

チベット高原東部地域におけるオオムギ品種の特性とその栽培状況

露崎浩^{*1)}・武田和義²⁾・駒崎智亮²⁾

(¹⁾秋田県立大学・²⁾岡山大学)

要旨: オオムギが主食として栽培されているチベット高原の東部地域(標高 2670 m~3550 m)において、オオムギの栽培、生育状況を収穫期に調査した。さらに、その場で収集したオオムギ在来品種 333 系統を日本で栽培し、出穂期や収量関連形質などを調べた。栽培されていたオオムギのほとんど(収集系統の 99%)が六条・裸性であった。粉食をするチベット民族が製粉の容易なハダカムギを好んで栽培していると推察される。穎や穎果が紫や青色を呈する系統が多数認められた。オオムギ栽培は、河岸段丘や山腹の小規模な畑で行われていた。ヤク(牛の一種)を使う耕起の他は、全て手作業で栽培が行われていた。元肥として、主に有機質肥料が使われていた。播種様式は散播が最も多かった。春播き栽培されており、播種期(3月中旬~4月上旬)と収穫期(8月上旬~下旬)が標高により異なった。収穫物は架掛けや屋根の上で乾燥された後、踏みつぶしや唐竿により脱穀されていた。収穫時の生育状況(草高および被度)に、大きな圃場間差が存在した。日本での出穂期に1ヶ月近くの系統間変異が認められ、標高 2900~3100 m から収集した系統に出穂の遅いものが多かった。このような出穂期の遺伝的分化には、栽培標高帯の気象条件や播種、収穫期の早晚が関わっていると思われる。収集系統の千粒重は、世界各地の六条・裸性品種と比べ明らかに大きかった。最後に、現地での多収化を計る上での栽培上の視点を提示した。

キーワード: 遺伝資源, オオムギ, 栽培, 在来品種, 多収化, チベット高原, 中国, 適応。

チベット高原は、六条・裸オオムギ品種の多様性が高い地域の1つであり(Vavilov 1992)、“オオムギ遺伝資源の貴重な世界的貯蔵庫”(Harlan and Martini 1936)と指摘されている。そして、そのようなオオムギが、同高原に住む人々の主食となっている。したがって、チベット高原のオオムギの栽培、生育状況の把握、および在来品種の収集と評価は、人類そしてチベット民族にとって極めて重要と言える。しかし、この地域のオオムギの遺伝資源学的研究は、同高原への外国人研究者の立ち入り制限のため、ほとんどなされていない。このような状況下、筆者らは、四川農業大学との共同研究としてチベット高原東部地域を探索する機会を得た。この地域は、チベット高原のなかでも伝統的な農業が維持されているところであり、在来品種が広く栽培されている。本報では、現地でのオオムギの栽培や生育状況の実態、および収集したオオムギの日本での出穂期や収量関連形質等を報告する。そして、栽培環境、栽培方法、生育状況および品種特性の関連の論議を通じ、品種の評価を行うとともに、現地での多収化を計る上での視点を述べる。

材料と方法

1. 収集・調査地域の概要

(1) 地理・農業

オオムギ在来品種の収集・調査は、第1図に示した中国四川省のチベット高原東部地域で行った。この地域は、長江の支流のミン川、タートウー川およびヤーロン川の流域で、標高は 3000 m 前後である。農業地帯区分では、ハダカムギ・ヤク(牛の一種)地域とされる(劉 1984)。作物

では、オオムギ、コムギ、ソラマメ、ナタネなどが、標高に応じ栽培されている(第2図)。また、家畜ではヤクやヒツジなどが飼育されている。なお、オオムギの単収は低く、50~200 kg/10 a 程度とみられる。

