

酸化性的ならびに還元的条件下の土壌中における 各種土壌微生物群の挙動

柘植利久* 松本貞義*

On the Behaviour of Soil Microbiological Populations in Soil, under the Oxidative and Reductive Conditions

Toshihisa TSUGE and Sadayoshi MATSUMOTO

Synopsis

The objective of this investigation is to evaluate the relation of Eh and microbial populations in soil under water-logged and farm soil conditions to soil from fertilized and long-term nonmanured paddy field at Shiga Pref.

The results is as follows.

- 1) Eh were estimated using Pt-electrode, and fluctuations in microbial numbers were examined using dilution plate count procedures.
- 2) Generally, Density of microbial populations were low for long-term unmanured soil, and high for soil treated with fertilizer and manures.
- 3) Eh on the submerged soil is a lowering to comparison with farm soil. Namely, water-logged soil is reductive or oxygen deficient, and farm soil is oxidative or oxygen abundant to water-logged soil.
- 4) A sulfate reducing bacteria, denitrifying bacteria and other ordinary anaerobic bacteria are predominated in water logged soil to farm soil. Especially, the greater part of ordinary anaerobic bacteria in soil under submerged conditions has been acknowledged as facultative anaerobic bacteria to living on the presence of oxygen.
- 5) The greater number of actinomyces and fungal populations is identified in soil under farm or oxidative conditions.

I 緒 言

自然培地としての土壌中には多くの微生物が生存し自然界における物質の移動循環や成分の形態変化に関与している。

これら土壌中の微生物の活動は土壌型や土壌構造、反応性、温度、水分その他肥料、農薬の添加によって著しく影響を受ける。

一般に湛水状態における水田では酸素不足のため微生物の多くは嫌氣的な活動を営み、酸素供給の豊

富な畑状態においては好気性微生物の活動が活発化するものと考えられる。

本研究においては一般施肥栽培田と無施肥栽培田の土壌について、これをそれぞれ水田と畑地の状態に保ち経時的にその酸化還元電位の変動と微生物のあらわれかたを検した。

II 実験方法とその結果

本実験には滋賀県栗東町における長期無肥栽培田（無肥田）と隣接する慣行施肥田（有肥田）の作土

層の土壌を風乾篩別 (< 2 mm) して供試土壌とした。*Table 1* はその土壌の一般的特性である。

有肥田と無肥田の細土はそのままそれぞれ、各50 kg宛を 1/5,000 アール磁製ホットにみたくして、有肥土壌区と無肥土壌区を設定した。この各区につき灌水した水田状態と容水量の60%水分量を保有させた畑状態の2系列を設けた。各ホットはアルミ箔で覆

い、40日間25~28℃のもとに静置し、一定期間毎に各有肥区と無肥区における水田状態と畑状態の上層部 (0~5 cm) と下層部 (10~15 cm) の土壌につき Eh (mv) を測定し、同時に硫酸還元菌、脱窒菌、一般嫌気性菌 (以上嫌気性菌) を検定した。また有肥田区の一部について糸状菌、一般好気性菌、放線菌 (以上好気性菌) の検定をおこなった。

Table 1 Characteristics of soils used for experiments.

Soils	Fertilized soil	Nonmanured soil
Chemical and Physical properties		
PH (H ₂ O)	6.04	5.07
Eh (mV)	188.97	201.21
C (%)	1.75	0.81
N (%)	0.20	0.17
available {P ₂ O ₅ (%)	0.016	0.0026
{K ₂ O (%)	0.015	0.005
Exchangeable acidity (Y _f)	10.10	20.90
Texture	FC	FC
Water stable aggregate (mg/100g Soil)	0.0086	0.0082
Count in microbiological populations (x 10 ⁶ /g. Soil)		
Sulfate reducing bact.	0.15	0.25
Anaerobic bact.	1.25	1.95
Denitrifying bact.	0.35	0.35
Fungi	0.10	* ---
Aerobic bact.	2.20	* ---
Actinomyces.	2.00	* ---

* Not determined.

