

酸素発生剤と粘土の混合種子被覆による 湛水直播水稻の出芽促進*

中 嶋 泰 則・関 稔・高 橋 成 徳

(愛知県農業総合試験場)

1994 年 10 月 31 日受理

要 旨: 数種類の粘土を 16% の過酸化カルシウムを含有する酸素発生剤にそれぞれ混合して水稻種子に被覆し、これらを湛水土壤中に播種し、出芽に及ぼす粘土混合被覆の効果を検討した。その結果、いずれの粘土の混合被覆によっても出芽が促進されたが、植物堆積物由来の珪藻土 1 やモンモリロナイト系粘土の酸性白土 1 は促進の程度が大きく、カオリナイト系粘土のクレーおよびタルクでは小さかった。

土壌の酸化還元状態の視覚的調査に有効なメチレンブルーを供試し、種子周囲の土壌酸化状態を観察したところ、酸素発生剤の単独被覆に比べ、粘土を混合被覆した種子の周囲の酸化域（青く発色した部分）が大きくなり、酸化域の退色の程度も小さかった。つまり、酸素域が大きく保たれ、酸化域の酸化程度が高く維持されることが考えられた。種子周囲の土壌酸化域の大きさは、混合被覆資材の水中での崩壊性が大きいほど大きかった。また、酸化域の退色程度は、出芽促進効果が大きかった珪藻土 1 や酸性白土 1 の混用でとくに小さかった。出芽促進に対する貢献度をみると、酸化域の大きさより酸化域の色の濃さつまり酸化の程度が、大きいことが明らかとなった。なお、珪藻土 1 の混用は、種子周囲土壌の酸化域の酸化程度を高く維持する能力が高いため、乾もみ重量比 0.25~0.5 と少量でも出芽促進効果が大きかった。

キーワード: 過酸化カルシウム, 出芽, 水稻, 湛水直播, 土壌酸化, 粘土。

Effects of Mixed Coating of Oxygen Generating Chemicals and Several Kinds of Clay on Seedling Emergence in Direct Sowing of Paddy Rice: Yasunori NAKAJIMA, Minoru SEKI and Shigenori TAKAHASHI (Aichi-prefecture Agricultural Research Center, Nagakute, Aichi 480-11, Japan)

Abstract: The effects of mixed coating of seed with oxygen-generating chemicals containing 16% calcium peroxide (CaO_2) and clay on the seedling emergence of rice (*Oryza sativa* L.) from flooded soil were examined. The emergence of seedlings was improved by coating seeds with oxygen-generating chemicals and clay mixed coating compared with only a single coating of oxygen-generating chemicals. However, the effect of mixed coating was different with clay. Diatomaceous earth 1 and Japanese acid clay 1 of the montmorillonite group showed a larger effect on emergence than clay of the kaolinite group. From the observation of flooded soil mixed with 0.3% methylene blue, where the oxidized area becomes blue, the size of the oxidized area around the seed was found to be larger for the mixed coating than for the single coating. The size was related to the collapse of the mixed coating materials in water. The mixed coating of the oxygen-generating chemicals and diatomaceous earth 1 or Japanese acid clay 1 showed a large effect on the maintenance of the oxidized area around the seed. It was found that the intensity of staining of the oxidized area around the seed with methylene blue was more closely associated with emergence than was the size of the oxidized area. In particular, diatomaceous earth 1 showed a large effect on the inhibition of the soil reduction around the seed. Additionally, a small amount (from 25 to 50%) of diatomaceous earth 1 showed a large effect on the emergence of seedlings.

Key words: Calcium peroxide, Clay, Emergence of seedling, Direct sowing into flooded soil, Soil oxidation, Paddy rice.

