

# 重粘土転換畑への冬作物の導入による圃場の排水性の改善

吉田修一郎\*・伊藤公一\*・足立一日出\*

## Improvement of Drainage in Clayey Rotational Field by Introducing Winter Crops After Conversion from Paddy

Shuichiro YOSHIDA\*, Kouichi ITOH\*, Kazuhide ADACHI\*

\* Hokuriku National Agricultural Experiment Station

### Abstract

Rotational upland fields with heavy clay soil in Hokuriku area often face the problem on drainage of surplus water, due to both the rich precipitation during winter and poor permeability of water in soil. We made some experiments about improvement of the soil pore structure by planting some winter crops, and its effect on drainage of water. Four experimental plots, each of which differs in planted crop or period after conversion from paddy to upland field, were set : (1) wetland rice-Italian rye grass-soybean (2) wetland rice-barley-soybean (3) wetland rice-fallow-soybean (4) wetland rice-Italian rye grass-soybean-barley-soybean. On each plot, tensiometers were set and the suctions of soil moisture were recorded. Soil survey were also conducted before sowing soybean, and some soil physical properties were measured. From these experiments, following results were obtained :

- 1) During autumn and winter, soil never dried more than the field capacity ; improvement of permeability in plow layer proved to be effective for rapid drainage of soil water to the ditches on the surface of the fields.
- 2) By planting winter crops, volume of soil macropore in plow layer increased and hydraulic conductivity raised. Especially as the first winter crop after conversion from paddy, Italian rye grass grew well and its root zone contributed to the development of remarkable macropore in plow layer.
- 3) At the plot No. (4) where one year and a half passed after conversion from paddy, the soil structure at plow layer highly developed. As the result, the surplus water was drained smoothly and soil dried rapidly in spring.
- 4) Transpiration from winter crops plays an important role in drying of the field in spring. Transpiration rate is so deeply related to the growth of the crops that drying rates of fields depend on the condition of crops.

**key words** : Soil structure, macropore, Hokuriku area, Italian rye grass, Barley

### 1. はじめに

北陸地域においては重粘土が広く分布しており、しかも秋から冬にかけて降水量が多いため、圃場の排水条件は悪い。そのため、特に水田転換畑において冬作物を含めた畑作物の生産を安定化させるためには、圃場の排水

性の改善が重要な課題である。

排水性の改良には暗渠の施工に代表されるような工学的手法や排水小溝の掘削といった営農的方法あるいは植物の蒸散作用や根の侵入による土壌構造形成を利用する方法がある。転換畑としての圃場条件の整備については、これらの手法を用いた研究が古くから行われている

\* 農林水産省北陸農業試験場 〒943-01 新潟県上越市稲田 1-2-1

キーワード：土壌構造，粗間隙，北陸地域，イタリアンライグラス，大麦

(農林水産技術会議, 1974, 1984, 1987; 中野 1978)。しかし, 作付作物, 土壌構造の変化, 排水性, 気象条件を相互に関連づけたデータが少なく, 特に日本海側積雪地域における冬作物の導入を考慮した畑地の排水性に関する総合的な試験結果はほとんど見られない。

本研究では, 北陸地域の重粘土水田において, 転換後の年数及び冬作物を含む作付作物を異にした試験圃場を設け, 積雪前の秋期及び融雪後の春期の土壌水分の変化と土壌の物理性の相異を調査し, 転換畑作物の作付にともなう土壌構造の発達やそれに伴う排水性の変化などについて考察を行った。

## 2. 試験方法

試験は1993年の秋期から1995年秋期にかけて行った。試験圃場は農林水産省北陸農業試験場内の圃場で, 土壌は細粒強グライ土(田川統), 土性はLiCである。各試験区の作付, 管理体系の概要を表-1に, また, 圃場の概要を図-1に示した。1994年の水稲収穫後に畑転換した圃場(転換初年日)は, 1筆の圃場(10a)を3区(①~③区)に分けて試験を行った。①区は水稲収穫後, アップカットロータリーとドリルシーダーを用いて大麦の耕起同時播種を行った。耕起深は約15cmであった。

