

# 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

佐藤有一\*

## Brewing conditions when using the 'fibre snow' six-rowed barley (*Hordeum vulgare* f. *hexastichon*)

Yuichi SATO

六条大麦「ファイバースノウ」の新たな利用方法としてビールを醸造するため、原麦の醸造適性、麦芽の製造条件や麦汁の糖化条件などを検討した。「ファイバースノウ」はビール用として広く用いられている二条大麦「スカイゴールド」より粒が小さく、炭水化物は少ないが、 $\beta$ グルカン含量が高い特徴を有していた。

発芽温度は15°Cから20°C、4日から5日発育させ、80°Cで焙煎して麦芽を調製し、蛋白休止時間を30分以上行って麦汁を調製することにより、ろ過の遅延や濁りもなくビールを醸造することが可能となった。

キーワード：大麦、ビール、醸造、麦芽、六条

### I. 緒言

福井県の六条大麦の作付面積は平成24年度5,070 haで全国1位を誇っているが、県内ではほとんど利用加工されていない。一方、近年、プレミアムビールなどにこだわりのあるビールの消費が伸びており、地元産大麦を利用したビールの商品開発が求められているが、六条大麦でのビール醸造には、麦汁のろ過の遅れや酵母発酵の渋滞などの技術的課題がある。

そこで、本研究では県産六条大麦のビール醸造特性を解明するとともに、そのことを踏まえたビール醸造技術を確立したので報告する。

### II. 実験方法

#### 1. 「ファイバースノウ」と「スカイゴールド」の成分比較

平成17, 18, 19年福井県農業試験場原種センターで栽培された六条大麦品種「ファイバースノウ」と栃木県農業試験場で栽培されたビール用品種「スカイゴールド」を粉砕機で粉砕後、水分は135°Cで3時間の熱風乾燥法、タンパク質はケルダール分解法により窒素を求めタンパク換算計数6.25を乗じた。脂質はジエチルエーテルを用いたソックスレー法、灰分は550°Cで3時間の乾式灰化法で測定し、デンプンと $\beta$ グルカン含量はMegaZyme社キットを用いた。ポリフェノール含量は75%アセトン水溶液で3時間抽出後、フォーリンデニス法で換算で表示した。

#### 2. 発芽試験

BCOJビール分析法<sup>1)</sup>の方法を基に、加水量を4.5ml, 9mlに変更して行った。

#### 3. 吸水速度

大麦20gを網袋に入れ水温15°Cに所定時間浸漬後、水切りし重量変化を測定し浸漬度として表した。

浸漬度(%) = (浸漬後の重量 - 原麦重量 + 原麦水分) ÷ 浸漬後の重量 × 100

#### 4. 麦芽の調製

大麦をステンレス製網かごに入れ、所定温度に調整した恒温恒湿機に入れ浸漬し、朝、夕に水を交換した。

浸漬後、網かごを所定温度で湿度を98%に調整した恒温恒湿機内に静置し、発芽を行わせた。1日に1度麦芽を攪拌し、水を散水し水分の蒸発を補った。

発芽終了した麦芽は、45°Cで12時間、60°Cで3時間、70°Cで2時間乾燥後、最後所定の焙煎温度で3時間乾燥した後、手もみで脱根をした。

#### 5. コングレス麦汁の調製と分析

BCOJビール分析法<sup>1)</sup>に基づきコングレス麦汁の調製を行った。すなわち麦芽をサイクロンミルにて粉砕し、粉砕麦芽50gを500mlステンレスビーカーに精秤し、これに46°C純水200mlを加え、攪拌速度100rpmとし、45°C30分保持後70°Cまで1°C/minで昇温させた後、100mlの純水を追加し、さらに60分保持後20分以内に室温まで冷却し、全内容量が450gになるよう純水を追加した。

これを直径300mm東洋ろ紙No.2で一気にろ過した。その際最初の100mlは戻し、ろ過時間を計測した。

このようにして得た麦汁をコングレス麦汁とし、BCOJビール分析法<sup>1)</sup>に基づき、コングレス麦汁を調製し、ろ過時間、糖化速度、pH、色度、比重、エキス、コールパツハ数、酵素力などを評価した。また、700nmの吸光度を濁度として評価した。

