



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	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
Author(s)	藤井, 陽子; FUJII, Yoko; 長南, 史男 他
Citation	北海道大学農経論叢, 61, 171-181
Issue Date	2005-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11283
Type	departmental bulletin paper
File Information	61_p171-181.pdf



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—

藤 井 陽 子・長 南 史 男・近 藤 巧

Wheat Breeding Research and its Spillover Effect among Research Institutes in Japan : The parentage coefficient approach

Yoko FUJII, Fumio OSANAMI and Takumi KONDO

Summary

The breeding and development of new wheat varieties has become more important than ever as one of the tools to increase domestic production. In this paper, we presented the problems of wheat breeding, and we have shown that the spillover has been affected by the climate difference. We presented suggestions for the efficient allocation of the research resources among institutes.

We found that the spillover effects are not uniform throughout the institutes and MAKISEI is the key factor to explain that difference. Furthermore, it was shown that institutes other than Hokkaido and Higashiyama could share the same gene resources. This fact indicates that the integration of the research result among these institutes could realize the more efficient allocation of resources. Also, this explains why Hokkaido and Higashiyama have been the designated institutes.

1. はじめに

コメの消費が減少する中で、小麦の重要性は増し、食の安全、食料安全保障への不安からも、国内産小麦の増産が求められている。とくに、実需者からは国内産小麦に対する質の向上が求められており、新たな品種の開発も含め、品種改良の重要性が増している。

歴史的にみれば、わが国は増加する小麦需要に対して輸入することで対応してきた。その結果、1960年代から70年代前半にかけては、国内生産の稲作重視とあいまって自給率は40%から5%を下回るまでに低下した。その後、小麦全体の需要量の伸びが停滞する中で、転作奨励作物として位置づけられたことから、国内の小麦作付けが増加、自給率は15%まで回復した。しかしながら、現在も低位で推移している。

わが国の小麦作については、転作、裏作での小麦作を中心とする都府県と、畑作地帯での小麦作

のふたつに大別される。そして、近年始まった麦の民間流通は、品質を反映した価格設定がなされることを目的としており、「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」など、国内産小麦の品質向上が指向され、新たな品種改良目標が設定されている（折原〔11〕）。

そこで本稿では、小麦の品種改良に注目し、小麦輸入量の推移および国内産小麦との品質格差から、自給率向上に求められる品種改良の課題を示す。その上で、小麦の試験研究体制をスピルオーバーに照らしながら分析していく。

小麦は、農家の自家採種が可能であるなど、研究成果の専有可能性が低いことから、従来から公的機関によって担われてきた。本稿では、これをさらに試験地ごとのスピルオーバーとして分析し、現行の試験研究体制に照らした考察をおこなう。具体的には、スピルオーバーが、おもに気候条件に制限されることを確認する。その上で、遺伝資

源共有度から試験地間の相互関係について明らかにし、試験研究における効率的な資源配分を達成するための示唆を与えることを目的とする。

2. 既存研究

わが国の品種改良について、おもにコメを対象に多くの研究蓄積がある。まず研究開発段階について、秋野〔1〕が、品種改良が外貨節約に貢献したことを示し、さらに、指定試験制度の効率性について農業研究の公共財的属性から、成功であったとした。

次に技術普及については、崎浦〔12〕が、コメの普及品種について戦前から戦後までの歴史的な推移と、北海道稲作への品種改良の貢献など、地理的な動向を詳細に調べ、わが国のコメ生産普及過程を明らかにしている。

そして、正の外部性であるスピルオーバー「効果」について、渡辺〔13〕は、ある試験場における研究成果が、他の地域における稲作生産に与える影響としてスピルオーバー「効果」を計測し、その存在を指摘している。スピルオーバー効果は、ある試験場の研究成果が、研究開発費用を負担しない他地域における試験研究及び生産部門の平均費用を低下させる、といった他地域に意図せず貢献するものとして捉えられる。

以上は、わが国の稲作を対象とし、公的な試験研究制度について分析したものである。ところで近年の動向として、機械技術に続き品種改良などの生物的技術についても、バイオ技術の進展や特許をはじめとする知的所有権の整備によって、とりわけ欧米先進国において、多国籍企業をはじめとする民間機関による研究開発への進出が活発になっている。

こうした研究開発段階における変化は、研究成果である技術知識の公共財としての側面のうち、排除性が高められる、すなわち専有可能性（*appropriability*）が上昇する、ことによってもたらされている。そして、これらの新技術や制度によって促進される私的研究機関の参入は、従来のおもな担い手である公的機関の役割を変化させると考えられる。すなわち、公的機関と私的機関において、研究分野や研究内容の過度の重複を避けるなど、研究資源の効率的な配分を達成するため

に、両者の連携および役割分担が求められているのである。

わが国の小麦育種においても全面的に公的機関が担当してきた。しかし近年では民間機関の育成による改良品種が登場しており、今後、こうした私的研究機関との連携も考える必要がある。

