HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ビールの製造技術と香味品質に関する研究
Author(s)	木村, 良臣
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(農学)
Dissertation Number	乙第5089号
Issue Date	1996-12-25
DOI	https://doi.org/10.11501/3119601
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/52016
Type	doctoral thesis
File Information	000000304791.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

ビールの製造技術と香味品質に関する研究

木村良臣

①

ビールの製造技術と香味品質に関する研究

キリンビール株式会社

木　村　良　臣

目　　次

頁

第1章　緒　　言

第1節　ビールの製造技術 …… 1

第2節　ビールの品質特性 …… 5

第3節　ビールの香味品質 …… 7

第4節　本研究の目的 …… 18

第2章　高濃度ビールの製造技術開発および香味品質改善への試み

第1節　序 …… 21

第2節　高濃度ビールに対する社内パネルの嗜好調査 …… 22

第3節　高濃度ビールの品質設計と製造技術の開発 …… 35

第4節　要　　約 …… 82

第3章　ビールの醸造条件および香味安定性

第1節　序 …… 86

第2節　麦汁の酸化とビールの香味安定性 …… 87

第3節　主発酵条件とビールの香味安定性 …… 107

第4節　要　　約 …… 117

第4章　ライトビールの香味設計技法の開発
第1節　序 …… 119
第2節　外国ライトビールの分析値、香味評価値の特徴 …… 120
第3節　ライトビールの香味品質特性分析のための試験醸造 …… 138
第4節　ライトビールの香味品質設計 …… 153
第5節　要　　約 …… 185

第5章　新しい発酵法「分割発酵法」によるライトビール製造技術の開発
第1節　序 …… 189
第2節　ライトビールの品質を確保するための醸造条件 …… 190
第3節　分割発酵法の開発と試醸ライトビールの香味特徴 …… 205
第4節　分割発酵法の生産技術の確立とライトビール製造技術の開発 …… 226
第5節　要　　約 …… 246

第6章　総　　括 …… 249

謝　　辞
追　　記
参考文献

第１章　緒　言

第１節　ビールの製造技術

最近、日本でも数々の銘柄のビールが発売されるようになったが、その醸造方法は世界各国で本質的な違いは認められない。この方法は地ビールでも共通で、発芽させた大麦を焙燥して調製した麦芽を少量の米、トウモロコシ、でん粉などとともに糖化して麦汁をつくり、ホップを加えて煮沸して香気と苦味をつけた後ビール酵母を加えて発酵・熟成させるというものである。

ビールの定義は各国の酒税法等により異なっているが、日本の酒税法でのビールの定義は欧米での定義に比し狭義の部類に入るようである。

日本での定義は次の通りである（酒税法第３条第７号）。

（イ）麦芽、ホップおよび水を原料として発酵させたもの

（ロ）麦芽、ホップ、水および米その他の政令で定める物品を原料として発酵させたもの。ただしその原料中当該政令で定める物品の重量の合計が麦芽の10分の５を越えないものに限る

（イ）はいわゆる「麦芽 100％ビール」あるいは「オールモルトビール」と呼ばれているものである。ドイツでは1516年に制定された「ビール純粋令」がまだ生きていて（イ）のみがビールとされている。

（ロ）の米その他の政令で定める物品は麦芽を「主原料」と呼ぶのに対し「副原料」と呼んでいて、米、トウモロコシ、でん粉等が用いられている。世界的には副原料を使用しているビールが主流を占めている。

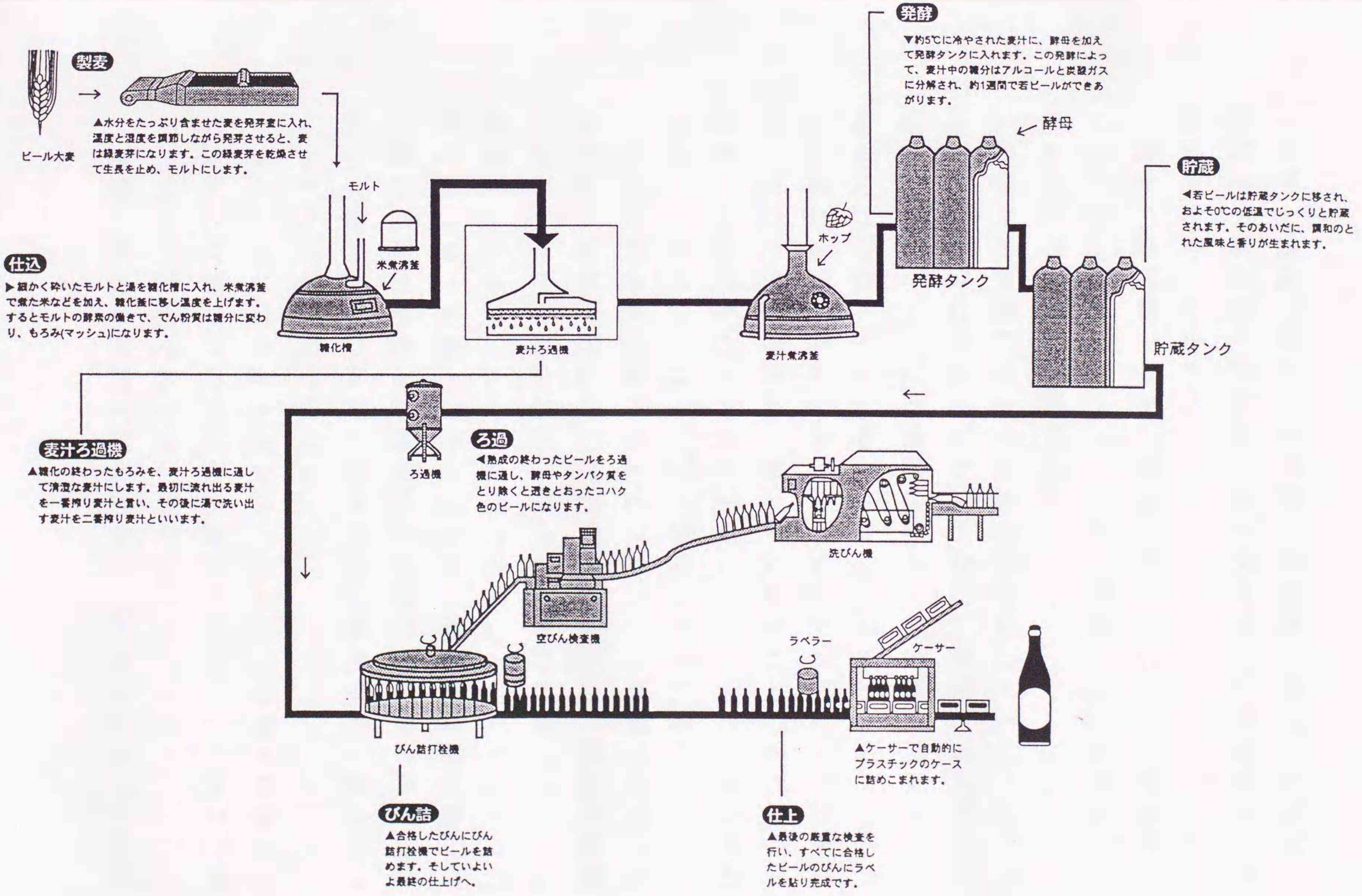
（ロ）では麦芽の使用割合（全原料中の麦芽の占める割合）が67％以上必要ということになるが、67％未満のものは「発泡酒」に分類される。発泡酒の中で麦芽の使用割合が「67％未満～25％以上」と「その他　25％未満」とはいずれもビールの酒税より安いので、ビール様発泡酒として海外輸入ビールに対抗して最近発売されている。

ビールの製造工程は「麦汁製造工程」「発酵・熟成工程」および「沪過・壜（缶）詰工程」に分けられる。「麦汁製造工程」では原料の種類・配合および糖化プログラムにより種々の麦汁を製造できる。「発酵・熟成工程」では使用する酵母・発酵条件などの違いによって特色のある香味を備えたビールとなる。「沪過・壜(缶)詰工程」ではビールの品質特性が向上することはなく、維持・安定化させるにとどまるとみてよい(第1－1図)。

麦汁製造工程は「糖化・麦汁煮沸工程」または「仕込工程」とも呼ばれる。仕込方法は「連続仕込法」も研究されたが、世界的にも「バッチ式仕込法」が依然として主流である。大量生産には設備の大型化（約 130㎘／仕込）と1日当りの仕込数の増大（10仕込／日・系列）により対応してきた。

糖化は通常麦芽のもつ酵素力を利用して行われるが、一部酵素剤を添加する「酵素仕込」も高発酵度ビール、低カロリービールおよびダイエットビール等で採用されている。

仕込工程では糖化の程度により発酵性の糖をどの位つくるかにより、ビールの香味が左右される。そのため数々の糖化プログラムが用意されているが、要は温度と時間のコントロールである。コンピューターによる制御技術の高度化により、精緻な制御が可能となり、均質な麦汁が得られるようになった。



第1-1図. ◉ビールの製造工程

発酵・熟成工程は「主発酵・後発酵工程」とも呼ばれる。主発酵を「前発酵」または「第１次発酵」、後発酵を「第２次発酵」と言うこともある。

最近、後発酵工程を「熟成工程」とビールの清澄安定性を高めるため、低温（０～－１℃）で貯蔵する「安定化工程」に分ける考え方がでてきている。

発酵液の表面に浮上する上面酵母を用いて15～22℃で発酵させる上面発酵は熟成を必要としない。凝集して沈降する下面酵母を用い、５～12℃で発酵させる下面発酵は熟成を必要とする。19世紀の中途、チェコのピルゼン市で誕生したピルスナービールは低温で下面発酵させ、当時は数ヶ月熟成させた淡色ビールで、現在では世界各地で最も多く飲まれているビールである。発酵・熟成法もバッチ式が主流であり、今日で言う所の“オールドバイオテクノロジー”で醸造されている。

ビールの発酵は酵母によるアルコール発酵で清酒の並行複式発酵ほど複雑ではない。初発酵母濃度からの酵母の増殖と培地（麦汁）中に浮遊する酵母濃度と発酵の温度パターン（温度と時間）とをコンピュータで制御することによりマクロ的には精緻な制御ができるようになったが、酵母の発酵活性、アミノ酸代謝の過程でできる香気成分及び酵母にかかるストレス機構等がミクロ的あるいは分子生物学的に解明され、自在にコントロールしている状況ではない。

シリンドロコニカルタンク（屋外自立円筒円錐型タンク）の普及によりタンクの大型化も著しく進展し、タンク容量が 400～ 500kℓが主流であるが、1000kℓのものもある。

発酵・熟成を固定化酵母で行うバイオリアクターシステムは

熟成工程を小規模レベルで行う技術はほぼ完成し、大幅な醸造期間の短縮が図れるが、極く一部実用化されているのみである。(13～15)

バイオリアクターによる主発酵と連結した大規模システムは実用化の面では微生物管理、酵母の入れ替え・再立ち上げ、ビール液種切り換えへのフレキシビリティー等未だ完成の域ではない。(16～19)

ビール製造技術や製造設備が同じでも原料の選択、配合や使用する酵母、発酵条件などの違いによって特色のある香味を備えた多種類のビールが醸造されている。(1，2)

第2節　ビールの品質特性

ビールは嗜好品の性格を近年益々強めてきているが、飲料としての機能は「のどの渇きをいやす」ことであり、少量なら清涼飲料に近い感覚で昼間でもよく飲まれるようになった。アルコール飲料としての機能は「心地よいおいしさを感じさせ、ビールのもつアルコール分により快い気分にさせる」ことであると言えよう。もちろん、ビールもアルコール飲料であるので未成年者への飲酒問題や飲み過ぎによる健康への影響およびアルコール依存症等と深く関わっていることに変わりはなく、メーカーとして社会環境、社会貢献活動の中に組み入れて啓蒙活動に積極的に取り組んでいる所である。

ビールに対する消費者の品質特性は五感で感じるものすべてである。

「視覚」に訴えるものとしてビールの“色”、“泡”、“パッケージデザイン”、“ネーミング”等がある。

「嗅覚」ではビールの香り、臭いであり、「味覚」はビールの味そのものである。「聴覚」ではビールをグラスに注ぐ擬音の効果、ビール広告でのネーミング、キャッチコピー、音楽等がそれに当たり、「触覚」ではビールを口に含んだときのマウスフィール、壜（缶）の手触り感等が含まれる。

ビールの“つくり手”からの品質特性は五感による評価に加えて化学分析による評価（化学分析値）によって表現される。日常分析では約30項目が実施されており、出荷判定に使われる品質特性値である。

ビールは蒸留酒でなく醸造酒であるので、その成分は多く、ビールに含まれる成分は 850以上にのぼることが確認されている。[3] マクロに見たビールの組成は揮発性の有無によって大まかに次のようになる（ｗ／ｗ％）[4]

水	91～93％
エタノール	3.3～４％（これは度数表示でｖ／ｖ％では約4.2～ 5.5％）
エキス	2.1～ 4.0％
二酸化炭素	0.42～0.55％

揮発性成分の中には量は少ないがビールの香味に重要な影響を与える成分、即ち高級アルコール、エステル、カルボニル化合物、含硫化合物などの低沸点化合物が含まれている。不揮発性成分のエキスは概ね次のような組成を有している。[4]

炭水化物	75～80％	苦味質及びポリフェノール	２～３％
窒素化合物	６～９％	不揮発性有機酸	0.7～１％
グリセリン	５～７％	ミネラル	２～４％

これらの成分の内、ビールの香味に特に大きな影響を与える

ものはエタノール、二酸化炭素の他、発酵性残糖、窒素化合物（アミノ酸・ペプチド・タンパク質・核酸系物質・アミン）、高級アルコール、エステル、苦味質、ポリフェノール及び有機酸の量である。

近年の分析機器・技術の進歩により膨大な種類・量の物質の定量が可能になったが、醸造条件と各物質の消長及び各物質のビール香味への相互作用等はビールの成分が多いだけに、ミクロ的には解明されていない。

ビールの成分上の特徴からくる品質特性を飲み手（消費者）の立場から言えば、原料のホップに由来する苦味物質並びに多量の二酸化炭素を含んでいる点である。加えて主原料である大麦（麦芽）、その他の穀類中の炭水化物と蛋白質が完全には低分子化されずに、これらの分解物が二酸化炭素過飽和の複雑なコロイド溶液として存在している結果、ビールに賦与している官能上の諸性質（コロイドが不安定になると香味及び清澄安定性が悪くなるなど）並びに物性上の諸性質（例えば大量に飲んでも胃に飽和感を与えないことや、他の発酵飲料とは格段に異なる泡立ちの良さなど）が大きな特性である。

第３節　ビールの香味品質

１．ビールの香味成分

第２節で述べたように、ビールの香味成分は麦芽やホップより移行する成分、発酵により生成する成分、変性成分に分類されるが、総量では約300ppm程度である。1975年までに揮発性香気成分として 340成分が報告されたが、1981年にはアミノ酸・ヌクレオチド・ホップ苦味質まで含めて 850成分が

報告されている。[4] 香気成分の含量と弁別閾値は第１－１表の通りである。

香気成分の香味への関与度を推測する指標として次のFlavor Unit(F.U.)が用いられる。

Flavor Unit (F.U.)＝含量／弁別閾値

香気成分のF.U.が 0.5を越えればビールの香りに影響し、F.U.が 1.0を越えればその影響がどの成分に原因するかを指摘することができる。[3, 5, 6]

含量と弁別閾値が判明している範囲においてビールの香気成分はF.U.の小さい成分が大部分であって正常に醸造されたビールであるならば、含量が辛うじてその弁別閾値（F.U.＝1.0)に近いのは26成分[7] ～32成分[3] にすぎない。従ってビールの香りにはこれというキー・コンポーネントがなく、多数の成分が渾然一体となって穏やかな調和をなしているとみてよい。むしろ何らかの特定の香りが突出しているのは好ましくない場合が多い。それ故、多数の成分が形成する調和のあり方がそれぞれのビールの香味特徴を表わしていると言える。

ビールの呈味成分としてはビール１ℓ当りオリゴ糖約10ｇ、このうちマルトースおよびマルトトリオース約６ｇ、アミノ酸 0.5ｇなどがあるが、特定の味覚を呈する含量ではなく、[4] ビールの味を特徴づけているのはホップ由来の爽快な苦味である。ホップ由来の苦味成分は少なくとも90成分以上も知られているが、主成分はイソフムロンであり、[8] その含量の多少（10～50ppm)はビールの香味タイプを決める主要な要因である。イソフムロンは弁別閾値５ppm という強い苦味

があるが、その苦味は早く消えるので舌と喉に後苦味を残さない。

第1－1表　ビールの主要香気成分

香気成分	ビール中の含量（ppm）	ビール中の弁別閾値（ppm）
Isoamyl alcohol	30 ～ 60	70
Ethyl acetate	8 ～ 47	33
Ethyl butyrate	0.1 ～ 0.2	0.4
Ethyl caproate	0.1 ～ 0.4	0.2
Ethyl caprylate	0.1 ～ 1.5	0.2
Ethyl pelargonate	0.1 ～ 1.2	1.2
Ethyl caprate	0.07～ 1.0	1.5
Isoamyl acetate	0.6 ～ 6	1.6
2-Phenylethyl acetate	0.2 ～ 2	3.8
Acetaldehyde	3 ～ 17	25
2-Methylpropanal	0.02～ 0.5	1.0
3-Methylbutanal	0.1 ～ 0.3	0.6
Diacetyl	0.03～ 0.22	0.15
Acetic acid	40 ～205	175
n-Butyric acid	0.6 ～ 3	2.2
Isovaleric acid	0.5 ～ 1.5	1.5
Caproic acid	1 ～ 6	8
Caprylic acid	3 ～ 9	4.5～15
Capric acid	0.5 ～ 3	1.5～10
Linalool	15 ～ 44 ppb	80 ppb
Geraniol	5 ～ 69 ppb	36 ppb
Humulene epoxide Ⅱ	11 ～ 250 ppb	450 ppb
Humuladienone	2 ～ 72 ppb	100 ppb
Humulenol Ⅱ	72 ～1150 ppb	500 ppb
Hydrogen sulfide	0.2 ～ 4 ppb	5～10 ppb
Dimethyl sulfide	7 ～ 205 ppb	25～60 ppb
trans-2-Nonenal	0.03～ 3.6 ppb*	0.1 ppb
3-Methyl-2-butene-1-thiol	30 ppb**	0.1～32 ppb

＊長く保存したビールでの含量。
＊＊日光に曝したビールでの含量。

ビールの味を人間の舌と喉で感じる場合、「甘味」「苦味」「酸味」及び麦芽およびホップからくる「渋味」の微妙なバランスを測定・評価していると考えられている。ビールの味というと苦味の強弱のみが注目されがちであるが、苦味の質は言うまでもなく「甘味」「酸味」「渋味」が全体の味覚のハーモニーを醸し出しているのでこれらの味の相互関係の研究が益々重要性を増してくると考えられる。

2．官能検査法でとらえたビールの香味

（1）ビールの官能検査法

ビールの品質管理や醸造技術の研究において官能検査を欠かすことはできない。香味というものは人間の精神的反応として扱うべきものであるから、香味品質の評価は官能検査によってのみなし得るものであり、香味成分の化学分析などで代行できる部分は将来ともに限られている。そして社会や生活が複雑になるにつれて一人のexpertによりなされる官能検査に替って生理的・心理的に違う多くのgroup experts によって行われる官能検査がより重要になっている。更に最近は、生産者側の社内パネルでなく、消費者パネルによる、消費者の評価用語による官能検査を行い、“消費者ニーズ”を直接把握する解析手法が導入されつつある。

ビールの官能検査への推測統計学手法の適用は、1946年Bengtsson らがいち早く試みた。[9] 彼らがビールの官能検査の手法として2点識別法(two-sample test) と3点識別法(triangular test) を提案して以来、検査試料と対照

試料間の香味の違いの有無を検出しようとする識別法がまず普及した。1974年頃よりいくつかの主要な官能特性についてその心理強度をカテゴリー尺度で計量しようとするフレーバー・プロファイル法(Flavor profile method)などの記述法が盛んに活用されるようになった。識別法により製品標準、あるいは対照試料と比較して検査試料に質差があるかどうかを検出するだけでは品質管理や技術管理にフィードバックすることが困難であり、検出した質差の内容や程度までも鑑定することが求められているためである。

著者の所属するキリンビール株式会社の各工場では日々製造しているビールの出荷判定や品質管理には製造に携わっているパネルにより官能検査が行われている。これらのパネルは15工場で合計 200人近くいるので全工場のビールを評価する場合に統計解析がやり易い。

新商品開発や品質改善・工程改善のために試験醸造したビール及び市販ビールの評価等には、工場、研究所、本社から選抜した15名程度のパネルにより官能検査が行われる。正式な官能検査にはパネルを収容するブースあるいは円卓、試料準備室、評価用語集、評価用紙などを準備して行う。

ビールの官能検査は、基本的には食品及び酒類の官能検査法と共通する所が多いが、ビールは喉越しの味も重要視されるのでサンプルは吐き出さずに飲み込むことが正しいやり方である。また、ビールの香り自体は他の酒類に比べて弱いので、香り自体を検知し易いように通常飲む温度よりもやや高い、8～10℃に冷やして評価する。官能検査を行う時間は昼食前か午後なら15時以降位が検出感度がよい

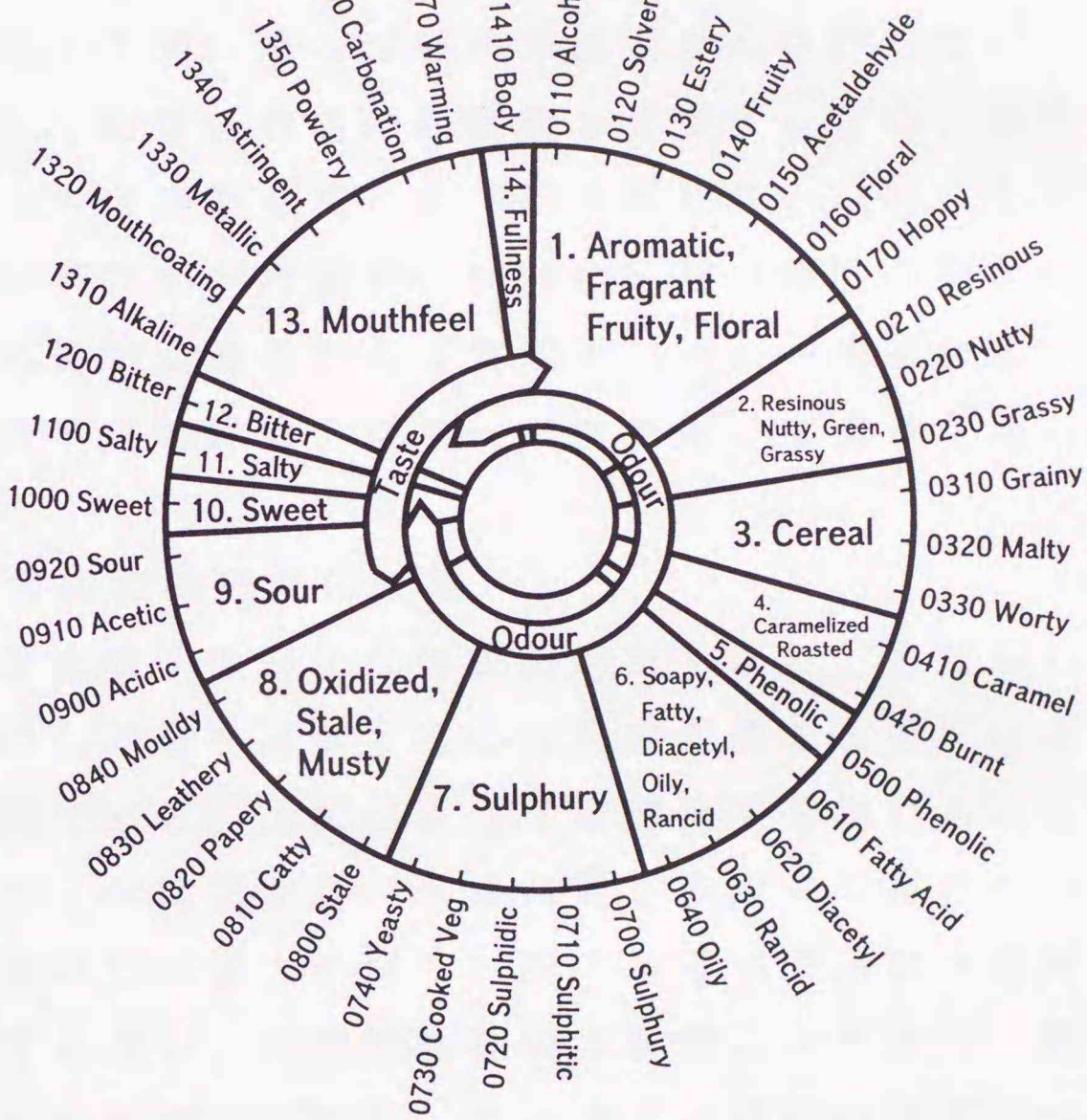
とされている。また、検査試料についてはフレーバー・プロファイル法ならパネルの疲労を考慮して3時間以内で15サンプル以下に納めるのが望ましいと言えよう。

（2）香味評価用語の整備

官能検査には香味の表現用語集が不可欠であるが、その語彙（ごい）はビールの複雑な香味を表現するのに必要な用語を網羅し、かつその定義、適用についてパネル間の解釈に混乱がないものであることが望ましい。パネルは共通の用語を用いることを約束し、定められた最小限の用語で特定の香味特性を一致して表現することにより、お互に円滑、正確に意見交換ができるようになる。

1970年代に入ってフレーバー・プロファイル法の有用性が認識されるようになると体系的に表現用語を選択して定義づけた用語集を整備しようとする国際活動が始まり、1979年アメリカ醸造化学者協会（A.S.B.C）、アメリカ醸造技術者協会(M.B.A.A）と欧州ビール醸造連盟(E.B.C）は国際統一用語集[10]を編集した。この用語集にはビール香味の包括的分類用語14語とこの分類を更に詳しく説明する表現用語44語を、しかも定義する香味特性の相互近縁の順に配列している（第1－2図）。同時にこれらの用語の定義を明確にしてパネルに周知させるため、27個の香味標準化合物とその使用法なども定めている。

香味の認識は多分にメンタルなものであり、さらに認識と表現が言語を介して行われるから、官能検査には国民性がつきまとうのが常であり、ビールの官能検査法も欧米の



第1-2図. フレーバー ホイル [10)]
(ビール香味評価国際統一用語集)

直輸入で済ませることはできない。橋本等は国際統一用語集の制定に先立ち、1970年、当時各国で使用されていたビールの香味鑑定表を渉猟して表現用語 378語を集め、これを分類・整理してビール香味の基本的特性を表現する代表的用語21語（類似語、反対語を含めると60語）を選択して第１－３図に示したビール鑑定表を設計した。(7. 11. 12)

選定した官能特性の心理量を計量するため、特性Ａ～Ｏについては「強く感じる (3)～感じない (0)」とする４点強度カテゴリー尺度で、特性Ｐ～Ｕは特性の強さによって香味の質が変わるから「大変よい (3)～大変わるい(-3)」という７点嗜好カテゴリー尺度を用いて採点する。

（３）香味評価尺度の検定

香味特性の適切な用語の選択もさることながら、香味特性の心理量を計量する心理尺度の構成と選択はより困難な問題である。上記のような心理尺度を用いる場合には、カテゴリー用語が各パネルに対して同一の意味を持たねばならないし、各カテゴリー間の心理的間隔は等間隔でなければならない。特定香味物質の濃度とカテゴリー評価で得られた官能値は対応し、カテゴリー評価の再現性も一応認められるので、ほとんどの実施例においてカテゴリー尺度に等間隔の点数を与えてその総和、あるいは算術平均をとりパネルの評価とみなしている。しかし、その前提となる尺度間の等間隔性や加則性の有無を確認しなければ官能検査は統計解析に供せないものである。

そこで設計したビール鑑定表を用いてカテゴリー尺度に

段階的に評価した香味特性の心理量を数量化理論第Ⅱ類によって数量化してみた。(11)

数量化理論とはカテゴリー評価のような離散的変数（定性的属性）を説明変数として多変量解析を行う数理統計的手法である。

その結果、カテゴリー間の心理距離が特性によっては必ずしも等距離でないことが判明したので、カテゴリー間の心理感覚がなるべく等距離になりやすいよう可及的適切にカテゴリー表現用語を選択し直し、パネルが指定されたとおり尺度を利用できるよう繰り返して訓練した。この試みは表現用語やカテゴリー用語の選択とパネルの訓練効果を数理統計学的に検定する途を開いたものであり、官能検査値の客観性に理論的根拠を与えた。

（4）ビールの香味構造

ビール鑑定表（第1－3図）に採用した20個の基本香味特性（A～T）がビール香味の全体的評価「香味のよさ」（U）を説明するのに適切であるかをみるため、国産ビール5銘柄をパネルで官能検査して重回帰分析により解析したところ、基本香味特性（A～T）の「香味のよさ」(U）に対する寄与率は96％と大きく、この20特性を評価すれば、ビール香味を十分に描写でき、これら以外の特性を付け加えて検査する必要はなかった。(11)

個々の香味特性が香味の全体的評価に及ぼしている役割を知るため、同じ検査値をステップワイズ法重回帰分析で解析してみると全体的評価「香味のよさ」(U）は「まるみ」

ビール鑑定表

実験No.

