



Title	小麦育種制度の歴史的変遷とスピルオーバーに関する分析
Author(s)	藤井, 陽子; 長南, 史男; 近藤, 巧
Citation	農業経済研究. 別冊, 日本農業経済学会論文集, 2005, 81-88
Issue Date	2006-03-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/49833
Type	journal article
File Information	JRESI2005.pdf



小麦育種制度の歴史的変遷とスピルオーバーに関する分析

藤井陽子・長南史男[†]・近藤巧[†]

(日本学術振興会特別研究員/帯広畜産大学・[†]北海道大学大学院農学研究科)

Wheat Breeding Research System and its Spillover (Yoko Fujii, Fumio Osanami, Takumi Kondo)

1. はじめに

現在、小麦の自給率は10%前後で推移し、量の回復が求められている。それと同時に、「早生でオーストラリア産の普通小麦並みの品質をそなえた品種の育成を目標とする(折原[13])」など、実需者からの要望に応えるような、品種の開発も欠かせない。そうした品種改良に貢献してきたのが各地の農業試験場である。

小麦育種は、研究成果が公共財的特性をもつことから、おもに公的機関によって進められてきた。本格的な育種体制は昭和に入ってから整備され、育種方法の面では、それまでの純系淘汰法にかわり交雑育種法による品種改良が開始された。ただし、こうした新しい育種方法を取り入れた当初は、育種者の養成および技術の普及を必要としたことから、育種世代ごとに異なる機関が担当するという体制を取った。具体的には、交配を含む初期世代を、中心となる試験場において交雑育種によっておこない、後期世代の選抜固定については、各地の試験場でおこなう、という方法である。その後、育種技術の確立および普及を待った上で、戦後、各地の試験場が農林省の直轄試験場として統合されたのである。

このように、新技術の導入とともに育種制度が整備され、さらに技術の普及を経た上で、育種体制の改編がおこなわれたのである。そこで本稿では、研究成果である改良品種とその来歴に注目し、研究開発における正の外部性(スピルオーバー)が、育種制度の改編とともに、どのように変わってきたのかを分析する。特に、戦後の制度再編について、指定試験制度の意義を改めて問うものである。

以下、試験研究とスピルオーバーに関する既存研究を整理し、本稿での分析範囲を明確にする。その上で、育種制度の変遷を整理し、育種材料の来歴をもちいて、試験場間、とりわけ国と地方試験場間における育種材料の交換を、遺伝資源共有度を指標とするスピルオーバーを提示することで数量的に把握する。最後にまとめる。

2. 農業の試験研究に関する既存研究

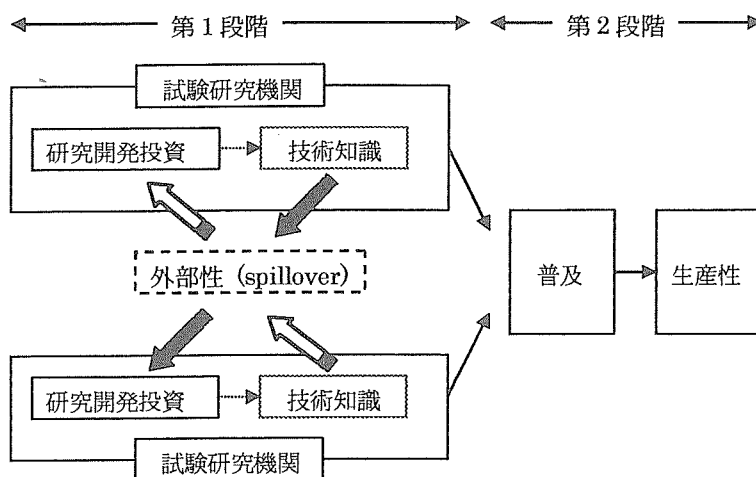
農業の試験研究については様々な側面から多くの研究蓄積があり、第1図をもちいて各既存研究の対象範囲を明らかにする。図では、研究開発投資(R&D)から生産現場における生産性向上までの一連の過程を、Evenson and Kislev [4]にしたがい、技術知識の生産過程である第1段階と、それら知識が生産性向上に寄与する第2段階とにわけた。

