

ビール及びウイスキー製造に係る国産麦芽の使用拡大に向けた  
調査研究

株式会社パソナ

2024年2月29日

# 麦芽の国産化をめぐる課題と展望

## —地域製麦の実現によるビール・ウイスキーの原料地産化を目指して

2024年2月

京都製麦研究開発株式会社

篠田 吉史

### はじめに

酒類における世界的な潮流のひとつにプレミアム化があり、大手から独立した、比較的小規模な製造所で造られるさまざまな製品（ビール、ウイスキー、ジンなど）がその主な担い手である（以下「地ビール」、「地ウイスキー」などとする）。トレンドの最先端を行く米国では2010年頃から、ビールやウイスキーの原料である麦芽（モルト）を醸造所の近郊で調達しようという運動が進められている。その土地で獲れた麦を使うことで、地域の歴史や風土、人々のストーリーを込めて製品を差別化すると共に、地域の農業を守り、地域に良質な雇用を生み出すことが目指されている。

翻って日本においては、1974年の麦芽の輸入自由化以来、国内使用量に占める国産麦芽のシェアはそれ以前の約70%から10%程度にまで落ち込んで現在に至っており<sup>1</sup>（図1）、国内で製造される地ビールや地ウイスキーは現在、そのほぼすべてが海外から輸入された原料で造られている。今後これを再び国産化していくことは、1) 地ビール、地ウイスキーに新たな付加価値を与え、その国際競争力を守り、向上させていく、2) 国内農業にビール・ウイスキー原料穀物生産という新しい選択肢を提供する<sup>2</sup>、3) 原料輸入に伴う二酸化炭素の排出を削減し、脱炭素社会の実現に貢献しうる、といった点で意義があると考えられる。

地ビール醸造所、地ウイスキー蒸溜所の数は2020年代に入って急増しており、現在それぞれ805醸造所、113蒸溜所に上るとされる<sup>3</sup>。酒類原料の安価でかつ、安定的な供給を確保するために、一定の輸入数量の麦芽については、関税の無税が適用されており、これらの醸造所、蒸溜所が用いる麦芽についても適用されているが、現行制度は大手メーカーしかなかった時代に作られたものであるため、国税庁は2023年11月に「国産麦芽の活用に関するセミナー」<sup>4</sup>を開催して現状を整理、今後地ビール醸造所、地ウイスキー蒸溜所における国産麦芽の利用拡大の可能性を探っている。本稿では、このセミナーで筆者が行った講演の内容を元に麦芽の国産化をめぐる課題を整理し、国内で麦芽を原料として生産される酒類がこの国の農業とのつながりを強め、“sense of place”（生産地の風土とそれに関わる人々の営みを感じさせる）を謳えるようにするには何が必要かを論じる。



図1：ビール大麦の国産比率の推移（1965-88）

1 京都府農業協同組合中央会，京都のビール麦 100 年の歩み（京都府農業協同組合中央会，京都）124（1991）

2 2020年に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」は、国産麦の生産量を小麦については76→108万トン、大麦については17→23万トンに増やす（H30→R12年度）という努力目標を定めている。

3 きた産業株式会社，“全国醸造所リスト クラフトビール（地ビール・地発泡酒醸造所）リスト”きた産業株式会社（2024-02-20）  
<https://kitasangyo.com/beer/MAP.html>（参照 2024-02-28）

ウイスキー文化研究所，“蒸溜所データ”ジャパニーズウイスキーインフォメーションセンター，<https://jwic.jp/distillery/>（参照 2024-02-28）

4 国税庁，国産麦芽の活用に関するセミナー（2023）  
<https://malt-seminar.com/>（参照 2024-02-28）







働率を上げ、年間生産量を増やす工夫がなされる。

## 国産麦芽の利用拡大の必要条件

2023 年秋に国税庁と農林水産省が地ビール醸造所を対象に行った「国産大麦（麦芽）の使用状況アンケート」によると、国産麦芽ないし大麦を使ったことのある醸造所は、回答があった 234 件中 43 件であった。利用実績のある醸造所の多くが回答しているとすれば、現在全国にある 700 近い醸造所のうち 5%程度ということになり、地ビール解禁以来のこの 30 年間、いかに国産麦芽利用のハードルが高かったかが窺える。今後国産麦芽を普及させていくための課題を問うたところ、国産麦芽利用の経験の有無にかかわらず、1) 製麦できる場がないこと、2) 原麦や麦芽の価格が高いこと、などが挙げられた（図 5）。

筆者はある程度の規模をもった製麦所が国内各地にできて、周辺地域の麦を製麦して地域の醸造所や蒸溜所に供給するという未来が望ましいと考えるが、そこに至るための課題として 1) 基本的な製麦技術の普及と食の安全の確保、2) 国産麦の生産費の価格転嫁、3) 将来に向けた育種、について以下に論ずる。

### 1) 基本的な製麦技術の普及と食の安全の確保

「国産麦芽の活用に関するセミナー」の開催にあたって筆者が行った、現在自社製麦を行っている地ビール会社や蒸溜所に対するヒヤリングでも、製麦を始めようとする人たちが最初にぶつかる壁は「情報が少ない」ことであった。多くの人たちが参照した資料として挙げたのは、ビール酒造組合によるビール醸造法の概説書<sup>7</sup>や日本のビール醸造技術者が教科書としてきたクンツェの洋書<sup>8</sup>、あるいは海外からの「Youtube への投稿」であった。動画はともかくこれらの成書は、大手ビール会社が行っているような管理の行き届いた原麦を使って淡色麦芽を製造する方法を解説したものであり、地域製麦を立ち上げるために必要な情報とは乖離がある。