試料　　年　月　日　　氏名

		感じない	少し感じる	感じる	強く感じる	
A	麦芽香味、麦汁香味 カラメル香味	0	1	2	3	
B	エステル香味 果実臭、ワイン臭	0	1	2	3	
C	ホップ香	0	1	2	3	
D	ホップの異臭 （樹脂臭、枯草臭、青草臭）	0	1	2	3	
E	ダイアセチル臭	0	1	2	3	
F	汚染臭・カビ臭	0	1	2	3	
G	未熟臭味・若臭味	0	1	2	3	
H	硫化水素臭・ドブ臭	0	1	2	3	
I	酵母臭味	0	1	2	3	
J	酸化臭味 （古い、醤油臭、味噌臭）	0	1	2	3	
K	日光臭	0	1	2	3	
L	後苦味	0	1	2	3	
M	渋味・収斂味	0	1	2	3	
N	甘味	0	1	2	3	
O	その他の異常な臭味 （あれば具体的に）	0	1	2	3	

		強く感じる	感じる	少し感じる	どちらでもない	少し感じる	感じる	強く感じる	
P	苦味が快い	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	苦味が不快である
Q	炭酸ガスの刺激が快い	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	炭酸ガスの刺激が不快である
R	こくがある、腰が強い 芳醇、豊か、しまっている	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	こくがない、腰が弱い 水っぽい、もの足りない
S	まるい、なめらか、上品 すっきり、きめが細かい	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	粗い、雑然、単純、大味
T	軽快、爽快、新鮮	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	重い、だれている

全体的に評価して下さい。

		大変良い	良い	少し良い	どちらでもない	少しわるい	わるい	大変わるい	
U	香味のよさ うまい（もっと飲みたい）	+3	+2	+1	0	−1	−2	−3	うまくない（もう飲みたくない）

推定銘柄（又は工場）	

第１－３図　ビール鑑定表

（S）「軽快さ」(T)「こくみ」(R）と「日光臭」(K）のみで86%まで説明できることが判明した。このようにビールの香味は個々の17の香味特性（A～Q）の総合性あるいは調和性であると解釈される特性～「まるみ」「軽快さ」「こくみ」～が中心になって構成されると考えてよい。(11)

主成分分析を行ってみると、ビール香味品質の変動のうち、68%を7個の主成分で説明できたが、寄与率の高い第1主成分は「香味のよさ」「まるみ」「爽快さ」「苦味の快さ」「こくみ」などの特性に高い相関のある「諸特性の調和性、総合性を表す因子」と解釈された。(11)

（5）新商品開発と顧客ニーズ把握のための官能検査の適用拡大

日本では1976年「マインブロイ」が新商品として発売されるまでは、香味評価用語の整備もできていなかったこともあり、ビールの品質維持・改善および工程改善のビール香味への影響を判定するための官能検査が殆どであった。香味評価用語が整備されたのちは、ビール技術者による、「分析型」あるいは「嗜好型」パネルよる官能検査にもとづく統計解析が活用されるようになった。

新商品の場合は、長い歴史をもつ既存ブランドが築き上げてきた品質が自然に受け入れられているのに対し、新しい品質コンセプトを消費者に提案して、その香味が受け入れられるビールである必要がある。そのためには“売り手”のビール技術者による香味の評価だけでは不十分である。まして、生活者のライフスタイル、ビールそのものに対す

る考え方、価値観、海外ビールへの飲用経験の増加等多様化の時代になれば、“買い手”つまり消費者がそのビールの味をどう捉えているかを定量的に調査・解析する必然性が生ずるのは当然といえよう。

“売り手”側にも既存ブランド品の評価パネル、新商品候補の技術者パネル、専門パネル、消費者パネル等目的別パネルを設けて香味評価が行われている。更に、新商品を上市するかどうかの決定資料を提供する消費者調査の中でネーミング、パッケージデザイン、広告及び味等をひとまとめにして行う場合の香味評価の設計・解析が重要性を益々増している。最近では消費者の中からパネルを選抜して消費者の使う評価用語を共有化して共通認識・訓練したのち、フレーバー・プロファイル法による香味評価が行われはじめた。この評価と技術者パネルの評価を比較することにより、どういう香味特性をもったビールが好まれるのか、もっと好まれるビールをつくるにはどういう化学分析値及び醸造方法が必要か等に重要なヒントが得られると考えられている。このようにアウトプットの期待できる、信頼性の高い官能検査が“売り手”から“買い手”まで急速に幅広く拡大している。

第４節　本研究の目的

日本のビールの歴史はまだ100年余りであり、その間淡色ピルスナータイプのビールが主流を占めてきた。この他には、濃色ビールとして黒ビール、スタウトビールが極く少量ながらも長命を保ってきている。第２次大戦後の経済成長と生活レベル

の向上により日本のビール消費量は世界で第4位となり、アメリカ ビール、ドイツ ビールとともに世界を代表する淡色ピルスナータイプのビールを形成するまでになった。

“作れば売れる”時代もしばらく続いたが、品質面でも著しく向上しており、“成熟市場下での品質の維持・向上”が重要な課題になってきている。

100年の間にビールの香味は徐々に変化をしてきており、各時代での原材料、醸造設備などの制約から半ば必然的にもたらされてきたものが多いが、消費者の好みに合わせてきた部分もある。当時の製造法の記録により、“明治”“大正”“昭和初期”シリーズの限定ビールを上市したことがあるが、これらのビールと現在の香味の違いは一般消費者の方でも明らかに“飲み分け”ができたと思われる。

日本のビールの製造技術はドイツから導入されたものであるので、今日でもそのベースはドイツ技術においているが、日本のビール製造技術として新たにアレンジされたものも少なくない。ビールも日本古来の代表的アルコール飲料である“清酒”と同じ酒類として参入しているので「“味”（飲んで旨いかどうか）がすべてである」という考え方が強かった。香味を定量的に表現することが難しく、化学分析技術も香味成分の極く一部を測定できるに過ぎなかった。加えてブランド数が少数で限定されていると、「酵素反応によるでんぷんの糖化」と「酵母によるアルコール発酵」を基礎とするビール醸造では変動要因を変えた場合の因果関係が解明されていない部分が多いので、製造法は伝統的・保守的とならざるを得なかった。

った。

ビールの香味品質を設計し、実際にこれを実現しようとすればビール香味、化学分析値及び製造法の相互関係が明らかにされている必要があるが、これらの相互関係を完全に解明することは今後さらに時間を要することである。本研究は高濃度ビール及びライトビールを開発するにあたり、香味品質を実現するための新規醸造法の開発ならびにビールの香味安定性を向上するための醸造条件を明らかにすることにより、新商品開発の新しい技法の開発と上記三者の相互関係解明の糸口とすることを目的として行ったものである。

第２章　高濃度ビールの製造技術開発および香味品質改善への試み

第１節　序

日本では1975年までは淡色ピルスナービールの４社全国ブランドビールのほかは濃色の黒ビールとスタウトビールがごく少量生産されているに過ぎなかった。ピルスナービールの濃度は原麦汁濃度（発酵前の麦汁エキス濃度）として10～12°P（°Pは麦汁およびビールのエキス（ｗ／ｗ％）を表わすための単位）の範囲でアルコール分４～５％であった。黒ビールは原麦汁濃度12.5°P、アルコール分 5.5％で、スタウトビールは原麦汁濃度18°P、アルコール分８％である。

ピルスナービールの原麦汁濃度より明らかに高い濃度のビールを通常高濃度ビールと呼ぶので、スタウトビールも高濃度ビールの一種である。しかし、色が極めて濃いので日本では余り一般的にはならなかった。

世界には淡色ビールで通常のビールより品質が高級で価格も高く設定されている「プレミアムビール」と言われるビールがある。このビールは一般的に高濃度ビールであることが多く、アルコール分を高めにして豊醇感と高級感を持たせていると考えられる。日本でもやや閉塞感のあったビール市場に新風を吹き込むべく、「プレミアムビール」の開発を進めるため調査・研究を開始した。高濃度ビールに対する日本人の嗜好を社内技術パネルによってまず輸入ビールと国内産通常ビールについて調査した後、総合研究所パイロットプラントで試験醸造した高濃度ビールについて調査した。この調査により好まれる原麦汁濃度の大枠が把握された。

次にこれらの調査に基づき、開発候補品の品質設計と製造技術の開発に取り組み、醪濃度と麦汁組成の関係、高濃度発酵に及ぼす麦汁糖度、酵母添加量及び酵母添加温度の影響、麦汁濃度と発酵温度が糖ならびに窒素成分の摂取や揮散性成分に及ぼす影響及び高濃度麦汁の低温発酵につき研究し、設計品質を実現する製造技術を開発した。

第２節　高濃度ビールに対する技術パネルの嗜好調査

本調査は総合研究所パネルを調査対象に選んで高濃度試醸ビールがどのように受け入れられるかを把握しようとしたものである。調査はまず輸入ビールに対して調査パネルがどのような嗜好性を示すかを調査することによって、このパネルが抱いている「うまいビール」のイメージを探り、その範疇を逸脱しないとみられる高濃度ビールを試醸して、その官能並びに化学分析上の特性を調査する手順で進めた。

＜材料と方法＞

官能検査は総合研究所選抜パネル（ｎ＝15）により、第１－３図のビール鑑定表を用いて実施した。この鑑定表ではビール香味の基本的20特性について評価するとともに、香味に関する総合判断を「香味のよさ」として評価することになっているが、本調査では更に特性「エステル香味の快さ」を追加した。

・使用酵母

いずれも *Saccharomyces cerevisiae* 属のビール酵母で当社所有の菌株Ｌ、Ａ、Ｓ及びＵを使用した。

・調査に供したビール

輸入ビール：18点、高崎工場新鮮ビール：９点、国内４社ビール：22点、総合研究所醸造パイロットプラントで試醸した高濃度ビール：17点、いずれも購入または醸造後は低温に保存し、検査当日８℃に調温した。

・ビールの分析

ＢＣＯＪビール分析法[35]により分析した。

・官能検査方法

総合研究所試飲室において午前10時から12時までの間に１日１試料または２試料あて実施した。

試料は 180㎖容白色陶製コップに 150㎖程度注いで１試料ずつランダム順位でパネルに供試し、試料の内容についてはパネル員全員の官能検査が終了してから知らせた。

450㎖容ガラス製ジョッキに試料を 400㎖程度注いで供試し、約 350㎖程度飲んだ後に鑑定することも実施したが、この際には１日１試料を検査した。

＜結果と考察＞

１．輸入ビールに対する総合研究所パネルの嗜好性

輸入ビールの分析値と香味特性値を第２－１表に示し、個々の香味特性と香味の全体評価「香味のよさ」との相関関係を第２－２表と第２－１図に示した。

調査した輸入ビールの香味特性は第２－１表にみるように、キリンラガービールのそれと比較して「麦芽香味」、「エステル香味」が顕著に指摘され、「酸化臭味」、「甘味」、「こくみ」があり、「まるみ」、「軽快さ」において劣ると評価されたものが多く、キリンラガービールより「香味のよさ」が優れているとされた試料は３点＜Pelforth（仏）、

Beck's（独）、Guiness Stout(英）＞であった。

第１章　緒言の第３節２－(4)　ビールの香味構造で述べたようにビールの「香味のよさ」は20個の香味特性によって96％まで表現できる。今回調査した輸入ビール18点を同じ手法で重回帰分析してみると、輸入ビールの「香味のよさ」は11の香味特性（第２－１表において○印で囲んだもの）によって99％表現できることが判明した。

更にこれら特性のうちで「香味のよさ」の変動をよく説明できる特性をステップワイズ法回帰分析で推測してみた結果を第２－３表に示す。ステップワイズ法回帰分析とは従属変数「香味のよさ」の変動を最もよく説明できる独立変数（個々の香味特性）を次々にステップ・ワイズに加えて重回帰式を作成する方法であり、この際次の条件を満たすように独立変数を組み込んでいく。

＊誤差平方和を最も大幅に減少させる。

＊従属変数と最も高い偏相関をもつ。

＊回帰式に加えられた場合、最も高いＦ値をもつ。

この結果、輸入ビールの「香味のよさ」は「まるみ」によって表現される香味特性の「調和性」の寄与が極めて大きく、次いで「苦味の快さ」、「甘味」、「エステル香味」、「こくみ」などを考慮すると、輸入ビールの「香味のよさ」の変動は96％まで説明できることになる。

第２－１表　輸入ビールの分析値及び香味特性

試料No.	1	2	3	4	5*	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	輸入ビール		当社製品ビール**の
銘柄	Pelforth	Beck's Bier	Guiness Stout	Victoria Bitter	Yebisu	Tuborg	Carisberg	青島啤酒	San Miguel	Schlitz	Leopord	Swan	Dab	Holsten	Heineken	Lowenbrau	Pilaner Urqrell	Spaten Gold	平均値	標準偏差	平均値
国名	仏	独	英	オーストラリア	日本	デンマーク	デンマーク	中共	フィリピン	米	ニュージーランド	オーストラリア	独	独	オランダ	独	チェコ	独			
ビール分析																					
オリジナルエキス °P	17.0	12.2	18.1	11.2	11.0	11.6	11.5	12.9	11.8	11.3	11.6	10.6	13.2	11.8	11.6	14.1	12.0	12.4	12.55	2.01	11.20
色度（430mμ）	-	0.260	-	0.507	0.414	0.280	0.339	0.379	0.319	0.276	0.264	0.281	0.305	0.255	0.346	0.463	0.478	0.377	0.346***	0.082***	0.290
外観エキス %	5.1	1.5	3.6	1.5	2.2	1.4	2.2	3.1	3.1	4.9	1.9	1.3	2.9	1.4	2.2	3.4	3.8	2.5	2.50	1.03	1.70
アルコール w/w%	5.5	4.5	6.3	4.0	3.7	4.3	3.8	4.1	3.7	4.1	4.1	3.8	4.5	4.4	3.9	4.8	3.4	4.1	4.28	0.69	4.01
真正エキス %	6.7	3.5	6.2	3.3	3.8	3.2	4.0	4.9	4.5	3.4	3.8	3.3	4.5	3.4	4.0	5.0	5.4	4.5	4.30	1.02	3.40
真正醗酵度 %	60.7	71.7	65.7	70.3	65.2	72.7	65.1	61.9	61.6	70.0	67.5	69.3	66.1	71.7	65.7	64.7	55.1	63.8	66.04	4.53	69.67
ホルモル窒素 mg／100g	37.2	14.9	16.8	7.8	24.1	6.1	9.2	17.0	12.0	7.9	7.8	8.8	10.4	15.7	11.4	29.6	16.9	29.7	15.74	8.93	11.56
全窒素 mg／100g	139.0	55.5	94.6	41.4	77.4	35.9	49.0	62.7	50.9	39.8	39.4	44.5	45.6	50.3	51.4	91.5	57.9	83.2	61.67	26.38	46.07
イソフムロンズ mg／ℓ	17.6	22.5	66.7	13.1	31.1	24.8	22.2	29.5	14.7	4.9	22.1	20.1	31.4	19.4	19.4	26.8	35.1	18.6	24.44	12.82	24.34
エチルアセテート ppm	49.5	18.0	30.3	16.0	28.0	18.0	15.3	13.7	10.2	28.3	19.0	16.0	12.5	18.5	19.0	34.5	8.8	13.5	20.51	10.12	9.22
イソアミルアセテート ppm	5.2	4.8	6.2	1.3	3.6	2.2	2.8	2.7	1.8	3.9	3.4	2.0	1.1	1.7	3.5	3.1	0.9	1.6	2.88	1.48	0.41
イソアミルアルコール ppm	73.3	63.0	99.3	76.0	62.5	65.5	63.5	54.5	78.5	86.0	47.8	63.5	59.0	37.3	57.7	51.0	47.6	63.0	63.85	14.82	53.24
官能検査																					
Ⓐ 麦芽香味	2.63	1.00	2.50	1.38	1.38	1.00	1.25	2.00	1.43	0.67	1.29	0.57	0.80	1.00	1.56	2.29	1.45	2.22	1.467	0.622	0.67
Ⓑ エステル香味	1.63	2.00	1.25	0.88	1.13	1.67	1.13	0.86	0.71	1.56	1.43	1.00	1.30	1.20	1.78	1.00	0.64	0.89	1.225	0.385	0.33
Ⓒ ホップ香	0.25	1.14	0.13	0	0.38	0.78	1.37	0.14	0.14	0.67	0.29	0.71	0.90	0.70	0.33	0.29	0.19	0.11	0.473	0.390	0.22
D ホップの異臭	0.13	0.29	0	0	0.13	0.78	0.63	0.14	0.43	0.33	0.14	0.71	0.40	0.90	0.44	0.14	0.45	0.11	0.341	0.271	0.21
Ⓔ ダイアセチル臭	0	0	0	0	0	0.11	0	0.14	0	0	0.29	0	0.20	0	0	0.14	0.19	0.11	0.065	0.092	0
F 汚染臭	0	0	0.13	0.13	0.13	0	0.13	0.14	0.14	0.22	0.14	0	0.10	0.20	0	0.14	0.09	0	0.093	0.074	0.15
G 未熟臭	0	0	0	0.13	0	0.22	0	0	0	0	0	0.14	0	0	0	0.14	0.09	0	0.040	0.070	0.19
H 硫化水素臭	0	0	0	0.25	0	0.22	0.25	0.14	0.14	0	0.43	0	0.20	0.30	0	0	0.27	0.11	0.128	0.136	0.27
I 酵母臭味	0	0	0	0.25	0	0	0.38	0.14	0	0	0.14	0.29	0.20	0.10	0.11	0.14	0	0	0.097	0.119	0.28
J 酸化臭味	0.50	0.43	0.50	0.63	0.50	0.56	0.63	0.71	0.57	0.44	0.43	0.43	1.00	0.90	1.00	1.57	0.73	0.89	0.690	0.293	0.25
K 日光臭味	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.007	0.030	0.05
Ⓛ 後苦味	0.25	0.57	1.25	0.13	0.63	0.67	0.25	0.57	0	0.22	0.14	0.43	0.80	0.50	0.44	0.71	0.82	0.56	0.496	0.305	0.35
M 渋味	0.25	0.29	1.00	0	0.50	0.78	0.50	0.86	0.14	0.11	0	0.57	0.60	0.70	0.44	0.57	0.64	0.11	0.447	0.300	0.28
Ⓝ 甘味	0.88	0.14	0.50	0	0.13	0.33	0.13	0.57	0.43	0.22	1.29	0	0.10	0.30	0.33	0.43	0.55	0.89	0.401	0.343	0.03
O その他の異臭	0	0	0.38	0	0.38	0.11	0.38	0	0	0.78	0	0.57	0.30	0.40	0.11	0.29	0.64	0.44	0.265	0.249	0.14
Ⓟ 苦味	0.13	0.29	-0.25	-0.13	-0.13	-0.22	0	-0.29	0.14	0	-0.14	-0.43	-0.70	-0.70	0.56	-0.71	-0.27	-0.44	-0.182	0.344	-0.08
Q ガスの刺激	0.25	0.57	0.13	0	0.25	0.22	0.25	0	0.29	0.22	0.29	0.14	0.10	-0.10	-0.11	0.14	0	-0.11	0.140	0.175	0.25
Ⓡ こくみ	1.50	0.71	1.75	-0.38	0.63	0.44	0.25	0.43	0.14	0.44	0.86	-0.14	0.50	0.50	-0.44	0.71	-0.09	0.33	0.452	0.563	0.16
Ⓢ まるい	0.63	0.43	0	-0.25	-0.25	-0.22	-0.38	-0.14	-0.29	-0.33	-0.29	-0.57	-0.60	-0.70	-0.44	-0.86	-0.82	-0.67	-0.319	0.390	0.05
Ⓣ 軽快	-0.25	0	-0.75	-0.25	-0.25	0.33	-0.50	-0.57	-0.57	-0.44	0.14	-0.14	-0.80	-0.80	-0.89	-1.43	-1.09	-1.00	-0.514	0.455	0.13
Ⓤ エステル香味の快さ	1.13	0.71	0.63	0.63	0.13	0.33	-0.13	0.43	0.29	-0.33	0.43	0	-0.30	-0.30	0.33	0	0.45	-0.33	0.227	0.416	0.06
V 香味のよさ	0.63	0.43	0.13	-0.13	-0.25	-0.33	-0.38	-0.43	-0.43	-0.56	-0.57	-0.71	-0.80	-0.80	-1.00	-1.00	-1.09	-1.11	-0.466	0.498	0.11

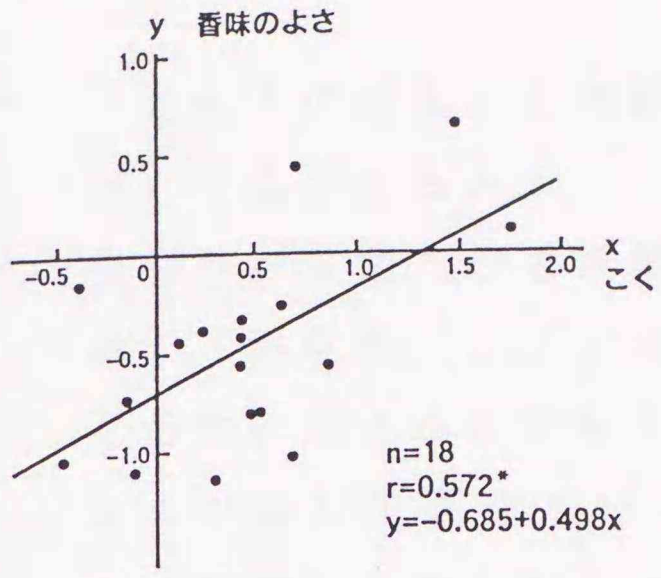
* 国産四社現製品の範疇に入らないものとみた。
** 高工　昭和48年４月～８月　９点平均値
*** 試料数16点

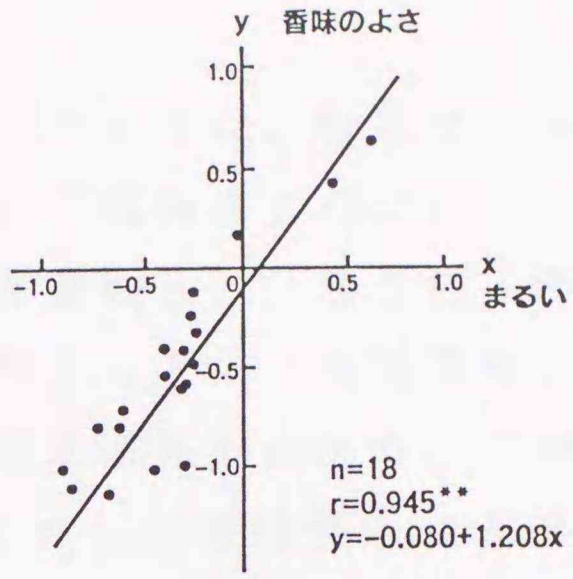
第２－２表　輸入ビールの香味特性（Ａ～Ｕ）と香味のよさ（Ｖ）の相関

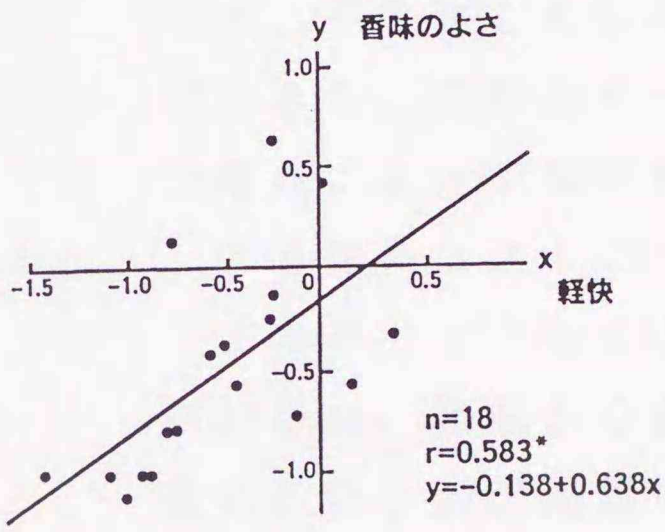
		相関係数	有意性
A	麦芽香味	0.206	－
B	エステル香味	0.437	10％
C	ホップ香	0.112	－
D	ホップの異臭	-0.303	－
E	ダイアセチル臭	-0.433	10％
F	汚染臭	-0.150	－
G	未熟臭	-0.152	－
H	硫化水素臭	-0.263	－
I	酵母臭味	-0.194	－
J	酸化臭味	-0.599	1％
K	日光臭味	－	－
L	後苦味	-0.081	－
M	渋　味	-0.064	－
N	甘　味	-0.033	－
O	その他の異臭	-0.464	10％
P	苦　味	0.429	10％
Q	ガスの刺激	0.221	－
R	こ　く	0.572	5％
S	まるい	0.945	1％
T	軽　快	0.583	5％
U	エステル香味の快さ	0.707	1％

