

Comparison of the factors responsible for the wheat yield gap between Japan and Germany

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2019-03-22 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 関根, 久子, 梅本, 雅 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24514/00001588

小麦収量水準格差の形成要因 －日本とドイツの比較分析－

関根久子*1・梅本 雅*2

目 次

I. 日本における小麦収量の低位性.....	31	3. ドイツの小麦作における	
II. 課題への接近方法.....	32	技術的背景と耕種概要.....	40
1. 既往研究の整理.....	32	4. 小麦の品種普及を規定する制度的条件.....	45
2. 分析方法.....	33	IV. 結果と考察.....	50
III. 日独における小麦作経営および		1. 分析結果.....	50
小麦作の特徴.....	35	2. 日本への示唆と残された課題.....	51
1. 日独における小麦生産・消費の概況.....	35	V. 摘要.....	51
2. ドイツの小麦作経営の概要と特徴.....	36	引用文献.....	52
		Summary.....	54

I. 日本における小麦収量の低位性

小麦は、パン、めん類、菓子等の多様な用途に使用され、日本人の食生活に欠かせない作物である。また、冬作物であるため水稻の裏作として栽培が可能であり、多くの水田を持つ日本において土地利用率高める上で好適な作物である。さらに、畑作地域においては輪作体系を構成する主要な作物の一つでもあり、日本の農業生産において不可欠な作物として位置づけられる。

このように小麦は、日本人の食生活や農業にとって重要な作物であるにもかかわらず、その自給率はわずか12%にすぎず¹、その供給の多くを海外に依存している。一方、国際市場における小麦価格は、不作により大きく高騰する年がある等不安定な状況にあり、そのような不作の年には小麦の輸出制限といった措置もとられるようになってきている。この

ことから、小麦の自給率向上を図っていくことは、日本農業において重要な課題となっている。

小麦の自給率向上を進めていく上でまず求められるのは生産量の増加であり、とりわけ収量水準の向上が不可欠であることはいうまでもない。しかし、日本の小麦収量は低位・不安定な状況にある。この点を小麦の収量水準が高い西欧諸国²と比較しつつ示すと、2012年における西欧諸国の平均収量³が700kg/10aであるのに対し、日本は、全国平均で378kg/10a、比較的高い北海道においても430kg/10aとなっており、日本の収量は欧州の半分程度の水準にすぎない⁴。確かに、小麦は冷涼乾燥を好む作物のため、温暖多湿でかつ収穫時期に雨の影響を受けやすい日本の気象条件において、収量を確保するという点では不利な面はある。しかし、注

平成26年6月23日受付 平成26年12月22日受理

*1 農研機構中央農業総合研究センター 農業経営研究領域

*2 農研機構中央農業総合研究センター 企画管理部

1 2012年の値。農林水産省大臣官房食料安全保障課「食料需給表平成24年度」による。

2 本稿における西欧諸国とは、FAOSTATと同様、オーストリア、ベルギー、ルクセンブルク、フランス、ドイツ、オランダおよびスイスとする。

3 ここでの平均収量は、直近7か年のうち最高と最低を除いた5か年平均値である。データはFAO「FAOSTAT」(2014年4月17日ダウンロード)、農林水産省大臣官房統計部「作物統計」による。

4 ただし、日本および北海道の収量に規格外の小麦は含まない。

目すべきは、日本における収量増加のテンポそのものが小さいという点である。図1は、このことを確認するために1961年以降の西欧諸国と日本における小麦収量の推移を比較したものであるが、西欧諸国の収量は年々上昇しているのに対して、日本の伸

びは明らかに小さいことがわかる。これをみる限り、収量水準の向上が十分図られていない点については、気象条件以外のなんらかの要因が影響していると考えざるを得ない。

II. 課題への接近方法

1. 既往研究の整理

これまで小麦の収量性に関する分析は、主に自然科学分野でなされてきた。小麦の収量を構成する要素は、穂数、一穂粒数、粒重であり、これに日本の場合は製品歩留が加わる。収量向上のためには、各構成要素の値を高める必要があり、収量水準の国際比較分析についても、これら構成要素に影響を及ぼす気象や土壌といった自然条件、品種ポテンシャル、栽培法から接近が行われてきた。例えば、後藤⁽¹²⁾は、上述したような大幅な収量増加を達成した欧州を対象に1980年代までの小麦の収量向上の要因について検討し、多収品種の開発・普及と多収栽培（窒素の多投、防除の徹底、生育調節剤の利用等）の実施を通じて、高収量を実現してきたことを指摘している。また、分析対象が欧州ではないもの

の、Bell et al.⁽⁶⁾は、メキシコにおける小麦収量向上について分析を行い、そこでは遺伝的な要素が28%、多肥が48%、その他が24%寄与していたとし、品種と多肥が重要な要因であったことを明らかにしている。さらに日本においても、小麦の収量向上に対する新品種の貢献については齋藤⁽¹⁶⁾が、生産性を向上させる栽培法（腐れ病防除、密植栽培、地力対策等）については黒河⁽¹⁴⁾が指摘している。

しかし、小麦の収量増加はこうした自然科学的な要因のみに規定されるわけではない。例えば齋藤⁽¹⁷⁾は、日本における小麦の品種改良の技術進歩を分析し、政府による小麦の全量買入れという食糧管理制度の下では量を重視する農家の品種選択に応える品種開発が行われていたが⁵⁾、民間流通への移行後は、たんぱく質含有率を重視する方向、換言す

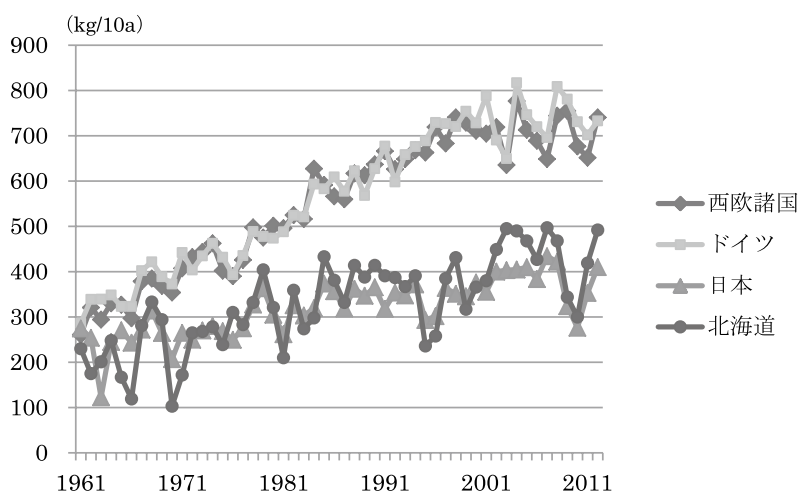


図1 西欧諸国および日本における小麦収量の推移

注：西欧諸国の収量データは全収穫量であるのに対して、日本と北海道の収量データは規格内のものに限る。規格外の割合は年によって異なるが、データが得られた1999年から2013年の平均は日本で12.8%、北海道で16.4%となっている（農林水産省資料「麦の農産物検査結果」より）。

資料：西欧諸国およびドイツについてはFAO「FAOSTAT」（2014年4月17日ダウンロード）により作成。日本および北海道については農林水産省大臣官房統計部「作物統計」各年次。

5 齋藤⁽¹⁷⁾によれば、食糧管理制度の下では、質を重視する時代と比べて相対的に収量水準の向上はみられた。しかしながら、先にも示したようにその上昇率については、西欧諸国と比較すると大きいものではない。

れば収量よりも品質を重視する方向に研究開発がシフトしたことを指摘している。また、Brisson et al.⁽⁷⁾ は近年フランスでみられる小麦の収量停滞について分析し、気象的な影響があるとしながらも、小麦の前作がマメ科作物から菜種に変更されたことや、窒素投入量が減少したといった環境保全に関わる農業政策が影響したことも要因の一部を構成すると考察している。つまり小麦の収量水準は、自然科学的な要因とともに社会科学的な要因にも規定されていると考えられるのである。

こうした中、荒幡⁽²⁾ は、気象条件といった自然科学的な視点とともに、人為的制約といった社会科学的な視点から、日本の水稲単収が海外と比較した場合に低位である要因を分析している。荒幡⁽²⁾ によれば、アメリカ・カリフォルニアと日本の単収格差は191kg/10aあり、このうち70kgが「自然条件による単収の制約要因」、残りの121kgが人為的制約である「試験場段階の技術要因」と「農家段階の要因」によるとしている。荒幡⁽²⁾ による分析は、日本の作物の低収要因を海外と比較しつつ、複数の分析視角から包括的に解析するものであり、この点は本稿と同じ問題意識および分析視角を持つ。しかし、分析には国別の統計データを用いており、生産者の経営的条件や栽培法等に関する技術的条件、さらに取引体制等の制度的条件が単収水準にどのような影響を及ぼしているかといった具体的な検討は行われていない。そのため、収量向上に対する対策の提起についてもやや一般論的な結論にとどまっている。本稿では、これらの既往研究の成果を踏まえつつ、主に日欧の小麦作経営および関係機関への聞き取り調査という方法論により、小麦作の収量水準に影響を与えている要因を複数の分析視角から具体的に考察することとした。

2. 分析方法

1) 分析の枠組み

荒幡⁽²⁾ によっても引用されている Kalaitzandonakes et al.⁽¹¹⁾ は、全要素生産性の向上要因を図2に示す3つに整理している。一つは、「非効率の排除」である。ここでいう「非効率の排除」とは、例えば貿易保護政策を停止し自由競争を促すといった制度的な非効率の排除であり、これを実現することで生産性はA点から生産曲線F₁上のB点まで上昇する。

二つめは「規模拡大」であり、これによりB点からC点に移動し産出量をさらに増やすことができる。最後は、「技術開発」であり、これにより同じ投入量でありながら、より高い生産曲線F₂上のD点まで産出量を拡大することができるというものである。この Kalaitzandonakes et al.⁽¹¹⁾ による整理は、全要素生産性に対する生産経済学からの接近を行うものであり、小麦作における収量性の規定要因の解析を直接行ったものではない。しかしながら、図2の投入を面積当たりの投入量、産出を面積当たりの産出量とすれば、小麦収量の増加要因を視覚的に整理することができよう。この場合、投入はいわば集約度を示す。具体的には、適期に適正な作業を行うといった栽培管理に関わる稠密度が想定される。一方、産出は、面積当たり収量を意味する。収穫通減の法則が働くので、面積当たり産出量は、最初は増加するものの、やがてその増加率は低下する。しかし、例えば、窒素反応の高い品種が開発・普及され、それに適合した栽培法が確立されれば、生産曲線F₁は上方向にシフトし、より高い生産曲線であるF₂を実現することになる。つまり、小麦の品種普及や生産物の取引に関する制度的な非効率性が排除され(A点→B点)、また集約度を高める経営的な条件が整えられ(B点→C点)、そうした中で高収量を可能とする品種および栽培法といった技術的条件が整備されている(C点→D点)とすれば、D点で示される高い収量が実現することになる。

