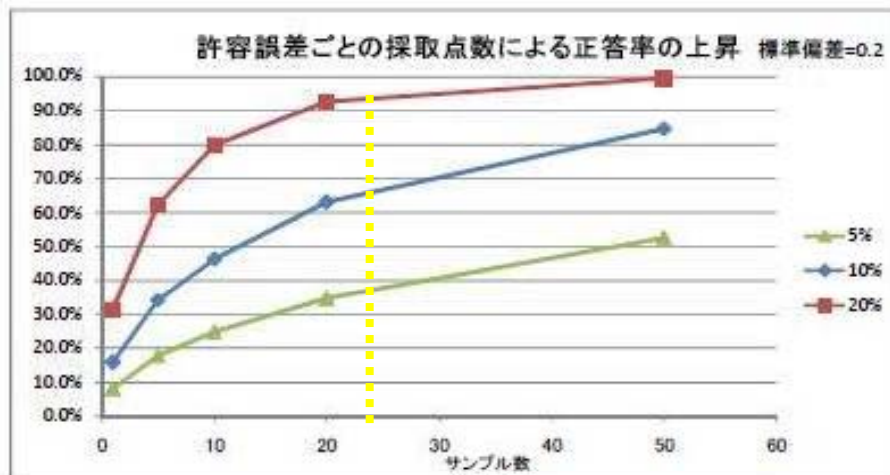


資料 (1)耕地および作付面積統計、土地利用基盤整備基本調査、農業基盤整備基礎調査等
 (2)水田整備率:農林水産省農村振興局「農業基盤整備基礎調査(平成18年度)」
 水稲収穫量:農林水産省統計部「平成17年産水陸稲の収穫量」

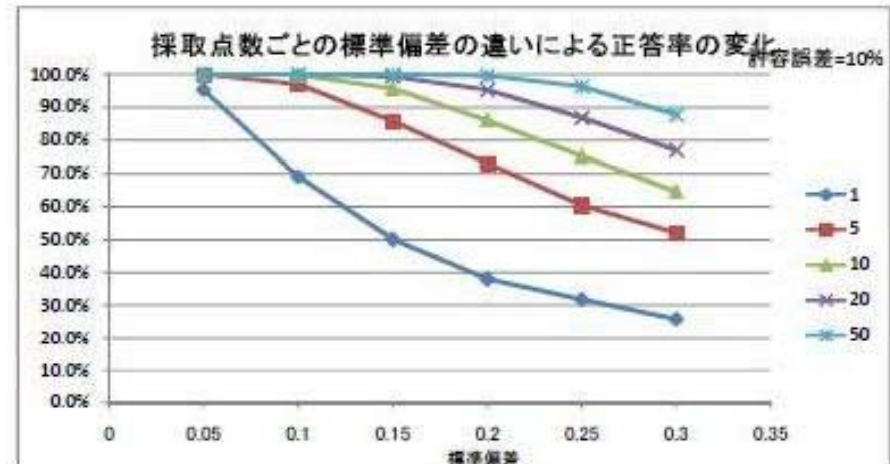
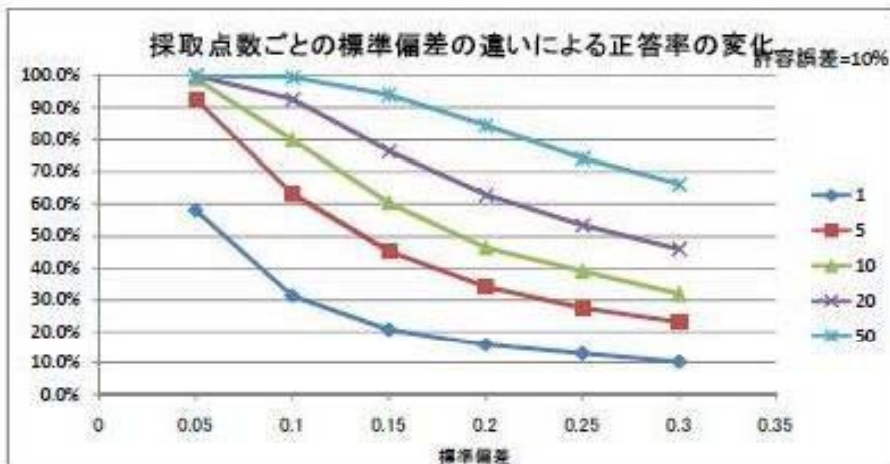
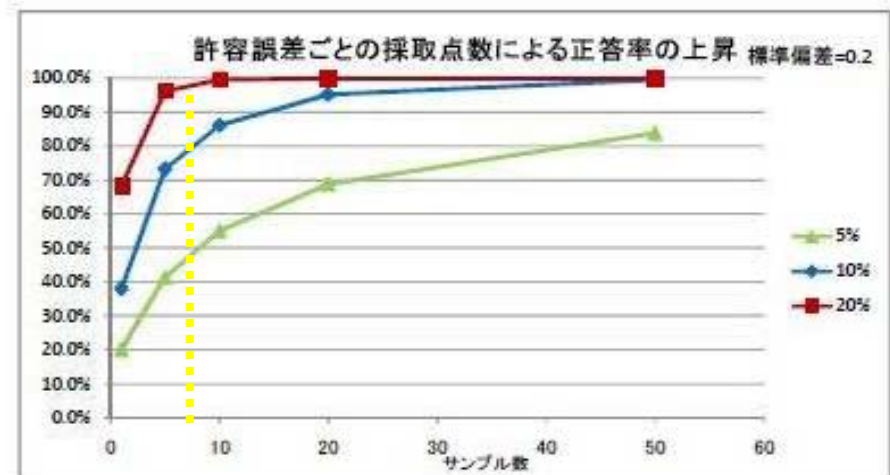
○ ほ場内における変動と採取点数の関係に関するシミュレーション

