

# 水田土壤における 有機物に関する研究について

東京大学農学部農芸化学科

和田 秀 徳

畑土壤あるいは森林土壤と比べると、水田土壤にはいくつかの特長的な点が認められる。

特長的な点の第1としては、稲作期間に当たる夏期高温時に、水田土壤が湛水状態にあり、水田土壤作土層は水で飽和され、かつ田面水によって作土層と大気との間のガス交換が、著しく阻害されている事実をあげることができる。

このため、基質に富み、微生物活動が旺盛な作土層の大部分は、還元状態に陥り、田面水を介して少量の分子状酸素が到達できる作土層の、表面近くの数mm程度の部位のみが、酸化状態を保持しているに過ぎなくなる。

水田土壤の特長的な第2の点は、地下水位の低い水田土壤において、下層が作土層に比べて微生物活動が弱く、湛水期間中にも、作土層より遙かに酸化的な状態に止まっている事実である。

この場合には、水田に灌漑した水が田面水から作土層へ、作土層から下層へと浸透し、それに伴って、田面水中に溶存している分子状酸素が還元状態にある作土層へ、作土層の土壤溶液中に溶存している物質が、より酸化的な状態にある下層へと移行し、水の浸透により、作土層および下層に新たな反応がひき起こされる。

水田土壤の特長的な第3の点は、水田土壤の大部分が現世の河川のまわり、湖、潟などに堆積した地域に広がっている事実である。

この点からするならば、畑土壤および森林土壤は、主として侵食作用が優越している陸成土壤に属し、水田土壤は、主として堆積作用が優越している水成土壤、ないしは半陸成土壤に属していると云える。

水田土壤のこれらの特長に注目して、日本において多数の研究が行われ、水田土壤に特有の物質変化、微生物活動、断面形態の発達過程などについて、これまでに幾つも成果が得られている。

ここで述べる水田土壤の有機物の話題も、水田土壤のこれらの特長と関連が密接なものに限定することにしたい。

## 水田土壤の有機物の給源と集積様式

畑土壤、森林土壤などのような陸成土壤では、土壤有機物の主要な給源は高等植物であって、その遺体が土壤表面近くに集積する結果、土壤有機物の量は通常、土壤表面近くに偏在している。

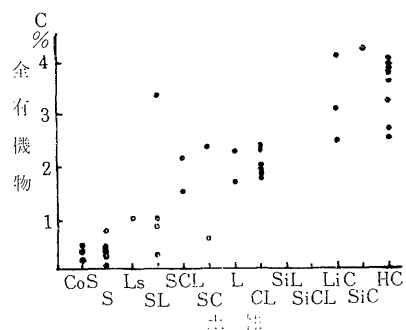
これに対して、水成ないしは半陸成土壤に属す水田土壤では、しばしば土壤有機物の量が、土壤の深さとともに不規則な変動を示している。

この事実は、水田土壤の母材が半陸成ないしは水成の環境の下で堆積している際に、有機物が土砂中に混入したことを意味している。

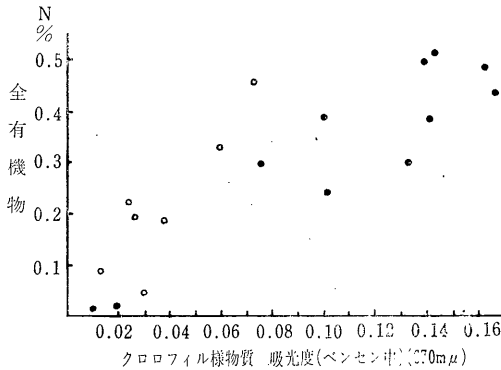
半陸成の環境の下では草などの植物遺体が多量に堆積し、水成の環境の下では、植物性プランクトンが堆積する傾向がある。

たとえば湖底および湖岸の堆積物をしらべると、堆積物は土性が異なる幾つかの層からできており、土性が細かい層には有機物量が多く、土性が粗い層には有機物量が少ないこと、および堆積物の有機物の量とクロロフィルの量とは、ほぼ比例していることが見出された。(第1,2図)