\* 福井県食品加工研究所

## 6. 実験室規模でのビール醸造試験

ファイバースノウ麦芽をクロスピーターミル(スクリーン0.5mm幅)で粉碎し、コングレス麦汁調製条件と同様に麦汁を調製し、仮性エキス約12°Pとした。

この麦汁にホップをα酸100mg/lになるように添加し1時間煮沸した。最後にアロマホップを添加し遠心上澄をビール用麦汁とした。

このホップ入り麦汁1Lをメスシリンダーに移し、酵母(Wyeast 1056 American Ale)をYPM(イーストエキス1%, ペプトン2%, マルトース2%)培地10mlを用い25℃で48時間培養し、その後YPM6(イーストエキス1%, ペプトン2%, マルトース6%)培地100mlに全量移し、25℃で30hr培養後、コニカルチューブで遠心、回収、洗浄を2回行い、 $1.5 \times 10^7$  cells/mlになるように麦汁に添加し、18℃で発酵させた。その経過をOD600、仮性エキス濃度、エタノール濃度を測定した。仮性エキス濃度は京都電子製DA-130Nハンディ密度計、エタノールはRoche製F-キットにより測定した。

## 7. メーカーでの試験醸造

浸漬2日、15℃で4日発芽させた後80℃で焙煎し調製した麦芽30kgを、湖上館PAMCOにおいてビールの試験醸造を行った。

レシピは当該企業が日ごろ使い慣れているケルシュビールを基本として醸造を行い、完成したビールについて色度、エタノール濃度、仮性エキス濃度、βグルカン含量を測定し、市販の「ビール」、「発泡酒(麦芽の使用割合が50%未満)」、「発泡酒(麦芽の使用率が25%未満)」と比較した。

## Ⅲ. 結果および考察

### 1. 「ファイバースノウ」と「スカイゴールド」の比較

第1表に示すように「ファイバースノウ」は「スカイゴールド」と比較して、粒の大きさが小さく、千粒重はかなり低いものであり、アルコールの生成量に影響するデンプン含量も低く、ビールの収量性は低いことが想定された。

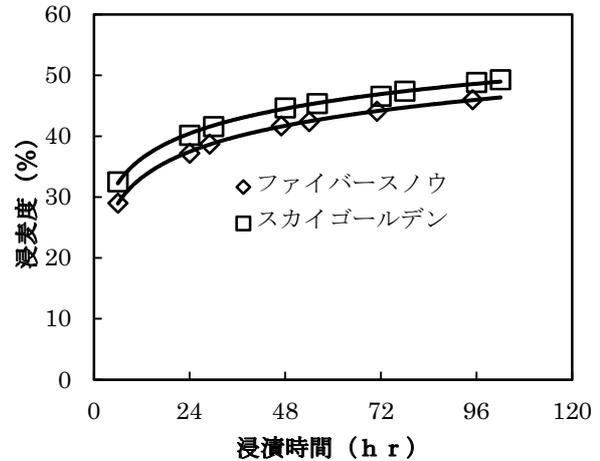
第1表 ファイバースノウ、スカイゴールドの化学成分組成の比較

	ファイバースノウ			スカイゴールド
	H17年産	H18年産	H19年産	
千粒重(g)	36.4	36.0	37.0	50.0
水分(%)	10.2	9.8	10.4	12.2
タンパク質(%)	9.2	10.8	10.0	12.2
デンプン(%)	54.4	54.0	54.4	60.0
脂質(%)	2.5	2.4	2.5	2.9
灰分(%)	2.6	2.7	2.5	2.3
βグルカン(%)	4.2	3.9	4.3	2.8
ポリフェノール(mg/100g)	157	164	165	182

第2表 ファイバースノウ、スカイゴールドの発芽性の比較

	ファイバースノウ			スカイゴールド
	H17年産	H18年産	H19年産	
発芽勢(%)	99	100	99	100
感水性(%)	1	2	2	3

タンパク質含量はビールの泡の持続性や酵母の発酵性に影響する<sup>3,4)</sup>といわれ、望ましい含量として10~11%<sup>3,4)</sup>とされている。「ファイバースノウ」のタンパク質含量は10%前後で望ましい含量より若干低い傾向が認め



