

# 研究成果報告書

株式会社フクヤマ 殿

研究題目

粉碎瓦の田地散布による稻作への成長効果と  
放射性セシウムの米への移行の抑制効果の検証

平成 24 年 12 月 12 日

日本大学工学部

生命応用化学科

教授 平山和雄



## 1 目 的

2011 年の東日本大震災と東京電力福島第 1 原子力発電所事故による放射能汚染は福島県に多大な被害を及ぼしている。特に、放射性セシウムを含む米についての風評被害や作付け制限などによって、米作農家は苦しい状況にさらされている。

住宅の新築や増改築で生じた廃棄屋根瓦は産業廃棄物として処理されおり、廃瓦の有効利用が求められている。屋根瓦には様々な元素が含まれており、産地によってその成分は異なっている。粉碎した瓦を水の中に浸すと、わずかではあるが無機成分（ミネラル分）が水中に溶出することから、本事業計画提案者は平成 21 年から水田への散布による土壤改良と稻作における稻の成長効果の研究に着手している。

本研究では、粉碎した廃棄屋根瓦（粉碎瓦と以後略記する）を田地に散布して、稻作における稻の成長促進と米の収量を検討し、稻作における土壤改良剤としての有効性を化学的な観点から検討した。更に、福島県においては放射性セシウムによる農地の汚染が深刻であることから、粉碎瓦の散布による放射性セシウムの米への移行の抑制効果も併せて検討した。

## 2 実 験

### 2-1 農地

田村市船引町、田村市大越町、郡山市逢瀬町、郡山市中田町（2ヶ所）の計 5 地区の農地を実験農場として使用した。

各田地への粉碎瓦の散布は 1 年に 1 回冬季に行い、1 反歩（1000 平方メートル）当たり 1 トンを散布した後、通常の稻作作業を行った。粉碎瓦の散布回数は、各田地により異なり、田村市船引町と郡山市中田町では平成 21 年から平成 23 年まで計 3 回、田村市大越町では平成 21 年と 23 年の計 2 回、郡山市逢瀬町は平成 23 年の 1 回である。なお、粉碎瓦の効果を検証するために、田村市船引町、郡山市逢瀬町、郡山市中田町（1ヶ所）の 3 地区では、粉碎瓦を散布しない田地についても併せて検証した。

### 2-2 放射能計測装置

土壤中の放射性セシウム濃度は、マリネリ容器（2L）又は U8 容器に試料を入れ、キャンベラ社  $\gamma$  線ゲルマニウム半導体検出器（JC-2520 型）を使用して測定した。

### 2-3 微量元素の分析

米は以下に示す分解方法で試料を溶液化した後、質量分析法で米の中の微量元素の含有量を求めた。

米 1 グラムを精秤し、テフロン容器中で濃硝酸 5 mL を加えて分解した。純水で 20mL にした後、パーキンエルマー社の ELAN DRC II ICP 質量分析計を使用して試料溶液中の微量元素を定量した。

## 3 結果と考察

### 3-1 粉碎瓦の添加による米の収量の変化

福島県中通り地方の 5ヶ所の農地について、粉碎瓦を散布した農地と粉碎瓦を散布しない従来の農地で耕作したときの稻一株当たりのモミの収量を調べた結果を表 1 に示す。また、稻株の例を図 1 と図 2 に示す。

田村市船引町地内の農地では、粉碎瓦を散布した場合と無散布におけるモミの収量は、それぞれ 83 g と 37g であり、収量比（散布/無散布）は 2.2 であった。他の田村市大越町と郡山市中田町の 2ヶ所の農作地においても、粉碎瓦を散布した場合と無散布のものを比べると、米の収量は多くなっており、収量比は 1.4~2.2 の範囲であった。図 1 と図 2 に示すように、粉碎瓦を散布した農地で生育した稻では、無散布で育った稻と比較して、分けつが進んでおり、一株当たりの稻穂の数が明らかに増えている。