(2) 気象

チベット高原の気象に関する情報は極めて少ない。ここに記す気象概要は、倉嶋・落合(1964)に掲載されている図、表などから読み取ったものである。

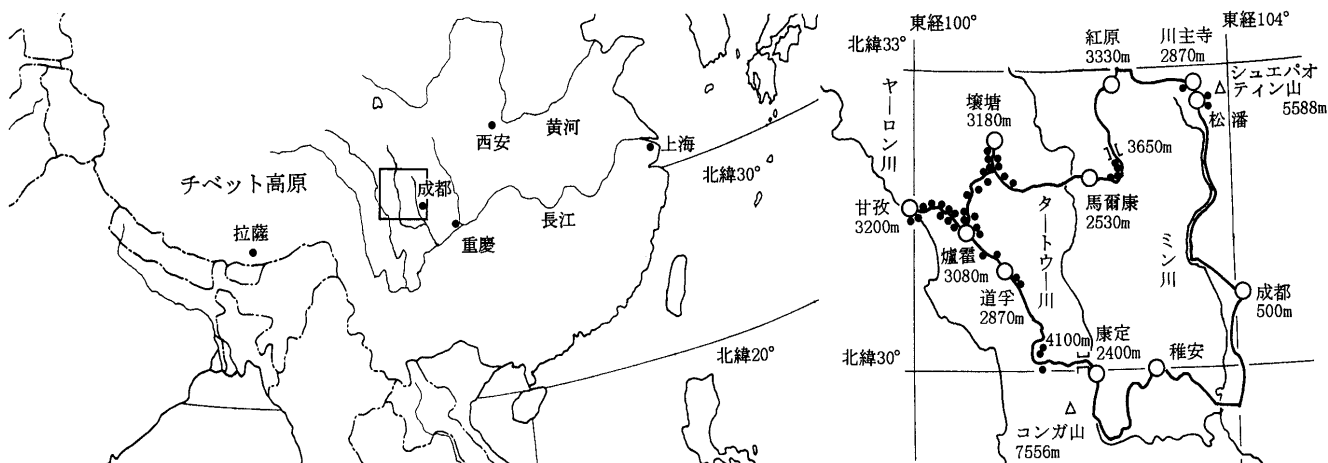
収集・調査地域の年降水量は 500~1000 mm 程度である。夏に雨が多く、調査ルート上の都市・康定(標高 2610 m)では、5月から9月の間に年降水量(820 mm)の8割にあたる降雨がある。冬期は、少雨のため積雪は少なく、最深積雪は 10~20 cm 程度である。

収集・調査地点の最低標高(2670 m)に近い康定の冬期の平均気温は 0°C 前後、また夏期は 17°C 程度である。気温は一般に標高が 100 m 上昇すると 0.55°C 低下するとされる。その値を用いると、収集・調査地点中の最高標高地点(3550 m)の気温は、最低標高地点(2670 m)より 5°C ほど低く、冬期の平均気温は -5°C 前後、夏期は 12°C 程度と推定される。

無霜期間は、康定周辺では 225~250 日程度、収集・調査地域中で最も標高が高い甘孜周辺(標高 3200~3500 m 程度)では 100~125 日程度である。

2. 品種の収集と栽培、生育状況の調査

第1図に示したルートを、オオムギの収穫期にあたる 1996 年 8 月 21 日から 31 日にかけて車で移動した。そして、62 地点(オオムギ畑: 49 地点、架掛け等の乾燥場: 3



第1図 オオムギの収集・調査地域、地点。

左図枠内のチベット高原東部地域（四川省）で収集・調査を行った。右図には探索ルート（——）、宿泊地（○、標高を併記）および収集・調査地点（●）が示されている。なお、収集・調査地点の一部は省略されている。

地点、オオムギの混ざったコムギ畑（10 地点）の各々において、穂の形態、穎色および穎果色が異なるオオムギ個体（以下、系統と呼ぶ）を1穂ずつ収集した。あわせて、栽培品種に関する農民への聞き取りを可能な限り行った。オオムギを収集した地点の標高範囲は2670～3550 mであった。

栽培方法を把握するため、オオムギの圃場面積（調査地点数：46）、施肥の有無と種類（12 地点）、播種様式（26 地点）、播種期（11 地点）および収穫期（14 地点）を調査した。これらのうち、施肥方法と播種期および一部の収穫期については、農民からの聞き取りによった。また、収穫したオオムギの乾燥方法および脱穀方法を観察あるいは聞き取った。さらに、生育状況の把握のため、オオムギの平均草高と被度（44 地点）を調査した。被度は百分率被度で、目測によった。

3. 品種特性の調査

岡山大学資源生物科学研究所実験圃場（岡山県倉敷市）において、62 地点から収集した合計 333 系統を慣行法で次のように栽培した。すなわち、各系統あたり 5 粒を畦間 90 cm、株間 8 cm の二条千鳥植えて 1996 年 11 月下旬に播種した。