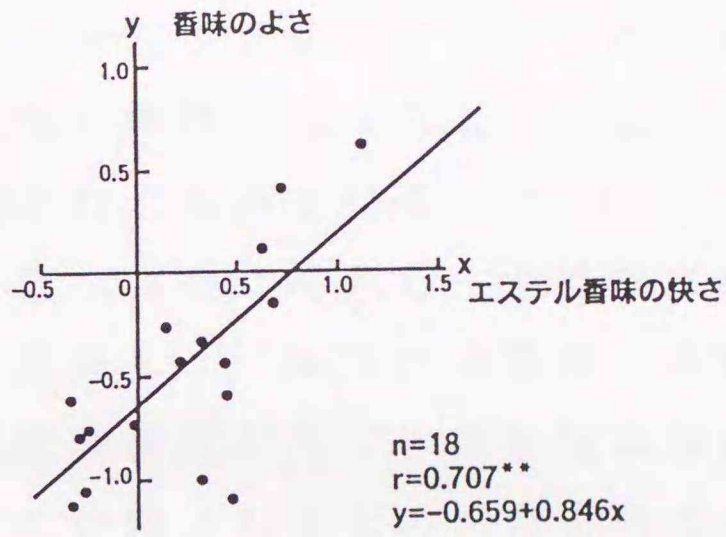
第２－３表　輸入ビールと国産市販通常濃度ビールの香味構造のステップ・ワイズ法回帰分析

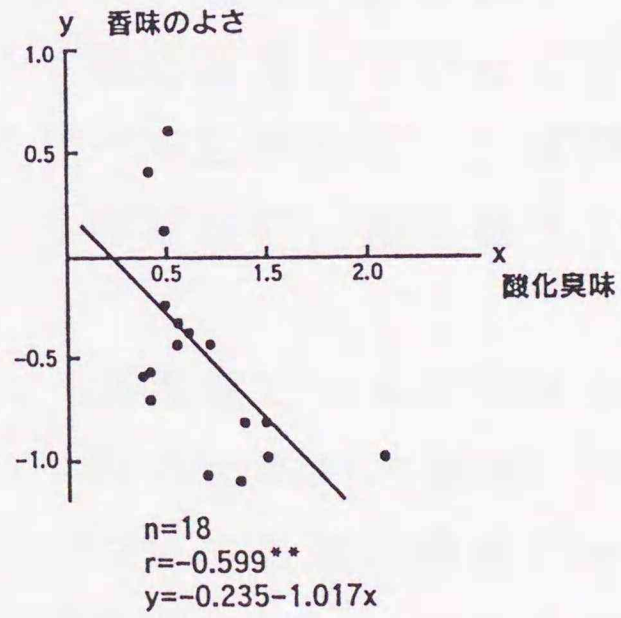
輸入ビール			国産市販ビール		
ステップ	回帰式に組み込まれる変数	重相関係数	ステップ	回帰式に組み込まれる変数	重相関係数
1	まるい	0.9458	1	軽　快	0.7056
2	苦　味	0.9582	2	こくみ	0.8879
3	甘　味	0.9720	3	ホップ香	0.9216
4	エステル香味	0.9763	4		
5	こくみ	0.9816	5		











第2-1図. 輸入ビールの香味の諸特性と総合評価「香味のよさ」

これらの結果から判断すると総研パネルは、輸入ビールについても「まるみ」、「こくみ」、「軽快さ」などによって表現される個々の香味諸特性の「総合性」、「調和性」が優れ、「酸化臭」、「ダイアセチル臭」などの「異常臭味」をもたないビールの香味をよいと評価する傾向があり、このパネルがかつて国産ビールに対して示した嗜好性とよく共通していた。しかも輸入ビールではその「苦味」、「甘味」、「エステル香味」が国産ビールと特に異なる特性として捉えられ、そのよしあしがパネルの嗜好を支配しているものと解釈できる。現製品ビールと異なる特性をもったビールはその相違点によって嗜好性が支配されるとみている。

「香味のよさ」の評価で上位を占めた輸入ビール銘柄には、「まるみ」、「こくみ」、「苦味」、「エステル香味」の評価が優れ、組成からみても原麦汁濃度が高く、揮散性成分含量の多い、所謂高濃度ビールに分類されるものが含まれていた。もちろん供試した試料は多様な世界のビールの極く一部であり、特に、淡白、軽快、低い苦味を特徴とする米国ビールが一点しか含まれていないこと、何れの試料とも新鮮でなく酸化変性していたことなどは考慮すべきであるが、現製品ビール以外のビール試料に対して、このパネルが示すであろう嗜好性の一面を窺うことが出来る。

2．高濃度ビールに対する総合研究所パネルの嗜好性

前項において総研パネルは通常濃度ビール以外のビールについても通常濃度ビールと異なる異常臭味が認められず、「まるみ」、「こくみ」、「軽快さ」に優れることを重視す

る傾向を示したので、この範疇に属する高濃度ビールを試醸し、その「こくみ」、「苦味」、「エステル香味」、「甘味」などの特性と嗜好の関係を更に調査した。

（1）高濃度ビール試料の醸造

工場一番搾り麦汁、或いは原料、副原料より現行の仕込方法に準じてパイロットプラントで調製した麦汁を用いて醸造パイロットプラントにより、60ℓ又は 240ℓ規模で発酵させる。短期間に多くの試料を調製するための便宜的手段として発酵は速醸法を採用した。酵母を8または10℃の麦汁に6ｇ／ℓ（水分78％換算）接種し、接種時、5時間後、10時間後、15時間後にそれぞれ30分宛通気する（2.5ℓ／分／240 ℓ）。接種後3日で液温が14℃に上昇し、発酵が終了した後、同一発酵タンク中で引き続き14℃に6日間発酵液を維持して急速に熟成させる。接種後9日にて酵母は十分に沈降し、全ダイアセチル含量が0.1ppm以下になるのを待って液温を約5℃に冷却して貯蔵タンクに酒下し、0℃以下に急冷して以降10日間保存し混濁安定性を付与した後、濾過、壜詰、殺菌する。

試醸したビールの醸造条件の詳細と分析値は第2－4表に掲げた。高濃度ビールの範疇に属する製品の組成、特性が一様でないことは Mändlらの欧州ビール分析例をみても明らかであるが、[1,2] 調査対象パネルが嗜好する「異常臭味のないビール」とは通常濃度ビールにみられない特性をもたないことであると解釈して、副原料を使用して現行の仕込条件で調製される麦汁を、工場で使用され、又使用されていた酵母菌株を用いて発酵させることにより、現製

品ビールの香味タイプを大幅に逸脱しない香味をもつビールを醸造して調査対象にした。特に酵母菌株Ａは高温発酵に使用しても現行ビールとよく似た特性のビールを醸成する。供試試料の原麦汁濃度は13、15及び17°Pに及んでいるが、大部分は15°P強である。これらのビールについてパネルはビール香味諸特性の中で「まるみ」、「苦味」、「エステル香味」、「こくみ」を重要視する傾向を示したので、発酵度が低く、揮散性成分生成の少ない酵母菌株Ａ、発酵度が高く、揮散性成分生成の多い酵母菌株Ｌを適宜選択使用し、発酵温度を14～18℃範囲で変動させることにより、アルコール含量は 5.0～6.1w/w%、真正エキス含量を4.8～6.1%、揮散性成分（イソアミルアセテート）含量を0.4～4.0ppm、苦味価（ビールの苦味物質。主としてイソフムロンズの含量）を22.5～36.1mg／ℓの範囲に変動させてみた。

第２－４表　　高濃度ビールの醸造条件、分析値及び香味特性

試料 No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	高濃度ビール 17試料 平均値	高濃度ビール 17試料 標準偏差	高濃度ビール No.1,2,17を除く14試料 平均値	高濃度ビール No.1,2,17を除く14試料 標準偏差	当社製品ビール*** 平均値	当社製品ビール*** 標準偏差
醸造条件																							
Scale ℓ	60	60	60	60	60	60	60	60	240	240	240	240	240	240	240	240	60						
麦芽	工場麦汁	工場麦汁	工場麦汁	工場麦汁	工場麦汁	埼玉ＧＩ	埼玉ＧＩ	栃木ＧＩ	6条 Olli	6条 Bonanza	群馬ＧＩ	群馬ＧＩ カラメル	埼玉ＧＩ	埼玉ＧＩ	群馬ＧＩ	群馬ＧＩ	埼玉ＧＩ all malt						
麦芽：米						73:27	82:18	82:18	77:23	77:23	77:23	77:23	77:23	77:23	77:23	77:23							
ホップ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ	ハラタウ						
ホップ添加量 g／ℓ at 14°P	2.50	2.50	2.50	2.50	2.50	2.13	2.20	2.20	2.20	1.75	2.50	2.50	2.25	2.25	2.25	2.25	2.20						
酵母	A 60% L 40%	A	A 40% L 60%	A	L	A	A	L	A	L	A 40% L 60%	A	A 35% L 65%	L	A 35% L 65%	L	A						
発酵温度℃	14	14	14-18	14	14-18	14	18	18	18	18	14	14	14	14	14	14	18						
ビール分析																							
オリジナルエキス °P	12.8	12.8	15.0	15.0	15.0	14.5	15.4	15.5	15.5	15.9	15.0	15.4	15.3	15.3	15.1	15.1	17.2	15.05	1.02	15.21	0.33	11.20	0.22
色度（430mμ）	0.357	0.346	0.408	0.428	0.413	0.375	0.491	0.440	0.492	0.472	0.394	2.274	0.333	0.337	0.339	0.351	0.76	0.484*	0.268*	0.405**	0.057**	0.290	0.01
外観エキス %	2.1	2.3	2.5	3.1	2.4	3.6	4.0	1.6	3.1	2.4	2.9	3.2	2.6	2.6	3.3	3.2	3.4	2.84	0.60	2.89	0.60	1.70	0.24
アルコール w/w%	4.5	4.4	5.4	5.0	5.3	5.1	5.6	6.1	5.2	5.8	5.2	5.2	5.5	5.4	5.1	5.2	6.0	5.29	0.45	5.36	0.30	4.01	0.21
真正エキス %	4.1	4.3	4.8	5.4	4.8	5.9	6.1	4.5	5.4	5.1	5.1	5.6	5.0	4.9	5.5	5.4	6.1	5.18	0.58	5.25	0.45	3.40	0.24
真正発酵度 %	67.9	66.3	67.8	64.0	68.1	61.9	62.9	71.9	64.5	68.5	65.8	64.2	67.9	67.2	63.7	64.7	65.1	66.02	2.51	65.94	2.73	69.67	2.55
ホルモル窒素 mg／100g	9.9	9.6	15.0	14.2	12.2	22.9	25.2	17.0	36.6	21.8	19.0	26.3	20.1	19.4	18.4	16.0	43.6	20.42	8.90	20.29	6.21	11.56	1.28
全窒素 mg／100g	58.7	59.9	72.7	74.1	66.8	85.5	95.3	79.5	114.0	85.8	74.7	97.4	72.3	70.3	73.6	70.5	154.8	82.70	23.27	80.89	13.36	46.07	2.55
イソフムロンズ mg／ℓ	25.5	21.6	26.7	25.0	22.5	29.5	23.3	22.7	36.1	24.1	33.6	32.0	31.8	25.2	26.8	25.3	18.2	26.46	4.72	27.47	4.37	24.34	1.54
エチルアセテート ppm	14.1	7.3	15.3	15.4	27.3	33.5	15.0	29.0	51.0	27.0	19.4	15.0	22.6	23.0	39.4	42.8	20.8	24.58	11.65	26.84	11.36	9.22	0.53
ｲｿﾌﾞﾁﾙｱｾﾃｰﾄ ppm	1.4	0.8	2.6	1.3	2.6	1.8	0.4	3.3	1.7	4.0	3.4	2.2	3.1	1.2	1.3	1.7	1.1	1.99	1.02	2.19	1.02	0.41	0.06
ｲｿﾌﾞﾁﾙｱﾙｺｰﾙ ppm	43.0	50.3	44.8	66.3	49.2	64.6	71.0	103.0	83.0	110.7	89.3	86.0	109.7	117.0	72.8	80.4	82.7	77.87	23.43	81.99	22.44	53.24	3.81
還元糖 as Maltose	1.0	1.1	1.6	1.2	1.1	1.6	1.6	1.1	1.6	1.1	1.4	1.7	1.1	1.1	1.3	1.2	1.7	1.32	0.25	1.34	0.24	1.20	0.26
官能検査																							
Ⓐ 麦芽香味	0.75	0.70	1.25	1.00	1.00	0.88	1.11	0.72	1.75	1.36	1.00	1.70	0.69	0.77	0.93	0.64	1.82	1.062	0.386	1.057	0.349	0.67	0.10
Ⓑ エステル香味	0.92	0.40	1.42	1.00	1.30	0.63	1.11	1.80	1.42	1.64	1.33	1.20	1.46	1.62	1.07	1.50	1.45	1.251	0.365	1.321	0.303	0.33	0.16
Ⓒ ホップ香	0.08	0	0.17	0	0.10	0.13	0.22	0.11	0.50	0.45	0.17	0.20	0.23	0.23	0.36	0.29	0.09	0.195	0.141	0.225	0.136	0.22	0.11
D ホップの異臭	0.17	0.20	0.08	0	0.20	0.25	0	0.16	0.25	0	0.17	0	0	0	0.21	0.21	0.09	0.117	0.099	0.109	0.106	0.21	0.10
Ⓔ ダイアセチル臭	0.58	0	0	0.05	0.10	0	0	0	0	0	0.33	0	0	0	0	0	0	0.062	0.156	0.034	0.089	0	0
F 汚染臭	0.17	0.20	0	0	0	0	0	0.02	0	0	0.17	0	0	0.08	0	0	0	0.037	0.070	0.019	0.048	0.15	0.28
G 未熟臭	0.25	0	0	0.10	0	0	0.11	0.03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.028	0.066	0.017	0.038	0.19	0.14
H 硫化水素臭	0.08	0	0	0.05	0	0	0.22	0.02	0.17	0	0.17	0	0	0	0	0	0.09	0.047	0.073	0.045	0.078	0.27	0.38
I 酵母臭味	0.08	0	0	0	0	0.25	0.11	0	0.08	0	0	0.10	0.08	0	0.07	0.14	0	0.053	0.070	0.059	0.074	0.28	0.15
J 酸化臭味	0.08	0.35	0.25	0.25	0.40	0.32	0.11	0.32	0.25	0.27	0.17	0.10	0	0.15	0.14	0.21	0.39	0.221	0.115	0.210	0.105	0.25	0.22
K 日光臭味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.05	0.06
Ⓛ 後苦味	0.42	0.70	0.42	0.25	0.50	0.25	0.44	0.31	0.83	0.36	0.83	0.40	0.54	0.23	0.21	0.14	0.18	0.412	0.212	0.407	0.212	0.35	0.16
M 渋 味	0.33	0.40	0.25	0.20	0.50	0	0.44	0.16	0.67	0.36	0.50	0	0.38	0.46	0.07	0	0.27	0.293	0.199	0.285	0.219	0.28	0.22
Ⓝ 甘 味	0.08	0.24	0.40	0.40	0.40	0.50	0.56	0.57	0.67	0.55	0.67	0.40	0.38	0.38	0.21	0.14	1.36	0.465	0.286	0.445	0.154	0.03	0.06
O その他の臭味	0.08	0.30	0.08	0.10	0	0	0.11	0.04	0.08	0.09	0.17	0	0	0	0	0	0.18	0.072	0.084	0.047	0.056	0.14	0.20
Ⓟ 苦 味	-0.05	-0.20	0	0.25	-0.20	0.38	0.44	0.13	-0.08	0.36	-0.67	0.10	0	0.15	0.21	0	0.27	0.064	0.269	0.076	0.282	-0.08	0.31
Q ガスの刺激	0.17	-0.10	0.67	0.20	0.20	0.25	0.44	0.14	0.08	0.45	0.17	0.30	0.23	0.54	0.29	0	0.27	0.252	0.191	0.282	0.184	0.25	0.21
Ⓡ こくみ	0.25	0.30	0.92	0.60	0.90	0.63	1.44	0.55	1.50	1.00	0.67	0.80	1.00	0.69	0.86	0.50	1.18	0.811	0.349	0.861	0.304	0.16	0.30
Ⓢ まるい	-0.17	-0.50	0.25	0.35	0.20	0.25	0.67	0.26	-0.33	0.73	-0.33	0.40	0	0.23	0.36	0	0	0.139	0.339	0.217	0.308	0.05	0.42
Ⓣ 軽 快	-0.17	-0.30	0.17	-0.10	0	0.13	-0.11	0.16	-0.58	0.18	-0.17	0	0.08	0.46	0.07	-0.07	-0.64	-0.052	0.273	0.015	0.234	0.13	0.45
Ⓤ エステル香味の快さ	-0.08	-0.10	0.50	0.55	-0.10	0.25	0.77	0.44	0.50	0.82	0.33	0.80	0.77	0.62	0.29	0.14	0.09	0.387	0.319	0.477	0.274	0.06	0.17
V 香味のよさ	-0.50	-0.40	0.08	0.30	0.20	0.38	0.22	0.09	0.08	0.73	0.17	0.80	0.46	0.38	0.36	-0.07	-0.09	0.187	0.340	0.298	0.246	0.11	0.53

＊　色度については№12を除いて試料数　16点
＊＊　〃　〃　13点
＊＊＊　高工　昭和48年４月～８月　9点

（２）高濃度ビールの香味特性

供試した高濃度ビール17点の香味諸特性を第２－４表に示し、そのうち原麦汁濃度13、15及び17°Pのビールを各１点を選んでその諸特性を第２－２図に比較した。

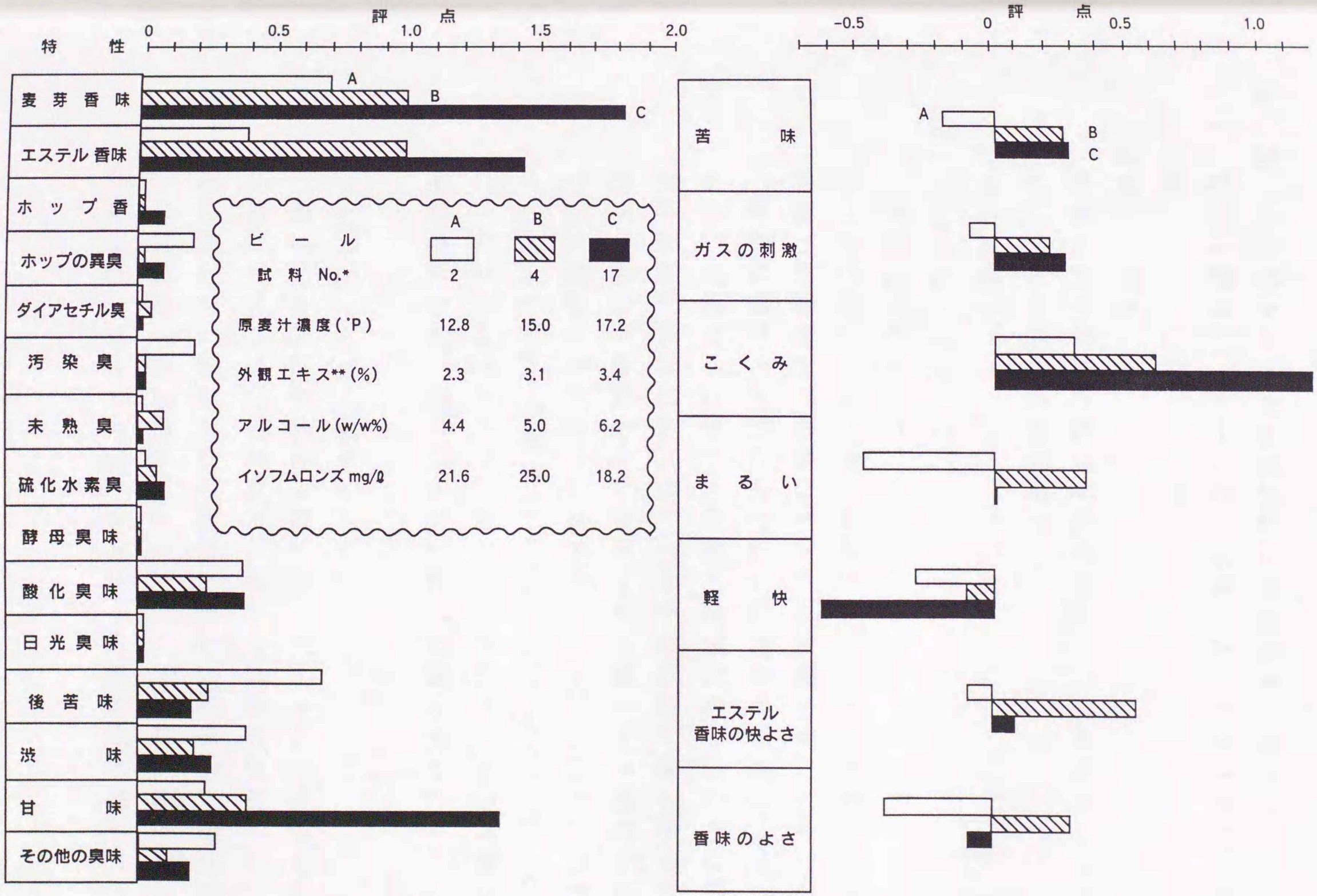
供試高濃度ビールの香味の特徴は現製品のそれと比較して「麦芽香味」、「エステル香味」、「こくみ」、「甘味」があることとして捉えられている。これら特徴は原麦汁濃度が高くなるにつれて顕著になるとみてよく、ビールの色度、揮散性成分含量、真正エキス（アルコールの影響を除いたエキス w/w%）、アルコール含量の推移にそれぞれよく対応している。第２－２図に示すように香味の総合評価「香味のよさ」は供試試料の中では原麦汁濃度15°P前後のビールが優れていた。これら原麦汁濃度15°Pビールの香味のよさは第２－４表にみるように通常濃度ビールのそれにくらべて優れていると判断されることが多い。パネルによって嫌われる「酸化臭味」、「ダイアセチル臭味」、「その他の異常臭味」は供試ビールについては殆ど認められなかった。

試供した高濃度ビール17点について「香味のよさ」に対する11香味特性（第２－４表で○印で囲んだ特性）の寄与をステップ・ワイズ法回帰分析で解析してみると第２－５表のように「エステル香味の快よさ」と「まるみ」の変動が高濃度ビールの「香味のよさ」を支配するところが多いことが判明する。この結果を第２－３表に示した輸入ビール、国産ビールの香味構造に対照させてみると、原麦汁濃度の低い国産ビールでは「軽快さ」、「こく」などによっ

て表現される香味特性の総合性がパネルによって重視されるのに対して、高濃度ビールや輸入ビールでは「まるみ」によって表現される香味特性の総合性などが重視されている。

第２－５表　高濃度ビールの香味特性
ステップ・ワイズ法回帰分析

ステップ	回帰式に組み込まれる変数	重相関係数
1	エステル香味の快よさ	0.7716
2	まるみ	0.8200



第2-2図. 原麦汁濃度とビールの香味特性

* 第2-4表参照

(注) ビールNo.2、No.4は同一の麦汁から調製

** アルコールを含んだままのエキスw/w%

第３節　高濃度ビールの品質設計と製造技術の開発

１．原麦汁濃度15°Pビールの「香味のよさ」と「香味特性」の相関

＜材料と方法＞

前節（第２節）における高濃度ビール17点をサンプルに供した。検査方法は前節に同じ。

＜結果と考察＞

（１）15°Pビールの「こくみ」

供試15°Pビールについては、第２－５表と第２－３図に示すように、「まるみ」によって表現される香味諸特性の調和・総合性が「香味のよさ」に影響する。しかし、「こくみ」は第２－４図に示すように大部分評点 0.5～1.0 にあり、「香味のよさ」との間に相関がない。この原因は原麦汁濃度が供試試料については十分に高水準にあり、かつ顕著な変動を制限され、第２－４～第２－７図にみるように、大部分それぞれアルコール 5.0～5.8w/w%、外観エキス 4.8～5.9%、全窒素67～97mg／100 mℓに分布していることによるのであろう。従って、供試ビールの外観エキス、発酵度なども「香味のよさ」とは相関がない。

（２）15°Pビールの「苦味」

第２－８図に示すように、15°Pビールの苦味価は23～36に分布していて、「香味のよさ」とは相関がないが、「苦みの快よさ」とは負の相関があるようである。苦味価30以上の試料の「苦味の快よさ」がマイナスに評価されるようになるのは第２－９図にみるように苦味価が増すにつれて

後苦味が強くなるためであろう。

（３）15°Pビールの「エステル香味」

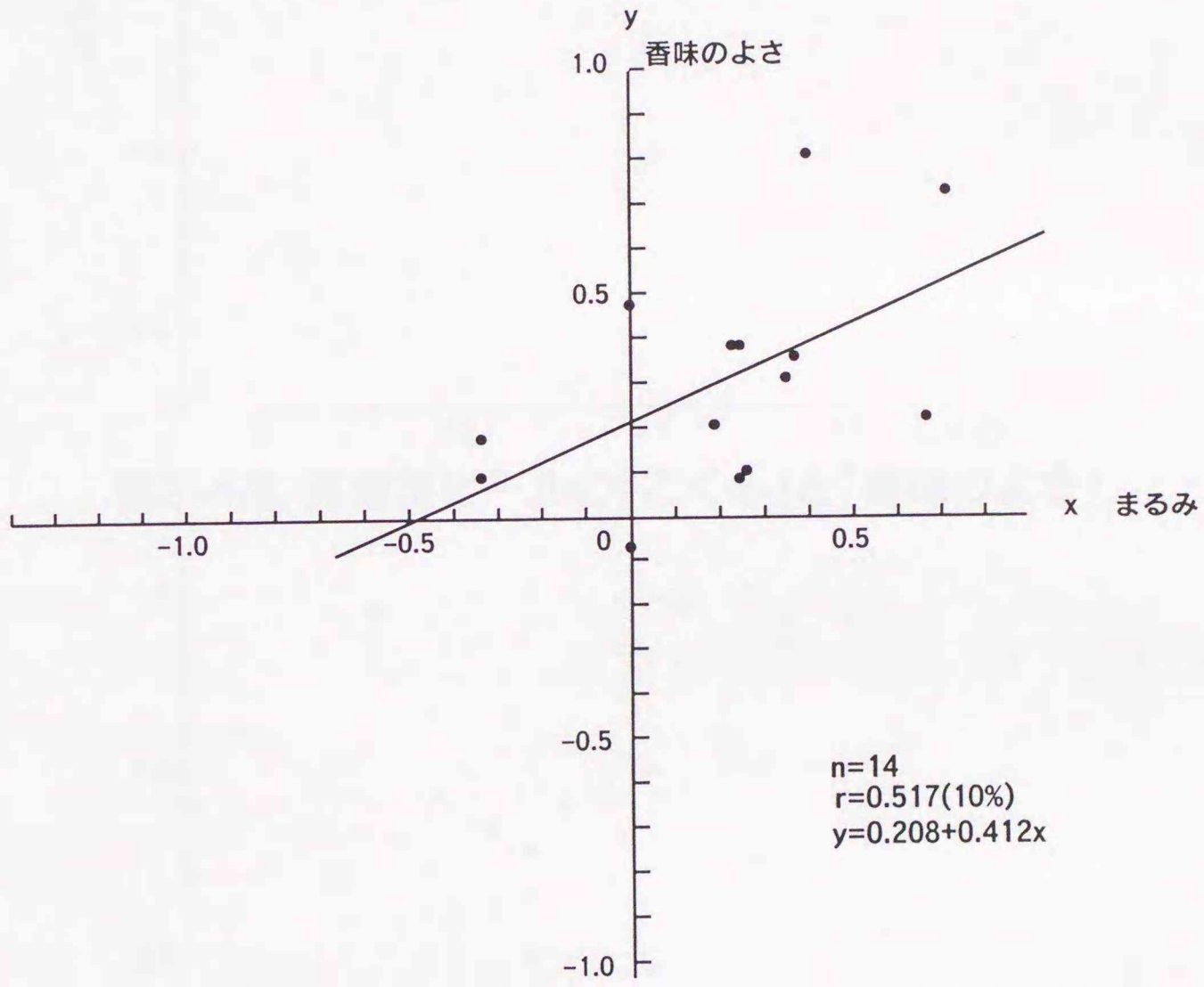
供試された15°Pビールにみられる「エステル香味の快さ」は、第２－10図に示すように「香味のよさ」とは正の相関があり、この「エステル香味の快さ」は第２－11図にみるようにイソアミルアルコール含量との相関があった。第２－11図と第２－12図ではイソアミルアルコール含量及びイソアミルアセテート含量がエステル臭の強さの指標になることを知ることができる。