第1図 浸漬時間による浸漬率への影響

られた。これは、「ファイバースノウ」は麦飯用として栽培されてビール用としての施肥体系となっていないためと考えられた。

ビールのろ過性や濁りに大きく影響する<sup>3,4,5,6,7)</sup>とされるβグルカン含量は「ファイバースノウ」に多く含まれていたが、ビール中のタンパク質と結合して混濁発生原因<sup>3,4)</sup>となるポリフェノール含量に大きな違いはなかった。

発芽性では発芽勢が高いことに加え、麦芽製造時に高水分状態となることから、感水性(高水分での発芽不良の性質)が低いことが求められている。「ファイバースノウ」、「スカイゴールド」を比較した結果、両者とも良好な発芽勢を有し、感水性も低く、年産による差もなかった(第2表)。

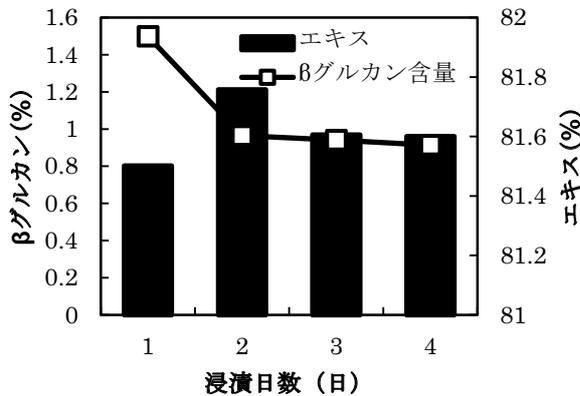
吸水性については、「ファイバースノウ」は「スカイゴールド」よりも若干吸水速度が遅い傾向が見られ、品種特性と穀粒の大きさが影響している<sup>4)</sup>ものと思われる(第1図)。

第 3 表 ファイバースノウとスカイゴールデンの麦芽, 麦汁比較

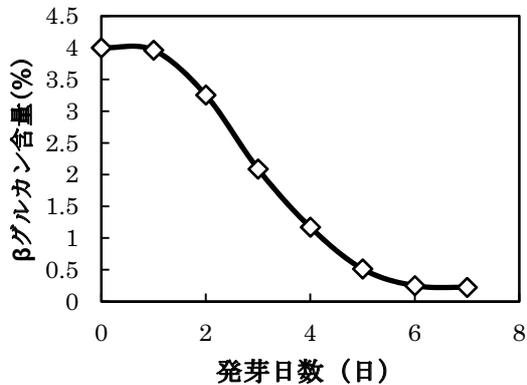
	ファイバースノウ	スカイゴールデン
全窒素(%)	1.56	1.88
$\beta$ グルカン(mg/100g)	0.97	0.14
糖化速度(min)	<10	<10
200ml ろ過速度(min)	8.7	10.5
pH	5.84	5.93
濁度 (OD <sub>700</sub> )	0.034	0.009
ポリフェノール含量(mg/L)	57.4	59.0
麦芽乾物中可溶性窒素含量(%)	81.8	84.7
麦芽乾物中エキス含量(%)	0.66	0.93
コールバツハ数	42.4	49.5

第 4 表 浸麦度の違いによる麦汁の影響

浸麦度(%)	37	42	44	46
糖化速度(min)	<10	<10	<10	<10
200ml ろ過速度(min)	9	8.7	8.7	8.9
pH	5.89	5.84	5.89	5.86
濁度 (OD <sub>700</sub> )	0.023	0.023	0.029	0.026
ポリフェノール含量(mg/L)	62.3	57.4	55.8	57.4
麦芽乾物中可溶性窒素含量(%)	0.66	0.66	0.67	0.67
麦芽乾物中エキス含量(%)	81.5	81.8	81.6	81.7
コールバツハ数	42.4	42.4	42.6	42.0



第2図 浸漬日数が $\beta$ グルカンおよびエキスに及ぼす影響



第3図 発芽日数が $\beta$ グルカン含量に及ぼす影響

また、両者を浸漬 2 日、15°C で 4 日間発芽させ、80°C で焙煎した麦芽を比較したところ、「ファイバースノウ」麦芽は「スカイゴールデン」麦芽より  $\beta$  グルカン含量が高く、エキス含量、コールバツハ数は低く溶けが少し劣り、既に報告がある六条大麦の「ミノリムギ」<sup>2)</sup>と同様の傾向であった(第 3 表)。