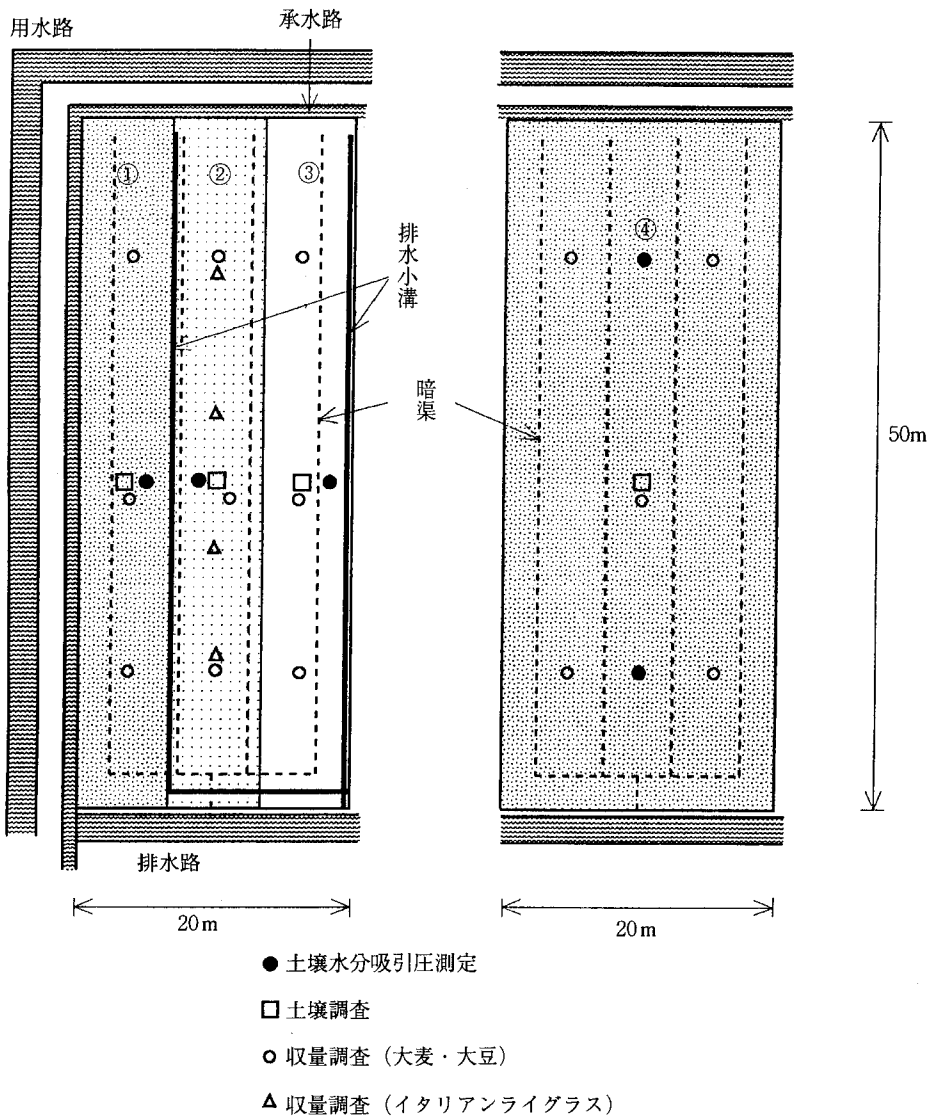


図-1 調査圃場の概要

Fig. 1 The experimental fields.

また、②区は水稲立毛中にイタリアンライグラスを不耕起で播種した。③区は水稲収穫後、耕起せずに翌春まで放置した。1993年の水稲収穫後に畑転換した圃場（転換2年目）は、1筆の圃場全体を区分けせずに一様に作付けた。作付体系は表-1に示したとおりである。イタリアンライグラスは②区と同じく水稲立毛間播種を行い、不耕起で管理した。また、大豆作付け期には播種前の耕起、碎土と中耕培土を行った。大麦作付け期には①区と同じく播種時に耕起を行った。圃場には排水路が整備され、その水位は通常は圃場面より1m以下に管理されている。

土壌水分吸引圧の変化は、1994年の秋期と1995年の春期に測定した。転換初年目の各区（①～③区）については地表排水小溝（幅20cm 深さ30cm）から2.5m離れた地点、2年目の試験区（④区）については排水小溝は掘削されていなかったため圃場中央の用水路側、排水路側2カ所にそれぞれ土壌水分計をセットし、測定結果

はデータロガーに取り込んだ。また、土壌物理性については1995年5月9日と6月12日に試坑を掘削し、100ml サンプラーで未攪乱土を採取し、各試験に供した。

### 3. 試験結果

#### 1) 土壌水分吸引圧の変化

いずれも冬作に大麦が作付けられている畑転換初年目（①区）と2年目（④区）の圃場における秋期の10cm 深の土壌水分吸引圧の変化を降水量の変化とともに図-2に示した。転換初年目の圃場では11月上旬以降、土壌水分吸引圧（負圧を正で表す）は、0cm H<sub>2</sub>O前後で推移し、降水量が多くなる11月下旬以降は-10cm H<sub>2</sub>O前後、すなわち、圃場表面に湛水が生じる程度まで低下した。これに対し、転換2年目の圃場では、11月中旬まで降雨により低下した土壌水分吸引圧が速やかに回復し、作土下層が恒常的に飽和するのは、降雨・降雪が著しくなる12月以降であった。なお、12月16日から23日に

表-1 各試験区の作付・管理体系の概要  
Table 1 Summary of planting and management in each experimental plot

試験区 年	①	②	③	④	備 考
	転換初年目			転換2年目	
	大 麦	イタリアンライグラス	休 閑		
1993	水稲(1993.5~1993.9) 通常移植栽培 コシヒカリ  (冬季休閑)	水稲(1993.5~1993.9) 通常移植栽培 コシヒカリ  (冬季休閑)	水稲(1993.5~1993.9) 通常移植栽培 コシヒカリ  (冬季休閑)	水稲(1993.5~1993.9) 通常移植栽培 新潟早生  イタリアンライグラス (1993.9~1994.5) 水稲立毛間播種(9/5) ワセアオバ	↑ 土壌水分吸引圧 計測(1994.10~ 1995.6) ← 土壌調査 (95.5.9 ①②③) (95.6.12 ②④) ↓
	1994	水稲(1994.5~1994.9) 通常移植栽培 コシヒカリ	水稲(1994.5~1994.9) 通常移植栽培 コシヒカリ	水稲(1994.5~1994.9) 通常移植栽培 コシヒカリ	
大麦(1994.10~1995.6) 耕起同時播種(10/19) ミノリムギ		イタリアンライグラス (1994.9~1995.5) 水稲立毛間播種(9/5) ワセアオバ	(冬季休閑)	大麦(1994.10~1995.6) ミノリムギ 耕起同時播種(10/19)	
1995	大豆(1995.5~1995.10) エンレイ 播種(5/10)	大豆(1995.6~1995.11) エンレイ 播種(6/19)	大豆(1995.5~1995.11) エンレイ 播種(5/10)	大豆(1995.6~1995.10) エンレイ 播種(6/19)	