供試ビールにみられるようにイソアミルアルコール含量は45～115ppm（第２－11図）、イソアミルアセテート含量は 0.4～4.0ppm（第２－12図）、エチルアセテート含量は15～50ppm （第２－13図）であってパネルは何れの試料にもエステル香味を「少し感じて快いもの」をプラス要因として評価しているのであり、ステップ・ワイズ法回帰分析結果にもみるようにこの「エステル香味の快よさ」が香味の全体評価に強く寄与することは、高濃度ビールの香味構造の一つの特徴とみてよいであろう。

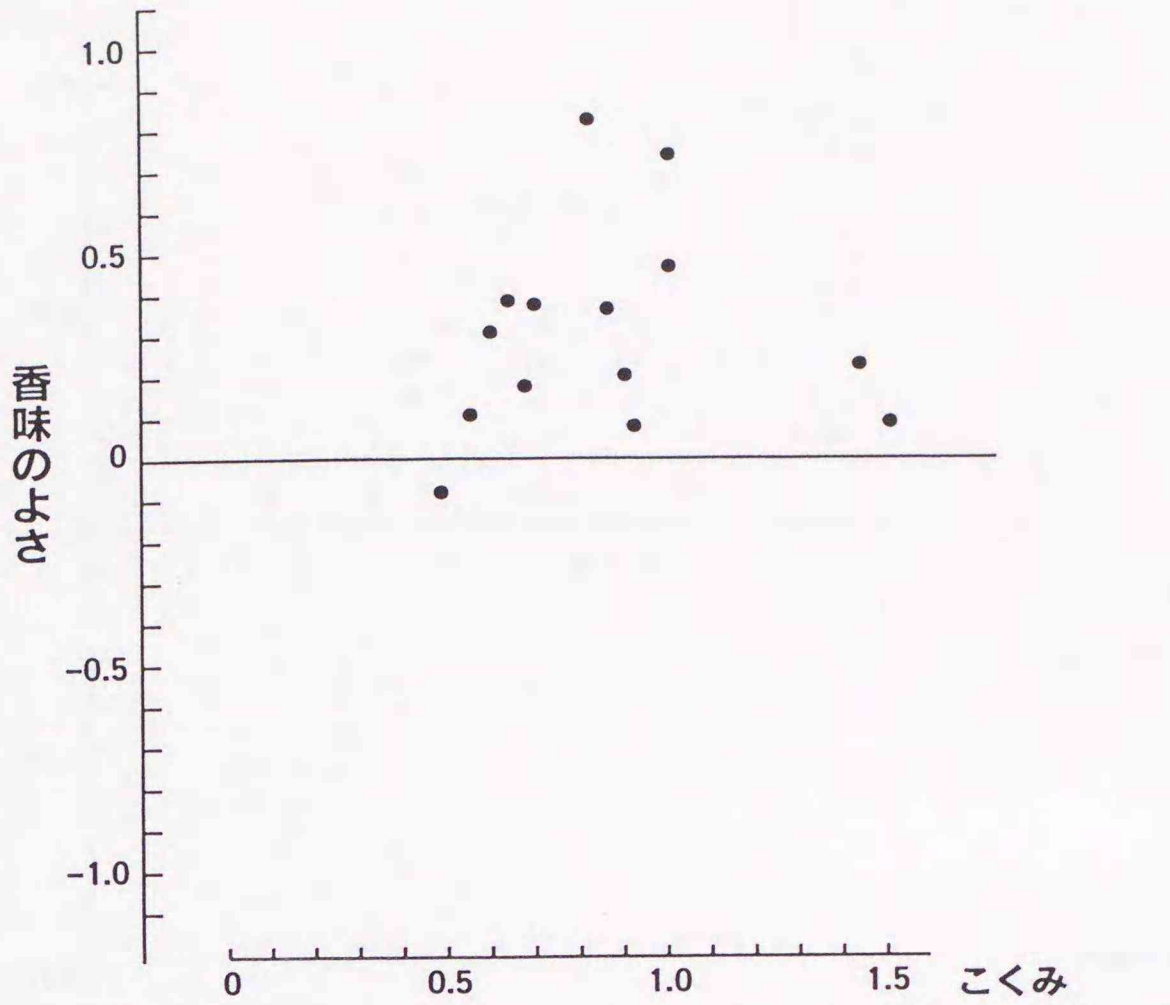
（４）15°Pビールの「麦芽香味」と「甘味」

「麦芽香味」と「甘味」は、高濃度ビールの香味特徴として捉えられる特性である。第２－14図にみるように両特性は供試ビールの香味の調和性、総合性を損っているとはみられないが、両特性と香味のよさとの間には相関はない。供試ビールの色度は 0.333～0.492、還元糖含量は 1.1～

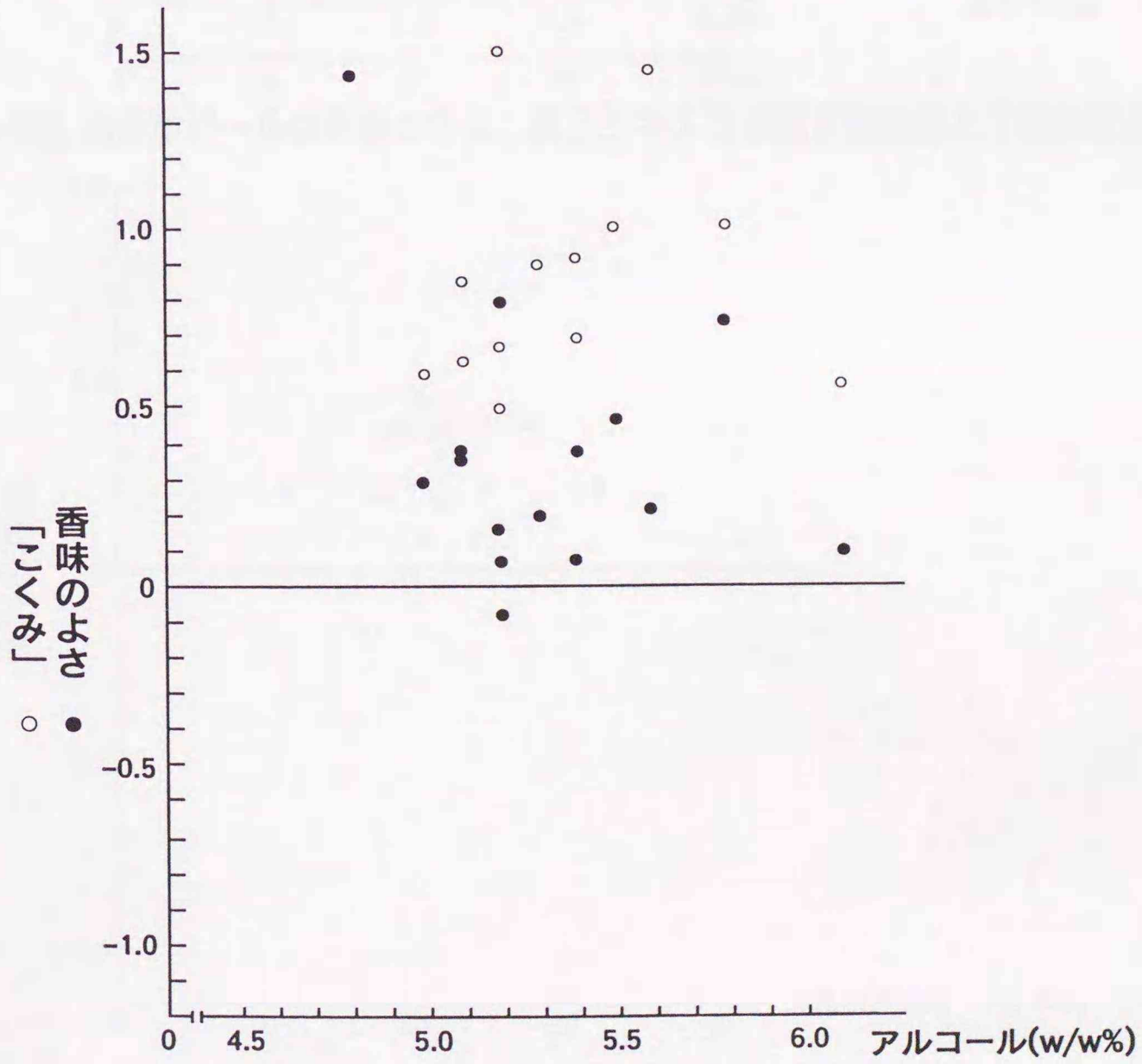
1.7%である。



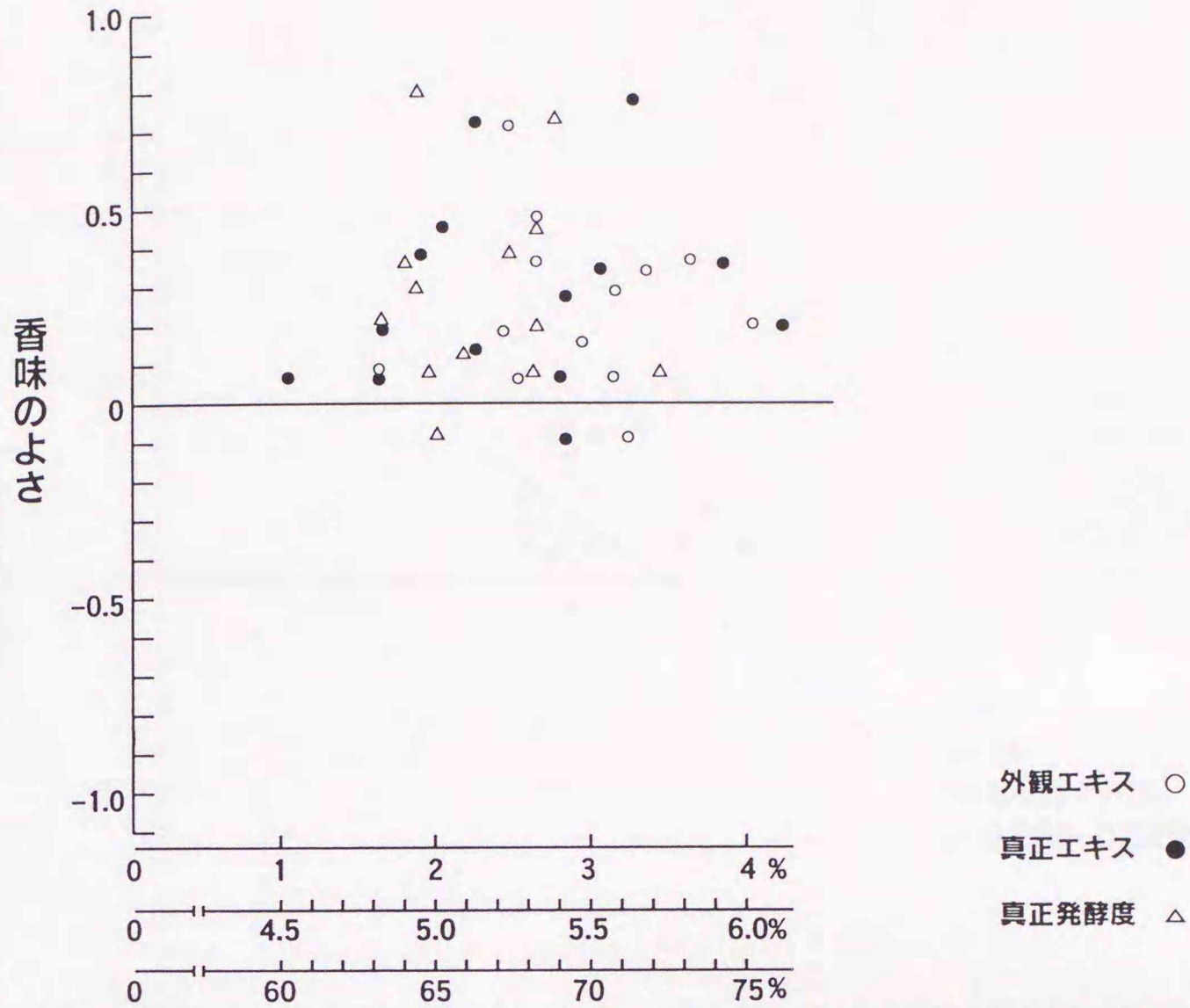
第2-3図. 高濃度ビールの「まるみ」と「香味のよさ」



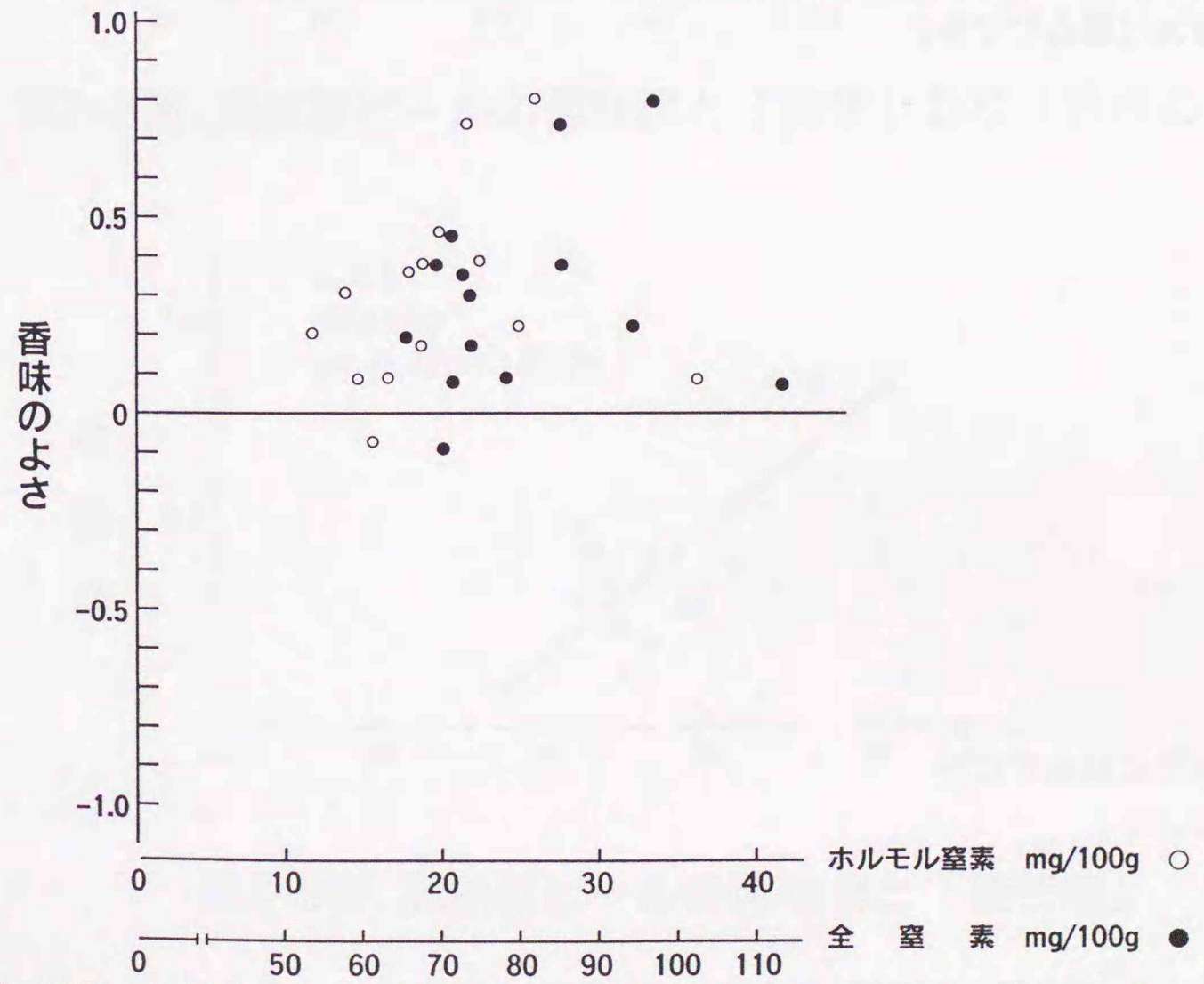
第2-4図. 高濃度ビールの「こくみ」と「香味のよさ」



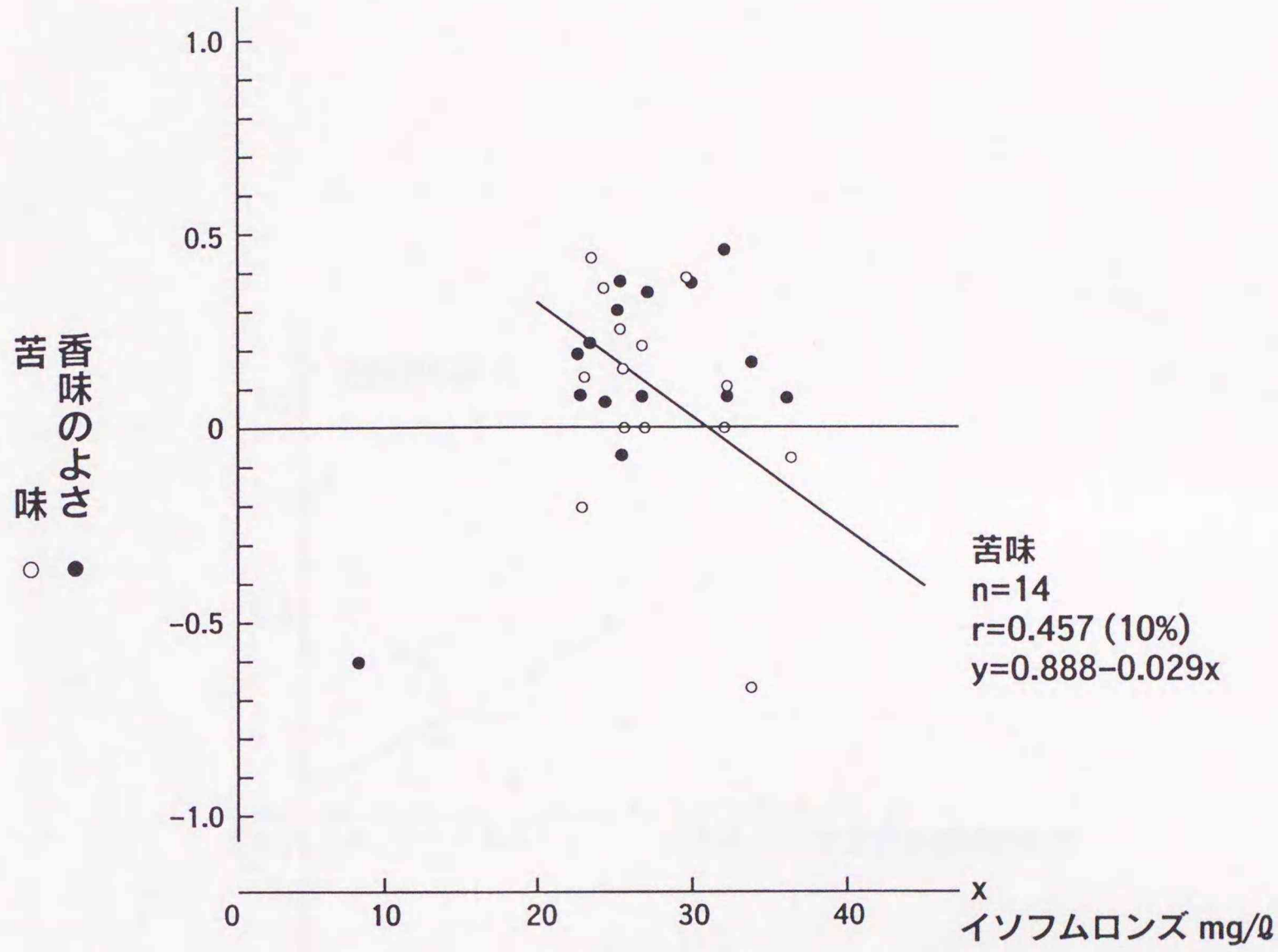
第2-5図. 高濃度ビールのアルコール含量と
「こくみ」及び「香味のよさ」



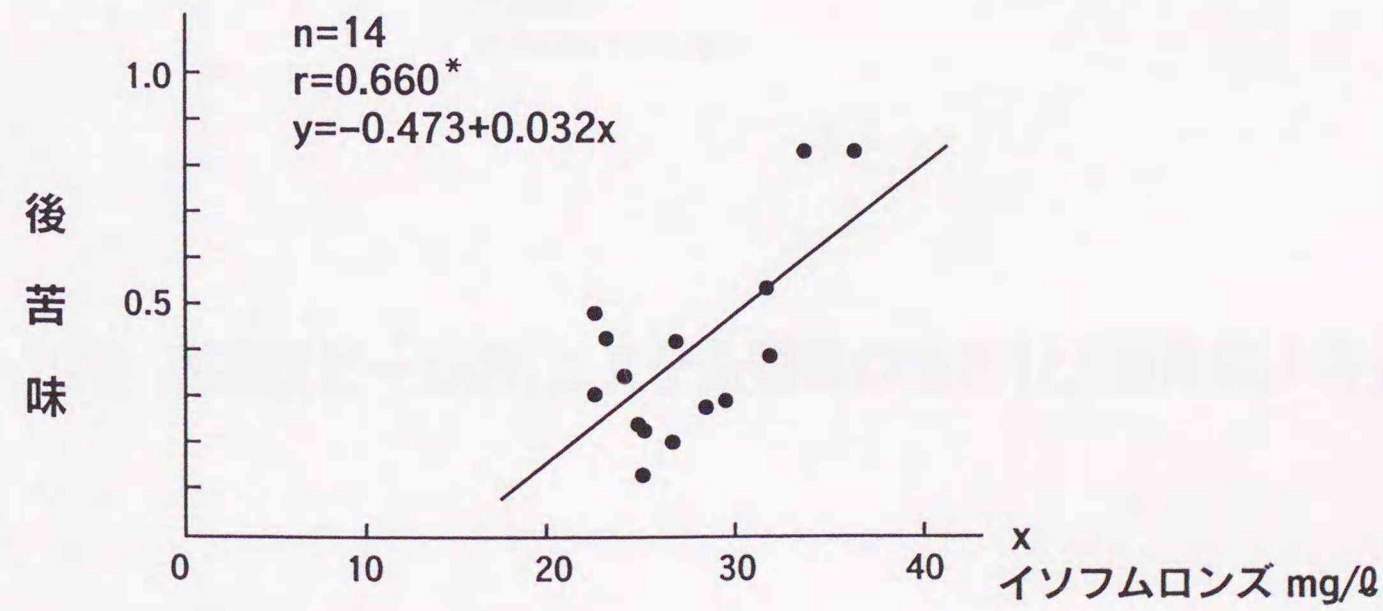
第2-6図. 高濃度ビールの外観エキス、真正エキス及び真正発酵度と「香味のよさ」



