

大阪中河内地区の堆積層序とその土壌

川村三郎*

Horizon Sequences and the Soil of the Osaka Naka-Kawachi Alluvium

Saburo KAWAMURA*

Synopsis

The character of soil horizon sequences was studied in relation to the past and present surface of the soil. The soil horizon sequences at sampled locations showed the processes of soil accumulation, but each soil layer accompanies the action of soil formation at the surface of the ground. Plain formation by an alluvium shows a shallow underground water level, and is piled up in reductive soil according to each period and the microconfiguration on the ground. In the soil horizon sequences, the content of organic matter in layers of oxidative soil was low, and iron was seen as a reddish mottling. In reductive layers, organic matter decomposed slowly, so the content of organic matter was high. The iron content was the same as in the oxidative layer. The mean phosphate content of the soil samples researched were 34% of the mean value for farm lands in Japan, and the phosphate and iron concentrations were correlated. The fertility of buried field soils that had been used from the Yayoi to the Edo period for rice culture was comparable to that of present paddy field soil. From these results, it seems likely that manure in early rice culture of Japan had been practised.

I はじめに

沖積平野は、河川による土砂の運搬と侵食、堆積を基本とする地形の形成が繰り返し行なわれる場であり、その過程は土壌断面の層序に示されている。層序は、また、それぞれの地表面の環境条件に対応した土壌生成作用の結果も累積している¹⁾。さらに、この種の土地は、農耕初期から圃場区画、灌漑や施肥などの農作業による影響を強く受けてきているので、人間と自然の営力との総合結果として、層序を構成する各土壌の性質と状態が地形の形成に関わっていると思われる。

近年、大阪平野の中央部にある中央環状道路に沿った約14 kmに及ぶ地域が考古学調査の対象となり、著者は、それら数箇所の土壌断面と弥生時代から近世までの埋没水田を調査する機会に恵まれた。

今までに得られた当地域の土壌層序の特徴、層序を構成する土壌の有機物・鉄・リン酸含量の測定および埋没水田遺構土壌を用いた水稻栽培試験の結果と考察を以下に報告する。

II 調査地点と方法

本地域は、近年排水と地盤の補強のために水田を埋め立て整備された場所が多い。ここで取り上げた地点も以前はいずれも水田であって、15~40 cm盛土され、交通機関の施設地として用意された場所である。ここで取り上げた6地点を北部から南へ順次示すと、東大阪市水走(以後水走と略記)、東大阪市若江西新町(若江北)、八尾市新家町(山賀)、東大阪市友井(友井東)、大阪市平野区亀井(亀井)、八尾市木本(八尾南)で、これらの地点は、直線にし

て約12 kmである。高度は、盛土下の旧耕作土面で示すと水走の海拔2.1 mから八尾南の海拔11.2 mまでの間に含まれる。また各地点の勾配は、現在の天井川堤防(恩智川, 吉田川, 第2寝屋川, 長瀬川, 平野川および大和川)を除けば水走から友井東までの間は僅かに0.5 m/km以下と小さく, 友井東から八尾南間では1.5 m/kmと僅かに増加しているにすぎない。

土壌断面の層序は、各土壌の色と機械的組成の特徴で示した。色の表現はマンセル色標法により、機械的組成は国際土性表示法にしたがった。

各土壌の化学成分の定量では、有機物量は重クロム酸カリウム還元による炭素量に定数1.73を乗じて全炭素量とした²⁾。全鉄量は熱濃塩酸とヒドロサルファイト ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) による分解浸出の後³⁾、原子吸光法によった。全リン酸量は過塩素酸分解法⁴⁾によった。

水稻栽培ポット試験は、水田遺構土壌そのものを用い、三年連続して行なった。弥生時代中期と後期の土壌は若江北のものを、古墳時代前期の土壌は久宝寺遺跡(八尾市久宝寺)、古墳時代中期は八尾南、鎌倉期と江戸期は友井東、現代のものは若江北遺跡に隣接した水田土壌など7種を供試した。栽培は、各土壌を乾重として4.0 kgとり5000分の1アールのポットにより、品種を紅あさひ(晩生・長稈穂重型)で各2連で行なった。それぞれのポットは施肥区と無施肥区を設け、施肥はレンゲ堆肥を元肥のみでポット当り乾重15 g加えた。

III 結果と考察

3.1 調査地の土壌断面と層序

調査地点の現在から弥生時代までの層序の柱状土壌断面を Fig. 1 に示す。

盛土で被われた最上層の耕土は、ち密化して、含まれる有機物の部分的な酸化分解が起り、灰色に退化していた。この層中には斑紋がほとんど含まれないが、湿性状態から乾性への変化過程を辿って下層土化の進行が認められた。