かけては積雪が見られた。

春期の10 cm 深の土壌水分と降水量の変化を図-3に示した。春期の土壌水分吸引圧は、②、④区で4月下旬から急激に上昇した。畑転換初年目の大麦区(①区)に比べ、畑転換2年目の大麦区(④区)の土壌水分吸引圧は、この時期の上昇が著しく、その後も収穫期まで高い状態で推移した。また、畑転換初年目のイタリアンライグラス区(②区)でも土壌水分吸引圧の上昇は速く、畑転換初年目の大麦区(①区)とは大きな違いがあった。冬期休閑区(③区)では土壌水分吸引圧が4月下旬以降も上昇せず、5月の大豆播種まで低く推移した。作物による吸水が少ない4月中旬までの土壌水分吸引圧は、いずれの区も100 cm H<sub>2</sub>O以下であったが、特に転換初年目の大麦区(①区)が最も低く、作土は恒常的に飽和状態であった。

図-4には畑転換2年目の試験区(④区)用水路側における春期の降雨と深さごとの土壌水分吸引圧の変化を示した。4月下旬以降は麦の節間伸長が始まり、天候も安定して土壌は乾燥傾向となる。そのため、少量の降雨で

は下層までその水分増加が到達せず、上層での水分の増加が中心となった。

## 2) 土壌物理性

### (1) 転換初年目の試験区

転換直後の冬期間の作付が異なる圃場①~③区における翌春の土壌の物理性の違いを比較する。

畑転換初年目の試験区(①~③区)における土壌の三相分布(試料の採取は1995年5月9日)を図-5に示した。いずれの深さにおいてもイタリアンライグラス区(②区)は、大麦区に比べ気相率が高く、液相率が低い。休閑区(③区)においては表層に10%程度の気相が存在するもの、深さ10 cm、20 cmでは気相はほとんど見られない。試料を毛管飽和させた後、排水を行い、各吸引圧(pF)の範囲の保水量を測定し、図-6に示した。pF 1.5以下の保水量及びpF 1.5からpF 3.0までの保水量を比較すると、イタリアンライグラス区(②区)の0~5 cmで最も多くなっており間隙構造が発達していることがわかる。10~15 cmではpF 1.5以下の粗間隙率はイタリアンライグラス区(②区)で3%程度、大麦区

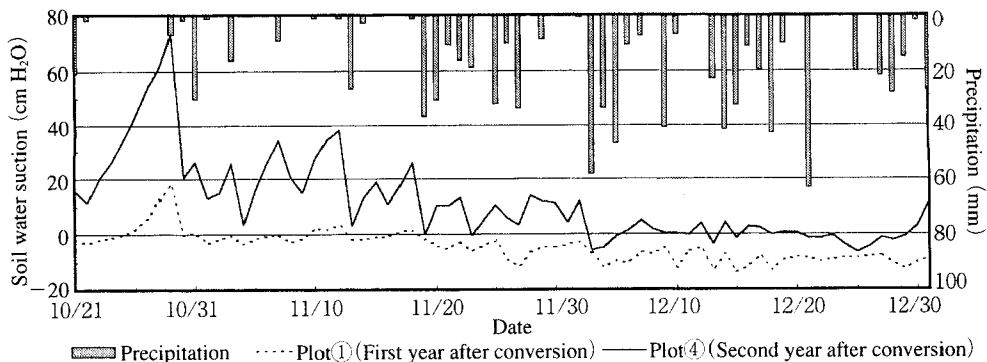


図-2 麦作付区における秋期の土壌水分吸引圧の変化(1994年10月~12月)

Fig. 2 Soil water suctions in the barley plots at 10 cm depth (Oct. 1994~Dec. 1994).

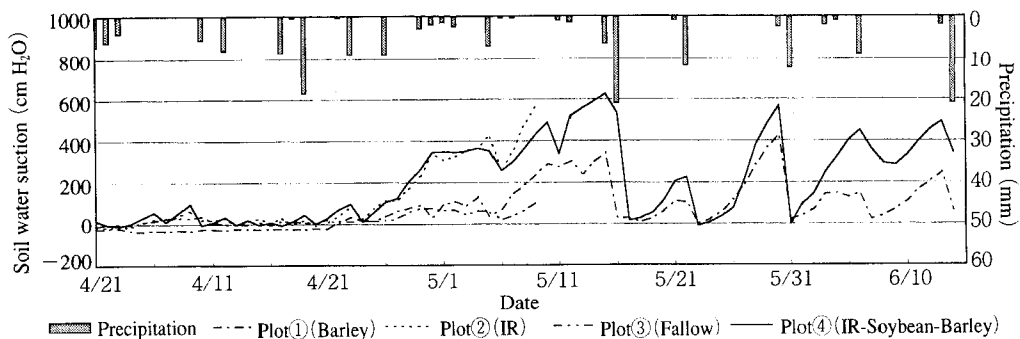


図-3 各試験区における春期の土壌水分吸引圧の変化(1995年4月~6月)

Fig. 3 Soil water suctions at 10 cm depth in spring (Apr. 1995~Jun. 1995).

