

優良施設土壌における団粒形成過程の類別に関する一考察

誌名	野菜試験場報告. A = Bulletin of the Vegetable and Ornamental Crops Research Station. Series A
ISSN	03875407
著者	荒木, 浩一 伊藤, 秀文
巻/号	10号
掲載ページ	p. 161-167
発行年月	1982年12月

優良施設土壌における団粒形成過程の類別に関する一考察[†]

荒木 浩一*・伊藤 秀文*

I 緒 言

施設土壌の特異性は、透明な被覆材料で覆われた閉鎖生態系内に置かれていることにある。降雨遮断と高温という施設内環境条件、また露地栽培には見られないほどの多肥、多かん水、濃密な連作などの栽培管理条件が、施設土壌の特異性の形成に関与していることになる。

降雨遮断は、人工的なかん水を余儀なくしている。したたがって施設栽培では多量の水をかん水しなければならないので、著しく多量の水でいつも土壌が洗われているように思われがちであるが、施設栽培における実際のかん水量は、露地土壌に対する自然の降雨量と比較するとはるかに少ない。そこで土壌は乾燥状態になりやすい。また高温のために土壌表層からの水分蒸発が激しく、加えて露地栽培に比べて多肥のために、肥料塩類の異常な集積が生じやすい。施設土壌は一種の塩類土壌（又は乾燥地土壌）といわれる理由がここにある。

このように施設生態系という独特な環境条件下にあるので、施設土壌の物理性、化学性及び生物性には露地には見られない特異性があり、その中の一つとして土壌団粒の形成があげられると思う。著者（1979）は、施設土壌の物理性について調査し、露地土壌に比べて土壌の気相、全孔隙（げき）量が増加し、更に土壌団粒も増加する場合が多いことを認めている。熊田（1972）、石塚（1978）、江川（1970）によれば、将来の施設土壌には外部から加えられる機械力にも耐えられるような安定した土壌構造性と、土壌衛生学という立場からみた土壌の物理的保全（エロージョン、粘土粒子洗脱の防止）が要求されるようになると考えられている。また服部（1963）によれば、土壌細菌の生活—土壌の生物性—を考える場合に、その住みかとして土壌団粒を重視する必要があるといわれている。

このように、施設土壌において土壌構造を維持し、その発達を図ることは、施設栽培の土壌管理並びに肥培管

理との関係で重要な意味を持つものである。そこで土壌構造の維持、発達に必要と考えられている土壌の腐植量と土壌団粒の形成との関連性を明らかにするため、まず優良施設土壌について土壌団粒百分率と土壌団粒の中間粒全炭素含量を中心に検討を行った。

II 試 験 方 法

1 供試した施設土壌

供試土壌は、愛知、静岡、岐阜、三重、宮城県下において、野菜の生育が優良であると目される施設内から採取した。採取土壌の選定に当たっては、各県農試、園

表-1 供試した施設土壌の概要

供 試*	県 名	栽培作物名	栽培年数
一 宮 F	愛 知	ト マ ト	3
江 南 K	同	同	8
浜 松 B	静 岡	セルリー	15
浜 松 T	同	同	9
浜 松 S	同	同	10
豊 橋 I	愛 知	青 シ ソ	5
豊 橋 T	同	同	5
豊 橋 S	同	ト マ ト	4
豊 橋 O	同	同	4
海 津 O	岐 阜	同	4
海 津 N	同	メ ロ ン	7
木曾 岬 I	三 重	ト マ ト	7
御 園 M	同	キュウリ	10
松 阪 O ₁₆	同	ト マ ト	16
松 阪 O ₇	同	同	7
豆 理 M	宮 城	ト マ ト	6
名 取 K ₁₀	同	キュウリ	10
名 取 K ₄	同	同	4

* アルファベットは農家名イニシャル、その右下数字は栽培年数

* 施設栽培部

† 本報告の一部は、昭和54年8月、日本土壌肥科学会（北海道大会）において発表した。

試, またそれを介して各普及所からの援助をいただいた (表-1)。

2 土壤団粒分析

土壤団粒分析は, 水中で篩別する常法に従った。試料の作製に当たっては, 普通の状態ではほとんど乾くことのない下層土も数多く取り扱うことを考慮して, BAYER (1948), 佐藤 (1972), RUSSELL (1950) の知見に基づいて湿潤土を使用することにし, 噴霧して湿らす方法をとった。