明らかな混入とみられる個体は生育中に抜き取った。そして各系統において、出穂期（茎の 50% が出穂した時期）を調査した。さらに、稈の伸長が終了した時期に、各系統 3 個体の最長稈長を測定した。6 月上、中旬に収穫し、各個体の最長稈につく穂の穂軸節数と千粒重を調査した。胚乳の糯稈性を、ヨウ素溶液による染色法で判定した。なお、実験圃場には堆肥および化成肥料（N:P₂O₅:K₂O=3:3:3 kg/10 a）を基肥として施し、追肥は行わなかった。

本収集系統の諸特性を世界各地のオオムギ品種と比較するため、岡山大学資源生物科学研究所オオムギ・野生植物資源研究センターで保存している約 8000 品種の中から世

界各地域の標準的なオオムギ 274 品種を選び、それらを本収集系統と同一時期、同一方法で栽培した。そして、出穂期と稈長を調査した。また、穂軸節数と千粒重は条性、皮裸性および矮性によって大きく異なる。そこで、この 2 つの形質については、274 品種の内、本収集系統と同じ六条・裸性・並性の 32 品種を対象に調査した。

結 果

1. 栽培、生育状況

(1) 栽培品種

収集した 333 系統のうち 330 系統が六条・裸性、2 系統が二条・裸性、1 系統が二条・皮性であった。第 1 表に示したように、穎や穎果が紫や黒など有色の系統が多かった。そして、穎色と穎果色とは密接な関係にあり、例えば穎色が紫の系統は全て粒色も紫であった。

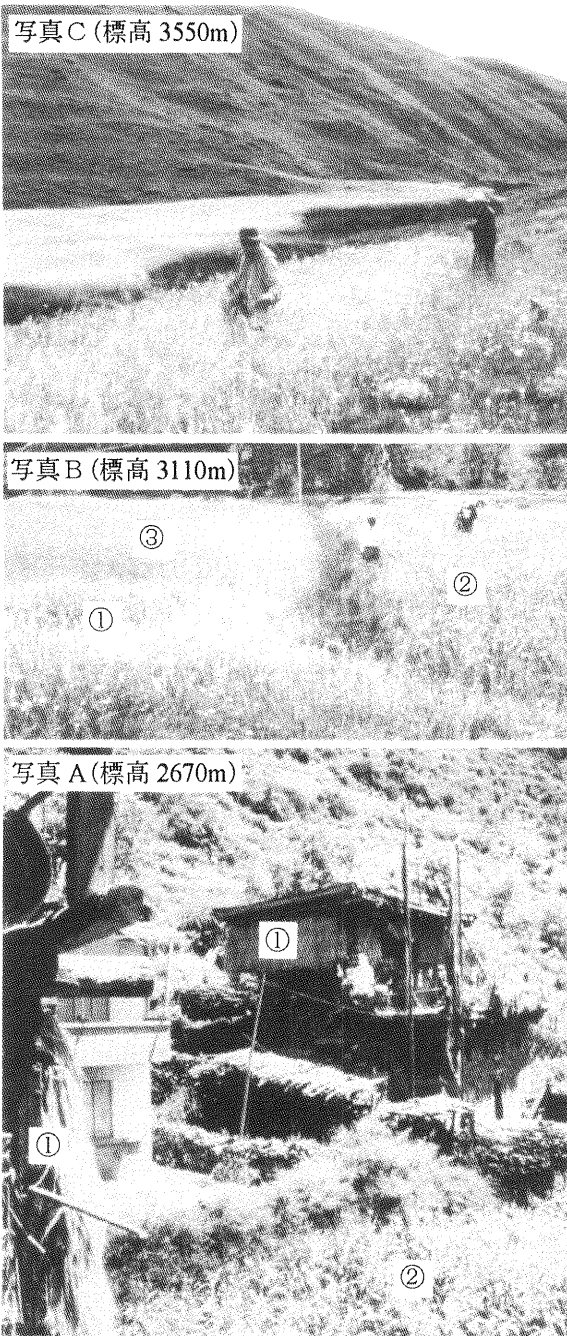
農民から、穎色が紫のオオムギは主食、白のオオムギは酒の原材料に適していることを聞き取った。そして、紫穎の個体の頻度が高い圃場と、白穎の個体の頻度が高い圃場が、同一地域に混在することを観察した（第 2 図）。

(2) 栽培方法

オオムギは河岸段丘、山腹、山頂部の平坦地で栽培されていた。圃場面積は 100～8000 m² の範囲にあり、1000 m² 以下の圃場が調査圃場の 6 割を占めた。土壌は砂質で小石を多く含んでいた。灌漑のための用水路は見られなかった。