しかしその報告の中で指摘された「ミノリムギ」でのろ過の大幅な遅延<sup>2)</sup>は「ファイバースノウ」では見られず、ろ過の遅延に大きく影響する  $\beta$  グルカン含量が「ミノリムギ」<sup>2)</sup>より 1%ほど少ないことが影響していると考えられた。

## 2. 浸麦度がファイバースノウ麦芽に及ぼす影響

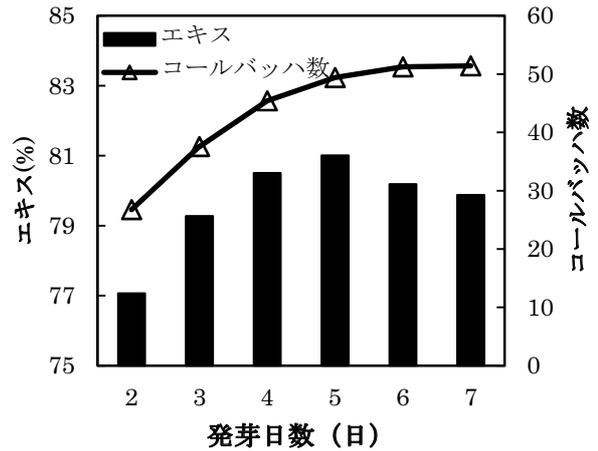
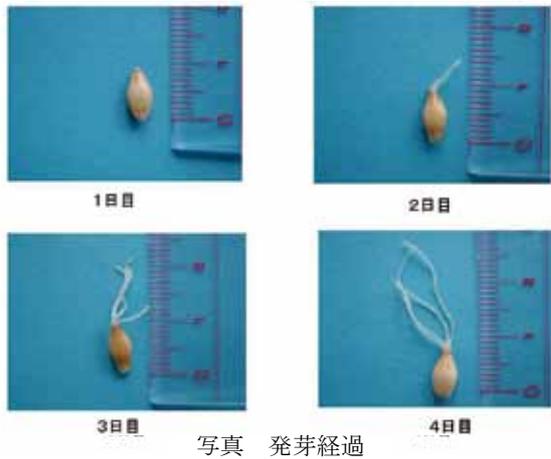
発芽を開始させ、穀粒中の成分の変化と生育に必要な水分を供給する浸漬(浸麦と呼ぶ)工程は重要である。この浸麦度の異なる大麦から 15°C で 4 日間発芽、80°C で焙煎し麦芽を調製したところ、浸麦度が 42% (2 日浸漬)以上で麦芽中の  $\beta$  グルカン含量が大きく低下し、エキス量は浸麦度 42% (2 日浸漬)が最も高くなることが明らかとなった。六条大麦「ミノリムギ」での報告<sup>2)</sup>と同様の傾向であった(第 2 図)。

また、ろ過速度は浸麦度が低くても遅いことはなく、pH、濁度、コールバツハ数とも浸麦度による差は小さいものであった(第 4 表)。

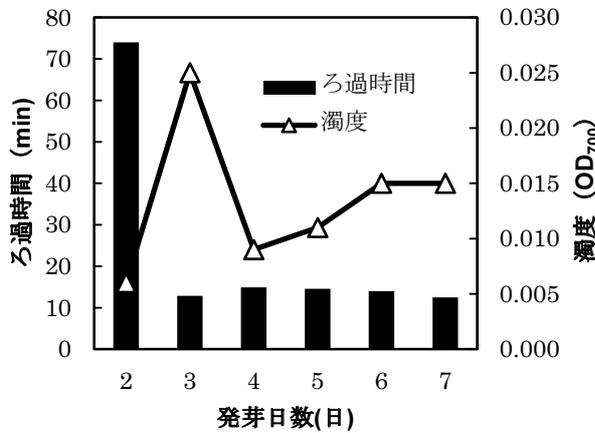
## 3. 発芽日数および温度が麦汁品質に及ぼす影響

発芽工程により、ビール醸造に適した麦芽にするために発芽日数、温度の影響を調査した。浸漬 2 日の大麦を 15°C で発芽させたところ、発芽日数が経過し根が伸長するにつれ、 $\beta$  グルカンは減少し、4 日目以降 1%を下回るまで低下した(写真、第 3 図)。

