

# 水田における土壤団粒の成因分析と団粒を包摂する土壤の粒径分布表記法の開発

## Development of particle size distribution of soils encompassed aggregate and an analysis of the formation of aggregate

○粟生田忠雄<sup>1</sup>, 山井美季<sup>2</sup>

AODA Tadao and YAMAI Miki

### 1. はじめに

水田土壤は団粒を包摂した無機物と有機物の集合体である。団粒形成には、有機物や作物根、土壤動物、および乾湿の繰り返しが関与する<sup>1)</sup>。ただし、団粒と有機物を含む農地土壤の構造を表記した既往研究は極めて少ない。そこで本研究は、団粒と有機物を包摂する農地土壤の粒径分布表記法を開発し、栽培方法の異なる水田で団粒の成因と水稻生育への影響を考察した。

### 2. 材料と方法

**2.1 供試圃場**: 供試圃場は、新潟県三条市の営農水田4枚である。各供試圃場における栽培方法を表1に示す。2024年の耕起前(3月)、田植え後(6月)、および稻刈り前(9月)に下記項目を調査した。

**2.2 土壤の粒径分布**: 横軸に粒径(mm, 対数), 縦軸に構成率(%)とし、単粒土粒子、団粒の土粒子群、および有機物(団粒内の有機物と粒状有機物)の構成率を示す。

**2.3 土壌物理化学性分析と土壤動物**: 有機物を除く地表面から深さ0~5cmの土壤を採取し、全炭素濃度(TC)、全窒素濃度(TN)(ヤナコ社, MT-700型), pH(HORIBA社, LAQUA twin, 固液比1:5), 団粒、粒度(JIS A 1204)を分析した。団粒分析は、孔径2.36, 0.85, 0.425, 0.25, および0.106mmふるいで水中ふるい分けした。また、各圃場の地表面から深さ10cmまでのイトミミズ(*Tubifex tubifex*)生息密度を測定した。

**2.4 水稻生育**: SPAD値(KONICA MINOLTA, SPAD-502Plus), 坪刈り収量、および根量を測定した。坪刈り収量は、収量要素(穂数、一穂粒数、登熟歩合、玄米千粒重)を求めた。根量は深さ0~5, 5~10cmに分類し、乾燥質量を求めた。

表1 各圃場の水稻栽培法

Table 1 Cultivation method of rice in each test site

栽培法	自然 N	有機 O	特別 Cs	慣行 Cv
栽培者	甲	乙	乙	乙
肥料	なし	有機	有機	化学
除草法	チェーン, 手取り	ロボット除草	除草剤	除草剤
品種	コシヒカリ	コシヒカリ	コシヒカリ	こしいぶき
株数(株3.3m <sup>-2</sup> )	36	37	37	42
栽培年数	1	18	8	16

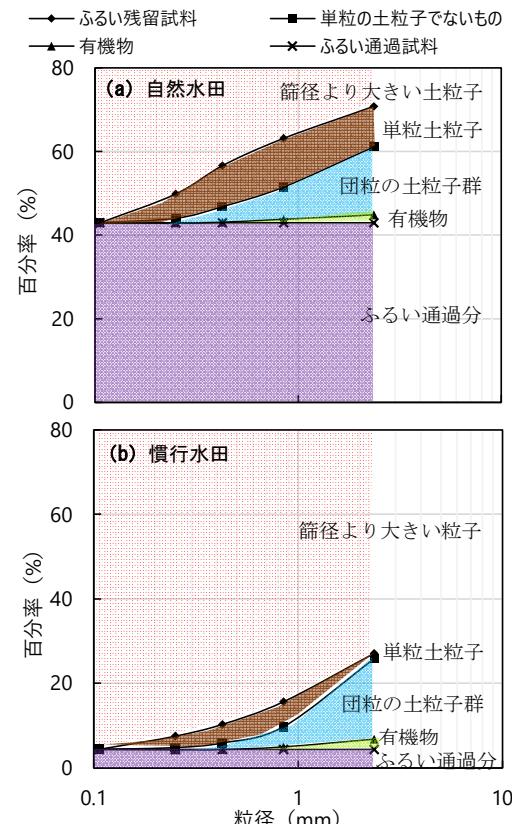


図1 団粒を包摂する土壤の粒径分布;  
(a)自然水田, (b)慣行水田

Fig.1 Particle size distribution of soils encompassing aggregate; (a) Natural cultivation and (b) Conventional cultivation

1 新潟大学農学部 Faculty of Agriculture, Niigata University, 2 京都大学大学院工学研究科 Graduate School of Engineering, Kyoto University キーワード: 土壌構造, 土壌の生成・分類, 土壌の物理化学的性質, 土壌動物

### 3. 結果と考察

**3.1 土壌の粒径分布：**稻刈り前の自然水田 N と慣行水田 Cv 圃場における現場土壤の粒径分布を図 1 に示す。N における 2.36mm での構成率は、単粒の土粒子が 6%，団粒を形成する土粒子群が 20%，ふるい通過分が 43% だった。一方 Cv では、単粒の土粒子が 0%，団粒を形成する土粒子群が 22%，ふるい通過試料が 6% であった。慣行水田 Cv では、土試料が分離されにくいため、大きな団粒を形成する土粒子群が高かったと考える。

現場土壤の粒径分布は、耕起前から田植え後に通過質量百分率や有機物の構成率が増加した。これは、残渣の鋤き込みや、湛水により土粒子間の結合力低下と考える<sup>3)</sup>。また、自然水田 N において稻刈り前に有機物の構成率が耕起前と同様になった。このため、N では土壤生物による分解が活発と考える。