その上で、重要となるのが技術知識のスピルオーバーである。スピルオーバーが大きいほど私的機関では投資が起こりにくいことから、公的機関による投資がおこなわれる。端的に言えば、スピルオーバーの大小によって、研究開発の担い手が異なり、したがって、その把握は、今後の研究体制を左右する重要な課題である。

そうした中、以下のふたつの既存研究でみられるように、品種登録や特許データを使い国間や地域間におけるスピルオーバーの把握が試みられている。

Evenson〔2〕は、国同士のスピルオーバーについて、特に遺伝形質（*germplasm*）など応用範囲の広い研究について、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（または中央集権的）に進める方が効率的であるとしている。また、こうした研究内容の違いによる担い手の違いは、アメリカ国内でのUSDA（アメリカ農務省）とSAES（州レベルの研究センター）の関係にもみられるとしている。

さらに、スピルオーバーは研究分野によっても異なることが指摘され（Fuglieら〔6〕）、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。したがって、仮に研究主体を各州に分散すれば、投資意欲を減退させることにつながる」と指摘する。

以上から、スピルオーバーは研究内容や分野、研究成果の性質によって決まり、さらにそのスピルオーバーの大小によって研究の担い手が規定されるといえる。

3. 小麦の品質と育種

1) 輸入小麦との品質格差

小麦品種改良を進める背景には、自給率向上の目標があることは述べた。そこでまず、小麦の輸入量の推移について種類別にみていくと（図1）、特に1970年代半ばにかけて、硬質小麦の伸びが著しいことがわかる。表1に小麦と小麦粉の種類を用途別に示したように、小麦はタンパク質含有量によって軟質から硬質まで分かれ、その含有量によって主な用途が決定する。硬質小麦の主な用途はパン用である。

小麦はもともと明治の頃から輸入されていたが、輸入開始時から用途の違いは明らかであり、したがって、食の西洋化を背景として、硬質系小麦への需要は増大したのである。

そして、こうした硬質小麦の生産が日本の気象条件に合わなかったことも、輸入が増加した要因のひとつであり、藤田〔5〕によれば、硬質系小麦の育成は戦前、わずかに4品種、農林登録されているだけで（硬質小麦農林35号、40号、41号、42号）、パン用の硬質小麦の開発はほとんど進められてこなかったのが実情である。

したがって、自給率の低下は、国内での生産量減少も要因のひとつであるが、同時に品種の違いから国内での生産に限界があったことも理由のひ

とつと考えられる。

次に国内で生産される小麦について品質からみていくと、表1にあるように、日本の小麦は普通小麦に分類でき、おもな用途はうどん用で、オーストラリアのASWと競合している。オーストラリアからの輸入量の推移は図1に示した普通小麦ではほぼ示され、年々輸入量は増加していることがわかる。うどん用の普通小麦が国内で生産されるにもかかわらず、輸入が増加する背景には、品質の違いがあると考えられる。そこで、オーストラリアと日本の普通小麦の品質について、表2に示した（註1）。

各品質の目安となる値とともに示した。ASWはすべての項目で目安となる値に近い、容積重やミリングスコアではホクシンがASWに近い値を示すものの、全体としてASWが国内産小麦の品質を上回っていることがわかる。また、国内産小麦同士で比較してみると、都府県の主要品種である農林61号は、灰分、たん白において、産地にかかわらず目安となる値を満たしておらず、都府県の主要品種は、北海道の畑作小麦の主要品種であるチホクやホクシンとも品質面で格差がみられる。