洋書でも製麦技術に特化したものは長らく分厚い専門書<sup>9</sup>があるだけであったが、前述の米国ギルドが製麦の用語やトピックを解説した本<sup>10</sup>や、米国の小規模製麦所で必要とされる知識や技法をまとめたマニュアル<sup>11</sup>を出している。最近では米国醸造科学者協会（American Society of Brewing Chemist, ASBC）の会長であった X.S. Yin 博士が、学術的な側面から実際まで理論を広く取り扱った書籍<sup>12</sup>を出版するなど、かつてよりも情報は得やすくなっている。書籍ではなく実際に講習を受ける場合は、現状では先述の

Q8：地ビール製造における国産麦芽の使用拡大を図るにあたって、解決すべき課題は何ですか。

（複数回答可 回答プルワー数：43）



Q11：これまで地元の大麦を使ったビール等の製造に至らなかった理由はなんですか。

（複数回答可 回答プルワー数：191）



図5：「国産大麦（麦芽）の使用状況アンケート」結果から

<sup>7</sup> ビール酒造組合 国際技術委員会編、ビールの基本技術（財団法人日本醸造協会、東京）（2002）このほか宮地秀夫、ビール醸造技術（食品産業新聞社、東京）（1999）もクンツェの著書をベースとしている。

<sup>8</sup> Kunze, W.: Technology Brewing & Malting 6th Edition (VLB Books, Berlin) (2019)

<sup>9</sup> Briggs, D.E.: Malts and Malting (Springer, New York) (1998)

<sup>10</sup> Thomas, D.: The Craft Maltsters' Handbook (White Mule Press, Hayward, CA) (2014)

<sup>11</sup> Craft Maltsters Guild: Craft Maltsters Guild Quality and Safety Manual (Craft Maltsters Guild, Asheville, NC) (2017)

<sup>12</sup> Yin, X.S.: MALT Practical Brewing Science (American Society of Brewing Chemists, St. Paul, MN) (2021)



CMBTC や米国ギルドの主催するもの<sup>13</sup>が選択肢となる。

今後の地域製麦の広がりによっては成書の翻訳がなされるべきかもしれないが、さしあたりここではセミナーで触れた原麦の管理と麦芽の溶け、焙燥の3点について、現時点で特に押さえておかなければならない点を指摘しておく。

### 1. 1) 原麦の管理とカビの防除

製麦には基本的には製麦用大麦品種を使うものの、効率を追求してビールを安く大量生産する必要のない場面においては、品種よりも原麦が適切に管理されていることの方が重要である。

麦は本州以南においては秋撒き（11月播種、5～6月収穫）、北海道においては春撒き（4～5月播種、8月収穫）で栽培される。製麦工程において穀粒が数日間湿潤で好気的な条件に置かれるのはカビの増殖にも適した条件であるため、出穂時の適期に防かび剤を施与してカビを防除しておくことは、多湿な日本では必須である。製麦中のカビはカビ毒のほか、ガッシング（開栓した途端にビールが吹き上がる現象）の原因ともなるので、麦が畑にある間から汚染を防がなくてはならない。

しっかりと成熟させてから収穫した麦は生きた「種」として扱い、脱穀時の衝撃、乾燥時の過熱を避けながら水分含量を12%台に下げ、保存中の吸湿や窒息（高温では呼吸する）、虫害（保冷するか燻蒸する）を避け、発芽勢の上昇を待つ。国内の品種は休眠期があって収穫後数ヶ月のあいだ芽を出さないのので、初夏に収穫された麦が製麦可能になるのは10月頃である。

製麦に用いる穀粒で最も大切なのは発芽勢（＝3日間で芽を出す穀粒の割合）で、ろ紙を敷いたシャーレに決まった量の水を加えて麦を並べて20℃の恒温器内に置き、毎日発芽した粒の数を数える、という方法で評価する<sup>14</sup>（図6）。筆者は3日間で芽が出揃わなければ5日間観察するが、その中での発芽の様子から原麦の状態を評価し、休眠が明けたか、活力ある状態にいるのか、あるいはカビやバクテリアの汚染がひどいか、保存状態が悪くて発芽する力を失いつつあるか、といったことを判断する。休眠が明けても8ml加水と4ml加水の発芽勢の差が20%を超える場合は「感水性あり」とし、栽培条件の改善を図るとともに、浸麦工程で穀粒が呼吸を始めたあと、連続して浸漬する時間を短くして麦が「溺れる」のを防ぐ。いったん失われた発芽勢は戻らないので、まずは活力ある麦を育て、すべてを製麦し終えるまでその状態を保たなくてはならない。そのためにはしっかりと水分含量を下げ、12%台を維持することが重要である。

発芽勢は98%以上あるのが理想だが、5日間でほぼ100%発芽するカビの汚染の少ない麦なら（受託製麦は頼めないだろうが）製麦しても構わない。発芽が遅れる粒は麦芽になるのも遅れるので、できた麦芽の品質が下がるのを覚悟して発芽工程の時間を延ばすことになる。一方で、発芽しない穀粒が含まれる場合は製麦しない。死んだ粒は製麦中に腐ったりカビが増殖したりしやすいからである。

現在大手ビール会社が調達している原麦は、各地の自治体やJAがカビの防除や適切なタンパク質含量（淡色麦芽では10-11%）に収まるような施肥管理を含む栽培指導、集荷、グレーディング（篩別）や乾燥調整、粒径や成分の分析を行って管理しているが、既存の体制の外で行うとしても原麦の品質管理は不可欠であり、地域製麦の推進にはその体制作りを考える必要がある。