各土壌断面の全層序に対する砂層の割合は、友井東の53%から八尾南の11%までの範囲で、必ずしも調査地点の高度に関係していない。また砂層の厚さは、山賀での1.2 m 近くの場合から各断面で観察された棄理層の1 cm 未満までの間に分布していた。そして八尾南を除き下層ほど砂層の現われる頻度が高い。地下水面以上の砂層は、灰白ないし灰褐色を呈したが、それ以下ではグライ砂層として灰色の度

合が強くなった。それらの粒径組成は、友井東以北では細砂が主で、円礫をまれに含むが、亀井以南では下層ほど粗砂と円礫が含まれた。これらの砂層の形状や組成は、地表面の堆積、被覆状況に関わり、砂層自身や隣接表土の侵食による削剝も起ったと考えられる。またこれらの特徴は砂の堆積前の地表面の推定に重要である。耕地が砂で被われた場合、埋積規模が小さければ通常そのまま埋積されることは少なく、砂粒子は耕地の復旧や耕作によって土壌中に分散し、土壌組成を構成すると思われる。独立層として堆積遺存した場合には、砂層は、酸化層では暗渠の作用を、グライ層では地下水位に対する緩衝作用を果す場となったと思われる。

各断面の地下水位は、斑紋が分布する層位の下限面とグライ層の上限面にほぼ一致した。これらは、各調査地点の高度順に位置しており、水走では地表面下45 cm、亀井と山賀ではほぼ同じ85 cm、八尾南では110 cmであった。高度が上がれば、表層ほど土壌は乾燥して通気性あるいは透水性に優れ、土壌生成作用に起因する斑紋の形成が顕著に認められた。

各層序の土の色は、総じて明度が3以上、彩度が3未満の黒味をもった灰色系統の色相であった。斑紋の色は、鉄系では褐色ないし赤褐色で、点・雲状から糸根・うん管状の形状を示した。その直下にあるマンガン斑ではチョコレートないし茶色の雲・点状のものが顕著な場合もあった。グライ層の各層位の土色は、黄褐灰色から黒色までに分布し、青灰色系は稀であった。しかし、かつて存在したと考えられる斑紋が消滅しかかり、時には亀裂面ないし過去に生育した植物根に沿った板状・うん管状の鉄さび状斑紋が認められたり、あるいは粘土質土層中に藍鉄鉱(vivianite)、菱鉄鉱(siderite)の沈積物などが観察される場合もあった。

当地域の土性は、全般に粘土質であって、軽埴土(LC)から砂質壤土(SL)まであり、埴壤土(CL)を中心に分布している。したがって、各層位の透水性は、やや不良ないし不良であって、土圧による無構造化に関与している。しかし、断面の下層部では砂層が随所に存在し、垂直方向の水の移動は抑制されると思われる。これらの地点の柱状図で示した弥生時代以後の堆積層序の厚さは、高度が低いほど大で、水走では八尾南の2.4倍弱であった。この差を弥生時代から現代までの年数で単純に割ると年間約1 mmに当り、ほぼ倍の堆積差に相当した。

