

## 黒ボク土の水田転換畑におけるチゼルプラウ耕が 土壌環境およびトウモロコシの窒素吸収に及ぼす影響

篠遠善哉<sup>1,2)</sup>・松波寿典<sup>1)</sup>・大谷隆二<sup>1)</sup>・冠秀昭<sup>1)</sup>・丸山幸夫<sup>3)</sup>

(<sup>1)</sup> 農研機構東北農業研究センター, <sup>2)</sup> 筑波大学大学院生命環境科学研究科, <sup>3)</sup> 筑波大学生命環境系)

**要旨:** 黒ボク土の水田転換畑にて、チゼルプラウ耕が土壌環境と作物生育に及ぼす影響を明らかにするため、試験1で土壌の物理性・化学性、およびトウモロコシの窒素吸収量を、試験2で土壌中の肥料分布をロータリ耕と比較した。試験1では5月下旬にロータリ耕(ロータリ区)とチゼルプラウ耕(プラウ区)で耕起した圃場にトウモロコシ2品種を播種した。土壌貫入抵抗値は、深さ0–5 cmでは両耕起区とも同程度であったが、プラウ区では深さ5 cm以深の土壌貫入抵抗値が急激に増加した。特に、深さ10–20 cmの土壌貫入抵抗値はロータリ区よりプラウ区で著しく高かった。また、深さ10 cmおよび20 cmの気相率はロータリ区よりプラウ区で低く、固相率はロータリ区よりプラウ区で高かった。土壌化学性については、第6葉期の土壌深さ0–5 cmにおいて、硝酸態窒素がロータリ区よりプラウ区で有意に多く、有効態リン酸および交換性カリも多い傾向であったが、成熟期には耕起法による差はみられなかった。また、トウモロコシの窒素吸収量に耕起法による有意な差はみられなかった。試験2ではロータリ区と比較してプラウ区では表層の肥料分布割合が高く、深さ0–10 cmに肥料の95%以上が分布していた。以上のことから、チゼルプラウ耕では、深さ5–20 cmの土壌が硬く、深さ10, 20 cm気相率は低いが、深さ0–10 cmに肥料が多く分布するため、生育初期における表層の養分供給能が優れることが示された。また、水田転換畑におけるチゼルプラウ耕は窒素吸収量をロータリ耕と同程度に維持しつつ、高速作業を可能にする耕起法であると考えられる。

**キーワード:** 黒ボク土, 水田転換畑, チゼルプラウ耕, 窒素吸収, トウモロコシ, 土壌環境, 肥料分布, ロータリ耕.

わが国の水田農業では耕起と碎土が同時に行え、代かきまで利用でき、取り扱いも容易なロータリ耕(中1981)が一般的な耕起法として定着している。しかし、転換初年目の水稲跡地の耕盤は堅く、碎土性が劣るため慣行のロータリ耕では土の練り返しが問題となる(渡辺ら1992)。一方、牽引式のチゼルプラウ耕は、緻密化した下層土の排水性や通気性を改良する目的で、土壌に亀裂を入れ、膨軟にするために開発され、高水分条件でも簡易耕起作業を実施できる(渡辺ら1992)。そのため、1990年代より、北海道において、春播コムギの根雪前播種栽培技術開発においてチゼルプラウを水田転換畑で利用する研究が始まった(渡辺ら1992, 渡辺ら1994)。また、近年、経営規模の拡大や担い手不足等からより高能率な作業が求められるようになり、トラクタからの動力(PTO)を用いず、高速作業が可能な牽引式のチゼルプラウが水田農業でも利用され始めている。通常、チゼルプラウ走行後は圃場の表面に凹凸が目立つため、チゼルプラウで粗耕起後に、縦軸駆動ハローで碎土・整地する体系が水田転換畑で一般的に研究されている(篠遠ら2017, 松波ら2017)。

土壌の表層部から下層部まで均一な碎土状態にできるロータリ耕に対して、チゼルプラウは土をひっかくように耕起する(農業・生物系特定産業技術研究機構2006)ため両耕起後の土壌物理性は異なる(渡辺ら1994)。ロータリで

は碎土した深さまで膨軟部分がほぼ均一に分布しているのに対して、チゼルプラウでは緻密な部分と破碎された膨軟部分が共存するきわめて不均一な状態となる(渡辺ら1994)。渡辺ら(1994)は、春播コムギの根雪前播種栽培においてロータリ耕と比較してチゼルプラウ耕で増収した要因を、土壌の物理的な不均一状態によって生じた養分や水分の不均一性が、作物の養分吸収にも有利に働いたと考察している。しかし、水田転換畑にてチゼルプラウで粗耕起後に縦軸駆動ハローで碎土した際の土壌物理性や土壌化学性など土壌環境に及ぼす影響については明らかにされていない。