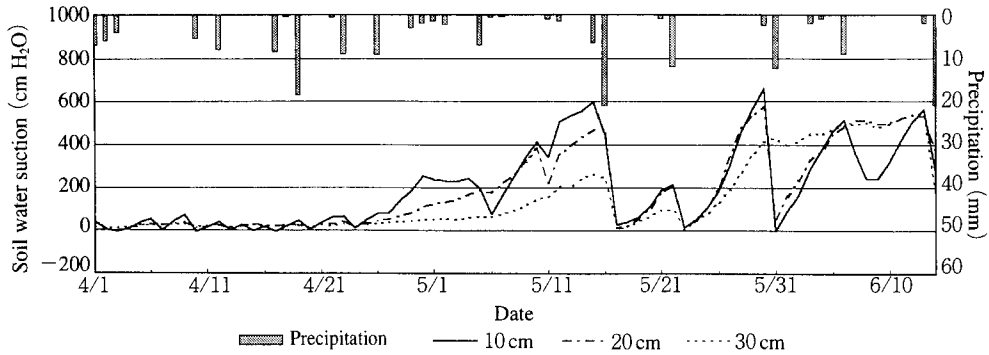


図-4 転換2年目区(④区)における春期の土壌水分吸引圧の変化(1995年4月~6月)

Fig. 4 Soil water suctions in the barley plot ④ at three depth.

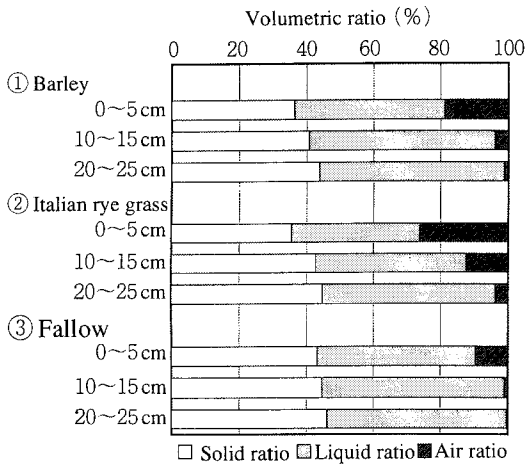


図-5 転換初年目の試験区における土壌の三相分布(1995年5月9日試料採取)

Fig. 5 Three phase distribution of soils in plots ①, ② and ③.

(①区)で1%程度と休閑区(③区)に比べれば多いものの、著しくはない。20~25 cmではどちらの区も pF 3.0 以下の間隙はわずかで、休閑区とほとんど変わらず、冬作物の作付の影響はほとんど出ていない。飽和透水係数を表-2に整理した。5月採取試料について見ると、0~5 cmについてはイタリアンライグラス区(②区)、大麦区(④区)とも飽和透水係数は  $10^{-2}$  cm/s のオーダーでともに透水性は良好であった。しかし、深さ10~15 cmにおける飽和透水係数は、イタリアンライグラス区の方が  $10^{-3}$  cm/s のオーダーで、良好な透水性となっているのに対し、大麦区では  $10^{-6}$  cm/s のオーダーとなり、透水性の向上が図られていない。また、休閑区(③区)の全層と作付区(①, ②区)の20~25 cmでは重粘土水田特

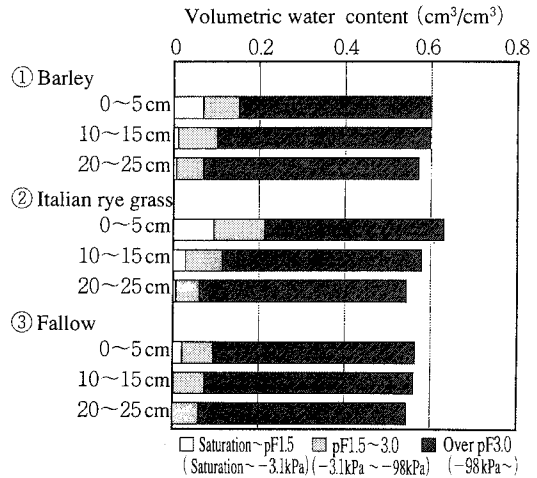


図-6 転換初年目の試験区における土壌の保水特性(1995年5月9日試料採取)

Fig. 6 Water retention characteristics of soils in plots ①, ② and ③.

有の低い透水係数であった。

(2) 転換初年目と2年目の比較

転換初年目(①区)と2年目(④区)のいずれも大麦収穫後(1995年6月12日)の圃場において試料を採取し土壌の物理性を比較した。図-7は三相分布を比較したものである。転換後2年目の圃場は、表層及び深さ10~15 cmの気相率が転換初年目より高く、著しい違いが見られる。一方、20~25 cm及び30~35 cmでは、転換2年目の方が気相率は高いものの、液相率が低くその分固相率が転換初年目より明らかに高い。図-8のように前項と同様、各吸引圧(pF)の範囲の保水量を比較すると、両区とも表層及び10 cm深の pF 1.5 までの保水量が大きく、転換2年目の方が特に顕著である。しかし、20~