即ち硫酸還元菌は乳酸ソーダ培地を、脱窒菌には V L 寒天培地を、また一般嫌気性菌には肉汁寒天培地によるペトリ皿応用簡易法を適用した^{1),2)}。また糸状菌にはアスパラギン酸寒天を、放線菌には *Czap* 培地を、一般好気性菌には一般肉汁寒天培養法によった。これらの菌数の測定はすべて希釈平板法に従った。

また pH 値の測定にはガラス電極を用い、酸化還元電位 (Eh mv) には白金電極法によった。Eh 値はその測定電圧から比較電極特有の数 (300mv) を控除した数値を表示した。

Table 2, *Fig. 1* は水田と畑状態土壌の pH と Eh (mv) の経日数的変化で、*Table 3*, *Fig. 2* および *3* と、*Table 4* は同じく土壌中における微生物の動態を示したものである。

III 考 察

本研究においては一般肥料施用田 (有肥田) と長期無肥料栽培田 (無肥田) の土壌についてそれぞれこれを湛水下においた場合 (水田状態) と容水量の60%の水分量を保持せしめた場合 (畑地状態) における土壌の酸化還元電位 (Eh, mv) と土壌中における微生物の動態を40日間にわたって検した。

Eh は有肥田と無肥田において、水田状態と畑地状態のいずれの場合も実験開始後10日目頃まで比較的高い値を持続するがそれ以後は一般に低下の傾向を示した。しかして水田と畑状態については全般的に前者は後者に比して低い値を示した。(Table 2 と Fig. 1 参照)。この現象は土壌中の酸素は微生物の繁殖にともない一部奪われるが水田状態においては土壌へ