前報(篠遠ら2017)では、黒ボク土の水田転換畑で子実用トウモロコシを栽培する際にはプラウ耕でもロータリ耕と同程度の生育および収量を確保できることを明らかにした。しかし、水田転換畑における耕起法の違いが土壌物理性や土壌化学性などの土壌環境に及ぼす影響については詳しく明らかにしていない。

そこで、本研究では、黒ボク土の水田転換畑において、慣行的な耕起法であるロータリ耕と比較して、チゼルプラウ耕(チゼルプラウ・縦軸駆動ハロー体系)が土壌物理性や土壌化学性などの土壌環境およびトウモロコシの窒素吸収に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 材料と方法

### 1. チゼルプラウ耕が土壌の物理性と化学性に及ぼす影響 (試験1)

#### (1) 供試材料と栽培方法

試験は、熟期の異なるトウモロコシ (*Zea mays* L.) を2品種 (パイオニア108日 (34N84), パイオニア115日 (34B39)) 供試し、2015年に東北農業研究センター内の多湿黒ボク土の水田転換畑 (岩手県盛岡市, 前作代かき移植水稻後) で実施した。東北北部の水田転換畑での子実用トウモロコシ栽培を想定し、水稻移植期後の5月下旬から6月上旬に播種した際でも11月上旬までに成熟期に到達する品種として前述の2品種を供試した。

試験区は、ロータリ区およびチゼルプラウ区 (以下、プラウ区) を設けた。ロータリ区は、28馬力のトラクタ (GL280, クボタ社製) に装着したロータリ (RL6G, クボタ社製) を用いて耕深20 cmとした。プラウ区は、85馬力のトラクタ (TJ85CFS1GQCY, イセキ農機社製) に装着したチゼルプラウ (MSC6PSQLK, スガノ農機社製) を用いて耕深20 cmで粗耕起した後、縦軸駆動ハロー (BETA230SP, スガノ農機社製) に脱着後、表層5 cmを碎土した。試験区は、18 a (38 m × 48 m) を3分割して、各ブロック内にロータリ区およびプラウ区を設け (38 m × 8 m), さらに、各耕起区内に各品種を1区ずつ設けた (19 m × 8 m)。

2015年5月29日に条間75 cm, 株間21 cmで目皿交換式大粒播種機 (PL-110, みのる産業社製) を用いて2-3粒播種し、播種機の鎮圧輪により鎮圧した。播種後14日に間引きを行い、一本立てとした。基肥は、配合肥料 (15-20-15; アンモニア性窒素8.4%) (草地50号, くみあい肥料株式会社製) をN, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>Oの成分でそれぞれ15, 20, 15 g m<sup>-2</sup> 施用した。除草剤は播種直後にジメテナミド・リニュロン剤を、第6葉期頃にトブラメゾン剤を、殺虫剤はダイアジノン剤を処理した。

#### (2) 土壌物理性および土壌化学性

土壌の物理性について、碎土率は、1反復につき3カ所の表層5 cmの土壌を採取し、目開き19 mmの網でふるい分けし、ふるいを通過した土塊の重量割合とした。また、2015年5月29日に貫入式抵抗計 (DIK-5531, 大起理化工業社製) を用いて深さ30 cmまでの土壌貫入抵抗値をロータリ区およびプラウ区それぞれ3反復ずつ測定した。測定は1反復につき2回行い平均値を求めた。2015年6月8日に100 mLの採土円筒を用いてロータリ区およびプラウ区の深さ10 cm (10-15 cm), 20 cm (20-25 cm), 30 cm (30-35 cm) から各区3反復ずつ採取し、砂柱法 (土壌環境分析法編集委員会1997) によりpF1.5に調整したときの固相率、液相率および気相率を測定した。

土壌の化学性については、2015年の播種前 (施肥前) に

圃場全体から5地点、成熟期には各反復5地点から土壌採取器 (HS-30S, 藤原製作所社製) および採土円筒を用いて土壌を採取した。採取した土壌は、深さ別 (0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm) に分けた後に5地点分を混合して土壌深さ毎に1サンプルとし、風乾して分析に供試した。分析方法に関しては、北海道立総合研究機構農業研究本部 (2012) に従い、pH (H<sub>2</sub>O) はガラス電極法、有効態リン酸 (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) はトルオーグ法、交換性カリはショーレンベルガー法、熱水抽出性窒素はオートクレーブ法、硝酸態窒素は硫酸ヒドラジニウム還元法、アンモニア態窒素はインドフェノール法で実施した。さらに、第6葉期 (播種後34日) には土壌採取器 (HSC-5, 藤原製作所社製) を用いて0-5 cmおよび5-10 cmの土壌を各反復毎に採取し、播種前および成熟期と同様の手法で土壌分析を実施した。

