

## 異なる栽培法における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響

渡邊肇<sup>1)</sup>・佐々木倫太郎<sup>1)</sup>・関口道<sup>2)</sup>・鈴木和美<sup>1)</sup>・三枝正彦<sup>1)</sup>

(<sup>1)</sup> 東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター, (<sup>2)</sup> 宮城県古川農業試験場)

**要旨**：速効性肥料を用いた耕起側条施肥栽培（以下、標準栽培）と、肥効調節型肥料（CAF）、品種の草型、栽植密度などの栽培条件およびCAFを用いた不耕起移植栽培における欠株が、水稻の生育と収量に及ぼす影響を比較、検討した。ひとめぼれを供試した標準栽培では、茎数は欠株率が高いほど少なく推移した。収量は、有意差はなかったが、欠株率が高いほど減少する傾向がみられた。欠株による減収を5%まで許容した際、欠株率の許容限界は15%であった。また、一株穂数と一穂粒数は、有意差はなかったが、欠株率の増加に伴い増加する傾向がみられた。欠株の位置関係では、同条に欠株（同条欠株）がある株の方が、隣条に欠株（隣条欠株）がある株より生育量が大きく、同条欠株の方が隣条欠株にくらべ生育の補償作用が強かった。CAFの施用、穂数型品種であるササニシキの使用および疎植栽培では、欠株率の増加に伴い、収量は減少する傾向がみられた。収量の相対値と欠株率との関係を検討した結果、疎植条件とCAF施用条件では、欠株の影響が小さかった。また、ササニシキの供試と不耕起移植条件では、欠株の影響が大きかった。さらに、5%減収にいたる欠株率を許容限界として、その欠株率を算出した結果、CAF施用条件で17%、疎植条件で22%であった。一方、ササニシキ供試条件で14%、不耕起移植条件で12%であった。このように、本研究では、肥効調節型肥料の使用や栽植密度の減少は、欠株の影響が小さく、穂数型品種や不耕起栽培では、欠株の影響が大きいことが示唆された。

**キーワード**：欠株、草型、栽植密度、水稻、速効性肥料、肥効調節型肥料、不耕起栽培、補償作用。

水稻の機械移植栽培における欠株の発生は減収要因の一つとなりうるが、周辺の株が生育や収量が大きくなるため、欠株は必ずしも減収に結びつかない場合がある。この周辺株の生育・収量の増加は補償作用と呼ばれる。この補償作用を利用すれば、多少の欠株では減収しないため、補植の必要がなくなり、稲作の省力化にとって有効と考えられる。

これまで、水稻の欠株と補償作用に関する研究では、群落内で連続して発生する欠株についての報告がある。これらによると、補償率、すなわち連続欠株に対する、周囲の株による補償作用の程度は、連続欠株が3株の場合は93.6%、連続欠株が5株では、91.7%であった（杉本・佐本 1979）。また、連続欠株が発生する確率を詳細に解析した結果、欠株率5%では減収しないとされている（西山 1984）。しかし、実際の圃場では、欠株は連続して発生する場合だけでなく、不連続つまりランダムに発生する場合がある。欠株をランダムに配置して行われた研究例は極めて少ないが、欠株率30%で減収率が4%、欠株率14%で、減収率は3.5~9.0%であった（斎藤ら 1996）。このようにランダムな欠株の条件では、5%を超える欠株率でも、減収しない場合がみられ、不連続におこる欠株については、十分に検討されているとはいえない。さらに、欠株条件下における水稻生育と各種の栽培要因との関係を明らかにすることが重要と考えられる。

欠株と品種および栽培条件の関係については、検討した

研究例は少ないが、規則的に配置された欠株に対する周辺株の補償作用は、栽植密度が高い場合や、施肥量が少ない場合に大きかった（刈屋ら 1974）。また、土壌型との関係では、泥炭土、グライ土、灰色低地土、褐色低地土、黒ボク土において、ランダムに配置された欠株の影響を検討した結果、地力窒素無機化量が多い土壌ほど、補償作用が強かった（関口ら 2004）。