以上から、自給率向上のための小麦品種改良について、品種および品質面からみれば、ふたつの課題があろう。ひとつは先に示したパン用小麦な

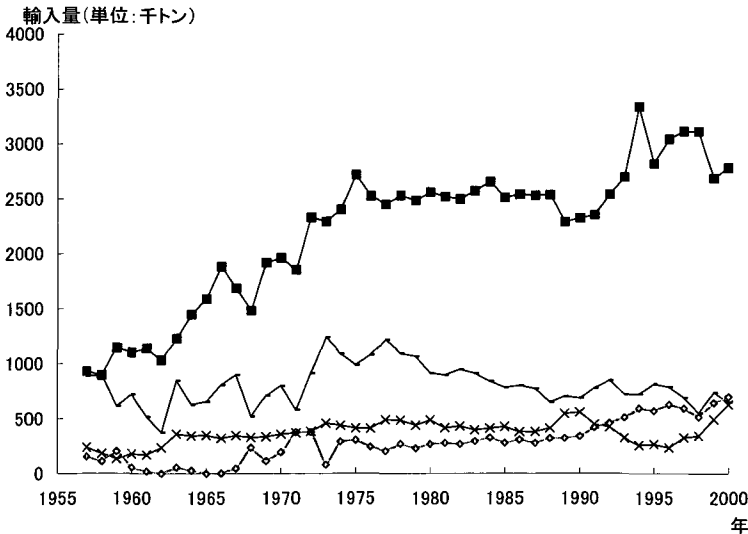


図1 原料小麦の質別輸入割合の推移

資料) 食糧庁『食糧管理統計年報』『食料統計年報』より作成。

表1 小麦の用途と銘柄

小麦粉種類 (用途)	原料小麦の種類 (たんばく質量)	産地	銘柄	副銘柄 (たんばく質量)
強力小麦・強力粉 (パン・菓子パン)	硬質小麦 (多い)	アメリカ	HRW HRS	HRW (13.0%以上) ダークノーザンスプリング ウェスタンレッドスプリング プライムハード
		カナダ オーストラリア		
準強力小麦・準強力小麦粉 (中華めん)	準硬質	アメリカ	HRW	HRW (11.5%以上～13.0%未満) HRW (11.5%以下)
普通小麦・普通小麦粉 (日本めん)	普通・軟質	オーストラリア 日本	ASW	スタンダードホワイト 普通小麦
薄力小麦・薄力小麦粉 (ケーキなど菓子)	軟質 (少ない)	アメリカ	ソフト ホワイト	ウェスタンホワイト

資料) 長尾精一「小麦の科学」より作成。

註) HRW はハードレッドウィンター, HRS は同じくスプリングである。

表2 小麦の品種・産地別品質評価

品種(産地)	水分(%)	灰分(%)	たん白(%)	容積量(g/l)	ミリングスコア
目安となる値	12.5%以下	1.5%以下	10～11%	高いほどよい	高いほどよい
ASW	9.6	1.3	10.2	815.0	82.6
チホク(網走)	12.4	1.5	10.6	805.3	80.9
ホクシン(十勝)	12.2	1.5	11.4	815.0	83.9
農林61号(群馬)	12.2	1.6	9.7	800.7	80.0
農林61号(滋賀)	12.3	1.6	8.3	791.8	79.0
チクゴイズミ(福岡・佐賀・熊本)	12.4	1.5	9.1	806.0	81.0

資料) 製粉協会技術委員会「国内産小麦の品質評価(主要産地の主要品種)」より作成。

註) 値は平成8年産～13年産の平均値である。

と新たな用途にむけた品種の開発であり、もうひとつは国内で作付けられる普通小麦の品質向上、である。

2) 試験研究制度と育種目標の変遷

ここで、わが国小麦育種目標の変遷について整理していく(ムギの品種生態[8])。わが国の試験研究制度は、生態区分にしたがって各地域に農事試験場を設置し、交配や選抜育種、栽培技術の確立がおこなわれてきた。小麦についても、鴻巣試験場で交配が始まり、その後各地に試験場が設置され、特に昭和36年(1961)からは長野と北海道の北見試験場が小麦の指定試験場となり進められてきた。

小麦の品種改良目標が、どのような変遷を経てきたのかについてみると、本格的な育種事業が始まったのは昭和元年で、赤カビ病などに対する耐病性や耐寒性・耐雪性といった栽培技術の改良に

関するものがおもな目標であった。

その後、昭和20年代(1945年以降)に入り第二次大戦にともなう食糧需給の逼迫とともに、従来の耐病性に加え多収性が追求され、水田裏作の振興とともに早生性が求められるようになった。そして、輸入小麦の品質に触発され品質面での改良が求められるようになる。

昭和30年代(1950年代後半)に入り、従来から倒伏性の改良は進んでいたものの、機械化傾向が強まることによって、機械適性をもつような短稈・強稈性が以前にも増して要求されるようになる。そして、昭和40年代(1960年代)には、品種改良によって稲の移植期が早まったことによって、麦の収穫期と重ならないよう、極早生性が重要となった。

このように、小麦の育種目標は、その時々時代の背景や機械技術の進歩にあわせ、変化してきたのである。現在は、述べたように、品質や加工適

性までも視野にいった新たな品種改良目標が加わっている。

3) 普及品種

次に普及品種についてみておこう。全国の小麦の品種別普及状況を図2に示した。資料は農林水産省「食糧管理統計年報」から麦類の主要品種別作付面積をもちいた。1970年以降、少なくとも30以上の品種が作付されているが、ここでは、主要な品種として2万ヘクタール以上普及したものに限定して示した。

ホロシリ、チホク、ホクシンは北海道の畑作地帯における普及品種である。北海道の普及品種としては、戦後の食糧増産体制の中で、ホクエイが多収品種として誕生し、その後、1970年代にはムカコムギが普及しつつあったが、いずれも作付面積の拡大はなく、ムカコムギが1975年に1万6千ヘクタールまで拡大したのみである。その後、1975年にホロシリの普及が開始されてから作付面積は急速にのびた。しかし、80年代には面積の伸びも飽和し、その後はチホク、ホクシンへと品種交代が進んでいる。春播き小麦については、その間、ハルヒカリ、ハルユタカが開発され、1万ヘク