#### (3) トウモロコシの窒素吸収量

第3葉期 (播種後25日), 雄穂形成期 (播種後48日), 絹糸抽出期 (播種後63日), 乳熟期 (播種後80日), 糊熟期 (播種後101日) に各反復で草高の平均的な3株を地際より採取し、葉身, 葉鞘および稈, 雌穂 (苞葉含む; 乳熟期, 糊熟期に採取) に分解し, 80℃で2日間乾燥後に各器官別の乾物重を秤量した。成熟期 (2015年; 播種後133日) には各反復で草高の平均的な5株の地上部乾物重を糊熟期までと同様の方法で調査した。各部位はそれぞれ粉碎後に混和して全自動元素分析装置 (Vario Max, Elementar社製) を用いて全窒素濃度を測定した。その後、全窒素濃度と地上部乾物重から全窒素含量を算出し、窒素吸収量とした。

### 2. チゼルプラウ耕が土壌層内における肥料の分布に及ぼす影響 (試験2)

試験は、2016年3月22日に東北農業研究センター内の畑圃場 (岩手県盛岡市) で実施した。試験では、予め200 m<sup>2</sup> にLP肥料 (LPコート30, ジェイカムアグリ社製) を500 g m<sup>-2</sup> 均一になるように全面施肥した後に、耕起した。

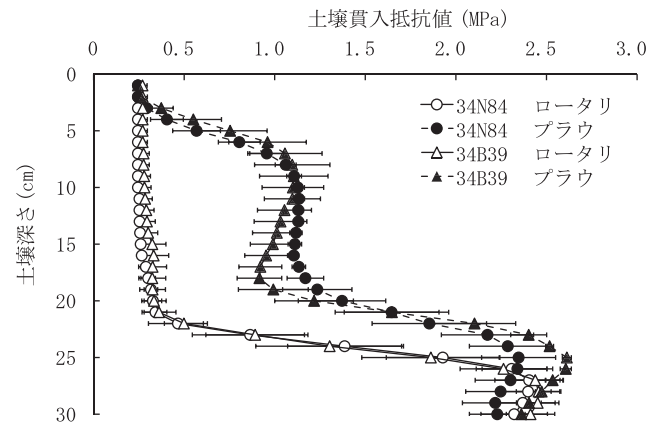
耕起試験区は、ロータリ区およびチゼルプラウ区 (以下、プラウ区) を設けた。ロータリ区は、85馬力のトラクタ (TJ85CFS1GQCY, イセキ農機社製) に装着したロータリ (LXR2408-L, 松山社製) を用いて耕深20 cmとした。プラウ区は、栽培試験 (試験1) と同様の方法で耕起した。なお、試験2は耕起法の違いが肥料分布に及ぼす影響を明らかにするモデル試験のため、トラクタの馬力はロータリ区およびプラウ区ともに同じ馬力とした。試験区は135 m<sup>2</sup> (27 m × 5 m) を3分割して、各区内にそれぞれロータリ区 (4 m × 5 m), プラウ区 (5 m × 5 m) を設けた。

予め5 cm毎に切断し、粘着テープで繋ぎ合わせた直径10 cmの塩ビ管を25 cm打ち込み、各反復3地点からそれぞれ土壌を採取した。採取した土壌は包丁を用いて深さ0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm毎に輪切りにして、風乾さ

第1表 土壤深さ別の三相分布.

土壤深さ (cm)	耕起	pF1.5 三相分布 (%)		
		気相	液相	固相
10	ロータリ	18.2	52.1	29.7
	プラウ	9.5	54.1	36.4
t 検定		**	ns	**
20	ロータリ	14.1	54.2	31.7
	プラウ	5.1	56.5	38.4
t 検定		**	*	*
30	ロータリ	3.6	56.3	40.1
	プラウ	2.7	59.8	37.5
t 検定		ns	ns	ns

\*, \*\* はそれぞれ 5, 1%水準で有意であること, ns は 5%水準で有意差がないことを示す (n=3). 三相分布については, 角変換後に統計解析した.



第1図 土壤貫入抵抗値.

横棒は標準誤差を示す (n=3).

第2表 作付前の土壤深さ別の土壤化学性.