の空気の拡散が湛水によって抑制されるためと考えた。

層位別に見ると湛水下の水田状態においては下層

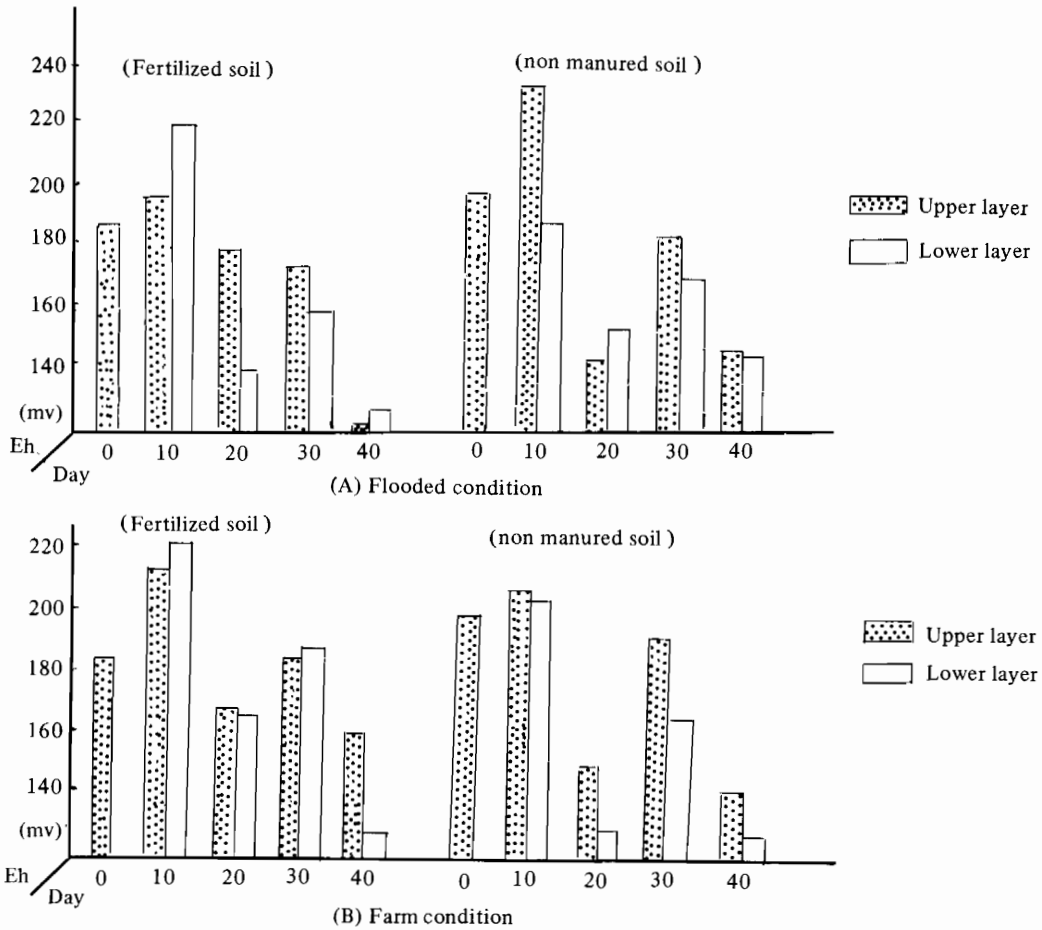


Fig. 1 Measurements of Eh for soils under flooded and farm conditions

部Ehは表層部に比して著しく低下するが畑地状態においては下層部と表層部のEhの差が水田状態におけるほど顕著な差は認められなかった。

かくしてEhに関して、水田状態では湛水によって土壌への酸素の供給が少なく土壌は還元的条件下におかれるが畑地状態の場合には水田状態に較べて酸素の供給は豊富にして土壌は酸化傾向下の状態にあるものと考えられる。このように土壌Ehは常に一定のものではなく、無機成分の形態・有機物の存在などによってそのあらわれ方に相違を示すが土壌管理特に水分の存在がその酸化還元機構に影響するところが極めて大である。

また、土壌中にあらわれる微生物の *population* に関して、一般に炭素質物、有効養分その他微生物基質が豊富に存在する有肥田土壌における水田状態および畑地状態と無肥田土壌のそれぞれの状態における微生物数を比較して見ると Table 3 と Fig 2 に示された傾向にあった。

しかして有肥田、無肥田の土壌についてこれを水田状態にすると畑状態におけるよりEhの下降により脱窒菌、硫酸還元菌その他の一般嫌気性菌の出現が多くまた一般に表層部より下層部において多くあらわれた。この傾向は脱窒菌、その他一般の嫌気性菌に比較して硫酸還元菌において特に顕著に認められ

Table 2 Daily changes on the Ph and Eh (mv) to soils under flooded and farm conditions.

Soils		Incubation period (days)		0		10		20		30		40	
						*	**	*	**	*	**	*	**
				UL	LL	UL	LL	UL	LL	UL	LL	UL	LL
Flooded condition	Fertilized soil	Ph	6.04	6.47	6.50	5.09	5.31	6.21	6.75	6.43	6.73		
		Eh	188.9	202.8	225.0	183.4	140.9	177.9	163.8	122.1	131.7		
	Nonmanured soil	Ph	5.07	5.46	6.35	4.68	5.24	5.60	6.65	5.44	6.32		
		Eh	201.2	236.7	193.0	145.1	154.2	186.9	169.9	147.1	147.1		
Farm condition	Fertilized soil	Ph	6.04	6.15	6.38	5.10	5.36	6.02	6.39	6.21	6.65		
		Eh	188.9	215.7	226.0	171.7	171.7	186.9	192.9	163.1	136.1		
	Non manured soil	Ph	5.07	5.46	6.62	4.75	5.34	5.48	6.46	5.27	6.40		
		Eh	201.1	210.6	207.0	155.1	133.1	194.8	167.0	143.1	128.1		

Note; * UL is short for Upper Layer.