実際の操作としては, 次の手順に従った。まず時計皿に 20g の湿潤土を計りとり, KD ノズル (吐出口 1.3

m/m, 水圧 1.0~1.2kg/cm²) を用いて 70cm の高さから 75×75×100cm のビニル膜張り枠内で 5 分間, 噴霧する。このようにして得た供試土を水中の篩上で 10 分間静置後, ストップウォッチを用いて正確に 10 分間の篩別を行い, 3.4~2.5, 2.5~1.0, 1.0~0.5, 0.5~0.25, 0.25~0.1, 0.1>mm の 6 区分に分けて, 団粒百分率を算出した。

3 全炭素量 (腐植量) 測定

土壤団粒及び土壤の全炭素の定量は, チューリン法に従ったが, 丸本ら (1978) の簡易冷却管を使用した分解方法をとった。

表-2 供試土壤の団粒百分率

供試土壤*	団粒百分率 (%)					
	3.4~2.5	2.5~1.0	1.0~0.5	0.5~0.25	0.25~0.1	0.1>mm
浜松 B 施設原土	25.2	30.1	18.8	14.1	8.2	3.7
	37.1	32.1	15.1	8.6	4.8	2.3
浜松 T 施設原土	16.9	20.3	14.3	16.2	12.8	19.6
	32.3	30.7	16.7	9.6	6.0	4.8
浜松 S 施設原土	19.6	20.3	10.1	13.7	17.6	18.6
	4.9	9.5	6.3	12.3	30.4	36.7
豊橋 I 施設原土	16.3	15.8	8.4	7.9	21.4	30.1
	3.8	8.4	8.2	8.1	26.1	45.4
豊橋 T 施設原土	28.3	22.9	12.2	9.1	12.9	14.6
	23.2	20.9	9.0	11.2	22.2	13.5
豊橋 S 施設原土	32.1	29.6	15.0	9.7	10.4	3.3
	10.4	21.1	23.7	22.1	18.2	4.5
豊橋 O 施設原土	21.6	20.6	11.7	15.0	25.8	5.3
	1.4	2.6	3.8	16.5	66.2	9.4
海津 O 施設原土	30.1	21.5	15.7	16.0	9.9	6.8
	5.2	9.6	5.2	12.6	36.3	31.1
海津 N 施設原土	16.5	18.8	15.7	12.7	17.2	19.2
	36.0	28.1	10.4	7.3	5.4	12.9
木曾岬 I 施設原土	19.3	19.5	17.9	17.1	11.0	15.2
	9.2	16.9	21.4	27.6	8.6	16.3
御園 M 施設原土	33.1	24.0	16.7	5.2	8.7	12.2
	23.6	17.9	11.3	15.7	17.7	13.6
松阪 O ₁₆ 施設原土	27.7	26.8	12.8	11.6	8.8	12.3
	22.9	28.9	19.1	6.5	10.2	12.4
松阪 O ₇ 施設原土	36.4	20.6	15.3	6.4	9.9	11.3
	22.9	28.9	19.1	6.5	10.2	12.4
亘理 M 施設原土	34.9	22.1	12.3	10.6	10.8	9.4
	15.9	14.7	16.4	21.7	21.8	9.5
名取 K ₁₀ 施設原土	32.2	23.4	21.4	13.2	8.9	0.8
	27.3	19.6	15.4	22.3	11.0	4.3
名取 K ₄ 施設原土	31.8	22.8	19.9	12.1	11.1	2.3
	27.3	19.6	15.4	22.3	11.0	4.3
一宮 F 施設	12.3	16.6	15.1	19.1	17.9	19.0
江南 K 施設	6.9	12.5	11.0	14.8	25.2	29.6

* 施設土壤及び原土ともに表土 (0~10cm) を供試した

土壌団粒の中の間粒を粒径 1.0~0.1mm の含量でもって示し、そしてその有機物含量(全炭素量)の土壌全炭素に対する相対的多少が団粒形成状態の目安一すなわち団粒形成が生成過程にあるか、あるいは崩壊過程にあるかの判定一になることを美園ら(1957)は認めている。そこで、このことに基づき中間粒の全炭素量と土壌の全炭素量の定量を行い、中間粒全炭素含量/土壌全炭素含量=中間粒全炭素相対百分率を算出した。