わが国の試験研究については、おもにイネを対象に多くの研究蓄積があり、まず、第2段階に含まれる普及について、崎浦[14]は、イネの新品種を育種方法にしたがって詳細に調べ、品種の普及過程と普及要因について明らかにしている。対象品種は、明治末期、おもに各地の篤農家によって育成されたいわゆる「老農品種」から、昭和初期の人工交配種まで、広い範囲を対象とした。普及は、図でいえば、研究機関と生産現場の境界部分を対象とし、生み出された新品種の、生産現場への導入過程を明らかにしている。

第1段階に関する研究成果、とりわけ投資については、Akino and Hayami[1]が、社会的報酬率の高さから、過少投資を示唆し、国による試験研究の妥当性を明らかにした。分析対象期間は、1950年(昭和25年)までとし、指定試験制度の開始前後を比較、指定試験制度を制度革新と位置づけている。

次に第1段階の外部性について、Griliches[8]は、「技術知識」はその蓄積段階に自社内や産業内の蓄積だけでなく、他の産業や他の地域から借用した技術知識も含めることによって考慮することができる、としている。ただし、それら借用技術も含めてひとつの変数に集計しようとする際、問題になるのが他産業の技術に対する

「重み付け」である。これは、他の産業との科学的・技術的な「距離」の把握ともいえる。その「距離」の代理変数として、産業分類や投入要素の流れによって把握する試みがなされてきたが、Griliches は、投入要素の流れは知識の流れとは、必ずしも一致しないことを指摘している。



第1図 農業の試験研究と既存研究の範囲

Jaffe, Trajtenberg, and Henderson[9]は、特許の引用先を知識の流れととらえ、その方向を事前的に決められることのないスピルオーバーとして把握しようとした。しかし、引用データでは、財や研究者に体化した技術が含まれない(Bottazzi and Peri[2])、といった指摘もされるなど、利用するデータと定義の整合性については、未だ研究途上にあるといえる。

こうした工業分野での研究が進む一方で、農業分野のスピルオーバーについても研究は進められているが、農業における研究活動はおもに公的機関によって進められるという特徴から、工業分野のように企業間、産業間を対象とするのではなく、国や地域間、部門間におけるスピルオーバーの把握が重要となり、おもに研究組織や研究制度との関わりで議論されている(註1)。

Evenson[3]は、国同士のスピルオーバーについて調べ、応用範囲の広い研究については、各国が個別に進めるのに比べ、IRRI(国際稲研究所)などに代表される国際的な農業開発機関が集約的に進める方が効率的であるとしている。また、アメリカ国内の研究制度についても、農務省と各州の研究機関の間に同様のことがいえるとしている。

さらに、スピルオーバーは研究内容によっても異なることが指摘され、Fuglie, Narrod, and Neumeyer[6]は、畜産研究の中でも繁殖などの生産量増大技術は、耕種部門に比べて気候・土壌条件などの地域性に左右され難いことから、州間のスピルオーバーが大きく、結果として集約的な研究開発がなされてきたとしている。すなわち、仮に研究主体を各州に分散すれば、投資意欲を減退させたであろうことを指摘している。

最後に、わが国の小麦育種について藤井・長南・近藤[7]が、試験地間の材料交換が気候条件と関連していることを示している。ここでは、育種制度の改編がスピルオーバーに与えた影響を分析することを目的としていることから、育種制度とその変遷を踏まえた上で分析していく。

