

# 徳島県における遊離酸化鉄欠乏水田の分布と含鉄資材の施用効果

(第2報)

## 含鉄資材の施用効果

葉柳清照・岡田俊美・黒田康文・梯美仁・山本英記

Responses of rice plant by applying iron slag fertilizer in free iron  
defficient paddy soils widely distributed in Tokushima Prefecture II

Responses of rice plant by applying iron slag fertilizer

Kiyoteru HAYANAGI, Toshimi OKADA, Yasufumi KURODA, Yoshihito KAKEHASHI and Hideki  
YAMAMOTO

### 要約

葉柳清照・岡田俊美・黒田康文・梯美仁・山本英記(1990): 徳島県における遊離酸化鉄欠乏水田の分布と含鉄資材の施用効果(第2報)含鉄資材の施用効果. 徳島農試研報, (27): 51 ~ 58.

本県には遊離酸化鉄欠乏水田が広く分布しているが、これまで含鉄資材の施用等の実績はほとんどなかった。そこで、代表的な鉄欠乏水田地帯において含鉄資材の施用効果を検討した。

鉄欠乏水田では転炉さいまたは電気炉さいの20kg/a施用で明らかに増収した。多量施用では生育過剰気味となり倒伏の恐れがあることから、20kg/a程度の連年施用が適当と考えられた。

転炉さいの施用により根の活性の向上、根量の増加および土壌中の窒素無機化量の増大が認められた。

### はじめに

前報<sup>3)</sup>で本県には作土の遊離酸化鉄含量の少ない老朽化水田が最近においても広範囲に分布していることを明らかにした。

水田の秋落ち対策として本県では水管理、早期水稻の導入等栽培技術の改善とともに土壌改良面では珪酸カルシウムの施用が行われてきたが、含鉄資材の施用等の実績は1960年以降ほとんどなかった。

そこで、鉄欠乏水田に対する含鉄資材の施用が水稻の生育収量および土壌に及ぼす影響について検討したので報告する。

なお、本報は農林水産省助成土壌保全対策事業の地力増進地域指定地区改善対策試験の一部をとりまとめたものである。

試験の実施に当りご援助、ご協力いただいた関係農業改良普及所・町・農協・農家等多数の方々に対し厚くお礼を申し上げます。

### 試験方法

#### 試験1 圃場試験

鉄欠乏水田2か所(穴喰町, 上板町)において1986年と1987年の2年間, 鉄含量の多い水田1か所(農試圃場)において1987年に含鉄資材の施用試験を行い, 水稻の生育収量, 養分吸収および土壌の化学性等に及ぼす影響を調査した。試験圃場の土壌化学性は第1表に, 試験区の処理内容は第2表に示

した。なお、穴喰試験地および上板試験地では試験2年目の1987年には100kg/a単年区は無施用とした。

第1表 試験ほ場の土壌の化学性(試験開始前)

試験地	pH(H <sub>2</sub> O)	EC(1:2) (mS/cm)	T-C (%)	T-N (%)	CEC (me)	置換性			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (mg)
						CaO (mg)	MgO (mg)	K <sub>2</sub> O (mg)			
上板	5.5	0.10	1.50	0.16	7.3	118	16	8	15	0.45	3
穴喰	5.7	0.07	1.60	0.19	8.5	70	18	5	13	0.42	15
農試	6.2	6.2	0.27	2.75	11.8	248	58	10	49	1.50	14

注) P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: オルオーグリン酸 SiO<sub>2</sub>: 有効態珪酸  
CEC, CaO, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SiO<sub>2</sub>は乾土100g当り

第2表 試験地別の試験区, 処理内容

試験地	試験区	処理の内容		備考
穴喰	無施用			灰色低地土灰色系 (壤質)
	20kg連年	転炉さい	20kg/aを2年間連年施用	
	50kg通年	"	50kg/a "	
	100kg単年	"	100kg/a単年施用	
上板	無施用			灰色低地土灰色系 (壤質)
	20kg連年	電気炉さい	20kg/aを2年間連年施用	
	50kg連年	"	50kg/a "	
	100kg単年	"	100kg/a単年施用	
農試	無施用			灰色低地土灰色系 (壤質)
	100kg/a	転炉さい	100kg/a施用	