** LL is short for Lower Layer.

Table 3 Population change for anaerobic bacteria in soils under flooded and farm conditions. ($\times 10^6$ /g-soil)

Soils		Microbes		10		20		30		40		
				UL	LL	UL	LL	UL	LL	UL	LL	
Flooded conditions	Fertilized soil	Sulfate reducing bact.	3.00	5.05	2.80	5.08	0.80	2.10	0.95	1.05		
		Anaerobic bact.	3.00	1.20	4.75	1.80	2.55	3.10	1.00	2.80		
		Denitrifying bact.	3.80	3.60	4.80	3.80	1.20	2.30	1.15	2.60		
	Non manured	Sulfate reducing bact.	1.05	3.60	1.60	3.00	1.50	3.96	2.90	3.10		
		Anaerobic bact.	1.10	3.50	2.80	2.60	1.30	2.20	1.30	2.95		
		Denitrifying bact.	1.85	1.70	3.00	3.50	2.10	1.80	0.95	1.50		
Farm condition soil	Fertilized soil	Sulfate reducing bact.	2.10	3.10	1.45	4.00	2.05	2.25	1.00	1.95		
		Anaerobic bact.	2.60	2.89	3.50	4.00	1.60	2.95	0.75	1.95		
		Denitrifying bact.	3.00	2.60	4.30	2.60	1.05	1.80	1.00	2.45		
	Non manured	Sulfate reducing bact.	1.00	3.00	1.80	2.00	2.25	1.95	1.00	1.55		
		Anaerobic bact.	1.90	3.00	1.00	5.95	1.35	1.00	1.15	2.00		
		Denitrifying bact.	2.00	1.40	3.50	4.00	1.00	2.60	1.66	2.25		

Note; UL and LL is short for upper layer or lower layer, respectively.

Table 4 Data on the aerobic populations in the flooded and farm conditions of fertilized soil. (number, $\times 10^4$ /g-soil)

Microbes	Flooded condition*		Farm condition*	
	surface soil	subsoil	surface soil	subsoil
Fungi	150	40	260	400
Aerobic bact.	650	200	400	280
Actinomyces	220	80	450	150

* Incubation period, 20 days

た。(Fig. 2, 3参照)

特に土壤中の硫酸還元菌は *Pesulfovilio* や、*Desulfotomachulum* の如き生理的絶対嫌気性菌 (Strict Anaerobic bacteria) で脱窒菌や他の普通

嫌気性菌にくらべて嫌気性が強く、特に水田土壤中
で硫酸を還元して H_2S の生成に関与する有力な微生物で特にEhの低下の甚だしい水田、特に表層より下層土において著しく増殖するものとする。¹⁾