湛水土壤中直播栽培技術の確立を図るうえで、出芽率を確保することが最も重要である。このため、種子への酸素発生剤被覆処理をはじめ、浸種時の植物ホルモン処理^{6,10)}、酸素発生剤への殺菌剤^{8,12,14)}、金属化合物^{2,3,13)}、粘土^{7,14)}等の混用について検討がなされてきた。

粘土については、すでに酸性白土と酸素発生剤による種子への混合被覆が、出芽、苗立ちの促進に効果があると報告^{7,14)}されている。しかし、これらの粘

土は、被覆作業を困難にすることや被覆資材が高額であること等の欠点が指摘されている。また、出芽促進効果の原因が、検討されていなかったり⁷⁾、酸性白土混用による酸素発生剤からの酸素発生量の促進や低アルカリ化に言及しているのみ¹⁴⁾で、十分な議論がなされていないと思われる。著者らは、特性が異なる数種類の粘土を供試して、それらの出芽促進程度や被覆作業性等を検討し、前述の酸性白土と同等以上の出芽促進効果を持つ粘土を選定した。さらに、出芽促進の原因について、種子周囲の土壌酸化域について検討したところ、いくつかの知見が得ら

* 大要は、作物学会 192 回講演会 (1991 年 10 月) および 193 回講演会 (1992 年 4 月) において発表。

れた。

材料と方法

実験1 粘土の違いによる出芽促進程度の差異

第1表に、供試粘土を示した。また、第2表に、供試粘土と16%の過酸化カルシウムを含有する酸素発生剤の各pH、粘土と酸素発生剤の混合後のpH、CEC、100 ml 容積重、被覆作業の難易度、蒸留水中での崩壊性を示した。pHは、粘土と酸素発生剤の混合資材を2.5倍量の蒸留水に混和し調査した。数値の変化がごく小さかったので混和後1～3日間の平均値を示した。供試粘土のCECの測定は常法に従って実施した。また、崩壊性は、種子へ被覆した粘土と酸素発生剤の混合物の水中で崩れる難易度を示した。なお、被覆作業性および崩壊性は、0～5段階の視覚評価で示し、数値が大きいほど難とした。

1990年は珪藻土1、酸性白土1、クレーの3種類の粘土と水稻品種月の光を供試し、1991年は珪藻土1、珪藻2、酸性白土1、酸性白土2、ベントナイト、タルクの6種類の粘土と水稻品種コシヒカリを供試して行った。両年とも対照として種子重量比2の酸素発生剤単独被覆区を設定した。

粘土と酸素発生剤の混合重量は対種子重量比でそれぞれ1および2とし、種子を18℃の水に48時間浸漬した後各資材で被覆し、2日後、32×30×10 cmのバットに、1区50粒2反復として、ピンセットで深さ1 cmに播種し、野外に設置した。なお、バットには風乾土4.5 kgを充填後、播種3日前に代かきした。播種日は、1990年4月20日および1991年4月15日とした。播種後20日間の平均気温は、1990年が15.7℃、1991年が15.2℃であった。不完全葉が抽出したものを出芽とし、出芽調査を出芽始めから毎日午前中に実施した。

実験2 種子周囲の土壤酸化域の推移

土壤に酸化還元指示薬であるメチレンブルーを混和すると土壤の酸化還元状態に応じてメチレンブルー

の呈色が変わるため、土壤の酸化還元状態が容易に調査できる¹⁾。本実験では、このメチレンブルー土壌法を利用して、種子周囲の土壤酸化域の推移を調査した。

供試粘土は珪藻土1、酸性白土1、タルク、クレーの4種類とし、対照として酸素発生剤単独被覆区を設定した。供試品種はコシヒカリで、粘土と酸素発生剤の混合重量は対種子重量比でそれぞれ1および2とし、種子に3倍量を被覆した。種子の浸漬法および被覆法は実験1と同様とした。

場内水田の土壤を風乾後、稲わらを土壌1 kg当たり6.7 g (1 t/10 a 相当) とメチレンブルーを土壌の重量に対して0.3%混和した。これを透明なプラスチックの円柱状試料瓶 (160 ml) に充填し、18℃人工気象室に置いて、土壤が完全に還元状態となり、メチレンブルーの青色 (酸化時の呈色) が無色 (還元時の呈色) となった代かき5日後、被覆種子を試料瓶の壁面にそって深さ1 cmに播種した。その後、18℃人工気象室に再び設置した。試料瓶当たり10粒播種し、これを2反復した。

種子周囲の酸化域 (青く発色した部分) の大きさは試料瓶の外から長径と短径をノギスで測定し、長径×短径の値 (単位 mm²) として示した。土壤の酸化によるメチレンブルーの青く呈色する程度 (以後、酸化呈色度と呼ぶ) は、0～5段階の視覚評価で測定した。数値が大きいほど呈色が濃い、すなわち、より強く酸化されていることを示す。酸化呈色度と酸化域の大きさは、播種後1, 3, 4, 5, 6, 7日に計測した。土壤の酸化還元電位は、おおむね-50 mVであった。