Ⅲ 試験結果

1 施設土壌の団粒百分率

愛知、静岡、岐阜、三重、宮城県下の各供試土壌の団粒百分率を表一2に示した。この表によって隣接地点から採取した原土に対する団粒百分率の増減を比較し、次のような特徴を認めた。

まず浜松S、海津Oの場合は、粒径0.25mmのところを境にしてそれ以上の粒径の部分は原土よりもかなり増加している。したがってそれ以下の粒径の部分では明らかに減少している。また豊橋I、豊橋Oの場合には粒径0.5mmのところを境になるが、やはり同じような傾向であり、0.5mm以上の大粒径部分が原土よりも増加している。これに反してそれ以下の粒径部分は減少している。これらをI型と呼ぶことにする。

上記のI型とは異なって、浜松B、海津N、浜松Tの場合には粒径1.0mmを境にして、それ以上の区分は減少している。またそれ以下の区分においては増加する傾向にある。一方、豊橋T、松阪O₁₆では原土との間に各区分において大差が認められない分布状態になっている。これらをすべて含めてIII型と表示することにする。

以上の二つの型の中間的なものとして、豊橋S、木曾岬I、御園M、互理Mがあるが、これらは浜松S、海津Oの場合と同様に大粒径区分の増加が認められるが、その程度は小さく、粒径区分の分布の増減を分ける境が最初に述べたものの0.25mm前後よりも高まり、0.5mm付近にある。これらは大粒径区分が原土に比べて増すI型に近い中間型で、これをII型と表現した。

2 中間粒の全炭素相対百分率

表一3に示した中間粒の全炭素相対百分率を比較すると、前述のI型に属する浜松S、海津Oはそれぞれ84から101、81から117へと原土よりも高まっている。つまり土壌全体としての炭素含量の高まりよりも中間粒の全炭素含量の高まりの方が相対的に大きいことを示して

表-3 全炭素含量と中間粒全炭素相対百分率

供 試 土 壌 ^a	全炭素百分率(%)		中間粒全炭素相対百分率(%)
	土 壌	中間粒	
浜 松 B 施設原土	6.00	6.93	115
	1.81	2.39	132
浜 松 T 施設原土	2.23	2.65	119
	1.94	2.11	109
浜 松 S 施設原土	2.03	2.04	101
	0.58	0.48	84
豊 橋 I 施設原土	3.81	4.33	114
	0.10	0.14	130
豊 橋 T 施設原土	2.51	2.78	111
	0.14	0.17	118
豊 橋 S 施設原土	2.78	3.34	120
	0.22	0.21	97
豊 橋 O 施設原土	2.38	2.34	98
	0.10	0.10	98
海 津 O 施設原土	1.97	2.29	117
	0.41	0.33	81
海 津 N 施設原土	3.91	4.69	120
	1.11	1.36	122
木曾岬 I 施設原土	1.40	1.60	114
	0.32	0.13	41
御 園 M 施設原土	1.87	1.80	96
	1.10	0.76	69
松 阪 O ₁₆ 施設原土	3.80	4.39	116
	2.53	2.60	103
松 阪 O ₇ 施設原土	3.51	3.82	109
	2.53	2.60	103
互 理 M 施設原土	1.93	2.73	142
	0.87	1.21	139
名 取 K ₁₀ 施設原土	2.63	2.28	87
	1.37	1.15	84
名 取 K ₄ 施設原土	2.33	2.11	91
	1.37	1.15	84
宮 F 施設	1.04	0.86	82
江 南 K 施設	0.71	0.64	91

^a 表-2 の注に同じ

いる。

これに対して前述のIII型では、浜松B、海津N、豊橋Tはそれぞれ132から115、122から120、118から111へと原土よりも低くなっている。また原土の中間粒全炭素相対百分率が100以上で、全炭素含量自体も豊橋Tを除くとかなり高い部類の土壌に属するが、このように従前の性質を残しているのがこの型の特徴のようである。松阪O₁₆と同O₇、名取K₁₀と同K₄もこの型と同様である。これらの土壌及びこの型に入れた浜松Tでは中間粒全炭素相対百分率が原土のそれより高くなっているが、その差はI、II型に比べると著しく少ない。

上記、二つの型の中間的なものとして、豊橋S、木曾

岬 I, 御園 M, 亘理 M があるが, これらの中間粒全炭素相対百分率は, 97 から 120, 41 から 114, 69 から 96, 139 から 142 のように原土に比べて増加し, I 型の場合に類似しているが, この型を独立させて II 型に入れた.