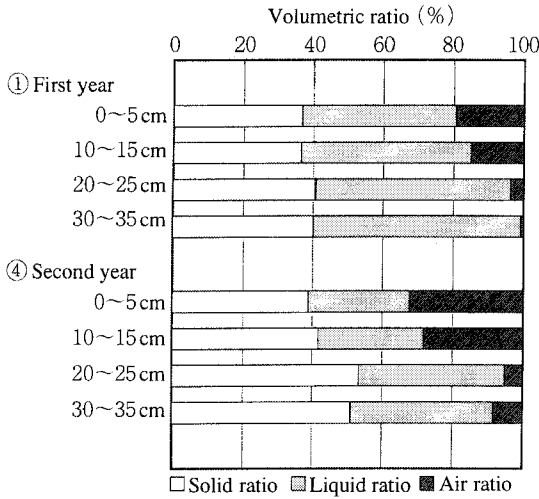


図-7 転換2年目の試験区における土壌の三相分布 (1995年6月11日試料採取)

Fig. 7 Three phase distribution of soils in plots ① and ④.

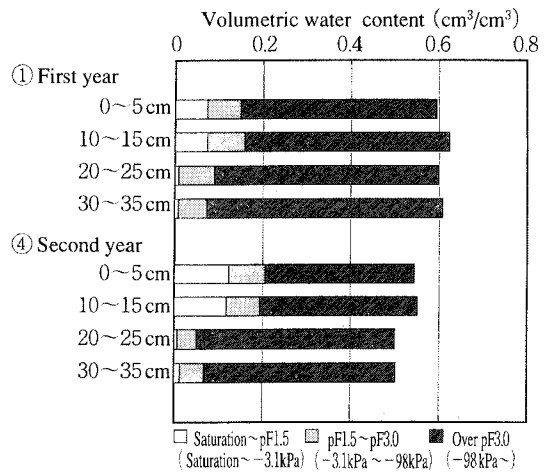


図-8 転換2年目の試験区における土壌の保水特性 (1995年6月11日試料採取)

Fig. 8 Water retention characteristics of soils in plots ① and ④.

表-2 土壌の飽和透水係数

Table 2 Saturated hydraulic conductivity of soils (cm/sec)

Experimental plot		Date of soil sampling	
		May 9 1995	June 11 1995
Plot ① Barley	0 cm	$3.8 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-2}$
	10 cm	$4.4 \times 10^{-6}$	$7.5 \times 10^{-3}$
	20 cm	$1.6 \times 10^{-6}$	$3.6 \times 10^{-5}$
	30 cm		$1.0 \times 10^{-5}$
Plot ② IR*	0 cm	$1.1 \times 10^{-2}$	
	10 cm	$2.4 \times 10^{-3}$	
	20 cm	$2.7 \times 10^{-7}$	
Plot ③ Fallow	0 cm	$6.7 \times 10^{-7}$	
	10 cm	$1.1 \times 10^{-7}$	
	20 cm	$1.3 \times 10^{-7}$	
Plot ④ IR-Soybean-Barley	0 cm		$2.4 \times 10^{-2}$
	10 cm		$4.9 \times 10^{-2}$
	20 cm		$1.6 \times 10^{-5}$
	30 cm		$5.7 \times 10^{-6}$

\* IR : Italian rye grass

25 cm では、転換1年目の区(①区)の方が全間隙量、pF3.0以下の保水量とも高くなっている。両区の飽和透水係数を表-2に示した6月採取試料と比較すると、0~5 cmでは変わらないが、10~15 cmでは転換2年目の④

区の方が1オーダー大きくなっており、畑転換の影響がより深部へ及んでいることがわかる。また、深さ20 cm以下の飽和透水係数は、緻密度の増加を反映して転換2年目の方が小さくなっている。

3) 作物の収量

(1) 大麦の収量

大麦の収量を表-3に整理した。転換初年目の区(①区)については試験区の長辺方向3点(それぞれ約4 m²)、転換2年目の区(④区)については圃場内5点(それぞれ約3 m²)の部分刈りの結果である。転換初年目と2年目どちらの区も播種期は同じであるが、転換初年目の生育は悪く、精子実重は2年目の1/4程度であった。また、転換2年目では調査地点間の大麦の収量の違いは大きくないが、転換初年目では排水路側と用水路側で収量に大きな違いが出ている。

(2) 大豆の収量

大豆の収量を表-4に示した。大豆の収量は、転換初年目の区(①~④)については各区3点(それぞれ約4.5 m²)、転換2年目の区では圃場内5点(それぞれ約4 m²)の部分刈りの結果である。精子実重は転換初年目のイタリアンライグラス跡の区(②区)では、転換2年目の麦跡区(④区)とほとんど変わらず多収であった。しかし、転換初年目の麦跡区(①区)は、播種期が6月19日と遅くなったことも原因して休閑後区(③区、播種は5月10日)より収量は少なかった。各試験区内での調査地点間の違いについては、転換初年目の麦跡区(①区)の用水

表-3 大麦の収量 (1995年)  
Table 3 Yield of barley in 1995

		穂数 (穂/m <sup>2</sup> )	全重 (kg/a)	精子実重 (kg/a)	精千粒重 (g)
Plot ① (転換初年目)	排水路側	203	46.6	20.8	33.5
	中 央	188	35.5	15.5	31.1
	用水路側	181	24.7	10.6	30.0
	平 均	191	35.6	15.7	31.5
Plot ④ (転換2年目)	排水路側	467	139.9	65.0	35.5
	“	440	129.4	59.1	36.3
	中 央	397	120.9	55.7	35.5
	用水路側	437	130.4	59.2	34.3
	“	405	125.1	58.3	34.1
	平 均	429	129.1	59.5	35.1