実験3 種子周囲の土壤酸化域の大きさと出芽の関係

酸化域の大きさと実験1での1991年4月15日播種におけるそれぞれの区の出芽の関連を検討するため、珪藻土1、珪藻土2、酸性白土1、酸性白土2、ベントナイトの5種類を供試し、実験2と同様な方法で、酸化呈色度および酸化域の大きさを計測し、処理間差が最も大きくなった播種後1～4日間のデータの平均値で示すことにした。また、この酸化域の大きさと被覆種子の水中での崩壊性との関連を検討した。

実験4 種子に被覆した粘土の混合量、酸化呈色度、酸化域の大きさと出芽の関係

供試粘土を珪藻土1、酸性白土1、ベントナイトの3種類とし、これら粘土の混合量を種子乾もみ重量

第1表 供試粘土

粘土の種類	
A. 珪藻土1	植物堆積物
B. 珪藻土2	
C. 酸性白土1	モンモリロナイト系
D. 酸性白土2	
E. ベントナイト	
F. クレー	カオリナイト系
G. タルク	

比で0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0の5水準として13処理を設定した。これを種子重量の2倍量の酸素発生剤とそれぞれ混合し、種子に被覆した。播種床には、1バット当たり稲わら30g (1t/10a相当) 混和した。供試品種はコシヒカリとした。種子の浸漬および播種法は、実験1と同様とした。播種日は、1991年5月20日とし、出芽率は、播種後20日の最終値とした。

酸化域の色と大きさは、実験2と同様に透明なプラスチックの円柱状試料瓶を供試し播種後3日に計測した。

結 果

1. 出芽促進程度の粘土の違いによる差異

粘土と酸素発生剤混合後のpHは、第2表に示したように、酸素発生剤に比較して、珪藻土1, 酸性白土1およびベントナイトでは、1.0~1.3程度低下したが、タルク、クレーではpHの低下が0.2ときわめて小さかった。CECはモンモリロナイト系粘土の酸性白土1, 2およびベントナイトが大きく、次に植物体積物の珪藻土1, 2が大きかった。カオリナイト系粘土のCECは小さかった。100 ml当たりの容積量は、珪藻土1, 2が小さかったが、他は53.3~66.6の間で差が小さかった。また、被覆作業の容易さは、タルク、クレー>対照>珪藻土1, 酸性白土2>珪藻土2, 酸性白土1, ベントナイトの順であった。カオリナイト系粘土は対照に比べても被覆作業がやや容易であった。

粘土混合区は、第3表で示したように、酸素発生剤単独被覆の対照区に比べ出芽および出芽係数が大きくなり、平均出芽日数が短くなった。すなわち、粘土混合によって出芽が促進された。促進の程度は、

1990年4月20日播種では、おおむね珪藻土1, 酸性白土1>クレー>対照の順で、1991年5月15日播種では、それが珪藻土1, 酸性白土1>珪藻土2, 酸性白土>ベントナイト>タルク, 対照の順であった。

したがって、出芽促進程度が大きかった粘土は、その混合によってpHが低下することが認められた。しかし、出芽促進程度と粘土のpH, 混合後のpHの低下程度、CECおよび100 ml当たり容積重の間には一定の関係は認められなかった。

2. 種子周囲の土壌酸化域の推移

土壌中に混和されたメチレンブルーが播種された被覆種子周囲に沿ってだ円形状に青く発色した。この青い部分(酸化域)の長径と短径を計測し長径×短径の値を酸化域の大きさとし、青色の濃さの0~5段階の視覚評価(酸化呈色度)のそれぞれの播種後7日間の推移を第1図に示した。

酸化域の大きさは、珪藻土1, 酸性白土1>クレー>タルク>対照の順であった。

また、酸化呈色度の経時変化をみると、珪藻土1および酸性白土1は、退色の程度が小さかった。これに対し、タルク、クレーおよび対照の退色の程度は著しかった。

3. 種子周囲の土壌中酸化域の大きさと出芽の関係

第2図で示したように、種子に被覆された粘土混合資材の水中で崩壊性と種子周囲の酸化域の大きさの間には、1%水準で有意な正の単相関($r=0.946^{**}$)が認められ、混合被覆資材の崩壊性が大きいほど酸化域は大きかった。

