

## 面積データに基づく輪作体系の解析手法

### 第2報 輪作体系の確認結果及びその検定\*

松崎守夫・橋本知義・昆忠男・豊田政一

(北海道農業試験場)

1993年3月30日受理

**要 旨** : 前報において主要な3年作付の抽出を行った。この報告では主要な3年作付を連結することにより、輪作体系の確認、及びその出現面積比率の計算を行なった。淡色黒ボク土では3通りの輪作体系①テンサイ→バレイショ→コムギ(出現面積比率11.4%), ②テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ(24.0%), ③テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギ(11.6%)を、黒ボク土では2通りの輪作体系④テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギ(23.6%), ⑤テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギ(7.5%)を輪作体系とみなすことができた。調査地点における主要作物の作付間隔は確認した輪作体系とほぼ一致したため、本手法を用いて輪作体系を数量的に評価することができると考えられた。また、輪作体系は作付比率と秋播コムギの作期に規制されていると考えられた。

**キーワード** : 秋播コムギの作期, 作付間隔, 作付比率, 主要な3年作付, 前後作関係, 輪作体系, 連結。

**Analysis Method for Crop Rotations Based on Area Data** II. The identification results of crop rotations and the verifications of the results : Morio MATSUZAKI, Tomoyoshi HASHIMOTO, Tadao KON and Masakazu TOYODA (*Hokkaido National Agricultural Experiment Station, Sapporo 062, Japan*)

**Abstract** : Major cropping sequences with three crops (MCS3) were classified in the previous report. In this report, crop rotations were identified by means of linking with MCS3, and the observed area ratios of the identified crop rotations were determined. Three crop rotations for light-colored andosols were identified : 1) sugar beet → potato → wheat (the observed area ratio was 11.4%), 2) sugar beet → potato → sweet corn → wheat (24.0%), 3) sugar beet → potato → wheat → wheat (11.6%). Two crop rotations for andosols were identified, and they were 4) sugar beet → potato → wheat → wheat (23.6%), 5) sugar beet → potato → sweet corn → wheat → wheat (7.5%). The identified crop rotations coincided with the cropping intervals of the major crops observed in these crop rotations, and the identification method in these reports was effective for numerical analysis to crop rotations. The identified crop rotations were regulated by the cultivated area ratio of each crop and cropping season of winter wheat.

**Key words** : Cropping interval, Crop rotation, Cropping season of winter wheat, Cropping sequence with two crops, Cultivated area ratio of each crop, Linking, Major cropping sequence with three crops.

本報告の対象である十勝地方は日本有数の大規模畑作地帯であり、十勝中央部は普通畑作物を中心とし、その他に野菜・飼料作物の栽培が行なわれている。本地方において作付体系という用語は主に作付順序を意味する<sup>1)</sup>。本地方の作付体系に関しては多くの報告があり<sup>2,3,4,5,6)</sup>、最も新しい報告は昭和50年代に行なわれたものである<sup>2,3,6)</sup>。それらによると主体となる普通畑作物はコムギ、テンサイ、バレイショなど7作物であり、特に上記3作物の作付比率が高かった<sup>2,3)</sup>。また、作付体系はテンサイ→バレイショ→コムギを中心としており、この他にコムギの連作が行なわれていた。土壌型によって作付体系は異なり、淡色黒ボク土では根菜類中心、黒ボク土ではマメ類中心、褐色低地土などでは根菜類・マメ類・イネ科作物均衡型の作付体系が行なわれていた<sup>6)</sup>。

本報告では、主要な3年作付に共通する作物結合単位(前後作関係)を連結することにより<sup>1)</sup>、輪作体系の確認を行なった。また、輪作体系の出現面積比率の計算、輪作体系確認手法の検討を行ない、従来の解析結果との比較、調査地点における輪作体系規制要因についても考察を行なった。

### 材料と方法

主要な3年作付(以下、3年作付とする)を連結することにより輪作体系の確認を行なった(第1図)。また、3年作付の出現面積比率(以下、出現面積とする)から、輪作体系の出現面積を計算した。

#### 1. 3年作付の連結・表示方法

十勝地方における基本作付体系とされるテンサイ→バレイショ→コムギ<sup>6)</sup>が輪作体系として存在するかどうかを判定できるようにした。3年作付の連結により作付順序を再構成する場合、最初と最後の前

