

島根県の林地，耕地，臨海地の荒廃の現状と対策への提言Ⅱ

松本真悟・山下多聞・橋本 哲・大津浩三・小葉田 亨

目 的

島根県の林地，耕地，臨海地は第一次産業の低迷，高齢化，後継者不足，過疎などによって，管理，経営，維持が困難な状況にある。そのため，放棄地が生産性を保持できなくなるとともに，自然環境や地域の社会的荒廃や自然災害をもたらすことが危惧されている。

昨年度，本プロジェクトの調査において，島根県内の農耕地土壌の理化学分析を行ったところ，水田では遊離酸化鉄および可給態ケイ酸含量の顕著な低下傾向が認められた。これらの結果は，農家の高齢化に伴う労働力不足により，含鉄資材ならびにケイ酸資材などの土壌改良資材の施用が十分に行われていないのではないかと推察された。これらの資材は，水稻の健全な生育に不可欠なものであるとともに，近年国際的な基準値が策定されつつあるヒ素，カドミウムなどの重金属の土壌溶液中への溶出および水稻による吸収を抑制する効果があることが知られている。島根県には，かつてヒ素やカドミウムによる汚染地域が少なからず存在していたことから，これらの土壌改良資材施用量の減少は，水稻の重金属汚染リスクへの影響が懸念される。そのため，昭和50～60年代において土壌改良が行われたかつての重金属汚染地においても，重金属含量の調査と遊離酸化鉄および可給態ケイ酸との関係を継続的に調査することが必要であると考えられる。

一方，森林においても，近年は黄砂現象が激化してくるとともに大陸からの重金属の越境汚染も懸念されている。昨年度のプロジェクトにおいて，国内では比較的工業化の遅れており，かつ偏西風により大陸の影響を強く受ける島根県の地理的条件を考慮して，森林における林外雨，林内雨および樹幹流中の重金属濃度を調査した。その結果，針葉樹における樹幹流中のPb濃度が極めて高い値を示した。また，Pb濃度は9月～10月にかけて増加する傾向が認められた。これらの要因は，周辺にPbの汚染源が見当たらないことから，偏西風による大陸からの降下物に由来する可能性が示唆されている。

そこで，本年度のプロジェクトで，農耕地においては，かつてのヒ素汚染地域に設定した定点の土壌分析を行うとともに，一部の圃場から土壌を採取して，栽培試験を行い，水稻の重金属吸収に及ぼす土壌改良資材の影響を検討した。森林においては，継続的に林外雨，林内雨および樹幹流に含まれる重金属を調査し，汚染源との関連

を検討した。これらの調査により，本研究では，地域を一体として総括的に調査，情報を収集し，現状を解析するとともに，今後の研究の発展の模索と打開方法の提言を行うことを目的とする。

方 法

1. 農耕地土壌の定点調査

かつてヒ素の汚染地があった大田市五十猛町の野田川水系および逢浜川水系に隣接する水田をそれぞれ3カ所，計6カ所を定点として選定し，土壌の理化学分析を行った。

2. 水稻のヒ素およびカドミウムの吸収抑制における土壌改良資材の施用効果の検証

定点圃場6から附属生物資源教育研究センター内のコンクリート枠（1区画0.72m²）に土壌を搬入し，出穂後の水管理と併せて転炉滓およびケイカルを施用して以下の条件で試験を行った。

- (1) 供試土壌：定点圃場6，1N塩酸抽出As 8ppm
- (2) 供試資材：転炉滓（ケイ酸13%，酸化鉄25%，アルカリ35%，リン酸2.2%）；2水準（0，400kg/10a），ケイカル（ケイ酸30%，アルカリ43%，リン酸1.7%）；2水準（0，400kg/10a）
- (3) 水管理：3水準（出穂，出穂10日，出穂20日まで湛水）
- (4) 試験規模：コンクリート枠（1区画0.72m²），3反復，栽植密度=33.3/m²
- (5) 供試品種：コシヒカリ
- (6) 栽培概要：田植え6月3日，出穂8月12日，収穫9月22日