1991年4月15日播種のデータは、最終の出芽率には大きな差はみられなかったが、出芽率の促進程度と出芽係数には供試粘土によって差異がみられ

第2表 供試粘土の特性

粘土の種類	粘土のpH	混合後のpH	CEC (me/100 g)	100 ml/ 容積重 (g)	被覆の 難易度*	水中の 崩壊性**
珪藻土1	3.0	11.5	28.9	25.5	4	3
珪藻土2	6.5	—	20.7	37.6	3	2
酸性白土1	5.2	11.8	55.8	62.6	3	3
酸性白土2	8.0	—	107.2	65.4	4	4
ベントナイト	9.6	11.6	70.0	59.2	2	5
クレー	5.9	12.6	16.5	66.6	5	2
タルク	9.1	12.6	0.3	53.3	5	1
酸素発生剤	12.8	—	—	92.5	4.5	1

*, ** は、5段階表示で、1を難、5を易とした。

—は、調査を実施しなかった。

第3表 酸素発生剤と粘土との混合被覆が出芽に及ぼす影響

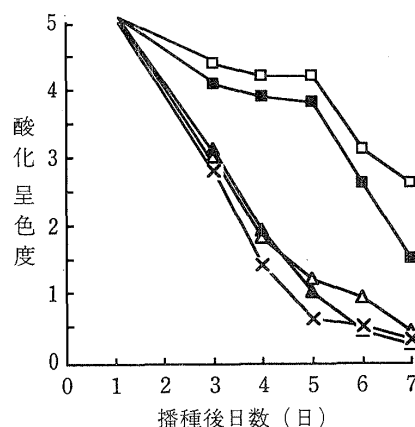
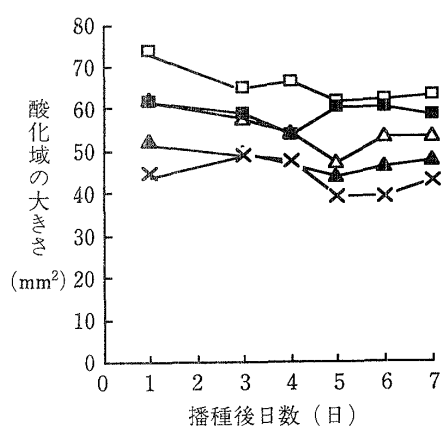
混合粘土	1990年4月20日播種			1991年4月15日播種		
	出芽率 (%)	日数 (日)	出芽係数	出芽率 (%)	日数 (日)	出芽係数
珪藻土1	92	11.9	7.8	97	15.1	6.7
珪藻土2	—	—	—	92	15.7	5.9
酸性白土1	91	11.7	7.8	94	14.3	6.6
酸性白土2	—	—	—	96	16.8	5.8
ペントナイト	—	—	—	91	17.6	5.5
クレー	83	12.8	6.5	—	—	—
タルク	—	—	—	80	18.7	4.6
対 照	84	14.5	5.8	83	17.9	4.7

対照は酸素発生剤単独被覆を示す。

平均出芽日数、出芽係数は、下記の式で算出した。

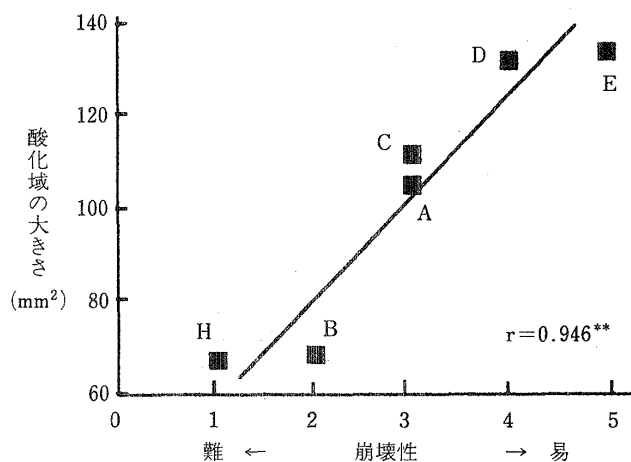
平均出芽日数 = $(\sum X_i \cdot D_i) / \sum X_i$, X_i : 播種後*i*日の出芽数, D_i : 播種後日数 (播種後*i*日)