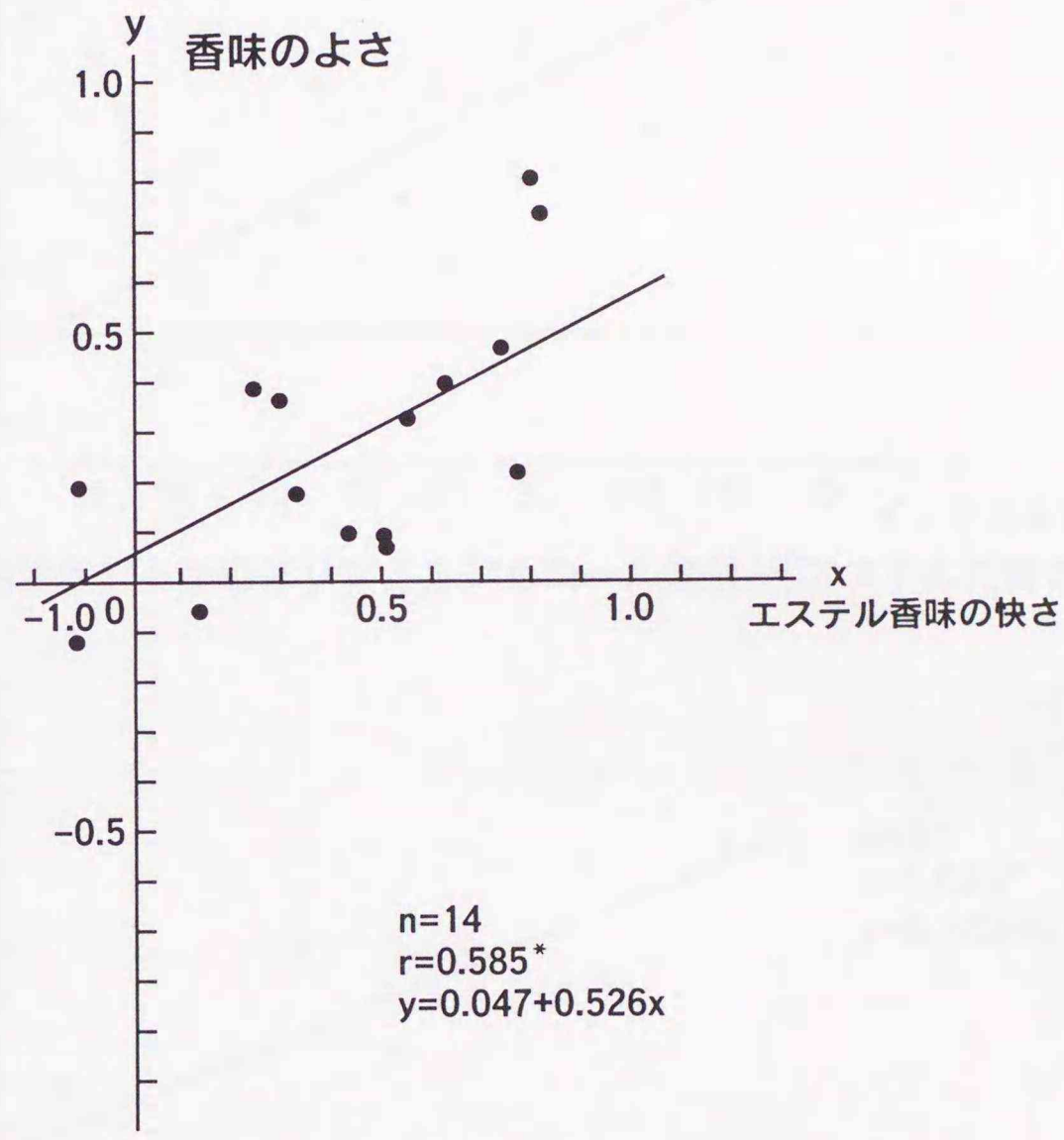
第2-7図. 高濃度ビールのホルモル窒素及び全窒素と「香味のよさ」



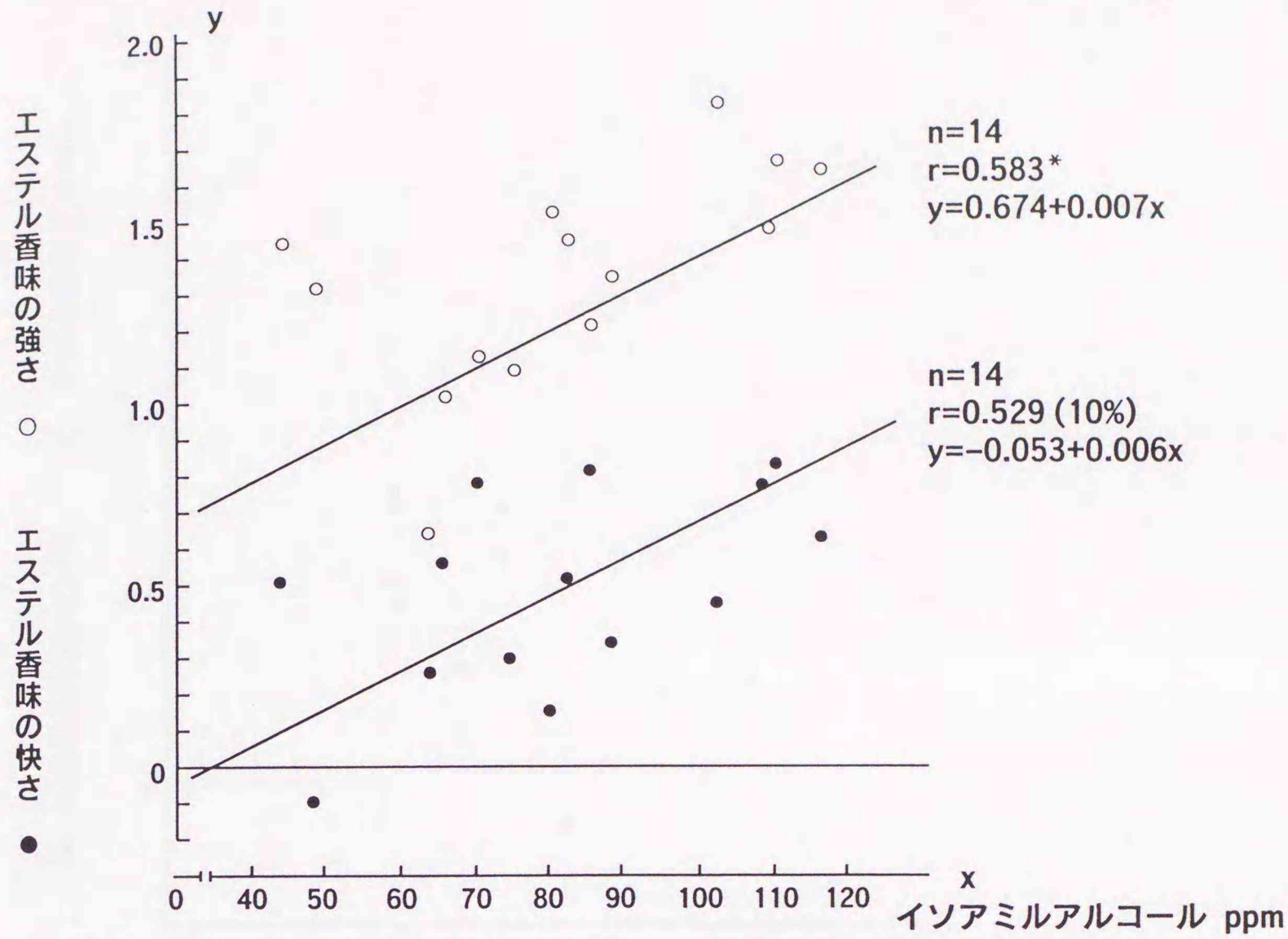
第2-8図. 高濃度ビールの苦味価と「苦味」及び「香味のよさ」



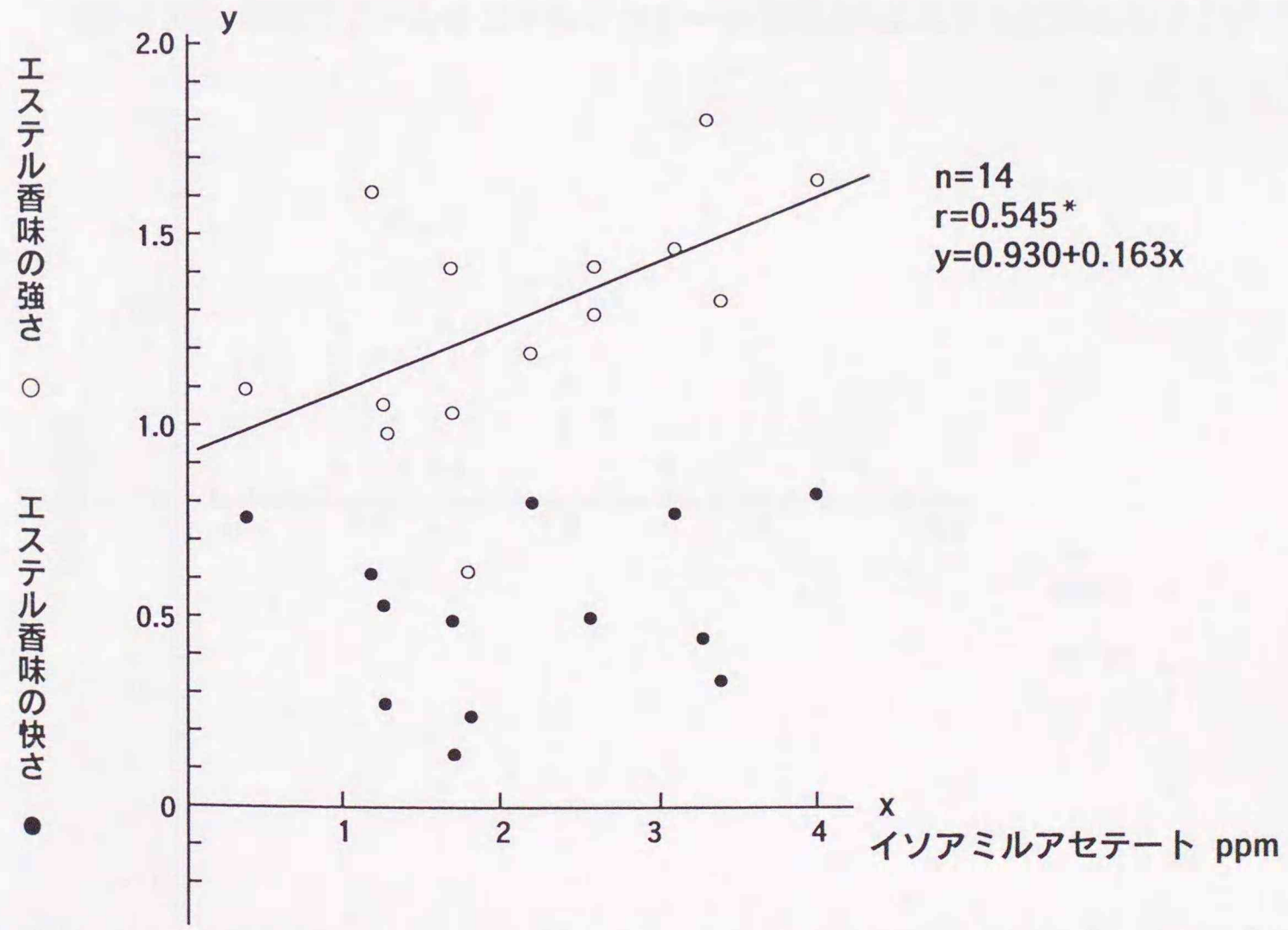
第2-9図. 高濃度ビールの苦味価と「後苦味」



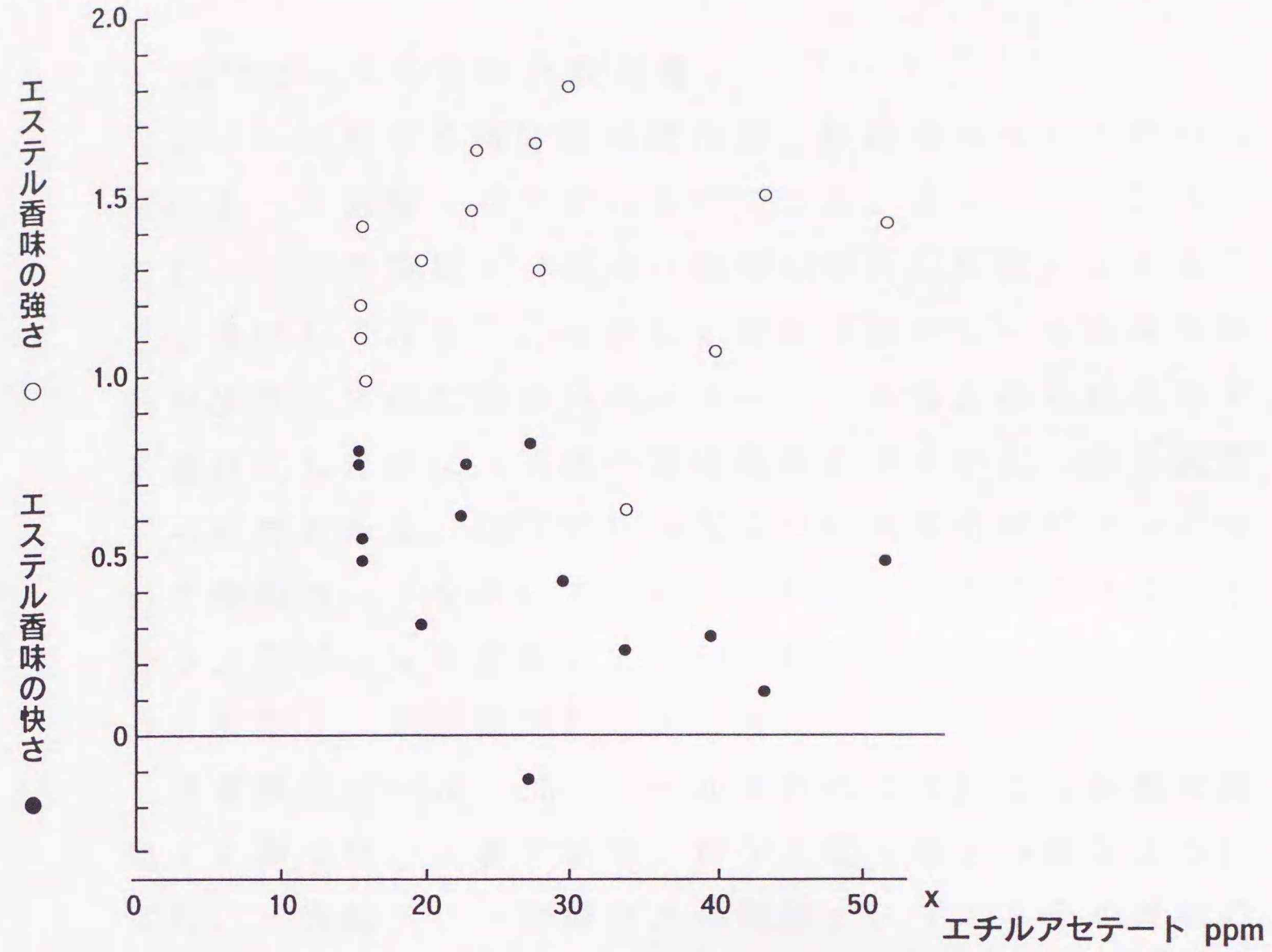
第2-10図. 高濃度ビールの「エステル香味の快さ」と「香味のよさ」



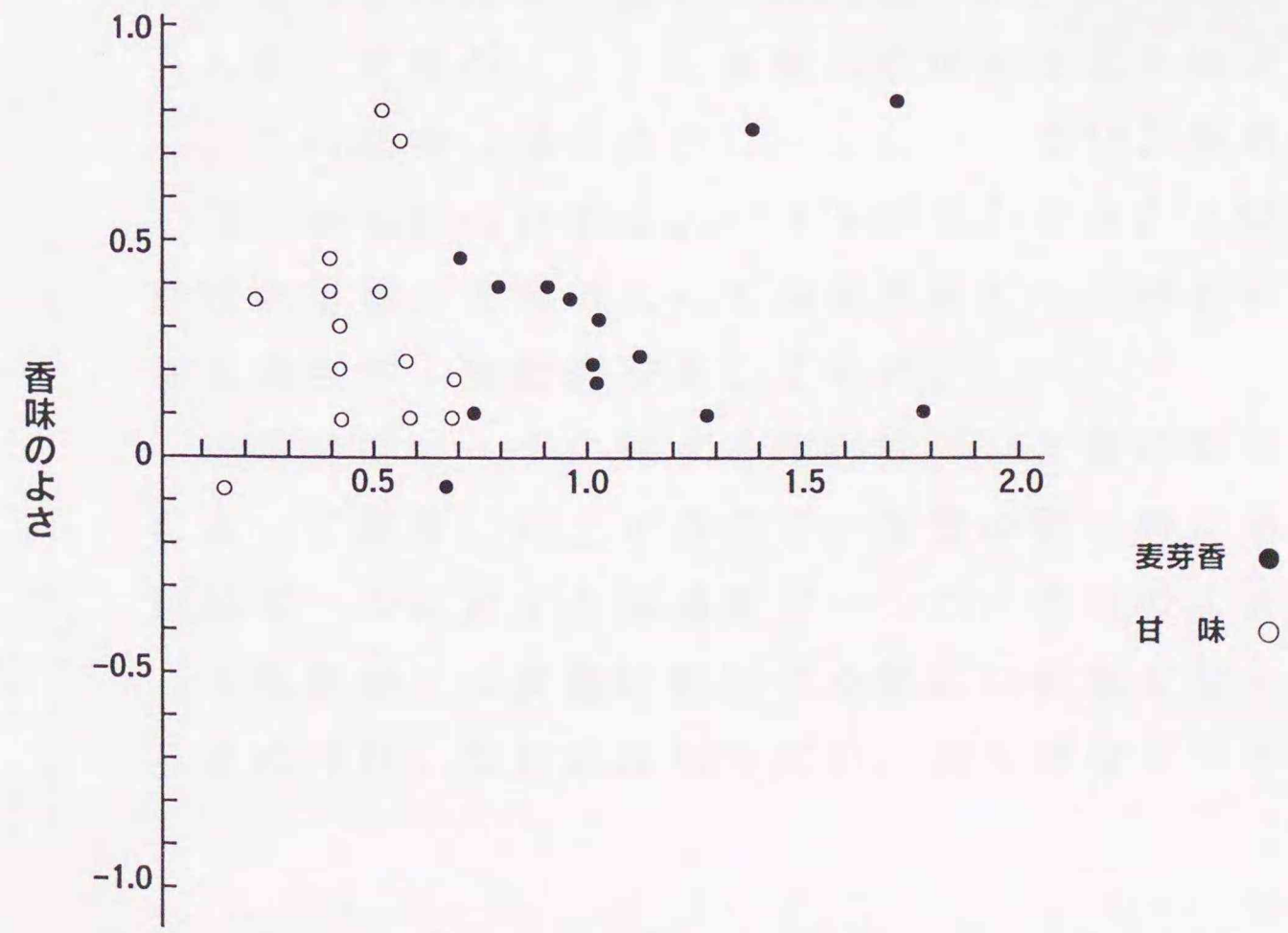
第2-11図. 高濃度ビールのイソアミルアルコール含量と「エステル香味の強さと快さ」



第2-12図. 高濃度ビールのイソアミルアセテート含量と「エステル香味の強さと快さ」



第2-13図. 高濃度ビールのエチルアセテート含量と「エステル香味の強さと快さ」



第2-14図. 高濃度ビールの「麦芽香味」、「甘味」と「香味のよさ」

（５）15°Pビールの香味と飲用量

ビールに対する嗜好性は飲用量、飲用頻度などの飲用状況によって影響されやすいものである。成人一人一回当りのビールの消費量が 820㎖（昭和48年夏期調査）であることを考慮してみると、上述してきた高濃度ビールの香味特性は少量飲まれた際の香味イメージであるとみられるので、多量飲用した際にも同様の香味構造を示すかどうかを調査する必要がある。15°Pビールならびに通常濃度ビールについて陶製コップを用いて50㎖程度飲用した際の香味特性とガラス製ジョッキを用いて 350㎖程度飲用した際の香味構造とを第２－15図に対照させてみた。

通常濃度ビール、15°Pビールの何れについても多量に飲用する際には、「麦芽香味」が少し弱く感じられるようになり、「苦味」、「炭酸ガスの刺激」、「エステル香味の快よさ」、「こくみ」、「まるみ」、「軽快さ」がよくなり、この傾向は現製品ビールに著しい。その結果としてビールの「香味のよさ」も多量に飲用することによって向上し、この傾向は通常濃度ビールについて10％有意であった。15°Pビールについては、パネルが示してきた上述の香味特性は飲用量の変動によって通常濃度ビールほどに顕著な変動を示さず、比較的安定していた。

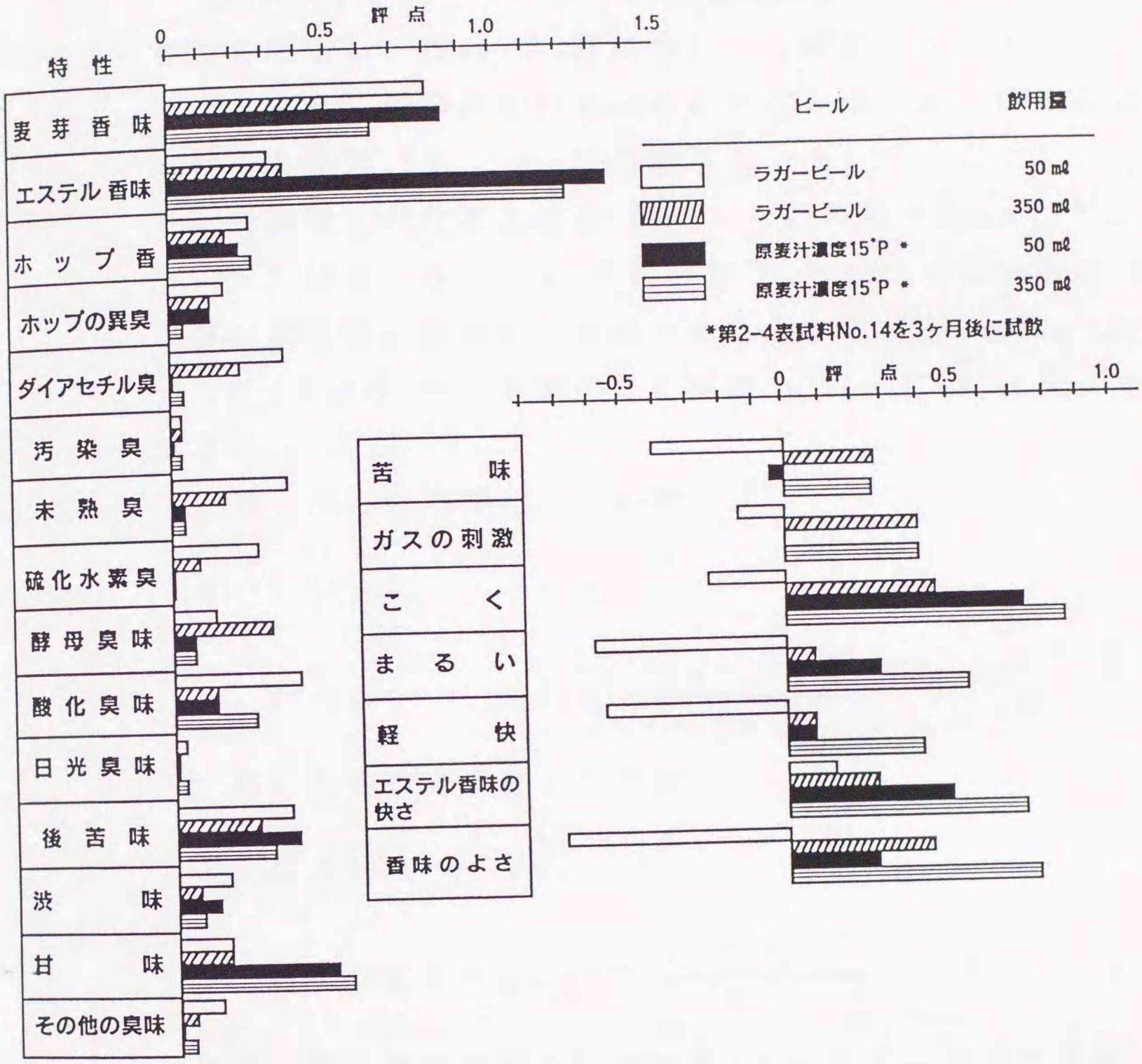
通常濃度ビールに対する嗜好性は、多量に飲用することによって顕著に向上するので、少量の飲用時に示された現製品ビールに対する高濃度ビールの「香味のよさ」の有意（５％有意）は多量に飲用する際には有意でなく消失することに注目しなければならない。通常濃度ビールの香味特

性は、50mℓ程度試飲する際には十分に発揮されないものであり、高濃度ビールのそれはその程度の飲用でも発揮し得るとみてよい。同様の現象は高濃度ビール試料No.15及びNo.16と通常濃度ビールとの間においても確認出来た。

（6）高濃度ビールと国産市販通常濃度ビールの識別

供試した高濃度ビールの香味特性は上述したとおりであるが、これら諸特性の特徴を綜合した香味構造は通常濃度ビールのそれと官能上識別できるほどに異なるのであろうか。供試した高濃度ビールと輸入ビール及び国産市販通常濃度ビールに対するパネルの嗜好性（第2－1表、第2－2表、第2－4表記載）を用いて判別関数分析[3]を実施し、第2－6表～第2－9表に示した。

判別関数分析とは、二つ以上の群（母集団）から取り出した多変量のデータ（間隔尺度）にもとづいて所属不明の新しいサンプルと各群の重心（母平均）との距離を計算して、そのサンプルがどちらの群（分類尺度）に属するかを判断する手法である。2変量の場合について簡単に説明を加えてみる。



第2-15図. 高濃度ビールの飲用量と香味構造

G_A(高濃度ビール）とG_B(国産市販ビール）の二つの母集団を仮定し、G_A、G_B群について2変数、x_1(まるみ)、x_2(こくみ）が測定されているとする。またG_A母集団における2変量（x_1、x_2）の母平均（$\mu_1^{(A)}$、$\mu_2^{(A)}$）とG_B母集団における2変量（x_1、x_2)の母平均($\mu_1^{(B)}$、$\mu_2^{(B)}$）は異なるが、x_1の母分散σ_1^2、x_2の母分散σ_2^2及び相関係数ρは両群で共通であるとする。x_1とx_2についてG$_A$及びG$_B$から基準化した距離（U_1、U_2）は次式で表せる。

G_Aからの基準化した距離

x_1について　　$U_{1A} = \dfrac{x_1 - \mu_1^{(A)}}{\sigma_1}$

x_2について　　$U_{2A} = \dfrac{x_2 - \mu_2^{(A)}}{\sigma_2}$

G_Bからの基準化した距離

x_1について　　$U_{1B} = \dfrac{x_1 - \mu_1^{(B)}}{\sigma_1}$

x_2について　　$U_{2B} = \dfrac{x_2 - \mu_2^{(B)}}{\sigma_2}$

上記の統計量から新たに統計量(マハラノビス平方距離）を作成すると

$$Di^2 = \frac{U_1i^2 + U_2i^2 - 2\rho U_1i\ U_2i}{1-\rho^2}$$

（i＝A、B）

このマハラノビスの距離Dは等確率長円（重心を頂上とする地図上の等高線と考えられる）上でその勾配を考慮に入れた距離といえる。

G_A（高濃度ビール）とG_B（国産市販ビール）の二群についてx_1（まるみ）、x_2（こくみ）の母平均、母標準偏差及び相関係数を第２－１表及び第２－４表の標本サンプルを用いて求めると次のようになる。

	母平均		母標準偏差		相関係数
	μ_1 まるみ	μ_2 こくみ	σ_1 まるみ	σ_2 こくみ	ρ
G_A	0.139	0.811	0.339	0.349	0.302
G_B	-0.691	-0.393	0.287	0.352	0.272

いま$x_1 = -0.50$、$x_2 = 0.30$の値をもつ高濃度ビールがあるとすると

$$U_{1A} = \frac{-0.50-0.14}{0.3} = -2.13 \qquad U_{1B} = \frac{-0.50-(-0.69)}{0.3} = 0.63$$

$$U_{2A} = \frac{0.30-0.81}{0.4} = -1.28 \qquad U_{2B} = \frac{0.30-(-0.39)}{0.4} = 1.73$$

$$D_A^2 = \frac{(-2.13)^2+(-1.28)^2-2\times0.3\times(-2.13)\times(-1.28)}{1-0.3^2} = 50.44$$

$$D_B^2 = \frac{0.63^2+1.73^2-2\times0.3\times0.63\times1.73}{1-0.3^2} = 30.44$$

これを比較すると$D_A > D_B$になるので、このサンプルはマハラノビス距離の短いG_Bグループ即ち国産市販ビールのグループに属すると判断する。サンプルごとにD_AとD_Bを計算して比較するかわりに、第２－16図にみるように（x_1、x_2）平面上に、各サンプルのx_1、x_2をプロットして両群（G_A、G_B）からのマハラノビスの距離が等しい点の軌跡（直線）を境界線として、どちらの集団に属するかを判定することもできる。この直線に垂直な軸ｚを設け、