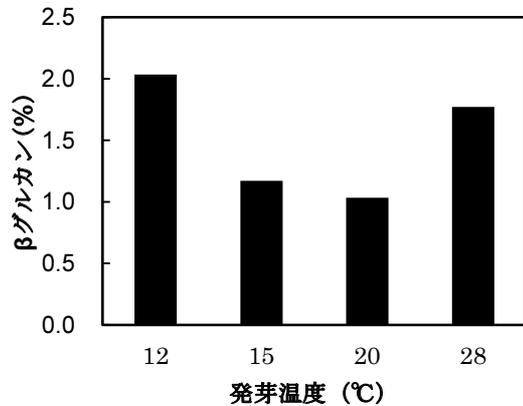
六条大麦「ファイバースノウ」(*Hordeum vulgare f. hexastichon*)を利用する場合のビール醸造条件



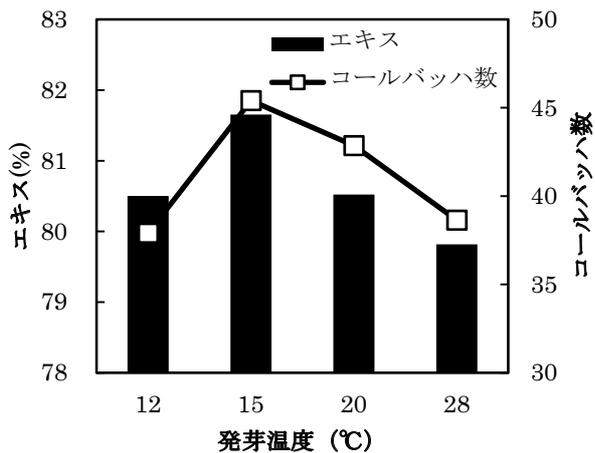
第4図 発芽日数がエキス、コールバツハ数に及ぼす影響



第5図 発芽日数がろ過時間、濁度に及ぼす影響



第6図 発芽温度がβグルカン含量に及ぼす影響



第7図 発芽温度がエキス、コールバツハ数に及ぼす影響

また、コールバツハ数も発芽経過とともに上昇するが、エキスは5日目が最大であった(第4図)。

一方、ろ過時間は3日目で降早くなり、麦汁の濁りは4日目で降ほぼ見られなくなった(第5図)。

この結果、良好な麦芽を製造するには4~5日発芽が適

していることが分かった。

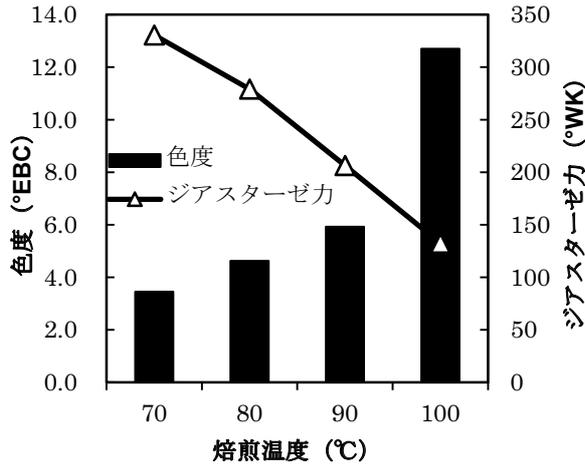
発芽温度の影響については、大麦を浸漬2日、発芽温度を12°C、15°C、20°C、28°Cに設定し、温度によって根の伸びる早さが異なることから、根の長さが粒の長さの概ね2倍を目安に発芽日数を設定し、12°Cで6日、15°Cおよび20°Cで4日、28°Cで3日発芽させた後、焙煎は80°Cで麦芽の調製を行った。

その結果、発芽温度15°C、20°C区でβグルカンはほぼ1%まで低下し、エキス、コールバツハ数とも15°C区が最も高く(第6、7図)、発芽温度は15~20°Cの間で設定することで良好な麦芽が製造できることが分かった。