第1図 土性と有機物含量との関係  
(篠ヶ浦地区)



第2図 有機物含量とクロロフィル様物質含量との関係 (霞ヶ浦地区)



● 湖底堆積物, ○ 湖畔土壌

これらの事実、沈降速度のおそい植物性プランクトンの遺体が、粒径の細かい無機質粒子に伴って沈降堆積し易いことに基因していると思われる。

水田土壌の有機物の存在形態

前述したように多くの水田土壌は、陸成土壌に比べて、生成年代が新しく、かつ水に浸されている期間が長いために、土壌に加えられた生物遺体の分解変質、あるいは腐植化の程度が低いと予想される。事実、水田土壌は畑土壌に比べて、一般的に易分解性有機物に富んでいることが知られている。

水田土壌作土層の構成粒子を粒径別に分画すると、400メッシュよりも粗い粒径画分に含まれている有機物は、ほとんどすべて高等植物の遺体の形態で存在していること、およびこの種の有機物は作土層の全有機物量の約30%にも達することが明らかにされた。(第4図)

またこれらの植物遺体は、形が小さいものほど腐植の程度が高く、かつ無機質粒子による汚染の程度が高いことが見出された。(第1表)

さらに400メッシュよりも粒径が細かい画分には、植物性プランクトンの遺体の混入が目立つようになり、2μよりも粒径が細かい画分には、細菌に由来する有機物の寄与が大きいことが、ほぼ確かめられた。

これらの生物遺体は、易分解性有機物に富んでおり、微生物活動ないしは物質変化の拠点になり

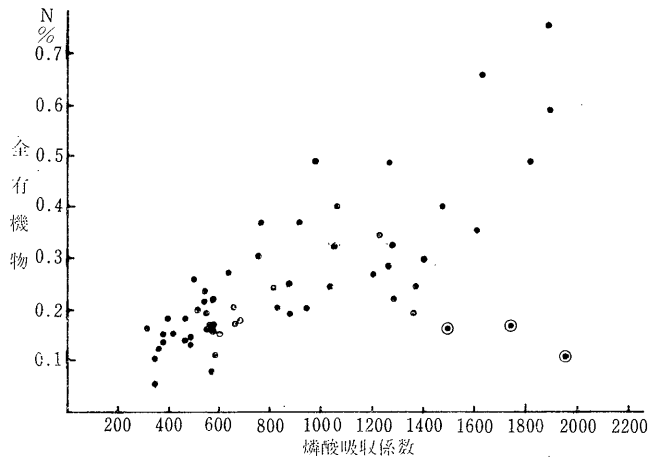
半陸性あるいは水性の下で形成された堆積物を、地下水位を下げ水田として長期間利用している間に、水田土壌の作土層では、水稻の遺体、有機質肥料などの有機物の補給と、微生物分解、溶脱などの有機物の消失との間に、新たなバランスが成立し、土壌の性質に応じた、ほぼ一定の有機物量を維持するようになることが予想される。

この種の課題は研究例が少なく不明の点が多いが、土壌の有機物量と磷酸吸収力との間に、広く比例関係が成立していることが見出されている。

(第3図)

なお水田として長期間利用している土壌においても、湛水期間、田面水中に生育した植物性プランクトンの遺体が作土層の表面に沈積し、作土層表面に生育した藻類とともに、この部分の土壌に有機物を供給していることを指摘しておきたい。

第3図 有機物含量と磷酸吸収係数との関係 (全国の水田試験圃場の作土)



● 下流の混入が著しい土壌

うると予想される。

さらに作土層中には、生物遺体がある種の規則性にしたがって分布しており、それによって作土層中での微細部位における微生物活動、物質変化などが規制され、ひいては作土層全体としての性格および機能も影響を受けると推定される。

水田土壌の作土層の粒団をしらべた結果では、大きい粒団の方が、小さい粒団よりも有機物量、遊離鉄量、活性マンガン量、微生物数、易分解性有機物量などが多く、微生物活性が高い傾向が見出された。(第5, 6図)