施肥法については、側条施肥条件において、欠株と水稻生育の関係を明らかにすることが重要と考えられる。側条施肥は、従来の全層施肥に比べ、初期生育の促進、肥料利用率の向上、省力化などの長所があり、現代の水稻生産の普及技術とされている（小野 1984、島津ら 1986、大山 1987、金田ら 1989、佐藤ら 1990、関屋 1993、前田ら 1993）。さらに、新しい水稻の栽培法として、肥効調節型肥料（CAF：Controlled availability fertilizer）の全量基肥施肥による、不耕起移植栽培がある（佐藤・渋谷 1991、金田・栗崎 1994、佐藤ら 1994、金田 1995）。この栽培法には、省力、低コスト、環境保全的といった長所があり、今後の普及が期待される。しかし、このような側条施肥や全量基肥施肥不耕起栽培で、欠株が水稻の生育や収量に及ぼす影響を検討した例はない。これらのことから、圃場でランダムに発生した欠株の状態、品種、施肥法、栽植密度、耕起法などの栽培条件を考慮し、欠株が水稻の生育に及ぼす影響を検討する必要があると考えられる。

2008年8月11日受理。連絡責任者：渡邊肇 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐2の町8050 新潟大学農学部

TEL/FAX 025-262-6169, watanabe@agr.niigata-u.ac.jp

本研究の一部は、科学研究費補助金 基盤研究 (A)「最先端技術による肥料成分の飛躍的向上と目的成分の供給」(No.18208007) による。

そこで、本研究では第一に、耕起側条施肥栽培における欠株が、水稻の生育・収量に及ぼす影響を検討した。第二に、肥料による窒素供給パターン、草型、栽植密度が異なる栽培条件およびCAFの全量基肥施肥を用いた不耕起移植栽培における欠株が、水稻の生育と収量に及ぼす影響を比較、検討した。

## 材料と方法

### 1. 速効性肥料を用いた耕起側条施肥栽培における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響

栽培試験は2004年に東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター（宮城県大崎市鳴子温泉、標高165 m、東経140°15'10"、北緯38°44'30"、2:1~2:1:1型中間種鋤物を主体とする非アロフェン質黒ボク土）で行った。供試品種は、偏穂数型の、ひとめぼれ(*Oryza sativa* L.)を用いた。中苗を5月22日に機械移植した。一株苗数は4本/株となるように設定し、4本/株以外の部分は、移植後、目視で株を見つけて4本/株に植え直した。栽植密度は23.8株/m<sup>2</sup>（株間14 cm、条間30 cm）であった。施肥は、基肥として速効性肥料である塩加燐安(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O = 12:18:16) 5 gN/m<sup>2</sup>を側条施用し、穂肥として7月19日と7月28日に、それぞれ硫酸を1 gN/m<sup>2</sup>ずつ表面施用した。なお、本研究では、この栽培条件を標準栽培条件とした。

### 2. 各種栽培条件における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響

#### 1) 肥効調節型肥料の影響

肥効調節型肥料(Controlled availability fertilizer: CAF)を全量基肥として側条施肥した。肥効調節型肥料として被覆尿素70日型(Polyolefin coated urea 70: POCU70, チッソ旭肥料社製)を用いた。これは25℃の水中において70日間で含有窒素の80%が溶出する肥料である。

#### 2) 品種の影響

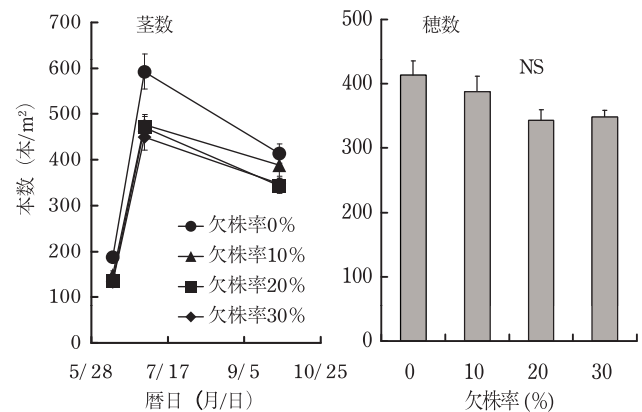
品種の影響について草型に着目し、穂数型であるササニシキ(*Oryza sativa* L.)を供試して、ひとめぼれ(偏穂数型)と比較した。