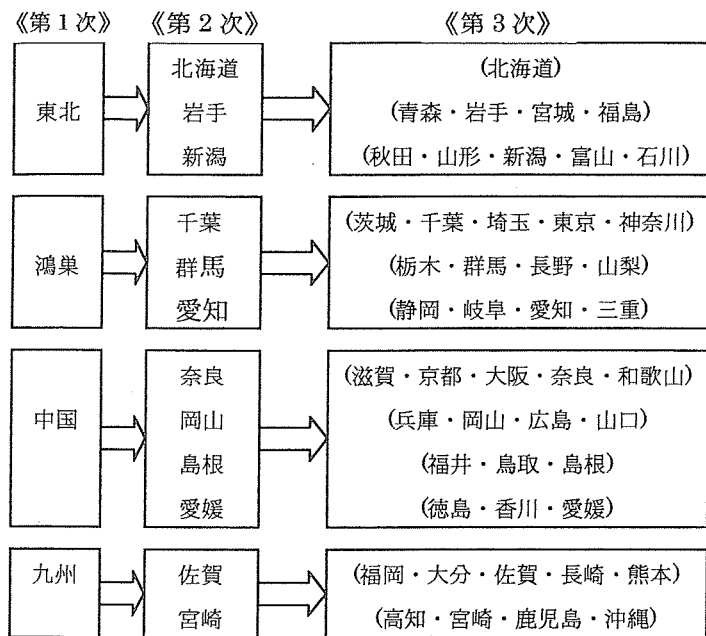
3. 育種組織の変遷

1) 農林番号 70 までの育種体制

小麦の組織的な育種は、明治 26 年、農事試験場の創設に始まるが、本格的な品種改良は、昭和元年(1926)に国による育種体制が整備されてからである。第2図に示すように、当時の育種体制は、新品種が普及するまで、3つの段階に分かれていた。第1次育成過程では、最初に設置された鴻巣試験地を中心に交配し、おもに F3 までの初期世代を育成した。選抜した品種を、各道府県立の地方試験場に配布し後期世代を育成

(第 2 次育種過程),そこで選抜固定された品種は,各都道府県の試験場が奨励品種としての可否を決定した(第 3 次育種過程)。最後に,奨励品種の決定を受けた品種は,種子増殖を経て,普及に移される,という体制であった。育種技術がいまだ発展段階にあり,交雑育種の技術をもった人材が不足していたことが,こうした体制を取った理由である。

昭和 7 年には小麦増殖五ヵ年計画によって,国立の試験地と地方試験場が増設された。初期世代の育成を行う国立試験地として,東北,中国,九州が加わり,既存の鴻巣と合わせた 4 試験地となった。地方試験場も,既存の北海道,岩手,千葉,愛知,岡山,愛媛,佐賀の 7 試験場に,新潟,群馬,奈良,島根,宮崎が新たに設置され 12 試験場へと拡充された(農業発達史調査会編[12])。こうした育種体制は,昭和 22 年に農林省直轄の農事改良実験所へ改組されるまで続き,70 の農林品種が登録されている。