出芽係数 = 出芽率 / 平均出芽日数



第1図 酸化呈色度と酸化域の大きさの推移

—□— 珪藻土1 —▲— タルク
—■— 酸性白土1 —×— 対照
—△— クレー

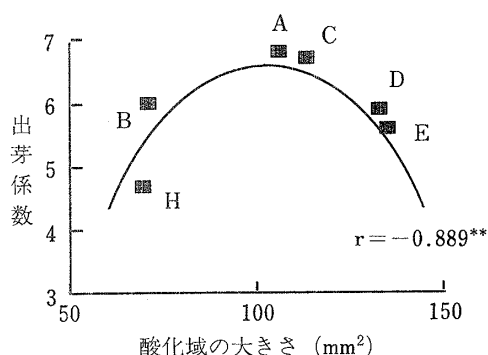


第2図 水中での被覆資材の崩壊性と酸化域の大きさの関係

た。したがって、酸化域の大きさと出芽係数の関係について検討した。第3図に示したように、酸化域の大きさと出芽係数の間には、単相関よりも二次相関の方が寄与率が大きく、5%水準で有意な負の二次相関 ($r = -0.889^*$) が認められた。すなわち、酸化域の大きさは、珪藻土1および酸性白土1の混合区では、その大きさが110 mm² 前後となり出芽係数がほぼ最大となった。一方、酸性白土2やペントナイトでは酸化域の大きさは132および134 mm² となり、珪藻土2はこの値が69 mm² と小さくなって、それぞれ、出芽係数が低下する傾向がみられた。

4. 種子に被覆した粘土の混合量、酸化呈色度、酸化域の大きさと出芽の関係

酸性白土2、ペントナイトおよび珪藻土1を供試



第3図 酸化域の大きさと出芽係数の関係

し、それらの混合割合を変えて出芽に及ぼす影響について検討した。

第4図に示したように、どの供試粘土も混合する割合が増加するほど出芽率が高くなった。また、どの粘土混合区も対照の出芽率50%に比較して高い値を示した。出芽率70%以上になったのは、珪藻土1が混合割合0.25以上、酸性白土2およびベントナイトでは1.0であった。また、酸化域は、混合割合が増加するほど大きくなったが、その程度は、ベントナイト>酸性白土2>珪藻土1の順であった。とくに、珪藻土1では、混合割合の効果が小さかった。酸化呈色度においても、混合割合が増加するほど大きくなった。とくに、珪藻土1では0.125~0.25と少ない混合割合においても酸化呈色度は著しく増大した。

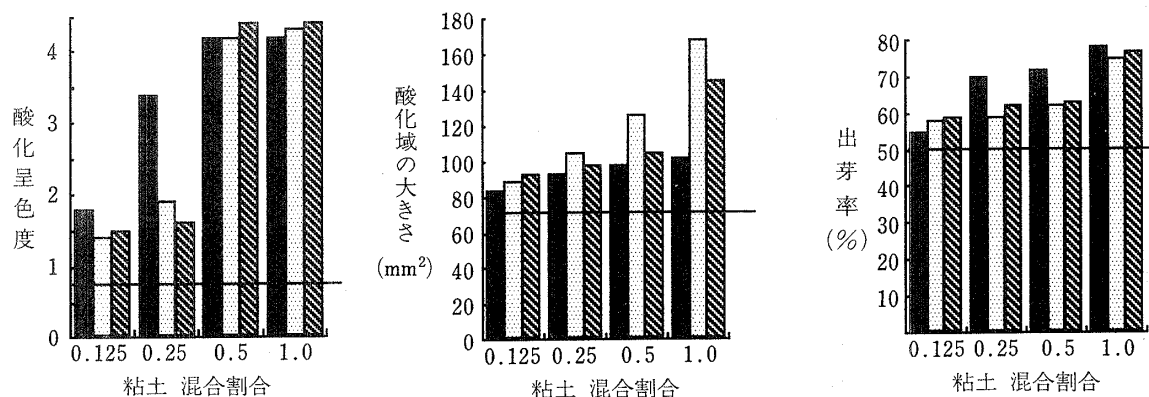
出芽率と酸化域の大きさとの間には単相関より二次相関の寄与率が大きく、1%で有意な負の二次相関($r = -0.692^{**}$)が(第5図)、酸化呈色度と出芽率の間には0.1%($r = 0.834^{***}$)で有意な正の単相関が認められた(第6図)。さらに、第4表に示したよう