土壤深さ (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	有効態リン酸 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	交換性カリ (mg 100 g <sup>-1</sup> )	熱水抽出性窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	硝酸態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	アンモニア態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )
0-5	5.8	3.2	7.6	5.5	2.7	2.3
5-10	5.9	3.1	11.5	6.5	2.6	1.4
10-15	5.9	3.5	13.0	7.6	2.6	1.7
15-20	6.1	1.7	8.7	5.3	1.7	1.2

せた. 風乾後に深さ毎の LP 肥料の粒数を測定して, 粒数比を算出した.

### 3. 統計解析

試験1については, 耕起法および品種を要因とした3ブロック制の細分区法 (strip plot design) で実施した. 試験2については, 3反復の t 検定で統計解析を実施した. 統計解析は統計解析ソフト (JMP11.2.0, SAS Institute Inc. 社製) を用いて行った.

## 結 果

### 1. 土壤物理性

碎土率はロータリ区, プラウ区それぞれ 71%, 78%であり, 耕起法による有意な差は認められなかった.

土壤深さ別の三相分布を第1表に示した. 深さ 10 cm では, ロータリ区と比較してプラウ区では気相率が低く, 固相率が高かったが, 液相率に耕起法による差はみられなかった. 深さ 20 cm では, ロータリ区と比較してプラウ区では気相率が低く, 液相率および固相率は高かった. 深さ 30 cm では, 気相率, 液相率および固相率に耕起法による差はみられなかった.

土壤貫入抵抗値を第1図に示した. 土壤貫入抵抗値についてみると, ロータリ区では深さ 1-20 cm まで 0.2-0.3 MPa で推移した一方, プラウ区では深さ 1-5 cm まで

0.2-0.7 MPa で推移したが, 深さ 5 cm より深くなると急激に増加し, 耕起した 20 cm まで 1.0 MPa 前後で推移した.

### 2. 土壤化学性

作付前の土壤深さ別の土壤化学性を第2表に示した. 各深さの pH は 5.8-6.1 であり, 深さによる明瞭な差はみられなかった. 有効態リン酸および硝酸態窒素は 0-15 cm と比較して 15-20 cm で少なかった. 交換性カリおよび熱水抽出性窒素は 0-5, 5-10, 10-15 cm と深くなるにつれ増加した.

第6葉期 (播種後 34 日) の土壤深さ別の土壤化学性を第3表に示した. 深さ 0-5 cm では, ロータリ区と比較してプラウ区において pH が低く, 硝酸態窒素がロータリ区よりプラウ区で有意に多く, 有効態リン酸, 交換性カリおよび熱水抽出性窒素はロータリ区よりプラウ区で多い傾向であったが, アンモニア態窒素に耕起法による顕著な差はみられなかった. 深さ 5-10 cm では, 耕起法の有意差は認められなかったが, ロータリ区と比較してプラウ区において, pH が低く, 有効態リン酸, 交換性カリおよび硝酸態窒素は多い傾向であった.

成熟期の土壤深さ別の土壤化学性を第4表に示した. 深さ 0-5, 5-10, 10-15, 15-20 cm の pH, 有効態リン酸, 交換性カリ, 硝酸態窒素, 熱水抽出性窒素に耕起法の差はみられなかった. 交換性カリは, 深さ 0-5 cm において品



第3表 第6葉期の土壌深さ別の土壌化学性.

土壌深さ (cm)	品種	耕起	pH (H <sub>2</sub> O)	有効態リン酸 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	交換性カリ (mg 100 g <sup>-1</sup> )	熱水抽出性窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	硝酸態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	アンモニア態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )
0-5	34N84	ロータリ	5.7	3.7	17.8	7.5	4.2	2.05
		プラウ	5.5	4.4	31.4	7.9	8.2	2.07
	34B39	ロータリ	5.8	3.5	20.6	7.3	3.5	2.04
		プラウ	5.5	4.6	29.3	8.2	9.1	2.18
	分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		耕起	*	ns	ns	ns	*	ns
		品種×耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
5-10	34N84	ロータリ	5.6	3.6	17.6	7.8	10.0	2.03
		プラウ	5.4	4.3	24.6	8.6	16.2	2.03
	34B39	ロータリ	5.6	3.3	21.8	7.7	8.8	2.13
		プラウ	5.4	3.8	25.0	7.9	18.3	2.09
	分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		品種×耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\* は5%水準で有意であること, ns は5%水準で有意差がないことを示す (n=3).