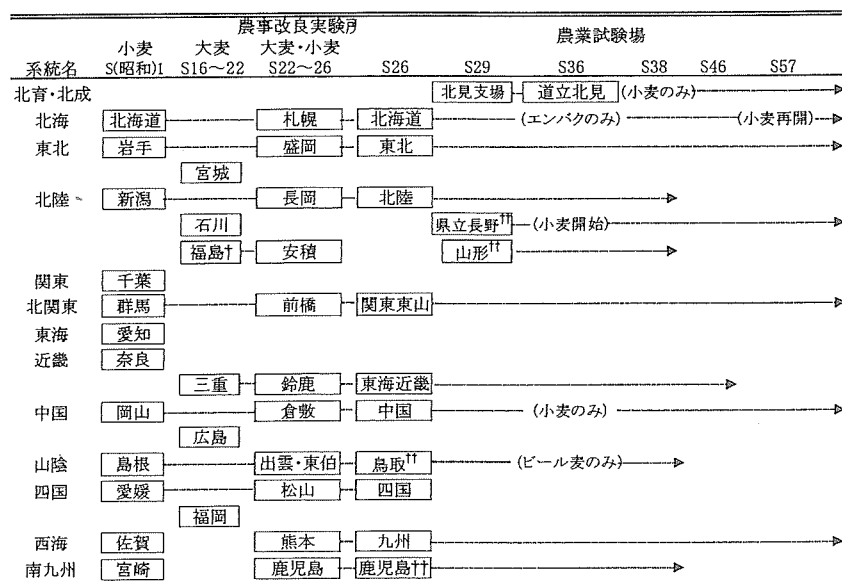
第 2 図 昭和 22 年までの小麦育種組織

資料) 農業発達史調査会編『日本農業発達史』[12]より転載。

2) 農林 71 号以降の育種体制

戦時中からの食料需要の高まりの中で,特に大麦に対する需要が増大し,それまでの小麦育種の地方試験場は大麦の地方試験場とともに,昭和 22 年,農林省直轄の 11 の農事改良実験所に改編された。前期も含む創設以来の変遷を,第 3 図に示した。交雑育種法が普及するとともに,翌年の昭和 23 年からは,それまで国立試験場が担っていた初期世代の育成も含めた全世代の育成が,各実験所によっておこなわれるようになり,その後,こうした育種方法が継続されている。

終戦後の昭和 26 年,試験研究制度は再び整備統合され,小麦育種では北海道など 8 つの地域農業試験場(以下,地域農試と呼ぶ)が設置された。その後,これら国立の地域農試とともに,北見,長野が指定試験地として併設される,という育種体制が整った。途中,北陸や東海近畿が廃止されるなど若干の再整備がみられるが,農林番号でみれば現在,71 から 160 まで 90 の品種が登録されている(川嶋[10])。



第3図 小麦育種組織の変遷

資料) ムギの品種生態〔11〕, 川嶋〔10〕より転載。

註) †福島の大麦試験は、昭和2年開始, ††は大麦育種のみを示す。

4. 農林登録品種の来歴と遺伝資源共有度

小麦の育種体制の変遷を踏まえた上で、農林70号までを育成した前期と、71号以降を育成している後期にわけ、その来歴を整理することで、スピルオーバーを把握する。具体的には、育成された農林品種の登録地を「提供先」として表頭に示し、交配にもちいられた母本、父本(以下、すべて母本と呼ぶ)は、その系統名から育成地を調べ、それぞれ0.5として、「提供元」の各試験場に配分、表側に示した。

改良品種の来歴をつかうことについて、前述のスピルオーバーに関する既存研究に照らして考えれば、種子に体化された技術知識のみを把握することに留まり、論文などの成文化(codified)された技術や、研究者に蓄積された知識、研究者同士の交流から生じる知識などは含まれないといえる。また、他の作物の研究成果、例えば、防除や土壌に関する技術知識についても、考慮されないといえる。

しかしながら、種子は、それら全てを集約した研究成果物であり、その成果を得るに当たっては、他の研究機関の研究成果を費用負担することなく利用し、また、利用されていることから、研究機関同士のスピルオーバーを把握するという目的の下では、来歴は有用と考えた。

以下の分析では、前述の育種制度を踏まえて農林70号までの前期と、71号以降の後期とにわけ、遺伝資源の流れをみていく。さらに、登録時の育成場所に従って、前期は第2次育種過程(前掲第2図)を担当した道および県立の研究機関を、後期は国立の地域農試をひとつの研究機関、指定試験地である北見および長野の試験場をそれぞれ独立した研究機関とした。

1) 前期(農林70号まで)

前期について、来歴を第1表に整理した。来歴の不明なものを除く64.5品種(相当)数について示している。太線は、前期の育種制度(第2図)でみた第2次育種過程の各グループを示す。

全般に太線内のみ、数字が入っている。これは、グループ内では育種材料の交換が進んでいたが、グループを越えての交換はあまり活発におこなわれていなかったことを示す。育成する世代によって試験場が異なるという制度の下では、後期世代の育成を担当していた各試験場は、育種設計などの交配に関わるのが少なく、育種材料を積極的に探査することはなかったと考えられる。したがって、他の試験場の研究成果を利用することも少なく、スピルオーバーは小さかったといえる。