施肥は、聞き取りした全ての圃場で行なわれており、肥料の種類は有機質肥料（10 圃場）、化成肥料（1 圃場）および有機質肥料と化成肥料の併用（1 圃場）であった。有機質肥料は、オオムギなどの茎葉と家畜の糞尿から作ることを 1 圃場で聞き取った。播種様式は散播が最も多く（19 圃場）、他に条播（4 圃場）や点播（3 圃場）が認められた。

第 3 図に示したように、播種、収穫時期および播種から収穫までの日数（生育期間）が、栽培地点の標高により異なった。播種期は、標高が 3000 m より低い地点では 3 月



第2図 調査地域における作物の栽培状況。

栽培される作物が標高に応じ変化した。

写真A (標高 2670 m) : 調査地域のなかでは標高が低く、オオムギはすでに刈り取られ軒下で乾燥されていた(①)。また、低標高で気温が高いため、トウモロコシの栽培がみられた(②)。

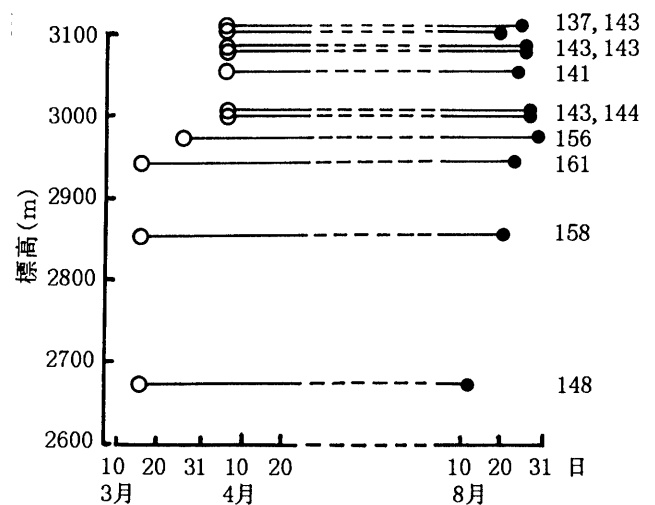
写真B (標高 3110 m) : 標高 3000 m 前後では、オオムギの他に、コムギやエンドウなどが栽培されていた。写真①、②はオオムギ圃場で、①では穎の白いオオムギが、②では穎が紫のオオムギが、それぞれ優占していた。③はコムギ圃場。

写真C (標高 3550 m) : 標高が 3350 m を越えるとコムギの栽培はみられなくなった。このような高標高においては、穀類ではオオムギのみが作られていた。他に、ナタネの栽培が認められた。写真は、今回調査した圃場のなかで最も高い地点のオオムギ圃場。

第1表 穎色、穎果色別系統数。

穎果色	穎 色					計
	白	微紫	紫縞	紫	黒	
白	64	1	21(2)	0	0	86(2)
青	36	0	35	0	1	72
微紫	6	14	2	0	0	22
紫	3	0	3	87	0	93
褐	2	0	1	0	0	3
黒	0	0	0	0	8	8
計	111	15	62(2)	87	9	284(2)

() 内は二条・裸性、その他は六条・裸性の系統数。系統数計が収集系統数(333系統)と一致しないのは欠測のため。



第3図 標高を異にした圃場におけるオオムギの播種期(○)と収穫期(●)。

播種期については旬単位での聞き取りを行っており、図では各旬の中央日をプロットした。図中の数値は播種から収穫までの日数。

中、下旬、3000～3100 m では4月上旬であった。3100 m より高い地点での播種期を聞き取ることはできなかった。収穫期は、標高 2670 m の圃場において8月上旬であることを聞き取った。なお、標高 2700 m 前後のオオムギの収穫は、筆者らが収集・調査を行った8月下旬には完了していたので、8月上旬頃とみられる。標高 2800～3100 m での収穫期は8月下旬であり、それより高い地点でも8月下旬に収穫されていた。標高 3200～3500 m での初霜は9月上旬なので(畠山 1964)、初霜の前にオオムギは収穫されているのであろう。オオムギの生育期間は、その算出ができた標高 2600～3100 m の範囲内では、標高 2900 m 前後における 160 日程度が最も長く、それより低い標高および高い標高帯では 140 日程度であった。

