

稲刈りの秋・株下に見える肥料を調べる

—水稻育苗箱内三要素全量施肥・農薬施用技術—

農林水産省 北陸農業試験場
水田利用部 土壌管理研究部

主任研究官 中 島 秀 治

1. はじめに

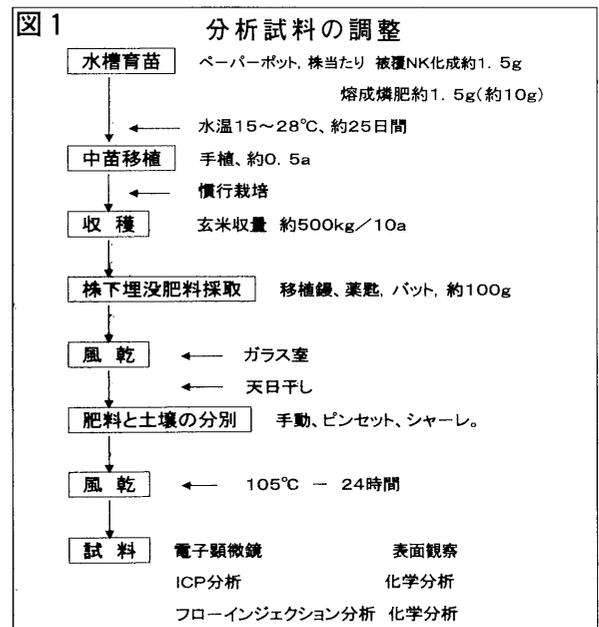
本田に施肥する肥料三要素全量を育苗箱内に施肥し水槽育苗を行う。本田移植時にやはり育苗箱内に長期持続型の殺虫殺菌混合粒剤を施用する。そして、田植機により苗の根に抱き合わせて株元施用する。この手法は慣行農法と比較して、①中間管理作業が超省力的となる②収量や品質も一定水準以上のものが得られる③系外への各種成分の流亡を抑制することが可能である等の特長を持ち、いわゆる日本の環境保全型的農業の技術として非常に有効であると前回報告した。¹⁾

ところで、本手法にて栽培をすると、稲刈り鎌で刈り取り作業をする時、株元に被覆肥料や熔成燐肥が散乱していることが、強グライ土水田土壤であるとその色彩から観察できる。実際に本手法を行っている一般農家より、これらの肥料は稲刈りの秋を過ぎた後にも、残っているような気がするがどうなっているのかという素朴な疑問がよせられた。²⁾そこで、育苗箱内に施用し本田に持ち込まれた肥料(被覆肥料および熔成燐肥)が作付け期間を終了した後は、どのようになっているのか調査を行ったので報告する。

2. 表面観察および理化学分析

1) 水稻栽培(図1)

ペーパーポット(角15×高30mm, 684個)を水稻育苗箱内に敷き、下から床土(培土)2.0kg, 被覆NK化成肥料(苗箱まかせ®NK301-100, チッソ旭肥料(株)製)1.0kg, 出芽粉120g, 覆土(培土)0.5kg, 熔成燐肥1.0kgを層状に施用し、水槽育苗を行った。本田移植時に長期持続型育苗箱施用殺虫殺菌混合粒剤50gを施用し、中苗を強グライ土壌の水田約0.5aに移植した。ただし、熔成燐肥の調査用水稻育苗ポットは、熔成燐肥7.0kg



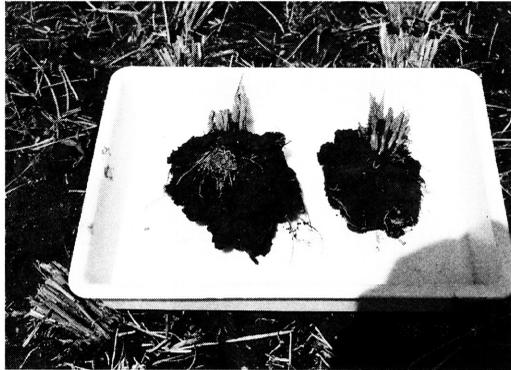
を施用²⁾し、培土および被覆NK化成肥料は無施用で育苗し、移植後に被覆NK化成肥料を株元に局所施用(1.0g/株)した。