#### 3) 疎植の影響

栽植密度を16.3株/m<sup>2</sup>（株間20.5 cm、条間30 cm）の疎植とした。

#### 4) 肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥不耕起条件の影響

栽培試験は、不耕起継続年数4年の不耕起水田で行った。中苗を不耕起専用田植機(三菱農機社製)を用いて移植した。施肥は2種の肥効調節型被覆尿素を使用した。すなわち、25℃水中で30日間、肥料成分の溶出がほとんどみられず、その後の70日間で80%が溶出する肥料(POCUs100)を播種時に5 kgN/10 a育苗箱に施肥した。さらに、初期生育確保のために移植時に25℃水中で肥料成分の80%を



第1図 欠株率がm<sup>2</sup>当たり茎数と穂数に及ぼす影響。図中の縦棒は、標準誤差を示す。NS:有意差なし。

溶出するのに30日間を要する肥料(POCU30)を移植直前に3 kgN/10 a育苗箱に上乘せ施肥した。本田管理は入水前に非選択性除草剤である、グリホサートイソプロピルアミン塩を散布し、冬雑草の防除を行った。その他の栽培期間中の雑草防除、病虫害の防除は慣行に従った。

なお、1)から4)のいずれの栽培条件において、特に記載がない項目については、標準栽培条件と共通とした。

### 3. 欠株率と欠株の配置の設定

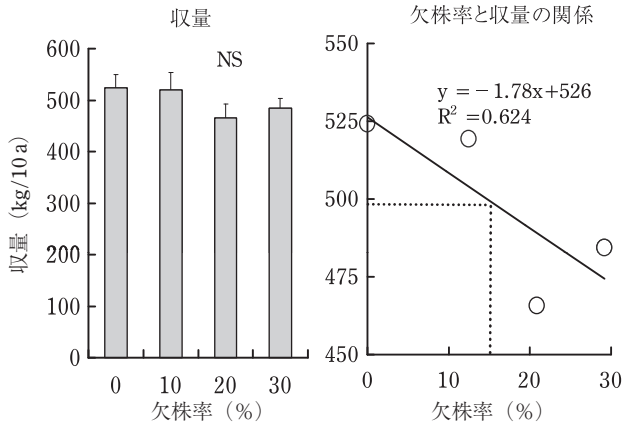
欠株率が0, 10, 20, 30%となる調査区(それぞれ、0%区、10%区、20%区、30%区)を設定した。調査区は6条×10株を1単位とし、両端1条、両端2株をボーダーとした。測定対象は中央の24株(4条×6株)とした。欠株率の設定は、測定対象の24株から、乱数表を用いてランダムに所定の株数を選び、その株を除去して行った。24株中、欠株率10%区は3株を、欠株率20%区は5株を、欠株率30%区は7株を除去した。各欠株率について、多様な状態の欠株を想定して6反復を設定した。

### 4. 調査項目と調査方法

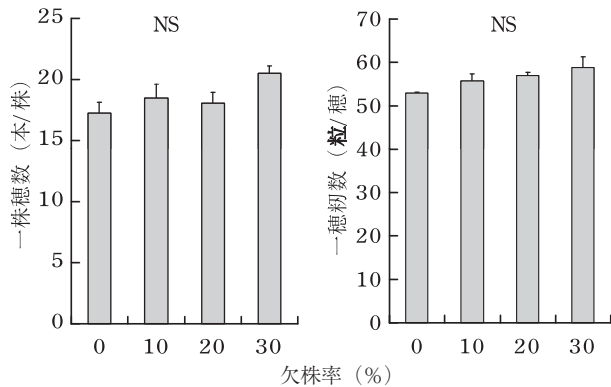
6月中旬と7月上旬に茎数を測定した。設定した6反復中、両時期とも任意の4反復を調査対象とした。収量調査用の水稻株は9月28日に採取した。収量調査株は十分に風乾後、全重と穂数を測定し脱穀した。脱穀後の籾は均分器を用いて均分し、均分したサンプルの総籾数を測定し、全籾数を算出した。1.8 mm以上の粒厚を持つ玄米を登熟玄米とし、玄米収量を算出した。なお、収量は15%水分の換算値で示した。