1. シャーレにΦ90 mmの濾紙を2枚重ねて敷き、4 mlと8 mlの水を加える
2. 大麦100粒を濾紙上に互いに触れないように撒き、特に8 mlは腹側を下に並べ直す
3. ビニル袋に入れて乾燥を防ぎながら20℃の恒温器で保持する  
24、48、72時間後に発芽粒をカウント、取り除き、次の式から発芽勢を算出する  
発芽勢 (%) =  $G_4$   
感水性 (%) =  $G_8 - G_4$   
 $G_4$  : 水 4 ml に対する72時間後の発芽粒数  
 $G_8$  : 水 8 ml に対する72時間後の発芽粒数  
2セット用意して平均を取り、結果は整数に丸めて表示する。

図6：発芽勢と感水性

<sup>13</sup> CMBTC Maltacademy, <https://cmbtc.com/malt-academy/>

Craft Maltsters Guild Advanced Class of Craft Malt Production, <https://craftmalting.com/classes-workshops/>

<sup>14</sup> ビール醸造組合 国際技術委員会編、改訂 BCOJ ビール分析法（財団法人日本醸造協会、東京）（2013）

## 1. 2) 麦芽の「溶け」の確保

先述のように麦の胚乳中の細胞壁やタンパク質が分解されている（溶けている）ことが麦芽の麦芽たる所以の一つだが、麦が発芽したからといって必ずしも「溶け」（modification）が起こるわけではない。発芽工程中に溶けが起こるには、浸麦工程中に胚乳が水和する（水と結合する）必要があり、これは水和度（steeping index、SI）という指標で評価することができる。浸麦中の緑麦芽を煮て縦に半分に切ると、最初はすべての穀粒の断面が白く粉っぽいが、

工程が進むにつれて一部、最終的には全体が透明になる（図7）。この透明になった部分は、胚乳が水と結合してβグルカナーゼのような酵素による分解を受けるようになった部分とされる。50個の麦を煮て、透明な部分の長さが穀粒の1/4程度、1/2程度、3/4程度、全体、になった穀粒の数を数え、それぞれの数に点数をかけて合計すれば、50粒とも白い状態（0点）～50粒とも全体が透明になった状態（100点）を数値化できる。これを浸漬とエアレスト（水から上げて呼吸させる状態）を繰り返す中で何回か行い、SIが88を超える浸麦パターンを見つけるのが、麦芽の溶けを確保する上で大切であるとされる<sup>15</sup>。

1. 50個の穀粒をトンク式茶こしに入れ、煮沸水中で30秒煮て急冷
2. ナイフで腹側から長軸方向に半分に切断し、胚乳の透明部分（水和している）の割合を評価、それぞれの個数に点数をかける



全体が白い	0点
1/4透明	0.5点
1/2透明	1点
3/4透明	1.5点
全体が透明	2点

3. 合計点数（100点）は胚乳の水和の程度を示し、発芽時の「溶け」を左右する



図7：水和度（Steeping Index）の計算方法

先述の和書では、「浸麦工程で穀粒の水分含量を43%程度まで上げ、発芽工程で幼芽が穀粒の3/4になるまで発芽させる」としているが、これは「管理の行き届いた製麦用品種を使って、溶けの程度が低くてよい淡色麦芽を、可能な限り製麦によるロス（呼吸によるエキスの消費）を減らしてつくる場合」であり、筆者がこれまで相談を受けた事例では、これを守って溶けが進まないまま発芽した麦を「麦芽」としている例が多く見られた。使用している設備でSIが上がりにくければ水分含量を上げ、幼芽が穀粒から出る（フッサー、hussarという）ことも品種によっては容認してよい。

緑麦芽の段階での溶けの程度の、簡便で定量的な評価法はないが、定性的には（図8）のように、ハスクや幼芽を取り去った後の胚乳を胚側の方から親指と人差し指で潰していくと、溶けた部分はすり潰され、溶けていない部分はかたまりが残る。経験上、国産麦芽の場合は平均して7-8割潰れたら麦芽としてよい性能が得られている。

- 幼根、ハスク、幼芽を取り除き、胚乳を親指と人差し指ですり潰す  
= 製麦家の親指（Maltster's Thumb）



図8：「溶け」の評価

## 1. 3) 焙燥における発ガン性物質の生成

焙燥は、なるべく酵素の分解を抑えながら水分含量を下げて保存性を高め、加えて（ビール用の場合は）メイラード反応による色や香りを生じさせることを目的とする。水分含量が高い状態で温度を上げると酵素が失活するので、最初は風量で水分を飛ばし、自由水がなくなったら温度を上げて乾燥させ、最後にジメチルスルフィド前駆体やリポキシゲナーゼ（Lox）を除くために高温で「焼き」（curing）を入

<sup>15</sup> Yin, X.S.: 前掲書, 49

れる、という3段階に分けて考える。

焙燥で問題になるのは、最初のうちは水分含量が高いので、カビが増殖する前（12時間程度）に自由水を奪うこと、コスト面のみならずCO<sub>2</sub>排出削減の面からもエネルギーを節約すべきこと、そして窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）の混入を防ぐこと、である。

NO<sub>x</sub>が焙燥中の温風に含まれると、麦芽表面のアミンと反応してN-ニトロソジメチルアミン（NDMA）という発ガン性物質が生成する（図9）。

したがって、温風を作る際に直火を使ってはならないし、焙燥空気の取りこみ口の向きや風向きに注意し、道路や駐車場からの排ガスが入らないようにしなくてはならない。海外の伝統的な製麦所でいまだに直火を使って焙燥しているところもあるが、そうしたところでは事前に硫黄を焚いて麦芽表面のpHを下げ、NDMAの生成を避ける措置を講じている。ただ、これも規制強化の流れの中で今後は難しくなる可能性があるということである。