タール前後で、継続して作付けられている。

一方で、都府県での代表的な普及品種である農林61号については、増減を繰り返しながらも長期にわたって普及していることが分かる。農林61号は1943年に佐賀県農事試験場で育成されたもので、水田裏作用として九州北部を中心に普及し始め、1950年代後半には全国で20万ヘクタールを上回る作付けがなされていたが、近年ではシロガネコムギの普及もあり、九州よりも北関東を中心に作付けられ、全国の作付面積は半減、またはそれ以下となっている。農林61号の普及状況（1991年）については以下の図3に示した。

このように、北海道が10年から15年の単位で品種交代を繰り返すのに対し、都道府県では農林61号が長期的に、広範囲に渡って普及し続け、明白な品種交代がほとんど進んでいないのが現状である。

しかしながら、農林61号の普及状況からわかるように、とくに関東以西で地域差を越えて普及しており、試験地間で研究成果を共有できる可能性が高いことを示唆する。研究成果の共有が可能であるということは、すなわち他地域の研究成果を期待し利用することができることを示す。以下で

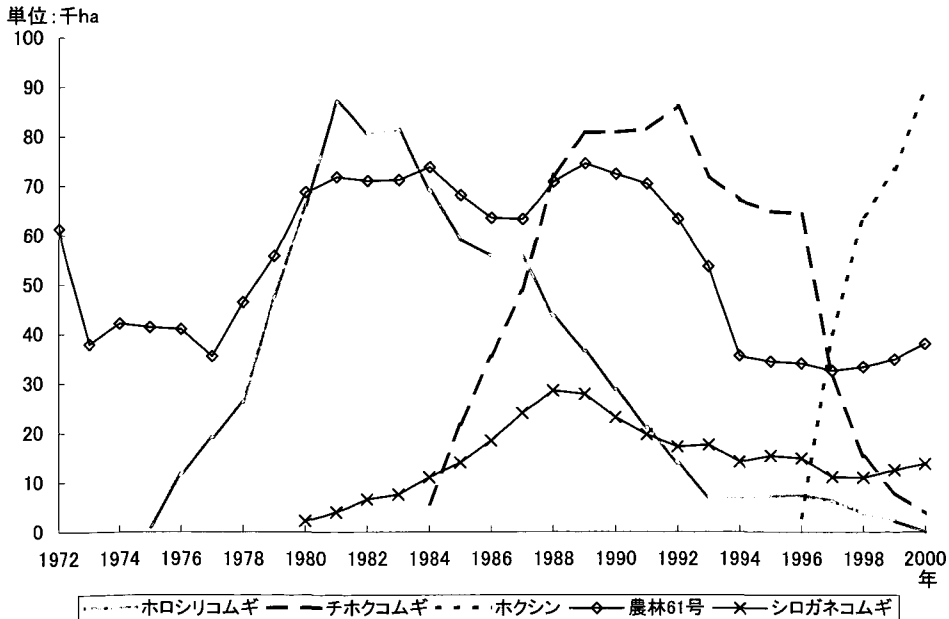


図2 小麦の品種別作付面積の推移

資料) 食糧庁「食糧管理統計年報」「食糧統計年報」「麦類の主要品種別作付面積」より作成。

は、農林登録品種をもちいて、試験地間スピルオーバーと遺伝資源共有度から具体的にみていくこととする。

4. 試験地間スピルオーバーと播き性程度

ここではまず、農林登録品種の来歴をもちい、試験地間のスピルオーバーをみていく。現在（2004年時点）登録されている品種は160品種にのぼるが、来歴が不明（註2）な品種もあり、ここでは141の品種を利用した。これら141の品種について、母本、父本の登録または育成された試験地（註3）を、それぞれを0.5として育成地に配分した上で（表3）、品種（相当）数に占める各品種登録地の割合を試験地間スピルオーバーとしてみていく。

研究開発費用を負担せずに成果を取り入れる場合を、スピルオーバーと定義する。わが国の試験研究制度における費用負担者でいえば、国立と各都道府県の試験機関があり、両者の間にスピルオーバーが生じる可能性があることから、そうした単位でみていくことが望ましい。しかしながら試験研究制度が年代によって変化することから、

本稿ではより詳細な1試験地を単位としてスピルオーバーをみていくこととする。

表頭に育成した試験地の名前を、表側には、育成にもちいられた母本、父本の育成地を示した。品種合計が139.5となっているのは、放射線処理をした品種を3つ含み、それぞれに父本がないためである。

全般に対角線上に数字が入り、自試験地内での導入が最も多く、他試験地への提供はそれに比べて少ない。植物が地域特性をもつことを考えればごく当然のことであるが、ここでの関心は、各試験地の他試験地提供割合の違いであり試験地によるスピルオーバーの差について以下で考察していく。