供試した含鉄資材は、穴喰試験地および農試圃場では転炉さい、上板試験地では電気炉さいとした。供試資材の成分は第3表に示した。

第3表 供試資材の組成(メーカー表示値)

資材名	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	可溶性	ク溶性	ク溶性	アルカリ分 (%)
		SiO <sub>2</sub> (%)	MgO (%)	MnO (%)	
転炉さい	25	12	2	5	49
電気炉さい	30	20	4	3	37

試験区の規模は穴喰試験地では1区50m<sup>2</sup>、上板試験地では1区30m<sup>2</sup>、農試圃場では90m<sup>2</sup>でそれぞれ2反復とした。

品種は穴喰試験地および農試圃場ではコシヒカリを、上板試験地では日本晴を用い、早期米地帯の穴喰試験地では4月上旬に、普通期米地帯の上板試験地および農試圃場では6月上中旬にそれぞれ移植した。

施肥は窒素、リン酸、カリの順に、穴喰試験地では0.48 - 0.42 - 0.60kg/a、上板試験地では0.60 - 0.48 - 0.60kg/a、農試圃場では0.70 - 0.70 - 0.70kg/aとし、基肥と穂肥で施用した。

生育調査は最高分けつ期頃(草丈、茎数、葉色)および成熟期(稈長、穂長、穂数)に1区20株で、収量調査(わら重、籾重、玄米重)は1区40株で行った。また登熟歩合、1穂籾数、玄米千粒重についても常法により調査した。なお葉色は葉緑素計SPAD-501を用いて測定した。

水稻の養分吸収量については、穴喰試験地において1986年に採取した成熟期の稲わらを用いた。分析項目は全窒素、リン、カリウム、カルシウム、マグネシウム、珪酸、鉄で、分析方法は土・水および

作物体分析法<sup>7)</sup>に準じた。

作土の化学性分析には、穴喰試験地および上板試験地より1986年に採取した試験跡地土壌の風乾土壌を用いた。分析項目は土壌pH、有効態リン酸、置換性のカリ・石灰・苦土、遊離酸化鉄、可給態珪酸で、遊離酸化鉄はヒドロサルファイトナトリウムと0.02M-EDTAで抽出し、原子吸光法で、その他は土・水および作物体分析法<sup>7)</sup>に準じて測定した。

窒素の無機化量は穴喰試験地の含鉄資材無施用区より1987年に採取した土壌を用い、風乾土壌100gに対し転炉さいをそれぞれ0、0.2、0.5、1.0g添加し、30℃で6週間湛水培養し、生成したアンモニア態窒素量を測定して求めた。

使用した含鉄資材の鉄の溶出については、土壌の遊離酸化鉄の測定と同様の方法で行ったが、溶出時間は土壌の15分に対し、含鉄資材では15、30、45分の3段階とした。

## 試験2 ポット試験

含鉄資材の施用が水稻根の活性および根の生育に及ぼす影響について検討した。日和佐町の鉄欠乏水田より採取した土壌に第4表の処理区を設け、農試場内で試験を行った。1/5,000aワグネルポットを用い、1処理区6ポットで、1988年の6月8日にコシヒカリを移植した。

第4表 ポット試験の試験区および処理内容

試験区	処理内容 (g/ポット)	施肥(g/ポット)		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
対照		各区共通		
転炉さい	転炉さい110			
麦稈	麦稈10	基肥	0.1	0.1
麦稈 + 転炉さい	麦稈10 転炉さい110	穂肥	0.04	0.00

含鉄資材は転炉さいを用い、麦稈は土壌の還元を促進させるために施用した。

根の活性は移植後36日後にTTC法<sup>8)</sup>により測定し、根の生育は移植後36日後と成熟期に掘りとり、水洗、乾燥後秤量した。

## 試験結果

### 1 水稻の生育収量に及ぼす影響

資材の施用初年目の生育調査の結果を第5表に、収量等の調査結果を第6表に示した。

第5表 生育調査の結果(施用初年日)

試験地	試験区	最高分けつ期頃			成熟期		
		草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )
穴 喰	無施用	49.6	606	34.5	68.6	14.3	468
	20kg連年	51.5	680	36.1	68.4	14.2	491
	50kg連年	54.4	748	38.3	76.9	15.0	552
	100kg単年	53.7	748	36.3	78.0	15.3	557
上 板	無施用	57.5	517	35.0	72.0	18.7	523
	20kg連年	58.0	519	35.8	73.6	19.0	517
	50kg連年	58.3	527	35.7	72.8	19.2	527
	100kg単年	59.1	529	34.2	77.7	18.7	529