に、出芽率を目的変数に、酸化域の大きさと酸化呈色度を説明変数とした重回帰分析をおこなった。この結果から、酸化呈色程度の標準偏回帰係数が0.739に対し、酸化域の大きさは0.258であった。従って、酸化域の出芽に対する貢献度は、酸化呈色度が酸化域の大きさより著しく大きいことが認められた。

考 察

湛水土壤中の酸化還元指示薬として有効なメチルブルー¹⁾を用いて、粘土と酸素発生剤を混合被覆した種子周囲土壤の酸化の状態を観察した結果、酸素発生剤単独被覆の対照に比較して、酸化域が拡大し酸化呈色度が大きくなることが明らかとなった。このことから、粘土の混合により種子周囲の酸化状態が対照に比べ長い間維持されることが推察された。また、この作用は、混合する粘土の種類によって大きく異なり、出芽促進効果が大きかった植物堆積物由来の珪藻土1や構造が複雑なモンモリロナイト系の酸性白土1は酸化域が大きく、酸化呈色度が大きかった。一方、出芽促進効果が小さかったカオリナイト系のタルクやクレーは酸化域や酸化呈色度が小さかった。以上のことから、出芽促進効果の程度は、粘土による酸化域の拡大や酸化呈色度を保持する程度の差異と密接な関係があると推察された。

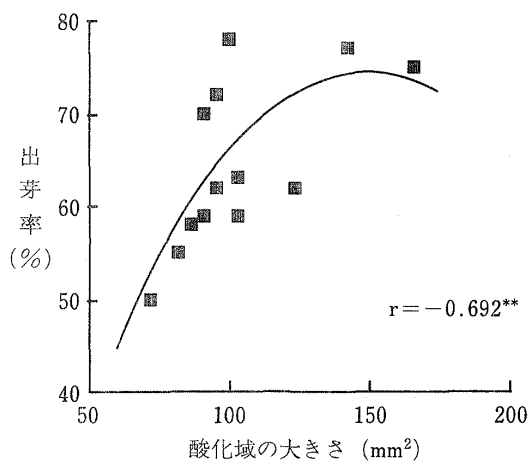
種子周囲土壤の酸化域の大きさは、被覆資材の水中での崩壊性との関連性があり、崩壊性が大きいほど大きくなることが明らかとなった。実験3のデータで、崩壊性がとくに大きく珪藻土1や酸性白土1に比べ酸化域が大きいベントナイトや酸性白土2は、平均出芽日数が長くなり出芽係数が小さくなっ



第4図 粘土の混合割合と酸化呈色度、酸化域の大きさおよび出芽の関係

図中の横線は対照(酸素発生剤単独被覆)の値を示す。

■ 珪藻土1, □ ベントナイト, ▨ 酸性白土2。



第5図 酸化域の大きさと出芽率の関係

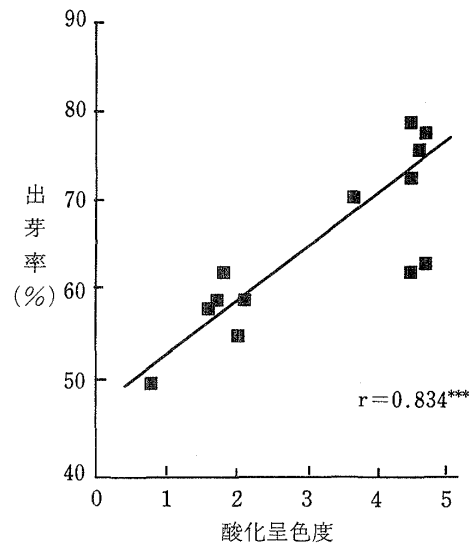
第4表 出芽率を目的変数に酸化域の大きさおよび酸化呈色度を説明変数とした重回帰分析