- NDMA（N-ニトロソジメチルアミン）の生成を避けなければならない  
麦芽表面のアミンと、直火・排ガスに含まれる窒素酸化物（NO<sub>x</sub>）が焙燥中に化学反応してできる発ガン性物質（< 5 ppb in UK）
- 直火による焙燥は避け、焙燥空気の取りこみ口の向きや風向きに注意
- 一度は製品中の濃度を調べてもらう

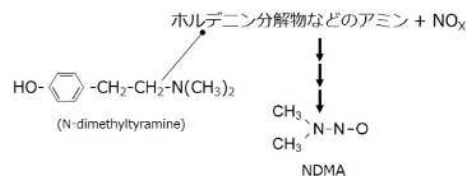


図9：焙燥におけるNO<sub>x</sub>の影響

## 2) 原麦価格の低廉化か、麦芽価格の適正化か

こうした製麦技術が普及したとしても、国産麦芽の普及には麦芽の内外価格差という問題がある。国内で二条大麦を栽培するコストは全国平均で10a（1反）あたり5.4万円、大麦1kgを生産するのに150.6円程度かかるのが現状とされ<sup>16</sup>、大手ビール会社は栽培契約に基づき、ビール原料とする大麦をこうした価格帯で購入している。一方、例えば同時期の豪州産の食糧用大麦の輸入価格は1kgあたり35.0円<sup>17</sup>と計算されるので、国産大麦は国際的に流通する大麦の4倍の価格であることになる。地ビール醸造所や地ウイスキー蒸溜所が使用している輸入麦芽の国内市場価格は、ここ数年で急激に上昇したものの1kgあたり200円前後であるので、生産費がすでに150円する原麦を製麦した麦芽が価格の上でこれに対抗できるはずはなく、アンケートで「高い」とされるのも当然である。

一方で、製麦用以外の食用や加工用に使われる国産大麦の価格は入札によって決まり、二条大麦（大粒大麦）は1kgあたり38.5円程度で取引されている<sup>18</sup>。当然この値段では農家が立ち行かないが、その差額は農家に対する経営所得安定対策の一環として国庫から支出されている（諸外国との生産条件の格差から生ずる不利を補正する「畑作物の直接支払交付金」、通称「ゲタ対策」）<sup>19</sup>。実はこの対象には焼酎の原料となる二条大麦も含まれるため、（ビール大麦は製麦用に厳しく品質管理されているとはいえ）同じ麦に対して、ビールやウイスキー原料として製麦する場合は百数十円、精麦して焼酎に使う場合は（表向きは）39円、という2つの異なる値段がつく構造になってしまっている。

ビールという酒類が辿ってきた歴史的な経緯や会社の規模の違いなど様々な事情はあるにせよ、ずいぶん不公平な扱いのように見えるが、話はそこで終わらない。この110円あまりの農家への補助の原資は、国が輸入穀物を国内流通させる際にその価格にマークアップ（輸入差益）を乗せることで「稼ぎ出す」ことになっているのだが、麦に限れば補助が平均して年間1235億円なのに対し、稼ぎは589億

<sup>16</sup> 農林水産省，“農業経営統計調査 農産物生産費 確報 令和2年産農産物生産費(個別経営) 二条大麦生産費の全国累年統計” e-Stat, <https://www.e-stat.go.jp/dbview?sid=0001994192>, より、「資本金子・地代全額算入生産費」および「50kg 当たり\_資本金子・地代全額算入生産費」の平成28年～令和2年（5年間）の平均値。

<sup>17</sup> 農林水産省，“麦の参考統計表” 麦の需給と価格について（2023-05）

[https://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi\\_zyukyuu/index.html](https://www.maff.go.jp/j/seisan/boueki/mugi_zyukyuu/index.html)（参照2024-02-28）より、外国産食糧用麦の国別輸入の推移（国家貿易枠内及び枠外の計）における豪州産大麦裸麦の平成28年～令和2年（5年間）の輸入価格/輸入数量の平均値。

<sup>18</sup> 一般社団法人全国米麦改良協会，“過去の入札結果” [https://www.zenkokubeibaku.or.jp/mugi\\_n.html](https://www.zenkokubeibaku.or.jp/mugi_n.html)（参照2024-02-28）より、令和2年～6年産の指標価格の加重平均値の平均値。

<sup>19</sup> 農林水産省，“経営所得安定対策” [https://www.maff.go.jp/j/seisaku\\_tokatu/antei/keiei\\_antei.html](https://www.maff.go.jp/j/seisaku_tokatu/antei/keiei_antei.html)（参照2024-02-28）



円しかなく、年間 646 億円もの赤字である<sup>20</sup>。結局のところ、原料の生産コストを製品の価格に転嫁するのか、農家に対する補助の形で税金に転嫁するのか、という選択になるのである。

米国でも、小規模な製麦所の麦芽は大量生産される麦芽の 2 倍以上の値段がする、と言われており、しかもビールの場合、麦芽による香味の違いはホップに比べてわかりにくいので、飲み手がそうした「高価なのに違いが分からない」麦芽を使った商品を選ばなければ、醸造所、蒸溜所はそれを使いたがらず、地域製麦産業は廃れてしまう。米国のギルドの取っている対策の一つは、年間麦芽使用量（重量）の 10%以上を「クラフトモルト」とする醸造所、蒸溜所の製品や、使用麦芽（重量）の 10%以上が「クラフトモルト」である単発の製品に共通のロゴマークをつけ、飲み手にわかりやすく提示することである（クラフトモルトシールプログラム 図 10）。と同時に、業界団体としてそうしたビールやウイスキーの対価が、その地域の製麦会社、農家の収入につながり、それを通じて地域の産業、農業、環境が守られる、といったことを積極的に広報し、飲み手を啓発している。さらにここ数年盛んなのは、科学研究を通じたエビデンスの収集によって、地域製麦における品種や製麦法の違いで香味の違いが生まれることを証明する取り組みである。すでに小規模な製麦所で生産される麦芽の品質が低い、安定しないなどといった段階を超えたところにある彼らも、業界の課題として地域製麦の価値をきちんと飲み手に理解してもらい、「選んでもらう努力」が必要だと考えているわけである。