各地点の土壌層序に対する考古学調査による年代比定⁵⁾と識別層序の層厚から年代別の年間堆積を

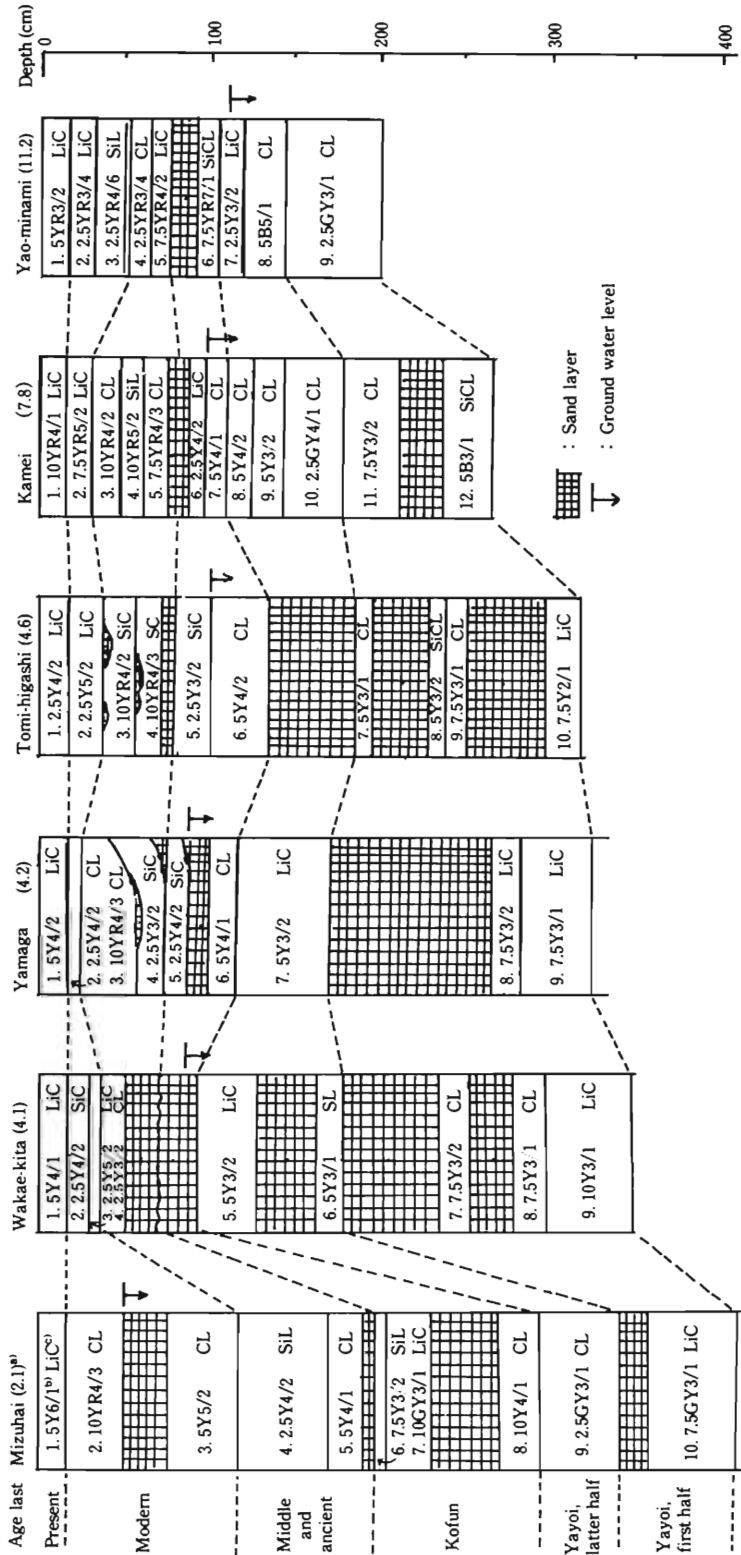


Fig. 1. Soil profiles of sampled locations in the Osaka Naka-Kawachi alluvium. a) Numbers in parentheses show the level (meter) above sea level at that location. b) Soil color follows the Munsell notation. c) Abbreviations for soil texture: LiC, Light clay; SiC, Silty clay; CL, Clay loam; SiCL, Silty clay loam; SL, Sandy loam; S, Sand.

Table 1 に示す。これらの値は、侵食による負効果の影響があると思われるが、各地点におけるそれぞれの年代の堆積状況を示す指標とみることができる。現代の埋め立てによって下層土化しつつある耕作土層は、各地点に共通してほぼ0.5 mm 以下の年間堆積量であった。なお、本表において古代については層序の年代判別が困難な場合が多いため中世区分に含めている。古墳期から近世にかけて堆積の著しい水走を除くと、他の5地点では現在から古墳期に至るまでは地域差が少なく、安定した土壌化作用が働いたことを暗示している。そして、年代をさかのぼるほど堆積量が増加した。

各土壌断面の層序を構成する土の化学成分のうち、炭素量から換算した有機物と鉄の全量についてそれぞれの垂直分布を Fig. 2 および Fig. 3 に示す。

土壌中の有機物は、若江北の6層位で6%と最大含有量を示し、粘土質層で高く、砂質な層位ほど低い結果であった。さらに、有機物量は、地下水位以下の各層位では全般に高く、砂層においても友井東の6, 7層間の砂層を除いて、1%以下にはなっていない。これらの有機物は、植物などの組織が残って黒色化した粗腐植物質とコロイド状に細分化した腐植とがある。これらは、主として各地表面（根部や人為的な施肥物質などは表層土中）に蓄積し、埋積されると酸化条件に応じて変化を受けて減少し、層間の移動がほとんどないもの⁶⁾と思われる。これらの有機物は、埋積の場所が地下水面より上位であれば、微生物などの作用によってやがては分解消失する。他方、グライ層中では有機物の分解は抑制され⁶⁾、粘土含量と高い相関をもって遺存する。また、このような条件下の埋積有機物は、空気に触れない限り元の色調を変えなくて、脆弱さはあるものの原形を留めるものが多い。そして空気中での乾燥によ

り急速に黒色化と細分化が起る。なお、土壌中の全窒素量も有機物含量と極めて高い相関を示した⁷⁾ことから、有機物の遺存が窒素の無機化による土壌生成作用の結果に影響して層序の土壌に潜在するようになると思われる。