- 土壌及び作物のほ場内変動が正規分布(下図左)または対数正規分布(下図右)に従うと仮定し、母平均及び母標準偏差を与え、試料採取数を変えて10,000回の試行を行い、標本平均が母平均の許容誤差内に入る割合(正答率)を算出した。
- その結果、サンプル数の増加につれて正答率が向上。特に、1点→5点に増加したときの正答率向上効果が大きかった。

<正規分布を仮定した場合>



<対数正規分布を仮定した場合>



※いずれのグラフも母平均=0.4として計算

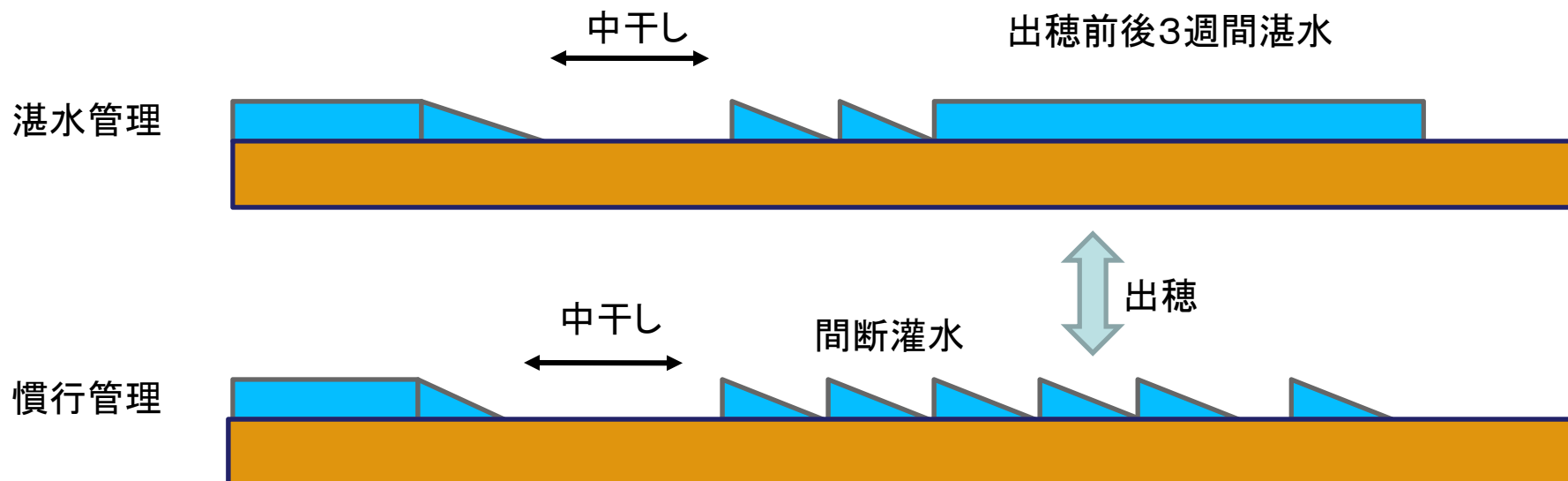
○ 湛水管理と慣行管理

(1) 湛水管理について

- カドミウムは、土壌中の酸素が少ない状態(=還元状態)になると、硫黄と結合して水に溶けにくくなる。
- このため、水稻がカドミウムを吸収・蓄積する時期に水田の水を張った状態(=還元状態)を保つことにより、米のカドミウム含有量を低減させることが可能。