第1表 農林登録品種の来歴（前期 農林番号 70 まで）

から		品種育成地(提供先)											品種数	
		北海道	岩手	新潟	千葉	群馬	愛知	奈良	岡山	島根	愛媛	佐賀	宮崎	(%)
母本・父本の育成地(提供元)	北海道	2.0	2.0	3.0										7.0 (10.9)
	岩手		0.5	0.5		0.5								1.5 (2.3)
	新潟	0.5		0.5										1.0 (1.6)
	千葉			0.5										0.5 (0.8)
	埼玉					0.5	0.5	1.0		0.5		0.5		3.0 (4.7)
	群馬					1.0								1.0 (1.6)
	愛知					1.5								1.5 (2.3)
	岡山							1.0						1.0 (1.6)
	佐賀													1.0 (1.6)
	福岡							0.5	0.5					1.0 (1.6)
	畿内		0.5											0.5 (0.8)
	鴻巣		1.5	2.0	0.5	1.0	2.0	1.0		0.5	1.0			9.5 (14.7)
	海外	1.0	4.0		1.0	1.5								7.5 (11.6)
日本品種計	1.0	3.5	2.0	1.0	1.5	2.5	5.0	1.5	1.0	3.0	5.0	1.5	28.5 (44.2)	
品種数	4.5	12.0	8.5	2.5	8.0	5.0	8.5	1.5	2.0	4.0	6.0	2.0	64.5	
日本品種内訳	白肌2号	0.5												
	フルツ達磨・資選1号		1.5											
	三沢2号							1.0						
	白三沢			0.5										
	赤坊主								0.5					
	早生小麦・白達磨	0.5	1.5		0.5	0.5								
	伊賀筑後オレゴン										0.5			
	單配		0.5											
	白チャボ				0.5									
	新中長			1.5		1.0	1.0	1.5		0.5		2.5	1.0	
優勝旗						1.0	1.0	1.0		1.0	1.0			
江島神力						0.5	1.5		0.5	1.5	1.5	0.5		

資料1) 農林水産技術会議事務局『表類の新品種』より作成。

2) 日本品種については、農林省関東東山農業試験場『表類品種一覧(昭和34年)』を参照。

註1) 各品種に母本、父本をそれぞれ0.5として各試験地に配分した。よって各合計の品種数は品種に相当する数を示す。

2) カッコ内の数字は、品種数64.5に対する割合で、すべてパーセントで示している。

3) 来歴がない場合は、空欄とした。

4) 日本品種の取寄地は、それぞれ白肌2号(北海道)、フルツ達磨・資選1号(岩手)、三沢2号(宮城)、白三沢(茨城)、赤坊主(埼玉)、

早生小麦・白達磨(神奈川)、伊賀筑後オレゴン(長野)、單配(山梨)、白チャボ(東海)、新中長(兵庫)、優勝旗(岡山)、江島神力(福岡)である。

ただし、交雑育種法を先進的に採用していた国立試験場の、特に鴻巣試験地についてみると、提供先の試験場は、北海道は含まれないものの、岩手から愛媛までの広範囲に渡っており、提供数も品種相当数にして9.5、全体の14.7%を占めている。こうした鴻巣の結果から、交雑育種法の採用が進むにつれて、気候条件などの地域差を徐々に克服し、結果として研究成果の利用範囲、すなわちスピルオーバーは拡大するであろうことを示唆していると考えられる。

最後に前期の来歴で特徴的なのは、品種数の44.2%を占める28.5品種が「日本品種(註2)」に依存していることである。なかでも、基幹品種として頻繁に利用された新中長や江島神力は、特に愛知以南で用いられている。群馬以北では、海外からの導入品種も多く用いられ、地域によって利用できる品種に差がみられた。

2) 後期(農林71号以降)

前期と同様に、農林登録品種の来歴を第2表に整理した。後期の育種制度に従って、地域農試と指定試験地にわけている。前期に比べると、海外や日本品種の利用が減少し、地域農試や指定試験地での育成品種を用いた品種が増加している。