全鉄量については、旧耕作土の直下に多いが、さらに下層の還元部位でも減少しない。還元砂層で鉄含量が少ないことは、酸化砂層の鉄集積と対照的な場合がある。強く還元されて可溶化した鉄分は局部的に酸化性の部位に到達すると、酸化されて沈積し斑鉄となる。この状況においては、土性、構造などの遺存が優性であって、鉄斑紋層にまで発達する場合もある。各調査地点のグライ層では、一般に稲が生育している真夏の水田作土に比べ、還元力が弱く、地温変化の少なさ、透水性の抑制、粘土によるイオン吸着あるいは鉄化合物の生成などで、鉄は、各層序の土壌に保持され、還元溶出による鉄含量の低下が遅いと推察される。

土壌中でのリン酸は、特に酸性土壌で強く吸着保持される⁷⁾。当地域の湿潤な塩基溶脱条件下では鉄分がリン酸の吸着母体として作用し、リン酸の固定が一層に促進されるようである。各層序の土壌の過塩素酸分解による全リン酸量は、Fig. 4 にみられるように鉄含量との相関が非常に高い。すなわち、相関係数が0.9512で、 $(鉄含量) = 0.038 \times (全リン酸量) + 0.453$ の関係が得られた。難溶性として知られるリン酸アルミニウム (variscite, 溶解積 1×10^{-28}) に比べ、リン酸鉄 (strengite, 溶解積 $1 \times 10^{-32.3}$) はさらに約20,000倍も小さい溶解積をもつ不溶性物質であることから、溶解性の極めて低いリン酸鉄の生成が暗示される。しかし、各層序のリン酸平均含量は、今日のわが国の農耕地平均のほぼ1/3の値を示していて、なお可溶性の傾向を示唆している。

Table 1. Soil accumulation coefficient of horizon sequences in Osaka Naka-Kawachi alluvium

Age	Mizuhai	Wakae-kita	Yamaga	Tomoi-higashi	Kamei	Yao-minami
Present	3.0	0.5	0.5	0.7	0.7	0.8
Modern	1.8	0.6	0.8	0.8	0.7	0.7
Middle and Ancient	2.8	1.8	1.5	1.8	0.7	0.8
Kofun	1.3	2.7	1.7	2.3	1.0	1.1
Yayoi, latter half	1.8	1.7	1.5	1.4	1.1	0.8
Yayoi, first half	2.0	0.5	5.2	3.8	3.7	1.1

Numbers are in millimeters per year.