項目	酸化域の大きさ	酸化呈色度
偏回帰係数	0.079	5.389
標準偏回帰係数	0.258	0.739

相関係数は $r=0.979^{**}$ 。

た。すなわち、出芽促進効果が小さい傾向が認められた。また、崩壊性が大きいベントナイトや酸性白土2の混合割合を変えて検討した実験4において、乾もみ重量比0.25の混合割合で珪藻土1の乾もみ重量比2と同程度の大きさの酸化域となったが、酸化呈色度が小さく、出芽促進程度が低下する傾向が示された。したがって、ベントナイトや酸性白土2は、種子周囲土壌の酸化維持作用が、珪藻土1や酸性白土1に比べ小さい可能性があると思われた。さらに、出芽促進は酸化域の大きさよりも、酸化呈色度の影響が大きいことが推察される。さらに、出芽率を目的変数に、酸化域の大きさと酸化呈色度を説明変数とした重回帰分析の結果から、出芽促進効果に対する貢献度は、種子周囲の酸化呈色度が酸化域の大きさに比較して、著しく大きいことが統計的にも明らかになった。

渡部ら¹⁴⁾は、酸性白土と酸素発生剤の混合物の水中での酸素発生量を測定した結果、酸素の発生量が多いことを示し、これによって出芽が促進されると報告している。著者らは、珪藻土1や酸性白土1と酸素発生剤をプラスチック玉に混合被覆した条件で水中での酸素発生量を測定した結果、酸素発生剤単独被覆に比較して酸素の発生量が少ないデータを得た⁹⁾。すなわち、著者らのデータと渡部ら¹⁴⁾の結果を比較すると、資材を被覆するか否かの違いがあるも



第6図 酸化呈色度と出芽率の関係

の、その結果が大きく異なった。したがって、粘土を混合して種子被覆した酸素発生剤からの酸素発生量と種子周囲の土壌酸化（酸化域と酸化呈色度）の関連について、さらに検討する必要がある。

萩原⁵⁾は一連の研究において、メチレンブルーを用い、種子へ酸素発生剤を被覆しない条件下で、湛水土壌中に播種された種子近傍の土壌が、2～3日の間に急激に還元されることを観察し、このことが出芽、苗立ちを低下させる最も大きな要因であると推察した。また、この対策として、酸素を発生させないで酸化力を強化する作用のある硝酸カリウムと過酸化カルシウムを混合して種子に被覆して検討した結果、種子近傍の土壌での酸素発生量を高めるよりも酸化力を強化することが、出芽を促進させるために有効であると推察した⁴⁾。一方、著者らの検討した粘土混合被覆も、酸素発生を促進させるのではなく、播種後7日間の観察で種子周囲の酸化状態を維持する効果のあることが明らかとなり、このことが出芽促進に大きく寄与していることが推察された。したがって、播種後数日間の種子周囲土壌の酸化状態と出芽促進の密接な関連があるという観点からすると、著者らの実験結果と萩原⁵⁾の実験結果とは一致するものと考えられる。しかし、粘土が硝酸カリウムのように酸化力を強化する作用性についてはさらに検討する必要がある。

このほかに、粘土混合によって、出芽促進効果の原因として、粘土を混合すると、被覆資材が崩壊しやすくなるため、物理的に出芽しやすくなることが考えられる。しかし、崩壊性が大きいベントナイト¹¹⁾

や酸性白土²⁾では、これらを種子に混合被覆して機械播種した場合、水田の表面付近に播種された種子の被覆資材が直ちに崩壊して種子が浮き上がり浮き苗となるため、苗立率が低下することが報告されている。

また、モンモリロナイト系粘土は、酸素発生剤の酸素発生に伴って生じる $\text{Ca}(\text{OH})_2$ を吸着し、pH を低下させることが知られている。このことが、種子周囲土壤の酸化作用を促進し出芽に有利になると考えられている⁵⁾。本研究においても、珪藻土1、珪藻土2や他のモンモリロナイト系粘土の混合によって、強アルカリの酸素発生剤のpHが1.0~1.3程度低下した。しかし、カオリナイト系粘土のタルクやクレーでは、この程度が0.2と著しく小さかった。