まず、試験地ごとに他のいくつかの試験地に育種材料を提供してきたかをみるために、提供元別の提供先試験地数についてみていこう。もっとも多く他試験地に母本・父本を提供しているのが関東である。関東で育成された品種は、他のすべての試験地で育種材料として採用され、品種の広域適応性が極めて高いことがわかる。

関東以外の試験地については、九州、北陸、北海道、東北の順で提供先試験地数が多いが、提供

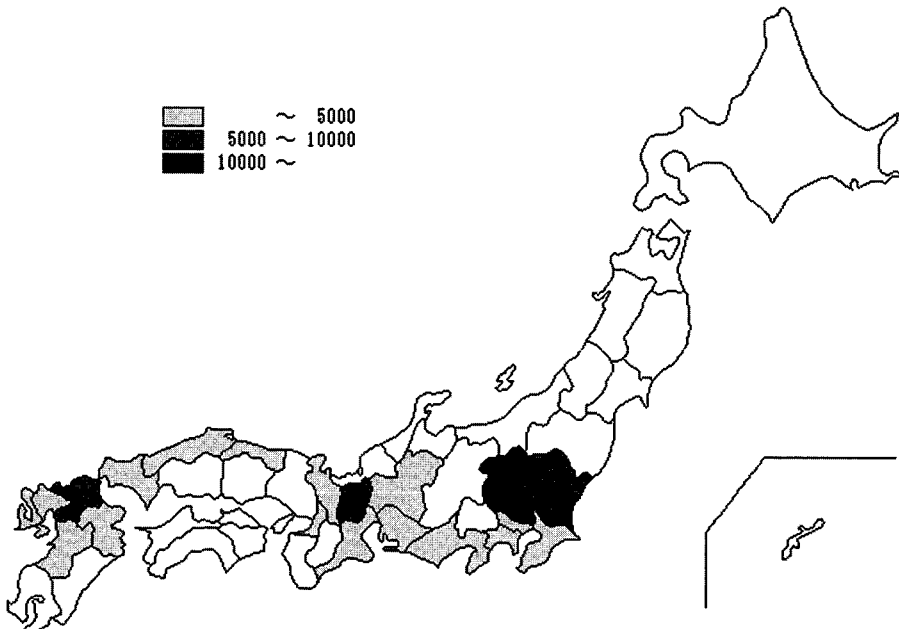


図3 農林61号の都道府県別作付面積（1991）（単位：ha）
資料）食糧庁「食糧管理統計年報」より作成。

表3 農林登録品種の来歴とその配分

		品種登録地（提供先）									
から	北海道	東北	関東	東山	北陸	東海・近畿	中国	四国	九州	品種数	
北海道	12.5 (65.8)	2.5 (13.2)			3 (15.8)		0.5 (2.6)		0.5 (2.6)	19	
東北	1 (5.6)	14 (77.8)	1.5 (8.3)	0.5 (2.8)	1 (5.6)					18	
関東	1 (3.3)	5 (16.5)	10.5 (34.7)	0.75 (2.5)	3.5 (11.6)	4 (13.2)	1.5 (5.0)	1 (3.3)	3 (9.9)	30.25	
東山		0.5 (13.3)		2.75 (73.3)				0.5 (13.3)		3.75	
北陸	0.5 (9.1)	0.5 (9.1)	0.5 (9.1)	0.5 (9.1)	2.5 (45.5)	1 (18.2)				5.5	
東海・近畿			3.5 (46.7)	0.5 (6.7)		1.5 (20)	1 (13.3)		1 (13.3)	7.5	
中国			3 (17.6)			3.5 (20.6)	5 (29.4)		5.5 (32.4)	17	
四国							1	1	(100)		
九州			3 (10.7)	0.5 (1.8)		2 (7.1)	4 (14.3)	1.5 (5.4)	17 (60.8)	28	
海外	2 (21.1)	4.5 (47.4)	2.5 (26.3)						0.5 (5.3)	9.5	
品種数	17	27	24.5	5.5	10	12	12	3	28.5	139.5	

資料）農林水産技術会議事務局「麦類の新品種」より作成。

註1）各品種の母本，父本をそれぞれ0.5として各試験地に配分した。よって品種数も，品種相当数となる。

註2）来歴がない場合，空欄とした。

註3）カッコ内の数字は，母本または父本の提供元試験地ごとの提供先別割合である。

先は比較的近隣の試験地に留まっているといえる。

次に，各提供先試験地の割合，すなわち試験地間スピルオーバーについてみていこう。北海道，東北，九州は，自地域での導入割合がそれぞれ65.8%，77.8%，60.8%と高く，他試験地への提供割合は比較的低い。したがって，スピルオーバーは小さいと考えられる。