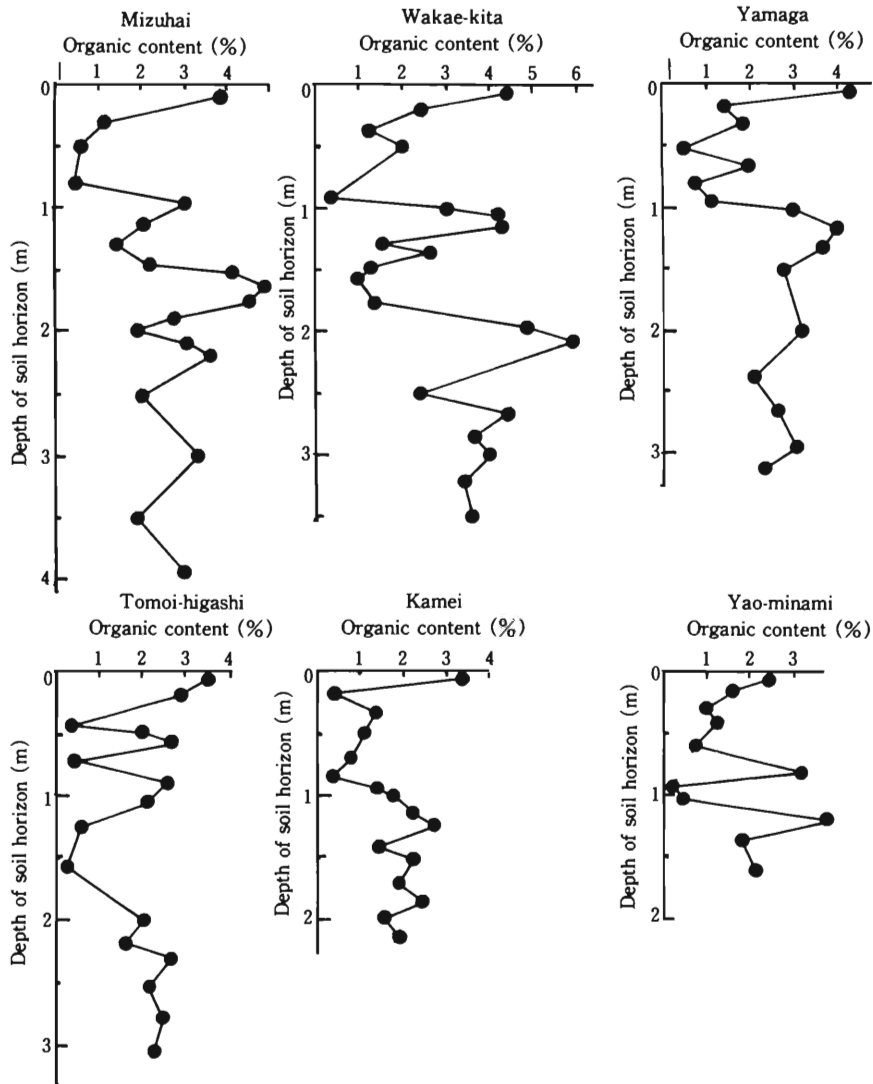


Fig. 2. Vertical distribution of organic matter in soil horizon sequences. Organic matter content count for total soil carbon x 1.73.

Fig. 5 は当地域に一般的な堆積地形を土壤累積層のモデルで示したものである。土壤の層序は、流路およびその近辺で認められる不安定な土砂の淘汰堆積層と、流路間低地（後背低湿地）で認められる安定な細粒子の沈降土壌層から成り、それぞれに表土層を伴っている。このような地形では下層ほど流路の蛇行と分流入が認められ、これら流路の曲部に沿って砂質土壌が堆積して自然堤防（流路高地堤防）あるいは微高地の堆積材料となる。そして、そこでは住居地や畑作地としての条件が備わると思われ

る。

一方、後背低湿地では、可能な限り水田や畑の開発が行なわれ、灌排水の確立が計られたものと推測される。水田開発に伴って自然堤防を中心に幹線流路から支流が分岐され、水利の整備が高度化して安定な堆積が稲作を通して進行したと思われる。その間、水の流れは流路の許容量を洪水などで越えると自由に低地を選び、より低地で新たに流路として土砂の堆積が繰り返されたことが当地の土壤層序から推察される。当地で発掘検出された弥生期などの