種および耕起の交互作用が認められ, 15-20 cm では34B39より34N84で多かった. アンモニア態窒素は, 深さ5-10ではプラウ区よりロータリ区で多かったが, その差は0.2 mg 100 g<sup>-1</sup>であった.

### 3. トウモロコシの窒素吸収量

生育時期別の窒素吸収量を第5表に示した. 窒素吸収量に耕起法による有意差は認められなかった. しかし, 34N84において窒素吸収量がロータリ区よりプラウ区でやや多い傾向であった. また, 絹糸抽出期には品種および耕起の間に交互作用が認められ, 34N84はプラウ区の窒素吸収量がロータリ区より多かったが, 34B39では逆の傾向がみられた.

### 4. 土壌中の肥料分布

試験2における土壌深さ別の肥料粒数比を第6表に示した. 肥料粒数比について, 深さ0-5 cmの肥料粒数はロータリ区よりプラウ区で多く, プラウ区では深さ0-5 cmの肥料粒数が全体の87%であり, 深さ0-10 cmに95%以上の肥料が分布した. 一方, 深さ5 cm以下の肥料粒数比はロータリ区よりもプラウ区で低く, 深さ15-20 cmの肥料粒数はプラウ区で0%であった.

## 考 察

### 1. チゼルプラウ耕が土壌物理性に及ぼす影響

本研究において, 黒ボク土の水田転換畑における土壌物理性は耕起法の違いにより異なることが示唆された (第1表, 第1図). ロータリ区, プラウ区それぞれの土壌貫入抵抗値は深さ5 cmを境に大きく異なった (第1図). プラウ区の土壌貫入抵抗値は深さ1-5 cmまでは0.2-0.7 MPa

で推移したが, 深さ5-20 cmでは1.0 MPaで推移し, 篠遠ら (2017) と同様の結果であった. これは, ロータリ耕では耕深20 cmまでほぼ均一に碎土された一方, プラウ区では0-5 cmを縦軸駆動ハローで碎土し, 5-15 cmは碎土されていない土塊があるためと推察された. 水田転換畑におけるチゼルプラウ耕では, 水田時の状態がそのまま残った緻密な部分と耕起された膨軟な部分が深さ10 cmまで約1:1の割合で存在することが報告されており (渡辺ら1992), 縦軸駆動ハローにより碎土されていない粗い土塊が5 cm以深の土壌貫入抵抗値を増加させた要因の一つとして考えられた.

深さ10 cmおよび20 cmの気相率はロータリ区よりプラウ区で低く, 固相率はロータリ区よりプラウ区で高かった (第1表) ことから, 深さ10 cmおよび20 cmではプラウ区で土壌が緊密であることが示唆された. さらに, 気相率10%以下では酸素濃度が低く, トウモロコシの根 (小川1969) や植物の根 (波多野1996) の生育が妨げられるとされているが, 本試験におけるプラウ区では10 cmの土壌深さで既に気相率が10%以下となっており, プラウ区の深さ10 cm以深の土壌物理性は根の生育に好ましくない環境であったと推察された. 渡辺ら (1994) も, チゼルプラウ耕後の春播コムギの根は大部分が膨軟部分に分布したことを認めており, 土壌硬度の高い緻密部分に根は伸長しづらいと考えられた.

試験1ではロータリ区およびプラウ区で使用したトラクタの馬力が異なったが, 土壌物理性に影響は及ぼさなかったと推察された. これは, 試験1において, 表層5 cmの碎土率はロータリ区およびプラウ区で差はみられず, 両耕起区ともに70%以上であり, 播種床の碎土条件に差がみられなかったことによる. また, 試験1と試験2ではロー

第4表 成熟期の土壌深さ別の土壌化学性.