\* 大要は第192回講演会(1991年11月)において発表。

後作関係が共通な作付順序を輪作体系とみなすことができるため、作付順序コムギ→テンサイ→バレイショ→コムギ→テンサイを中心に3年作付の連結を行なった。作付順序は左から右へ進むものとした。また、テンサイ→バレイショ→コムギ、テンサイ→バレイショ→スイートコーンのように並列に連結できる3年作付が存在する場合、体系図を分岐・合流させて表示した。

3年作付の出現面積は、その前半の前後作関係を結ぶ線分の上に表示した。体系図が分岐する場合には下方に分岐する3年作付の出現面積を線分の下に表示した。淡色黒ボク土の体系図においてテンサイ→バレイショの後の作付順序は3方向に分岐しているが、うち2方向はバレイショ→コムギという単一の前後作関係である。この時、テンサイ→バレイショを前半の前後作関係とする3年作付はテンサイ→バレイショ→コムギ(出現面積7.6%)、テンサイ→バレイショ→スイートコーン(6.8%)の2通りしか存在しないため、7.6%は線の上部に、6.8%は線の下部に示した。

線分で結んである前後作関係は少なくとも一つの3年作付を含む。しかし、出現面積の表示していない前後作関係で始まる3年作付は、前報において調査地点を代表するとみなせなかったものである。そのため、線分で結んであっても出現面積を表示していない前後作関係は連結できず、その前後作関係を含む作付順序を連続するとみなすことはできなかった。この時、右端の前後作関係のみは例外である。第1図は循環する作付順序を確認する目的で作成したが、作付順序の分岐・合流があるため環状に表示することはできなかった。両端の前後作関係は環の切れ目となるため、右端の前後作関係に出現面積を表示することはできなかった。

本報告では3年作付の連結により作付順序を再構成している。従って、輪作体系とみなすには、作付順序が循環するだけでなく、連続することを確認する必要がある。この条件を満たす作付順序は体系図を横断し、右端を除くすべての前後作関係に出現面積が表示されているものである。作図の都合上、連結可能であるが連結していない3年作付も存在するが、その3年作付を連結することにより循環・連続する作付順序(輪作体系)とみなせる場合についてのみ言及した。

## 2. 線分の表示方法

前後作関係を結ぶ線分の種類は、その前後作関係

を含む3年作付の出現面積に従い、出現面積が5%以上の場合は実線、2.5%以上5%未満の場合は破線、2.5%未満の場合は点線で表示した。線分は線分上の出現面積に従って表示し、線分の上下に出現面積が表示してある場合はそれらの合計に従った。線分に表示面積が表示されていない場合、その前後作関係を含む他の3年作付の出現面積の合計に従い、線分を表示した。

## 3. 輪作体系出現面積比率の算出方法

確認した輪作体系を数量的に評価するために、輪作体系の出現面積比率を計算した。淡色黒ボク土には輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギとみなせる作付順序コムギ→テンサイ→バレイショ→コムギ→テンサイが存在した。この作付順序は3通りの3年作付コムギ→テンサイ→バレイショ(出現面積11.8%)、テンサイ→バレイショ→コムギ(7.6%)、バレイショ→コムギ→テンサイ(3.8%)により構成されていた。

単純に考えれば、この3通りの3年作付の出現面積を合計することにより輪作体系の出現面積を計算することができる。しかし、この作付順序はバレイショ→コムギ間が3方向に分岐していたため、分岐していない部分を占める3年作付コムギ→テンサイ→バレイショの出現面積11.8%が、すべて輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギに含まれるとは考えられなかった。輪作体系を構成する3年作付の中で最も出現面積の小さいものは、分岐する部分を占める3年作付バレイショ→コムギ→テンサイ3.8%であった。従って、最も出現面積の小さい3年作付の出現面積を基準とすることにより、作付順序が分岐・合流することの影響を除外できると考えられた。

輪作体系を構成する3年作付の数は、輪作年数により変化する。従って、輪作体系の出現面積は基準とする3年作付の出現面積に、輪作体系を構成する3年作付の数を乗算することによって得られると考えられた。この時、輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギの出現面積は $3.8 \times 3 = 11.4\%$ となる。