育種材料の交換が最も多くみられるのが、「地域農試から地域農試へ(註3)」で、全体の57%を占める。とりわけ東北以南では数も多く、範囲も広い。地域農試間の材料交換が、量・範囲、ともに拡大したことは、仮に、前期のように道府県毎に新品種の開発をおこなっていたとすれば、互いに近隣県の研究成果に期待し、研究開発投資は減退していたと考えられる。すなわち、各地の試験場を国の機関として統合したことで、スピルオーバーが内部化され、研究開発の促進に貢献したと考えられるのである。

次に、「地域農試から指定試験地へ」についてみてみよう。長野は、総品種数5.5のうち5品種相当を地域農試から得ており、地域農試→長野のスピルオーバーは大きいと考えられる。逆に北見では、品種相当数11.5の

うち、地域農試からの提供は、2.75 と少なく、スピルオーバーは大きいとはいえない。

このように、同じ指定試験地であっても、スピルオーバーの大きさは異なり、長野が他の試験場の成果を利用し易い環境にあるのに対し、北見は利用し難い環境にあることが明らかとなった。

ちなみに、「指定試験地から地域農試へ」をみると、長野については、地域農試への提供は全くみられず、北見の提供先も広い範囲に渡ってはいないものの、その数は 2.5 相当と少ない。よって、地域農試が、指定試験地の研究成果を利用することはあまりない。以下では、スピルオーバーを試験場間の遺伝資源共有度に読み替え、指標をもちいてみていく。

第 2 表 農林登録品種の来歴 (後期 農林番号 71 以降)

母・父本の育成地(提供元)		から	品種育成地(提供先)										品種数 (%)
			地域農試					指定試験地		農事改良実験所			
		北海道	東北	北陸	関東	近畿	九州	北見	長野	鹿児島	出雲	畛傍	
地域農試	北海道							0.5					0.5 (0.6)
	東北	12.75	0.75	0.5				0.75	0.5				15.25 (17.5)
	北陸	1.0	2.25						0.5				3.75 (4.3)
	関東	2.0	0.5	3.75			2.5	0.5	3.0				12.25 (14.1)
	近畿			1.75	3.5	3.0		0.5	0.5		0.5	0.5	10.25 (11.8)
	九州			2.0	3.5	10.0		0.5	0.5	1.0			17.5 (20.1)
	合計			49.75	(57)			2.75(3)	5(6)				
指定試験地	北見	0.5	0.5			0.5	1.0	7.25					9.75 (11.2)
	長野								0.5				0.5 (0.6)
	鹿児島						0.5			2.0			2.5 (2.9)
	山陰					0.5					1.0	0.5	2.0 (2.3)
	合計			3.5	(4)			7.75	(9)				
海外		1.0	1.75				0.5	1.5					4.75 (5.5)
日本品種					0.5	1.0	0.5			5.5	0.5		8.0 (9.2)
品種数		1.5	18.0	3.5	8.5	9.0	18.0	11.5	5.5	8.5	2.0	1.0	87.0
日	北見春						0.5			5.0			
本	埼玉小麦29号												
品	新中長				0.5	1.0					0.5		
種	熊本小麦1号変									0.5			

資料) 第1表と同じ。

註1) 指定試験地北見は支場(昭和29～36)を含む。

2) 日本品種の取寄地はそれぞれ、北見春(北海道)、埼玉小麦29号(埼玉)、新中長(兵庫)、熊本小麦1号変(熊本)である。

3) 近畿は、中国、四国を含む。

4) カッコ内の数字は、品種数87に対する割合で、すべてパーセントで示している。

3) 遺伝資源の共有

ここでは、育種材料など遺伝資源の共有から、スピルオーバーを数量的に把握していきたい。もちいる指標は、畜産分野で個体間の遺伝的近さを示す際にもちいられる近縁係数で、品種 i と j の間の近縁係数 R_{ij} は、以下のとおり求められ、 n_i, n_j は各品種の共通母本までの世代数、 k は共通する母本の数である。ただしここでは、一世代前までのみを考慮した(註 4)。近縁係数の研究制度への応用には、Falck-Zepeda and Traxler[5]がある。