土壌深さ (cm)	品種	耕起	pH (H <sub>2</sub> O)	有効態リン酸 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	交換性カリ (mg 100 g <sup>-1</sup> )	熱水抽出性窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	硝酸態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )	アンモニア態窒素 (mg 100 g <sup>-1</sup> )
0-5	34N84	ロータリ	6.0	3.4	14.1	6.1	1.1	1.5
		プラウ	5.9	4.1	19.7	6.1	0.8	1.5
	34B39	ロータリ	6.0	3.6	22.0	6.5	0.4	1.5
		プラウ	6.0	4.2	16.3	6.7	0.5	1.5
	分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
5-10	34N84	ロータリ	6.1	3.4	9.1	6.1	1.0	1.6
		プラウ	5.9	4.1	9.0	6.6	2.5	1.4
	34B39	ロータリ	5.9	3.7	9.0	6.0	0.9	1.6
		プラウ	6.0	4.6	6.8	6.2	1.2	1.4
	分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	*
10-15	34N84	ロータリ	6.0	3.6	11.4	6.5	1.4	1.5
		プラウ	5.9	3.2	7.4	6.7	2.0	1.6
	34B39	ロータリ	6.0	3.3	6.0	6.2	1.7	1.4
		プラウ	6.0	3.7	5.0	5.6	1.9	1.3
	分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
15-20	34N84	ロータリ	6.0	3.1	6.5	5.5	2.0	1.3
		プラウ	6.0	2.7	7.2	6.1	4.7	1.4
	34B39	ロータリ	6.0	3.1	5.3	6.0	2.2	1.4
		プラウ	6.1	3.0	5.6	5.7	2.2	1.5
	分散分析	品種	ns	ns	*	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
15-20	34N84	ロータリ	6.0	3.1	6.5	5.5	2.0	1.3
		プラウ	6.0	2.7	7.2	6.1	4.7	1.4
	34B39	ロータリ	6.0	3.1	5.3	6.0	2.2	1.4
		プラウ	6.1	3.0	5.6	5.7	2.2	1.5
	分散分析	品種	ns	ns	*	ns	ns	ns
		耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
		品種×耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns

\* は5%水準で有意であること, ns は5%水準で有意差がないことを示す (n=3).

第5表 生育時期別の窒素吸収量.

品種	耕起処理	窒素吸収量 (g m <sup>-2</sup> )					
		第3葉期	雄穂形成期	絹糸抽出期	乳熟期	糊熟期	成熟期
34N84	ロータリ	0.21	5.88	11.8	18.5	20.1	25.0
	プラウ	0.24	6.47	14.3	19.3	21.3	27.1
34B39	ロータリ	0.21	5.89	12.6	18.1	21.0	25.7
	プラウ	0.23	5.63	11.5	20.2	20.3	26.2
分散分析	品種	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	耕起	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	品種×耕起	ns	ns	*	ns	ns	ns

\* は5%水準で有意であること, ns は5%水準で有意差がないことを示す (n=3).

タリ区で使用したトラクタの馬力が異なったが, 耕起した深さまでの土壌物理性に及ぼした影響は無かったと推察された. 試験1における土壌貫入抵抗値はロータリ区, プラウ区ともに深さ20 cmまで耕起されたことを示している

(第1図). つまり, 20馬力のトラクタでも耕深20 cmを確保できたことから, 80馬力のトラクタでも耕深20 cmを確保できたものと考えられる.

第6表 土壌深さ別の肥料粒数比.

土壌深さ (cm)	粒数比 (%)		t 検定
	ロータリ	プラウ	
0-5	36.0	87.4	**
5-10	25.3	10.3	†
10-15	24.3	2.3	**
15-20	14.4	0.0	**

†, \*\* はそれぞれ 10, 1%水準で有意であることを示す (n=3). 粒数比は角変換後に統計解析した.

## 2. チゼルプラウ耕が土壌中の肥料分布と土壌化学性に及ぼす影響

肥料分布試験の結果, プラウ区では深さ 0-10 cm に肥料粒数の 95%以上が分布し, 特に深さ 0-5 cm に 87%集中しており, これはロータリ区の 2.4 倍であった (第6表). これは, 土壌全体を攪拌するロータリ耕とは異なり牽引爪により耕起するチゼルプラウ耕は, 土壌表面に施肥した肥料が下層まで攪拌されず, 縦軸駆動ハローで混和した深さ 0-5 cm に肥料が集中し, 10-20 cm に肥料はほとんど分布しなかったためと考えられた. 一方, ロータリ耕では耕起した深さまでほぼ均一に肥料が分布していた. 篠遠ら (2017) は, 2015 年に同じ圃場で実施した試験において, 第3葉期の SPAD 値がロータリ区よりプラウ区で高かったことを明らかにしており, プラウ区で初期生育が向上した. また, 渡辺ら (1987) は, 北海道の疑似グライ土でのロータリ耕で耕深 5 cm もしくは 10 cm と浅耕した場合, 作土表層に土壌養分が濃縮して作物の初期生育が向上することを明らかにしている. そのため, 北海道と同様に作物の生育期間が限られる北東北でも表層施肥は作物の初期生育の安定化に有利であり, チゼルプラウ耕・縦軸駆動ハロー体系はロータリ耕と同様の作土表層への肥料成分の濃縮効果が期待できると考えられる.