土壌諸画分の有機物 (長野土壤)

原 土		全炭素	全窒素	C/N	水分
		1.95 %	0.20 %	9.9	4.5 %
砂 画 分	>30メッシュ	M	0.092		
		D	1.38	21.1	17.0
		H	1.32	18.0	9.2
	30~50メッシュ	M	0.030		
		D	1.59	18.0	13.8
		H	1.66	13.6	8.5
	50~100メッシュ	M	0.014		
		D	1.97	13.2	11.6
		H	1.32	12.0	6.6
	100~200メッシュ	M	0.011		
		D	1.69	12.5	8.4
		H	0.85	11.9	5.0
200~300メッシュ	M	0.029			
	D	0.62	11.6	5.5	
	H	1.07	10.5	5.7	
300~400メッシュ	M				
	D	13.6	11.0	5.3	
	H	6.0	9.4	4.6	
シルト画分		1.59	0.18	8.5	3.6
粘土画分		2.01	0.35	5.7	8.4

M: 鋳物粒子  
D: 腐朽の程度が進んでいない植物遺体  
H: 腐朽の程度が進んでいる植物遺体

これらの事実は、水田土壤の小さい粒団には小形の植物遺体が、大きい粒団には小形の植物遺体だけでなく、大形の植物遺体も閉じ込められており、植物遺体自身および植物遺体からその近くの土壤基質中へしみ出した易分解性有機物を利用して、多数の微生物が生育していることを示していると判断される。

粒団に遊離鉄量、活性マンガン量などが多い事実は、植物遺体のまわりにこれらの物質が濃縮沈着する傾向があることに対応している。

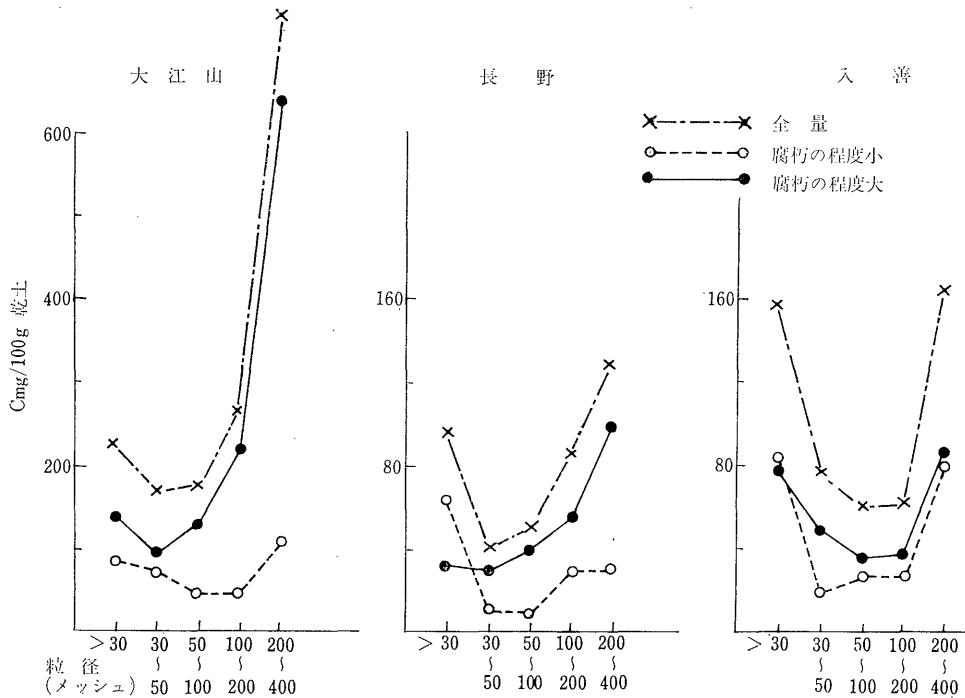
別の見方からするならば、植物遺体はそのまわりに植物遺体圏とも云うべき土壤微細部位を形成し、その部位に含まれている土壤粒子は、互に強く結合されて、粒団としての形態を整えるに至ると考えることもできるであろう。