水稻栽培期間中の水管理作業等は慣行栽培と同等に行い、収穫作業を行った。玄米収量は500kg/10aであった。

2) 分析資料の採取(写真1)

収穫作業終了後、水田内のなるべく乾いた箇所から、稲株下根圏土壌を移植ゴテで静かに掘り出し、薬匙を用いてバット内に約100gを採取した。(写真1)これをガラス室にて風乾し、ピンセットを用いて被覆窒素肥料、被覆窒素加里化成肥料および熔成燐肥を一粒一粒確認しながらシャーレに各々約20g採取した。水田より採取したこれらの試料は水洗や粉碎をしないで原体を供試した。これら一連の作業手順を図1に示した。

写真1 分析試料の採取



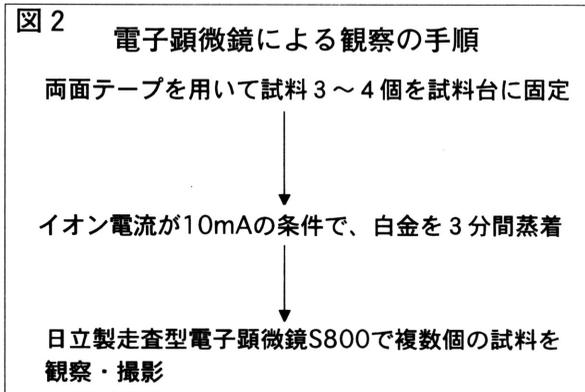
熔成燐肥



被覆肥料

3) 電子顕微鏡による観察の手順 (図2)

日立製走査型電子顕微鏡S800を用いて観察した。この手順を図2に示した。



4) 定量分析方法

被覆肥料は、三角フラスコに採り、過塩素酸・硫酸分解³⁾をホットプレート(焼肉用)上で行い、純水で希釈し上澄液をフローインジェクション分析(FIA)および発光誘導結合プラズマ発光分光分析(ICP)にて各種元素濃度を定量分析した。

熔成燐肥は、肥料分析法⁴⁾に準じて行い、上澄液を試料液とし、ICPで各種元素濃度を定量分析した。抽出操作は、水溶性燐酸と同様に純水の代わりに1M塩酸を用いて行った。微量元素濃度を求めるに際し、肥料分析法よりも希釈倍率

を軽減することにより定量感度向上を企て、試料と抽出液の比率を1:50にして分析試料液を調製した。

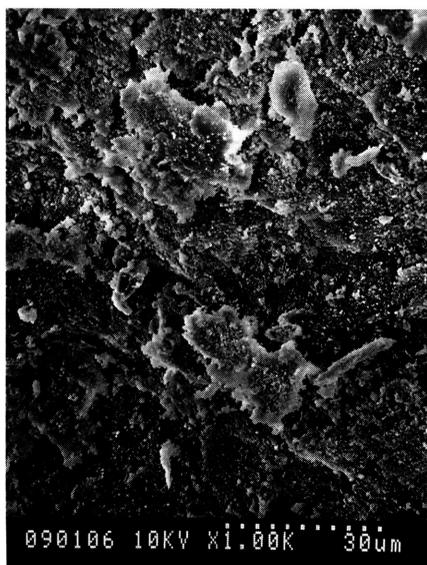
3, 結果

1) 電子顕微鏡観察

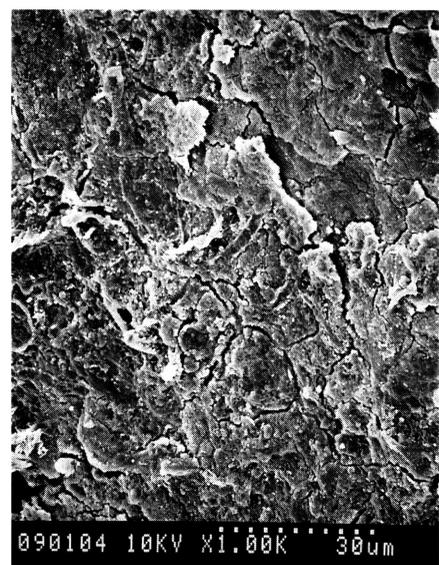
① 被覆窒素肥料(写真2, 写真3)