$z = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2$（$a_1$、$a_2$は判別関数係数）

とするならば、この関数値（判別関数値）は直線よりの距離を示すから判別に使用できる。

第２－１表と第２－４表に示した高濃度ビールと当社製品ビールのx_1（まるみ）、x_2（こくみ）に関する判別関数式は

$$z = -0.15782\ x_1 - 0.22314\ x_2$$

となるから各サンプル（高濃度ビール17試料、国産市販ビール22試料）の特性値を代入して各サンプルごとの判別関数を計算してみると第２－６表にみるように供試した高濃度ビール（17試料）と国産市販ビール（22試料）は香味２特性（まるみ、こくみ）を変量とする判別関数値からみてそれぞれ母集団を別なものとすると見做すことができ、両試料群の「まるみ」、「こくみ」がこのパネルによって官能上別のものと識別されたことを示す。なお、例に挙げた高濃度ビール（$x_1 = -0.50$、$x_2 = 0.30$）の判別関数値は0.01197（順位22）であって、この高濃度ビールの「まるみ」と「こくみ」は国産市販ビールのグループのそれに属するとみなければならない。

第２－16図は高濃度ビールの「香味のよさ」に寄与するところが多い「まるみ」と国産ビールのそれに多く寄与する「こくみ」の２変量について、輸入ビールも含めてこれら三群の試料の特性をプロットしたものであって、高濃度ビールが国産市販ビールとよく識別される「こくみ」と「まるみ」をもっていることを理解することができる。更に第２－７表に示すように香味10特性を変量として同様に判断しても供試した高濃度ビールは国産市販ビールとはそ

れぞれ別の群を形成し、両者の香味構造が官能的に別のものと判断されていることを示すが、原麦汁濃度の低い高濃度ビールNo.１とNo.２の香味構造は市販ビールのそれに近いことが分かる。同様に第２－８表に示すようにこの高濃度ビールの香味構造は輸入ビールのそれとも異なるようである。又、第２－９表に示すように輸入ビールの香味構造と国産市販ビールのそれもそれぞれ別の群を形成していた。

第２－６表
高濃度ビールと国産市販通常濃度ビールの「まるみ」と「こくみ」の判別

重心間のマハラノビス平方距離
14.78827

判別関数
$z = -0.15782 x_1 - 0.22314 x_2$
（x_1：まるみ、x_2：こくみ）

判別関数のＦ値検定
$F_0 = 68.99142$
$F(2,36:0.01) = 5.39$
$\therefore F_0 > F$　１％　有意

試料数	zの平均値
国産市販ビール22→	0.19667
高濃度ビール　17→	−0.20301

順位	判別関数値(Z)	試　料	No.
1	0.38096	国産ビール	22
2	0.36463	〃	16
3	0.32055	〃	11
4	0.28572	〃	1
5	0.24436	〃	9
6	0.24001	〃	15
7	0.22994	〃	13
8	0.22613	〃	12
9	0.22128	〃	18
10	0.21551	〃	10
11	0.21334	〃	19
12	0.20735	〃	3
13	0.20316	〃	17
14	0.19320	〃	4
15	0.17089	〃	8
16	0.15510	〃	7
17	0.15239	〃	20
18	0.14204	〃	6
19	0.12844	〃	14
20	0.06258	〃	21
21	0.02503	〃	5
22	0.01197	高濃度ビール	2
23	-0.02896	〃	1
24	-0.05579	国産ビール	2
25	-0.09742	高濃度ビール	11
26	-0.11157	〃	16
27	-0.16376	〃	8
28	-0.18003	〃	6
29	-0.18112	〃	4
30	-0.19027	〃	14
31	-0.22314	〃	13
32	-0.23239	〃	5
33	-0.24164	〃	12
34	-0.24475	〃	3
35	-0.24872	〃	15
36	-0.26331	〃	17
37	-0.28263	〃	9
38	-0.33835	〃	10
39	-0.42706	〃	7
$P^6 8$	-0.26531		

第２－７表
高濃度ビールと国産市販通常濃度ビールの香味構造の判別

重心間のマハラノビス平方距離
23.63904

判別関数
$z = 0.18355 x_1 - 0.19948 x_2 + 0.04901 x_3 - 0.03742 x_4 - 0.15883 x_5 - 0.23245 x_6 + 0.01418 x_7 - 0.22434 x_8 - 0.10504 x_9 - 0.12052 x_{10}$
（x_1 麦芽香味、x_2 エステル香味、x_3 ホップ香、x_4 ダイアセチル臭、x_5 後苦味、x_6 甘味、x_7 苦味、x_8 こくみ、x_9 まるい、x_{10} 軽快）

判別関数のＦ値検定
$F_0 = 17.15509$
$F(10,28:0.01) = 3.03$
$\therefore F_0 > F$　１％　有意

試料数	zの平均値
国産市販ビール22→	0.22862
高濃度ビール　17→	−0.41027

順位	判別関数値(Z)	試　料	No.
1	0.45192	国産ビール	22
2	0.36617	〃	16
3	0.33884	〃	19
4	0.33661	〃	15
5	0.30815	〃	3
6	0.29679	〃	11
7	0.28965	〃	17
8	0.28762	〃	1
9	0.26628	〃	8
10	0.26350	〃	10
11	0.26324	〃	4
12	0.26195	〃	18
13	0.25987	〃	13
14	0.20817	〃	9
15	0.19040	〃	20
16	0.18034	〃	6
17	0.16417	〃	12
18	0.14089	〃	7
19	0.13497	〃	21
20	0.07417	〃	14
21	0.02798	〃	5
22	-0.08200	〃	2
23	-0.09974	高濃度ビール	2
24	-0.16740	〃	1
25	-0.29158	〃	6
26	-0.29412	〃	12
27	-0.30626	〃	4
28	-0.32605	〃	16
29	-0.34347	〃	15
30	-0.45820	〃	9
31	-0.45832	〃	3
32	-0.47276	〃	5
33	-0.47801	〃	11
34	-0.47926	〃	17
35	-0.52768	〃	14
36	-0.55810	〃	10
37	-0.56140	〃	13
38	-0.57139	〃	8
39	-0.58089	〃	7
$P^6 8$	-0.54285		

第２－８表
高濃度ビールと輸入ビールの香味構造の判別

重心間のマハラノビス平方距離　9.28656

判別関数
$z = 0.24568x_1 - 0.02726x_2 + 0.27655x_3 - 0.05751x_4 - 0.04707x_5 - 0.02745x_6 - 0.09034x_7 - 0.16456x_8 - 0.10878x_9 + 0.04972x_{10}$
x_1 麦芽香味、x_2 エステル香味、x_3 ホップ香、x_4 ダイアセチル臭、x_5 後苦味、x_6 甘味、x_7 苦味、x_8 こくみ、x_9 まるい、x_{10} 軽快）
判別関数のＦ値検定
$F_0 = 5.90480$
$F(10,24 : 0.01) = 3.17$
$\therefore F_0 > F$　１％　有意
試料数　　ｚの平均値
高濃度ビール　17→0.15661
輸入ビール　18→0.43803

順位	判別関数値(Z)	試　料	No.
1	0.67678	輸入ビール	7
2	0.58656	〃	16
3	0.55160	〃	18
4	0.51871	〃	15
5	0.46034	〃	12
6	0.45754	〃	14
7	0.44780	〃	6
8	0.44595	〃	4
9	0.44535	〃	8
10	0.43582	〃	17
11	0.43543	〃	13
12	0.39499	〃	2
13	0.38426	〃	1
14	0.36512	〃	9
15	0.36455	〃	5
16	0.31764	〃	10
17	0.31693	高濃度ビール	9
18	0.30900	輸入ビール	3
19	0.29169	高濃度ビール	12
20	0.28707	輸入ビール	11
21	0.23023	高濃度ビール	11
22	0.21537	〃	17
23	0.20370	〃	10
24	0.19194	〃	3
25	0.18213	〃	16
26	0.15152	〃	2
27	0.14956	〃	1
28	0.14644	〃	14
29	0.14539	〃	15
30	0.11672	〃	5
31	0.10356	〃	8
32	0.08511	〃	6
33	0.08296	〃	4
34	0.07650	〃	13
35	-0.02734	〃	7
$P^6 8$	0.07820		

第２－９表
輸入ビールと国産市販通常濃度ビールの香味構造の判別

重心間のマハラノビス平方距離　11.07879

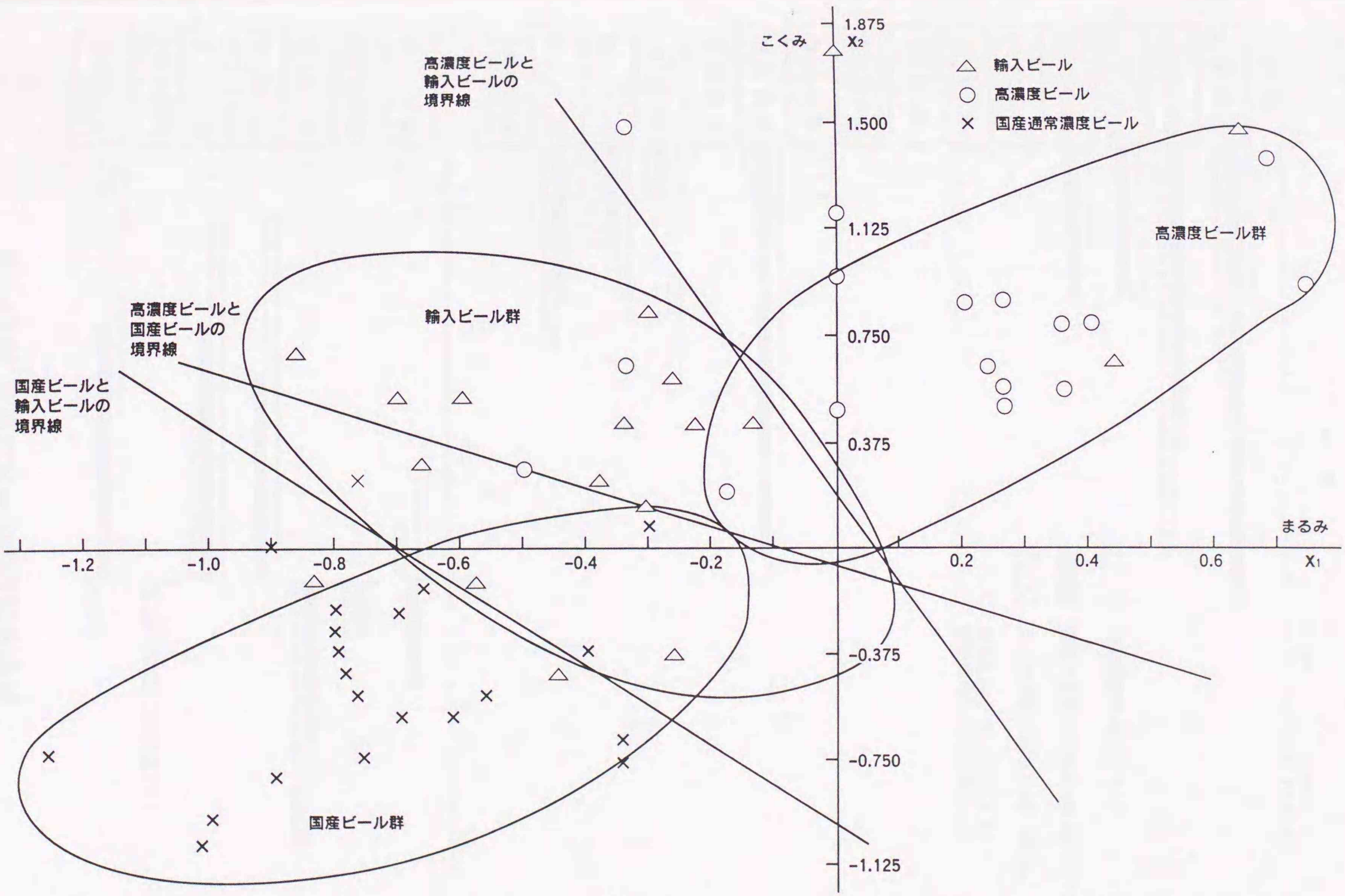
判別関数
$z = 0.09506x_1 + 0.19005x_2 + 0.08479x_3 - 0.07959x_4 + 0.05003x_5 + 0.12848x_6 + 0.01045x_7 + 0.01850x_8 - 0.02820x_9 + 0.01916x_{10}$
（x_1 麦芽香味、x_2 エステル香味、x_3 ホップ香、x_4 ダイアセチル臭、x_5 後苦味、x_6 甘味、x_7 苦味、x_8 こくみ、x_9 まるい、x_{10} 軽快
判別関数のＦ値検定
$F_0 = 8.37032$
$F(10,29 : 0.01) = 3.00$
$\therefore F_0 > F$　１％　有意
試料数　　0　　ｚの平均値
輸入ビール　18→　0.48935
国産市販ビール　22→－0.19780

順位	判別関数値(Z)	試　料	No.
1	0.71311	輸入ビール	1
2	0.62841	〃	3
3	0.62236	〃	2
4	0.59396	〃	11
5	0.57204	〃	15
6	0.56411	〃	6
7	0.52436	〃	18
8	0.51452	〃	16
9	0.48471	〃	7
10	0.46526	〃	10
11	0.45400	〃	8
12	0.45238	〃	14
13	0.43990	〃	13
14	0.43894	〃	5
15	0.36990	〃	17
16	0.33930	〃	9
17	0.33226	〃	12
18	0.31826	国産ビール	18
19	0.29881	輸入ビール	4
20	0.28824	国産ビール	6
21	0.27928	〃	16
22	0.26641	〃	11
23	0.25181	〃	2
24	0.24991	〃	14
25	0.22604	〃	8
26	0.21808	〃	1
27	0.20812	〃	21
28	0.20582	〃	12
29	0.19175	〃	7
30	0.18833	〃	10
31	0.16710	〃	9
32	0.16694	〃	3
33	0.16263	〃	20
34	0.16081	〃	19
35	0.15383	〃	5
36	0.15304	〃	17
37	0.14543	〃	22
38	0.13834	〃	4
39	0.11994	〃	15
40	0.09156	〃	13
$P^6 8$	0.44815		

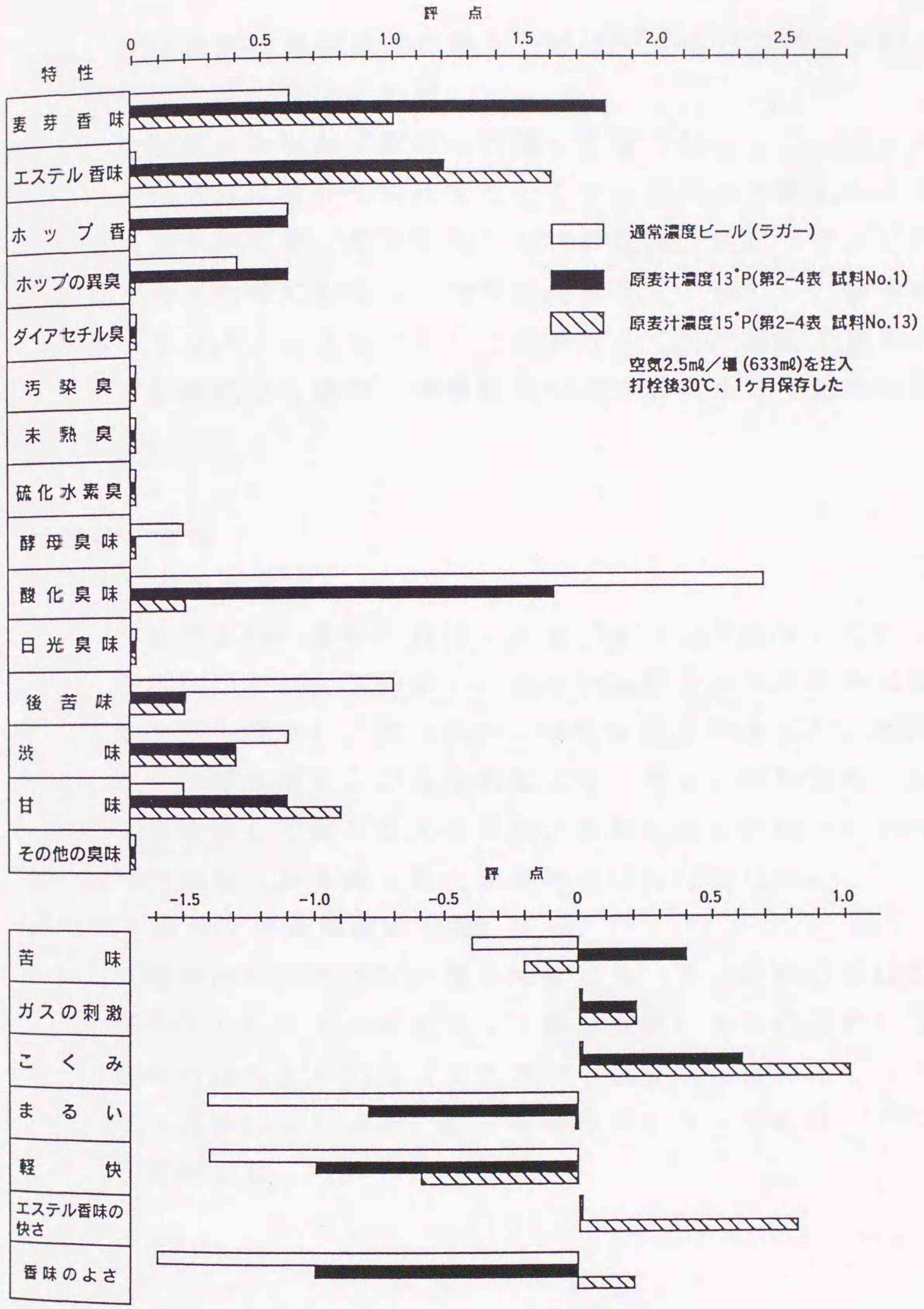
（7）高濃度ビールの香味安定性

高濃度ビールの香味安定性をみるため、試料を30℃で1ヶ月保存した後、香味特性を調査した結果を第2－17図に示した。

通常濃度ビール、高濃度ビールを問わず、保存によって酸化変性し、「酸化臭味」、「後苦味」、「渋味」が強くなり、「苦味」、「まるみ」、「軽快さ」が損なわれて、香味のよさが低下するが、これらの酸化変性は原麦汁濃度が高くなるにつれて、特に15°Pになると、顕著に少なくなった。第2－17図に示した実験例では通常濃度ビールでは「酸化臭味」が明らかに感じられ、「香味のよさ」が悪くなっているのに対して、15°Pビールでは「酸化臭味」が殆ど感じられず、「香味のよさ」は依然として新鮮でプラス側に評価されていた。高濃度ビールの香味安定性が優れていることは本調査を通じて再三確認されることであって、その理由は「麦芽香味」、「エステル香味」、「こくみ」、「甘味」などの香味特性が現製品ビールより強いために、酸化臭成分によって蒙る影響が感知されにくいためであろう。



第2-16図. 高濃度ビール、国産市販通常濃度ビール及び輸入ビールの香味構造の比較



第2-17図. 高濃度ビールの香味安定性

2．麦汁濃度と発酵温度が糖ならびに窒素成分の摂取や揮散性成分の生成に及ぼす影響

発酵条件の変動は酵母の代謝に影響を及ぼし、生成するビールの品質に微妙な変化をもたらす。多くの発酵条件のうち最も基本的な麦汁濃度を５～17°Pの範囲、主に７°P、11°P、15°Pの３水準に設定して発酵温度（８℃、14℃）、酵母添加量（６ｇ／ℓ、８ｇ／ℓ）と関連させて麦汁濃度の変動が糖及び窒素成分の摂取、揮散性成分の生成に及ぼす影響を調査した。

＜材料と方法＞

（１）発酵試験

高崎工場一番搾り麦汁に２ｇ／ℓ（11°P換算）のホップを添加して90分間煮沸し、あるいは仕上がり麦汁を採取して糖度を調整し、次の条件で発酵試験を実施した。糖度の切れ（糖の消費）がみられなくなったら、発酵管を１℃で１日冷却して酵母を沈降させ、酵母を遠心分離（5,000rpm, 10分）除去して得られた発酵液を分析に供した。

（２）麦汁及び発酵液の分析

糖組成の分析はゲル濾過法により、アミノ酸分析は日本電子ＪＬＣ－６ＡＨ型アミノ酸分析計により行った。揮散性成分は日立Ｋ53型ガスクロマトグラフを用いてヘッドスペース法により分析した。その他はキリン分析法[35]により分析した。

	酵母	麦汁濃度	発酵温度	酵母添加量	発酵前の麦汁への通気
①	L	11°P、15°P	8℃、14℃	6g／ℓ、8g／ℓ	あり
②	A	〃	〃	〃	〃
③	L	7°P、11°P	〃	〃	〃
④	L	7°P、11°P、15°P	〃	6g／ℓ	〃
⑤	L	5～17°P（2°Pづつ）	〃	〃	〃
⑥	A	7°P、11°P、15°P	〃	6g／ℓ、8g／ℓ	〃
⑦	L	〃	〃	6g／ℓ、12g／ℓ	あり、なし

酵母菌株Lについては6g／ℓと8g／ℓの酵母添加量の影響が小さいことを①と③で確認の上④を中心に解析した。酵母菌株Aについては⑥を中心に解析した。揮散性成分の生成の解析はLについて③～⑤により行った。

＜結果と考察＞

（1）エキスの摂取に及ぼす麦汁濃度と発酵温度の影響

第2－18図に示すように真正発酵度は麦汁濃度が高くなるにつれて減少する傾向にあり、酵母Lについては発酵温度が同じであれば1°Pの麦汁濃度上昇にともなって約 0.5％低下した。

発酵温度が8℃から14℃に高まると真正発酵度は酵母Lの場合に2～3％、酵母Aの場合に6～8％それぞれ上昇する。

酵母添加量の差（6g／ℓ、8g／ℓ）は酵母Lを用いて発酵させた場合には顕著な影響を及ぼさないが、低濃度麦汁を酵母Aを用いて8℃で発酵させると影響が著しい。

6g／ℓと8g／ℓ程度の差であれば、酵母が不活発な状態にあり、しかも栄養分が少ない場合を除いて真正発酵度に顕著な影響を及ぼさないと考えられる。

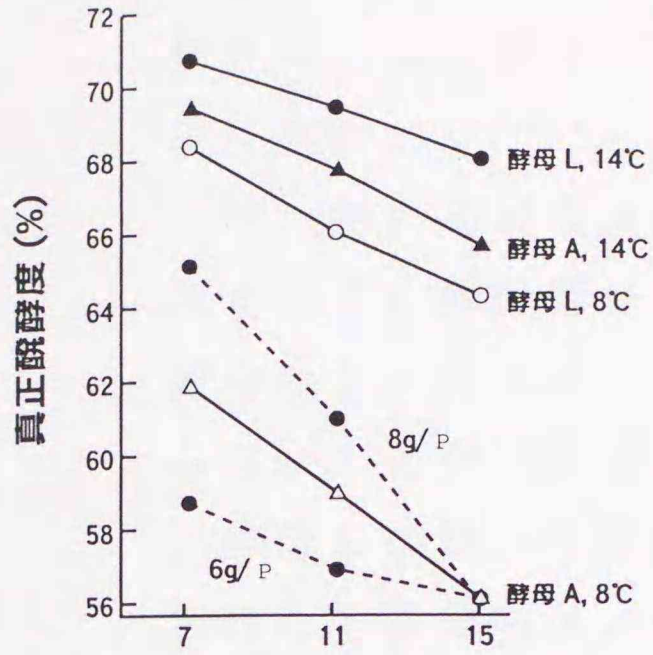
（２）発酵性糖類の摂取に及ぼす麦汁、発酵温度の影響

酵母によって摂取される栄養分の大部分は糖類であるから真正発酵度の変動は主に発酵性糖類の摂取状況のちがいによるものといえる。

低温発酵（11°P、８℃、酵母Ｌ使用）での糖類の摂取状況をみると、第２－19図に示すように単糖類は速やかに摂取され、ビール中での残存量は極めて少ないのに対して、二糖類よりもむしろ速やかに摂取されるが、終期には摂取が緩慢になった。

第２－10表に示すように15°Pでは二糖類の摂取率が低くなり、発酵度の低下につながっていることがわかる。発酵度が高くなると二糖類、三糖類の摂取率が顕著に増大して、発酵温度上昇に伴う発酵度の上昇をもたらす。

酵母Ｌに比べて酵母Ａは発酵能の低い菌株であるが、これは主に三糖類の摂取率が低いためであろう。第２－11表にみるように酵母Ａを用いて８℃で発酵させたときに真正発酵度が酵母添加量によって大きく影響されるのは二糖類の摂取率の差によるものである。



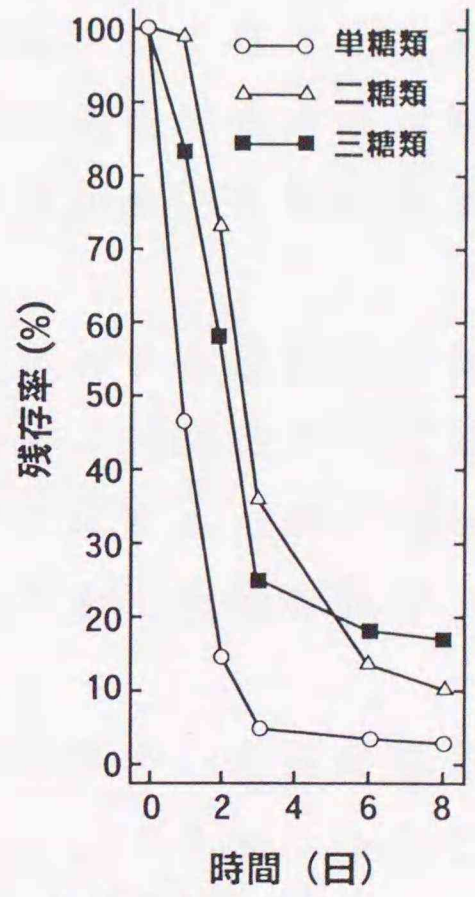
第2-18図. 麦汁濃度、発酵温度が発酵度に及ぼす影響

酵母 Lについては酵母添加量6g/ℓ、
酵母 Aについての実線は酵母添加量6g/ℓと8g/ℓの平均値

第2-11表. 酵母添加量が糖類の摂取に及ぼす影響

糖	酵母添加量	
	6g/ℓ	8g/ℓ
単糖類	95.2	94.6
二糖類	81.6	89.6
三糖類	57.8	50.1

酵母：A、発酵温度：8℃、表中の数値は麦汁での含量を100としたときの摂取量を示す。



第2-19図. 発酵性糖の摂取状況

酵母：L、6g/ℓ
麦汁濃度：11°P
発酵温度：8℃

第2-10表. 麦汁濃度、発酵温度が発酵性糖の摂取に及ぼす影響

酵母	糖	麦汁濃度		
		7°P	11°P	15°P
L	単糖類	94.0	95.3	95.3
	二糖類	96.0	95.5	92.9
	三糖類	83.2	84.4	85.1
A	単糖類	92.9	95.3	95.3
	二糖類	92.8	95.3	87.6
	三糖類	61.9	65.4	65.3