収穫は鎌で行われていた。収穫物の乾燥方法は多様で、架掛け、軒下での乾燥および屋根の上での乾燥が認められた。脱穀は、踏みつぶしによる方法が一般的であることを聞き取った。また、唐竿を使用している事例が1農家で観

察された。

(3) 生育状況

第4図に示したように、現地のオオムギの草高および被度の圃場間差は大きく、範囲はそれぞれ50~110 cmと25~100%であった。また、草高と被度との相関は、統計的に有意ではあるものの密接ではなかった。なお、栽培地点の標高と草高や被度との間に相関関係は認められなかった。

2. 収集系統の諸特性

第2表に示したように、倉敷で栽培した場合、収集系統の平均出穂期は世界各地の標準的なオオムギ品種と比べ明らかに遅かった。第5図に、収集地点の標高と出穂期との関係を示したが、標高2900~3100 m付近から収集した系統に出穂の遅いものが多い傾向が認められた。

収集系統の稈長と世界各地のオオムギ品種の稈長との間に有意差は認められなかった(第2表)。第6図に収集系統の倉敷における稈長と現地における草高との関係を示したが、一般に、倉敷での稈長は現地での草高より長く、現地での草高が50 cmで、倉敷での稈長が150 cmに達する系統もあった。その一方で、現地での草高が倉敷での稈長

を越える系統も多数あって、倉敷での稈長と現地での草高の相関は弱く($r=0.090$)、現地の圃場間で認められた草高の変異はオオムギの遺伝的特性によるものではなく、環境要因によることが明らかにされた。

本収集系統の穂軸節数は、世界各地の六条・裸・並性品種と比べ少なく、千粒重はかなり重かった(第2表)。穎果デンプンは全系統が稷性であった。

考 察

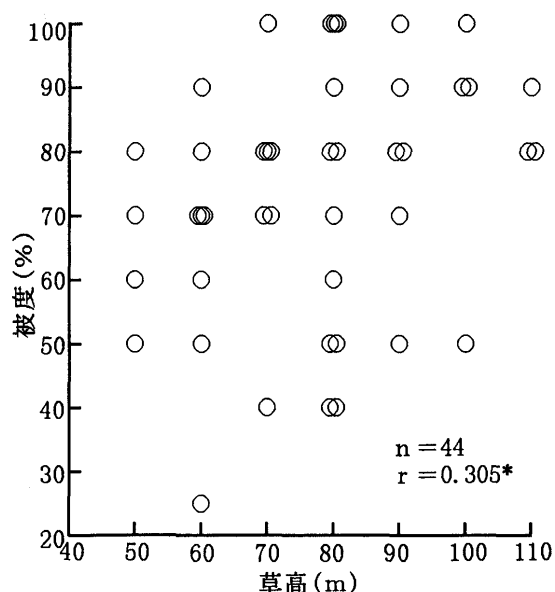
1. 栽培環境、栽培方法に関わる品種評価

高地では紫外線量が多く、それが植物の成長を阻害する可能性が指摘されている(柴田 1985)。本調査地域において、穎や穎果が紫や青色(フラボノイド系色素)あるいは黒色(メラニン系色素)のオオムギが栽培されていたが、このような有色のオオムギ品種はネパールやエチオピアの高地にも多いことが知られている(Takahashi 1983)。そこで、穎や種皮、糊粉層に存在する諸色素が、紫外線の透過を妨げ、穎花や果実の発育を保護する役割を担っているかもしれない。近年のオゾン層破壊に伴う紫外線量の増大を克服する上で、本収集系統が有用な知見および遺伝資源を提供する可能性がある。

また、穎や穎果が有色であると、太陽熱をよく吸収し、その部位の温度が高まる。気温の低い山岳地帯において穎果の発育を助ける働きを、穎や穎果の色素がもっているかもしれない。

収集系統は世界的にみて千粒重が極めて大きかった。一般に、大粒であるほど芽生えが大きく、初期生育が良い。現地での出芽時の碎土状況は良好とは思われず、また播種期の気温は低い。したがって、この大粒性が、芽生えの確立において重要な意味をもっている可能性がある。

現地での播種、収穫期および収集系統の倉敷における出穂期からみて、各標高帯の気象や栽培方法に適応した品種が成立していることが示唆された。すなわち、標高2600~2800 m程度の低標高地帯では、春先および全生育期間の気温が相対的に高いためと思われるが播種期と収穫期が早く、生育期間が短かった。このような生育環境、栽培方法が選択圧となり、全収集系統の中では出穂が早い早生のものが選抜、栽培されているものと思われる。標高2900~3100 m程度の標高帯では、それより低い地点と比