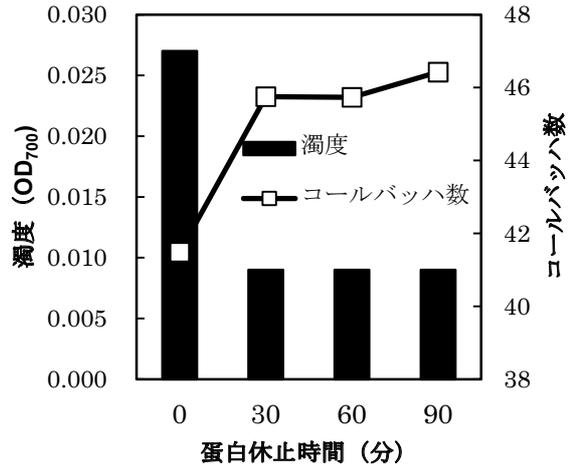
#### 4. 焙煎温度が麦汁品質に及ぼす影響

発芽によって生じた酵素などの物質の変化を固定し、貯蔵性を高めるとともに、高温にすることによって生臭さを除き、色や香りを付加するために発芽した大麦を焙煎する。そこで、大麦を浸漬2日、発芽温度15°Cで4日発芽させ、焙煎温度を70°C、80°C、90°C、100°Cとし麦芽を調製した。

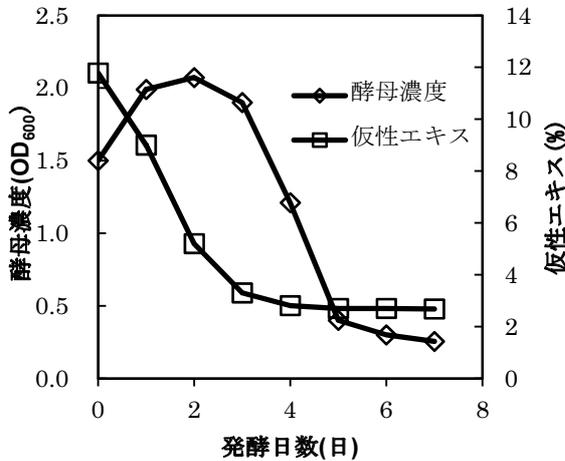
その結果、焙煎温度が高いほど麦汁の色は濃くなり100°C区で急速に着色が進行した。一方、麦汁の糖化に重要なジアスターゼ力は焙煎温度の上昇とともに低下し、70°Cで調製した麦芽はジアスターゼ力が一番高いが、生臭さが残り風味が少し劣っていた(第8図)。



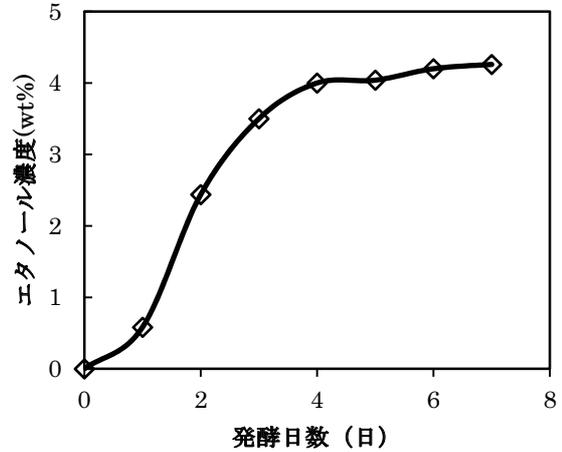
第8図 焙煎温度が色度およびジアスターゼ力に及ぼす影響



第9図 蛋白休止時間が濁度およびコールパツハ数に及ぼす影響



第10図 発酵経過中の酵母および仮性エキス濃度の推移



第11図 発酵経過中のエタノール濃度の推移

5. 蛋白休止 (プロテインレスト) 時間の麦汁への影響

麦汁を調製する際、初期に 50°C以下で糖化を促す工程は蛋白休止 (プロテインレスト) 工程と呼ばれている。

これは、βグルカンを分解する酵素エンド-β-1,4-グルカンナーゼとエンド-β-グルカンナーゼの耐熱性が 55°Cであることによる。この酵素によりβグルカンを十分に分解させることにより麦汁のろ過や濁り、‘溶け’に影響する<sup>4)</sup>といわれている。そこで、浸漬 2 日、発芽温度 15°Cで 4 日発芽させ 80°Cで焙煎した麦芽を用い、蛋白休止時間を 0, 30, 60, 90 分と変えて麦汁を調製して麦汁の品質を調査した。