水田土壤の水溶性有機物とその役割

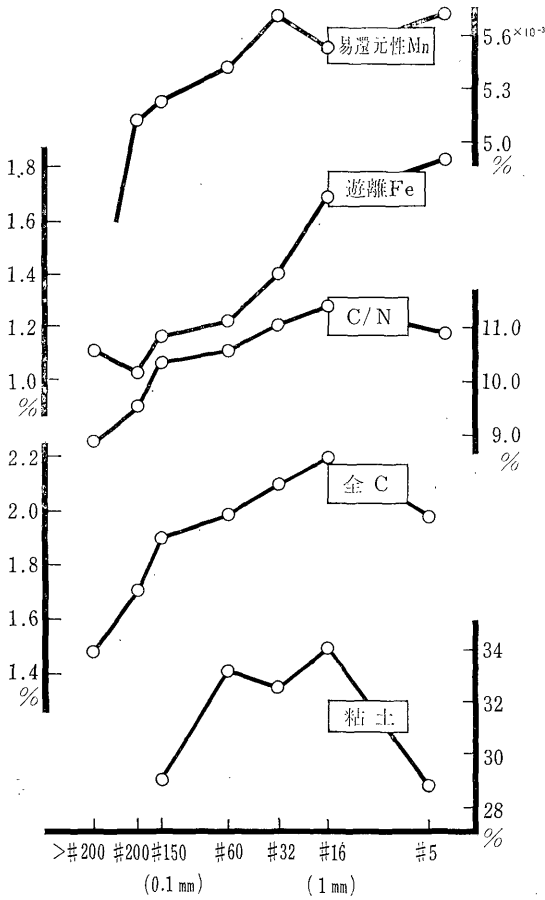
畑土壤に比べて、水田土壤には水溶性有機物が多く含まれていること、水田土壤の排水中には、有機物が存在していることなどは、かなり以前から気付かれていた。

これらの点の解析を進めたところ、水溶性有機

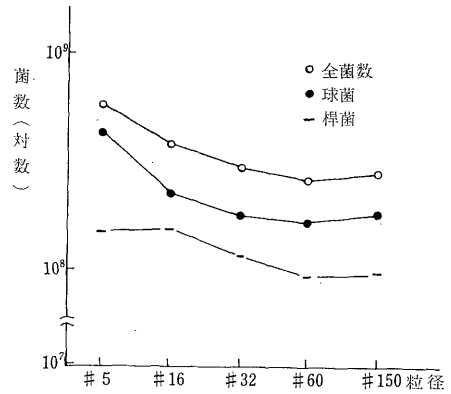
第4図 土壤より分離された植物遺体の有機物量



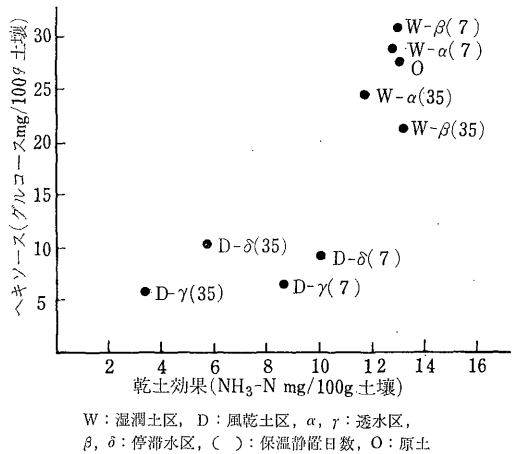
第5図 粒径による耐水性粒団の組成の変動



第6図 風乾耐水性粒団中の細菌数 (長野土壤) 直接法



第7図 保温静置後の土壤の乾土効果と水溶性へキソース含量との関係 (入替土壤)