**3.2 土壌の物理化学性、土壤動物：**各圃場における TC, TN, および土壤 pH を表 2 に示す。農薬未使用の自然水田 N と有機水田 O では、稻刈り前の TC と TN は農薬使用の特別栽培水田 Cs と慣行水田 Cv よりも有意に小さかった。土壤 pH は、N で耕起前と田植え後に最大であった。また O では稻刈り前に最大であった。N と O 圃場における土壤 pH は、Cv 圃場のそれより有意に高かった。

田植え後のイトミミズ生息密度の平均値と標準偏差を図 2 に示す。自然水田 N と有機水田 O における生息密度は 2,702~1,107 匹  $m^{-2}$  であった。一方、特別水田 Cs と慣行水田 Cv では、819~400 匹  $m^{-2}$  だった。Cs と Cv 圃場では粘土が約 50% だった。よって、イトミミズは除草剤に負の影響を受け、粒度を変化させたと考える。また図 2 より、自然水田と有機水田では残渣を分解する微生物活動が示唆された<sup>2)</sup>。

#### (2) 水稲生育

坪あたり株数と SPAD 値の相関係数  $r$  は -0.7 だった。収量は、自然水田 N で  $705 \text{ g m}^{-2}$ 、慣行水田 Cv で  $720 \text{ g m}^{-2}$  だった。N では全ての収量構成要素が平均を上回ったが、Cv では 2 つの要素が平均を下回った。根量（深さ 0~5cm）は、0.5~0.8g に分布した（O のみ 0.2g）。

### 4. まとめ

現場土壤の粒径分布図により団粒と有機物を包摂する水田土壤の粒径分布（団粒や有機物などの構成率）を視覚的に表せた。この

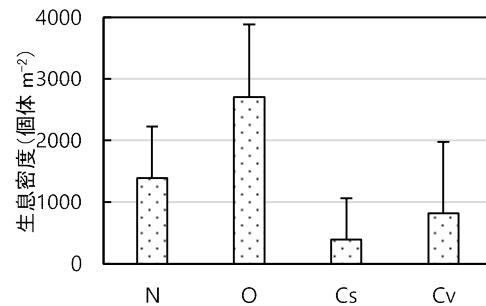


図 2 各圃場のイトミミズ生息密度（田植え後）  
エラーバーは標準偏差を示す。

Fig.2 Density of earthworm (*Tubifex tubifex*) at each paddy field after transplanting in 2024

表 2 土壤物理化学性の時間変化、耕起前（3月）、田植え後（6月）、および稻刈り前（9月）

Table 2 Change of Soil Physicochemical properties in time  
(March, May and September)

(a) 全炭素濃度 (TC) ( $\text{mg g}^{-1}$ )				
月	自然 (N)	有機 (O)	特別 (Cs)	慣行 (Cv)
3	$28.5 \pm 4.2$ b	$28.6 \pm 5.0$ b	$49.1 \pm 3.3$ a	43.4
6	$44.9 \pm 18.2$	$42.8 \pm 4.2$	$54.4 \pm 12.6$	$57.9 \pm 3.5$
9	$14.8 \pm 0.7$ c	$19.3 \pm 1.4$ b	$28.3 \pm 1.6$ a	$25.3 \pm 0.7$ a
(b) 全窒素濃度 (TN) ( $\text{mg g}^{-1}$ )				
月	自然 (N)	有機 (O)	特別 (Cs)	慣行 (Cv)
3	$2.8 \pm 0.2$ b	$3.4 \pm 0.4$ b	$4.8 \pm 0.3$ a	4.5
6	$3.9 \pm 1.7$	$4.0 \pm 0.3$	$4.9 \pm 1.2$	$5.5 \pm 0.1$
9	$2.2 \pm 0.1$ bc	$2.6 \pm 0.1$ b	$3.9 \pm 0.2$ a	$3.6 \pm 0.2$ a
(c) 土壌 pH				
月	自然 (N)	有機 (O)	特別 (Cs)	慣行 (Cv)
3	$6.3 \pm 0.2$ a	$6.1 \pm 0.3$ ab	$5.8 \pm 0.1$ c	$6.0 \pm 0.2$ bc
6	$6.8 \pm 0.1$ a	$6.5 \pm 0.1$ b	$6.2 \pm 0.1$ c	$6.2 \pm 0.2$ c
9	$5.0 \pm 0.1$ c	$5.1 \pm 0.2$ b	$5.0 \pm 0.1$ c	$4.8 \pm 0.1$ d

Tukey-Kramer 法で検定（危険率 5%）。標本数 n : 3~30。

粒径分布は季節的に変化した。これは、土壤生物による分解や有機物の施用、水管理が関係したと考える。無肥料・無農薬の自然水田では 0.106~2.36mm の団粒が多く、水稻の光合成も高かった。このため、地上部と地下部両方からの養水を吸収し、収量を向上させたと考える。

#### 謝辞

本研究の実施に当たり、新潟県三条市の千野幸一・エレナ夫妻、小林七一郎氏、山寄哲夫氏には圃場試験、およびアンケートに協力頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

#### 引用文献

- Six J., Bossuyt H., Degryze S. and Denef K. (2004): A history of research on the link between (micro) aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics, *Soil and Tillage Research*, 79 (1): 7-31.
- Dai X., Zhou W., Liu G., Liang G., He P. and Liu Z. (2019): Soil C/N and pH together as a comprehensive indicator for evaluating the effects of organic substitution management in subtropical paddy fields after application of high-quality amendments, *Geoderma*, 337: 1116-1125.
- 前田要 (1974): 粗大有機物連用水田土壤の物理特性について、土壤の物理性, 30: 33-38.