提供先試験地数が最も多かった関東については，自試験地での導入割合が34.7%と北海道などに比べて低く，逆に他試験地への提供割合は，東北へ16.5%，東海・近畿へ13.2%，北陸へ11.6%と比較的高くなっている。したがって，関東は北海道などに比べれば，スピルオーバーが大きいといえる。

その他，東海・近畿，中国も自試験地割合はそれぞれ20%，29.4%と低く，他試験地への提供割

合は，特に東海・近畿は関東の，中国は九州の割合がそれぞれ46.7%，32.4%と高い。よって，他試験地での研究成果を多く取り入れるなど，スピルオーバーが非常に大きいと考えられる。

以上から，育成試験地によってスピルオーバーの大きさが異なることが明らかであるが，こうしたスピルオーバーの違いは，各地域の気候条件によって制限されと考えられる。そこで，気候条件に反応する小麦の特性との関連についてみていこう。

小麦の植物としての重要な特性のひとつに播き性程度がある。播き性程度とは，低温要求度ともいわれ，冬に一定期間気温が低下することを必要とする特性（註4）で，冬期の気候条件に反応し，適応できない場合には栽培できないこともある。播き性程度は，ここでは，各都道府県で採用され

表4 播き性程度とその地域間の差

	北海道	東北	関東	東山	北陸	東海・近畿	中国	四国	九州
秋播き性	6.0	4.1	1.8	3.8	5.0	2.1	2.0	2.1	1.8
北海道	0								
東北	1.9	0							
関東	4.2	2.3	0						
東山	2.2	0.3	2.0	0					
北陸	1.0	0.9	3.2	1.2	0				
東海・近畿	3.9	2.1	0.3	1.7	2.9	0			
中国	4.0	2.1	0.2	1.8	3.0	0.1	0		
四国	3.9	2.1	0.3	1.7	2.9	0.0	0.1	0	
九州	4.2	2.3	0.0	2.0	3.2	0.3	0.2	0.3	0

資料) 農水省農蚕園芸局編「水陸稲・麦類奨励品種特性表」より作成。

註1) 播き性程度はⅠ～Ⅵで示され、高いほど秋播き性が高い。

註2) 地域別に平均値を示し、東山は長野県の平均、北海道は秋播き小麦のみとした。

註3) 地域間の差は絶対値で示した。

る奨励品種の地域ごとの平均をもちいた(表4)。

播き性程度の地域別平均値は、「秋播き性」として表の一番上に示した。下は各地域間の差である。播き性程度は、北海道(註5)は6.0と最大となり北陸も5.0と高い。それに比べて広域適応性がもっとも高かった関東は、播き性程度が1.8と低く、東海以西の地域と比較的近い値となっていることが注目される。

播き性程度は、気候条件に反応する小麦の特性を表すが、気候条件の差が大きいほど他地域での適応を難しくすると考えられ、したがって、播き性程度の差の拡大が試験地間スピルオーバーを制限するものと考えられる。そこで、地域間の播き性程度の差と試験地間スピルオーバーの関係を明らかにするため、表4の播き性程度の差を説明変数とし、表3でみてきた試験地ごとの他地域への提供割合(試験地間スピルオーバー)を被説明変数(Y)として回帰分析を試みた。

Y = 試験地間提供割合, D = 自試験地ダミー, X_1 = 播き性程度の差である。結果は以下の通りである。

$$Y = 0.134 + 0.318D - 0.04X_1 \quad (5.5) \quad (-2.8)$$

カッコ内の数値はt値で、決定係数は0.44と低いものの、播き性程度の差の係数は-0.04となり、負で有意となった。したがって、播き性程度の差が拡大するほど他地域への提供割合は下がること

が確認でき、播き性程度という気候条件に反応する小麦の特性が、試験地間スピルオーバーを制限する要因のひとつであることが明らかである。

5. 試験地間の遺伝資源共有度

ここまで、試験地によって、スピルオーバーの大きさに差がみられ、さらにそうした差は気候条件に反応する小麦の特性によって制限されることが明らかとなった。次に、こうしたスピルオーバーに関する特徴を踏まえた上で、試験地間の相互関係みていく。

具体的には、スピルオーバーによって育種材料が交換され、結果として遺伝資源の共有が進んでいると考えられるが、スピルオーバーの大きさに差があることを考えれば、共有度は試験地によって異なると考えられ、そうした違いを明らかにしていく。

前出の農林登録品種をもちい、各試験地間の近縁係数を求める。具体的には、各品種間での近縁係数を求め、試験地ごとに集計しその平均を求め遺伝資源共有度としている(註6)(表5)。ただし各品種の父本、母本については、品種名ではなく試験地に置き換えて計算し、父本、母本までの1世代のみを考慮した。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_1 、 n_2 は、共通祖先までの各品種の世代数である。