図10：クラフトモルトシール

原麦の価格が少なくとも現状は輸入麦の 4 倍である日本において国産麦芽の価格を抑えるには、後述するように生産の規模を拡大するしかないが、その投資を呼び込むにはそれだけの需要が必要である。この「ニワトリが先か卵が先か」問題を解くには、農業者、製麦業者、醸造／蒸溜会社が地域で連帯できるかどうかにかかっているだろう。

### 3) 品種における問題

現在国内の大手ビール会社が利用している二条大麦品種<sup>21</sup>は、ビール酒造組合を中心に、国及び道府県の農業試験場、全国農業協同組合中央会（JA 全中）、全国農業協同組合連合会（全農）、大手ビール会社が協力して新品種を評価する、1971 年に成立した仕組み（ビール大麦育種系統合同比較試験）を通じて「指定品種」とされたものである<sup>22</sup>。これらのビール会社の主力製品であるピルスナースタイルのビールを効率よく造れるように、バランスのとれた性能を持つ淡色麦芽になる（表 2）と同時に、収量が多くて病気に強いことが求められる。「ニューサチホゴールデン」や「札育二条」といった最新品種において、酸化臭の原因物質の生成を促すリポキシゲナーゼを欠損させてあるのも、特に酸化に弱いピルスナースタイルのビールの品質向上を目指したものである<sup>23</sup>。

一方、地域製麦を推進する米国を中心に、麦芽にする大麦の品種や産地、製麦法によるビールやウイスキーの味わいへの影響を調べる研究が 2020 年代になって盛んに行われており、いくつかの拠点となる

表2：ビール大麦品質評価配点方法

項目	ウェイト	配点計算法（上限10点）	各点数になる分析値			
			10点	5点	0点	-5点
エキス含量（%）	2	(分析値-79) × 2	84	81.5	79	76.5
エキス収量（%）	1	(分析値-70) × 1	80	75	70	65
全窒素（%） (46-23%は水分の乾燥量換算)	1	-(分析値-2.2) × 1 / 0.08	1.4 (5.6)	1.8 (7.2)	2.2 (8.8)	2.6 (10.4)
可溶性窒素（%）	1	(分析値-0.68) × 1 / 0.02	0.88	0.78	0.68	0.58
コールパツハ数（%）	1	(分析値-35) × 1 / 2	55	45	35	-
ジアスターゼ力／全窒素	2	(分析値-100) × 1 / 17	270	185	100	-
外觀最終澱度（%）	1	(分析値-78) × 1	88	83	78	73

<sup>20</sup> 農林水産省，“麦の参考統計表” 麦の需給と価格について（2023-05）（前掲）より、国内産麦の振興費（推計）と外国産麦の売買差益の推移から、平成 29 年～令和 3 年（5 年間）の国内産麦振興費と外国産麦売買差益の平均値。

<sup>21</sup> 全国農業改良普及支援協会 and 株式会社クボタ，“麦編 品種の選定 ビール用二条大麦” みんなの農業広場（2021-12）  
<https://www.jeinou.com/benri/wheat/2010/12/220924.html>（参照 2024-02-28）

<sup>22</sup> 増田澄夫，長谷川康一，川口敦美，東 修：わが国におけるビール麦芽育種史（ビール麦芽の育種史を作る会，東京）（1993）

<sup>23</sup> ビールの耐久性が増す点では、高価な設備を持たない地ビール醸造所に対する恩恵がむしろ大きいと考えられる。

大学において、その地域での栽培に適した新しい醸造用品種の開発が活発に進められている<sup>24</sup>。また、過去に栽培されていた品種（heirloom（遺産品種）と呼ばれる）を復活させることで、醸造上の効率は劣るとも現代品種とは異なる味わいや歴史的なストーリーを製品に付与し、その付加価値を高めようとする動きがある<sup>25</sup>。

日本でも明治時代に最初に日本にもたらされたビール大麦であるゴールドメロンやその派生系統、あるいは日本に古くからある六条大麦系統などの活用が始まっているが、筆者の行った検討では、食用や焼酎原料として用いられる「はるか二条」や、麦茶用の「シュンライ」といった品種でも、79-80%のエキスが得られており、性能の上では醸造用品種に劣るとはいえ、地ビール、地ウイスキー醸造所にとっては（価格は別として）技術的には十分に利用できるはずである<sup>26</sup>。将来的には地域に根ざした様々な醸造用品種が生まれることが望ましいが、現在でも農研機構（国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）が開発してきた様々な食用品種<sup>27</sup>の香味上の可能性を追求していくような試みは、興味深いテーマとなるだろう。

一方で、ウイスキーに用いる麦芽の原料となる麦の品種については、香味以前の安全性の問題が存在する。1980年代、様々な酒類の中にカルバミン酸エチルという発ガン性物質が含まれていることが発見され、ウイスキーの場合はその原因が、製麦中に生成して麦芽に含まれるグリコシドニトリルの一種、エピヘテロデンドリン（EPH）であることが解明された<sup>28</sup>。この物質は麦汁に移行し、発酵中に酵母の働きで糖が脱離して、容易にシアン化水素を放出する化合物に変換される（図11<sup>29</sup>）。ウイスキーの場合、これが銅製のポットスチルで加熱されることでエタノールと反応してカルバミン酸エチルが生成し、その1%程度が蒸溜工程を突破していわゆるニューポッドに移行する<sup>30</sup>。