粉碎瓦の散布回数は各試験農地で異なっており、散布回数が 3 回の田村市船引町と郡山市中田町①では、

収量比が特に大きくなっていることから、粉碎瓦を毎年連続散布することも稲の生育に効果的であると推察される。

以上より、農地に粉碎瓦を添加すると、稲の分けつと生長が促進され、米の収量が増加することが明らかになった。

表 1 粉碎瓦を加えた農地による米作の収量(平成 24 年産米)

米の産地	品種	収量(g/株)		収量比 (A)/(B)
		粉碎瓦添加 (A)	粉碎瓦無添加 (B)	
田村市船引町	ひとめぼれ	83	37	2.2
田村市大越町	ひとめぼれ	64	43	1.5
郡山市中田町①	ひとめぼれ	67	34	2.0
郡山市中田町②	コシヒカリ	49	36	1.4



図 1 田村市船引町産稻束



図 2 郡山市中田町産稻束

### 3-2 粉碎瓦の添加による放射性セシウムの除去効果

福島県内の農地は放射性セシウムを含んでおり、稲作において米へのセシウムの移動が懸念されている。

そこで、表 1 で示した農地の他に郡山市逢瀬町の農地についても放射能の濃度を調べた結果を表 2 に示す。

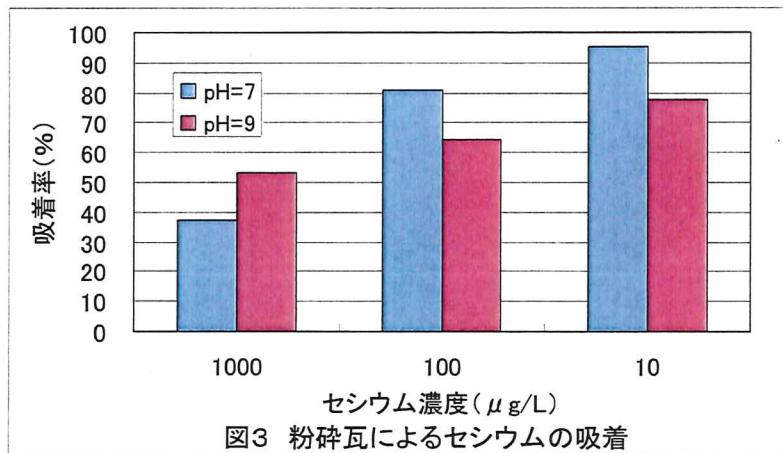
放射性セシウムの濃度は産地により異なっており、もっとも低いのは田村市大越町の粉碎瓦無添加の農地であり、全放射性セシウム濃度で  $291\text{Bq/kg}$  であった。一方、郡山市逢瀬町地内の農地では粉碎瓦無添加の農地で  $2157\text{Bq/kg}$  が検出された。このように、農地の放射性セシウム濃度は一定ではなく、産地によって大きく変動していることが明らかになった。

次に、安定同位体のセシウムを使用し、 $10\text{ppb} \sim 1000\text{ppb}$  のセシウムを粉碎瓦で吸着したときの結果を図 3 に示す。試料液量は  $50\text{mL}$  であり、粉碎瓦  $1.0\text{ g}$  を加えて 10 分間攪拌した。攪拌後の溶液をろ過し、ろ液のセシウム濃度を測定して吸着率を求めた。

セシウムの吸着率は溶液のセシウム濃度によって変化するが、 $\text{pH}7$  の溶液では、約 95% のセシウムが吸着された。土壤中の放射性セシウムの濃度は  $\text{ng/kg}$  以下であり、土壤から溶出したセシウムイオンの一部は粉碎瓦に吸着されることから、土壤から米への放射性セシウムの移行を抑制する効果があるものと考えられる。