農試	無施用	55.8	410	35.3	90.9	18.3	380
	100kg/a	54.4	390	36.6	89.4	17.7	365

注) 穴喰試験地, 上板試験地は1986年, 農試は1987年の数値

第6表 収量等の調査結果(施用初年度)

試験地	試験区	わら重 (kg/a)	籾重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	収量指数	登熟歩合 (%)	1穂籾数	千粒重 (g)
穴喰	無施用	47.2	51.5	41.5	100	85.9	55	23.3
	20kg連年	51.9	57.2	45.1	109	80.8	53	23.1
	50kg連年	60.7	60.4	47.4	114	65.5	64	22.9
	100kg単年	61.6	60.3	47.2	114	57.2	67	22.4
上板	無施用	68.8	67.1	53.3	100	79.5	71	21.3
	20kg連年	74.3	72.1	57.0	107	74.0	73	20.6
	50kg連年	73.6	71.1	56.7	106	70.7	76	20.7
	100kg単年	69.4	66.8	51.5	97	66.0	81	20.2
農試	無施用	68.0	70.8	57.4	100	79.2	83	21.3
	100kg/a	68.7	69.6	56.4	98	82.3	87	21.1

注) 穴喰試験地, 上板試験地は1986年, 農試は1987年の数値

穴喰試験地および上板試験地では最高分けつ期頃の草丈, 葉色, 成熟期の稈長, 穂長は含鉄資材の施用区で無施用区を上回る傾向で, 多量施用では草丈, 稈長の伸びが著しく, 穴喰試験地の50kg連年区および100kg単年区では倒伏した。茎数, 穂数は試験地間で傾向が異なり, 穴喰試験地では含鉄資材の施用量の多い区で増加したが, 上板試験地では処理区間に傾向はみられなかった。鉄含量の多い農試圃場では100kg/aと多量に施用しても無施用区とほとんど生育の差はなかった。

含鉄資材施用区の玄米収量は無施用区に比べ穴喰試験地で9~14%, 上板試験地では100kg単年区を除き7%程度多くなった。穴喰試験地では資材の施用量が多くなると収量が増加する傾向であったが, 上板試験地では多量施用による増収傾向はみられなかった。わら重と籾重を合わせた地上部重量では穴喰試験地, 上板試験地ともにすべての区で無施用区を上回った。農試圃場では収量差は認められなかった。