### 5. 測定値の統計処理

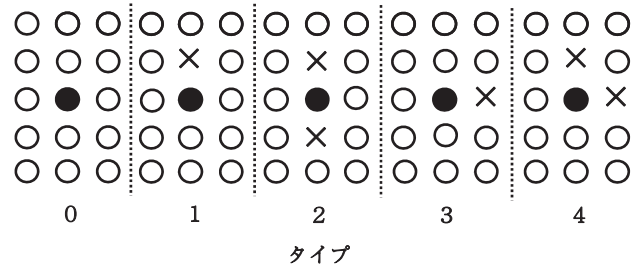
統計処理は、Tukey法(P<0.05)により、各処理区の平均値について多重比較を行った。



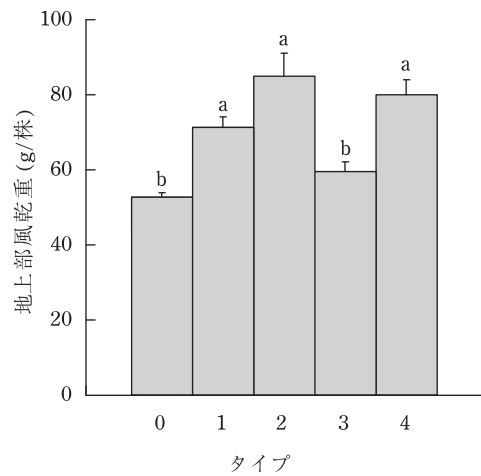
第2図 欠株率が収量に及ぼす影響。  
図中の縦棒は、標準誤差を示す。NS:有意差なし。



第3図 欠株率が一株穂数および一株穂数に及ぼす影響。  
図中の縦棒は、標準誤差を示す。NS:有意差なし。



第4図 本試験における欠株のタイプ。  
●:基準の株, ×:欠株。タイプ0:同条0・隣条0, タイプ1:同条1・隣条0, タイプ2:同条2・隣条0, タイプ3:同条0・隣条1, タイプ4:同条1・隣条1。



第5図 欠株のタイプが欠株周囲の株の地上部風乾重に及ぼす影響。  
異符号は5%水準で有意差があることを示す (Tukey法)。  
グラフ中の縦棒は、標準誤差を示す。

結果と考察

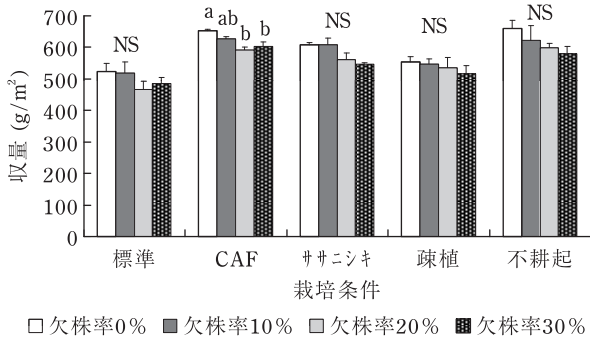
1. 速効性肥料を用いた耕起側条施肥栽培における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響

まず、試験年次の気象条件であるが、2004年の水稻栽培期間における日平均日照時間は、平年に比べ5月下旬に少なかったものの、その後は平年値を上回った。また、日平均気温は、平年に比べ6月中旬から8月上旬までは高く推移し、8月中旬に低下したが、その他はほぼ平年並みであった。

第1図に欠株率がm<sup>2</sup>当たり茎数と穂数に及ぼす影響を示した。m<sup>2</sup>当たり茎数は、欠株率が高いほど少なく推移し、最終的なm<sup>2</sup>当たり穂数も、減少する傾向がみられた(第1図)。収量は有意差は無いものの、欠株率の増加に伴って減少する傾向がみられた(第2図)。これまでの連続欠株での研究例では、欠株率が5%で減収しないとされている(西山1984)。欠株による減収を5%まで許容すると仮定すると、欠株率の許容限界は15%と算出された(第2図)。また、この収量の減少率は、欠株率より小さく、欠株に対する補償作用がみられた。また、一株穂数と一穂粒数は、