以上の枠組みを用いると、小麦収量の増加を規定している要因は、経営的、制度的そして技術的要因の3つに整理できることになる。そこで本稿ではこ

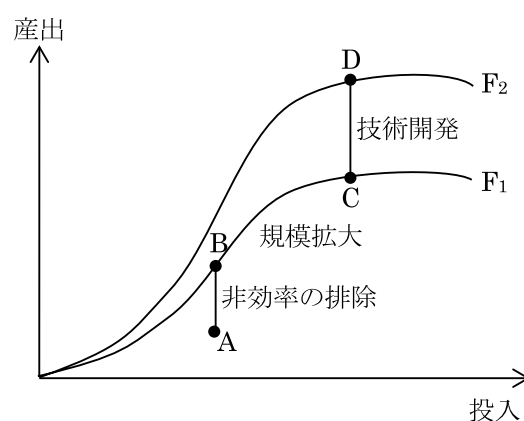


図2 生産性向上の要素

資料：Kalaitzandonakes et al.⁽¹¹⁾ の Figure9.1 より引用。

れら3つの視点から、日欧における小麦作を比較し、小麦収量水準を規定している要因について明らかにすることとしたい。

2) 分析視点

本稿では、日欧における小麦収量水準の格差の形成要因を、経営的、技術的、制度的といった3つの条件から分析するが、各条件の詳細、およびこれらを明らかにするための調査項目を以下に示す。

まず、経営的条件であるが、これは集約的な生産を可能とする条件である。集約的な生産とは、適期に適正な作業を行うことを可能とする労働力と機械の保有、圃場条件である。こうした点を把握するために必要な調査項目は、労働力保有状況、圃場の筆数や分散状況、資本装備、そして作業受委託の状況である。

次は、技術的条件であるが、これには品種と栽培法がある。品種については本稿では、品種そのものが持つポテンシャルではなく、生産者による品種の交替頻度と選択方法に着目する。なぜなら、小麦品種は古いものよりも新しいものが一般的に高い収量性を示すことが知られており⁶、新品種への交替が頻繁に行われていれば、相対的に高い収量を実現する条件が整えられていると考えることができるからである。栽培法については、輪作体系のあり方、および耕起から収穫までの栽培技術について調査し、高収量を支えている条件を明らかにする。

最後の制度的条件については、小麦品種の開発・普及制度と生産物の取引制度に着目する。なぜなら、これら制度は、品種交替の速度に影響を与えるからである。特に日本には、国（独法）や公設試験研究機関による品種開発、都道府県が責任を担う種子供給、奨励品種制度のもとでの品種普及、産地品種銘柄ごとの取引等、小麦の品種開発から生産物の販売に至るまでの様々な制度がある。日本国内の分析ではこうした制度的条件は所与となるが、本稿のように他国の状況と比較することで、制度的条件もまた分析対象となるのである。

3) 分析データ

本稿では、日欧における小麦作経営および関係機関への聞き取り調査を行うが、その際、1960年代以降2000年まで継続して収量向上を実現し、今日、世界の中でも小麦の収量水準が高い国の一つであるドイツを対象とする。また、調査地は、ドイツの小麦主産地であり、耕地面積に対する小麦面積割合、および小麦の収量水準が高いニーダーザクセン州南部（図3）とする。主な調査先は、当地に位置する小麦作経営および農業コンサルタント（Landberatung Harzvorland e.V.）、小麦品種を開発する民間育種会社（KWS Lochow GmbH）、民間育種会社が出資し育種者権の保護を行うドイツ作物育種協会（Bundesverband Deutscher Pflanzenzüchter e.V. (BDP)）、およびドイツ政府の農業研究機関チューネン研究所（Thünen Institut）とする。

ドイツにおける小麦作は、一部に春播があるものの、ほとんどが秋播である⁷。また、畑地で栽培されていることから、ドイツ国内では地域的な気象の影響による作業時期の違いや収量差による施肥量の違いはあるものの、栽培法そのものが大きく異なることはない。しかし、日本では畑地で行う小麦作と、水田で行う小麦作とでは、栽培法も異なる。そのため、本稿でドイツにおける小麦作と比較する際には、ドイツと同じく畑地で秋播小麦を栽培する北海道十勝地方を想定することとし、北海道十勝地方においても聞き取り調査を行う。主な調査先は当地に位置する小麦作経営と農協、品種開発を行う公的な農業研究機関の（独）農研機構北海道農業研究センターである。

6 例えば、Austin et al.^(3,4) は、欧州で栽培されている小麦の新品種が旧品種と比較して、収量が高いことを明らかにしている。また、近年においても、Calderini et al.⁽⁸⁾ や Ahlemeyer・Friedt⁽¹⁾ が、同様の研究成果を報告している。

7 ドイツで栽培される小麦生産量の99.8%が中間質小麦（Weichweizen）であり、このうち、春播の割合はわずか1.3%である（Statistisches Bundesamt「Fachserie 3 Reihe 3, 2013」）。

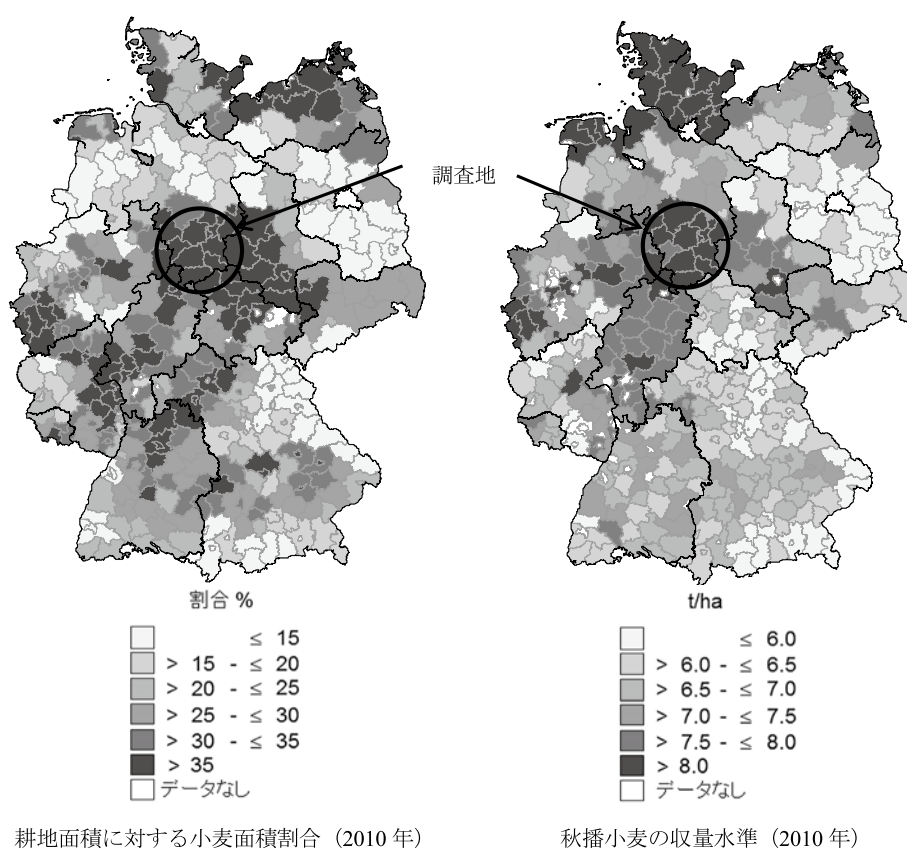


図3 調査地の位置図

資料：チューネン研究所提供.

Ⅲ. 日独における小麦作経営および小麦作の特徴

1. 日独における小麦生産・消費の概況

本稿の課題は小麦の収量格差の形成要因の解明にあるが、分析に先立って日独における小麦生産・消費の概況を確認しておこう。表1は、日独における小麦の生産と消費の概況を要約的に整理したものである。

まず、水稲および小麦の作付農家数割合、および作付面積割合から、日本では水稲が、ドイツでは小麦が基幹作物の一つであることがわかる。また、ドイツの小麦自給率は132%であることから、輸出作物でもあることもわかる。ドイツでは国内生産の半分以上は飼料用として利用されており、この点は、本稿の課題である収量格差を検討する上でも重要な論点である。ドイツにおける飼料用小麦は、専用品種はあるものの、後述するようにニーダーザクセン

州南部の生産者によれば、食用と飼料用を栽培段階では区別せず、収穫後に実施する品質評価で食用の基準に満たないものを飼料用として販売している。日本では、国産小麦は飼料として利用されていないが、国産米は飼料用として用いられている。しかし、その場合も日本の飼料米は、栽培段階から食用品種と区別され、流通段階においても飼料用が食用として流通しないよう厳格に管理されている。この点で、ある作物を食用・飼料用の両用途に用いる場合の日独の対応は大きく異なっていることがわかる。

さらに、両国における製粉業の構造についてみると、日本では大手製粉会社3社の売上げが全体の約7割を占めるという寡占状態にあるのに対して⁸、ドイツでは大規模工場のマーケットシェアが高いものの⁹、生産者は複数の仲買人、あるいは製粉会社

8 日本格付研究所 2013年6月11日発表のNews Releaseによる。

9 ドイツの製粉産業における工場規模とマーケットシェアの関係はBundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz「Struktur der Mühlenwirtschaft 2012, Reihe: Daten-Analysen」に詳しい。

表1 日独における小麦の生産・消費の概況

		日本	うち北海道	ドイツ	うちニーダーザクセン州
農家数	万戸	163.1	4.4	22.1	3.3
うち小麦作付農家数	万戸	4.3	1.4	13.8	1.5
小麦作付農家割合	%	2.6	32.4	62.3	44.4
(参考)					
うち水稲作付農家数	万戸	115.9	1.6	—	—
水稲作付農家割合	%	71.1	35.6	—	—
耕地面積	万 ha	319.1	94.1	1,183.4	188.0
うち小麦作付面積	万 ha	15.2	10.8	305.7	37.8
小麦作付面積割合	%	4.8	11.5	25.8	20.1
(参考)					
うち水稲作付面積	万 ha	121.9	10.8	—	—
水稲作付面積割合	%	38.2	11.5	—	—
一戸当たり耕地面積	ha/戸	2.0	21.4	53.6	56.8
小麦生産量	万 t	85.8	58.6	2,243.2	283.9
食用小麦需要量	万 t	607.4	—	639.0	—
一人当たり年間小麦消費量	kg	48.0	—	77.5	—
小麦自給率	%	12	—	132	—
国産小麦の主な用途と使用量	万 t	日本めん用 39 菓子用 17	—	飼料用 742 パン・菓子用 504	—
製粉産業の状況		寡占状態	—	多数の企業が存在	—

注：農家数については、日本の統計は販売農家数、ドイツの統計は耕地を所有する農家数。

資料：日本および北海道の農家数・耕地面積は農林水産省大臣官房統計部「2010年世界農林業センサス」、ドイツおよびニーダーザクセン州の農家数・耕地面積は Statistisches Bundesamt 「Fachserie 3 Reihe 3.1.2, 2012」による。両国の小麦生産量（2012年）・食用小麦需要量（2009年）・一人当たり年間小麦消費量（2009年）については FAO 「FAOSTAT」による。北海道の小麦生産量（2012年）は北海道農政事務所統計部「農林水産統計公表資料」、ニーダーザクセン州の小麦生産量（2012年）は Statistisches Bundesamt 「Fachserie 3 Reihe 3, 2012」による。日本の小麦自給率（2012年）は、農林水産省大臣官房食料安全保障課「食料需給表平成24年度」。ドイツの小麦自給率（2008/09年）は、Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung Anstalt des öffentlichen Rechts 「Regionale Versorgungsbilanz Getreide und Mehl」のデータをもとに算定。日本の国内小麦の主な用途と使用量（2006年）については農林水産省総合食料局「国内産小麦をめぐる事情 平成21年1月」、ドイツ（2008/09年）は前述の資料による。

の取引条件を比較して売り先を選択する等、比較的自由競争に近い状況にある¹⁰。これは、生産者による小麦販売の自由度を高め、選択肢を豊富なものとしている。

このように日本とドイツの小麦作を取り巻く経済環境はかなり異なっており、このことが小麦の収量水準を規定する遠因となっていると思われるが、本稿においては上述した経営的、技術的、制度的条件といった3つの視点から考察を行うこととしたい。