3. 林地における重金属蓄積実態調査

ヒ素，鉛，カドミウムなどの有害重金属の環境中の動態を明らかにするために，三瓶から宍道湖中海周辺の森林を設定し，モニタリング調査を行った。

結果と考察

1. 農耕地土壌の定点調査

選定した定点の土壌型は，いずれも灰色低地土であった。圃場1および4は1N塩酸抽出ヒ素濃度が15mgkg⁻¹以上と高い値を示した。これらの地点では土壌改良後に耕耘などの土壌の攪乱によって，比較的ヒ素濃度の高い下層の土壌と混和された結果，このように高い値を示したものと推察された。また，その他の地点においても，

日本の農耕地土壌における平均的なヒ素濃度よりも高く、今後も継続的に注視していく必要があることが認められた。また、カドミウム濃度は圃場2および4で日本の耕地土壌の平均値よりも高い値を示したが、他の地点は平均以下の値であった。

一方、遊離酸化鉄含量は圃場1および5で鳥根県の土壌診断基準値を上回っていたが、その他の地点はそれに及ばず、含鉄資材の施用が十分ではないと考えられた。可給態ケイ酸含量はいずれの圃場でも鳥根県の診断基準値以下であり、極めて低い水準にあった。これらの結果から、選定した定点は土壌中のヒ素濃度が比較的高く、遊離酸化鉄および可給態ケイ酸含量が低く、水稻のヒ素吸収リスクが高い地域であることが示唆された。

2. 水稻のヒ素およびカドミウムの吸収抑制における土壌改良資材の施用効果の検証

コンクリート枠試験において、水管理の違いと土壌改良資材の施用による生育への差は認められなかった。玄米のカドミウム濃度は出穂後の水管理の違いにより著しく異なった。すなわち、出穂後の湛水期間が長くなるほど顕著な低下傾向を示した。これは、湛水により土壌が還元的な状態に保たれることにより、カドミウムは硫黄と結合して不溶性の硫化カドミウムの形態で存在するため、水稻による吸収が抑制された結果であると推察された。一方、玄米のヒ素濃度はカドミウムとは逆の傾向を示し、湛水期間が長くなるほどその濃度は高くなった。ヒ素の場合、湛水により土壌が還元的に保たれる条件では、ヒ酸が、より可溶性の高い亜ヒ酸へと還元されるため、水稻による吸収が促進されたものと考えられる。この際、土壌改良資材の施用は玄米中のヒ素濃度の低減に有効であり、湛水期間が長くなるほどケイカルによる玄米中のヒ素濃度は低下した。カドミウムとヒ素は

トレードオフの関係にあり、水管理のみでは両者を同時に低下させることは難しいが、湛水期間を長くしてカドミウムの濃度を低減するような条件では、ケイカルなどの土壌改良資材の施用により、ヒ素濃度の低減が可能であることが示唆された。

3. 森林における重金属の蓄積

鉛の濃度は降水ではかなり低く、雨水による供給は限定的であると考えられた。針葉樹、広葉樹を問わず土壌中に蓄積された鉛を根系から吸収後、樹皮を通して排出しているのではないかと推察されるが、鉛の供給源は不明確であり、季節的な変動も含めて雨水の継続的な調査が必要であると考えられた。カドミウムの場合、最も高い濃度は降水で2008年4月に観測された。それを除けば、降水と樹幹流のカドミウム濃度は、ほぼ同程度の値を示し、当該調査地で観測されるカドミウムの多くは雨水起源と考えられる。降水の銅濃度は比較的変動が大きく、検出限界以下の濃度の場合もあった。降水の高濃度時には樹幹流の濃度とほぼ同程度の値を示し、当該調査地で観測される銅は雨水起源のものと森林起源のものがあると考えられる。

引用文献

- Arao, T., Kawasaki, A., Baba, K., Mori, S. and Matsumoto, S. Effect of water management on cadmium and arsenic accumulation and dimethylarsenic acid concentrations in Japanese rice. *Environ. Sci. Technol.*, 43, 9361-9367, 2009
- Arao, T., Kawasaki, A., Baba, K. and Matsumoto, S. Effects of Arsenic Compound Amendment on Arsenic Speciation in Rice Grain, *Environ. Sci. Technol.*, 45, 1291-1297, 2011