物の主成分の1つが炭水化物であること、土壤に各種の前処理を加えると水溶性有機物の量が著しく増大すること、土壤の易分解性有機物の量と水溶性有機物の量との間には、ほぼ比例的な関係が成立していることなどが明かになった。(第7図)

これらの事実に基づいて、土壤中には微生物や水が侵入し難いほどに、密にかこまれている微細な孔隙があり、その中に易分解性有機物と、その量にほぼ比例する量の水溶性有機物とが取りこまれていることが推定された。

ところで前述したように、地下水位の低い水田土壤の作土層においては、水溶性有機物が透水によって除去され、その結果、作土層中での物質変化に影響が生じる可能性が考えられる。

この種の作土層に対する透水の効果は、作土層に元来含まれていた易分解性有機物の量によって異なり、易分解性有機物量が多い場合には、水溶

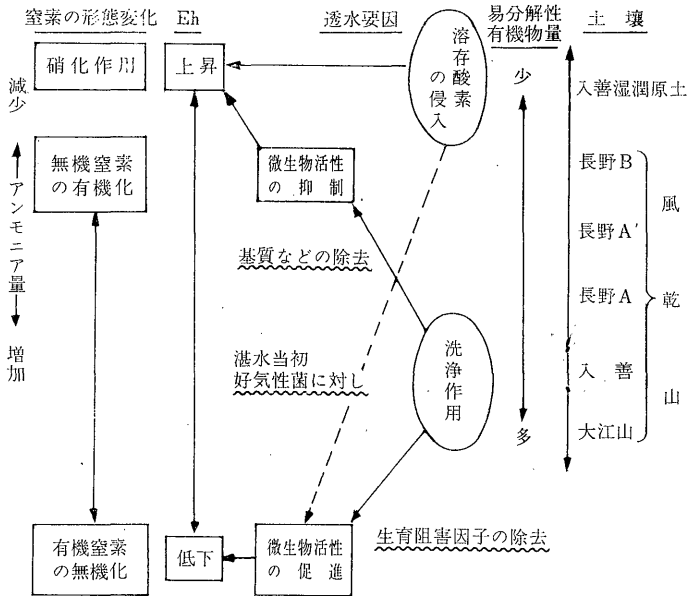
性有機物の除去は、土壤微生物の活性を高め、土壤の還元状態の発達を促進し、これに反して、易分解性有機物の量の少ない場合には、水溶性有機物の除去は、土壤微生物の活性を低め、土壤の還元状態の発達を阻害することが見出された。(第8図)

地下水位の低い水田土壤において、作土層から溶脱してきた物質が下層に達すると、そこで多くの反応を行うことが、以前から認められていた。

その中でも、鉄とマンガンの行動は、作土層からのこれらの成分の溶脱と、作土層の下部での鉄・マンガン集積層の形成とが顕著な現象であったために、多くの研究者の注目を集めるところとなった。

この現象の機構としては、還元状態が発達した作土層で、鉄・マンガンが還元され、水に易溶の

第8図 還元状態の発達と窒素の形態変化に及ぼす透水効果



第1鉄，2価マンガンが生成し，これらが湛水下も酸化状態を保っている下層に達すると，直ちにその場で酸化沈着する過程が想定されていた。

その後，作土から溶脱してきた第1鉄，2価マ

ンガンは，湛水期間に下層で直ちに酸化されることなく，2価陽イオンとして，陽イオン交換座に吸着保持され，落水後酸化沈着する過程が，鉄・マンガン集積層の形成に対して，無視できない役割を果たしていることが確かめられた。

また後者の過程が進行する前提条件の一つは，下層に含まれていた分子状酸素が，あらかじめ浸透水中の水溶性有機物の直接的な作用あるいは，微生物活動を介しての間接的な作用によって，消費されることにあることが確かめられた。

さらに浸透水中の有機物は，鉄・マンガン集積層よりも深い土壌の下層に達し，浸透水の通路に当る孔隙の壁面と反応して，その部位に易分解性有機物を富化させ，微生物数を増加させるとともに，他方，土色を灰色にし，鉄・マンガンを溶解除去することが見出された。