J. Jpn. Soc. Soil Phys.
土壌の物理性
No. 141 p.65 ～ 69 (2019)

肥料や農薬に依存した現代農業への警鐘
– 江戸時代に開発された水田の多数回中耕除草法が意味するもの –

粕渕辰昭[1]・荒生秀紀[2]・安田弘法[1]

Warning for modern agriculture depending on chemical fertilizers and agricultural chemicals
— Significance of the multiple-intertillage-weeding method developed in Edo-era —

Tatsuaki KASUBUCHI[1] ,Hideki ARAO[2] and Hironori YASUDA[1]

Abstract: Multiple-intertillage-weeding method for the paddy cultivation described in agricultural books published in Edo-era was tried under present-day cultivating system. Seedlings were grown in the pool-floating system under open air. “Mini-culti” machine with “chain-weeder” was used to intertillage. The number of times of intertillage was 0–16. Almost the same yield to the customary practice was got for more than four times of intertillage. The quality of the rice was ranked as the first grade and “the taste value” was more than 85. These show that the method of agricultural books published in Edo-era was true. The essence of this method is the stirring of the surface soil. The stirring takes place to uniform the soil physically, to promote the decomposition chemically, to increase the nitrogen fixation biologically and to form the stable ecological system ecologically. This method is useful for the cultivation for the resource saving, low input and harmony with the environment.

Key Words : multiple-intertillage-weeding method, Edo-era, agricultural books, paddy, soil stirring

1. はじめに

イネの無肥料・無農薬栽培を始めようとしたのは，片野学の「自然農法のコメつくり」（片野, 1990）に「熊本県天草郡新和町で 4 月移植の早期栽培に取り組む山角和好氏は除草機押しを道楽にしている．氏は活着後 2，3 日おきに合計 10 回以上押している．収量は新和町平均単収を常に上回る好成績を残している」を見出したことにはじまる．手取り除草あるいは機械的中耕除草は，ふつう 3 回程度行われる．これは現在，無農薬栽培を行っている農家でも，江戸時代の農家でもあまり違いはない．これに対し上記の例はその 3 倍の 10 回以上も中耕除草作業をすると収穫量が増すという．そこで，物理の計測用に長年使っていた小さな区画の水田圃場で試してみることにした．この区画は肥料や農薬を使用していなかった．

除草機は農場の倉庫にあった古い田車を使った．田植えを始めたのが周辺の圃場よりかなり遅かったが，7 月上旬までに 7 回の除草を行うことができた．対照として圃場の半分は除草を行わなかった． 2007 年のことである．

結果は，多数回除草したところが，除草しなかったところに比べて約 3 倍の収量が得られ，記述の正しかったことを確認した（Fig. 1）．

そのとき，このような事実が「なぜこれまで知られて来なかったのだろうか」という素朴な疑問をもった．多数回除草を記した専門書や技術書を私たちは目にしたことがなかったからである．そして，「ひょっとして江戸時代にはすでに知られていたのではないだろうか」という考えがよぎった．そこで手元にあった日本農書全集（全 73 巻，1977 年から 2001 年にかけて農文協から出版された）の何冊かに当たってみた．その結果，多数回中耕除草についての記載が数多くあることを見出した．



Fig. 1　7 回中耕除草区（左）と無除草区（右）の比較.
7 times (left) and no (right) intertillage-weeding.

[1]Faculty of Agriculture, Yamagata University. Tsuruoka Yamagata prefecture, Japan. Corresponding author: 粕渕辰昭　山形大学農学部（客員教員）.
[2]Sakata Yamagata prefecture, Japan. Arao-Kanshiro Farm.
2019 年 1 月 10 日受稿　2019 年 2 月 11 日受理

江戸時代に開発された水田の多数回中耕除草法は江戸時代末に近づくに従い頻出していた（Table 1）（粕渕ら, 2016）．しかし，明治以降この方法はほとんど顧みられなくなっている．そこで，この方法を再現してみることを試みた．

結果に入る前に江戸時代の農書に出ている内容を簡単に紹介する．

2. 江戸時代に見る多数回中耕除草

日本農書全集に所収の農書に中耕除草回数 5 回以上の多数回中耕除草についての記載が 21 巻あった．このうち最初に記載されていたのは 17 世紀末から 18 世紀初めである．その後時代が進むにつれて増加し，明治に近い 1810 年以降で半数以上の 13 巻に出ている．このことから，江戸時代を通じてこの方法が全国的に広まっていったことがうかがえる．内容は，中耕除草回数とともに収量が増し，コメの質も良くなることなどが書かれている．また，除草でなく「子供を田んぼに入れるだけでいい」，「百回の中耕除草を行うと百万石とれる」という記述にも興味をひかれた．