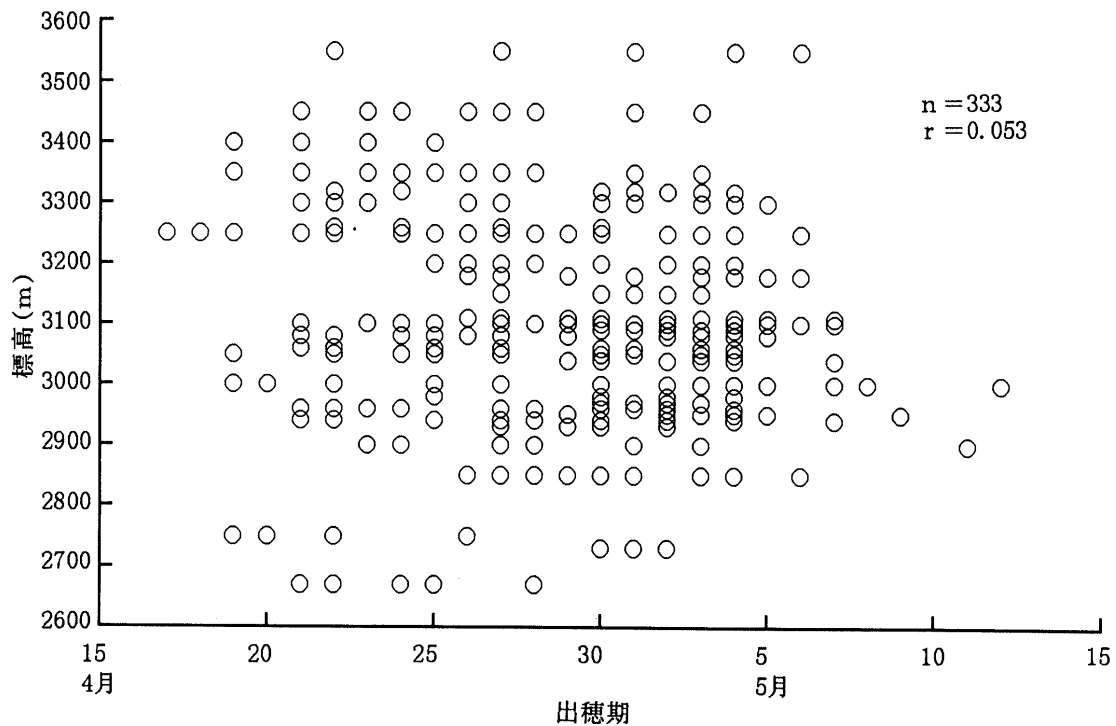


第4図 44圃場におけるオオムギの平均草高と被度との関係。
*;5%水準で有意。

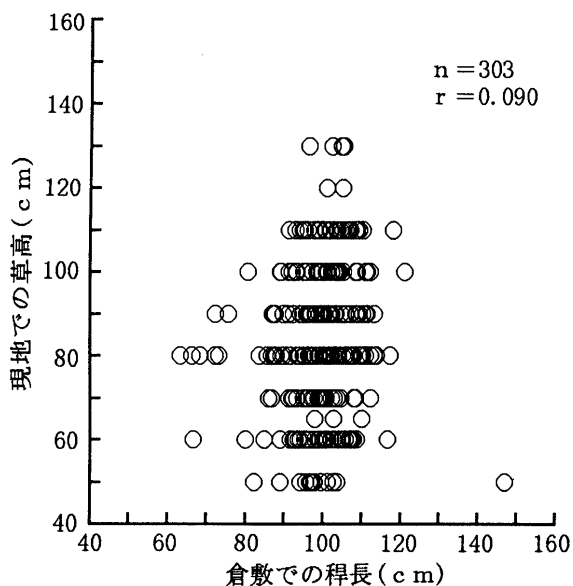
第2表 収集系統と世界各地のオオムギ品種の出穂期、稈長、穂軸節数および千粒重。

	出穂期		稈長(cm)		穂軸節数		千粒重(g)	
	収集系統	SV	収集系統	SV	収集系統	NV	収集系統	NV
平均	4月29日**	4月20日	99.6	100.3	20.6**	25.0	39.1**	29.8
最小	4月17日	4月3日	63.3	56.5	12.6	17.0	26.1	21.1
最大	5月12日	5月8日	121.0	134.5	33.6	35.0	53.7	38.8