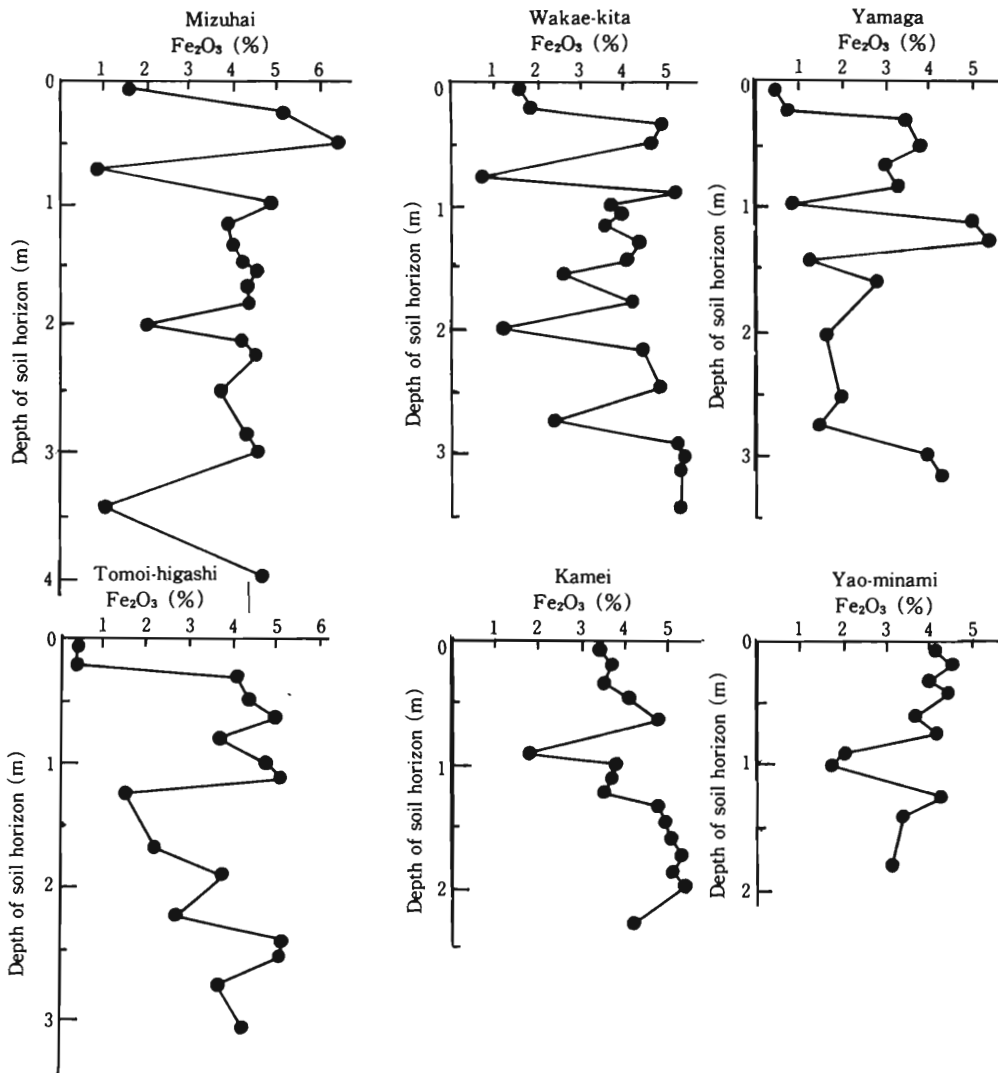


Fig. 3. Vertical distribution of total iron content in soil horizon sequences.

水田遺構の地形は、洪水時に微地形での低地が必然的に集水域化した洪水前の幹線流路間に生じた後背低湿地である。ここでは、洪水時に低地の水田域が新たな流路となり、発掘された水田は耕作不能にまで粗粒質土砂で埋没した事実を示している。近世になるにしたがって低地周辺に営まれる水田が増すと、流路は、人為の度合が増し、固定化され天井川化する傾向が強まる。そして浚渫された流路底質が運積された側面微高地（河川の堤防域）は、住居地あるいは畑作地の土壌条件を備えることになり、当地の一連の考古学調査からもこの傾向が伺われる。

3.2 水田遺構土壌による水稻栽培

本調査地域には現代から弥生時代までの水田が埋積している。特に、考古学調査で形態的に水田と特徴づけられなくても、継続的な土地利用の場で、土壌の性質や微地形的に緩段差のテラス状土地の状況から水田と考えられる層序は非常に多く⁵⁾、むしろ埋没時のままの水田は検出されることが稀と思われる。いずれにしても10数年前までの当平野の土地利用形態は他の低平地と共通して水田であり、しかも、それが稲作の初源期にまでさかのぼり得ることが土壌層序から推定できる。

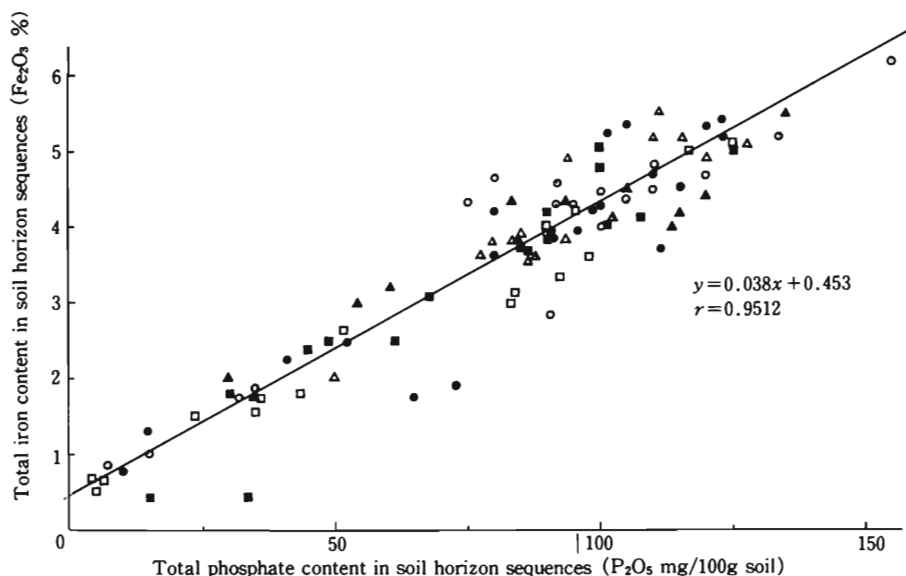


Fig. 4. Correlation of iron and phosphate in soil horizon sequences.

Sampled locations
 ○ : Mizuhai ● : Wakae-kita
 □ : Yamaga ■ : Tomoi-higashi
 △ : Kamei ▲ : Yao-minami

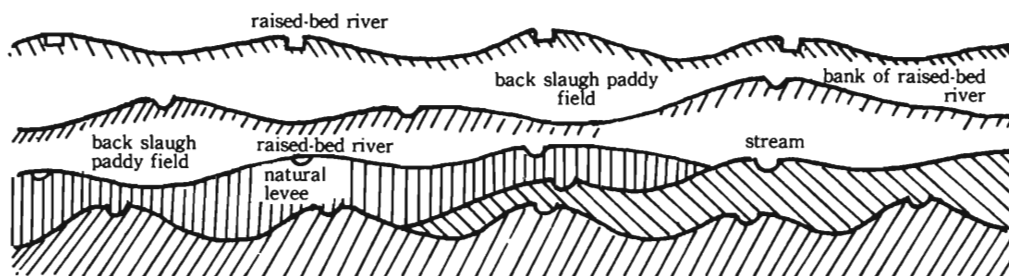


Fig. 5. Model of horizon sequences in Osaka Naka-Kawachi alluvium.