3. 多数回中耕除草法の適用

江戸時代の中耕除草は，簡単な農具（雁爪など）を使い人力で行われていた．これを現在の機械化が進む圃場で行うにはいくつかの工夫が必要であった．そこで，1. 苗づくり，2. 中耕除草方法，3. 中耕除草期間，4. 中耕除草回数などについて検討しつつ実施した．

3.1 苗づくり

苗づくりは，江戸時代のように露地で行うことにした．最終的にポット苗を筏（いかだ）方式で栽培し，1 株 1 ～ 3 本になるよう調整した．筏方式は水を貯めるプールのために 15 cm ほどの深さに土を掘り，プラスチックのシートで被い，10 cm ほどの深さに水を張る．発泡スチロールの板をプールに浮かべ，この上に苗箱を載せる．苗箱の底に水が接するように発泡スチロールの厚さは 15 mm になっている（Fig. 2）．こうすることで，プールの水位が変動しても常にポットの中は水分飽和状態が保たれている．露地のためスズメ除けの網（防風ネット）の上に割布を掛けただけで開始し，苗が 1 葉半程度になってからは割布を外して育てた．種まきから田植えのできる 10 cm 程度まで育つのに約 1.5 ヵ月を要した．



Fig. 2 プール筏育苗.
Pool-floating of seedling-raising.

Table 1 日本農書全集にある中耕除草回数 5 回以上の事例.
List of the cases of more than 5 times of “multiple-intertillage-weeding” in agricultural books published in Edo-era.

著作年代	著者	書 名	除草回数	国（県）	全集の巻	ページ
1688–1703	大畑才蔵	地方の聞き書き	7 ～ 8	紀伊（和歌山）	28	27
1697	宮崎安貞	農業全書	5（8）？	筑前（福岡）	12	88, 134-136
1707	土屋又三郎	耕稼春秋	7	加賀（石川）	2	55–56
1709	鹿野小四郎	農事遺書	5	加賀（石川）	5	64–68
1717	土屋又三郎	農業図絵	5	加賀（石川）	26	91,92,105,109
1760	渡辺綱任	農業日用集	5	豊前（大分）	33	23
1786	川合忠蔵	1 粒万倍 穂に穂	6 <	備中（岡山）	29	52–55
1789	宮永正運	私家農業談	7	越中（富山）	6	60–61
1798–1818	児島如水・徳重	農稼業事	5	近江（滋賀）	7	24–28
1819	著者未詳	合志郡大津手永田畑諸作時候之考	5	肥後（熊本）	33	217
1818–1830	著者未詳	久住近在耕作仕法略覚	7	肥後（熊本）	33	165
1834	細木庵常・奥田之昭	耕耘録	5	土佐（高知）	30	76
1837	久下金七郎	農業稼仕様	5	丹波（兵庫）	28	320
1837	伊藤正作	耕作早指南種稽歌	4＋α	若狭（福井）	5	224–225
1841	百姓伊兵衛	農業巧者へ御問下げ 10 ヶ条	5	周防（山口）	29	236
1842	加藤尚秀	勧農和訓抄	8	甲斐（山梨）	62	272
1842	木下清左衛門	家業伝	7	河内（大阪）	8	71, 73–82
1848–1853	安居院庄七	報徳作大益細伝記	7	駿河（静岡）	63	311–313
1849	著者未詳	自家業事日記	5	印旛（鳥取）	29	138
1851	大元権右衛門	農業年中行事	5	周防（山口）	29	279
1857 頃	郷保与吉	田家すきはい袋	5	岩代（福島）	37	319–320

3.2 中耕除草方法

中耕除草は機械的な方法をいくつか試み，最終的に歩行型の水田用カルチを用いることにした．ガソリンエンジンによってカルチの爪付き車輪が回転し，株間が攪拌・除草できる．これだけでは直交する株間が除草できないためフロート付きのチェーン除草機を手作りし，カルチにつなげて使用した（Fig. 3，4）．苗もチェーンによって抑えられるが，根が活着しているため，ほどなく立ち上がる．