2. ドイツの小麦作経営の概要と特徴

1) 調査対象経営の位置づけ

ドイツにおいて小麦の高収量を実現している経営的条件を明らかにするために、ニーダーザクセン州南部に位置する2戸の小麦作経営および関係機関への聞き取り調査を行った¹¹。

図4に示すとおり、ニーダーザクセン州はドイツ

の北西に位置する州である。大西洋に面して平坦地が広がり、ドイツにおいても、大規模経営の割合が高い州である（表2）。ニーダーザクセン州においては50～100ha層の割合が高いが、これは兼業経営も含む値であり、耕種部門の専業経営であれば150haが平均耕地面積となる¹²。本稿で調査対象とする2経営は、A経営で465ha、B経営で297haの耕地面積であり、大規模経営の割合が高いニーダーザクセン州においても上位4%に入る、特に規模の大きい経営ということができる。

また、ニーダーザクセン州は、ドイツ国内平均と比較して小麦単収が高い州である（表3）。当州に位置する調査対象経営においても、ドイツ平均と比較してやや高い収量となっている。ただし、B経営における2012年産の単収は国平均を若干下回る。B経営によれば、これはその年の冬枯れの被害によるとのことである。B経営はハルツ山脈近郊の標高

10 複数の小麦生産者および関係機関への聞き取り調査による。

11 2戸の経営のうち1戸は、「ドイツにおいて典型的な畑作を行う家族経営」という基準で、チューネン研究所から紹介を得た。もう1戸については、先の経営から、「地域内で一般的な畑作を行う家族経営」という基準で紹介を得た。現地の事情に精通していない場所で、聞き取り調査を行う場合、調査対象経営が一般的な取り組みを行っているか否かを判断するのは難しいことから、本稿においては2戸の取り組みを比較しながら分析を進めた。また、農業コンサルタントや研究機関といった関係機関においても、調査対象経営の取り組みがドイツの一般的な取り組みとなっているかどうかについて確認しながら分析を行った。

12 和泉⁽¹⁰⁾による。



図4 ドイツにおける各州と調査対象経営の位置図

の高いところに位置し、また栽培する品種も3種と少ない。そのため、冬枯れの被害を受ける年には、その影響が大きくなる傾向にある。

以上、調査対象経営の耕地面積および小麦収量から、ドイツにおける両経営の位置づけを行った。要約すれば、調査対象経営においては、規模は相対的に大きいですが、収量水準は国の平均レベルとほぼ同水準の経営ということが出来る。こうした点を念頭に置きながら、各経営の概要についてみていく。

2) 調査対象経営の概要

調査対象経営の位置については前掲した図4に、2012年の経営概要については表4に示す。

労働力については、両経営とも家族1.5名¹³、雇用2名となっており、全員、機械のオペレータ作業が可能である。耕地面積はすでに述べたように、それぞれ465ha、297haと大きい。これと合わせて作業受託も実施することから、その面積も含めるとA経営では500ha以上、B経営では400haもの作業面積となる¹⁴。表4で示すようにA経営では2名、B

表2 規模別農家数と割合

	ドイツ		ニーダーザクセン州	
	1,000戸	割合	1,000戸	割合
5ha未満	24.6	9%	2.3	6%
5～10ha	44.6	16%	4.6	12%
10～20ha	59.0	21%	5.4	14%
20～50ha	71.5	25%	8.5	22%
50～100ha	50.2	18%	10.7	27%
100～200ha	23.7	8%	6.1	16%
200～500ha	7.8	3%	1.6	4%
500～1,000ha	2.2	1%	0.1	0%
1,000ha以上	1.5	1%	0.0	0%
計	285.0	100%	39.5	100%

資料：Statistisches Bundesamt 「Fachserie 3 Reihe 2.1.2, 2013」.

表3 ドイツ、ニーダーザクセン州および調査対象経営の小麦単収

単位：t/ha

	2011年	2012年
ドイツ	7.1	7.4
ニーダーザクセン州	7.7	7.7
A経営	7.4	7.7
B経営	7.7	7.3

資料：Statistisches Bundesamt 「Fachserie 3 Reihe 3, 2013」, 聞き取り調査.

13 両経営とも父が手伝い程度であるため、0.5名でカウントしている。なお、B経営の経営主は自営の副業があるものの、主に農閑期に行っていることから、経営主の労働力は1名としている。

14 ドイツでは、作業受委託を行う際にマシーネンリングを通じた形態もある。本稿の調査対象経営では近隣の経営から個人的に作業を請け負う日本でも通常みられる作業受委託の形態となっている。なお、マシーネンリングについては淡路⁽⁵⁾に詳しい。

表4 ドイツ小麦作経営の概要 (2012年)

	A 経営	B 経営
家族労働力	経営主 34 歳 父 67 歳 (手伝い)	経営主 33 歳 (自営の副業) 父 73 歳 (手伝い)
雇用労働力	男 48 歳 (通年), 男 63 歳 (通年)	男 43 歳 (通年), 男 55 歳 (農繁期)
耕地面積	畑地 465ha	畑地 297ha
作業受託面積	45ha (播種・施肥・防除および収穫作業)	96ha (全作業)
作付作物・面積 (ha)	秋小麦 277, 秋大麦 13, てん菜 99, 菜種 41, トウモロコシ 35	秋小麦 149, 秋大麦 74, 菜種 74
収量 (t/ha)	小麦 7.7, 大麦 6.1, てん菜 64.7, 菜種 4.2, トウモロコシ 54.7	小麦 7.3, 大麦 5.3, 菜種 4.3
主な機械装備	トラクタ 4 台 (260, 200, 160, 110 馬力) トレーラー 4 台 ダンプトラック 2 台	トラクタ 3 台 (270, 240, 150 馬力) トレーラー
	ボトムプラウ, チゼルプラウ ディスクハロー てん菜耕起・整地機 (共有)	ボトムプラウ チゼルプラウ
	穀物播種機 (ハロー付) てん菜播種機 (共有)	穀物播種機 (ハロー付)
	スプレヤー, スプレッター	スプレヤー, スプレッター
	コンバイン刈幅 7.5m	コンバイン刈幅 9.0m (共有)
作業委託	てん菜: 収穫 トウモロコシ: 播種・収穫・施肥	-

注: A 経営におけるトウモロコシはバイオガス用であることから収量が多い。また, てん菜の糖度は, 18.6%。

経営においても 1 名の常時雇用があるとはいえ, 両経営は「家族経営」の範疇に入るが, そのような家族経営として家族労働力を中心にこれだけの大面積を耕作していることは興味深い。また, 機械装備についてみると, 200 馬力を超えるトラクタを両経営とも 2 台所有しており, かなり大型の装備となっている。ただし, それぞれ 500ha 以上, および 400ha 近くの作業面積でありながら, A 経営ではてん菜に関わる機械を, また B 経営においてはコンバインを共有している。機械を共有することで, 共有相手と作業時期が重なることになるが, 両経営とも共有する機械が必要な作業は, 作業可能日のうち隔日で行うなどして機械の利用調整を図っている。こうした制約はあるものの, A 経営, B 経営とも機械を共有する利点は大きいと考えている。それは, 機械の稼働率を高めることができ, 個人で購入するよりも大型で高性能な機械の導入が可能となるからである。さらに B 経営では, 小麦, 大麦, 菜種の 3 作物の収穫にも同一のコンバインを用いており, コンバインの稼働率はより高められていることがわかる。作業委託については, A 経営のみ行っており, てん菜の収穫, トウモロコシの播種・収穫・施肥を委託している¹⁵。

次に, A 経営および B 経営の圃場図をそれぞれ

図 5, 図 6 に示した。耕地面積が 465ha と大きい A 経営においては, 筆数 62, 最も遠い圃場までの距離は 10km であるが, それでも平均圃場区画は 7.5ha, 最大圃場面積については 50ha となっており, かなり大区画圃場のもとでの効率的な作業が可能となっていることがわかる。また, B 経営においてはさらに有利な状況にあり, 297ha もの広大な圃場が自宅近くに集まり, 筆数 11, 平均圃場区画 27ha, 最大圃場区画は 64ha で, 最も遠い圃場までの距離は 3km となっている。

これらをまとめると, 以下の 4 点が指摘できる。まず, 第一は, 少ない労働力で大面積を耕作している点である。これには, 小麦, 菜種といった土地利用型作物を中心に作付けしていることがある。第二に, 上記の特徴とも関係するが, 圃場が近接しており, かつ 1 圃場当たりの区画が非常に大きい点が指摘できる。第三に 200 馬力を超えるトラクタや刈幅 7.5m または 9.0m のコンバイン等, 大型機械を用いて高効率な作業を実施している点である。そして第四に, 耕地面積が大きいにもかかわらず限られた台数の機械装備となっている点にも注目する必要がある。これは機械の汎用利用が可能で作物を選択する, さらに, 専用機械の必要なたん菜やトウモロコシの収穫作業については委託するといった対応によ

15 A 経営では, 専用機を所有し自ら作業を実施するよりも, 作業委託の方が有利と考えている。また, てん菜播種とトウモロコシ播種は同時期に行われているが, 作業委託を行うことで作業競合を防ぐこともできる。

り可能となっている。本稿では小麦の生産費に関する分析は行っていないが、これらはドイツにおける

小麦作の労働費および減価償却費がかなり低い水準にあることを示唆している。

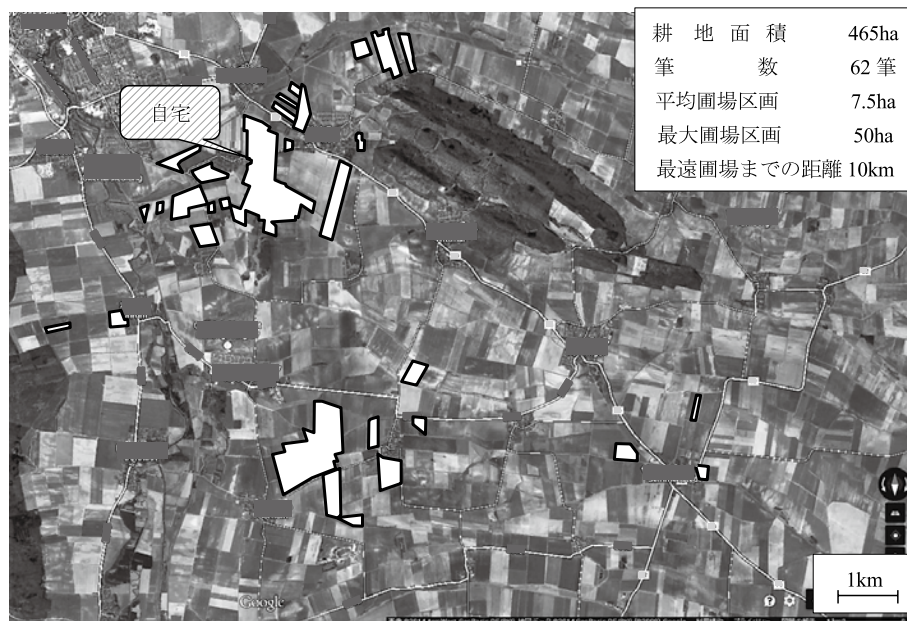


図5 A経営の圃場図

資料：Google Earth（画像 @2014 Aero Geo Basis-DE/BKG. 地図データ @2014 Geo Basis-DE/BKG (@2009)）。圃場位置については、聞き取り調査をもとに作成。空白のところがA経営の圃場である。