珪藻土1は、一連の実験の結果から少量の混合でも種子周囲土壤の酸化状態を維持する能力が高く、出芽促進効果の高い粘土と考えられる。これまでに、酸性白土のリフレッシュ¹⁴⁾ (本研究では酸性白土1に相当)と酸性白土のミズカエース⁷⁾ (本研究では酸性白土2に相当)などが、出芽促進効果が高いと報告されている。これらの粘土と珪藻土1を比較検討してみると、酸性白土1と比較して出芽促進効果は同程度に高いと思われた。さらに、被覆作業が容易で、建築資材として利用されていることもあり、非常に安価であるなどの利点がある。また、珪藻土1は、酸性白土2に比べ酸化維持作用が高いほど出芽促進効果が優れている。以上のことから、本実験の範囲内では、珪藻土1が最も優れた粘土であると考えられる。

さて、湛水直播栽培は、省力、効率化が前提となるので、粘土を利用する場合、種子被覆時の作業性や機械播種適性を検討しておく必要がある。珪藻土1の混合被覆作業は、カオリナイト系粘土の混合被覆や酸素発生剤に比べやや困難であった。しかし、出芽促進効果が大きいため、混合割合を乾もみ重量比で0.25まで少なくでき、被覆作業への負荷も小さかった。また、珪藻土1を混合被覆した種子を水田に機械播種したところ、播種精度が劣らず、出芽、苗立ち率の向上も認められた¹¹⁾。

引用文献

1. 萩原素之・井村光夫・三石昭三 1987. 湛水土壤中に播種した水稻種籾近傍の酸化還元状態. 日作紀 56: 356—362.
2. ———— 1988. 水稻の湛水土壤中直播における出芽・苗立ち不安定要因の解析. 第8報 過酸化石灰剤への二酸化マンガ添加. 日作紀 57(別1): 293—394.
3. ———— 1990. 水稻の湛水土壤中直播における出芽・苗立ち向上に関する研究. 3 硝酸カリウムおよび二価鉄の不溶化剤の利用. 日作紀 59(別1): 64—65.
4. Hagiwara, M. and M. Imura 1992. Promotion of seedling emergence of paddy rice from flooded soil by coating seed with potassium nitrate. Jpn. J. Crop Sci. 60: 441—446.
5. 萩原素之 1992. 水稻の湛水土壤中直播における出芽・苗立ちに関する研究 —種子近傍の土壤の酸化還元との関係に特に注目して— 京都大学農学部学位論文: 1—136.
6. 勝田真澄・太田保夫 1983. イネの低温発芽性の向上に対するジベレリンの効果. 日作紀 52(別2): 186—187.
7. 諸橋準之介・田村隆夫・金子 均 1988. 水稻の湛水付直播法の出芽・苗立ちに関する研究. 第2報 種子籾の粘土コーティング. 日作紀 57(別1): 297—298.
8. 村上利男・土井康生 1984. 湛水地中直播稻の出芽苗立ちに及ぼす薬剤種子粉衣の影響. 日作紀 53(別2): 216—217.
9. 中嶋泰則・関 稔 1990. 水稻湛水直播栽培における粘土利用による出芽向上効果. 第1報 粘土の種類による効果の差. 日作紀 60(別2): 27—28.
10. ————・高橋成徳・関 稔 1992. 水稻湛水直播栽培における酸素補給剤被覆種子の保存性に関する研究. 第3報 GA および ABA の出芽促進の持続性. 日作紀 61(別1): 4—5.
11. ————・関 稔 1992. 水稻湛水直播栽培における粘土利用による出芽向上効果. 第2報 粘土の種類と混合量. 日作紀 61(別1): 6—7.
12. 小川正己・太田保夫 1988. 水稻の直播栽培におけるカルパーとタチガレンの混用処理効果. 農及園 48: 1297—1300.
13. 寺島一男・下田英雄・平岡博幸・西山岩男・田中耕逸 1989. 湛水直播水稻における鉄化合物の配合. 日作紀 58(別2): 1—2.
14. 渡部富男・和田潔志・小山 豊・西川康之・志畑康利 1990. 水稻の早期地帯における湛水土壤中直播栽培に関する研究. 2 出芽苗立ちの安定化. 千葉農試報: 3—19.