3 施設土壌の団粒形成過程の類別

表一 2 の成績から, 前述の三つの型ごとに代表的な土壌を選び団粒百分率を曲線グラフに示したものが, 図一 1, 2, 3 である. これらの図形は, それぞれの原土の団粒百分率が, その後, 何年かの施設栽培環境下でどのように変化し, また特徴づけられてきたかを示している.

図一 1 に示す A (浜松 S で代表される型), B (海津 O で代表される型) とともに, 原土のときに存在していた小粒径区分が減少し, 反面, 大粒径区分が増加した状態を示している. それぞれの原土を表した a, b と A, B の交点はおおよそ 0.25 mm のところにある. この交点以上の区分が増加し, 以下の区分が著しく減少しているのが, I 型の特徴である.

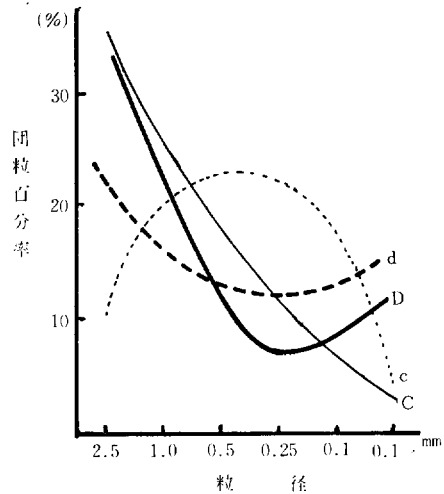
同様に, 図一 2 では II 型の特徴が示され, また図一 3 には III 型の特徴を示したが I 型及び II 型と比べ著しく異なっている.

団粒形成の型と中間粒全炭素相対百分率の示す特徴から, 団粒形成の型を三つに類別して表一 4 にまとめた. 前述したように, I 型の大きな特徴は, 原土に比べて大粒径区分が増加し, 特に粒径が 0.5 mm 以上の区分で著しい増加が認められることである. また中間粒全炭素相対

百分率が原土に比べて明らかに大きくなっている.

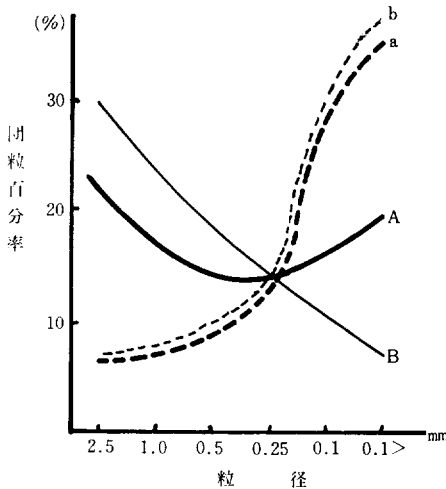
II 型では, 中間粒全炭素相対百分率は上記の I 型に類似しているが, I 型に比べて大粒径区分, 特に 0.5 mm 以上の粒径区分の増加が少ない. この型の特徴はむしろ原土の示す団粒分布にある. この違いは, 図一 1 と図一 2 のそれぞれの原土の図形を比較することによって知ることができる.

III 型は, 団粒形成の面上記の二つの型とは明らかに異なる. 図一 3 について, 原土との比較で, 大粒径区分



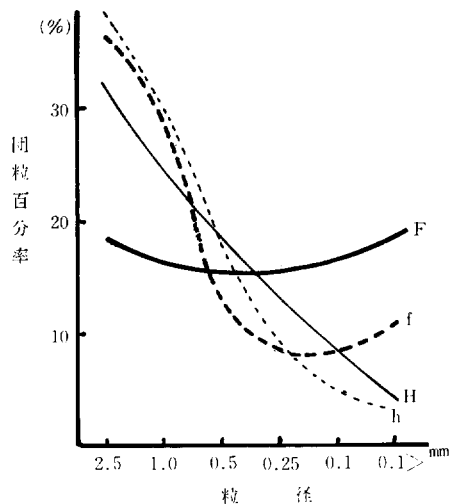
C: 豊橋 S 施設土壌 D: 御園 M 施設土壌
c: 同上 原土 d: 同上 原土

図一 2 粒径別の団粒百分率 (II 型)