$$\text{近縁係数 } R_{ij} = \sum_{k=1}^k [(0.5)^{n_i + n_j}]$$

いま例として、品種 A と B の近縁係数を求める場合、各母本から 0.5 ずつ遺伝し、仮に品種 A と品種 B の母本が、あるひとつの共通母本(この場合は共通育成地)をもつとすれば、 $R_{AB} = 0.5^2$ となる。係数は 1 からゼロの間をとり、同一品種間(R_{AA} など)の場合のみ 1.0 となる。係数は、全ての組み合わせで計算するため、来歴

では材料交換がみられなかった試験場同士についても、値を示すことができるのが特徴である。

ただし、2つの研究機関間をひとつの係数で示すため、例えば、後期でみられたような、指定試験地は地域農試の研究成果を多く利用するか、その逆はあまりみられない、といった流れの方向によってスピルオーバーの大きさが異なる可能性について、考慮することはできない。

試験場ごとに集計した近縁係数を、前期は第3表に、後期は第4表に示した。前期は各試験場を単独の独立した試験場と捉え、後期は、国の試験場はひとつの機関とみなして計算している。以下、係数を遺伝資源共有度と称する。

第3表 遺伝資源共有度（前期 農林番号70まで）

	北海道	岩手	新潟	千葉	群馬	愛知	奈良	岡山	島根	愛媛	佐賀	宮崎
北海道	0.34	0.07	0.17	0	0	0	0	0	0	0	0	0
岩手		0.12	0.08	0	0.003	0	0	0	0	0	0	0
新潟			0.30	0	0.004	0	0	0	0	0	0	0
千葉				0.5	0	0	0	0	0	0	0	0
群馬					0.14	0	0	0	0	0	0	0
愛知						0.25	0	0	0	0	0	0
奈良							0.15	0	0	0	0	0
岡山								1.0	0	0	0	0
島根									0.50	0	0	0
愛媛										0.25	0	0
佐賀											0.17	0
宮崎												0.50

前期は、対角線以外ではゼロが多く、他の試験場との共有はほとんど進んでいない。ただし、新潟以北で若干の共有がみられ、元々在来種などに乏しい地域であることから、比較的積極的に材料探索をおこなっていたと考えられる。

次に後期をみていくと、共有度は前期に比べ大幅に上昇している。地域農試(図中、細線内)はひとつの研究機関としたため、値は高くなる傾向にあるが、とくに北海道を除く東北以南の共有度は0.5以上を示した。したがって、これらの地域農試は、同じ国の機関の中でもとりわけ共有しやすい環境にあったといえる。一方で、地域農試の北海道については、他の地域農試との共有度は0.2前後の値を示し、その他が0.5前後であることからすれば低く、おなじ研究機関内であっても研究成果の共有は難しいといえる。

第4表 遺伝資源共有度（後期 農林番号71以降）

	北海道	東北	北陸	関東	近畿	九州	北見	長野	その他
北海道	0.63	0.24	0.20	0.19	0.19	0.20	0.25	0.11	0.18
東北		0.58	0.61	0.55	0.53	0.53	0.17	0.33	0.53
北陸			0.78	0.61	0.58	0.58	0.16	0.36	0.58
関東				0.61	0.54	0.53	0.15	0.33	0.55
近畿					0.56	0.51	0.17	0.31	0.52
九州						0.53	0.16	0.31	0.51
北見							0.35	0.08	0.14
長野								0.45	0.31
その他									0.66

次に、破線内の「指定試験地」と「各地域農試」の共有度についてみると、北見は対地域農試のなかでも北海道との共有度が0.25と比較的

高いが、他の地域農試との共有度は0.16前後となった。逆に、長野は北海道との共有度は0.1と低いものの、他の地域農試との共有度は0.3前後と高くなった。よって、長野と北見では遺伝資源を共有できる地域農試が異なり、またその共有度も異なることが示された。右下実線内、「北見と長野」の指定試験地同士の共有度は低い。