酵母	糖	温度	
		8℃	14℃
L	単糖類	94.3	95.0
	二糖類	92.4	96.8
	三糖類	81.7	86.8
A	単糖類	94.9	93.9
	二糖類	85.6	96.8
	三糖類	54.0	74.4

表中の数値は麦汁での含量を100としたときの摂取量を示す。

（３）窒素成分の摂取に及ぼす麦汁濃度と発酵温度の影響

窒素成分の摂取は糖の摂取とは必ずしも対応していない。第２－12表に示すように、発酵温度が高くなると、酵母や麦汁濃度にかかわらず摂取された栄養分のＮ／Ｃ比は高くなり、特に高濃度麦汁において顕著である。第２－20図に示すように酵母菌株の影響を除いて考えれば摂取された栄養分のＮ／Ｃ比はおおむね発酵温度のみに依存しているとみなすことができる。

酵母Ｌに比べて酵母Ａを用いて発酵させた場合には摂取された栄養分のＮ／Ｃ比は低い。酵母Ｌを用いて８℃、酵母Ａを用いて14℃で発酵させた場合には麦汁濃度が高くなると摂取された栄養分のＮ／Ｃ比はやや低くなる傾向にある。このようなＮ／Ｃ比の変動をみると、発酵条件を変動させた場合の窒素成分の摂取は糖のそれと同じように、麦汁濃度の上昇に伴って低下し、発酵温度が高くなると上昇し、酵母Ａを用いると低下するが、その変動の大きさは糖類に比べて大きく、窒素成分の摂取の方が発酵条件の影響を受け易いといえよう。

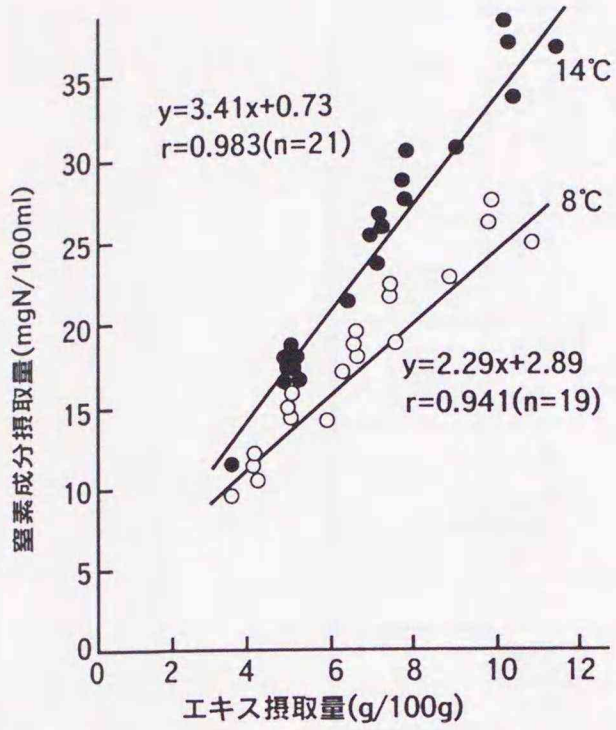
摂取された窒素成分の総量に占めるホルモル態窒素の比率は第２－21図に示すように、麦汁濃度、発酵温度が変動してもほぼ一定であるが、第２－13表に示すように、個々のアミノ酸の摂取は発酵条件によって大きく影響を受けている。

個々のアミノ酸のうち、通常摂取されやすい性質のあるリジン、セリン、スレオニン、ロイシン、メチオニンなどのアミノ酸は麦汁濃度、発酵温度、酵母菌株によらず大部

分が摂取されるが、アルギニン、イソロイシン、アスパラギン酸、グルタミン酸などの摂取がやや緩慢なアミノ酸では酵母Aを用いて高濃度麦汁を8℃で発酵させた場合に摂取率が低くなる傾向が認められる。

バリン、フェニルアラニン、ヒスチジンなどの摂取されにくいアミノ酸では酵母Aの場合だけでなく酵母Lの場合でも、高濃度麦汁を8℃で発酵させると摂取率が低下するようになる。更に、トリプトファン、グリシン、アラニン、チロシンなどの通常極めて摂取されにくい性質のアミノ酸では、麦汁濃度、発酵温度、酵母菌株などによる影響が顕著になる。

このような個々のアミノ酸の摂取の発酵条件による変動はビール酵母によるアミノ酸のとり込み順序[4]をよく反映しており、窒素成分の摂取率が低くなる条件下ではとり込み順序の遅いアミノ酸の摂取が低下する。



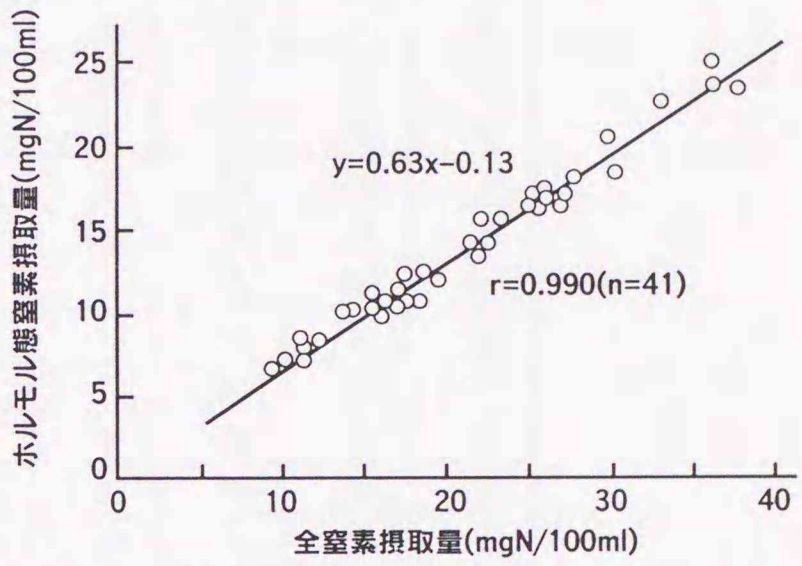
第2-20図. エキスの摂取と窒素成分の摂取

酵母：L

酵母添加量：6g/ℓ , 8g/ℓ

麦汁濃度：5～17°P

発酵温度：8℃,14℃



第2-21図. 全窒素の摂取とホルモル態窒素の摂取

酵母：L

酵母添加量：6g/ℓ , 8g/ℓ

麦汁濃度：5～17°P

発酵温度：8℃,14℃

第2-12表. 麦汁濃度、発酵温度が摂取されたN/C比に及ぼす影響

酵母菌株	温度	麦汁濃度		
		7°P	11°P	15°P
L	8℃	3.26	3.00	2.75
	14℃	3.48	3.62	3.65
A	8℃	2.49	2.34	2.46
	14℃	3.07	2.79	2.69

エキスの摂取量(g/100g)に対する窒素成分の摂取量 (mgN/100ml) の比を示した。Lの酵母添加量は6g/ℓ ,Aは酵母添加量が6g/ℓ と8g/ℓ の場合を平均化した。

第２－13表　発酵条件がアミノ酸の摂取率に及ぼす影響

アミノ酸	温度	酵母菌株Ｌ			酵母菌株Ａ		
		7 °P	11°P	15°P	7 °P	11°P	15°P
Lys	8 ℃	100	100	99	100	99	99
	14℃	99	100	99	100	100	100
Ser	8 ℃	99	98	99	98	93	88
	14℃	98	99	99	98	98	98
Thr	8 ℃	99	97	96	96	83	72
	14℃	98	98	99	98	95	92
Leu	8 ℃	99	99	95	89	79	75
	14℃	100	100	100	99	98	91
Met	8 ℃	88	91	93	91	86	81
	14℃	89	88	89	93	93	92
Arg	8 ℃	96	84	72	(61)	(53)	(59)
	14℃	99	99	99	98	90	82
Ile	8 ℃	99	98	91	82	(64)	(58)
	14℃	99	100	99	98	95	79
Asp	8 ℃	99	98	97	92	(69)	(52)
	14℃	98	98	99	98	98	93
Glu	8 ℃	95	93	84	84	73	(45)
	14℃	97	97	96	96	92	78
Val	8 ℃	99	91	(70)	(66)	(46)	(57)
	14℃	99	99	99	99	84	(65)
Phe	8 ℃	100	97	(69)	(65)	(49)	(51)
	14℃	100	100	99	99	88	71
His	8 ℃	95	80	(64)	80	(56)	(58)
	14℃	99	99	96	98	85	(66)
Try	8 ℃	72	(50)	(47)	(50)	(42)	(46)
	14℃	98	98	86	91	(60)	(47)
Gly	8 ℃	90	(59)	《 37 》	《 39 》	《 25 》	《 25》
	14℃	94	94	91	87	(49)	《 28》
Ala	8 ℃	95	(65)	《 33 》	《 40 》	《 9 》	《 16》
	14℃	95	97	96	93	(57)	《 22》
Tyr	8 ℃	85	《 26 》	《 0 》	《 0 》	《 0 》	《 0》
	14℃	100	100	99	99	《 31 》	《 1》

表中の数値は麦汁での含量を 100としたときの摂取パーセント量を示す。
（　）は70以下、《　》は40以下。

（4）ビールのエキス組成に及ぼす麦汁濃度、発酵温度の影響

ビールに残存している発酵性糖を原麦汁濃度11°Pに換算して比較すると、高濃度発酵では麦汁中の二糖類の主成分であるマルトースが多くなり、高温発酵ではマルトース、三糖類の主成分であるマルトトリオースが少なくなることは前述の結果より明らかであるが、窒素成分の変動に比べれば小さいものである。

窒素成分についても全窒素、ホルモル態窒素などでみると第２－22図に示すように麦汁濃度の影響は比較的小さいが、アミノ酸の組成をみると、第２－23図に示すように発酵温度、酵母菌株の影響はいうまでもなく、麦汁濃度の影響も極めて大きいことがわかる。

摂取のされにくさ、麦汁での含量を考えあわせると、アラニン、バリン、チロシン、グリシン、フェニルアラニンなどが変動し易く、高濃度で発酵させるとビール中での含量が極めて多くなり、全アミノ酸含量も極めて高くなる。

（5）イソブタノール、イソアミルアルコールの生成に及ぼす麦汁濃度、発酵温度の影響

高級アルコールの生成は窒素成分の代謝と関連しているから、第２－24図に示すように窒素成分の摂取量とイソブタノール、イソアミルアルコールの生成量は、麦汁濃度、発酵温度などを変動させて発酵させても非常によく相関する。

この関係は発酵前の麦汁への通気条件を変えて発酵させた場合にも第２－25図に示すように同様にみられる。

Andersonは高濃度発酵において高級アルコールの生成量は酵母の増殖量と対応していると指摘している。[5] 第２－

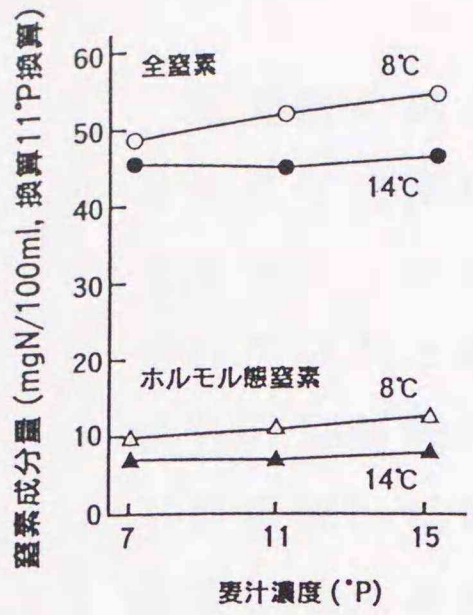
26図にみられるように、高濃度に限らず種々の発酵条件下で確かに両者はよく相関するが、これは第２－27図に示すように窒素成分の摂取量が酵母の増殖量とよく対応しているためであり、直接的な関係ではないと判断している。

高級アルコールの生成経路として Ehrlich[6] の経路が古くより知られており、その後も多くの研究者が確認している。[7~10] この経路によれば、例えばバリン、ロイシンからはそれぞれイソブタノール、イソアミルアルコールが生成する。

麦汁攪拌発酵におけるアミノ酸の摂取と高級アルコールの生成の関係より、ビール醸造において高級アルコールはとり込まれたアミノ酸が Ehrlichの経路を経て利用されるときに大部分が生成されると推測され、アミノ酸の摂取を管理すれば高級アルコールの制御が可能であるとの見方もできる。しかしながら、第２－14表に示すように、イソブタノール、イソアミルアルコールの生成量とバリン、ロイシンの摂取量との間の相関は窒素成分の摂取総量あるいはホルモル態窒素の摂取量との間にみられた高い相関に比べたら明らかに低いものである。

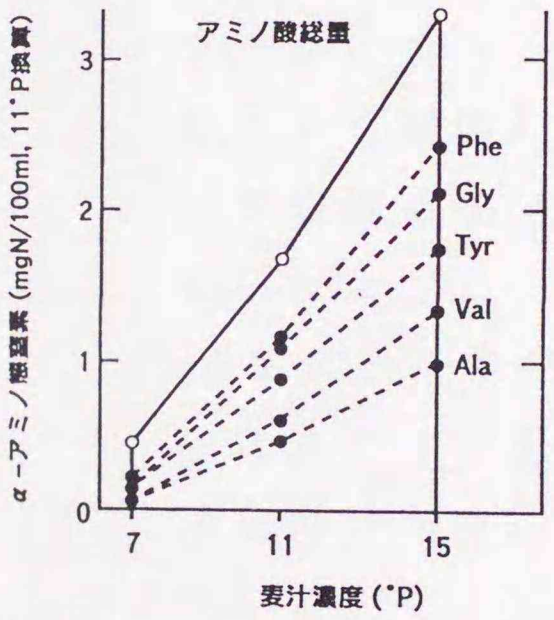
高級アルコールの生成について、山田等はとり込まれたアミノ酸が直接 Ehrlichの経路を経て生成するだけでなく、酵母内でアミノ酸が他のアミノ酸へ変換(transamination)され、そのアミノ酸が Ehrlichの経路を経て生成することを見出している。[12~19]

またピルビン酸から生成するα－ケト酸[20~24] に由来するという生合成的経路も知られている。



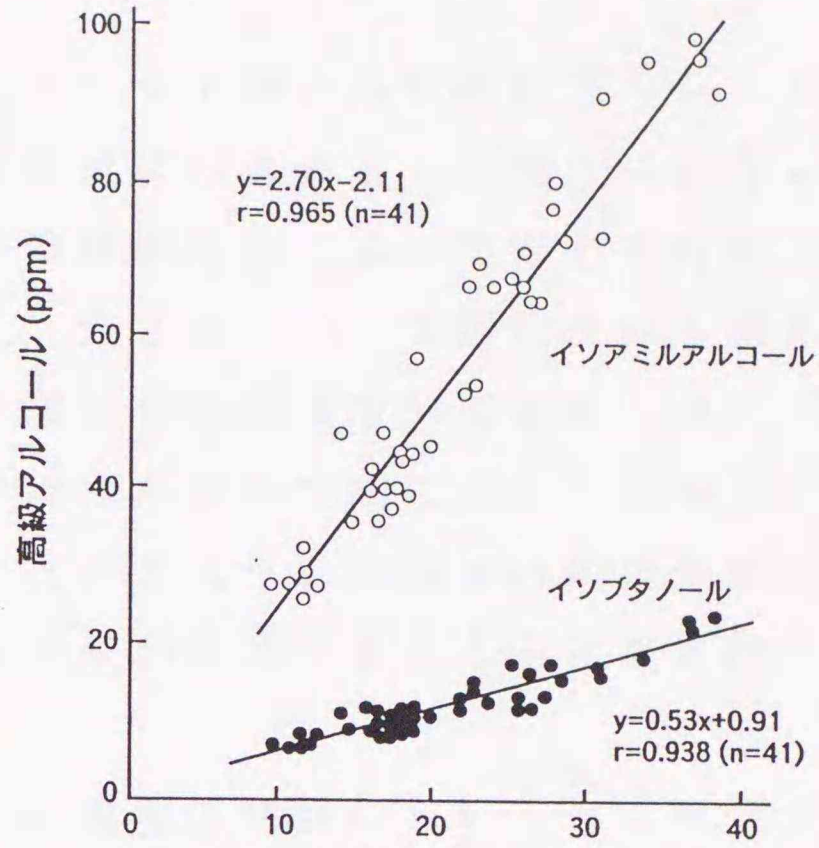
第2-22図. 麦汁濃度、発酵温度とビールの窒素成分組成

酵母：L
酵母添加量：6g/ℓ



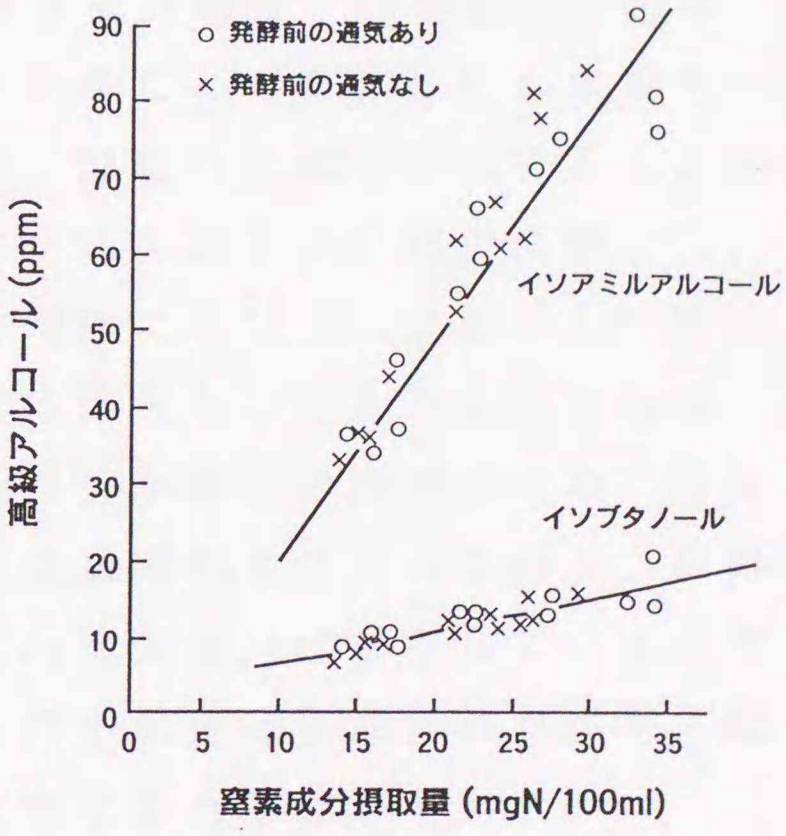
第2-23図. 麦汁濃度とビールのアミノ酸組成

酵母：L
酵母添加量：6g/ℓ
酵母温度：8℃



第2-24図. 窒素成分の摂取と高級アルコールの生成

酵母：L
酵母添加量：6g/ℓ、8g/ℓ
麦汁濃度：5～17° P
発酵温度：8℃、14℃



第2-25図. 通気条件を変えたときの窒素成分の摂取と高級アルコールの生成

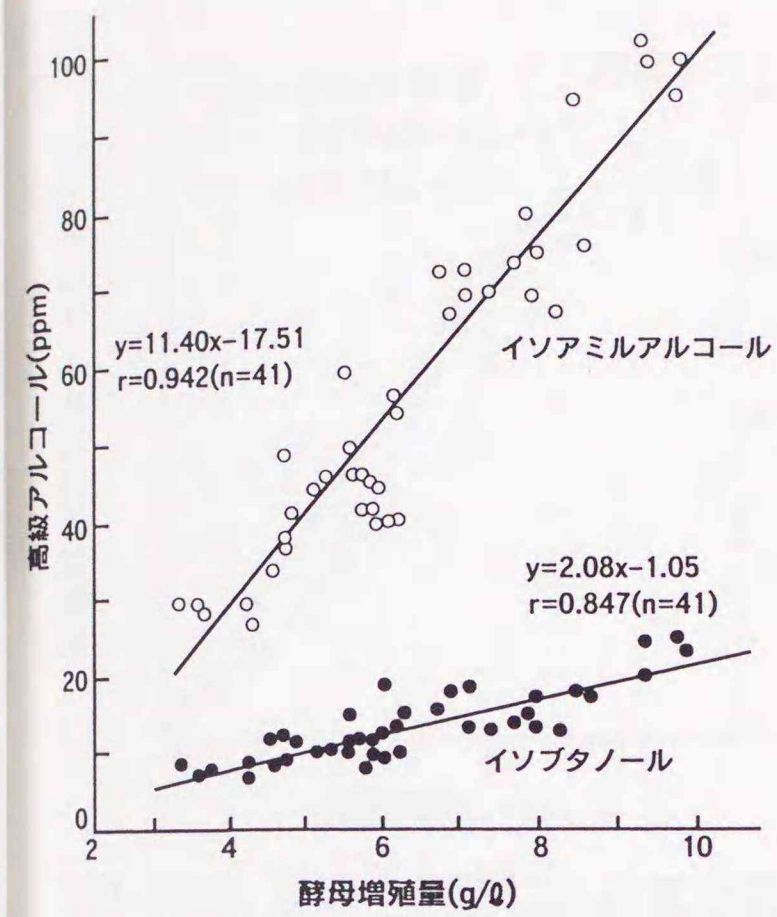
酵母：L
酵母添加量：6g/ℓ、12g/ℓ
麦汁濃度：7° P、11°P、15°P
発酵温度：8℃、14℃

本実験の結果みると、α－ケト酸からの高級アルコールの生成は窒素成分の代謝系全体の大きさ、活発さに依存しており、これは窒素成分の摂取総量によって左右されるのではないかと考えられる。大まかにいって摂取される窒素成分の30％程度はアミノ酸以外の窒素成分である。ペプチドの摂取、代謝も高級アルコールの生成に関して間接的であるにせよ無視しえないといえよう。酵母蛋白に由来するアミノ酸から高級アルコールが生成することも示唆されている。[24]

第２－28図に示すように現場主発酵においてもイソブタノール、イソアミルアルコールの生成は窒素成分総量の摂取とよく対応していたが、第２－29図に示すように、バリンの摂取とイソブタノールの生成の間には対応はみられなかった。

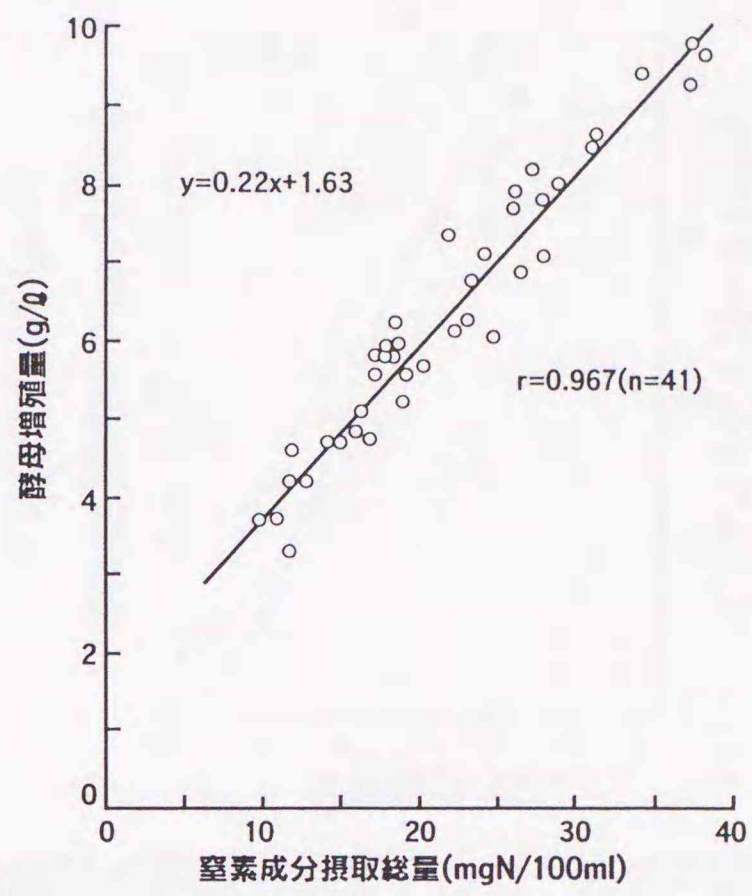
（６）エステルの生成に及ぼす麦汁濃度、発酵濃度の影響

エステルの生成はアセチルＣｏＡを介したエネルギー要求反応であり、[23、25～29]酵母の増殖と拮抗するといわれている。[5、11] しかしながらエステルの制御に際して、これまでは拮抗する酵母の増殖に主な関心が払われ、取得されたエネルギーへの配慮は少なかったように思われる。取得されたエネルギーの大部分が酵母の増殖のために消費され、残余がエステルの生成に関与するものであり、取得されたエネルギーは摂取された栄養分に依存していると考えれば、例えば酢酸エチルの生成量は摂取されたエキス量と酵母の増殖量の重回帰式で示されるはずである。



第2-26図. 酵母の増殖と高級アルコールの生成

酵母：L
酵母添加量：5g/ℓ, 8g/ℓ
麦汁濃度：5～17°P
発酵温度：8℃,14℃



第2-27図. 窒素成分の摂取と酵母の増殖

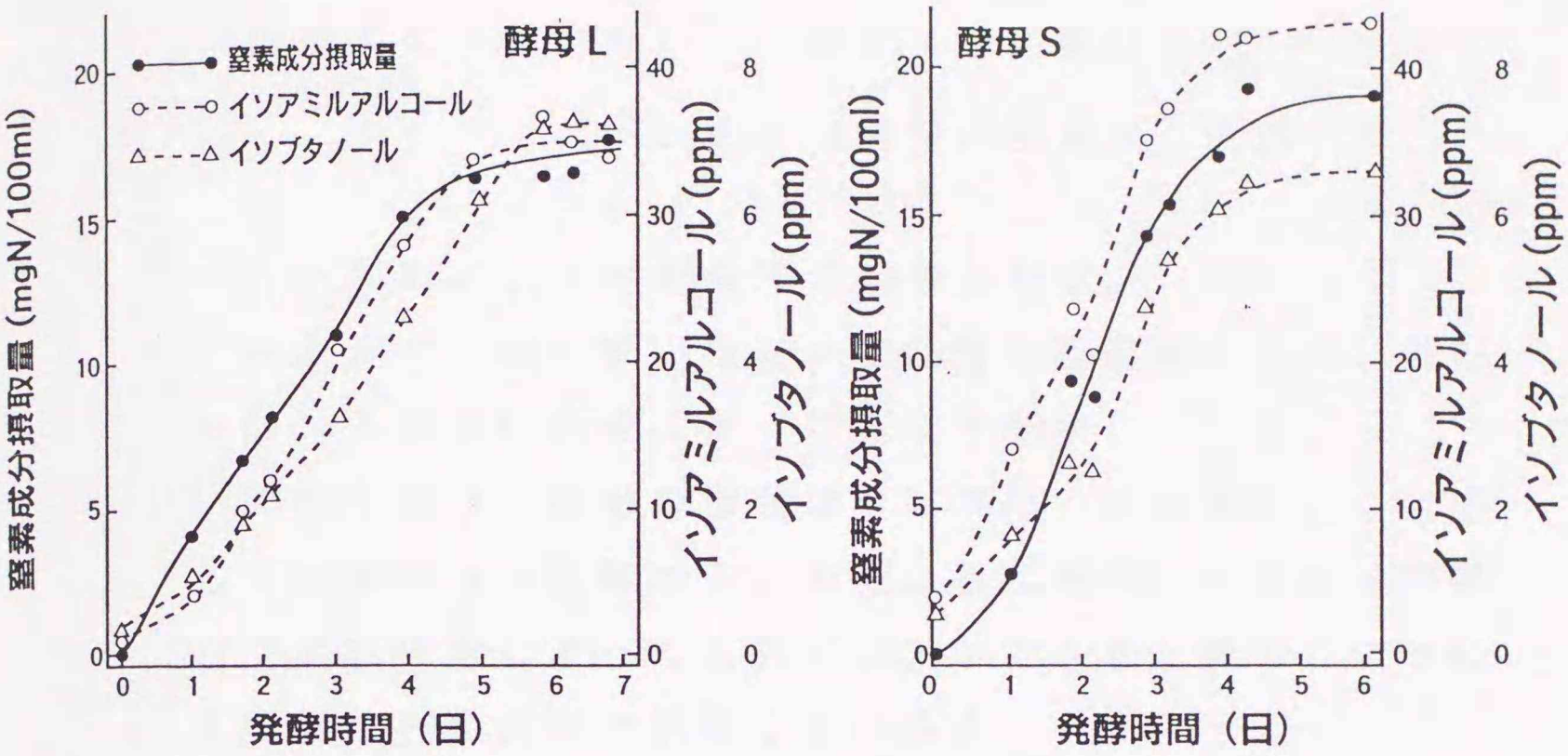
酵母：L
酵母添加量：6g/ℓ, 8g/ℓ
麦汁濃度：5～17°P
発酵温度：8℃,14℃