○ 湛水管理『水稻のカドミウム吸収抑制のための対策マニュアル(農林水産省・農業環境技術研究所、平成17年3月)』

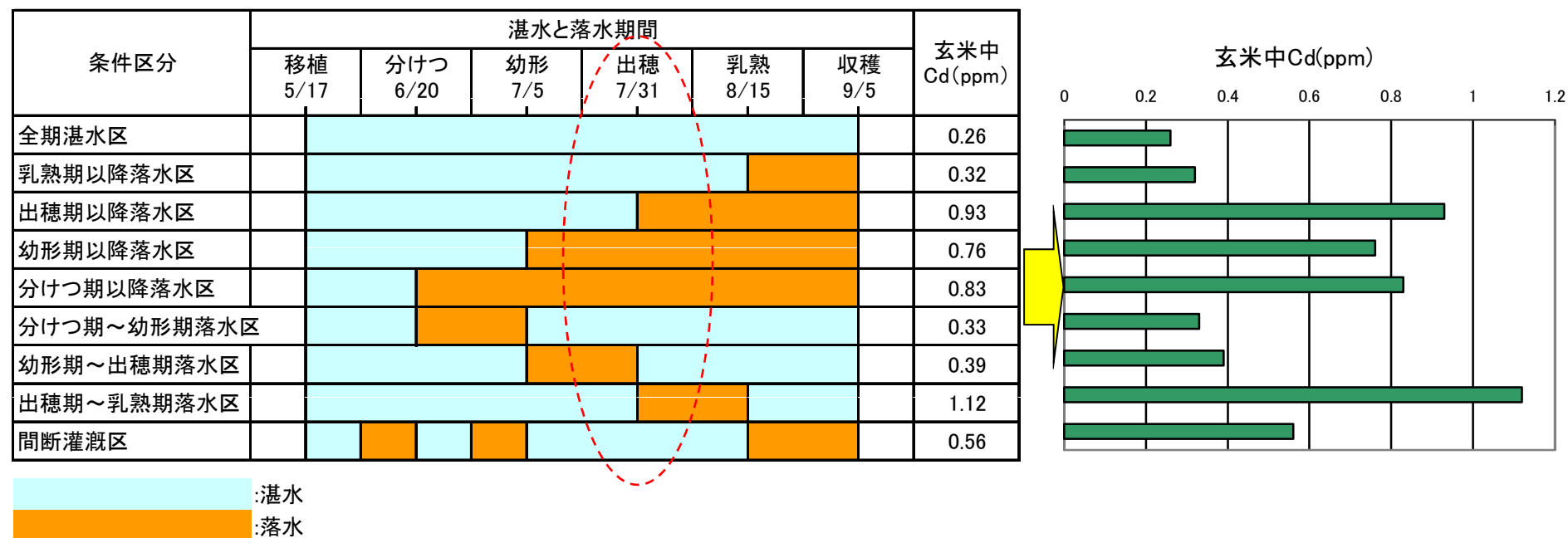
- ① 中干しの期間は、7～10日前後にとどめる。目安としては土が湿っていて、足跡がつく程度で止める。
- ② 水はけの悪い水田については、必ず溝切りを実施し、水管理が簡単にできるようにする。溝切り後の間断通水と出穂時期の水管理は特に注意し、土壌表面が露出するような水管理は行わない。
- ③ 出穂3週間前から収穫10日前までは、カドミウムの吸収が盛んになるばかりでなく、水稻が生理的に十分な水を必要とするので、常に水が張られた状態(湛水管理)にする。
- ④ 出穂時期に用水不足が懸念される地域、または乾燥しやすい気象条件下では、中干し・溝切り後は連続して湛水管理をする。
- ⑤ 土壌条件と収穫作業の難易を考慮して判断するが、収穫10日前までは湛水管理する。



(2) 湛水管理の効果について

(検証例)

- ①供試土壌 0.1 mol/L塩酸抽出Cd濃度 11.7 mg/kg
- ②試験条件 1/2,000 aワグネルポットに土壌 14 kg充填
元肥ポット当たり窒素、リン酸、カリ(それぞれ0.8 gになるよう表土7 kgに混合施用)
5月21日にポット当たり2株(1株3本植)移植
- ③供試品種 ホウネンワセ
- ④結果 下図のとおり。出穂期に落水されている条件下では全て0.4ppmを超える結果となっている。



出典: 神通川流域における重金属汚染の実態調査と土壌復元工法に関する研究、富山県農業試験場研究報告第15号(柳澤ほか, 1984)