以上から、北海道はスピルオーバーの小さい地域であることが確認できるが、交雑育種法の導入によって、

遺伝資源の共有範囲が拡大したにもかかわらず、こうした結果となったのは、北海道特有の気候条件によるものと考えられ、現行の技術の下ではいまだ、他の地域の研究成果を利用し難い環境にあることが明らかである。

5. まとめ

本稿の目的は、小麦育種制度における戦後の改編について、歴史的変遷を踏まえた上で、スピルオーバーの概念をもちいて分析することであった。

交雑育種法が確立された後におこなわれた育種制度の再整備は、各地に点在した道府県立の農業試験場を、国の機関としてひとつに統合し、中央集権的な研究制度としたことで、遺伝資源の共有が進み、新技術の導入による潜在的なスピルオーバーを内部化したと考えられ、技術進歩による制度革新といえる。今後も、育種など研究開発制度は、育種技術の発達とともに変化していくことが必要となるであろう。

- (注 1) 農業の場合、スピルオーバーは技術移転と読みかえられている場合も多いが、ここでは、スピルオーバーで統一している。
- (注 2) 呼び名については、農林省関東東山農業試験場『麦類品種一覧』に従い「日本品種」とした。
- (注 3) 地域農試は、農林(水産)省直轄のひとつの研究機関であり、費用負担者が同一であることから、スピルオーバーとは呼べない。しかしながら、研究制度を前期と後期にわけて比較するという課題の中で、重要な部分であることから一貫した用語として「スピルオーバー」をもちいた。
- (注 4) 計算には、畜産草地研究所作成の COEF プログラムを利用した。

引用文献

- [1] Akino, M., and Y. Hayami. "Efficiency and Equity in Public Research: Rice Breeding in Japan's Economic Development." *American Journal of Agricultural Economics*, 57(February 1975):1-10.
- [2] Bottazzi, L., and G. Peri. "Innovation and spillovers in regions: Evidence from European patent data." *European Economic Review*, 47 (2003): 687-710.
- [3] Evenson, R.E.. "Agricultural Technology Spillovers." *Public-Private Collaboration in Agricultural Research*. Fuglie, and Schimmelpfennig, eds. Iowa State University, 2000.
- [4] Evenson, R.E., and Y. Kislev. "Agricultural Research and Productivity." Yale University Press, 1975.
- [5] Falck-Zepeda, J., and G. Traxler. "The Role of Federal, State, and Private Institutions in Seed Technology Generation." *Public-Private Collaboration in Agricultural Research*. Fuglie, K. O., and D. E. Schimmelpfennig, eds. Iowa State University, 2000.
- [6] Fuglie, K. O., C. A. Narrod, and C. Neumeyer. "Public and Private Investments in Animal Research." *Public-Private Collaboration in Agricultural Research*. Fuglie, K. O., and D. E. Schimmelpfennig, eds. Iowa State University, 2000.
- [7] 藤井陽子・長南史男・近藤巧 「わが国の小麦品種改良と試験地間スピルオーバーに関する分析 -遺伝資源共有度からの接近-」『農経論叢』第61集, 2005, pp.171-181.
- [8] Griliches, Z. "Issues in assessing the contribution of R&D to productivity growth." *Bell Journal of Economics* 10(1979): 92-116.
- [9] Jaffe, A. B., M. Trajtenberg, and R. Henderson. "Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations." *Quarterly Journal of Economics*, 10(1993): 577-598.
- [10] 川嶋良一監修・「新編 農作物品種解説」, 農業技術協会, 1984.
- [11] ムギの品種生態, 「畑作全書 ムギ類編: 基礎生理と応用技術」, 農山漁村文化協会, 1981.
- [12] 農業発達史調査会編 「日本農業発達史 改訂版」, 中央公論社, 1978.
- [13] 折原直 「日本の麦政策—その経緯と展開方向—」, 農林統計協会, 2000.
- [14] 崎浦誠治 「稲品種改良の経済分析」, 養賢堂, 1984.