作物栽培では各作物に特定な場所が重要であるが、連作可能な水稲栽培もその管理に有利な土壤条件を得るために可能な限り土地が加工されて肥沃度の向上が計られたと思われる。当地の稲作は、栽培発祥地からはるばると人によって伝えられて可能となったものであり、伝播そのものが人間の要求に応じた品種淘汰を伴っている。また稲作は栽培管理だけでなく、土の性質から全自然との対話までが含まれていたであろう。当初からの稲作の内容を具体化するために、土壌に加えられた過去の記録が土壌層序にどのように遺存するかを求める一つの方法として栽培試験が行なわれた。

Table 2 は水稲栽培試験の結果である。玄米収量

は、ポット当り 4g (推定反収 80 kg, 5 斗 3 升) から 24.5g (同 490 kg, 3 石 2 斗 7 升) までの範囲で、総平均が 16g (同 320 kg, 2 石 1 斗 3 升) であった。施肥による収量増は全区にみられ、特に近世区で著るしく高い。またこの増加は、収量の低い区ほど大きい。近世区の連作 3 年目では施肥区と無施肥区との差は、3.5 倍に達し、最大であった。逆に現代区の連作 2 年目では、その差は僅か 4.3% 増であり、最小値を示した。連作の影響は、3 年目の無施肥区が 1 年目のその 12% の平均収量減を示したが、弥生中期のように 1 年目が低い場合もある。しかし施肥区では僅か 4.6% の平均減少だけであり、その障害要素は植物養分の減少としてよいと思われる。

Table 2. Yield (g/pot) of unhulled rice grown in soil from buried paddy fields

Annual	Manuring	Present	Modern	Middle and Ancient	Middle Kofun	Kofun, first half	Yayoi, latter half	Yayoi, first half	Mean
1	No	22.6	5.2	10.8	12.6	14.0	13.0	15.5	13.4
	Yes	24.3	13.5	17.2	19.4	21.0	20.0	22.3	19.7
2	No	23.0	5.4	9.0	13.4	13.5	11.2	18.2	13.4
	Yes	24.0	12.7	15.0	18.8	21.0	19.0	24.5	19.3
3	No	20.5	4.0	10.5	11.0	11.3	8.5	16.6	11.8
	Yes	23.6	14.0	16.2	17.5	20.5	17.0	23.0	18.8
Mean	No	22.0	4.9	10.1	12.3	12.9	10.9	16.8	12.8
	Yes	24.0	13.4	16.1	18.6	20.8	18.7	23.3	19.3

Soils were from wakae-kita for "Present", from Tomoi-higashi for "Modern" and "Middle and Ancient", from Yao-minami for "Middle Kofun", from Wakae-kita for "Kofun, first half", "Yayoi, latter half" and "Yayoi, first half".

各時代区の収量は、近世区でいずれの年も最小を示し、年代をさかのぼるにしたがって漸増傾向である。そして最下層の弥生中期区の収量は、現代区に対し無施肥状態で76%、施肥状態で97%に達した。弥生後期区の収量は古墳中期区のそれにほぼ匹敵した。これは、粘土量が少なく、養分保持能も低いためと思われた。各時代区の収量の違いは、有機物の遺存量にほぼ一致し、また、層位分化をもたらしている現時点での土壌生成作用に対応する傾向も強い。過去の地表面で特徴づけられ、蓄積された土壌の肥沃度の残存性は、それぞれの地表面の影響の割合によってかなり支配されている。また、収量に及ぼす施肥効果は、土壌本来の肥沃性と重複して現われるが、土壌の緩衝性や養分保持と密接に関わり、過去の土壌肥沃性に無関係ではないと思われる。

作物栽培における施肥の必要性は、特定な場所での生産力の維持や蓄積を期待することから無理なく受容されたであろう。作物の種類や品種により施肥が減収をもたらす場合もあるが、一般に効果的な作物の保護育成に対し施肥や除草耕作などの土への保全向上操作は経験的な因果律として強く関わっていたに違いない。

施肥に関しては「清良記」⁹⁾以後の多くの文献記録に具体的に取り上げられている。それ以前には積極的に肯定した史料は少ないが、10世紀の「延喜式」⁹⁾には朝廷、貴族の野菜園などで糞土による肥培法が記され、8世紀初頭の「播磨風土記」¹⁰⁾には草敷、刈敷の説話がある。これらは施肥慣行に関する例であろう。