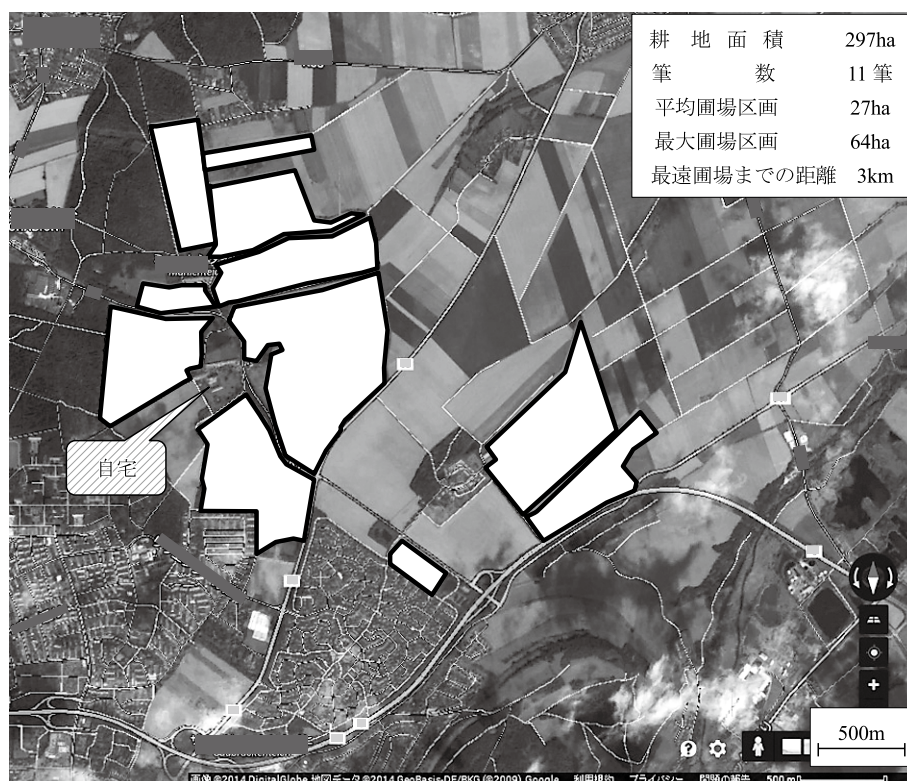


図6 B経営の圃場図

資料：Google Earth（画像 @2014 Digital Globe. 地図データ @2014 Geo Basis-DE/BKG (@2009)）。圃場位置については、聞き取り調査をもとに作成。空白のところがB経営の圃場である。

3. ドイツの小麦作における技術的背景と耕種概要

1) 調査地の気象条件

まず、日本とドイツにおける緯度の関係を図7に示した。北海道十勝地方（帯広）が北緯43度付近に位置するのに対して、ドイツの調査地であるニーダーザクセン州の州都ハノーバーは52度に位置する。このようにハノーバーは帯広よりも北に位置するものの、北大西洋海流と偏西風の影響から冬期の気温は帯広ほど低下しない（図8）。そのため、ニーダーザクセン州における秋播小麦は十勝地方よりも休眠期間が短くなり、その分生育期間を延ばすことができる。また、降水量についてみても収穫時期である7、8月において帯広ほどには多くない（図8）。

2) 輪作体系

日本やドイツにおいて小麦は輪作体系の中の一つの作物として位置づけられており、小麦の栽培法に関しても、このような輪作体系を念頭においた上で理解していく必要がある。

北海道十勝地方の輪作体系は、「小麦→てん菜→豆類→ばれいしょ→」の4年4作が理想とされている。

るが、ドイツ国内でも小麦の作付割合が高い地域に位置するA経営およびB経営の主な輪作体系は、それぞれ「小麦→小麦→てん菜→」、「小麦→小麦→大麦または小麦→菜種→」となっている（表5）。このように小麦を2作（場合によっては3作）連作した後にてん菜や大麦、菜種が作付けされている。

十勝地方では前項でみたように冬期の気温低下が厳しい。それゆえ小麦が越冬するためには秋のうちにある程度の生育を確保する必要がある。9月下旬

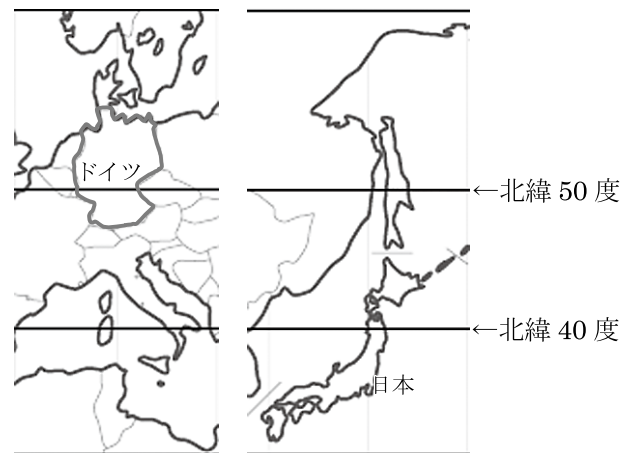


図7 日独における緯度の関係

資料：筆者作成。

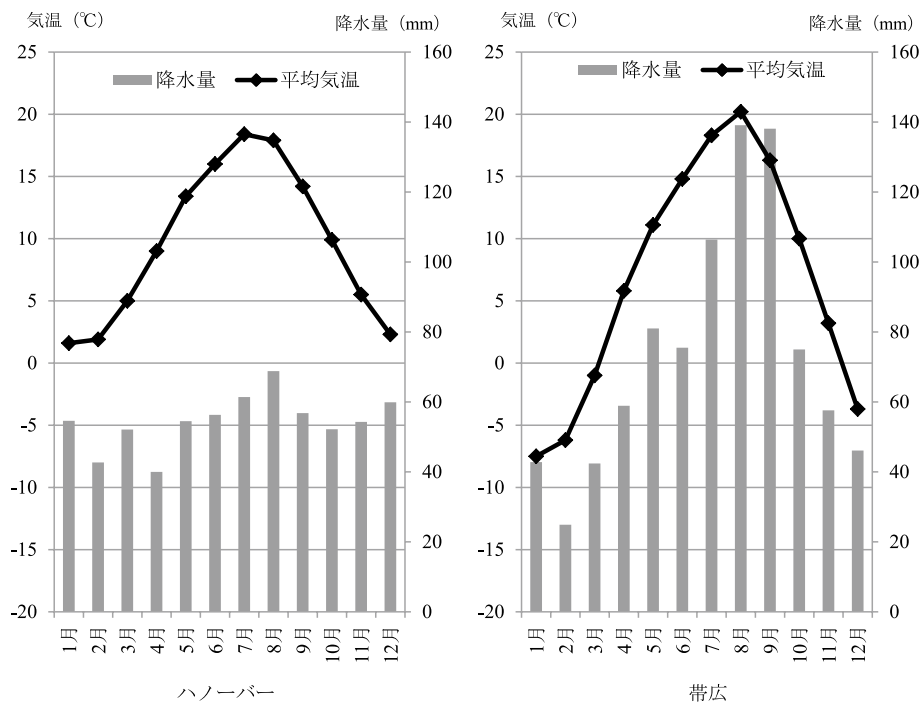


図8 ハノーバーと帯広の気温・降水量の平年値

注：ハノーバーはドイツの調査地であるニーダーザクセン州の州都である。

資料：気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html> (2014年2月24日アクセス) より作成。

表5 調査経営における輪作体系

A 経営		B 経営	
ケース 1：小麦→小麦→てん菜→		ケース 1：小麦→小麦→大麦→菜種→	
ケース 2：小麦→小麦→菜種→		ケース 2：小麦→小麦→小麦→菜種→	
ケース 3：小麦→小麦 or トウモロコシ→小麦→てん菜→			
ケース 4：小麦→大麦 or トウモロコシ→菜種			

注：1) 小麦はすべて秋播。
 2) 十勝地方では上記の輪作体系が理想とされているが、実際はばれいしょの収穫が小麦の播種時期よりも遅れたり、圃場位置や土壌条件の制約があるため、理想どおりに輪作が行われないところも多い。
 資料：聞き取り調査をもとに作成。

までには小麦が播種される。通常、この時期までに収穫が終わっているのは、早生のばれいしょと小麦である。早生のばれいしょの面積だけでは、翌年の小麦の栽培面積に不足が生じるため、十勝地方においても A 経営および B 経営と同じように小麦の連作を行う生産者も少なくない。

また、小麦の播種期の制約から、十勝地方では、10 から 11 月にかけて行われるてん菜の収穫後に小麦が播種されることはほとんどない。一方、ドイツでは緯度は高いものの、前述したように冬期の気温低下が十勝地方に比べて小さいため、てん菜収穫後も小麦の播種が可能となっている。また、ドイツでは一般的に「てん菜」と「菜種」は同一の圃場で栽培されない。菜種の栽培により土壌中の線虫が増加し、てん菜に悪影響を及ぼすと考えられているためであり、そのため、もし、菜種とてん菜を同一の輪作体系に組み込む場合は、菜種後、てん菜栽培までの期間を十分に空けて行う体系となっている。

3) 栽培暦

A 経営、B 経営、および十勝地方における小麦の栽培暦を表 6 に示した。A 経営、B 経営の作業時期については 2012 年の栽培履歴をもとに、十勝については 2011 年の小麦作経営および関係機関への聞き取り調査をもとに作成した。A 経営、B 経営、および関係機関への聞き取り調査によれば、ドイツの小麦生産者は、EC (Eucarpia Code の略) と呼ばれる生育ステージに合わせた栽培管理を行っており、

そのため表 6 には EC も合わせて示している。EC の詳細は表 7 に示したが、播種期を 00、収穫期を 92 とし、この間の生育状態が細かく設定されている。ドイツの生産者は頻繁に圃場に出かけ、小麦の状態を観察し、常に EC の把握に努めている。A 経営、B 経営、および農業コンサルタントによれば、EC の把握は、特に防除のタイミングを知る上で重要であり、防除は短い適期を逃さないよう行うことが必要とのことである。

4) 耕種概要

A 経営、B 経営と十勝地方の小麦の耕種概要を表 8 に示した。以下では小麦作の作業体系にそって、ドイツの調査対象経営における小麦の栽培技術の特徴を整理する。

(1) 耕起・整地

A 経営、B 経営では、小麦収穫後、またはトウモロコシ収穫後に病害予防のためボトムプラウを用いて深耕し、土壌を反転させている。A 経営では小麦収穫後にチゼルプラウもしくはディスクハローを、てん菜収穫後にはボトムプラウかチゼルプラウ、またはディスクハローを用いて麦稈やてん菜の茎葉を土壌と攪拌するが、これらの機械は圃場の水分状態によって使い分けている。消費燃料が、ボトムプラウ>チゼルプラウ>ディスクハローの順に多いため、生産者はできるだけ圃場が乾いた状態でディスクハローを用いて作業を行いたいと考えている。整地については、播種機にバーティカルハローを付け

表6 A経営, B経営および十勝地方における小麦の栽培暦

	A経営 (2012年産)		B経営 (2012年産)		十勝地方 (2011年産)
		EC		EC	
9月	上 中 下		耕起 播種		耕起 播種・基肥 4.0 (除草剤散布)
10月	上 中 下	耕起 播種 (除草剤散布)			
11月	上 中 下				雪腐病防除
∴					
3月	上 中 下	追肥 6.5			融雪剤散布
4月	上 中 下	(除草剤・調節剤散布) 追肥 6.0	追肥 8.0・調節剤散布 除草剤散布	25 28	追肥 4.2 鎮圧
5月	上 中 下	葉枯病防除・調節剤散布 赤かび病防除・追肥 6.0	葉枯病防除・調節剤・追肥 7.5 赤かび・ふ枯病防除・追肥 7.5	31 39	(除草剤散布) 追肥 4.2
6月	上 中 下	ふ枯病防除			赤かび病防除 防除 防除
7月	上 中 下				
8月	上 中	収穫	収穫	92	収穫