岡山県倉敷市での栽培結果。SVは世界各地のオオムギ274品種。NVは世界各地の六条・裸・並性のオオムギ32品種。**は収集系統と世界各地のオオムギ品種との間にt-検定による1%の水準の有意差があることを示す。



第5図 倉敷における出穂期と収集地点の標高との関係。



第6図 倉敷における稈長と現地における草高との関係。

較し播種期は遅くなるものの、冷涼な気温のためと思われるが収穫期は遅く、そのため生育期間は長かった。そのような長い生育可能期間を有効に利用できる晩生の品種が選抜されていると思われる。言いかえると、この標高帯が現地におけるオオムギの栽培適地であるとみられる。標高 3200 m を越えた地点での播種期を把握することはできなかったが、標高の上昇に伴う気温の低下や無霜期間の短縮を考えると、標高 2900~3100 m 程度の地点より播種期は遅いものと推察される。一方、収穫期は標高 2900~3100 m 程度の地点と同時期であった。したがって標高 3200 m を越える地点での生育期間は、それより低い地点より短いと推察される。このような環境、栽培条件のため、早生の品種が選抜、栽培されていると思われる。今後、春化要求

性、感温・感光性などを調査することで、オオムギ品種の高度適応について理解が深まるものと期待される。

2. 用途に関わる品種評価

二条・皮性の 1 系統を除き収集した系統の全てが裸性であった。Tang ら (1996) によると収集・調査地域よりも低い標高地帯では皮性のオオムギも広く栽培されている。日本では、西南暖地で裸性品種が、それより冷涼な北の地域で皮性品種が栽培されている。また、皮・裸性は 1 遺伝子支配であり、その遺伝子は多面発現しないとされている (Takahashi ら 1962)。これらのことから、チベット高原において裸性品種だけが栽培されているのは、気温などの気象条件とは別の要因によるものと思われる。チベット民族は、煎ったオオムギ顆果を石臼で挽いて製粉し、その粉と少量の塩、ヤク乳のバターを茶でこねて食べている。そこで、彼らが製粉の容易な裸性品種を好むことは容易に推察される。このような人為的な選択圧により裸性品種が栽培されている可能性が高い。

食味に関わる重要な性質に糯硬性があり、四川省に隣接する雲南省や貴州省などに糯オオムギが存在することが報告されている (坂本 1996) が、本収集系統は全て硬性であった。先に述べたようにチベット高原ではオオムギ顆果を煎った後に利用するので、デンプンの糯硬性は食味に関係しない可能性がある。そのため、糯性オオムギの栽培は行われていないのかもしれない。フラボノイド系色素のアントシアニンは食味や香りに関与する可能性がある。そして、農民が好んで栽培するという紫穎のオオムギは、例外なく穎果色も紫であった。そこで、農民が紫穎を指標として、アントシアニンを含む品種を好んで栽培している可能

性がある。穎果の食味や栄養成分の分析・評価が、本収集系統の育種利用にあたり必要と思われる。

3. 現地における多収化のための栽培上の視点

調査を行ったチベット高原東部地域は年降水量が比較的多く、しかもオオムギの生育期間に集中している。このような降雨条件が、この地域のオオムギの天水栽培を可能にしていると考えられる。このことは、チベット高原の中南部に位置し年降水量が500 mmに満たない拉薩周辺での灌漑栽培(注)と対照的である(注:Takeda, T., K. Kato, K. Sato, H. Tsujimoto and H. Tsuyuzaki 1997. Wheat and Barley. In Morishima, K. ed., Toward an understanding of rice, soybean, wheat and barley germplasm in China. 文部省国際学術研究報告書。国立遺伝学研究所, 三島。50-69.)。しかし、調査地域の土壌は砂質で保水性は高いと思われえないし、オオムギの生育状況から収量は概して低いものと思われる。そこで、河川近くの圃場では、灌漑を行うことで収量の増加が期待される。

北半球におけるオオムギの秋播き栽培の北限線は1, 2月の月最低気温の平均が -6.7°C に一致するとされる(Wilsie 1962)。収集・調査地点のうちの最低標高に近い康定における上記の気温は -4.7°C であるので、2600 m程度の標高であれば秋播き栽培は可能と思われる。そこで、これらの地域での春播き栽培には、気温以外の要因、例えば夏作との関係などが関わっているのかもしれない。そのような点を検討した上で、もし可能であれば、より収量の高い秋播き栽培を取り入れることで増収を計ることができると思われる。