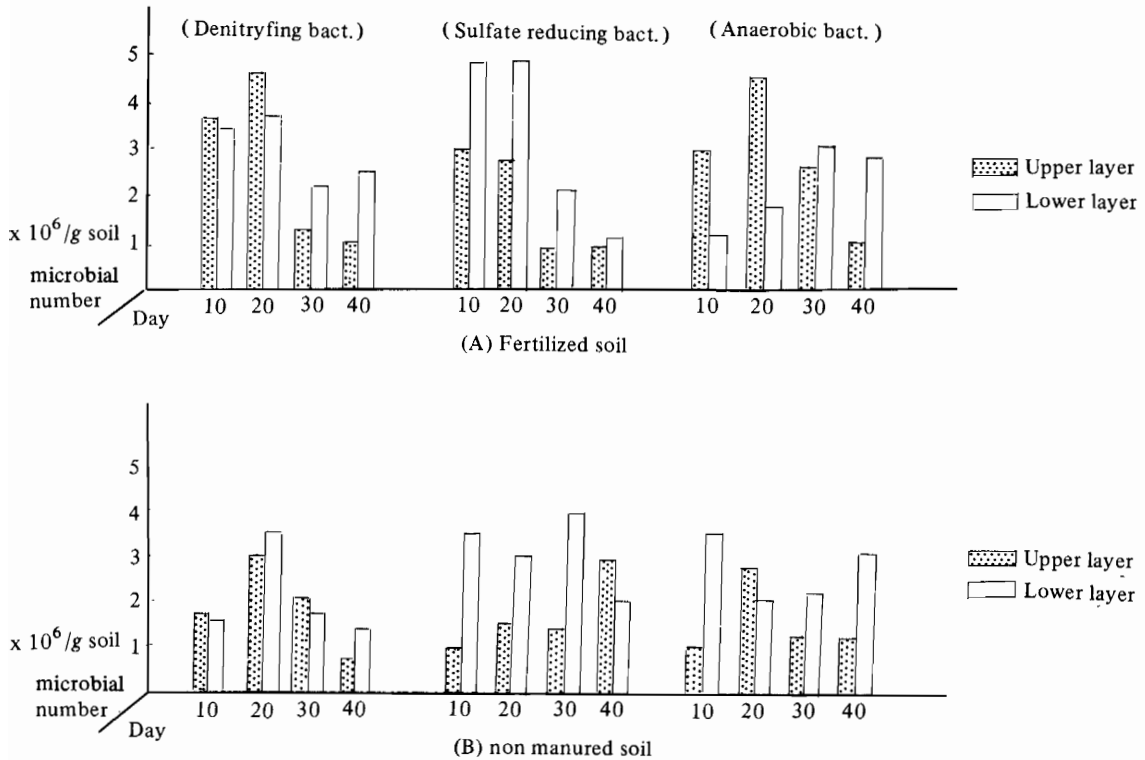


Fig. 2 Fluctuations of anaerobic bacterial populations in the flooded conditions.

以上は有肥区と無肥区土壤についてそれぞれ水田と畑地状態に保った場合の嫌気性菌のあらわれかたを比較したのであるが、さらに有肥区土壤につき水田と畑地状態に20日間 incubate した場合における *Fungi*, *Actinomyces* と他の一般好気性菌の出現状態を検した結果、*Fungi* を除き *Actinomyces* と一般好気性菌は表層部に多くあらわれるが下層部において少ない。(Table 4参照)。これを前掲 (Table 3) の20日間培養において出現した Anaerobic bacteria の count 数と対比 (Table 5) すると *Fungi* と *Actinomyces* は水田より畑地状態の土壤中に多く一般好気性菌は畑地よりむしろ水田状態における土壤において優勢にあらわれた。これは恐らく水田土壤中に存在する多

数の嫌気性菌の大部分は条件的嫌気性菌 (Facultative anaerobic bacteria) でこれが好気的条件下でもあらわれるものと考えられた。

近年 S. Martyniuk and G. H. Wagner³⁾ は *Corn* と *Wheat* の現地における自然の試験区につき *Fungi* と *Actinomyces* の出現頻度は高く、特に *Penicillium* と *Aspergilli* 属が優勢であることを認めた。

土壤中における微生物の種別やその *Fluctuation* は土壤中の水分のほか作物、肥料、温度、季節等によって影響され、これがまた土壤質物の変化や土壤の理化学的性質などに関係する。特に水田における藻類その他根圏における遊離窒素固定微生物の検索は水田の地力に関し興味ある問題と考える。