注：1) ECとは、Eucarpia Codeの略。詳細は表7で説明。

2) 「基肥」または「追肥」のあとの数字は、10a当たりの窒素投入量 (kg) である。

3) A経営における除草剤散布は10月下旬か4月中旬のどちらか一方。10月下旬の場合は、4月中旬の生育調節剤散布は行わない。

4) B経営がEC38を行う防除・追肥作業は、涼しい年にはEC49で行う。

5) 十勝における除草剤散布は9月下旬か5月中旬のどちらか一方。

6) 十勝地方の6月中・下旬の防除は、赤かび病、赤さび病、うどん粉病の防除。

7) 12～3月の間は作業が行われない。

資料：聞き取り調査をもとに作成。

播種時に行うことから、単独作業は実施していない。

(2) 播種

播種適期については、十勝地方が9月中旬～下旬であるのと比較して若干遅い。これは前述したように冬期の気温低下が十勝ほど厳しくないことから、適期も遅くなっていると考えられる。播種量については、300～310粒/m²と十勝地方の2倍以上の量となっており、厚播きが行われている。これは、播種時期が十勝と比較して遅いこと、また、日本の品種が穂数型であるのに対して欧州の品種が穂重型であることも影響している(小田⁽¹⁵⁾)。A経営およびB経営が目標とする有効穂数は、穂数型の品種を栽培する十勝よりも少ないものの、欧州の品種は穂が大きく、この点が単収の高さの一因となっていると思われる(渡邊⁽²⁰⁾)。

参考として写真1にA経営における小麦の播種

作業の状況を示した。トラクタの前部に鎮圧ローラーが取り付けられている。このローラーはトラクタのタイヤとともに播種床を鎮圧し、トラクタのタイヤの沈みにより発生する播種深度のばらつきを解消しているが、こうした播種時の鎮圧作業はドイツでは一般的に行われているとのことである。播種の深度についてはA経営においては2.5cm、B経営においては種子の大きさにより1.5～2.0cmとなっている。十勝地方では2.5cmの深さが理想とされているが、播種深度が揃わず、生育のばらつきや欠株が問題とされている。

以上、ドイツの小麦作経営においては、一般的に播種時に播種作業だけでなく鎮圧と整地も同時に行うといった大型機械の利用による複数の同時作業を実施していることがわかる。また、播種時に播種深度を揃え、その後の均一な生育のための条件整備も行われている。

表7 ドイツで用いられている小麦の生育ステージ

フェーズ	EC	ステージ
Germination	00	Dry seed
	05	Radicle emerged from caryopsis
Seedling growth	10	First leaf through coleoptile
	11	First leaf unfolded
	12	2 leaves unfolded
	13	3 leaves unfolded
Tillering	21	Main shoot and 1 tiller
	25	Main shoot and 5 tillers
	29	Main shoot and 9 or more tillers
Stem elongation & Booting	30	Pseudo stem erection
	31	1st node detectable
	32	2nd node detectable
	37	Flag leaf just visible
	39	Flag leaf ligule/collar just visible
Inflorescence emergence	49	First awns visible
	51	First spikelet of inflorescence just visible
	55	1/2 of inflorescence emerged
Anthesis	59	Emergence of inflorescence completed
	61	Beginning of anthesis
	65	Anthesis half way
Milk development & Dough development & Ripening	69	Anthesis complete
	71	Caryopsis water ripe
	75	Medium milk
	85	Soft dough
	87	Hard dough
	91	Caryopsis hard (difficult to divide by thumb-nail)
	92	Caryopsis hard (can no longer be dented by thumb-nail)

資料：農業コンサルタント提供, Zadoks⁽²¹⁾.

表8 小麦の耕種概要

	A 経営 (2012 年産)	B 経営 (2012 年産)	十勝 (2011 年産)
耕 起	小麦後：チゼルプラウ or ディスクハロー (1or2 回) → ボトムプラウ トウモロコシ後：ボトムプラウ → ディスクハロー 菜種後：ディスクハロー → 除草剤散布 → ディスクハロー てん菜後：ボトムプラウ or チゼルプラウ or ディスクハロー	菜種後：チゼルプラウ 小麦後：チゼルプラウ → ボトムプラウ	サブソイラ + ボトムプラウ
整 地	播種と同時	播種と同時	ロータリーハロー
播種期 (適期)	10 月上旬	9 月下旬	9 月中～下旬
播種量 (適期)	310 粒 /m ² 前後	300 粒 /m ² 前後	120～140 粒 /m ²
条 間	12.5cm	12.5cm	12～30cm
目標有効穂数	550 本 /m ²	500 本 /m ²	600～700 本 /m ²
施 肥 (kg-N/10a)	基肥なし 追肥 6.5+6.0+6.0 計 18.5	基肥なし 追肥 8.0+7.5+7.5 計 23.0	基肥 4.0 追肥 4.2+4.2 計 12.4
防除時の散布液量	20～22 リットル /10a	20 リットル /10a	100 リットル /10a
基本となる防除回数	4	5	5
殺菌・殺虫剤	3	3	4
除草剤	1	2	1
生育調節剤	1～2	2	-
収穫期	8 月上旬	8 月上旬	8 月上旬
乾燥・調製	数ヶ月保管する場合のみ 乾燥. 調製はしない	同左	農協のカントリー エレベーターに委託
販売先	製粉会社 (契約)	複数の仲買人	農協 (共販)
2013 年産栽培品種数	4	3	1 (一部 2)

資料：聞き取り調査をもとに作成.

(3) 施肥

A 経営および B 経営とも、農業コンサルタントの指導に基づき基肥は施用しておらず、追肥のみで

ある。追肥は、小麦の生育に必要な時期に 3 回に分けて行われている。これは播種から越冬期にかけては土壌中の窒素を利用し、窒素吸収量が高まる春以



写真1 A経営の播種作業 (3m幅24条)

注：トラクタの前部に鎮圧ローラーを付け、播種作業と同時に播種床の鎮圧を行っている。

資料：2013年10月2日に撮影。

降に施肥することを意味しており、作物栄養生理の面や、環境保全の面を考慮し実施されている。この方法は土壌肥沃度が高いことが前提となるため、生産者は輪作体系の中で作物残渣のすきこみ、堆肥の利用等による地力維持に努めている¹⁶。なお、このような作物残渣のすきこみや堆肥の利用においては、高能率で深耕を可能とする大型のトラクタが有効な役割を果たしている。

追肥による窒素投入量については、土壌中の窒素量と目標とする小麦の収量水準を考慮して決定している¹⁷。土壌中の窒素量については、地域ごとに生産者団体が把握したデータを利用するか、または生産者が個別に土壌診断を行い把握している。土壌中の窒素量は、深さ0~30cm(1層)、30~60cm(2層)といった層別に診断され生産者に伝えられる。土壌診断では他に、PH値、リン、カリウム、マグネシウムの量についても把握しており、不足していれば土壌改良剤や微量成分の投入を行う。このように土壌分析と、それに対応した施肥は、収量を維持していく上で不可欠の対応となっている。

(4) 防除

A経営、B経営および農業コンサルタントへの聞き取り調査によれば、ドイツでは高濃度少量散布が一般的であり、A経営では20~22リットル/10a、B経営では20リットル/10aの散布液量を基本としている。一方、十勝では、農薬の使用量に加え、使用濃度についても取り決めがあり、一般的な散布液

量は100リットル/10aとなっている。

基本となる防除回数については、A経営では4回、B経営では5回であり、十勝地方でもB経営と同じく5回となっている。防除回数については日独で大きく変わらないが、雪腐病防除については冬期の気温低下が大きい十勝のみで行われている。なお、十勝では特に赤かび病が深刻な病気とされているが、ドイツにおける病害の深刻度は、葉枯病>赤かび病>ふ枯病・うどん粉病>赤かび病の順である。赤かび病については、十勝と比べて降水量が少ないために発生が少ないとも考えられるが、抵抗性品種が開発されたことで、以前と比べて、赤かび病の被害は減少したとのことである¹⁸。このような抵抗性品種の開発・普及は、使用する薬剤の量を削減しながらも赤かび病による被害粒も減らし、小麦の品質の維持に貢献している。

生育調節剤については、十勝地方ではホクシンからきたほなみへと品種の入れ替えが行われた2013年ごろから使用されるようになってきているが、しかし、日本ではまだ一般的なものはなっていない。一方、ドイツでは収量の増加に合わせ窒素投入量も増加することになり、そのような状況下で倒伏防止を目的に1~2回使用することが一般化している。

(5) 収穫・調製・販売

収穫期については、A経営、B経営、十勝地方とも8月上旬となっている。A経営では契約する製粉会社に大半の小麦を販売しているが、通常ドイツではB経営のように複数の仲買人に販売することが一般的である。

ドイツでは小麦収穫期の湿度は低く、A経営およびB経営とも収穫後の小麦は、数ヶ月間保管する場合にのみ乾燥され、すぐに出荷する場合は乾燥機を併設しない機械庫等に一時保管される。出荷は25tダンプで行われ、ローダーを用いて小麦が積み込まれる。小麦の貯蔵施設は簡素なものであり、収穫後にふるいや比重選にかけるといった調製作業は行われていない。次節で詳しく述べるが、ドイツの小麦取引体制は日本の体制とは異なり、小麦の外観

16 A経営では、トウモロコシ前にバイオガスプラントから出たトウモロコシの消化液を散布し、また圃場の状態をみながら、主にてん菜前に家畜由来の堆肥を用いている。B経営では菜種の前に鶏糞を4t/ha散布している。

17 ドイツでは、経営全体の窒素投入量から収穫した作物が使用した窒素量を差し引いて3年平均で60kg/ha以下となるよう制限が課せられている。

18 ニーダーザクセン州南部において、赤かび病が問題となったのは、直近で2002年である。

が生産者の収入に影響しないことから、外観を整える調製作業は必要とされていない。

(6) 品種の選択と採用

十勝地方の生産者は通常1品種、多くても2品種のみの小麦の栽培であるが、ドイツでは1戸当たり3～6品種を作付けることが一般的であり、調査を行ったA経営、B経営においても、それぞれ4および3品種の栽培を行っている。農業コンサルタントへの聞き取り調査によれば、経営当たりの品種数は小麦の栽培面積の大小よりも生産者の考え方に基づいており、栽培品種の選択は生産者自身によって行われるとのことである。品種選択の方法については、生産者は、まず公的機関、育種・種苗会社、農業コンサルタント等が公表する情報を参照し、輪作体系や圃場との相性¹⁹、作期分散等を考慮して栽培する品種を決定する。特に、輪作体系については、前作を考慮して品種の選択を行っている。例えば、トウモロコシ後は病害が出やすいため、収量よりも病害抵抗性に重きを置いた品種選択を行う。また、小麦を連作する場合は、連作障害のリスクを少しでも軽減するために、前作と同一品種とならないようにしている。新しい品種の栽培は、圃場の一部で試験的に行われ、病害抵抗性、成熟期、収量等を注意深く観察し、この観察結果に基づき、翌年以降継続して作付けするかどうかを判断する²⁰。