また「古事記」「日本書紀」¹¹⁾には国生み神生み神話での糞尿と作物生産の神との関りが施肥を示唆す

る事例と思われ、部分的にしる施肥が実施されていたことは疑えない。また、6世紀初頭の中国農書「齊民要術」¹⁰⁾や漢代の「汜勝之書」¹²⁾には刈草の埋め込み、敷き並べ、草木の焼き払い、蚕残、糞汁の農地施用や緑豆栽培による耕土の肥沃化までが記され、収獲との関係を明瞭にしている。

しかし、考古学的な施肥事実の論議は、耕作土の理化学的性質にまで及んだ例がなく、大足やえぶりによる残穢、緑肥の踏み込み具¹³⁾の推定や、小河川での棚田、沢田などの地力消耗型水田での施肥の必要性^{14,15)}に及んでいるに過ぎない。本調査で注目できるのは、調査地の埋没水田耕土中にかなりの有機物や植物養分が遺存する事実である。生活廃棄物、耕地での除草後の枯草などの処理、耕起の場合の雑草土塊の反転とその痕跡、物理性改良のための有機物の鋤き込み、マルチなどの施肥複合跡が見出されることは、見落すことができない施肥の間接証拠であると思われる。

IV ま と め

大阪中河内の低平地は洪水により運搬された土砂の堆積を基本として形成されている。このことは、当地の土壌層序で特徴づけられるが、これらの層序もそれぞれの地表面での土壌生成作用を受けている。現在の土壌層位と過去の地表面との関りについて各層序の土壌の性状を調べ、その結果を考察した。その結果は以下のように要約される。

1. 各調査地点の土壌層序は、堆積層理そのものを表わしておらず、堆積後に地表面で受けた土壌生成作用を含んでいる。しかも堆積による埋没層もそれぞれの地表面と地下水の影響下にある。

2. 埋没した地表面土壌は、酸化層では下層土化が著るしく進み、有機物の著るしい減少と鉄分の土粒子面への沈着や物性に応じた集積が認められる。還元層では有機物は残存性が大き、鉄の量は酸化層と差がない。

3. 各層序のリン酸量は、わが国耕地土平均の約34%であり、鉄の量と高い相関を示した。

4. 本地形は、堆積過程が優勢となる流路や自然堤防からなる地域と、安定な土壌生成作用が進む後背低湿地とが、同地点で時代を異にして交互に存在し、平坦化している。すなわち水田の開発に伴い水路の固定が天井川化をもたらし、流量と勾配の限界から後背低湿地に流路が移る過程の繰返しを経ている。

5. 水田遺構の耕土は、埋積状態と土性の影響を受け、水稲収量に関与した。酸化層中の水田耕土では玄米収量が低下し、グライ層区のもの現代区の収量に近接した。

6. グライ層位に埋積した水田耕土中の有機物遺存量は、施肥の慣行を示唆する。

謝辞 本研究を行なうに当って大阪府、八尾市、東大阪市の各教育委員会の遺跡発掘関係者には現場での試料採取をはじめ調査資料を提供していただいた。また、本学農芸化学科の学生であった海野良子、田島千恵、高橋衛一、奥田晃三、中川繁和、安積暁彦、池側康彦、太田頼孝の諸君には実験に協力いただいた。ここに記して謝意を表します。

引用文献

1) 古川久雄・服部共生：ペトロジスト，27，22～

23 (1983)

- 2) 足立嗣雄：ペトロジスト，8，55～57 (1964)
- 3) A. ASAMI and K. KUMADA：Soil Plant Food，5，179～183 (1959)
- 4) M.L. JACKSON：“Soil Chemical Analysis”，176～177，Prentice-Hall，N.J (1958)
- 5) 川村三郎：若江北遺跡概報，16～22，109～130，大阪府文化財センター (1983)
- 6) 三土正則：ペトロジスト，28，177～183 (1984)
- 7) 川村三郎：八尾南遺跡，245～268，八尾市教育委員会 (1981)
- 8) 山田龍雄・飯沼二郎・岡光夫・守田志郎：日本農書全集，10，100～105，農山漁村文化協会 (1980)
- 9) 古島敏雄：日本農業技術史，111～112，東大出版会 (1975)
- 10) 柳田国男・安藤広太郎・盛永俊太郎・他：稲の日本史，273，筑摩書房 (1969)
- 11) 大林太良：稲作の神話，28～33，弘文堂 (1973)
- 12) 岡島秀夫ら訳：沱勝之書，15～20，農山漁村文化協会 (1989)
- 13) 木下忠：古代の農耕，54，32～38，歴史公論 (1980)
- 14) 森浩一・嵐嘉一・渡部忠世：古代学研究，74，1～30 (1974)
- 15) 渡部忠世：日本農耕の源流，165～194，日本放送出版協会 (1983)

(平成3年11月8日受理)