土壌化学性について, 第6葉期の pH はロータリ区よりプラウ区で低く, プラウ区において酸性化した (第3表). これは, 今回供試した化成肥料の窒素成分が尿素および硫酸アンモニウムであり, プラウ区では深さ 0-5 cm に肥料が多く分布するためと考えられた (橋本・中村 1971). さらに, Jing ら (2010) は, 窒素およびリン酸の局所施肥は散播施肥と比較して pH が低下することを報告しており, 本試験でもこれと同様の傾向が認められた.

また, 第6葉期では深さ 10 cm までの有効態リン酸, 交換性カリおよび硝酸態窒素がプラウ区において多かった (第3表) が, 成熟期には耕起法による差がみられなかった (第4表). これは, トウモロコシによる吸収および溶脱によると考えられた. Jing ら (2010) は, 深さ 0-15 cm における土壌中の無機窒素濃度について, 播種後 31 日目では局所施肥が高かったが, 播種後 51 日目には散播施肥と局所施肥に差が認められなかった要因を窒素成分の溶脱によると考察している. また, 渡辺ら (2015) は, 4 年間の水

田輪作において慣行施肥と減肥体系を比較した際に熱水抽出性窒素, 可給態リン酸, 交換性カリに処理区間で明瞭な差がみられなかったことを明らかにしており, 水田転換畑において生育初期における土壌化学性の差は植物体による吸収や溶脱等により成熟期には認められなくなると考えられた.

## 3. チゼルプラウ耕がトウモロコシの窒素吸収に及ぼす影響

第6葉期において, 深さ 0-5 cm および 5-10 cm の有効態リン酸, 交換性カリ, 熱水抽出性窒素および硝酸態窒素はロータリ区よりプラウ区で多かった (第3表). しかし, 各調査時の窒素吸収量に耕起法による有意差が認められなかった (第5表). 前報 (篠遠ら 2017) において, ロータリ耕とチゼルプラウ耕で成熟期の地上部乾物重や収量性に耕起法による差は認められなかった. また, 第6葉期以降の雄穂形成期 (播種後 48 日) から成熟期 (播種後 133 日) までの地上部乾物重においても耕起法による差が認められなかった (篠遠ら 2017). これらのことから, プラウ区における肥料成分の表層集中はトウモロコシの第6葉期においても認められるものの, その表層集中が地上部の生育に及ぼす影響は小さいと考えられた. しかし, 34N84 の窒素吸収量は成熟期までロータリ区よりプラウ区でやや多い傾向であり (第5表), チゼルプラウ耕によるトウモロコシの窒素吸収の促進程度には品種間差異がある可能性が推察された. 間野ら (2005) は, トウモロコシの不定根形成量には系統間差異が認められることを明らかにしており, 耕起法に対する根の反応が品種により異なる可能性が考えられ, 今後, 耕起法の違いがトウモロコシの根系に及ぼす影響を明らかにする必要がある.

以上のことから, ロータリ耕と比較してチゼルプラウ耕では, 深さ 5-20 cm の土壌が硬く, 深さ 10, 20 cm の固相率は高く, 気相率は低いことが明らかとなった. また, チゼルプラウ耕では, 深さ 0-10 cm に主に肥料が分布するため生育初期において表層の養分供給能が優れることが示唆された. また, 水田転換畑におけるチゼルプラウ耕は窒素吸収量をロータリ耕と同程度に維持ししつつ, 高速作業を可能にする耕起法であると考えられる.

謝辞: 中山壮一氏には統計解析について, 関矢博幸氏には土壌化学性についてご助言頂きました. 業務第1科の三浦幸浩氏, 高橋博貴氏, 小笠原篤氏, 高橋栄廣氏, 業務第2科の吉田昭男氏には耕起および圃場管理にご協力頂きました. 生産基盤研究領域の榊久美氏には粉碎作業等にご協力頂きました. ここに記して感謝の意を表します.

## 引用文献

- 土壌環境分析法編集委員会 1997. 土壌環境分析法. 博友社, 東京. 52-54.  
橋本武・中村和弘 1971. 施肥による土壌酸性化ならびに中和に関する