表2 田地の放射性セシウム濃度

米の産地	土壤処理	放射性セシウム濃度(Bq/kg)		
		セシウム-134	セシウム-137	全放射性セシウム
田村市船引町	粉碎瓦添加	482	870	1352
	粉碎瓦無添加	507	881	1388
田村市大越町	粉碎瓦添加	116	175	291
	粉碎瓦無添加	71	104	175
郡山市中田町①	粉碎瓦添加	130	204	334
	粉碎瓦無添加	148	239	387
郡山市中田町②	粉碎瓦添加	483	876	1359
	粉碎瓦無添加	196	348	544
郡山市逢瀬町	粉碎瓦添加	821	1333	2154
	粉碎瓦無添加	826	1331	2157



以上の5地区の中で、比較的放射能濃度の高い田村市船引町、郡山市中田町、郡山市逢瀬町の3地区について、収穫した米の放射能濃度を調べた結果を表3に示す。

粉碎瓦を添加していない農地では、3地区ともセシウム-134とセシウム-137の何れの放射性物質も検出された。これに対し、粉碎瓦を添加した場合、何れの地区でもセシウム-134が検出限界値以下になっており、全放射性セシウム濃度も粉碎瓦無添加の農地で得られた米よりも低くなっている。なお、粉碎瓦を散布しない田地で得られた米の放射性セシウム濃度は1Bq/kg程度であり、食品衛生法の基準値をはるかに下回るものである。

以上の結果から、田地への粉碎瓦の散布は、田地に含まれる放射性セシウムの米への移行を抑制でき、粉碎瓦の田地への散布が放射性セシウムを含まない米の生産に効果的であることが判明した。

表3 産地別の米の放射能濃度

米の産地	粉碎瓦の有無	米の放射能濃度			
		粉碎瓦添加		粉碎瓦無添加	
	放射性核種	放射能濃度 (Bq/kg)	検出限界値 (Bq/kg)	放射能濃度 (Bq/kg)	検出限界値 (Bq/kg)
田村市船引町 (白米)	セシウム-134	ND	0.63	0.67	0.62
	セシウム-137	1.14	0.63	0.92	0.60
郡山市中田町② (玄米)	セシウム-134	ND	0.68	0.97	0.77
	セシウム-137	0.79	0.75	1.32	0.87
郡山市逢瀬町 (玄米)	セシウム-134	ND	0.84	1.14	0.67
	セシウム-137	0.97	0.85	1.71	0.73

### 3-3 米の中の微量成分の分析

平成24年度に作付けした米について、米の中の微量元素を定量した結果を表4に示す

白米中の微量元素の中で、亜鉛、マンガン、鉄、銅はmg/kgオーダーで含まれており、粉碎瓦の有無による明確な変化は見られない。アルミニウム、モリブデン、セレン、ニッケル、ヒ素、鉛、クロム、カドミウムは $\mu\text{g}/\text{kg}$ のオーダーで含まれている。この中で、粉碎瓦を添加した田地で得られた米では、カドミウムの濃度が減少しているのが特徴的である。米は極めて微量のバナジウムを含有しており、通常の無散布の田地では、0.55から0.80 $\mu\text{g}/\text{kg}$ の濃度であった。しかし、粉碎瓦を散布した場合、いずれの場合も無散布のものよりバナジウムの濃度が大きくなっている。郡山市逢瀬町産では、バナジウム濃度の増加はさほど顕著ではないが、田村市船引町産と郡山市中田町産では、それぞれ1.84倍と6.62倍になっており、バナジウム濃度の高い米の生産を可能にする結果が得られた。これは粉碎瓦からバナジウムが高濃度で水中に溶出し、溶出したバナジウムが米の生育とともに植物の体内に取り込まれることから、米の中のバナジウム含有量が増加したものと考えられる。なお、粉碎瓦を使用していない茨城県産米と比較すると、各元素とも濃度に大きな差は無いが、粉碎瓦を散布するとバナジウムの濃度が高くなっているのは注目すべき点である。