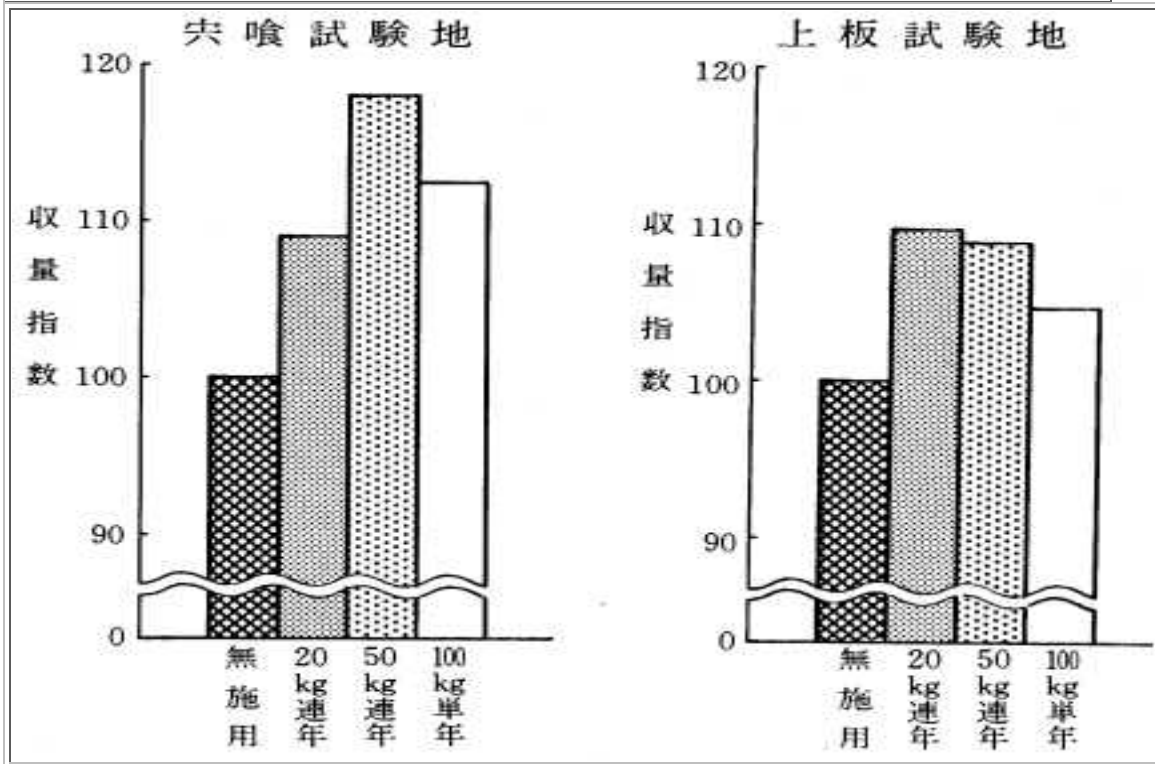
穴喰試験地および上板試験地では, 含鉄資材の施用区で登熟歩合, 千粒重は低下し, 1穂籾数は増加する傾向がみられ, 穴喰試験地の50kg連年区および100kg単年区では倒伏のため著しく登熟歩合が低下した。農試水田では区間差はみられなかった。

含鉄資材の施用方法との関連では第7表に試験2年目の生育および収量調査の結果を示した。連年施用区, 単年区とも無施用区に比べ生育は旺盛で, 収量も上回った。ただ, 穴喰試験地の100kg単年区では施用初年目に比べ収量指数は低下した。

第7表 含鉄資材の施用方法と水稻の生育, 収量(施用2年目)

試験地	試験区	最高分けつ期頃		成熟期					収量指数
		草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	わら重 (kg/a)	玄米重 (kg/a)	
穴喰	無施用	62.4	609	75.9	16.8	523	42.4	39.6	100
	20kg連年	64.4	658	79.0	17.3	547	46.9	43.4	110
	50kg連年	64.6	704	81.7	17.4	557	51.7	48.2	122
	100kg単年	64.3	644	79.2	17.1	526	53.4	43.9	111
上板	無施用	71.6	586	76.4	18.5	478	67.9	51.0	100
	20kg連年	74.1	610	79.0	18.8	515	81.1	57.2	112
	50kg連年	74.0	606	78.2	18.8	502	85.6	56.7	111

100kg単年	75.8	631	80.0	19.8	555	83.8	57.5	113
---------	------	-----	------	------	-----	------	------	-----



第1図 2年間の平均玄米収量指数(無施用を100とする)

無施用区に対する2年間の収量指数の平均は第1図に示したとおりで、穴喰試験地では50kg連年 > 100kg単年 > 20kg連年 > 無施用となり、上板試験地では20kg連年 > 50kg連年 > 100kg単年 > 無施用となり、試験地間で多少傾向が異なったが、両試験地とも20kg/aの施用でも無施用に比べ明らかに増収した。

## 2 水稻の養分吸収および根に及ぼす影響

稲わらの分析結果を第8表に示した。成熟期の稲わらの全窒素および珪酸濃度は転炉さいの施用量が多い区ほど高くなった。その他の成分では処理区間に顕著な差はなかった。各養分の吸収量は転炉さいの施用区で無施用区を上回り、多量施用では窒素および珪酸の吸収量の増加が顕著であった。

第8表 転炉さいの施用と水稻(稲わら)の養分吸収(1986年, 穴喰試験地)

試験区	T-N (%)	N吸収量 (g/a)	P (%)	P吸収量 (g/a)	K (%)	K吸収量 (g/a)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	SiO <sub>2</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> 吸収量 (kg/a)
無施用	0.55	260	0.16	76	1.77	835	0.27	0.17	112	8.8	4.20
20kg連年	0.60	311	0.18	93	1.77	919	0.26	0.16	91	10.0	5.19
50kg連年	0.64	388	0.19	115	1.86	1129	0.29	0.17	106	10.3	6.25
100kg単年	0.77	474	0.17	105	2.01	1238	0.26	0.20	97	11.4	7.02