3.3 中耕除草期間

中耕除草の開始は田植え後できるだけ早く行うようにした．これは田植え直前の代かきから時間を経るに従い，発芽した雑草が伸びてくるからである．ポット苗は根の活着が早く，田植え後 3 日程度で中耕除草に入ることができる．中耕除草の終了は，一般には最高分げつ期ないし幼穂形成期までとされている．私たちは幼穂形成期後も引き続き中耕除草を行ったことがあるが，収量増が認められなかった．そのため中耕除草は通常行われている幼穂形成期ごろまでとした．

最初の除草は，田植え後 3 日目に 0 回区以外の全区を一斉に行うようにした．田植えから幼穂形成期までの約 50 日間で回数に応じて間隔を均等にするようにした．例えば 8 回の中耕除草を行うと 48 日間で 6 日間隔になる．

3.4 中耕除草期間

回数は 0 ～ 16 回まで行った．結果を Fig. 5 に示す．4 回以上は収量的に大きな差はなかった．しかし，回数が多くなるにしたがい収量の変動係数が小さくなるため，回数を最大で 8 回程度にして試験している．

4. 多数回中耕除草法による収量，品質

圃場は赤川水系に属し，土は灰色低地土に分類されている．作土直下から砂礫層が分布し，浅いところは作土層が 10 cm 程度である．暗渠は入っていない．用排水は分離していて，用水は赤川本流から用水路を経て直接水田に取り込まれている．EC は 40 μS cm^{-1} 程度で水道水より低い．品種は当初よりササニシキを用いている．圃場は 2009 年から同一圃場を継続して使用している．前項で示した育苗，中耕除草方法は 2013 年から継続している．

Fig. 6 に最近 5 か年の結果を示す．中耕除草回数が 4 回と 8 回とでは両者に大きな差はなかった．また，最近 5 年間でも大きな変化は認められない．



Fig. 3　中耕除草に用いたミニカルチとチェーン除草装置．
“Mini-culti” with chain-weeder.



Fig. 4　チェーン除草装置．
Chain-weeder.

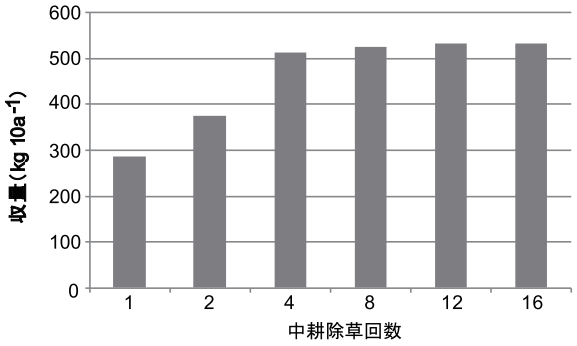


Fig. 5　中耕除草回数と収量（2015 年）．
Intertillage-weeding time and yield.

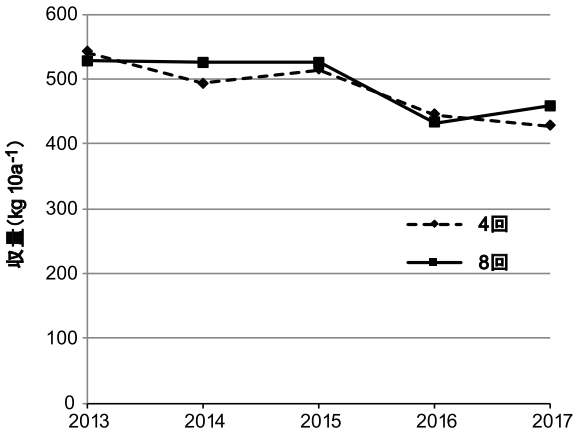


Fig. 6　最近 5 年間の中耕除草回数 4 回と 8 回の収量．
Yield of 4 and 8 times intertillage for 5 years.

品質は無肥料・無農薬栽培を始めてから 1 等米であり，食味値は 2015 年のみの測定であるが平均 85 以上であった（Fig. 7）．中耕除草回数を多くすると食味値はやや低下する傾向にあった．

5. 無肥料で収量が減少しない理由

10 年続けても収量が変わらないのは，養分が自給できていることを示している．最も重要な窒素は表層の光合成細菌群による窒素固定が大きく寄与していると考えられる（荒生ら, 2015）．

湛水した水田土壌に太陽光を当てた区と当てない区との比較では，当てた区の 0–2 mm で全窒素が増加した．(Fig. 8)

そのほか，イネが養分の限定されている条件の中で効率的に種子生産をしていると考えられる．水落ら (2017) の報告や，窒素の玄米生産効率が 80 kg kg^{-1} N^{-1} に近いことからもそのことはうかがえる（Table 2）．