## 結 果

### 1. 淡色黒ボク土

作付順序コムギ→テンサイ→バレイショ→コムギ→テンサイが存在し、3年輪作テンサイ→バレイショ→コムギとみなせた。この他に輪作体系とみなせる作付順序は、コムギ→テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→テンサイ、コムギ→テンサ

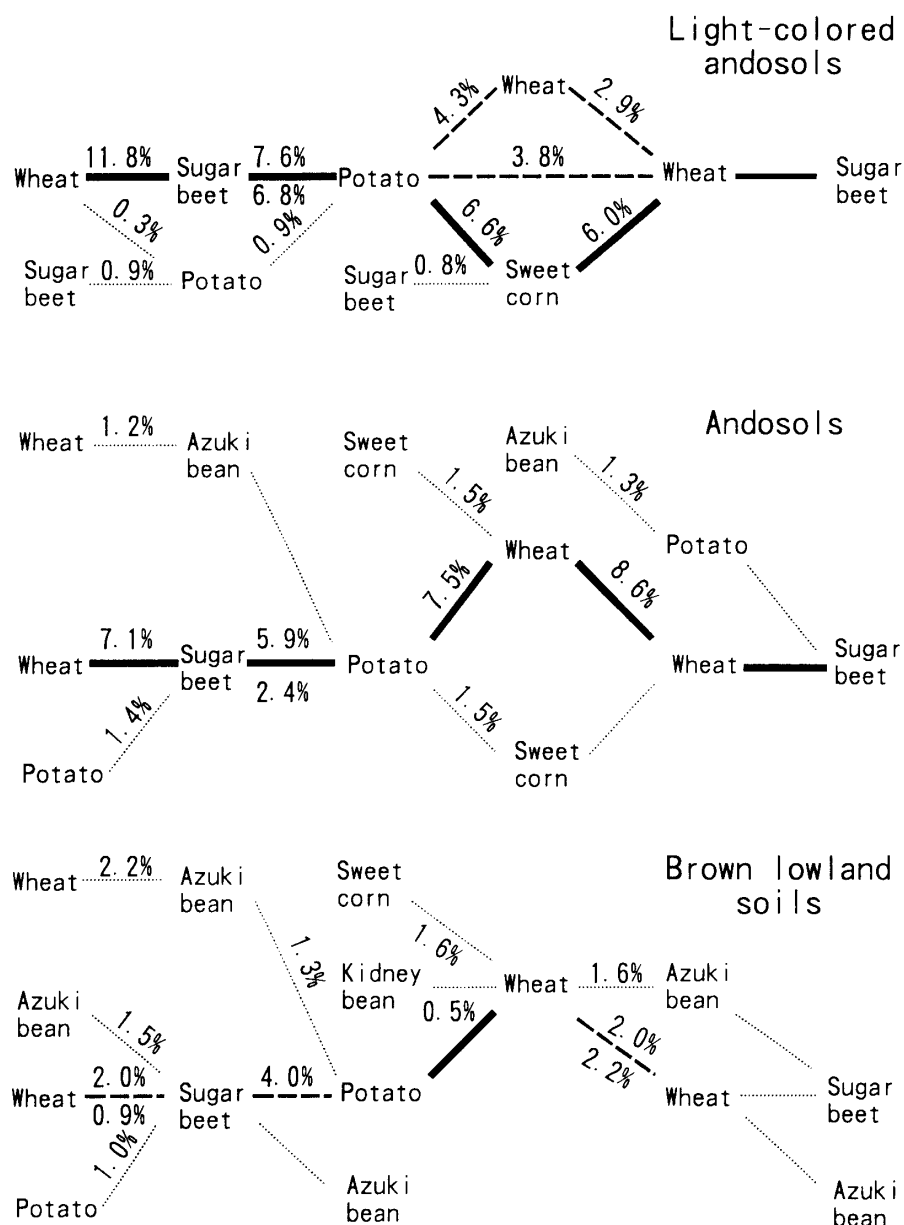


Fig. 1. The diagrams of cropping sequence. They were identified by means of linking with major cropping sequence with three crops (MCS3). MCS3 were shown in the previous report (Table 4). The numbers in these diagrams are the mean observed area ratio of MCS3. The line kinds between two crops are as follows;  
 Solid line: Area is 5% or more,  
 Broken line: Area is 2.5% or more, and less than 5%,  
 Dotted line: Area is less than 2.5%.