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

例えば、品種AとBの近縁係数を求める場合、それぞれの父本、母本について育成された試験地を調べ、どちらかでも共通した試験地をもっていれば、父本と母本からはそれぞれ0.5ずつ遺伝していると捉え計算する。仮にAの父本と、Bの父本につかわれた品種が同じ試験場で育成されたものであれば、 $R_{AB} = 0.5^2$ となる。

係数は、同一品種間、すなわち R_{AA} など、の場合についてのみ1.0となる。また、係数を求める2品種が同じ試験地で育成されていても、母本、父本に共通な試験地がなければ係数はゼロとなる。逆に、共通試験地が、 i でも j でもない第3地域であっても、母本、または父本に同じ育成試験地をもっていれば係数は上昇するが、そうした例は稀である。すなわち、試験地がどこであれ、遺伝的にどれだけ近いかを示すものであり、値は1からゼロの間をとる（註7）。

値は小さいほど母本、父本の提供元が同じである確率が低い。したがって、遺伝資源または研究材料の共有度が低く、結果として該当する試験地間のスピルオーバーを制限したと考えられる。同様に、自試験地内の係数が高い場合も、同一試験地内に遺伝資源を求める傾向が強く、他の試験地からのスピルオーバーは期待できないといえる。

一般的に近縁係数は、品種や個体の系譜から遺伝的な近さを明らかにするために用いられる係数

である（註8）が、ここでは、試験地間の遺伝的近さを示すものとして利用した。近縁係数を使った同じような試みにFalck-Zepedaほか〔4〕があるが、係数を品種別に計算した上で、研究機関で集計しており、「品種間」の遺伝的近さに由来する値である。

結果は表5に、各試験地間の係数に加え、各試験地ごとの他試験地との係数についても平均値を示した。まず、対角線上にある自己試験地内の係数をみていくと、北海道、東山、四国が0.4以上となり他の試験地に比べて高い。特に北海道と東山については、他地域との係数も、ともに平均で0.06と低く、他地域と研究資源を共有することが難しかったことを示している。いいかえれば、自己試験地内で改良した品種同士の交配が多く、他の試験地での研究成果をあまり採用できなかったことを示す。

こうした結果は、他地域との遺伝資源の共有という点で、北海道と東山が孤立した状態にあったことを意味する。また、北海道と東山の共有度は、0.01と低く、これら両地域の間の共有も必ずしも進んではない。このように、他からのスピルオーバーが小さいことは、結果として県や道での研究開発を促進したと考えられ、さらに、小麦の指定試験地としてそれぞれの地域に適合した品種改良を進めてきたことは、研究開発の効率性という点から妥当であったといえる。

次に、他地域との遺伝資源共有度が相対的に高

表5 試験地別の小麦遺伝資源共有度

	北海道	東山	東北	関東	北陸	東海・近畿	中国	四国	九州
北海道	0.44	0.01	0.11	0.04	0.23	0.02	0.03	0.03	0.02
東山	0.01	0.42	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.15	0.06
東北	0.11	0.06	0.27	0.11	0.15	0.07	0.03	0.10	0.03
関東	0.04	0.06	0.11	0.37	0.12	0.20	0.16	0.18	0.14
北陸	0.23	0.06	0.15	0.12	0.25	0.13	0.06	0.18	0.04
東海・近畿	0.02	0.06	0.07	0.20	0.13	0.21	0.22	0.24	0.18
中国	0.03	0.04	0.03	0.16	0.06	0.22	0.25	0.22	0.26
四国	0.03	0.15	0.10	0.18	0.18	0.24	0.22	0.50	0.32
九州	0.02	0.06	0.03	0.14	0.04	0.18	0.26	0.32	0.31
他試験地平均	0.06	0.06	0.08	0.13	0.12	0.14	0.13	0.18	0.13
関東以西平均				0.16	0.11	0.19	0.18	0.23	0.19

註) 他試験地平均、関東以西平均はそれぞれ自試験地を除く。

いのが関東および北陸以西である。それぞれ他地域との共有度が0.12以上と高く、北海道・東山の0.06と比べると共有度は2倍である。さらに、これら関東以西地域のみで平均を求めると、地域内での共有度は、北陸をのぞき、より高くなる。したがって、特にこれら関東以西の地域内では、育種材料の共有が比較的容易であることを示唆する。試験地間のスピルオーバーが大きいことによるものであろう。したがって、これら関東以西では、北海道や東山とは異なり、より集約的な研究制度が妥当性をもち、研究の担い手機関の細分化は、研究開発投資の鈍化をもたらすと考えられる。

6. 結論

本稿の目的は、小麦の自給率を向上させる上で課題となる品種改良目標を示し、さらに試験地間スピルオーバーと遺伝資源共有度から、小麦育種体制に関する示唆を与えることであった。