なお，無肥料・無農薬栽培を始めてから，イネへの病虫害は 1 度も経験していない．隣接する慣行栽培圃場でイモチが出たときも私たちの圃場では発症しなかった．

6. なぜ中耕除草か

土壌撹拌という単純な作業がもつ「多機能性」である．水田土の物理的な攪拌は混合，均一化，膨軟，透水性の改良，根の切断などを伴う．化学的には分解作用の促進，生物的には除草，光合成細菌群などの表層フローラが攪拌により土中へ導入され，その一方で新たな表面の形成が行われる．この結果，窒素固定量が増大する．生態学的には除草によるイネの優占化が進むとともに，無農薬による動物生態的なヒエラルキーの形成とそれによる虫害の低下などが考えられる．

なお，無農薬栽培を始めて 5 年ほど経過した時点でヒエなどが一斉に芽吹き始めた．これはそれ以前に使われていた除草剤の残効が消失したからと考えられた．

7. イネのもつ特異性

イネの低濃度の養分要求性（岡島, 1962）にも注目する必要を感じた．畑作物のムギに比べてイネは非常に薄い濃度で栽培が可能である．イネの流動水耕の場合，流動速度にも影響されるが，窒素濃度が 50 ppm 程度ではほとんど分げつせず，数 ppm にすると 1 個体当たり 110 本の分げつが見られた．これに対し，コムギの流動水耕では 1 個体あたり 200 本以上の分げつがイネの 20 倍以上の窒素濃度（210 ppm）で得られている（水落, 1990）．

イネは湿地で進化してきた植物であり，乾燥条件にはきわめて弱い．養液栽培で養液を入れ替えるしばらくの間，根を水からあげるだけで葉が巻くなどの萎凋が始まる．収穫作業を考慮しなければ，中干をしない方が収量的にはいい場合がある．

イネは水分の多い環境で育つにも関わらず，無肥料条件下では病虫害の被害が出ない．これは生態的なヒエラルキーが形成されるためと，イネが病虫害に強い抵抗性を有しているからであり，その最大の理由は多量のケイ酸を含むからと考えられる（高橋, 2007）．

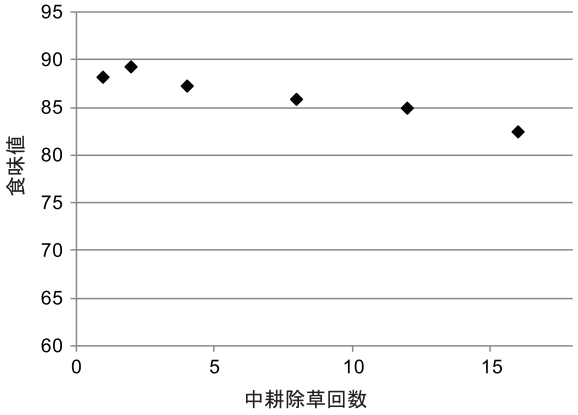


fig. 7 中耕除草回数と食味値（2015）．
Intertillage time and “taste value” of rice.

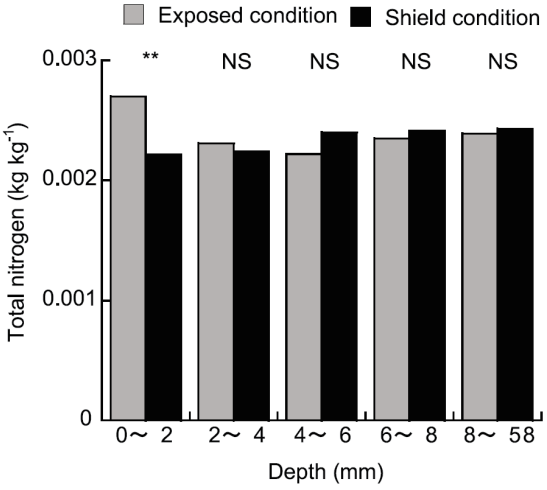


Fig. 8 露光区および暗黒区における全窒素量の分布（荒生ら，2015）．
The distribution of total nitrogen of surface soil under exposed and shield conditions. (Arao et.al., 2015）.

Table 2 窒素の玄米生産効率（2016）．
Efficiency of nitrogen for brown rice production.