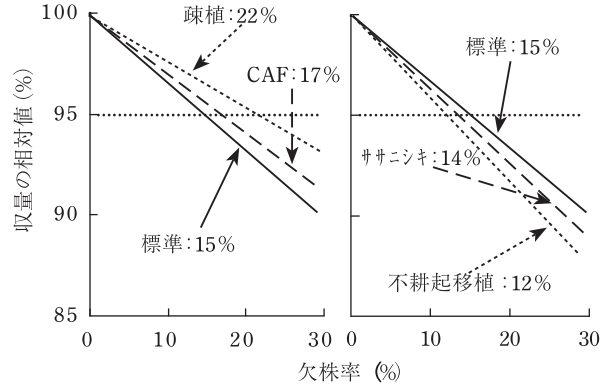
欠株率の増加に伴い、有意ではないが、増加する傾向がみられた(第3図)。本実験では、側条施肥での実験であるが、この欠株率の増加に伴う、一株穂数と一穂粒数の増加傾向は、全層施肥による場合と一致した(関口ら2004)。

本研究では、試験区内で欠株がランダムに存在するため、株ごとに欠株との位置関係が異なる。そこで、群落内の株を、欠株との隣接状況ごとに区別して欠株の位置が欠株周囲の株の生育に及ぼす影響を検討した(第4図、第5図)。まず、「同条欠株」は、基準の株から見て同じ条にある欠株を、「隣条欠株」は、基準の株から見て隣の条の真横にある欠株を示す。これらを基に、群落内の株を5つのタイプに類別し、欠株の位置が欠株周囲の株の生育に及ぼす影響を検討した(第4図)。まず、タイプ0は同条欠株が0で隣条0、タイプ1は同条欠株が1つで、隣条欠株が0、タイプ2は同条欠株が2つで隣条欠株が0、タイプ3は、同条欠株が0で隣条欠株が1つ、タイプ4は、同条欠株と隣条欠株を1つずつもつものとした。なお、同条欠株が2つで、隣条欠株が1つのタイプや同条欠株、隣条欠株がそれぞれ2つのタイプがあるが、この2つのタイプは発生が



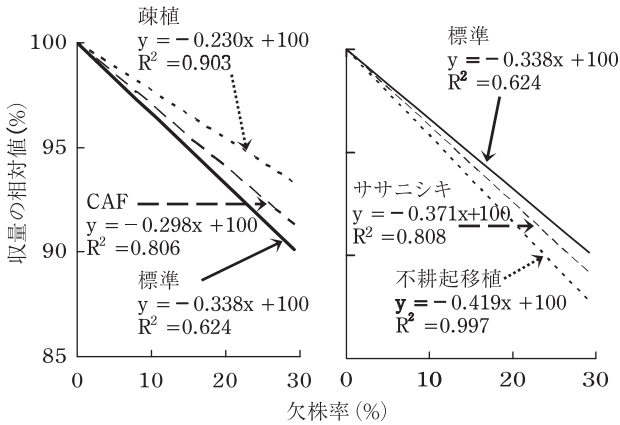
第6図 異なる栽培条件における欠株率と収量の関係.

図中の縦棒は標準誤差, 異符号は5%水準で有意差があることを示し, NSは有意差がないことを示す (Tukey法). グラフ中の縦棒は, 標準誤差を示す.



第8図 異なる栽培条件における欠株率の許容限界.

5%の減収にいたる欠株率を許容限界 (図中の数値) とした.



第7図 異なる栽培条件における欠株率と収量の相対値の関係.

収量の相対値は, 回帰直線の y 切片が 100 となるように定めた.