その結果、蛋白休止時間を 30 分以上実施すると、0 分に対して濁度を大幅に低減させることができ、エキス、

コールパツハ数も上昇した。ただし、60 分以上行っても濁度の低下、コールパツハ数の増加はわずかであった (第 9 図)。

6. 実験室規模でのビール醸造試験

1L 規模での「ファイバースノウ」麦芽を用いたビール醸造試験を実施した。

その結果、発酵初期において、仮性エキス濃度は急速に低下しエタノールの上昇が顕著に見られ発酵が順調に経過していることが伺われた。7 日後には仮性エキス濃度 2.5° P, エタノール 4.5%まで発酵が進み、「ファイバースノウ」でビールが醸造できることが明らかになった (第 11, 12 図)。

第 5 表 工場規模での試験醸造結果

	試作ビール	市販ビール	市販発泡酒 (麦芽使用率 50%未満)	市販発泡酒 (麦芽使用率 25%未満)
色度 (° EBC)	13.2	8.2	8.5	9.0
アルコール (%)	4.2	5.0	5.5	5.0
エキス (° P)	1.3	1.5	1.4	1.4
β グルカン (mg/L)	90.0	8.0	0.4	0.3

#### 7. メーカーでのビール醸造試験

メーカーでの「ファイバースノウ」によるビール醸造を実証するため、蛋白休止工程を45℃30分とし、その他は通常の仕込み条件で醸造を行った。

その結果、発酵前エキス濃度は、加水量のミスにより予定した12°Pより低い10.5°Pとなったが、発酵、熟成とも順調に経過し、最終的に約140Lのビールが製造された。

このビールを市販されているビール類と比較したところ、少し色が濃い目でβグルカン含量の高いビールとなった(第5表)。

以上のことから「ファイバースノウ」を用いてビールを醸造する場合は、発芽温度を15℃から20℃とし4日から5日発育させた後、80℃で焙煎して麦芽を調製する。また、蛋白休止時間を30分以上行い麦汁を調製することにより、ろ過の遅延や麦汁に濁りも発生せずにビールの醸造が可能となった。

このようにして製造されたビールは、βグルカン含量が若干高いものとなることが明らかとなった。

#### IV. 謝辞

今回の研究に当たり湖上館パムコ田辺代表には、お忙しい中試験醸造にご協力いただき紙面を借りてお礼申し上げます。

なお、本研究は特別電源所在県科学技術振興事業費補助金「県産六条大麦を使ったビール醸造技術の確立」で実施した。

#### V. 引用文献

- 1) ビール酒造組合同際技術委員会編. 改訂 BCOJ ビール分析法(2004).
- 2) 菅野三郎他(200). 新技術地域実用化研究促進事業研究成果「地場産穀類の六条大麦ビール・穀物酢等への新用途開発」
- 3) ビールの基本技術. (財)日本醸造協会. p1-17
- 4) 松山茂助(1970). ビール醸造学. 東洋経済新聞社
- 5) S. HOME(1993). Louvain Brewing Letters. 4. 3
- 6) L. NARZISS, E. REICHENEIDER and M. EDNEY(1989). Monat. fur Brauwis. 42. 277
- 7) N. WAGNER, G. HE and E. KRUGER(1991). Brauwelt. 131. 426

## Brewing conditions when using the 'fibre snow' six-rowed barley (*Hordeum vulgare f. hexastichon*)

Key words: barley, beer, brewing, malt, six-rowed

Yuichi SATO

#### Summary

In order to brew a beer as the new usage of 'fiber snow' six-rowed barley, brewing aptitude of grain, and the manufacturing conditions of malt and saccharification of wort conditions were examined.

Although 'fiber snow' had the grain smaller than the 'sky golden' two-rowed barley widely used as an object for beer and carbohydrate content was low, but β-glucan content was high.

Beer brewing without delay of filtration, muddiness was possible by germination temperature being 15 to 20 °C, between sprouting time into 5 days from 4 days and roasting at 80 °C for preparing malt and 30 minutes more protein rest time for preparing wort.