このような生産者自らが毎年行う品種の選択および採用は、ドイツ全体における旧品種から新品种への置き換えを促進していると考えられるが、この点を確認するために、次節において、日独における小麦品種の普及状況とそれに影響する制度について示す。

4. 小麦の品種普及を規定する制度的条件

1) 小麦品種の普及状況

図9に、日本の小麦の品種別作付面積の推移について示した。ここでは1980～2006年までの27年間における上位5品種を取り上げたが、その数はわず

か13品種と少ない。また、この上位5品種で小麦作付面積の7割以上、高い年には9割近くを占めており、ごく一部の品種に作付けが集中していることがわかる。

一方、図10はドイツの品種別種子作付面積の推移について示したものである。日本のデータが作付面積であるのに対して、ドイツのデータはその制約から種子作付面積²¹であり、また自家採取した場合の面積²²は含まれないため、単純に比較できないという点については留意する必要があるが、それでもドイツにおける品種交替の状況は確認できる。これをみると1980～2006年までの27年間に上位5位に入る品種は36にも上り、またこれらが全体に占める割合は低く、多様な品種が作付けされていることがわかる。小麦の作付面積が大きいドイツにおいてより品種数が増えることは理解できるが、ここで注目すべきは品種が交替していく速さであり、日本では特定の品種が長期間上位を占めるのに対して、ドイツでは数年で更新されているのである。

こうした小麦の品種普及の速度の違いは、品種開発から種子供給までの体制、および品質評価と取引体制に規定されていると考えられるが、以下では、これら違いを規定する日独の制度的条件について比較検討する。

2) 品種開発と種子供給

(1) 日本における品種開発と種子供給までの体制

日本における品種開発から種子供給までの状況は地域により若干異なることから、本稿では小麦作付面積が最も大きい北海道を例にその仕組みを整理する(図11)。

北海道では、公的機関である(独)農業・食品産業技術総合研究機構および(独)北海道立総合研究機構と、協同組合であるホクレン農業総合研究所において小麦の品種開発が行われている。品種候補は、その品種を開発した研究機関において生産力検定予備試験が行われ、北海道が実施する系統適応性検定試験、および特性検定試験の結果と合わせて、

19 ドイツでは、圃場ごとに土質や地質母材から算出された点数がつけられており、生産者は自身が耕作する各圃場の点数を把握している。そして、それぞれの圃場の特性に合わせた栽培管理や品種選択を行っている。圃場の詳しい採点方法については、伊東⁽⁹⁾、津谷⁽¹⁹⁾参照。

20 なお、品種ごとに栽培方法が異なることが予想されるが、新しい品種の栽培方法に関する情報は、公的機関や生産者が契約している農業コンサルタントから提供される。

21 関係機関への聞き取り調査によれば、品種別作付面積に関する統計データはない。

22 BDPへの聞き取り調査によれば、ドイツの自家種子利用率は2012年秋播小麦で46%となっている。

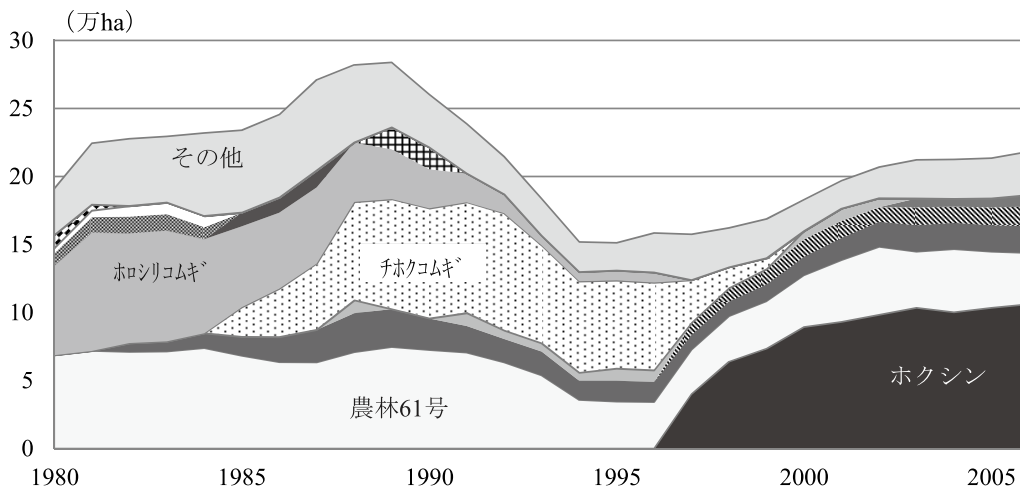


図9 日本の小麦品種別作付面積

資料：農林水産省総合食料局「麦の品種別作付面積」各年次。

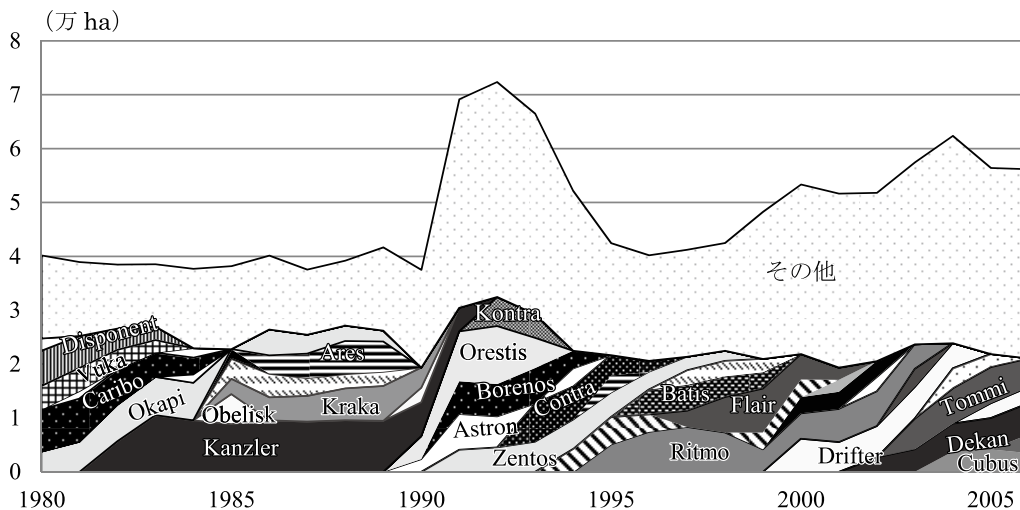


図10 ドイツにおける品種別種子作付面積

注：1) 最も作付面積が大きく一般的な中間質の秋播小麦のうち、ドイツ国内向けに認証されたものを集計の対象としている。

2) 1990年までは旧西ドイツのデータとなっている。

資料：BSA (Bundessortenamt, 連邦品種登録機関)「Beschreibende Sortenliste」各年次。

次の生産力検定試験に進む系統が決定される。生産力検定試験では栽培特性と品質特性が評価され、北海道が実施する奨励品種決定試験と栽培試験の結果とを合わせて、最終的に品種として登録するかどうか判断される。品種の登録は農林水産省が行うものの、その可否を判断する試験・調査は、品種を開発した研究機関、および北海道が実施する仕組みとなっている。また、農林水産省による品種登録とは別に、北海道では新しく登録された品種を奨励品種

に採用するか否かを決め、採用したものについては主要農作物種子法（1952年制定）に基づき種子増殖を行い、生産者に供給する。

品種開発に関わる資金については、国や地方公共団体等により事業費として交付されている²³。なお、品種開発機関に対する育成者権の支払いは小額であり²⁴、品種の開発に要した経費をその機関が回収する仕組みにはなっていない。

以上のような品種開発から種子供給までの特徴と

23 一部、農業生産団体からの寄付もある。

24 ある研究機関の例では、種子を増殖する者から原種利用料の1%を利用許諾料として受け取っている。原種は増殖してから生産者に販売される。

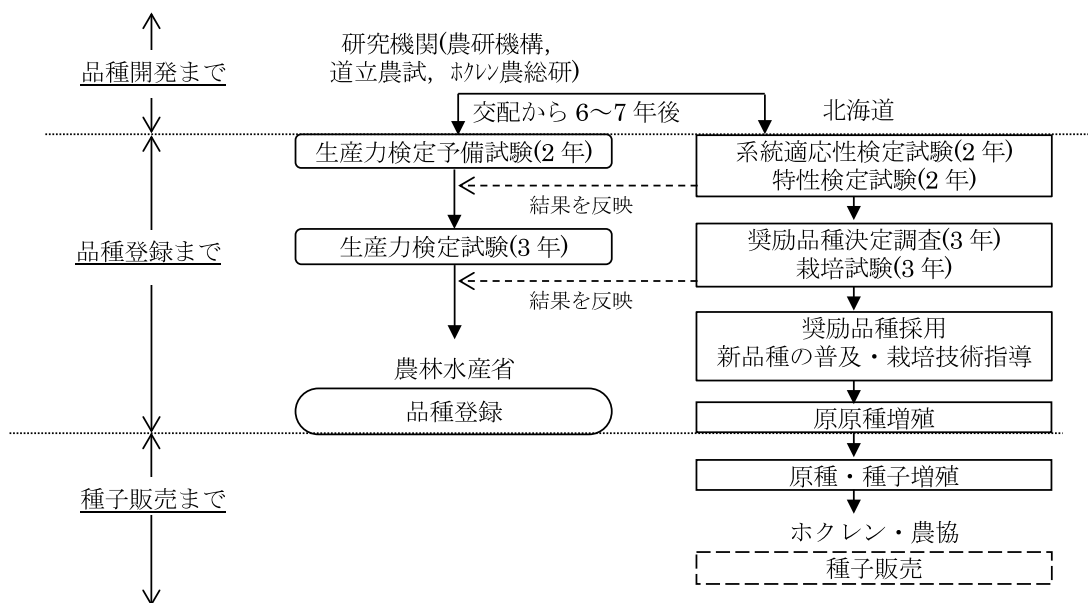


図 11 北海道における品種開発から種子供給までの流れ

注：原原種の増殖については、北海道がホクレン等の組織に委託生産している。

資料：食料・農業・農村政策審議会「第7回麦政策検討小委員会配布資料（平成16年10月26日）、資料5「新品種育成における実需者との連携強化について」、(財)北海道科学技術総合振興センター「道内種苗類の実態把握に関する基礎調査報告」および北海道農業研究センターへの聞き取り調査をもとに作成。

しては、次の2点あげられる。第一は、都道府県が新品種に関する試験・調査から種子生産までを一貫して責任を担うという奨励品種制度の存在である。この制度により、各地域に適した品種が栽培されるとともに、栽培技術に関する情報も合わせて生産者に提供される体制が構築されている。また、計画的な種子の増殖と供給も可能になる。しかしながら、逆にいえば、奨励品種以外の種子供給は行われないことから、普及される品種が限定されてしまうといった側面もある²⁵。

第二は、品種開発が公的機関を中心に行われている点である。自家採取が可能な小麦種子は公共財的な性格を持ち、それゆえに私的セクターでの事業にのりにくい。公的機関が育種することで、新品種を開発していく体制は維持されるが、育成した品種の普及度が次の品種開発の予算額に比例するわけではないため、育種と普及が連動しにくい仕組みとなっている。

(2) ドイツにおける品種開発から種子供給までの体制

図12にドイツにおける品種開発から種子供給までの体制を示した。ドイツでは民間の穀物育種会社が30社あり、このうち27社で小麦の品種開発が行われている²⁶。民間会社により育成された品種候補は国の機関であるBSA (Bundessortenamt, 連邦品種登録機関)の試験に合格すれば品種として登録される。登録された品種の種子は、民間種苗会社により増殖され²⁷、生産者に供給される仕組みとなっている。