現地での草高と倉敷での稈長の相関から、現地草高にみられた大きな圃場間差異は遺伝的特性によるものではないと思われる。また、現地草高と被度の圃場間差に標高は強くは関与していなかった。これらのことから、草高や被度の圃場差には標高以外の環境要因や栽培方法が関わっていると思われる。考え得る要因としては、土性、投入される肥料の量、播種量などが挙げられる。調査地域においてオ

オムギの収量を高めるためには、上記のような要因とオオムギの生育、収量との関連を明らかにすることが重要と思われる。なお、現地圃場における平均草高と被度との相関は弱かった。一般に茎1本の草高とその葉面積とは正の相関を示すので、この低相関は単位面積当り茎数が圃場間で大きく異なることを示していると考えられる。そのため、単位面積当り茎数の増加が増収につながる可能性を指摘することができる。

本研究はチベット高原の東部地域を対象としたものである。今後、周辺地域における研究が進めば、それらとの比較を通してチベット高原のオオムギ品種とその栽培の普遍性および地域性について理解が深まるものと思われる。

謝辞: チベット高原での探索において、品種の収集等で協力頂いた岡山大学農学部に加藤鎌司助教授および横浜市立大学の辻本壽助教授に感謝いたします。

引用文献

- Harlan, H.V. and M.L. Martini 1936. Problems and results in barley breeding. In U.S. Dept. Agri. Yearbook, Govt. Printing Off., Washington, D.C. 303-346.
- 倉嶋厚・落合盛夫 1964. アジアの気象 -世界気候誌第1巻-。畠山久尚監修。古今書院, 東京。1-578.
- 劉世錡 1984. 中国農業地理。近藤康男・藤田泉訳。農山漁村文化協会, 東京。325-351.
- 坂本寧男 1996. ムギの民族植物誌。学会出版センター, 東京。172.
- 柴田治 1985. 高地植物学。内田老鶴圃, 東京。163-173.
- Takahashi, R., H. Inamura and T. Matsumoto 1962. Effects of the genes for covered and naked kernels on some agronomic characters in barley I. Comparison of two covered barleys and their naked mutants. Ber. Ohara Inst. Landw. Biol. Okayama Univ. 11: 385-392.
- Tang Z., M. Xiao and F. Yang 1996. Varieties of cultivated barley and their distribution in Sichuan of China. Proceeding of V International Conference and VII International Barley Genetics Symposium. 236-237.
- Vavilov, N.I. 1992. Origin and Geography of Cultivated Plants. Cambridge Univ. Press, London. 51.
- Wilsie, C.P. 1962. Crop adaptation and distribution. Freeman, San Francisco. 448.

Barley Varieties and Its Cultivation in East Part of Tibet Plateau: Hiroshi TSUYUZAKI^{*1)}, Kazuyoshi TAKEDA²⁾ and Tomoaki KOMAZAKI²⁾ (¹⁾Akita Pref. Coll. of Agr., Ohgata 010-0444, Japan; ²⁾Res. Inst. for Bioresources, Okayama Univ.)

Abstract: Barley husbandry was investigated in the east part of Tibet plateau where the Tibetans are cultivating local varieties as their staple food. Barley lines collected there were grown in Japan to examine the heading date, yield components and so on. Almost all varieties cultivated were naked six-rowed barley. The nakedness seemed to have been selected by Tibetans, as it is a favorable trait for milling. They cultivated barley at small fields on the riverside and mountain slopes by hand using cows for plowing. Organic fertilizer was commonly used as basal dressing. Seeding time ranged from the middle of March to the beginning of April, and harvesting period was in August. These times differed according to the altitude. The harvested barley was dried, and then thrashed by human trampling or using a simple instrument. The heading time of the barley lines varied over a period of nearly one month when grown in Japan. The plants collected at 2900-3100 m tended to head later than those collected at a lower or higher place. The genetic differentiation may have derived from the difference in the climate and crop husbandry in each altitude zone. The kernel weight of collected lines belonged to the biggest grain size group in the naked six-rowed barley varieties of the world. Some proposals for the yield improvement in the explored area are presented.

Keywords: Adaptation, Barley, China, Cultivation, Genetic resources, Local variety, Tibet plateau, Yield improvement.