中耕除草回数	玄米収量 (kg 10 a^{-1})	窒素吸収量 (kg 10 a^{-1})	玄米生産効率 (kg kg-N^{-1})
0	97	4.4	22.0
4	489	6.2	78.9
8	491	6.5	76.1

これらの諸作用・反応が総合的に作用し収量の増大につながったと考えられる．中耕除草は除草が目的と考えがちである．しかし，それ以外の作用も無視することはできない．

なお，除草剤に関しては，除草だけでなく水面下の微生物の殺菌効果が大きいことも上げなければならない（蒲田ら, 1987; Usui et al., 2011）．雑草はなくなったが，同時に窒素固定する光合成細菌類まで抑えてしまうことになるからである．

8. 明治以降の中耕除草作業

江戸時代にかなり広まっていた多数回中耕除草法がなぜ明治以降顧みられなくなったのか，という点は注目に値する．これには様々な理由が考えられる．明治維新以降の過度の西洋農学偏重により江戸時代までの伝統的な農業に注目しなかったこと，持ち出したものは戻さなければならないという単純な考え方，増産こそが重要という施策のもとに肥料・農薬による周辺環境への影響が軽視されたこと，地力窒素を固定的であると考えてしまったこと，生態的視点の欠如から多肥が病害虫の原因の 1 つになっているとの理解が不足していたこと，などをあげることができよう．

9. 終わりに — これからどうするか —

「湿原の一次生産力が森林など他の生態系の 1.5 ～ 2 倍」という指摘がある．人工の湿原である水田では植物生育に不可欠な水が 100 % 保証されていること，水には上流からの様々な養分が含まれていること，水があることにより安定した温度環境が形成されること，何よりもイネの栽培条件が湿地に適していることなど水田稲作のメリットは大きい．

さらに「畑は人工系，水田は人工共生系である」との指摘（栗原, 1998）は重要である．水田ではイネと何とが共生しているのかについては，これまで見てきたように基本は光合成細菌類と考えることができる．

省資源，低投入，持続的社会，安全・安心，健康，環境との調和など農業・農学が直面している課題は大きい．

共生と循環という生態学的な視点を持ちつつ農学の中の土壌物理学は展開していく必要があると思う．

引用文献

荒生秀紀, 粕渕辰昭, 安田弘法 (2015): 湛水下の水田表層土における太陽光の透過性と全窒素の変動. 土壌の物理性, 131: 23–27.

Usui, Y., Kasubuchi, T. and Mowjood, M.I.M. (2011): Effects of herbicide application on carbon dioxide, dissolved oxygen, pH, and RpH in paddy-field ponded water. SSPN, 57: 1–6.

岡島秀夫 (1962): イネの栄養生理, pp. 39–46. 農文協.

粕渕辰昭, 荒生秀紀, 安田弘法 (2016): 江戸時代の農書における水田の多数回中耕除草とその効果. 土壌の物理性, 132: 55–59.

片野 学 (1990): 自然農法のコメつくり, pp. 196–197. 農文協.

蒲田昌治, 甲斐秀昭, 河口定生, 河内埜一之 (1987): 除草剤施用による水田土壌の遊離窒素固定微生物草と窒素固定能の変動. 土肥誌, 58: 517–526.

栗原 康 (1998): 共生の生態学, pp. 146–151. 岩波書店.

高橋英一 (2007): 作物にとってケイ酸とは何か, pp. 88–95. 農文協.

水落勁美 (1990): コムギ多収穫に関する作物栄養学的研究. 肥料科学, 13: 71–105.

水落勁美, 粕渕辰昭, 荒生秀紀, 君和田健二 (2017): 無肥料・無農薬水田における高収稲の養分利用には無駄がない. 日本土壌肥料学会北海道支部講演要旨集.

要　　旨

江戸時代に開発された水田の多数回中耕除草法を現在の農法のなかで再現することを試みた．具体的には，苗は露地でプール筏育苗を行い，中耕除草はチェーン除草装置付きのミニカルチを用い，中耕除草回数は 0 ～ 16 回まで行った．その結果，中耕除草回数が 4 回以上で慣行農法に近い収量が得られただけでなく，食味値 85 以上で 1 等級に格付けされる高品質となった．このことは多数回中耕除草法により土壌撹拌を繰り返すことで，除草と同時に土の攪拌により，物理的には均一化・膨軟化・透水性の改良，化学的には分解作用の促進，生物的には光合成微生物群による窒素固定量の増加，生態的には水田生態系の成立と病虫害の低下が考えられた．多数回中耕除草法はイネと水田の機能を生かし，省資源・低投入・環境との調和を目指す新たな水田農法の可能性を示した．

キーワード：多数回中耕除草，江戸時代，農書，水田，土壌撹拌