イ→バレイショ→コムギ→コムギ→テンサイが存在した。すなわち、淡色黒ボク土では、①テンサイ→バレイショ→コムギ、②テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ、③テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギを輪作体系とみなすことができた。

上述したように、輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギの出現面積は11.4%と考えられる。同様にテンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギの

出現面積は $6.0 \times 4 = 24.0\%$ 、テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギは $2.9 \times 4 = 11.6\%$ と考えることができる。淡色黒ボク土において最も大きな面積を占める輪作体系は、テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギであった。

これらの出現面積を合計すると47.0%となる。体系図に存在する3年作付の合計出現面積は52.6%、その中で輪作体系を構成しない3年作付の

合計出現面積は2.9%であったことから、輪作体系を構成する3年作付の合計出現面積は49.7%と考えられた。この方法により計算した輪作体系の合計出現面積は、ほぼ輪作体系を構成する3年作付の合計出現面積と一致した。

## 2. 黒ボク土

黒ボク土においても輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギが存在した。しかし、3年作付バレイショ→コムギ→テンサイ、スイートコーン→コムギ→テンサイが存在しなかったため、テンサイ→バレイショ→コムギ、テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギを輪作体系とみなすことはできなかった。

図で連結していない3年作付バレイショ→スイートコーン→コムギ、スイートコーン→コムギ→コムギを連結し、作付順序バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギとみなすことができる。これにより、作付順序コムギ→テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギ→テンサイ、すなわち、輪作体系テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギが存在すると考えられた。

黒ボク土においては④テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギ、⑤テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギを輪作体系とみなすことができた。輪作体系テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギの出現面積は $5.9 \times 4 = 23.6\%$ 、テンサイ→バレイショ→スイートコーン→コムギ→コムギの出現面積は $1.5 \times 5 = 7.5\%$ であり、輪作体系の合計出現面積は31.1%と考えられた。

この時、体系図の3年作付の合計出現面積は38.4%、うち輪作体系を構成しない3年作付の合計出現面積は3.9%であるため、輪作体系を構成する3年作付の合計出現面積は34.5%となった。黒ボク土においても、輪作体系とそれを構成する3年作付の合計出現面積はほぼ一致した。

## 3. 褐色低地土

褐色低地土においてはバレイショ→コムギ→コムギを調査地点を代表する3年作付とみなせなかったため、輪作体系とみなせる作付順序は存在しなかった。3年作付バレイショ→コムギ→コムギは出現面積の変動係数が111と高いため、今回の基準<sup>1)</sup>では調査地点を代表する3年作付とみなすことはできなかった。また、褐色低地土における体系図は他の土壌型に比べ、分岐・合流の多い複雑なものとなった。褐色低地土では農家一戸当たりの平均耕地面積が小

Table 1. The identified crop rotations.

Soil type	Crop rotations	Area (%)
Light-colored andosols	1. B → P → W	11.4
	2. B → P → Z → W	24.0
	3. B → P → W → W	11.6
Andosols	4. B → P → W → W	23.6
	5. B → P → Z → W → W	7.5
Brown lowland soils	Not identified	—

B : sugar beet, P : potato, W : wheat, Z : sweet corn.

さいこと、野菜の作付比率が高いことなどにより耕地が細分化されていることもその一因となっていると考えられた。

## 考 察

### 1. 輪作体系確認手法

以上、2土壌型において5通りの輪作体系を確認し、その出現面積を計算した(第1表)。しかし、これらは作付順序の共通要素の抽出・連結という過程を経て確認されたものであり、実際の作付順序と一致しているかどうかは未検討である。

もし、すべての耕地が輪作体系に従って作付されているならば、輪作体系を構成する作物は定まった間隔で出現する。例えば、1990年にコムギが作付されていた地点の作付順序がすべて輪作体系コムギ→テンサイ→バレイショに従っているならば、その3、6年前である1987、1984年にのみコムギが100%出現する。複数の輪作体系が確認されたこと、その合計値も調査面積の40%以下であったことから、実際の作付間隔は分散すると考えられたが、前報で用いたデータベース<sup>1)</sup>から各作物の作付間隔を計算し、確認した輪作体系と比較することにより、本手法の妥当性を検討できると考えられた。