このようにドイツでは日本とは違い民間会社により育種が行われているが、自家増殖が可能な小麦において民間による育種が可能となっている要因は次の2点に整理できよう。第一に、品種開発への投資費用を回収できる仕組みが構築されている点である。種子の価格は品種により異なるが、おおよそ50~60ユーロ/100kgであり、このうち約10ユーロ/100kgがライセンス料(Z-Lizenzgebühr)とし

25 品種登録が行われたとしても奨励品種として採択されなければ、その品種はほとんど普及しない。

26 BDPへの聞き取り調査およびSaattguttreuhandverwaltungs-GmbH(種子受託管理会社、STV)発行の「RATGEBER, Informationen und Sortenliste der STV zur Nachbauerklärung, Aussaat Herbst 2012 / Frühjahr 2013」による。

27 育種会社と種苗会社は密接な関係にあり、品種登録前に種子増殖を行うこともある。なお、種苗会社が種子を増殖する際に各品種の需要量を予想することは難しく、農業コンサルタント等から情報を収集しながら、各品種の増殖量を決定している。

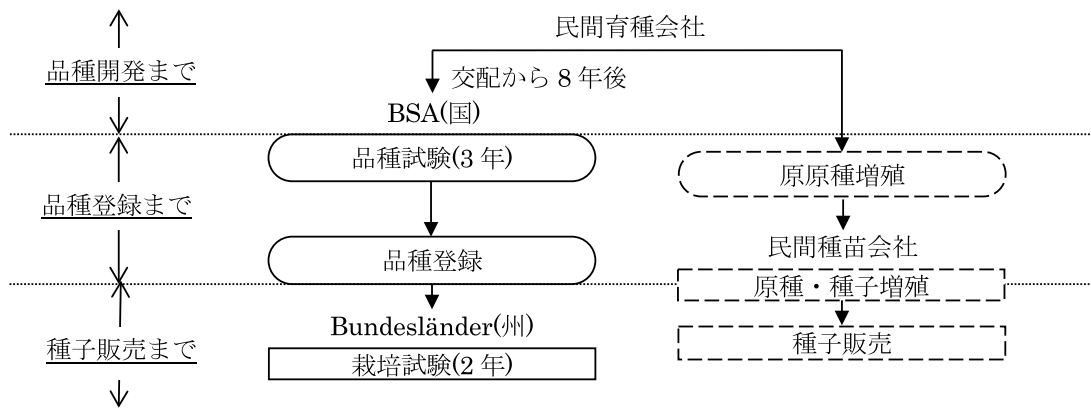


図12 ドイツにおける品種開発から種子供給までの流れ

注：原種・種子増殖および種子販売については、民間育種会社が自ら行う場合もある。
資料：BDPへの聞き取り調査をもとに作成。

て種子代金とともに回収され、育種会社に支払われる。生産者側からみると種子に対するこのライセンス料の支払いは負担となることから自家採取する者も現れるが、このような場合においても生産者は自家採取した品種と量を民間育種会社が出資するSaattuttreuhandverwaltungs-GmbH（種子受託管理会社、以下STV）に申告しライセンス料のおよそ半額のレプリカ料（Nachbauggebühr）をSTVと通じて育種会社に支払うこととなっている。

第二に、小麦の種子市場が日本と比べて大きい点である。先に示したようにドイツの小麦生産量は日本の26倍であり、これは種子の需要量にも反映する。需要の大きさはビジネスとしての規模も示し、また、多くの種子を販売することができれば単位当たりの開発費用を抑えることもできる。このことから、利益を追求する民間会社においても育種が可能となっているのである。

3) 品質評価と取引体制

(1) 日本における小麦の品質評価と販売の仕組み

日本では特定の品種が長期に渡り作付けされているが、これは前述した日本独自の品種開発・種子供給体制に加え、小麦の取引体制も影響している。日本の小麦は、民間流通のもとで産地品種銘柄ごとに入札され価格形成がなされるとともに、等級（1等または2等）²⁸ およびランク（A～D）²⁹（表9）で

決定された交付金が生産者に支払われる。産地品種銘柄とは、特定の産地においてある程度の面積でその品種が普及すると、生産者団体等³⁰が都道府県に対して申請し認められる品種のことである。これは農産物検査法により規定された制度であり、そして、各都道府県においてこの産地品種銘柄として認定されない品種のランクは、その品質の良し悪しに関わらず最も低いDに格付けされてしまう。

等級とランクにより決められる交付金単価は、60kg当たり1等Aで6,450円、2等Aで5,290円、1等Dで5,740円となっており、民間流通による落札価格（2013年産平均2,819円/60kg）と比較すると相対的に高額である。上記のように等級が1等から2等へ低下することで交付金単価が2割近く減少することから、生産者および出荷組織である農協は、まずは小麦の外観維持を重視した行動をとる。具体的には収穫後にふるいや比重選にかけ、等級区分が1等になるよう調製を行うのである。また、品種の変更は、そのような外観そのものが変わるために避けられやすい。一方、ランクがAからDへ低下することでも交付金額は1割以上減少する。生産者は品質に関わらずDランクとなる非産地品種銘柄は選択しない。また、品種が混合した場合もDランクとなるため、試作も含め複数の品種を作付けするという行動は回避されやすい。特に、北海道では小麦の収穫に数戸から数十戸の経営で共有する大型

28 整粒・形質等の農産物検査法（農産物規格規定）による外観を重視した基準。

29 容積重、たんばく質含有量、フォーリングナンバー、灰分といった製粉会社が求める品質を重視した基準。

30 産地品種銘柄は誰でも申請できるが、生産者団体により申請されることが多い。

表9 日本の普通小麦の等級・ランク区分

等級区分	最低限度				最高限度				
	容積重 (グラム)	整粒 (%)	形質	水分 (%)	計 (%)	異種 穀粒 (%)	被害粒, 着色粒, 異種穀粒及び異物		
							異物	異物	
1等	780	75	1等標準品	12.5	5.0	0.5	0.0	0.1	0.4
2等	730	60	2等標準品	12.5	15.0	1.0	0.0	0.1	0.6

資料：農林水産省「農産物規格規定(抄)」をもとに作成。

ランク区分

	評価基準	
	基準値	許容値
A	3つ以上達成	全て達成
B	2つ達成	全て達成
C	1つ達成	全て達成
	2つ以上達成	未達成
D	全て未達成	-
	1つ達成	未達成

注：基準値, 許容値は, たんぱく, 灰分, 容積重, フォーリングナンバーに関する値であるが, 用途により異なる。
資料：全国米麦改良協会「契約生産奨励金品質改善奨励額ランク区分基準」より転記。

コンバインを用い, 収穫後は農協等が所有する大型乾燥調製施設を利用するのが一般的である。そのため, 品種の混合を防ぐために地域全体, もしくは施設単位で同一の品種を栽培するという対応がとられる³¹。

さらに, こうした小麦の交付金制度や産地の状況に加えて, 日本の製粉産業が大手3社の寡占状態にあることもまた, 生産者の品種選択行動に影響を及ぼす。実需者である製粉会社と比較して小麦産地の規模は小さいため, 買い手である製粉会社の要求に産地は適応せざる得ない構造となっている。製粉規模が大きい大規模実需者は, 多量のまとまったロットで, かつ, 均質(粉としてではなく生産物として均質, すなわち品種が同一)な原料(小麦)の安定的な供給を求めるのであり, そのことが品種の変更を認めない要因ともなる³²。

以上の事情から, 生産者においては複数品種の選択は避けられ, また品種の変更も抑制されることになるのである。さらに, 産地品種銘柄の中から製粉会社が要求する品種を作付けることになり, 自ら品種の選択を行うことは少ない。こうした生産者の行

動が, 日本における小麦品種の交替速度を規定しているといえる。

(2) ドイツにおける品質評価の体制

一方, ドイツでは, 小麦は品質によるグループで取引されている。また, 小麦販売に関わる交付金はなく, 生産者の収入は収穫量と品質により決まる。

表10はドイツにおける中間質小麦のグループ区分を示したものである。品質のよい順にE・A・B(以上, 食用), C(その他, 主に飼料用)の4つに分けられているが, ここで注目すべきは品質を区分する値は基準となる品種との差, つまり相対評価で決まるという点である。基準となる品種は, 登録品種リストの中から, 環境の影響を受けにくい品種, その時代に作付面積が大きい品種がBSA(Bundessortenamt, 連邦品種登録機関)により選ばれる³³。既存の品種を基準とすることで, 生産者は常に今の基準よりも優れた品種を選択しようとし, また, こうした需要を満たすべく育種会社の品種開発も促されることになる³⁴。

生産者は, 収穫した小麦のグループを品種ごとに品質検査機関(生産者団体, 公的および民間検査機

31 品種の切り替え時等, やむをえず2品種以上を同じ機械で収穫する場合, 生産者は丸1日をかけてその清掃を綿密に行い品種が混ざらないよう配慮している。

32 小麦産地と製粉会社の関係は河野⁽¹³⁾に詳しい。

33 1980年以降, Caribo, Kanzler, Herzog, Batisが基準となった。2012年の基準品種はJuliusである。

34 1983年から2012年までに日本で登録された小麦品種は76であり, ドイツは372である(資料:農林水産省「品種登録データ検索」, BSA「Beschreibende Sortenliste」)。

表10 ドイツにおける中間質小麦のグループ区分

	E: エリート	A: 高品質	B: パン用	C: その他
生地ガス保持性 Julius=100	ml	108.7 以上	99.5 以上	90.3 以上
生地の弾性		普通, やや強, 強	E+ ややもろい	A+ もろい, 回復性高い
生地のべたつき		モイスト~普通	モイスト~普通	モイスト~やや乾燥
フォーリングナンバー Julius との差	秒	-68 以上	-98 以上	-128 以上
粗たんぱく質含有率 Julius=100	%	104.0 以上	98.4 以上	92.8 以上
セディメンテーション値 Julius との差	ml	-6 以上	-20 以上	-34 以上
吸水率 Julius=100	%	90.3 以上	87.9 以上	85.5 以上
製粉歩留 Julius=100	%	92.5 以上	92.5 以上	90.0 以上

注: Julius は, 2012 年秋播小麦の基準となった品種である。

資料: BSA (Bundessortenamt, 連邦品種登録機関)「Beschreibende Sortenliste 2012」をもとに作成。

関等)に依頼し把握する。そして、販売先である仲買人や製粉会社と価格や搬出時期等について交渉し、より有利な条件のところにグループ別に販売する³⁵。販売に際しては、品種は問われず、同一グループに位置づけば、つまり品質が同一であれば、複数品種を混合して販売することができる³⁶。小麦を購入した仲買人や製粉会社は、出荷単位ごとに品質調

査を再度行い、代金を清算する。

以上のようにグループが同一であれば複数品種を混合し販売できるドイツの生産者は、登録された多数の品種の中から複数を選択し栽培することが可能となる。これが先に示した1戸当たりの複数品種栽培へとつながり、このことが国全体の品種の置き換わりを促進しているのである。

IV. 結果と考察

1. 分析結果

本稿では、日本における小麦収量の低位性という問題解決に向けて、世界の中でも収量性が高いドイツを事例に、小麦の高収量性の要因を経営的、技術的および制度的条件から調査を行った。