図11：麦芽中のグリコシドニトリルがカルバミン酸エチルの主因

現在、ウイスキー中のカルバミン酸エチル濃度には国によっては 125-150 ppb といった規制値がある<sup>31</sup>が、対策として、そもそも EPH をほとんど、あるいはまったく作らない製麦用大麦品種を育種して、ウイスキー用麦芽にはそれらの品種（low/non GN 品種）を使う体制が、米英には存在する。今後ジャバ

<sup>24</sup> Morrissy, C.P. et al: Barley variety interacts positively with floor malting to produce different malts and beers J. Inst. Brew., 130, (2024) DOI: <https://doi.org/10.58430/jib.v130i1.43>  
<sup>25</sup> CRISP 社の Hanna（ピルゼンにおける世界最初のピルスナーで使われた品種）や Chevallier（明治期に日本に導入された「シバリー種」）を使ったモルト、あるいはスコットランドでの Bere と呼ばれる品種の復活など。  
<sup>26</sup> 六条大麦を使ったビール醸造の検討例としては 寺島晃也, 菅野三郎: 六条大麦によるビール製造技術の確立, 富山県食品研究所研究報告 4, 15-29 (2001) 佐藤有一: 六条大麦「ファイバースノウ」(*Hordeum vulgare* f. *hexastichon*) を利用する場合のビール醸造条件, 福井県農業試験場研究報告 50, 8-13 (2013) がある。  
<sup>27</sup> ただし、いわゆる「もち麦」などのβグルカン高含有品種は製麦には向かないと予想される。  
<sup>28</sup> Cook, R. et al.: Ethyl carbamate formation in grain-based spirits part III The primary source, J. Inst. Brew., 96, 233-244 (1990)  
<sup>29</sup> Bringhurst, T.A.: Barley research in relation to Scotch whisky production a journey to new frontiers, J. Inst. Brew., 121, 1-18 (2015)  
<sup>30</sup> Riffkin, H.L. et al.: Ethyl Carbamate formation in the production of pot still whisky, J. Inst. Brew., 95, 115-119 (1989)  
<sup>31</sup> Health Canada, “Health Canada’s Maximum Levels for Chemical Contaminants in Foods” Government of Canada, 2020-07, <https://www.canada.ca/en/health-canada/services/food-nutrition/food-safety/chemical-contaminants/maximum-levels-chemical-contaminants-foods.html> (参照 2024-02-28)  
 US Food & Drug Administration, “Information for Industry to Limit Ethyl Carbamate in Alcoholic Beverages” Ethyl Carbamate, 2023-03, <https://www.fda.gov/food/process-contaminants-food/ethyl-carbamate> (参照 2024-02-28)  
 European Food Safety Authority: Ethyl carbamate and hydrocyanic acid in food and beverages - Scientific Opinion of the Panel on Contaminants, The EFSA Journal 551, 1-44 (2007)

ニーズウィスキーの原料麦芽を国産化するためには国産の non GN 品種の育種は不可欠だと考えられるし、現行の国産品種は製麦した時に EPH をどの程度作るのか、今後研究が進められていくべきである。

また、日本は竹鶴政孝の時代からスコッチウィスキーを範とするモルトウィスキーが造られてきたが、近年は酒質の多様化を目指して酵素力のない穀物を少量の麦芽で糖化するグレーンウィスキーの製造が企てられており、これを国産麦芽で造ろうとすれば醸造用の高酵素力麦芽用品種が必要になる。国内で地域製麦産業が立ち上がれば、こうしたさまざまな新しい研究課題や需要が生まれることが期待されるのである。

## 地域製麦の事業性

最後に製麦設備を導入するための考え方について解説する。小規模製麦に必要な設備は先に示したとおりだが、先に触れたように各工程にかかる時間が異なるため、通常は 1~3 台の発芽設備に対して 1 台の浸漬タンクを設置し、焙燥は設備が小さければ発芽設備から独立させ、大きいものは緑麦芽の移送を省ける利点があるので一体とする。設備の構成と台数によって 1 回の生産（バッチ）にかかる日数が変わり（図 12）、1 週間に何バッチ生産できるかを見積もって、（図 13）のような計算式で年間生産量に対して必要な設備の大きさを算出することができる。

### 焙燥設備が独立している場合

浸漬タンク1 発芽設備1 焙燥設備1	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日	第10日	第11日	第12日	第13日	第14日	第15日	第16日
浸漬タンク																
発芽設備																
焙燥設備																

1バッチ/5日 = 1.40バッチ/週

### 発芽+焙燥設備が一体の場合

浸漬タンク1 発芽設備1 焙燥設備1	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日	第10日	第11日	第12日	第13日	第14日	第15日	第16日
浸漬タンク																
発芽+焙燥設備																

1バッチ/6日 = 1.17バッチ/週

浸漬タンク1 発芽設備2 焙燥設備1	第1日	第2日	第3日	第4日	第5日	第6日	第7日	第8日	第9日	第10日	第11日	第12日	第13日	第14日	第15日	第16日
浸漬タンク																
発芽+焙燥設備1																
発芽+焙燥設備2																

1バッチ/3日 = 2.33バッチ/週

図12：器械の構成による1バッチにかかる時間の違い  
(いずれも浸漬2日+発芽4日+焙燥1日とする)

現在国内で自社製麦している醸造所や蒸溜所は、気温や水温の低い冬の間だけ稼働させているので、年間 16 週だけ働かすとすれば、1 回 500 kg スケールの、発芽と焙燥が分かれた小型の設備で製造できる麦芽の量は年間 10 トンである。それ以上の設備を導入し、年間 50 週稼働させるとすれば、例えば 5 トン機で年間 250 トン、10 トン機 2 台で 1000 トン生産できるという計算になる。