確認した輪作体系に出現する作物(コムギ、テンサイ、バレイショ、スイートコーン)が1990年に作付されていた区画に着目し、以上の点を検討した(第2表)。これらの区画において対象作物が作付された面積を1983～1989年の各年度について集計し、1990年における各作物の作付面積に対する比率で表示した。また、確認した輪作体系において、1990年に対象作物が出現した場合に、1983～1989年の各年度に出現する作物も併記した。確認した輪作体系に、1990年と同じ作物が出現する年度の出現面積比率、出現

Table 2. The identified crop rotations and the rotational periods of the major crops that were observed in those. These data were determined on the plots where were observed the major crops in the year 1990. The area column denotes the major crop's observed area ratio in percentage based on the major crop's cultivated area in 1990. The crop column denotes the No. and the each year's appearance crop of the identified crop rotations (see Table 1). When the major crops appeared in the identified crop rotations, the data in the area and the crop column were underlined.

Year	Light-colored andosols				Andosols				Brown lowland soils	
	Area(%)	Crop			Area(%)	Crop			Area(%)	
Wheat		1	2	3	3	4	4	5	5	
1983	<u>35.9</u>	P	B	<u>W</u>	B	<u>40.3</u>	W	B	P	Z
1984	<u>17.5</u>	W	P	B	P	<u>48.9</u>	B	P	Z	<u>W</u>
1985	<u>13.1</u>	B	Z	P	<u>W</u>	<u>37.7</u>	P	<u>W</u>	W	<u>W</u>
1986	<u>26.8</u>	P	W	W	W	<u>36.8</u>	W	W	W	B
1987	<u>25.4</u>	W	B	<u>W</u>	B	<u>22.6</u>	<u>W</u>	B	B	P
1988	5.0	B	P	B	P	0.0	B	P	P	Z
1989	<u>20.2</u>	P	Z	P	<u>W</u>	<u>27.3</u>	P	<u>W</u>	Z	<u>W</u>
Total	143.9					213.6				132.6
Sugar beet		1	2	3		4	5			
1983	0.0	W	P	P		0.0	P	W		52.1
1984	<u>12.4</u>	B	Z	W		1.3	W	W		6.2
1985	<u>4.2</u>	P	W	W		<u>31.0</u>	W	<u>B</u>		23.6
1986	<u>48.8</u>	W	B	B		<u>31.3</u>	B	P		36.8
1987	<u>9.6</u>	B	P	P		36.5	P	Z		25.0
1988	0.0	P	Z	W		12.3	W	W		1.6
1989	0.8	W	W	W		0.0	W	W		4.8
Total	75.8					112.4				150.1
Potato		1	2	3		4	5			
1983	12.4	B	Z	W		12.8	W	W		26.2
1984	<u>31.6</u>	P	W	W		2.5	W	B		14.0
1985	5.1	W	B	B		<u>32.8</u>	B	<u>P</u>		20.9
1986	<u>50.5</u>	B	P	P		<u>46.9</u>	P	Z		16.9
1987	<u>18.9</u>	P	Z	W		17.3	W	W		11.7
1988	3.9	W	W	W		15.1	W	W		31.5
1989	6.9	B	B	B		5.0	B	B		10.5
Total	129.3					132.4				131.7
Sweet corn			2					5		
1983	5.3		W			0.4		B		0.0
1984	0.0		B			0.0		P		0.0
1985	1.7		P			<u>48.6</u>		<u>Z</u>		0.0
1986	<u>23.6</u>		<u>Z</u>			0.0		W		0.0
1987	1.3		W			0.0		W		49.7
1988	6.2		B			0.0		B		0.0
1989	0.0		P			0.0		P		0.0
Total	38.1					49.0				49.7

B : sugar beet, P : potato, W : wheat, Z : sweet corn.