倍率1000倍(写真2)で観察すると、施肥前の肥料の表面は、あたかも塗料や糊状物質のような塗り物が敷き詰められているかのようにであった。施肥・収穫後の肥料の表面は、その塗り物が剥がれ、しかも罅割れが起きているかのように観察された。倍率5000倍(写真3)で観察すると、施肥前の肥料の表面は、塗り物が実に隙間無く敷き詰められており、施肥・収穫後の表面は、完全に亀裂が生じて数多くの隙間があるようであった。

写真2 被覆窒素肥料(1000倍)

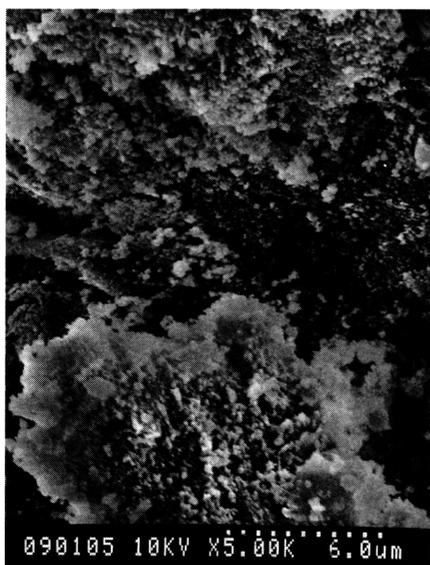


施肥前 [倍率×1000]

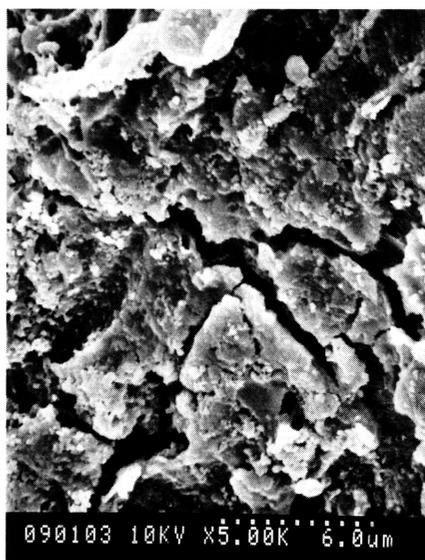


施肥・収穫後 [倍率×1000]

写真3 被覆窒素肥料 (5000倍)



施肥前 [倍率×5000]



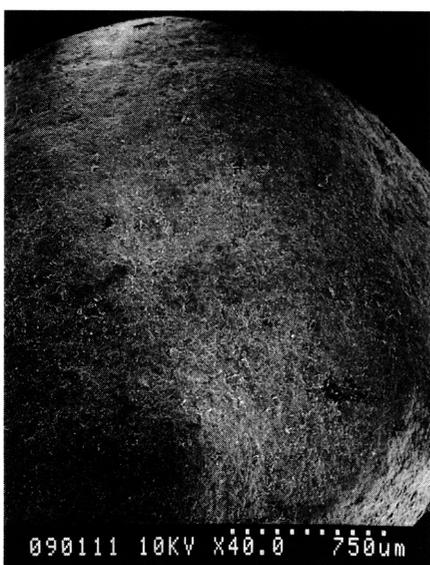
施肥・収穫後 [倍率×5000]

②被覆窒素加里化成肥料 (写真4, 写真5)