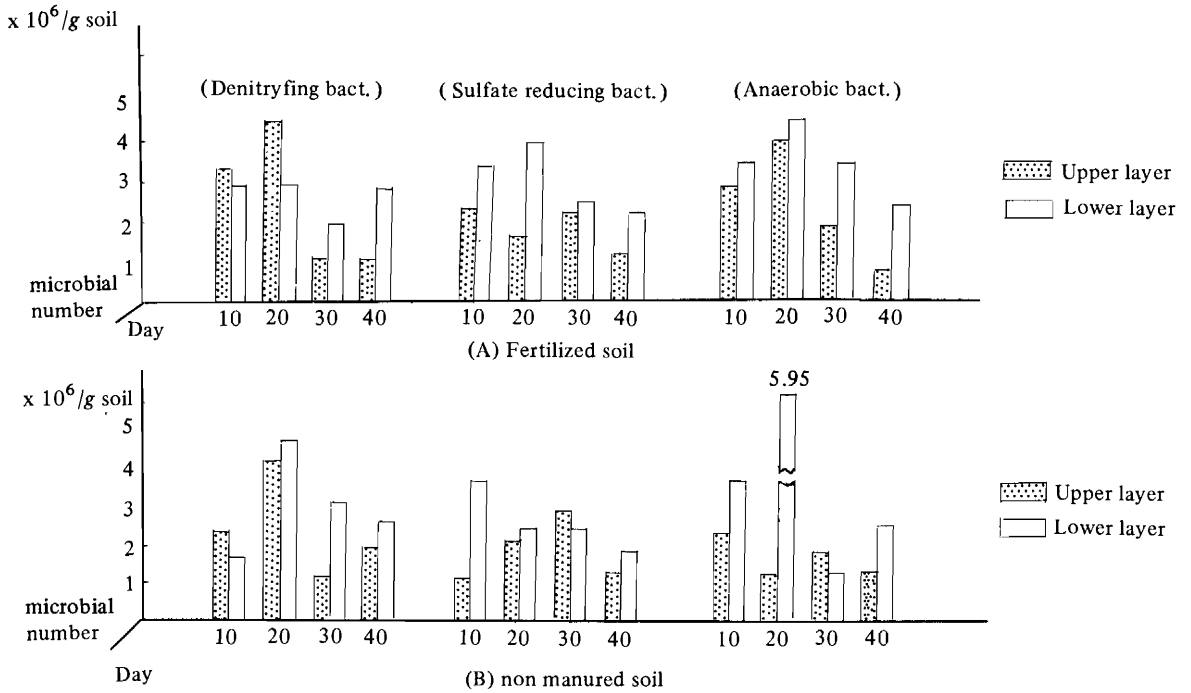


Fig. 3 Fluctuations of anaerobic bacterial populations in the farm conditions.

Table 5 Count on the anaerobic and aerobic populations in flooded and farm conditions of fertilized soils (Number, $\times 10^4$ /g-soil)

Soil / Microbes	Flooded condition		Farm condition	
	surface soil	subsoil	surface soil	subsoil
ANAEROBIC BACT				
Sulfate reducing bact.	280	508	145	400
anaerobic bact.	475	180	350	400
Denitrifying bact.	480	380	260	400
AEROBIC BACT.				
Fungus	150	40	260	400
Aerobic bact.	650	200	400	280
Actinomyces	220	80	450	150

Note; Incubation period, 20 days.

IV 要 約

1) 畑地状態と水田状態における土壌の Eh の変化と微生物の変動を2種の土壌について検した。

2) 一般に有肥土壌は無肥土壌に比して畑状態、水田状態ともに土壌中微生物の数は豊富である。

3) また有肥田、無肥田のいずれの土壌において

もその水田状態は畑状態にくらべて Eh 値は一般に低い。なお水田，畑状態ともに下層土の Eh は表層部にくらべて低下する。この傾向は一般に畑状態におけるより水田状態において顕著にみとめられた。

4) かくして水田は酸素の欠乏した還元的条件下にあるが畑状態の土壤は水田にくらべて酸素の豊富な酸化的傾向下にあるものと考ええる。

5) 土壤を水田状態にすると畑状態におけるよりも脱窒菌，硫酸還元菌その他の一般嫌気性細菌の増殖が顕著に認められる。この傾向は上層部より下層部において著しい。特に硫酸還元菌は脱窒菌や他の一般嫌気性菌に比してその嫌気性が強く土壤の下層部 Eh の低下部位において顕著に増殖することが認められた。

6) 水田土壤中に多く存在する一般の嫌気性細菌の大部分は条件的嫌気性細菌で酸素のあるところで好気性菌なみの生活を営みうる細菌であることがみとめられる。従って一般好気性細菌の *population* は畑地におけるよりむしろ水田状態の土壤中に多く存在するものと考ええる。

7) *Fungi* と *Actinomyces* は水田よりも酸化傾向下にある畑地に多く見出された。

引用文献

- (1) 宮地憲二：応用菌学(下)，岩波 (1971)
- (2) 柘植利久・松本貞義：本誌，12 (1978)
- (3) S. Martyniuk and G. H. Wagner *Soil Science* 125, 6, 343 (1978)

(昭和54年11月10日受理)