少なかったのでここでは検討しなかった. その結果, タイプ0, タイプ1, タイプ2を比較すると, 同条欠株数の増加に伴い, 地上部風乾重は増加した. 一方, タイプ0, タイプ3, タイプ4を比較すると, 隣条欠株も風乾重の増加がみられたが, その増加は同条欠株より小さかった (第5図). 以上より, 欠株隣接株の中で, 同条欠株の隣接株において, 補償作用が強くなり, 顕著に生育が増加した. これは, 全層施肥を用いた過去の研究と一致した (杉本・佐本 1979, 関口ら 2004)

2. 各種栽培条件における欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響

複数の異なる栽培条件における欠株率と収量の関係を検討した. いずれの栽培条件においても, 欠株率の増加に伴い, 収量は減少する傾向がみられ, 特に, CAF 施用条件では有意差がみられた (第6図). このように, 栽培条件の差異で欠株率の増加に対する収量の減少程度が異なる傾向がみられたので, 収量の相対値と欠株率との関係を検討した. 具体的には各栽培条件において, 収量と欠株率の回帰

直線で, 直線の y 切片が 100 となるように相対値換算して検討した (第7図). その結果, 疎植条件と CAF 施用条件の回帰直線が標準条件に比べて上側にあり, 欠株の影響が小さい傾向がみられた. CAF 施用条件においては肥料窒素が CAF から徐々に溶出するため, 欠株部土壌へ周辺株の根が進入するまでの肥料窒素の損失が少なく, 標準栽培条件に比べ欠株部の土壌中の肥料窒素が水稻に有効に利用され, 補償作用が強まったものと考えられる. 栽植密度の点では, 疎植条件で補償作用が強くなり, 全層施肥で行われた過去の報告 (刈屋ら 1974) とは異なる結果が得られた. また, 本試験では, 黒ボク土における側条施肥で欠株が水稻の生育と収量に及ぼす影響をみたものであり, 供試土壌や施肥法の差異により, 過去の報告と異なる結果が得られた可能性があるが, この点については, 今後の検討課題である. また, ササニシキ供試条件と不耕起移植条件では, 回帰直線が標準栽培の直線よりも下側にあり, 欠株の影響が大きい傾向がみられた (第7図). さらに, 欠株率の許容限界, つまり, 5%減収にいたる欠株率を算出した結果, 標準栽培で 15%, CAF 施用条件で 17%, 疎植条件で 22%であった. 一方, ササニシキ供試条件で 14%, 不耕起移植条件で 12%であった (第8図). なお, 品種については, 草型の他に早晩性も影響すると思われるので, 早晩性の異なる品種を供試した際に, 欠株が水稻の生育・収量に及ぼす影響を検討する必要がある.

このように, 欠株の収量への影響は, 栽培条件によって変化した. CAF 施用条件といった肥効調節型肥料の使用や栽植密度の減少は, 欠株の収量に及ぼす影響が小さく, 本研究における, 実験条件では穂数型品種の使用や不耕起移植条件では, 欠株の影響が大きい可能性が示唆された.

また不耕起移植栽培では, 苗箱施肥が行われ, また, 土壌硬度の増加や地力窒素無機化量の減少や緩効化が生じる (伊藤 2002). さらに, 苗箱施肥では欠株箇所には施肥されない. これらの土壌特性や施肥法の違いにより, 不耕起栽培において欠株の影響が大きくなったものと考えられる. 一方, 本研究での欠株率の許容限界は, 12~22%で, 従来の5%を超える欠株率においても, 栽培条件によっては顕

著な減収にならない場合があることが明らかとなった。

謝辞：圃場試験にあたり、東北大学大学院農学研究科附属複合生態フィールド教育研究センター環境調和型作物生産科の諸氏から多大な協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表します。

### 引用文献

- 伊藤豊彰 2002. フィールドから展開される土壤肥料学—新たな視点でデータを採る・見る—6. 耕起から不耕起にすると土壤と作物の何がかわるか? 土肥誌 73: 193-201.
- 金田吉弘・児玉徹・長野間宏 1989. 八郎潟干拓地の輪換水田における側条施肥の効果. 土肥誌 60: 172-174.
- 金田吉弘・栗崎弘利 1994. 肥効調節型肥料を用いた育苗箱全量施肥による水稻不耕起移植栽培. 土肥誌 65: 385-391.
- 金田吉弘 1995. 肥効調節型肥料による施肥技術の新展開 2 不耕起移植栽培の育苗箱全量施肥栽培. 土肥誌 66: 176-181.
- 刈屋国男・角田公正・町田寛康 1974. 作物の生育, 収量に及ぼす栽植の不均一性の影響に関する研究. 第4報 等距離栽植条件下における欠株処理が水稻の生育, 収量に及ぼす影響. 日作紀 43(別2): 25-26.
- 前田忠信・森田茂紀・根本圭介・阿部淳・渡辺和之 1993. 水稻栽培における側条・深層施肥が収量および根系に及ぼす影響. 日作紀 62(別1): 24-25.