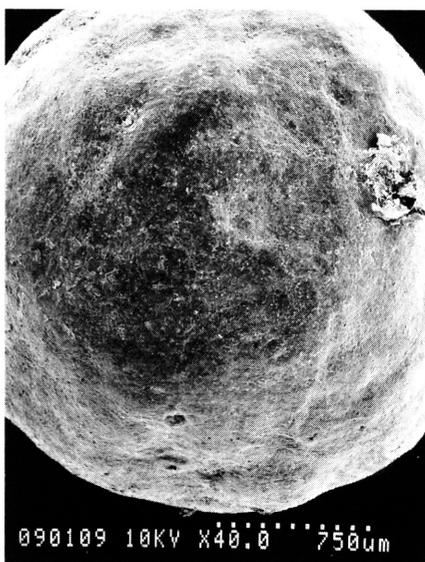
倍率40倍 (写真4) で観察すると、施肥前の肥料の表面は、塗り物が一樣に球状に張り付いているようであった。しかし、施肥・収穫後の肥料の表面は、ピンホールの様な穴が開いているようであった。倍率220倍 (写真5) で観察すると、施肥前の肥料の表面は実にきれいでピンホールや亀

裂等がなく、被覆窒素肥料の施肥前の表面と類似していた。しかしながら施肥・収穫後肥料表面のピンホール状部分を拡大して観察すると、あたかも系内の肥料成分が吸水し、膨脹し、表皮の弱い部分が破裂して、一気に溶出したという物語が展開されているようであった。

写真4 被覆窒素加里化成肥料 (40倍)



施肥前 [倍率×40]



施肥・収穫後 [倍率×40]

写真5 被覆窒素加里化成肥料 (220倍)

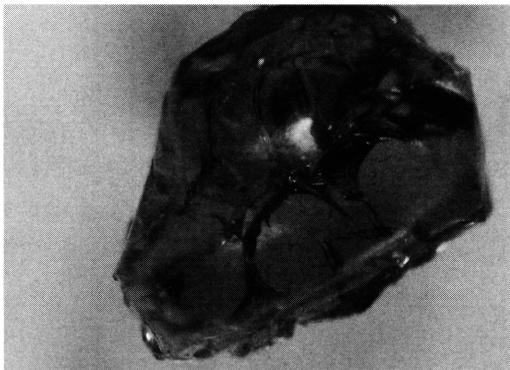


施肥前 [倍率×220]

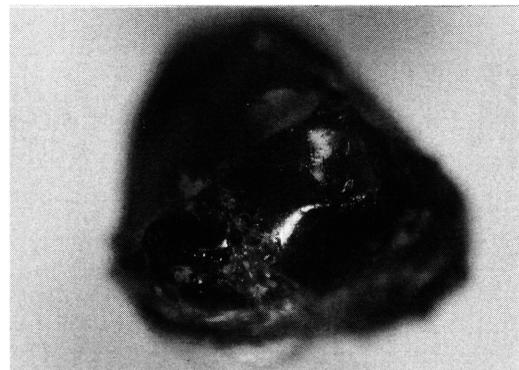


施肥・収穫後 [倍率×220]

写真6 熔成燐肥 (64倍)



施肥前 [倍率×64]

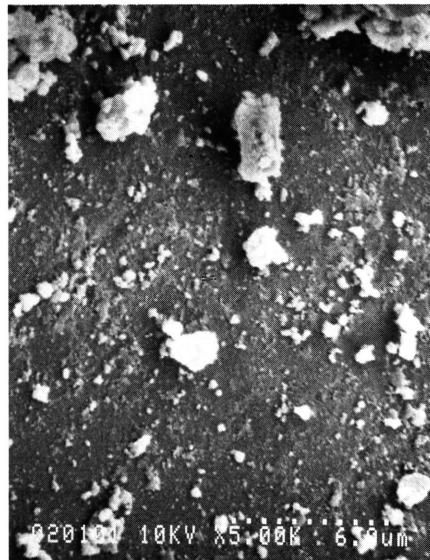


施肥・収穫後 [倍率×64]