A: 浜松 S 施設土壌 B: 海津 O 施設土壌
a: 同上 原土 b: 同上 原土

図一 1 粒径別の団粒百分率 (I 型)



F: 海津 N 施設土壌 H: 浜松 B 施設土壌
f: 同上 原土 h: 同上 原土

図一 3 粒径別の団粒百分率 (III 型)

表-4 施設土壌の団粒形成の型

供試土壌	団粒形成の型	中間粒全炭素相対百分率 (%)
浜松 S 施設原土	I 型	108 84
海津 O 施設原土	同	117 81
豊橋 S 施設原土	II 型	120 97
木曾岬 I 施設原土	同	114 41
三理 M 施設原土	同	142 139
御園 M 施設原土	同	96 69
海津 N 施設原土	III 型	120 122
浜松 B 施設原土	同	115 132
松阪 O ₁₆ 施設原土	同	116
松阪 O ₇ 施設原土	同	109 103
名取 K ₁₀ 施設原土	同	87
名取 K ₄ 施設原土	同	91 84

の変化をみると、f に対しての F または h に対しての H で示されるように、この区分の減少傾向が明らかである。また小粒径区分においては、反対に原土よりもそれぞれに増している。また中間粒全炭素相対百分率は原土のそれより減少するが、大差がない。つまり III 型の場合には、I、II 型とは反対に、大粒径区分が減少（崩壊）し、中間粒全炭素相対百分率は減少するか、又は余り変化していない。

IV 考 察

土壌の構造性と土壌団粒は密接な関係にあり、特に大きな団粒を豊富に持つ団粒構造の土壌が、高度で安定した生産機能を発揮することは広く認められている。

作物の生育との関係から作土の土壌構造を考えると、単に団粒分布の違いだけでなく、更に団粒の安定度を時間的な経過の面すなわち、生成過程にあるか崩壊過程にあるかの問題と、外部的な圧力（機械力も含める）に対する抵抗性の面から明らかにしておく必要があると考えられる。

BAVER (1948) によれば、TIULIN は 0.25 mm 以上の団粒を土壌の安定構造の基礎になるとしている。また美

園ら (1953) は、土壌の集合状態と粒径分布について論じ、粒径 0.25 mm 又は 0.1 mm 以上の団粒が重要であると述べている。

このように、比較的小粒径の団粒区分も含めて土壌の安定構造との関係が問題にされてきた。しかし美園ら (1957) は、有機物含量の豊富な火山灰土壌の団粒化を詳しく検討した結果、団粒の機能面をも考慮すると 1.0 mm 以上を団粒化の度合を示す指標とするのが最も適切であろうとしている。

施設土壌の場合には有機物含量が著しく多く、しばしば全炭素含量で 5~6% にも達するものがある。また炭素率 (C/N 比) が 16~17 という、土壌としては著しく高い値になっているものが多い。このような施設土壌について、土壌団粒化の度合を示す指標をどの粒径以上のところに設定するのが合理的であるかは、今後に残された重要な検討事項の一つである。

多くの施設土壌は、団粒形成の面から I 型、II 型、III 型に類別されたが、これを全炭素含量との関係でみると次のようになった。I 型と II 型は、中間粒全炭素相対百分率が原土のそれよりも高くなっているものが多く、また III 型ではあまり変化していないか、あるいは原土に比べて低い場合が多かった。

美園ら (1957) によると、粒径が 0.1~0.25, 0.25~0.5, 0.5~1.0 mm にまたがる中間粒径の団粒の有機物含量（全炭素量）は、その土壌が土壌団粒の生成過程にあるときには相対的に高く、反対に土壌団粒の崩壊過程にあるときには相対的に低いという。

図-1 の A と図-3 の F は、図形にも示されているように団粒の計量的な面ではよく類似している。しかし上述の点から団粒形成過程を比較してみると、A の中間粒全炭素相対百分率は原土のそれより高くなっているのでこの場合には団粒が生成過程にあり、F のそれは反対に低下の傾向にあると判断されるので崩壊ないし維持される過程にあると考えられる。したがって、その点で両者は明らかに異なっている。

また同じ III 型の場合でも、ほぼ反対の増減傾向を示すものがあり、この例として松阪 O と名取 K 土壌が挙げられる (表-4)。このような土壌の原土の団粒分布は、元来、優れたものであったと考えられる。III 型の浜松 B 土壌のタイプの場合にも、上記の場合と同様に原土の団粒区分は元来、良好な配列の状態にあったものと考えられる。