小麦育種については、試験地間スピルオーバーの大きさは試験地によって異なり、スピルオーバーはさらに播き性程度によって制約されることが確認された。

さらに、試験地の相互関係をみていくと、北海道、東山については、他試験地との遺伝資源共有度が低く、指定試験地として地域特有の気候条件に対応した育種がなされてきたことは妥当性をもつことが明らかとなった。また、スピルオーバーが小さいことから、民間機関の参入や連携などを促しやすい環境にあるといえる。

一方で、関東以西地域については、地域内の遺伝資源共有度が高く、スピルオーバーが大きいことを反映したものである。したがって、研究成果を統合・共有することで、広範囲にわたって普及する品種の育成を試みるなど、より集約的な研究体制が可能であろう。

今後、小麦育種に求められる課題は、新たな品種の開発と、作付け品種の品質向上であった。本稿の結果は、従来品種の品質向上には適用されることが考えるが、新たな品種開発については、まず、そうした系統の植物・品種特性を見極める必要があらう。

最後に、本稿では、試験地間での品種交換といった技術的な側面に注目して分析を進めたが、

今後の課題として、各試験地の研究開発投資や生産部門に与える影響を明らかにしていくことが求められる。

(註1) 正確には、国内の小麦が品種であるのに対し、オーストラリアのASWは、品種をブレンドした銘柄である。

(註2) 農林番号や系統名、育成地が不明な母本、父本については、農水省関東東山農業試験場「麦類品種一覧」の昭和34年版から、小麦日本品種をもちいて各地域に配分した。

(註3) 試験地は、各農林品種の旧系統名に従った。

(註4) 具体的には、各品種が必要とする低温要求日数で、日数の多い程、播き性程度は高い。ここでは、各都道府県が奨励品種として採用した品種の播き性程度は各地の気候条件を示すものと捉え、指標とした。播き性は、秋播き性、春播き性ともいわれ、麦特有の特性で稲にはない。播き性程度の、気温や日照時間といった客観的な気候条件を示す指標との対応については、後藤〔7〕を参照のこと。

(註5) 春小麦はのぞいている。

(註6) すべての品種間を対象としたため、 141×141 の近縁係数が求まる。その後、育成地の試験地ごとに集計、平均値を表にした。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。

(註7) 表3では、育種材料の交換実績に基づいて示したものであるが、近縁係数は、すべての品種間について求めているため、実際に交配されていない組み合わせも含めた上で、遺伝資源共有可能性として示した。

(註8) 近縁係数は、畜産、とくに肉牛の遺伝的近さを示す場合に用いられるが、耕種部門については、大里・吉田〔10〕が、コシヒカリと各品種間の近縁係数を求め、食味試験の結果との相関を求め、係数が育種計画の策定に利用できるとしている。このように一般には品種の親同士またはそれ以上遡った世代が共通にもつ品種の割合として捉えられる。

参考文献

- 〔1〕 秋野正勝「農業研究活動の経済分析」森島賢・秋野正勝編著『農業開発の理論と実証』、養賢堂、1982、pp. 1-17.
- 〔2〕 Evenson, R.E., "The Economic Principles of Research Resource Allocation", in *Rice Research in Asia: Progress and Priorities*, ed. By Evenson, R.

- E., R.W. Herdt and M. Hossain, 1996, pp. 73-90.
- [3] Evenson, R.E., "Agricultural Technology Spillovers", in *Public-Private Collaboration in Agricultural Research*, ed. by Keith O. Fuglie and David E. Schimmelpfennig, 2000, pp. 219-243.
- [4] Falck-Zepeda, J. and G. Traxler, "The Role of Federal, State, and Private Institutions in Seed Technology Generation", in *Public-Private Collaboration in Agricultural Research* ed. by Keith O. Fuglie and David E. Schimmelpfennig, 2000, pp. 99-115.
- [5] 藤田雅也 "日本におけるパン用小麦品種開発の 'いま' と 'これから'", 食品工業45 (24), 2002, pp. 54-59.
- [6] Fuglie, K. O., C. A. Narrod, and C. Neumeyer, "Public and Private Investments in Animal Research", in *Public-Private Collaboration in Agricultural Research* ed. by Keith O. Fuglie and David E. Schimmelpfennig, 2000, pp. 117-151.
- [7] 後藤虎男 "コムギの出穂性に関する生態学的ならびに遺伝学的研究", 東北農業試験場研究報告第59号, 1979, pp 1 - 69.
- [8] 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.
- [9] 長尾精一, 「小麦の科学」, 朝倉書店, 1995.
- [10] 大里久美・吉田智彦 "イネ育成系統の近縁係数およびその食味との関係", 育種, 46号, 1996, pp. 295-301.
- [11] 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.
- [12] 崎浦誠治 「稲品種改良の経済分析」, 養賢堂, 1984.
- [13] 渡辺浩史 「公的機関の農業試験研究による技術知識のスピルオーバー効果」, 北海道大学農学部提出修士論文, 2001.