設備は発芽をフロアとするか、器械を用いるか（ニューマチックモルティング、通気製麦）に大別される。1 年間に同じ量の麦芽を生産できる規模のそれぞれの設備にかかる費用をシミュレーション

### 設備の大きさ

$$Cs = Pa / (Bw \times Wp) \times 1/fl$$

- Cs： 設備の大きさ（原麦換算）
  - Pa： 年間生産量（麦芽換算）
  - Bw： 1 週間のバッチ数
  - Wp： 年間生産週数（～55週）
  - fl： ロスファクター（麦芽/原麦比率 = 0.8～0.85）
- 1バッチあたりの生産量（麦芽換算）

年間生産量 (麦芽 t) Pa	必要な原麦量 (原麦 t) Pa/fl	年間 生産週数 Wp	1週間の バッチ数 Bw	設備の大きさ (原麦 t) Cs
10	12	16	1.4	0.5
250	294	50	1.17	5.0
1000	1176	50	2.33	10.1

図13：年間生産量による必要な製麦機の大きさ

表3：年間150トンを生産する製麦所のシミュレーション（米国）

面積 (m <sup>2</sup> )	1.5トンプロモルティング	4トンGKV
空調	25000ドル (375万円)	15000ドル (225万円)
製麦設備のみ価格	31.5万ドル (4725万円)	55.5万ドル (8325万円)
水	1237ドル	1208ドル
冷却	11575ドル	11110ドル
加熱	4185ドル	3730ドル
電力	13785ドル	17234ドル
作業員数	3名	2名



ンした例（表3）<sup>32</sup>では、フロアモルティングは設備に対する初期投資は抑えられるが、土地は余分に必要で、発芽フロアの空調費、緑麦芽をかき混ぜるための人件費も余分にかかるので、条件によっては有利だが、それほど大きな違いはないと結論されている。

一方、比較的小規模の製麦器械を製造しているメーカーには（表4）のようなものがある。大まかにスケール別に分けて、各社の器械の現地価格の単純平均を取ると、（図14）のような値が得られた。製麦工場を造ろうと思えばこれら製麦機に加えて周辺機器や建屋が必要なので、実際にはもっと費用がかかることになるだろう。

表4：小規模製麦機メーカー

社名	Kaspar Schulz (独)	Yingtai Machinery (中)	Malters Advantage (米)	Zanin (伊)	Curio malting (英)	鈴矢電機サービス (栃木)
製造開始年	2014-	2016-	2015-	2010-	1986-	2016-
製品タイプ	ドラム (S+GK)	GKV (SGK) ドラム (S+GK)	ドラム、サラデンボックス、GKV (S+GK)	ドラム (S+GK)	試験製麦機	ドラム (SGK)
大きさ	2, 5, 10, 25 t	0.5, 1, 2, 5, 10 t	3, 6, 10, 11 t	2, 4, 6, 12 t	8, 50, 250 kg	200 kg
主な採用実績	Root Shoot Malting (米) 厚岸酒造所 (北海道) イタリヤ、スイス、オーストリア、スウェーデン、メキシコ、韓国	新潟県田島酒造所 (新潟) 本内醸造 (岩手) フリス、ウルクアイ、ドイツ、カナダ、オーストラリア	Riverbend Malt House (米) Grouse Malt House (米) など	イタリヤ、オーストリア、スイス、スコットランド、フランスなど	8 kgスケールの試験製麦機は日本を含む世界中のビール会社、研究機関で実績あり。	ろまんちく村のビール
特記事項	Root Shoot Malting社の製品は米国の麦芽の銘柄会で最多受賞を持つ。器種の性能は折り返りなし。 問い合わせ先：伊藤忠マシナリクス株式会社	中国の巨大な製麦所の稼働を助けているエンジニアが配属	米国の主要な小規模製麦所の設備を多く手掛ける。製品の受賞実績も多数。事件に応じて様々なタイプのものを設計・製作できる	アジアへの輸出実績はないが、機会があれば歓迎するとのこと	問い合わせ先：きた産業株式会社	オーレインクワの外製製麦機は毎時400 kgも製作可能

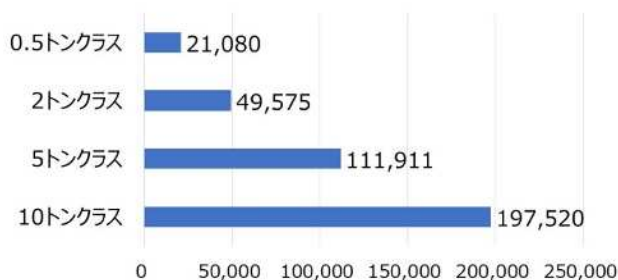


図14：製麦機本体のみの現地価格を単純平均した値 (千円)

注) 0.5ト=0.4~0.5、2ト=1~3、5ト=4~6、10ト=10~12ト機の現地価格平均  
1ドル=150円、1ユーロ=161円換算

今回、国税庁のご協力の下、この数値や米国の資料、製麦率（麦芽重量/原麦重量）、原麦価格の平均値を使って、年間を通じて週に1.17バッチ（1バッチ6日）、発芽と焙燥が一体になった製麦機1台で麦芽を製造する想定で、様々な規模の設備で製造した場合の損益分岐点となる麦芽の値段を試算した（表5）。これを1kgの価格にしてグラフにしたものが（図15）である。