以上のように、団粒形成の過程上の特徴に主眼を置いて、施設土壌の団粒形成の型や、それぞれの特性につい

て検討し、それらの特徴に基づいて三つのタイプに区分した。今後、施設土壌の団粒分布のあるべき姿を規定していく必要があるが、その前に団粒区分の配列の基準に関して検討する必要があると考えられる。

V 摘 要

1) 静岡, 愛知, 岐阜, 三重, 宮城県下の施設土壌を供試し, 土壌団粒分析, 化学分析等を行い, 団粒形成の特徴に基づいて, I型, II型, III型の三つの型に類別した。各型の団粒形成の特徴は, 以下に述べるとおりである。

2) I型は, 原土と比較した場合, 大粒径区分が増加し, また土壌の全炭素含量を100としたときの中間粒(0.1~1.0 mm 粒径)の全炭素含量の比をもって示した中間粒全炭素相対百分率が100以上で, 原土のそれよりもかなり大きいという特徴を持っている。

3) II型は, 上記と同様な比較において, 大粒径区分の増加が認められるが, その程度は小さく, また原土の団粒分布がI型のものと同様に異なっている。中間粒全炭素相対百分率はI型に類似している。

4) III型は, 原土と比較した場合, 大粒径区分が減少しているか又はほとんど変化していないという特徴を有し, 元来, 原土の大粒径区分の割合が高いものが多かつ

た。中間粒全炭素相対百分率は高かった原土の状態を維持したものが多かったが, 減少気味のものもあった。

引用文献

- 1) 荒木浩一(1979):施設栽培における物理性と植生。土壌物理研究会, 土壌の物理性と植物生育, pp.319~353, 養賢堂, 東京。
- 2) BAVER L. D. (1948):土壌物理学 第2版. pp.182, 184, 朝倉書店, 東京。
- 3) 江川友治(1970):土壌肥料研究のこれからの前進のために(3)。農業技術, 25, 351~354。
- 4) 服部 勉(1963):土壌中の細菌の生活(1)。農及園, 38, 31~36。
- 5) 石塚喜明(1978):地力外論。農業技術, 33, 97~102。
- 6) 熊田恭一(1972):農業環境としての土壌。科学, 42, 484~491。
- 7) 丸本卓哉・進藤晴夫・東 俊雄(1978):チューリン法による有機態炭素定量における簡易冷却器(水冷管)の効用について。土肥誌, 49, 250~252(ノート)。
- 8) 美園 繁・木下 彰・須藤清次・寺沢四郎(1953):土壌団粒の耐水性に関する研究。農技研報, B, 2, 142。
- 9) 美園 繁・木下 彰(1957):土壌団粒の組成に関する研究。農技研報, B, 7, 120。
- 10) RUSSELL E. J. & E. W. RUSSELL (1950):土壌構造の破壊。植物生育と土壌 第8版, pp.477~478, 朝倉書店, 東京。
- 11) 佐藤雄夫(1972):団粒分析。土壌物理性測定法, 土壌物理性測定委員会編, pp.64, 養賢堂, 東京。

Studies on the Classification of the Process of Soil Aggregate Formation for Greenhouse Soils

Koichi ARAKI and Hidefumi ITO

Summary

The formation of soil aggregates which is important for studies on the soil structure was investigated. Soil aggregate percentage (contents of aggregates of various sizes) was calculated by means of soil aggregate analysis, and the total carbon content ratio of intermediate size aggregates (diameter 1.0-0.1 mm) to that of whole soil was determined.

Results obtained and conclusions are as follows.

Three types i.e. I, II and III could be differentiated based on the process of aggregate formation which is an important factor for selecting soils suited to greenhouse.

In type I, the larger aggregates were more abundant and the carbon content ratio of intermediate size aggregates was higher than that of the neighboring original soils.

Type II was very similar to type I but the larger aggregates were less numerous than in type I and the characteristics of the aggregates of the original soils were clearly different from those of the above type. On the other hand, the carbon content ratio of intermediate size aggregates was similar to that of the above type.

Type III was distinctly different from the above two types with regard to the process of aggregate formation. Namely, the number of larger aggregates has decreased or remained unchanged compared to the original soil where the proportion of larger aggregates was high. The carbon content ratio of the intermediate size aggregates was usually high.