表-4 大豆の収量 (1995年)  
Table 4 Yield of soybean in 1995

		全収量 (kg/a)	精子実重 (kg/a)	百粒重 (g)	大粒率 (%)
Plot ① (転換初年目) 大麦跡	排水路側	54.6	28.1	28.8	68.6
	中 央	52.1	26.5	27.1	49.9
	用水路側	37.2	19.1	26.8	43.6
	平 均	48.0	24.6	27.6	54.0
Plot ② (転換初年目) イタリアン ライグラス跡	排水路側	84.0	38.5	29.0	72.9
	中 央	78.2	34.7	27.3	53.4
	用水路側	78.1	35.0	29.0	63.3
	平 均	80.1	36.0	28.4	63.2
Plot ③ (転換初年目) 休閒跡	排水路側	79.5	30.5	30.9	81.0
	中 央	76.6	30.9	29.6	72.0
	用水路側	84.2	33.0	29.4	70.4
	平 均	80.1	31.4	30.0	74.5
Plot ④ (転換2年目) 大麦跡	排水路側	67.2	35.9	30.5	73.8
	“	69.5	37.7	30.2	74.8
	中 央	71.7	38.6	29.4	69.2
	用水路側	71.0	38.1	29.5	72.9
	“	68.5	36.4	30.5	71.0
	平 均	69.6	37.3	30.0	72.3

表-5 イタリアンライグラスの収量 (②区 1995年)  
Table 5 Yield of Italian rye grass in plot ②

	生草収量 (kg/a)	乾物収量 (kg/a)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	出穂率 (%)
排水路側	456.0	77.0	1,431	1,076	75.0
中央排水路寄り	436.0	72.3	1,327	1,051	79.0
中央用水路寄り	407.0	69.6	1,460	1,103	76.0
用水路側	422.0	68.5	1,448	972	67.0
平 均	430.0	71.9	1,417	1,051	74.3

路側において全体より減収しているのが見られるが、休閑後区(③区)ではむしろ用水路側で収量は多くなっており、はっきりとした傾向は認められなかった。

### (3) イタリアンライグラスの生草収量

イタリアンライグラスの収量を表-5に示した。収量の調査点は試験区内4点(刈り取り面積2.9~3.8m<sup>2</sup>)である。5月9日の1回刈りで、4点平均71.9kg/m<sup>2</sup>の乾物重が得られた。調査地点間での収量の違いをみると、麦作同様排水路側がやや多い傾向がある。

## 4. 考 察

### 1) 作付と土壌構造の変化

土壌構造の発達には、土壌の乾燥と土壌への根の貫入が寄与している。転換初年目イタリアンライグラス区(②区)では不耕起立毛間播種により夏作のイネ株が残存していることと、イタリアンライグラスの根が下層に伸長しにくく上層に集中していることにより、深さ10cm前後の土層において乾燥による粗間隙の発達が著しくなっている。水稲収穫後、②区と同様の耕起されない状態におかれた休閑区(③区)と全間隙率について比較(図-6)すると、②区は休閑区より0~5cm、10~15cmともに高くなっており、乾湿の繰り返しと根域の伸長が間隙の発達につながっていることがわかる。また、水稲収穫後に耕起した転換初年目大麦区(①区)と比較しても、深さ0~5cmの土層の間隙率は、イタリアンライグラス区(②区)の方が高い。このことから、イタリアンライグラスは耐湿性に優れており、転換初年目の排水性の悪い時期の冬作として作付け、畑地化を促進するには適当な作物であることが確認された。一方、大麦は、排水性が悪いと十分な生育が実現せず、土壌の構造形成作用がなかなか進まないことと、収穫時期も6月中旬にずれ込むことから、大豆の播種時期が遅くなり大豆の収量に影響を及ぼすことなど、今回の試験結果に限ってみれば、水稲単作田を畑地転換し麦-大豆体系を組み入れる際の転換初年目の冬作としては、かなり難しい面があると言える。しかし、①区の5月と6月の透水係数の変化を見ると、この1ヶ月の間に深さ10~15cmで3オーダー、20~25cmで1オーダー透水係数が増加しており、生育が早く進めば土壌構造形成作用はイタリアンライグラスと同様十分期待できると考えられる。よって、暗渠や明渠などによる転換直後の圃場排水の効果がどこまで得られるかが、作付体系としての可否を分けることになる。

粘土質土壌では、特に乾燥による収縮が著しく、水田の代かき土のようなよく練り返された土壌では、著しい収縮を示す。構造が発達していない土壌や、根域が発達

していない土壌では、これらの乾燥収縮は、乾燥密度の増加と大きな亀裂となって現れるが、根域が十分に発達した土壌では、ひずみが分散し、粗間隙の発達につながる。畑転換後の水田土壌の変化について、中野(1978)や前田(1986)は、作土層では液相率の減少に伴い気相率が増加し乾燥密度は減少し、下層では液相率の減少が固相率の増加につながり乾燥密度が増加するという結果を示している。この点に着目し、固相率を比較した。転換1年目の試験区(図-5)では休閑区(③区)と作付区(①、②区)の間の固相率の違いは、作土層のみに認められ、水稲収穫後の冬期間の作付による下層の固相率の増加は認められない。また、転換1年目(①区)と2年目(④区)を比較(図-7)すると、明らかに転換2年目の区で上層の固相率が低下し、下層の固相率が増加していることがわかる。すなわち根域が発達し脱水とともに構造の発達が促進される作土層では、畑転換により固相率は減少するが、根域が存在せず上層の荷重のかかる下層においては、乾燥に伴う収縮と圧密が進行し、固相率の増加が起こると言える。排水性に関して見れば、この層自体の透水性は低く、下層への浸透は抑制されるが、作土層の水は主にこの層の上部を水平方向に流れ、排水小溝や暗渠に導かれるものと考えられることと、重粘土圃場下層での水移動は、亀裂などの粗間隙がほとんどであることから、緻密層の形成は排水性に悪影響を及ぼすことはないと考えられる。