表4 白米中の微量元素の分析

産地	土質	白米中の無機成分の濃度( $\mu\text{g}/\text{kg}$ ) * : mg/kg												
		Zn *	Mn *	Fe *	Cu *	Al	Mo	Se	Ni	Pb	Cr	As	Cd	V
田村市船引 町産白米	瓦入り	13.9	6.87	3.39	0.52	1004	309	156	158	18.6	15.37	99.0	3.68	1.47
	瓦無し	14.1	11.22	3.94	1.24	968	309	280	246	22.4	4.65	90.5	18.96	0.80
郡山市中田 町産白米	瓦入り	13.0	7.83	3.90	1.16	899	507	269	164	25.9	15.22	132.8	12.53	7.68
	瓦無し	12.9	11.89	3.60	1.84	853	714	370	427	21.5	18.84	86.1	70.86	1.16
郡山市逢瀬 町産白米	瓦入り	13.8	8.92	2.42	1.70	975	304	381	123	14.4	10.21	135.9	5.66	0.64
	瓦無し	11.1	7.98	1.96	1.23	686	278	276	107	15.0	6.88	146.9	5.89	0.55
茨城県産米	瓦無し	9.00	6.47	2.00	1.93	380	468	389	147	12.6	5.88	100.0	82.48	0.66

### 4 結論

田地の土壤改良剤として様々なものがこれまで利用されてきている。今回使用した粉碎瓦は、田地に固有の土壤に散布された後に混合されることで、水田の中で少しずつ無機成分が溶出していくことになる。これは、植物の成長に必要な窒素、リン、カリウム以外のミネラル分が粉碎瓦からわずかではあるが供給されることを示している。

粉碎瓦の田地への散布による稻の生育と放射性セシウムの低減について、本実験結果から明らかになった知見を以下に示す。

(1) 粉碎瓦を田地に散布することで、米（粒）の収量が無添加の農地に比べて大きくなっている。これは、稻の生育段階における分けつが活発になっているものであり、稻一株当たりの収量が上がっていることに起因している。粉碎瓦の連續散布は、稻の生育に効果的であることが判明した。

(2) 今回使用した田地の土壤には、 $1000\text{Bq/kg}$  オーダーの放射性セシウムが含まれている。得られた米の中のセシウム-134 とセシウム-137 の合計放射能濃度は  $1\text{Bq/kg}$  前後であり、米への移行は極めて小さいことが判明した。さらに、粉碎瓦を散布した田地で得られた米ではセシウム-134 の放射能濃度が検出下限値以下になり、粉碎瓦の散布は放射性セシウムの米への移行を抑制する効果のあることが判明した。

今後、放射能濃度の高い田地でのセシウムの移行の抑制効果を検証することで、粉碎瓦の利用が更に促進されることが期待される。

(3) 田地に散布した粉碎瓦から微量の無機成分が溶出し、これらの成分が稻の生育を促進しているものと考えられる。特に、微量無機成分の中ではバナジウムの溶出濃度が高いことから、米の中のバナジウム含有量も大きくなっている。バナジウムは、人間の健康を維持する上で重要な元素であり、成長促進などの健康への効果もあることから、バナジウム濃度の高い米は、商品価値の高いものになると期待される。なお、粉碎瓦で生産した米中のカドミウムが減少しているのも特筆すべき点である。

ここでは、米の生育に対して粉碎瓦からの微量無機成分の溶出の観点から考察したが、粘土質稻作土壤に若干粗い粒子の粉碎瓦が混入されることで、土壤中の水や空気の移動が促進され、更に栄養素の粉碎瓦への吸着とそこから根への栄養の供給が効果的に行われることも稻の生育の一因と考えられる。これらについては今後更に検討を加えたい。

以上、粉碎瓦の散布は稻の生育に効果的であり、収量の増加とともにミネラル分としてバナジウムを多く含むことから健康米としての商品価値も生まれることになる。併せて、福島県の農地においては、放射性セシウムの米への移行を抑制する必要があり、粉碎瓦の田地での利用は安心で安全な米作りに貢献できるものと考えられる。