写真7 熔成燐肥 (5000倍)

③熔成燐肥 (写真6, 写真7)

倍率64倍(写真6)で観察すると、施肥前では透明な輝きを持っているが、施肥・収穫後では鈍色の光沢に変化していた。倍率5000倍(写真7)で観察すると、施肥前の表面は一枚岩の上に何かの付着物が点在しているようであった。施肥・収穫後の表面は甲羅状の亀裂がいくつも見られ、岩石の風化作用に類似していた。



施肥前 [倍率×5000]



施肥・収穫後 [倍率×5000]

表 1 各被覆肥料の施肥・
収穫後の残存無機元素濃度

成分	被覆窒素 肥料	被覆窒素 加里化成肥料	(乾物%)
			土壌
N	4.200	0.310	0.250
P ₂ O ₅	0.033	0.470	0.210
K ₂ O	0.055	2.100	0.680
CaO	0.330	11.300	0.440
MgO	3.200	0.830	0.640
Na ₂ O	0.170	0.400	0.098
Al ₂ O ₃	1.440	0.350	5.900
Fe ₂ O ₃	0.390	0.190	2.400
MnO	0.005	0.006	0.033

注. 過塩素酸・硫酸加熱分解した上澄液を分析

2) 定量分析

①被覆窒素肥料, 被覆窒素加里化成肥料 (表1)

被覆窒素肥料の残存無機元素で水田土壌よりも高濃度であったものは、チッソおよびマグネシウムであった。逆に低濃度であったものは、カリウム、燐酸、鉄、アルミニウムおよびマンガンであった。

また、被覆窒素加里化成肥料で水田土壌よりも高濃度であったのは、カルシウム、ナトリウム、カリウムおよび燐酸であった。逆に低濃度であったのは、アルミニウム、鉄およびマンガンであった。

②熔成燐肥 (表2, 表3)

表2に熔成燐肥に含まれる比較的高濃度の元素, 表3には低濃度の元素を示した。高濃度元素

表 2 熔成燐肥の定量分析結果 (I) (%)

成分	酸加熱		1 M塩酸		2%クエン酸		水	
	施肥前	施肥・収穫後	施肥前	施肥・収穫後	施肥前	施肥・収穫後	施肥前	施肥・収穫後
P ₂ O ₅	20.30	20.20	22.20	22.50	21.30	22.20	0.21	0.22
K ₂ O	0.20	0.33	0.17	0.20	0.19	0.18	0.01	0.02
CaO	32.10	34.30	28.50	31.10	32.00	33.30	0.32	0.28
MgO	15.80	16.60	15.50	16.50	16.50	16.80	0.15	0.14
Na ₂ O	0.59	0.63	0.33	0.32	0.35	0.30	0.03	0.03
Al ₂ O ₃	1.60	2.26	1.44	1.58	1.61	1.75	0.80	0.84
Fe ₂ O ₃	4.62	5.29	4.15	4.65	4.56	5.47	0.22	0.32
MnO	0.25	0.17	0.21	0.09	0.22	0.12	0.06	0.01
SiO ₂					22.30	20.30	0.21	0.26
アルカリ分	54	57	50	54	55.00	57.00	0.53	0.47

注 1 g→100g

1 g→100g

1 g→250g

1 g→100g

表 3 熔成燐肥の定量分析結果 (II) (μg/g)