根の生育量および活性の調査結果を第9表に示した。分けつ期(移植36日後)の根重は麦稈区で最も軽く、その他の区では差がなかった。成熟期では転炉さい区で最も重く、麦稈区で軽かった。麦稈に転炉さいを併用した区では分けつ期と同様麦稈区を上回った。

根の活性は転炉さい区および麦稈と転炉さいの併用区で他の区に比べ高く、転炉さいの施用により根の活性が高くなる傾向が認められた。

第9表 根の発育および活性調査(1988年)

処理区	分けつ期根重 (g/株)	根の活性	成熟期根重 (g/株)
対照	3.4	11.8	4.9

転炉さい	3.4	16.0	5.7
麦稈	2.5	12.5	4.4
麦稈 + 転炉さい	3.6	15.3	4.8

注) 根の活性は1株の1時間当りTTCを還元し生成したフォルマザン量(mg)

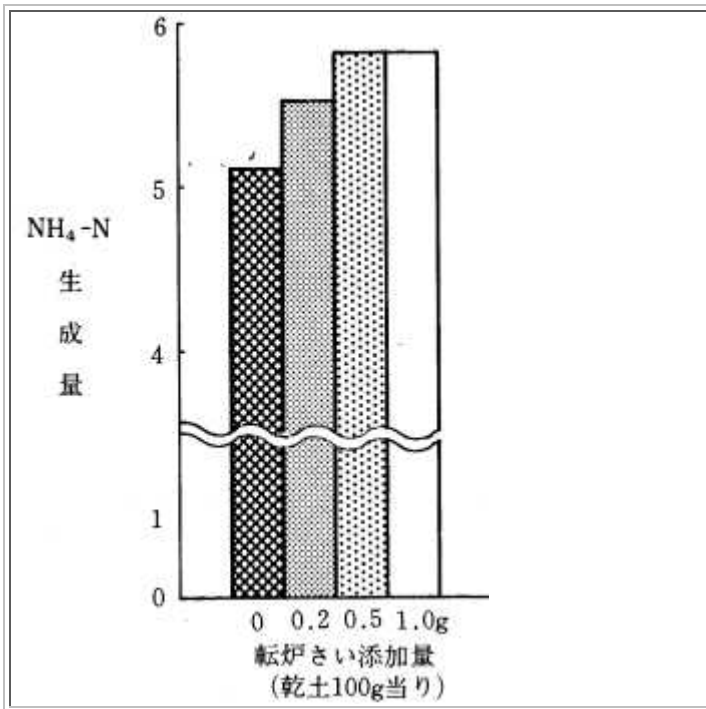
### 3 土壌の化学性等に及ぼす影響

試験跡地土壌の分析結果は第10表に示したとおりで、含鉄資材の施用区では無施用区に比べpHが高くなり、置換性石灰、遊離酸化鉄、可給態珪酸は増加した。転炉さいでは電気炉さいに比べpHの上昇および置換性石灰の増加の程度が大きい反面、遊離酸化鉄含量の増加の程度は小さく、資材間に差がみられた。

第10表 水稻跡地土壌の化学性(1986年, 穴喰試験地, 上板試験地)