作物には下線を付けて表示した。この時、確認した輪作体系に対象作物が出現する年度（下線データ）における出現面積比率が、それ以外の年度における値よりも高いならば、確認した輪作体系と対象作物の作付間隔は良く一致していると考えられる。この

表において下線のない年度の出現面積比率が、下線のある年度より大きくなるのは1例（テンサイ：黒ボク土：1987年）のみであり、本手法により確認した輪作体系は実際の作付間隔とほぼ一致していた。以上のことから、本手法は輪作体系を確認するため

に有効であると考えられた。

本手法の解析手順は以下の通りである。

- ① 同一地点の作付作物を経年的に調査する。
- ② 調査地点を単一の作付順序の区画に分割し、各区画のデータからデータベースを構築する。
- ③ データベースの作付順序・面積から、各3年作付の出現面積を年度ごとに集計する。
- ④ 出現面積の変動係数により、主要な3年作付を抽出する。
- ⑤ 主要な3年作付のうち、共通の前後作関係を含むものを連結する。
- ⑥ 連結により再構成された作付順序のうち、連続・循環するものを輪作体系とみなす。
- ⑦ 輪作体系を構成する3年作付のうち最も出現面積の小さい3年作付の出現面積に、輪作体系を構成する3年作付の数を乗算したものを輪作体系の出現面積とする。

以下、この手法を適用する際に留意すべき点について論ずる。まず、本手法を本州以南の作物集約度の高い地域に適用する場合、年数回の調査が必要となる。夏作物、冬作物に分けて考えた場合は年2回の調査で十分であるが、その場合でも常に出現するとは限らない冬作物をどのように扱うかが問題となる。また、本手法のように3年間を単位として作付順序を分割することはできない。従って、作物集約度の高い地域においては、調査時期・作付順序の分割方法について検討する必要がある。

また、本手法では調査地点を代表する3年作付を抽出するための基準として変動係数100を用いたり。しかし、変動係数は反復数が少ないほど高い値を示すため、出現面積・出現頻度と変動係数の関係は調査年数により変化する。従って、本手法を適用する場合は、出現面積の変動係数と出現面積・出現頻度の関係を新たに検討する必要がある。しかし、地域の実情に合わせてこれらの点を設定すれば、本手法によって輪作体系を数量的に評価できると考えられた。

## 2. 輪作体系及びその規制要因

確認した輪作体系は、いずれもテンサイ→バレイショ→コムギを基本としており、バレイショ→コムギ間にコムギやスイートコーンを含むものであつ

た。特に、テンサイ→バレイショ→コムギ→コムギは淡色黒ボク土、黒ボク土に共通して存在した。この結果は、テンサイ→バレイショ→コムギが作付体系の基本であり、コムギの連作が問題になっているという点で従来の報告<sup>6)</sup>と一致している。しかし、従来の報告とは異なり、土壌型による作付体系の明確な相違は見られなかった。これは今回の調査地点では主要作物が各土壌型ともほぼ同一であったことによると考えられた。従来の報告の調査期間は本報告の調査開始時期とほぼ重なるため、これは調査時期による相違ではなく、調査地点・調査面積が異なるために生じた相違と考えられた。

今回確認した輪作体系は主に作付比率の高い作物により構成されており<sup>7)</sup>、輪作体系は作付比率に大きく影響されていた。しかし、黒ボク土におけるスイートコーンの作付比率は、輪作体系に出現しないアズキの作付比率より低かった。このことは作付比率以外の要因が輪作体系に影響していることを示している。輪作体系に影響する要因としてコムギの作期が指摘される。コムギの標準播種期は9月中旬であり、それ以前に収穫が完了する作物はコムギ、生食用バレイショ、スイートコーンなどに限られる。これらのうち、バレイショはコムギと同程度の作付比率を示したが、収穫期の遅い澱粉原料用バレイショも存在し、そのすべてがコムギの前作物となりうるわけではなかった。そのため、コムギ、スイートコーンは最も作付比率の高いコムギの前作物として輪作体系に出現したと考えられた。

## 引用文献

1. 松崎守夫・橋本知義・昆 忠男・豊田政一 1994. 面積データに基づく輪作体系の解析手法. 第1報 主要な3年作付の抽出. 日作紀 63:9-14.
2. 大久保隆弘 1982. 北海道畑作農業の実態と技術的課題. てん菜研究会報 24:203-213.
3. ——— 1984. 畑作の現状と問題点. 総合農業研究叢書 2:2-16.
4. 尾崎 薫 1969. 北海道畑作中心地帯における輪作、特に前後作組み合わせ様式に関する研究. 北農試報告 74:1-158.
5. 新藤政治 1959. 畑地の作付配分と輪作—豆作と牧草作の関係を中心に—. 北農試彙報 74:100-112.
6. 塩崎尚郎 1984. 地力維持のための作付体系. 総合農業研究叢書 2:22-29.