- る研究 (第 1 報) 土壌と肥料との化学的反応ならびに硝酸化成による土壌 pH の変化. 土肥誌 42: 453-458.
- 波多野隆介 1996. 根の伸長を予測する土壌の物理性. 農業および園芸 71: 619-624.
- 北海道立総合研究機構農業研究本部 2012. 土壌・作物栄養診断のための分析法 2012. 北海道立総合研究機構本部, 北海道.
- Jing, J., Rui, Y., Zhang, F., Rengel, Z. and Shen, J. 2010. Localized application of phosphorus and ammonium improves growth of maize seedlings by stimulating root proliferation and rhizosphere acidification. *Field Crops Res.* 119: 355-364.
- 間野吉郎・村木正則・藤森雅博・高溝正 2005. トウモロコシとテオシント幼植物において湛水条件下で地表に生じる不定根量の系統変異と遺伝解析. 日作紀 74: 41-46.
- 松波寿典・齋藤秀文・大谷隆二・関博幸・篠遠善哉・冠秀昭・中山壮一・西田瑞彦・高橋智紀・浪川茉莉・林和信・長坂善禎・片山勝之 2017. 宮城県の津波被災後の大区画整備圃場におけるチゼルプラウ耕グレーンドリル播種体系によるダイズの晩播狭畦密植栽培. 日作紀 86: 192-200.
- 中精一 1981. 作物栽培と耕うん作業. 農業機械学会誌 42: 563-567.
- 農業・生物系特定産業技術研究機構 2006. 最新農業技術事典. 農山漁村文化協会, 東京, 819, 964.
- 小川和夫 1969. 鉋質畑地土壌における地力要因の解析的研究. 東海近畿農業試験場研究報告 18: 192-352.
- 篠遠善哉・松波寿典・大谷隆二・冠秀昭・丸山幸夫 2017. 黒ボク土の水田転換畑におけるプラウ耕がトウモロコシの生育および子実収量に及ぼす影響. 日作紀 86: 151-159.
- 渡辺治郎・西宗昭・小川和夫・石田博 1987. 重粘性土壌における簡易耕の導入. 北海道農試研報 148: 139-156.
- 渡辺治郎・高屋武彦・高橋幹・川勝正夫 1992. 春播コムギの多収と根雪前播種－耕耘法を中心として－. 農業技術 47: 449-453.
- 渡辺治郎・高屋武彦・高橋幹 1994. 春播コムギの根雪前播種栽培におけるチゼル耕の効果. 土壌の物理性 69: 31-37.
- 渡邊和洋・松崎守夫・松尾和之・渡邊好昭 2015. 不耕起播種を基軸とする水田輪作における減肥体系が収量性および土壌の化学性に及ぼす影響. 日作紀 84: 162-175.

**Effects of Chisel Plowing on Soil Conditions and Nitrogen Absorption of Maize in Upland Field Converted from Paddy Field in Andosol** : Yoshiya SHINOTO<sup>1,2)</sup>, Toshinori MATSUNAMI<sup>1)</sup>, Ryuji OTANI<sup>1)</sup>, Hideaki KANMURI<sup>1)</sup> and Sachio MARUYAMA<sup>3)</sup> (<sup>1)</sup>NARO Tohoku Agr. Res. Cent., Morioka 020-0198, Japan; <sup>2)</sup>Grad. Sch. of Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba; <sup>3)</sup>Fac. of Life and Environ. Sci., Univ. of Tsukuba)

**Abstract** : In this study, two experiments (Experiment 1&2) were conducted to investigate the effects of chisel plowing on soil conditions and nitrogen absorption of maize (*Zea mays* L.) in upland fields converted from an andosol paddy field. In Experiment 1, two hybrids were planted under two tillage systems (rotary tilling and chisel plowing), and soil physics, soil chemistry and nitrogen absorption of maize were examined. In Experiment 2, the difference in fertilizer distribution between the two tillage systems was examined. In Experiment 1, the soil penetration resistance value at 0–5 cm depth was nearly the same in the two tillage systems, whereas, at 5–20 cm depth it was larger in the chisel plowing system, than in the rotary tilling system. In the chisel plowing system, the percentage of gas phase at 10 and 20 cm depth was lower and that of the solid phase was higher than in the rotary tilling system. Contents of nitrate nitrogen, exchangeable potassium and available phosphorus at the 6-leaf stage were higher in chisel plowing than in rotary tilling at a 0–10 cm depth, whereas there were no significant differences between the two tillage systems at the maturity stage. There was no significant difference between the two tillage systems. In Experiment 2, more than 95% of fertilizer was distributed at 0–10 cm in the chisel plowing system, whereas in the rotary tilling system, the fertilizer distribution was almost uniform at 0–20 cm depth. It is concluded that, in the chisel plowing system, penetration resistance was high at 5–20 cm, and furthermore, fertilizer and soil nutrient were concentrated at 0–5 cm at the early growing stage. It is also concluded that chisel plowing allows farmers high-speed work while maintaining nitrogen absorption at the same level as in rotary tilling in an upland field converted from a paddy field.

**Key words** : Andosol, Chisel plowing, Fertilizer distribution, Maize, Rotary tilling, Nitrogen absorption, Soil environment, Upland field converted from paddy field.