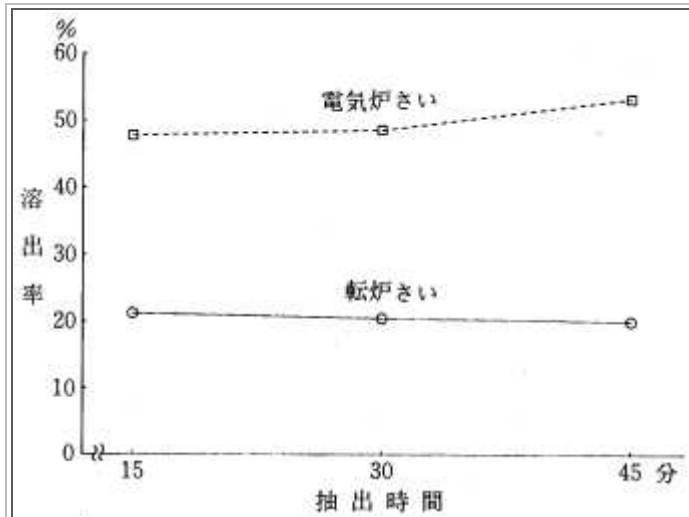
試験地	試験区	pH (H <sub>2</sub> O)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg)	K <sub>2</sub> O (mg)	CaO (mg)	MgO (mg)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	SiO <sub>2</sub> (mg)
穴喰	無施用	5.7	13	7	96	17	0.42	14
	20kg連年	5.9	13	6	106	16	0.42	14
	50kg連年	6.1	15	7	129	16	0.46	21
	100kg単年	6.8	21	7	217	17	0.49	28
上板	無施用	5.4	14	12	104	14	0.45	2
	20kg連年	5.6	13	14	117	17	0.55	11
	50kg連年	5.7	13	12	112	16	0.60	8
	100kg単年	6.1	12	12	142	18	0.78	25

注) K<sub>2</sub>O, CaO, MgOは置換性  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, CaO, MgO, SiO<sub>2</sub>は乾土100g当り



第2図 転炉さいの添加量とアンモニア態N生成量 (30, 6週間湛水培養)

30 で6週間培養により生成したアンモニア態窒素量は第2図に示したとおり転炉さいの添加量が多くなるにしたがい多くなる傾向であったが、0.5gと1.0gの添加では差がなかった。



第3図 資材中の鉄の溶出率

含鉄資材中の鉄の溶出率と溶出時間の関係を第3図に示した。転炉さいおよび電気炉さいの鉄の溶出量は表示成分量を下回り、溶出率は転炉さいでは20%程度、電気炉さいでは50%程度であった。溶出時間との関連では転炉さいは15分と45分を比べても溶出率に差がなかったが、電気炉さいでは溶出時間が長くなると溶出率は上昇する傾向であった。

## 考察

鉄欠乏水田に対しては含鉄物の施用により水稻の生育増進、収量増加等の秋落ち改善効果が認められるとの多くの報告がある<sup>1), 4), 5), 6)</sup>。しかし、本県には前報で述べたように鉄欠乏水田の分布が広いにもかかわらず含鉄資材の施用実績はほとんどなかったため、本報では県内の代表的な鉄欠乏水田地帯における含鉄資材の施用効果を確認するとともに効果発現の要因について検討した。

転炉さいまたは電気炉さいの施用で水稻の生育は旺盛となり、玄米収量は増加し、県内に分布する鉄欠乏水田に対しても含鉄資材の施用効果があることが確認された。

村上ら<sup>8)</sup>はグライ土および灰褐色系砂質土壌の秋落ち水田における転炉さいまたは平炉さいの施用試験の結果から60kg/a程度を3～4年ごとに施用するのが適当としている。また、森野<sup>4), 5)</sup>は強度な老朽化水田では含鉄資材の多量施用で著しく増収することを認め、転炉さい施用適量は70～100kg/a程度としている。しかし、本試験に供試した灰色系および灰褐色系の壤質乾田では含鉄資材の施用による増収効果は20kg/aと少ない施用量でもかなり高く、多量施用した場合には生育に及ぼす影響が大きいため品種によっては倒伏する恐れもある。前報<sup>3)</sup>で述べたように本試験に供試した土壌型は本県に広く分布していることや、倒伏しやすいコシヒカリの作付増加が見込まれる点等を考慮すると、20kg/a程度を連年施用するのが適当と考えられる。

鉄欠乏水田では土壌還元時において硫化水素の発生量が多く、根に悪影響を及ぼすことが塩入<sup>9)</sup>、鈴木ら<sup>10), 11)</sup>によって指摘されている。麦稈施用の還元条件下においても転炉さいの施用で根の活性が高く保たれ、根量の低下が緩和されたことから、転炉さいの施用により水稻の生育量および養分吸収量が増加した要因には、硫化水素害の軽減による根量の増加および根の活性の保持に伴う水稻根の養分吸収能の向上が関与しているものと考えられた。