### 2) 土壌構造の変化と圃場の排水性

本試験地では、11月以降の多雨、12月から3月までの積雪、さらに、4月に入っても多くの降水が中旬まで見られ、11月以降4月中旬までの期間は、試験圃場への水の供給が頻繁かつ多量に行われる気象条件下にある。また、この期間は、冬作物が圃場に栽培されていても、蒸散による土壌の乾燥は期待できず、土壌表面からの蒸発もほとんどない。そのため、地表の余剰水の排除には、排水小溝やそれらの機能を発揮させる意味で土壌の透水性の改善が重要であると考えられる。転換1年目と2年目の秋期の10cm深の土壌水分を比較した図-2には、このような両区の排水性の違いが示されている。両区の透水係数は、春期に調査した結果でも深さ10~15cmの土層で1オーダー違うが、①区の転換直後である秋の時点では両者の透水係数の違いはもっと大きかったものと推察され、この層の透水性の増加が作土の排水性向上に寄与していると考えられる。特に、排水小溝を掘削した場合や暗渠が有る場合などは、小溝や暗渠に向かう水の流れをスムーズにする必要があり、小溝や暗渠埋戻し部の深さより浅い土層の透水性が改善されることは、多雨多雪期の排水機能の向上につながると考えられる。



土壌の構造の違いは、透水性のみならず吸水性にも関係している。図-3で①区と③区の4月上旬の土壤水分吸引圧の変化を見ると、①区(転換初年大麦区)は、休閑区(③区)よりも透水性が良いのにも関わらず、土壌は乾きにくく吸引圧は低い値で推移している。これは、多雨多雪期に入る前の耕起の有無と関係していると考えられる。③区のようにイネの収穫後耕起を行っていない休閑区においては、表層の水の侵入能は小さく、降雨の土中への浸透率が低い。また、粗間隙率が小さく、吸水に伴う膨潤が上方にしか許容されていないことから土壌の吸水可能性が低い。そのため、降雨の多い条件では、土壌が保持する水分を耕起した場合より低く押さえることができる。一方、大麦区(①区)では、播種時に耕起が行われ、作土は塊状になっているため、冬期間の降水は速やかにその隙間に入り土壌内部に吸収される。また、吸水に伴う膨潤は、隙間が存在するため全方向に許容され、土壌の吸水が妨げられることがない。その結果、高い含水比の状態で春を迎え、土壌の水分の低下が遅れるものと考えられる。転換2年目の④区では、秋期に耕起しているものの、4月上旬における土壤水分吸引圧を見ると無降雨時には乾燥する傾向にあり、①区とは違いが見られる。4月上旬の①、④区における透水係数の実測値を持たないため、この違いが作土の吸水量あるいは透水性の違いによるものなのか、耕起が行われた土層の直下の土層における透水性の違いによるものなのかは判断できない。いずれにしても、畑転換2年目においては、春期の排水性に問題が生じていないことから、秋期の耕

起が常に排水性に対し悪影響を及ぼすということにはならない。

3) 作物の生育と土壌の乾燥

冬期は、土壌構造が圃場の排水性に重要な役割を果たしていることを前節で示したが、降水量が減少し冬作物の生育が再開する春期においては、圃場の排水ならびに乾燥は、土層の透水性の改善による過剰水の排除に加え、作物による蒸散の効果が重要な位置を占める。特に、粘質土壌では土壤水分吸引圧の増加とともに上昇流が急激に低下し、その結果として地表面近くは過剰に乾燥しても、その下は飽和に近いという状態が生じる(長谷川, 1986)ため、地表面からの水分の蒸発のみでは圃場の乾燥は進みにくい。図-9は北陸農業試験場における気象観測データをもとに改良ペンマン式(FAO, 1977)により1995年3月~5月の基準蒸発散量(ETo)と降水量を5日単位に計算したものである。蒸発散の推定には、ここで得られたEToの値に作物特性や生育状態などの影響を加味するための「作物係数」を乗じる必要がある。FAO(1977)では作物の生育を4段階にわけ、作物ごとに作物係数を推定する方法が示されている。越冬大麦の場合、秋期間の生育は節間伸長前で一旦止まり、それが再び再開されるのは圃場面の雪が完全に消えてからである。そのため、ここでは、節間伸長が始まるまでの期間は初期発育段階から発育段階初期に位置づけることとする。1995年の消雪日は3月13日であった。消雪後も、3月いっぱいには基準蒸発散量を大きく上回る降水があり、土壌は湿潤な状態が続く。降水量が基準蒸発散量を下回