まず、ドイツの調査対象経営における経営的な条件としては、大規模かつ非常に効率的な経営展開を行っている点があげられる。一般的に少ない労働力で大面積を耕作する場合、粗放的な栽培管理となりやすく、収量は低下すると考えられている。しかし A 経営および B 経営とも、こうした状況にはない。両経営とも圃場が近接しており、かつ1圃場当たりの区画が大きい。このようないわば農場制に近い圃場条件は、小麦作の集約度を高め、収量向上をもたらす基礎的な条件となっている。また、両経営とも、200馬力を超えるトラクタや刈幅7.5mまたは9.0mのコンバイン等、大型機械を用いて高効率な作業を実施している。これは、作業効率を高めるだけでな

く、作業精度の向上や深耕の実施も可能にし、栽培面でも好適な状況をもたらすものとなっている。そして、次に示すような高収量を実現する栽培を行うための条件を整えている。

技術的条件としては、第一に、大型機械を用いた複数作業の同時遂行といった省力的かつ集約的な技術体系が確立されている点があげられる。第二に、播種床の鎮圧や適期の施肥・防除といった基本に忠実な栽培管理がなされている点があげられる。これは、ECに基づく決め細かな栽培管理に代表されるが、先に述べたように、A 経営および B 経営とも、少ない労働力で大面積を耕作しているものの、決して粗放的な技術対応がなされているわけではない。第三に、圃場単位で最適な品種の選択がなされている点があげられる。こうした品種の選択と、追肥を中心とする施肥体系、さらに生育調節剤の利用という一連の技術対応がドイツにおける小麦の多収を可能としていると考えられる。

35 小規模な生産者の場合は協同で販売することもある。

36 各品種は、登録時にそれらが持つ特性により E から C のグループに分類されるが、この登録時のグループと出荷時のグループは同じとする必要はない。例えば、B グループに所属する食用品種（パン用）でも、B グループの基準に満たなければ C グループ（主に飼料用）の小麦として販売される。

ところで、ドイツの小麦作経営による新品種の導入には、制度的条件によるところが大きい。ドイツにおける小麦の品質評価方法は、既存品種と比較した相対的な評価となっている。これは、生産者において、基準となる品種よりも品質および収量の面で優れた品種を選択するといったインセンティブが働きやすい仕組みである。また、小麦取引については、産地品種銘柄であるか否かや、外観に関わらず同一グループ（品質）であれば品種を混合して販売することが可能となっている。こうした取引体制のもとで、生産者は品種の交替を毎年のように行っている。さらに、ドイツでは品種普及に関わる成果が、次の品種の開発資金となる仕組みが整えられている。これは、品種の開発と普及が同時に促される体制である。以上の制度的条件から、ドイツにおいては小麦の新品種の普及が促進され、継続した収量向上を実現しているということができよう。

2. 日本への示唆と残された課題

以上、聞き取り調査に基づきドイツにおける小麦の収量性が高い要因を経営的、技術的および制度的条件から分析してきたが、これらは、生産力停滞とも呼ぶべき状況にある日本農業にも重要な示唆を与えるものである。このような観点から、日本の小麦の収量性向上に求められることとして、以下の3点を指摘したい。

まず、経営的側面としては、農地の面的集積を通じた圃場の連担化、大区画化を図り、大型機械による高精度、高能率な作業が実施できる圃場条件の構築が必要である。特に圃場条件は、生産性の高い小麦作経営の形成に不可欠である。農地流動化を進める中で、日本においても、ドイツの調査対象経営ほどではないが、100haを超える大規模経営が成立しつつある。しかしそれらの経営の多くは、中小区画の分散圃場での営農を強いられている。これでは真の生産性向上は期待できない。この点からも圃場条

件の整備はまず図っていく必要がある。

また、技術的側面としては、合理的な輪作体系を確立し、地力の維持・向上を進める中で、窒素反応の高い品種を導入しながら、追肥を中心に多収を実現できる栽培技術の構築が求められる。繰り返しになるが、ドイツでは、稠密な栽培管理の実現が収量水準の確保につながっていたことを忘れてはならない。特に、的確な栽培技術に基づく周到な管理がなされていると理解すべきであろう。この点からも、日本における小麦栽培技術の再検討が求められているといえる。

さらに、制度的側面としては、都道府県単位の奨励品種・産地品種銘柄ではなく、優れた品種は都道府県に関係なく栽培できる仕組みの構築が求められる。また外観等級ではなく製粉段階での成分による品質評価を中心とし、同じ品質であれば複数品種を混合しても生産者の収入が低下しない仕組みの構築も必要である。こうした制度的条件が整えば、よりよい特性を持った品種が早期に普及していく環境が整備できる。このような制度的条件は長い歴史があり、短期的に改善していくことは困難ではあるが、しかし、これら品種の開発・普及に関わる制度的条件の変更なしに新品種の普及を促進し、収量向上を実現することもまた難しいのである。

本稿では、日独における小麦の収量格差に関する要因分析を経営的・技術的・制度的条件という3つの観点から明らかにしてきた。しかしながら、各々の要因がどの程度、収量向上に貢献しているのかについては明らかとなっていない。この点については、今後分析を進めていく必要がある。

さらに、ここでは小麦作に着目したが、海外と比較した作物の生産性の停滞という状況は他の作物でも共通する問題である。これら他の作物に関する分析も今後実施していく必要がある。

付記：本稿は、関根久子・梅本雅⁽¹⁸⁾を一部に含む。

V. 摘要

本稿では、日本の小麦収量の低位性という問題の解決に向けて、ドイツの小麦作との比較を通して、収量性を規定している要因を、経営的、技術的、制度的条件から分析した。

まず、経営的側面としては、ドイツでは面的に集積された大区画圃場のもとで、大型機械を用いた高能率な作業が行われており、いわば農場制農業とも呼ぶべき圃場条件と大型機械を十分に稼働できる規

模的条件が整っていた。また、技術的条件としては、省力的かつ集約的な技術体系が確立されており、大規模であっても決して粗放的な管理がなされているわけではなかった。さらに、制度的条件としては、既存品種と比較した品質評価方法がとられている点や、産地品種銘柄であるか否かや、外観に関わらず同一グループ（品質）であれば品種を混合して販売することが可能となっている点があげられる。こうした品質評価および取引体制は、生産者の品種変更を阻害せず、新しい品種、つまり収量性が高い品種

のより迅速な普及、さらには開発を加速している。

このようなドイツにおいて高い収量水準を実現している条件を踏まえると、日本においても今後は、農地の面的集積による圃場の連担化・大区画化を通して小麦作の一層の規模拡大を図るとともに、窒素反応の高い品種を導入しながら、追肥を中心に多収を実現できる栽培技術を構築していくこと、さらに、その前提となる新品種の早期の普及が促進されるための制度面での改善を図っていく必要がある。

引用文献

- Jutta Ahlemeyer and Wolfgang Friedt (2010) Progress in Winter Wheat Yield in Germany -What's the Share of the Genetic Gain? Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2010, 61, 19-23
- 荒幡克己 (2014) “減反 40 年と世界の稲作－日本稲作の競争力はどうか変化したか－”. 減反 40 年と日本の水田農業, 農林統計出版, 15-132
- R. B. Austin, J. Bingham, R. D. Blackwell, L. T. Evans, M. A. Ford, C. L. Morgan and M. Taylor (1980) Genetic Improvements in Winter Wheat Yields since 1900 and Associated Physiological Changes. The Journal of Agricultural Science, 94(3), 675-689
- R. B. Austin, Margaret A. Ford and C. L. Morgan (1989) Genetic Improvement in the Yield of Winter wheat: a Further Evaluation. The Journal of Agricultural Science, 112(3), 295-301
- 淡路和則 (1994) “農業経営の組織化－ドイツのマシーネンリング－”. 先進国 家族経営の発展戦略 独・仏・日 それぞれの進路, 農山漁村文化協会, 21-78
- M.A. Bell, R.A. Fischer, D. Byerlee and K. Sayre (1995) Genetic and Agronomic Contributions to Yield Gains: A Case Study for Wheat. Field Crops Research, 44, 55-65
- Nadine Brisson, Philippe Gate, David Gouache, Gilles Charmet, François-Xavier Oury and Frédéric Huard (2010) Why are Wheat Yields Stagnating in Europe? A Comprehensive Data Analysis for France. Field Crops Research, 119, 201-212
- D. F. Calderini, M. F. Dreccer and G. A. Slafer (1995), Genetic Improvement in Wheat Yield and Associated Traits. A Re-examination of Previous Results and the Latest Trends. Plant Breeding, 114, 108-112
- 伊東正夫 (1973) “土壌学と生産力可能性分級”. 経済的土地分級の研究－農業への適用－, 東京大学出版会, 183-208
- 和泉真理 (2010) ドイツの農業後継者. 一般社団法人 JC 総研研究員 Report/ グローバル WATCHER EU の農業・農村・環境シリーズ, 第 15 回, 1-5
- Nicholas G. Kalaitzandonakes, Brad Gehrke and Maury E. Bredahl (1994) Competitive Pressure, Productivity Growth, and Competitiveness. Competitiveness in International Food Markets, Westview Press, 169-187
- 後藤寛治 (1990) ヨーロッパにおけるコムギの収量事情. 日本作物学会紀事, 59 (2), 390-394
- 河野恵伸 (2011) 品種開発からみた農産物の製品計画の課題. フードシステム研究, 18 (3), 319-324
- 黒河功 (2013) “道産小麦の蘇生”. 新北海道農業 発達史, 一般社団法人北海道地域農業研究所, 173-199
- 小田俊介 (2013) “各論：作物育種”. 麦類の収量性向上に向けた今後の研究展開, NARO 戦略レポート, 4, 103-107
- 齋藤陽子 (2011a) “北海道における小麦育種目標の変遷とその成果－肥料反応関数による接近－”. 小麦品種改良の経済分析－その変遷と品質需要対

- 応－，農林統計協会，81-97
17. 齋藤陽子（2011b）“小麦品種改良の品質重視型技術進歩”. 小麦品種改良の経済分析－その変遷と品質需要対応－，農林統計協会，99-117
 18. 関根久子・梅本雅（2014）小麦品種の開発・普及に関する現状と課題－小麦の新品種開発・普及プロセスに関する日独比較分析－. 日本農業経済学会論文集，2014，48-53
 19. 津谷好人（1994）“ドイツ－多様な顔をもつ条件不利地域対策”，ECの農政改革に学ぶ－苦悩する先進国農政－，農文協，181-243
 20. 渡邊和洋（2014）“各論：栽培”. ヨーロッパにおける多収コムギの現状調査，NARO 戦略レポート，5，23-33
 21. J. C. Zadoks, T. T. Chang and C. F. Konzak (1974) A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. *Weed Research*, 14, 415-421

Comparison of the factors responsible for the wheat yield gap between Japan and Germany

Hisako Sekine^{*1} and Masaki Umemoto^{*2}

Summary

Currently, German wheat yield is 7.0 t/ha higher than Japanese yields. In this study, we investigated from three perspectives why wheat yield is higher in Germany than in Japan: the characteristics of the wheat farms, cultivation techniques, and regulations on wheat quality classification and marketing. German wheat farmers cultivate wheat efficiently using high-powered machinery in large fields. They manage their farms intensively despite the large scale. Germany's wheat is sold by the quality group. Farmers can sell mixtures of several varieties that are classified in the same quality groups. This marketing system encourages farmers to introduce new varieties with stronger disease resistance and higher yield. In contrast, Japanese farmers manage much smaller fields, have access to small-powered machinery and sell wheat by the varieties due to the marketing regulations. Japanese farmers should consider consolidating their fields to take advantage of economies of scale and should develop new cultivation techniques appropriate for this revised approach. The Japanese government should also look for ways to encourage farmers to introduce new varieties.

*1 NARO Agricultural Research Center, Farm Management Division

*2 NARO Agricultural Research Center, Department of Planning and General Administration