表5：製麦設備の規模による麦芽の単価の違い

製麦能力 (トン)	0.5	2	5	10	
年間製造量 (トン)	25	100	250	500	
固定費 (円/年) (設備は購入費用)	製麦設備	42,160,000	99,149,480	223,821,200	395,040,928
	地代家賃	771,600	1,830,000	2,332,800	4,588,800
	人件費	3,137,000	4,705,500	4,705,500	6,274,000
	事務諸費	3,137,000	3,137,000	3,137,000	3,137,000
変動費 (円/トン (原麦))	大麦	149,093	149,093	149,093	149,093
	光熱費	88,657	35,425	24,768	21,210
損益分岐単価 (円/t 麦芽)	747,574	422,726	343,473	314,893	

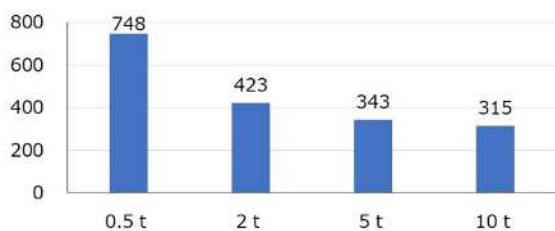


図15：1バッチ数量別の1トン当たり損益分岐点となる麦芽価格 (円/kg 麦芽) (1バッチ6日、通年で50週稼働させた場合)

ここから推定されるのは、数億円の投資をして5~10トンの規模で製造すれば国産麦芽の価格は下げられるが、その場合も（投資を回収するための）市場価格は現在の輸入麦芽の2倍以上にはなるだろうということである。

前提  
製麦能力：1/(0.5~10)トン (原麦)  
年間バッチ数：1/バッチ6日、通年で50週稼働させる想定。  
製麦率：製麦率は85.6%と仮定。

設備：製麦設備の購入・設置費用。損益分岐計算上は、耐用年数表通達付表10の麦芽製造設備の9年を使用。単価は計算を行わず、定額法（減価償却1円）とした。各クラスの設備の現地価格平均の2倍で購入、輸送と設置が可能と仮定。

固定費  
地代家賃：寄の保管などの賃金を想定。1坪1,000円と仮定。規模による必要面積は米国IPEC社の資料（箱積量）に基づく。  
人件費：国税庁税関税与業務統計調査の10人未満の製造業の給与額（年額313.7万円）を使用。必要人員は0.5~2トンを1名、5トンを1.5名、10トンを2名と仮定。  
事務諸費：大麦を原料としたビールを製造することに伴う関係事務経費の増額。事務員一人分と仮定。

変動費  
原麦費用：令和4年度の国産大麦の1Aからの購入価格1t当たり149,093円。  
光熱費：規模による必要な電気とガス量は箱積量に基づく。料金は関西電力と大阪ガスの価格体系に依った。

固定費計 製麦設備+地代家賃+人件費+事務諸費  
変動費計 (原麦費用+光熱費) × 製造数量 (原麦換算)  
損益分岐計算 (固定費計+変動費計) × 製造数量 (原麦換算)  
損益分岐点となる販売単価 (固定費計+変動費計) / 年間製造量 (麦芽換算)

<sup>32</sup> Toth, G.: Craft Floor Malting A Practical Guide (White Mule Press, Hayward, CA) (2019) より、1ドル=150円換算。ここで参照されている議論は、Paul A.: Craft Malting Technology: Key Design considerations for capital & operational costs, Craft malt Conference 2018 (Asheville, NC) (2018) による。

一方で、国内の地ビール醸造所や地ウイスキー蒸溜所の数は増え続けており、特に後者は使用する原料の一部を国産化しようとする意欲も高く、自社で高価な設備を導入して製麦する蒸溜所も散見される。しかし、こうした蒸溜所の代表的な規模である 1 仕込み麦芽使用量 0.4~1 トンの蒸溜所が 1 年に 200 回仕込むとして、その 1 割を国産麦芽で賄うとしても需要は 1 蒸溜所あたり年間 8~20 トンである。筆者は例えば 500 円/kg の国産麦芽の需要が地域に 220 トン以上あれば（かつ初期投資が確保できれば）地域製麦が事業として成り立ちうると試算しているが、それには地域の複数の醸造所や蒸溜所がこぞって国産麦芽を使用することが欠かせない。海外では、製麦所を建てようとする事業者が近隣の醸造所や蒸溜所から「年間これだけの量の麦芽を購入する」という念書を取って銀行や投資家を回るとい話を聞くが、製麦業者側ができあがる麦芽の品質を保証できる一方で、需要者側が組織化し、地域の需要をまとめて買い支えていくことが、その土地で製麦が始まる第一歩として不可欠だろう。

## 終わりに

近年輸出額を増やしている清酒は、その土地で獲れたコメ、その土地の品種にこだわることで、ますます土地の風土との結びつきを強め、ワインでいう土地のテロワールを映し出すものとして海外での関心と評価を高めようとしている。製麦にあたる清酒の製造工程は製麹であり、そこには低精白から扁平精米、昔ながらの麴蓋からロードセルに至るまで様々なこだわりが詰め込まれ、それらが多様で優れた香味の製品を生み出すだけでなく、より豊かなストーリーを製品に加味してその付加価値を高めている。

そうした工程の細部への強烈なこだわりが、世界で愛好される日本の発酵製品を作り出してきたのだと思われるが、現在国内で生産される地ビールや地ウイスキーには製麦工程がすっぽりと抜け落ちており、原料生産地の風土との結びつきを謳うことも、技術的なこだわりを発揮することもできない状態にある。原麦の内外価格差が 4 倍というのは高いハードルではあるが、逆に言えばそれを克服するチャンスも、手つかずのままに残されているのかもしれない。ロボットや AI の時代にこそ醸造物に宿る価値があるとすればそれは、その土地で力を合わせて原料を造り、加工し、醸造し、提供する「人間の仕事」の連鎖から生まれるように思われる。地ビールや地ウイスキーにとって地域製麦は、その欠けた鎖の輪を繋ぐものであるはずである。