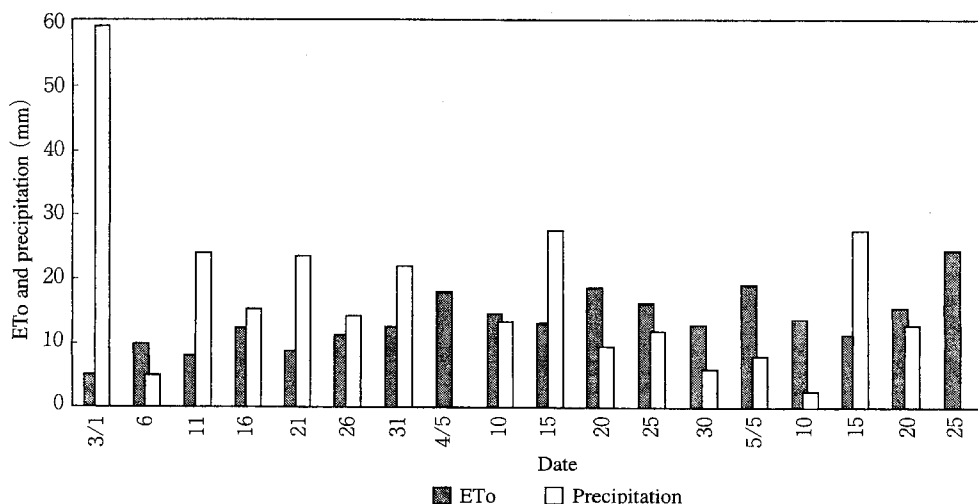


図-9 改良ペンマン式による5日ごとの基準蒸発散量と実測の降水量

Fig. 9 Potential evapotranspiration (ETo) for 5 days estimated using Penman formula and measured precipitation.

るようになるのは4月に入ってからである。4月5日から5月30日までの蒸発散量を作物係数を0.5 (日基準蒸発散量4mm/day, 降雨の中断日数7日, 生育段階は初期生育段階, としたときの概算値)として見積もり, 降水量との収支を計算すると, 20mm降水が上回り, 表面流去や地下浸透などの系外流出を考慮しなければ, この期間中は土壌が乾燥する気象条件にはないことがわかる。すなわち, 図-3に示されたような4月下旬以降の②, ④区の急激な土壌水分吸引圧の上昇は, 作物の生育段階が進み, この間に作物係数が0.5程度から1.0程度まで増加したものと理解できる。仮に, 作物係数を4月5日以降1.0として蒸発散量を算定し, 同様の収支を計算すると, 60mm蒸発散が上回ることとなり, 十分に土壌が乾燥することになる。

①区では④区と同じ麦作圃場であるにもかかわらず図-3のとおり5月5日頃まで土壌の乾燥が進まず, 休閑区(③区)と似かよった変化をしている。これについては, ①区の大麦の生育が④区に比べ非常に悪く, 休閑区と同程度の蒸発散にしかならなかったためと考えられる。すなわち, 蒸散による土壌の乾燥は, 作物の生育の良否にも大きく影響されることがわかる。

## 5. おわりに

秋から冬にかけての降雨, 降雪が著しく, かつ土壌の透水性が極めて低い北陸地域の重粘土転換畑において, 作物の作付け体系による土壌構造の改善とその効果について実証的に示した。その結果をまとめると

① 11月以降の秋冬期は, 土壌が圃場容水量以下に乾くことはなかったが, 作土層の透水性を改善することにより降雨を速やかに排水小溝や暗渠に導くことができ, 根域が過湿になることをある程度防げることが転換初年目と転換2年目の比較から明らかになった。

② 冬作物の栽培により作土の粗間隙量は増加し, 透水性の向上が見られた。転換1年目においては耐湿性の

強いイタリアンライグラスの生育が良好で, 根系が十分発達したため粗間隙の増加が著しかった。

③ 転換2年目では転換初年目と比較すると作上の構造の発達がより進み土壌の透水性は良好で大麦の生育が良く, その結果, 作物体による蒸散が著しく, 春期の圃場の乾燥は早く進んだ。その一方で, 下層では, 乾燥に伴う圧密が進行し, 緻密度が増加した。

④ 春期の圃場の乾燥には冬作物の蒸散の効果が重要な位置を占める。蒸散効果は作物の生育状態とかかわり, 生育が悪いと土壌の乾燥は進みにくい。特に大麦の場合, 排水性が悪いと生育に悪影響を与え, その結果, 土壌の乾燥が進まず構造の発達も遅延する。

## 引用文献

- FAO (1977): Crop water requirements, Irrigation and Drainage Paper, 24 (北海道土地改良設計技術協会翻訳版)。  
 中野啓三 (1978): 低湿重粘土水田の畑転換に伴う土壌物理性の推移, 北陸農業試験場報告 21 p. 63~94。  
 農林水産技術会議事務局 (1974): 飼料生産のための水田の総合的利用技術の確立に関する研究 研究成果集 80 p. 204。  
 農林水産省技術会議事務局 (1984): 転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的研究, 第1期成果のとりまとめ。  
 農林水産省技術会議事務局 (1987): 転換畑を主体とする高度畑作技術の確立に関する総合的研究, 第2期成果のとりまとめ。  
 長谷川周一 (1986): 転換畑土壌中の水分移動, 土壌の物理性 53 : p. 13。  
 前田 要 (1986): 転換畑の土壌構造と畑作物の生育反応, 土壌の物理性 53 : p. 2。

受稿年月日: 1996年11月11日

受理年月日: 1997年3月9日