- 西山岩男 1984. 補植をしない稲作のすすめ. 農及園 61: 59-61.
- 小野允 1984. 施肥法の開発—側条施肥技術—. 東北農業研究 34: 43-50.
- 大山信雄 1987. 東北地方における水稻側条施肥の肥効. 農業技術 42: 49-53.
- 斎藤公夫・川島典子・関口道・浅野真澄・佐藤一良 1996. 水稻の欠植周辺株における収量構成要素と補償効果. 土肥要旨集 42: 304.
- 佐藤徳雄・高橋幸一・渋谷暁一・菅野順一 1990. 水稻ポット苗移植栽培の生育収量に及ぼす施肥法, 栽植密度および播種粒数の影響. 川渡農場報告 6: 51-60.
- 佐藤徳雄・渋谷暁一 1991. 全量床土施肥による水稻の省力施肥栽培について. 日作東北支報 34: 15-16.
- 佐藤徳雄・渋谷暁一・三枝正彦 1994. 苗箱全量施肥水稻の耕起, 不耕起田での生育推移. 日作東北支報 37: 39-40.
- 関口道・佐々木次郎・斎藤公夫 2004. 異なる土壤における水稻の欠植周辺株による補償効果. 土肥要旨集 50: 124.
- 関谷信一郎 1993. 第4章 水稻施肥技術. 農林水産省農林水産技術会議事務局 昭和農業技術発達史編纂委員会編, 昭和農業技術発達史 第2巻 水田作編. 農文協, 東京, 163-192.
- 島津了司・新毛晴夫・千葉泰弘・宮下慶一郎 1986. 岩手県における水稻の側条施肥技術. 第1報 側条施肥による初期生育促進と収量性. 東北農業研究 39: 71-72.
- 杉本勝男・佐本啓智 1979. 稲稚苗移植栽培における欠株の補償について. 日作紀 48: 214-219.

**Effects of Vacant Hills on Growth and Yields of Rice (*Oryza sativa* L.) under Different Cultural Conditions**: Hajime WATANABE<sup>1)</sup>, Rintaro SASAKI<sup>1)</sup>, Osamu SEKIGUCHI<sup>2)</sup>, Kazumi SUZUKI<sup>1)</sup> and Masahiko SAIGUSA<sup>1)</sup> (<sup>1)</sup>Field Sci. Cent., Grad. Sch. of Agr. Sci., Tohoku Univ., Miyagi 989-6711, Japan; <sup>2)</sup>Miyagi Pref., Furukawa Agric. Exp. Stn., Miyagi 989-6227, Japan)

**Abstract**: Field trials were conducted to evaluate the effects of vacant hills on growth and yield characteristics of rice (*Oryza sativa* L.) under several cultural conditions. In side dressing of readily available fertilizer with conventional tillage, the number of stems and grain yield seemed to decrease with increasing number of vacant hills. In contrast, the panicle number and number of grains per head seemed to increase with increasing the number of vacant hills in the same cultivation. The compensatory effects of plants adjacent to vacant hills were particularly obvious in plants located in the same row, as compared with those in adjacent rows. However, the magnitude of the compensatory effects varied with the method of fertilizer application, plant type, plant density, and the presence or absence of tillage; the effects of vacant hills on the performance of the rice plant was smaller in CAF (controlled availability fertilizer) and sparse planting plots, and this was not the case in any plots of many-tillering type cultivar and no-tillage cultivation with CAF.

**Key words**: Compensatory effect, Controlled availability fertilizer, Cultivar, No-tillage cultivation, Plant type, Planting density, Readily available fertilizer, Rice (*Oryza sativa* L.), Vacant hill.