遊離酸化鉄の分析と同じ方法で転炉さいおよび電気炉さいに含まれる鉄を測定した結果、鉄の溶出量は表示値を下回ったが、溶出率は電気炉さいが転炉さいに比べかなり高く、資材間において遊離酸化鉄含量の増加の程度が異なった要因として資材中の鉄の溶出率が関係しているものと推測された。しかし、鉄欠乏水田での水稻に対する効果は溶出量の低い転炉さいでも電気炉さいと同等以上に高く、資材中の鉄の形態および粒度と溶出率の関係や含鉄資材を施用した土壌の鉄の測定方法または評価法について今後さらに検討を要すると考えられた。転炉さいの施用でpHの上昇および置換性石灰の増加が大きかったのは資材に含まれるアルカリ分が高いためと思われた。

土壌の窒素無機化量は転炉さいの添加量が多くなるに従い増加した。土壌にアルカリ分を施用すると易分解性の有機物の分解が促進され窒素の無機化量が増加する効果いわゆるアルカリ効果<sup>2)</sup>が知られている。転炉さいの添加による土壌の窒素無機化量の増加は資材に含まれるアルカリ分に起因し

ていると考えられ、含鉄資材の施用による水稻の収量増加および施用量の増加にともなう著しい生育増進効果の1つの要因と考えられた。

## 摘要

前報<sup>3)</sup>では本県には作土の遊離酸化鉄欠乏水田が広く分布している実態を報じた。本報では代表的な鉄欠乏水田地帯において県内ではほとんど施用実績のなかった含鉄資材の施用効果を施用量、施用方法、効果発現の要因等について検討した。

- 1 水稻の生育は含鉄資材の施用量が多くなるにしたがい旺盛となる傾向で、多量施用では程の伸長が著しかった。
- 2 増収効果は20kg/aの施用量でかなり大きかった。施用量を増やすと宍喰試験地ではさらに増収する傾向であったが、上板試験地では20kg/aの施用が最も良かった。
- 3 含鉄資材の施用量、施用方法に関しては、多量施用では残効が認められるが、施用初年目にはやや生育過剰気味となり登熟歩合や千粒重が低下すること、品種によっては倒伏の恐れがあること、20kg/aの施用でも増収効果が高いことから、20kg/a程度の連年施用が適当と考えられた。
- 4 転炉さいの施用で水稻の根の活性は高まり、根重は増加した。また、土壌の窒素無機化量は転炉さいの添加量が多くなるに従って増加した。
- 5 含鉄資材の施用により水田作土の土壌pHは上昇し、置換性石灰、遊離酸化鉄、可給態珪酸含量は増加した。転炉さいでは資材中の鉄の溶出率が電気炉さいに比べ低く、試験跡地土壌の遊離酸化鉄の増加の程度は小さかった。

## 引用文献

- 1) 耕土培養事業10周年記念会(1961): 耕土培養事業の実績. 耕土培養事業10周年記念誌: 43 ~ 925.
- 2) 原田登五部(1951): 水田の窒素的潜在地力. 農業技術, (6): 13 ~ 15.
- 3) 葉柳清照・岡田俊美・川口公男・山本英記(1990): 徳島県における遊離酸化鉄欠乏水田の分布と含鉄資材の施用効果(第1報)遊離酸化鉄欠乏水田の分布. 徳島農試研報, (27): 44 ~ 50.
- 4) 森野治(1970): 製鉄鉍さいの多投効果(1). 農業技術, 25(10): 481 ~ 482.
- 5) (1970): (2). 農業技術, 25(11): 529 ~ 530.
- 6) 村上英行・古山光男・三原文吉・花山英夫(1973): 砂質秋落水田に対する鉄鉍さいの施用効果. 島根農試研報, (11): 1 ~ 15.
- 7) 農林水産省農産園芸局(1979): 土壌分析及び現地調査法. 土壌環境基礎調査における土壌・水質及び作物体分析法: 3 ~ 195.
- 8) 作物分析法委員会(1975): 根の養分吸収力・活性測定法. 栄養診断のための栽培植物分析法: 521 ~ 533.
- 9) 塩入松太郎・横井肇:(1950): 硫化鉄の溶脱機構. 土肥誌, 22(4): 157 ~ 161.
- 10) 鈴木新一・前田正男(1956): 秋落水田土壌の理化学的特性(第1報). 中国農試報, 3(1): 37 ~ 67.
- 11) 志賀一一(1956): (第2報). 中国農試報, 3(1): 69 ~ 80.