元素	1 M塩酸		2%クエン酸		元素	1 M塩酸		2%クエン酸	
	施肥前	施肥・収穫後	施肥前	施肥・収穫後		施肥前	施肥・収穫後	施肥前	施肥・収穫後
Ag	0.7	0.7	tr	tr	Ni	500.0	830.0	600.0	930.0
As	3.3	6.0	2.8	5.5	Pb	2.0	3.6	tr	tr
B	125.0	50.0	105.0	34.0	S	1600.0	1600.0	500.0	440.0
Ba	110.0	85.0	11.0	26.0	Sb	1.5	1.5	0.9	0.9
Be	0.6	0.6	0.5	0.6	Sc	4.0	2.9	1.3	1.7
Bi	1.6	1.1	1.7	1.1	Sr	750.0	720.0	900.0	840.0
Cd	0.3	0.3	0.3	0.3	Ti	300.0	380.0	360.0	420.0
Ce	19.0	19.0	1.0	1.3	V	50.0	41.0	43.0	35.0
Co	23.0	27.0	21.0	24.0	W	2.4	1.1	2.2	1.2
Cr	1250.0	700.0	1100.0	600.0	Zn	110.0	100.0	160.0	120.0
Li	7.0	14.0	4.7	9.0	Zr	23.0	26.0	20.0	23.0
Mo	2.0	2.4	2.0	3.0					

1 M塩酸

1 g→50 g

2%クエン酸

1 g→50 g

(表2)においては、酸加熱分解、1 M塩酸および2%クエン酸抽出による定量分析は、施肥前と施肥・収穫後とは濃度差異が実験誤差の範囲であった。また、水抽出においても同様の傾向であった。

低濃度元素(表3)においては、施肥前と施肥・収穫後を比較すると、施肥・収穫後のほうが明らかに低濃度である元素は、ホウ素、クロム、スカンジウム、バナジウムおよびタンゲステンであった。逆に高濃度であったのは、ヒ素、コバルト、リチウム、モリブデン、ニッケル、チタンおよびジルコニウムであった。

今回の試験に用いた熔成燐肥中の微量元素濃度は、イオウおよびクロムが比較的高濃度で、次にホウ素、バリウム、ニッケル、ストロンチウムおよび亜鉛と続いた。

4. まとめ

1) 被覆窒素肥料は、埋没した肥料粒の表皮に亀裂状の罅割れが生じて、窒素成分が肥料粒内から溶出してくると推察された。

2) 被覆窒素加里化成肥料は、水田土壤に埋没させると、時間と共に肥料粒内の成分が吸水により膨脹し、表皮の一番弱いところにピンホールのような穴が開き、一気に溶出してくると推察された。

3) 熔成燐肥は、岩石が風化作用で碎けるように、土壤や作物体の根などの接触溶解⁶⁾で燐酸成分が溶出してくると推察された。

4) 今回の分析結果から、施肥・収穫後の各被覆肥料の成分元素の中には、土壤中の成分濃度よりも高いものも存在した。

5) 本手法に用いることのできる肥料は、育苗期にはほとんど水中に溶出せずに、本田へ移植してから稲株下で、水稻の生育状況にあった溶出パターンを示すものが望ましい。電子顕微鏡観察からその溶出形態を推定すると、被覆窒素肥料はS型、被覆窒素加里化成肥料はアイスボンボン型、熔成燐肥はアメ玉型であった。これらが適度にブレンドされ、各々の溶出形態を持った肥料が、水稻栽培において各々の役割を果たすことによって、本手法が成り立っていると推察された。

文 献

- 1) 中島秀治 水田における各種成分濃度の変動 農業と科学No505 P.5-12 (2000.3)
- 2) 長谷川秀穂 古野昭一郎 稚苗培地としての熔燐利用の可能性について 日本土壤肥料学会講演要旨第23集 P.101 (1997)
- 3) 中島秀治 柳原良一 フローインジェクション分析法による耕地土壤作物体及び有機質肥料の過塩素酸・硫酸分解液中窒素及び燐酸の迅速定量 J.Flow Injection Anal.Vol.10 No2 P224-235 (1993.12)
- 4) 農林水産省農業技術研究所:肥料分析法 (1982年版) (1982.12)
- 5) 中島秀治 高齢営農者でも可能な省力的稲作の確立をめざして 農業および園芸 第74巻12号 (1999)
- 6) 三井進午, 中川正男, 馬場昂, 天正清, 熊沢喜久雄 作物の養分吸収に関する研究 日本土壤肥料学雑誌26巻 P.497-501 (1956)