第2-14表. 高級アルコールの生成に影響する因子

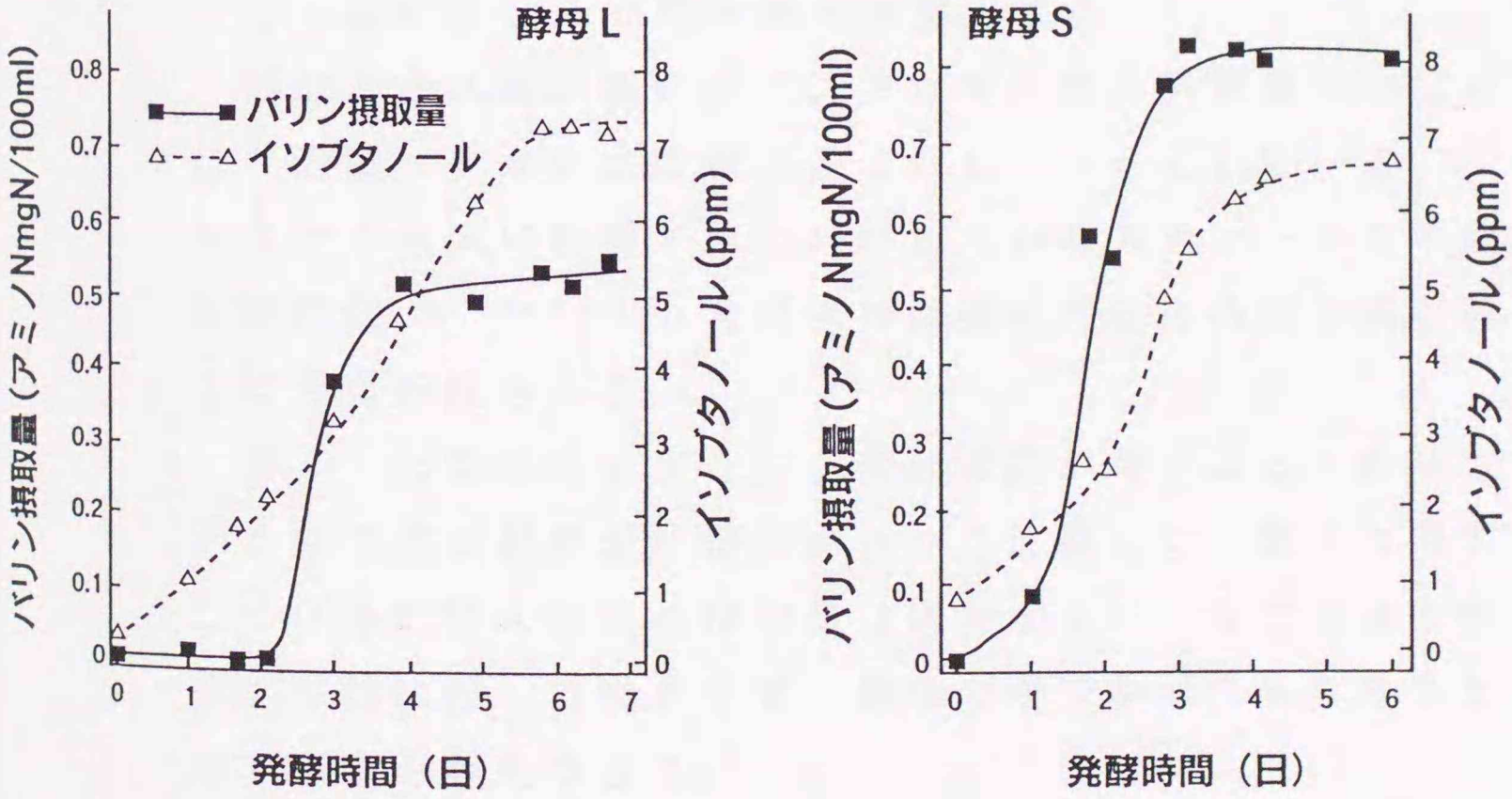
	イソアミルアルコール	イソブタノール
窒素成分摂取総量	0.965	0.938
ホルモル態窒素摂取量	0.976	0.945
アミノ酸摂取量	0.880	0.786
ロイシン摂取量	0.807	—
バリン摂取量	—	0.826
酵母増殖量	0.942	0.847

表中の数字は相関係数 (n=41)

酵　母：L　　酵母添加量：6g/ℓ, 8g/ℓ
麦汁濃度：5～17°P　　発酵温度：8℃,14℃



第2-28図. 現場主発酵における窒素成分総量の摂取と高級アルコールの生成



第2-29図. 現場主発酵におけるバリンの摂取とイソブタノールの生成

酵母Lについて5～17°Pの麦汁濃度、8℃と14℃の発酵温度の40発酵例で試算してみると

（酢酸エチル）（ppm）＝4.11×（摂取エキス量）（g／100g）－0.69×（酵母増殖量）（g／ℓ）－9.93

r＝0.886、1％危険率で有意となる。

摂取エキス量が多いほど、また酵母増殖量の少ないほど酢酸エチルの生成量は多くなることを示している。

前述のように酵母の増殖は窒素成分の摂取量によく対応しているから、酢酸エチルの生成量は摂取されたエキス量と窒素成分量によっても表すことができる。酵母Lについて同様に40発酵例で試算してみると

（酢酸エチル）（ppm）＝3.89×（摂取エキス量）（g／100g）－0.28×（窒素成分摂取量）（mgN／100g）－12.03

r＝0.876、1％危険率で有意となる。

摂取エキス量が多いほど、また窒素成分摂取量の少ないほど酢酸エチルの生成量は多くなることを示している。エステル生成に影響するといわれているステロールや不飽和脂肪酸[5、30、32]も考慮すれば更に回帰式の寄与率が高くなる可能性もある。

第2－15表に示すように、麦汁濃度が高くなると酢酸エチルの生成量が原麦汁濃度あたりで比較しても顕著に増大しているのはエキスの摂取量は増大するが、窒素成分の摂取がそれに伴って増大せず、酵母の増殖が頭打ちとなるためであると説明できる。

（7）ビールの揮散性成分組成に及ぼす麦汁濃度、発酵温度の影響

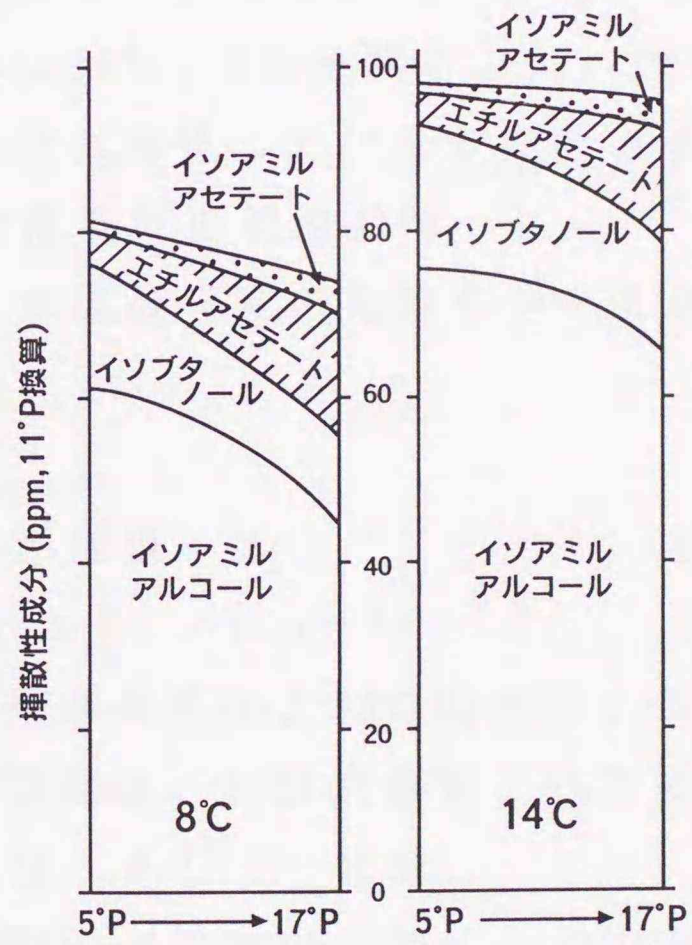
揮散性成分の生成に及ぼす麦汁濃度、発酵温度の影響を、視点を変えて、ビールの揮散性成分組成からみると、第2－30図に示す傾向にある。ビールの揮散性成分の量を原麦汁濃度あたりに換算して比較すると、麦汁濃度が高くなるにつれて窒素成分の摂取率が減少するから、イソブタノール、イソアミルアルコールなどの高級アルコールが少なくなり、エステルの多い組成となる。

温度が8℃から14℃に上昇すると窒素成分の摂取量が顕著に増大する結果、イソブタノール、イソアミルアルコールなどの高級アルコールが極めて多く、エステルがやや多い組成となる。

第2-15表. 麦汁濃度, 発酵温度が エチルアセテート生成に及ぼす影響

温度＼糖度	7°P	11°P	15°P
8℃	5.60	8.65	15.06
14℃	5.30	9.83	17.05

表中の数値はエチルアセテートの濃度：ppm (11°P換算)
酵母：L　　酵母添加量：6g/ℓ



第2-30図. 麦汁濃度、発酵温度とビールの 揮散性成分組成

酵母：L, 6g/ℓ

3．高濃度麦汁の低温発酵

醸造パイロットプラントを用い、低温発酵により、高濃度ビールを試醸し、発酵管試験により明らかにされている高濃度発酵の特徴を確認するとともに得られたビール香味について検討を加えた。

＜材料と方法＞

（1）高濃度麦汁の調製

工場から採取した一番搾り麦汁を糖度15°Pと11°Pに希釈し、ホップを添加し、120分間煮沸する。煮沸は醸造パイロットプラントの仕込装置を用いて行い、ホップ添加量は1.95g／ℓ（15.0°P麦汁）、1.40g／ℓ（10.8°P麦汁）、蒸発率は10%／120分間とした。煮沸後冷却して水で煮沸前の糖度に調整して仕上り麦汁とする。

（2）高濃度麦汁の低温発酵

70ℓ容温度可変の発酵タンクを用い、次の条件で発酵を行った。

酵母：L

酵母添加量：8g／ℓ

通気(2.5ℓ／min／70ℓ)：

酵母添加直後、30分間通気；5時間後、30分間通気；10時間後、30分間通気；10時間後、30分間通気

主発酵：8℃で9日間

後発酵：5℃で26日間；0℃で33日間

（3）麦汁とビールの分析

前項2（2）の同様の方法で行った。

＜結果と考察＞

（1）発酵経過

高濃度麦汁低温発酵における全ダイアセチル（ダイアセチル、2-3,ペンタンジオンおよびそれぞれの前駆体の合計）の消長を第２－16表に示す。全ダイアセチルの生成量は11°P麦汁、15°P麦汁ともに最高１ppm程度であり、高濃度麦汁では全ダイアセチルの生成が麦汁糖度に比例して増加することはなく、酒下し後の消失はむしろ促進されている。

第２－17表に示すように、発酵度は15°P麦汁の方がやや高い。高濃度麦汁では酵母増殖は高まるが、麦汁糖度の増加に比例しては増加しない。更に高濃度麦汁ではホルモル態窒素の摂取は増加するが、原麦汁濃度に比例しないので単位摂取糖量当りのホルモル態窒素の摂取量は少なくなっている。

酵母アミノ酸摂取に関しては第２－18表に示すように、麦汁濃度に関係なく、リジン、スレオニン、セリンは発酵開始とともに盛んに摂取され、発酵２～３日で 100％近く摂取され、メチオニンも発酵７日で90％程摂取されている。

一方、ヒスチジン、グリシン、トリプトファン、チロシンは発酵７日目でも摂取率は50～60％に留まっている。

次に通常濃度麦汁に比べ、高濃度麦汁では発酵７日後のアラニン、フェニルアラニン及びバリンの摂取率が10～25％程低くなり、特にアラニンの摂取が少なくなることが特徴である。

なお、発酵１～２日目の発酵液中のアミノ酸含量が麦汁

中の含量より増加するものがみられる理由は不確かであるが、酵母接種初期にみられる酵母の shock excretion[33] に類似した現象であるといえよう。

（2）揮散性化合物の生成

第2－17表に示すように、高濃度麦汁においてはエステルの生成は高くなるが、高級アルコール類の生成は麦汁糖度に比例しては増加しないか、或いはイソブタノールのように低くなっている。

高濃度麦汁において、イソブタノール生成が低いのはバリンのとり込みが少ないことに起因しているかも知れない。バリンに関してnegative feed backの機構が少しでも効いている場合はα－アセト乳酸の生成は抑制されるので[34] 全ダイアセチルの生成は第2－16表に示すように麦汁糖度の増加に比例しては増加しないのであろう。

（3）高濃度ビールの香味

前節第2項で述べたように、高濃度ビールの香味構造を判別関数分析によって解析した結果、その特徴が「麦芽香味」、「エステル香味」、「甘味」、「こくみ」、「まるみ」として捉えられることが分かった。

第2－19表に示すように、今回得られた15°Pビールの香味特徴も通常濃度ビールに対比して「麦芽香味」、「エステル香味」、「こくみ」、「甘味」、「まるみ」があるものとして捉えられ、指摘された「エステル香味」も快いものとして受け取られ、忌避すべきものとして評価されていない。

高濃度麦汁の発酵において、エステルの生成が高まるこ

とはAndersonとKirsop[5]により報告されているが、彼等の実験は温度20℃におけるものである。酵母*Saccharomyces cerecisiae*株の低温発酵（８℃）においても麦汁糖度が高まるとエステル生成が増加、エステル臭が強まるのはある程度までは避けられないことが判明した。

一般に通常濃度ビールでは、強いエステル臭は忌避されるようであるが、麦汁糖度が増した場合は快いエステル香として捉えられその高濃度ビール香味の特徴となることに注目しなければならない。

第２－19表に示した通常濃度ビールと高濃度ビールの香味特性を第１項で設定した高濃度ビールの判別関数式に代入してみると、それぞれｚ＝0.07569，ｚ＝0.24256であって11°Pビールは国産市販通常ビールの香味構造をもち、15°Pビールのそれらは高濃度ビールの香味構造にそれぞれ属していた。

第２－16表　高濃度麦汁低温発酵における全ダイアセチルの消長

原麦汁糖度 / 発酵日数	11.0°P	15.0°P
1	0.23ppm	0.27ppm
2	0.42	0.54
3	0.83	0.70
4	1.11	1.04
7	0.67	0.74
8	0.60	0.68
9	0.49	0.58
10	0.45	0.45
11	0.39	0.37
14	0.37	0.24
17	0.30	0.15

第２－17表　高濃度ビールの分析

	11.0°Pビール (A)	15.0°Pビール (B)	B／A
原麦汁糖度、°P	10.96	14.89	1.36
外観エキス、%	1.82	2.19	1.20
アルコール、w/w%	3.61	4.68	1.30
真正エキス、%	3.61	4.68	1.30
外観発酵度、%	83.6	85.5	1.02
真正発酵度、%	67.4	69.0	1.02
ホルモル態窒素、mg／100ｇ	10.4	14.5	1.39
ホルモル態窒素消費量、mg／100ｇ	13.5	16.8	1.24
ホルモル態窒素消費率、%	56.4	53.7	0.95
還元糖*、ｇ／100ｇ	1.02	1.12	1.10
還元糖消費量、ｇ／100ｇ	6.75	9.70	1.46
還元糖消費率、%	86.9	89.6	1.03
$\frac{\text{ホルモル態窒素消費量（mg）}}{\text{還元糖消費量（mg）}} \times 10^3$	2.00	1.73	0.87
イソアミルアセテート、ppm	1.1	1.6	1.45
イソブタノール、ppm	17.7	15.6	0.88
イソアミルアルコール、ppm	50.1	66.0	1.32
酵母増殖量[a]（ｇ／70ℓ）	605	668	1.10
酵母増殖率[b]	1.22	1.35	1.10

＊　マルトース換算

a　回収酵母量－添加酵母量

b　$\frac{\text{回収酵母量－添加酵母量}}{\text{添加酵母量}}$

第２－18表　高濃度麦汁低温発酵におけるα－アミノ酸の摂取率（％）*

原麦汁糖度	11.0°P					15.0°P				
アミ酸＼発酵日数	1	2	3	4	7	1	2	3	4	7
His	1.0	35.9	49.5	53.2	59.7	-2.0	19.2	43.0	46.3	60.4
Lys	20.4	92.5	98.9	99.3	99.4	43.2	76.5	98.9	99.6	99.9
Try	-2.5	45.4	48.6	50.0	55.4	-4.1	29.7	47.7	45.8	54.2
Arg	5.6	37.2	83.2	96.1	99.1	1.1	24.5	67.5	86.3	97.8
Asp	-13.5	55.3	96.6	96.8	97.3	-16.1	31.8	92.8	96.5	97.0
Thr	37.5	97.2	97.4	98.5	98.7	28.4	95.5	97.1	98.2	98.7
Ser	42.5	98.1	98.5	98.5	98.7	31.4	95.7	98.6	98.6	98.7
Glu	-12.7	30.6	83.7	90.9	95.0	-16.2	15.0	71.9	82.9	89.2
Gly	-22.3	21.1	33.1	50.7	57.5	-20.9	-8.6	28.4	35.0	52.8
Ala	-25.5	85.1	53.2	68.4	81.4	-23.5	-11.1	26.8	21.6	55.0
Val	-19.7	60.3	74.0	86.1	92.3	-18.9	7.7	50.6	63.2	79.8
Met	31.9	85.1	93.6	89.8	90.6	20.3	67.4	92.3	88.0	89.2
Ile	-1.0	60.3	97.3	98.5	98.7	-0.1	41.3	86.5	94.1	97.3
Leu	-4.6	61.2	98.0	99.2	99.3	-6.0	45.1	88.6	96.0	98.5
Tyr	-17.5	-1.7	29.7	41.0	50.9	-17.4	-4.0	21.1	24.1	41.9
Phe	-14.7	26.4	74.1	86.9	91.8	-15.9	15.5	55.2	67.8	80.5

＊ $\dfrac{\text{麦汁中のアミノ酸量－発酵液中のアミノ酸量}}{\text{麦汁中のアミノ酸量}} \times 100$

（注）○で囲んだ数値は麦汁より多くなったことを示す。

第２－19表　高濃度ビールの官能検査

香味特性＼原麦汁糖度	11.0°P	15.0°P
麦芽香味	0.35	0.70
エステル香味	0.30	1.50
エステル臭のよさ	0.10	0.80
ホップ香	0.25	0.30
ホップの異臭	0.05	0.10
ダイアセチル臭	0	0
汚染臭	0.25	0.05
未熟香味	0.05	0
硫化水素臭	0.05	0.05
酵母臭味	0.05	0
酸化臭味	0.25	0.25
日光臭	0	0
後苦味	0	0.25
渋味	0	0.20
甘味	0.10	0.45
その他の異常臭味	0.05	0
苦味の快さ	0	0.05
炭酸ガスの刺激	-0.05	0.30
こく	-0.10	0.80
まるみ	-0.10	0.55
軽快さ	-0.30	0.05
つまみ無しで楽しめるか	-0.45	0.60
香味のよさ	-0.35	0.60

パネル評点の平均値で示した。

4．高濃度ビールの新商品の品質設計と製造技術

前述の知見にもとづき、高濃度ビールを新商品として上市することを決定し、品質コンセプト、品質基準及び標準製造法を決定した。

品質コンセプト

通常濃度ビールとは明らかに識別される高濃度・プレミアムビール

香味特徴：“豊醇”かつ“爽快”
豊かな“エステル香味”、“麦芽香味”
快い“苦味”

品質基準

1）原麦汁濃度*1	14.5±0.2 °P＝w/w %
2）アルコール	6.0±0.2 v/v %
3）イソフムロンズ*2	28± 2 mg／ℓ
4）炭酸ガス	0.50±0.02 w/w%
5）色　　度	9.7±0.5 EBC単位*5
6）清 澄 度	0.4 EBC単位以下*5
7）フォーシング寒冷混濁濁度*3	3 EBC単位以下*5
8）全窒素含量*4	≧73mg／100ｇ
9）空気含量	≦ 2 mℓ／大壜
10）その他の特性値	ラガーと同等

＊1　アルコールの表示を6％とするため、推奨値15°Pより0.5 °P下げた。

＊2　“苦味”、“甘味”、“酸味”、“渋味”、“塩味”のバランス度の香味評価から決定。原麦汁濃度当りの苦味値（ラガー：11.0°Pで25.5mg／ℓ）より低目の設定となっている。
ビールの苦味質の本体はイソα酸と総称される一連の化合物でイソフムロン、イソコフムロン及びイソアドフムロンより成っており、苦味質の同義語として、イソフムロンズが慣用されている。(36)

＊3　50℃で2週間保存後0℃で24時間保存後の清澄度。

＊4　“豊醇さ”の強調、麦芽使用比率のアップ及び高濃度発酵における窒素成分の代謝量を考慮して設定。

＊5　EBC単位(EBC Units)は European Brewery Convention（ヨーロッパビール醸造連盟）が定めた単位で色度は分光光度計、清澄度・混濁度は吸光光度計で測定する。(35)

標準製造法

1）原　料　①麦　芽　　ラガー用麦芽・麦芽配合

②副原料*1　　醸造米のみ（対麦芽35%）

③ホップ*2　　ﾌｧｲﾝｱﾛﾏ・ｱﾛﾏﾎｯﾌﾟのみ
毬花圧縮のみ、Ⅲ番ホップ増量

2）仕　込　①糖　化　　ラガーと同条件

②麦汁沪過*3　　マッシュフィルターのクロスを木綿濾布、二番搾り終了時のエア掛けなし

③麦汁煮沸　　ラガーと同条件

3）発　酵　ラガーと同じ低温発酵（酵母添加－最高温度－酒下し＝5℃－8℃－4℃）

4）後発酵　長期熟成（ラガーの3倍）

5）沪過及び酒送り　ラガーと同条件

＊1　“麦芽香味”強調するため、麦芽比率アップ（ラガーの副原料：対麦芽40%）“豊醇さ”、“こくみ”付与のため醸造米 100%使用

＊2　“快い苦味”を実現するため、穏やかな苦味をもつファインアロマ・アロマホップを使用（ラガーに使用している苦味値の高いビターホップは使用しない）

＊3　麦汁の“清澄度”向上と“手づくり感”、“ていねいなつくり方”実現のため、目の細かい木綿沪布を使用（通常は目がやや粗く、沪過速度の早いポリプロピレン沪布を使用している）
通常二番搾り粕中のエキス回収のためエア押しを行うが、空気との接触を避けるためエア掛けを行わない。

第4節　要　約

1．総合研究所パネルに輸入ビール18点、高濃度ビール17点、国産市販通常濃度ビール22点を供試して官能検査を実施し、高濃度ビールの香味特性と嗜好性を調査した。

（1）輸入ビールの中では「酸化臭」「ダイアセチル臭」や「異常臭味」をもたず、「まるみ」、「苦味」、「エステル臭味」、「甘味」が優れた試料が「香味がよい」と評価された。

（2）高濃度ビールの香味特徴は通常濃度ビール（キリンラガー）に対比して「麦芽香味」、「エステル香味」、「こくみ」、「甘味」があるものとして捉えられ、これらの特徴は原麦汁濃度が高くなるにつれて顕著になった。

（3）高濃度ビールの「香味のよさ」は上記の香味特徴の調和性「まるみ」によって決定されていると判断され、原麦汁濃度15°Pビールのそれが13°P、17°Pビールに比べて最も優れていた。また香味安定性は原麦汁濃度が高くなるほど向上し、特に15°Pの香味安定性は顕著に良好であった。

2．原麦汁濃度15°Pビールの香味安定性について

（1）「まるみ」が「香味のよさ」に大きく寄与する。

（2）アルコール含量(5.0～5.8 w/w %)、真正エキス含量(4.8～5.9 %)および全窒素（67～97mg／100mℓ）はそれぞれこの範囲において「香味のよさ」及び「こくみ」と相関がない。

（3）イソフムロンズ（23～36mg／ℓ）は「苦味の快さ」と負の相関があるが、「香味のよさ」とは相関がない。イソフムロンズが30mg／ℓ以上になると「後苦味」が強くなり、

「苦味の快さ」が悪くなる。

（4）供試試料のイソアミルアセテート含量は 0.4～4ppm 、エチルアセテート含量は15～50ppm 、イソアミルアルコール含量は45～115ppmであり、何れの試料にも「エステル香味」が感じられ、快いと評価された。この「エステル香味の快さ」は供試ビールの「香味のよさ」と高度に正の相関があり、重要な特性とみられる。

（5）色度（430mμ吸光度値）は 0.333～0.492 、還元糖含量は1.1～1.7%であって、どの試料にも「麦芽香味」と「甘味」が指摘されたが、両特性と「香味のよさ」の間には相関がなかった。

（6）香味特徴は官能検査時の飲用量を増やすと若干強調されたが、その変動は有意でなかった。ラガービールの「香味のよさ」は 350㎖程度飲用した場合には著しく向上し、供試高濃度ビールと嗜好上の優劣を示さなかった。

（7）供試された高濃度ビールの香味構造は輸入ビール及び国産市販通常濃度ビールの香味構造と官能上それぞれ別の群を形成すると判断された。

3．酵母Lによる糖及び窒素成分の摂取と揮散性成分の生成に及ぼす麦汁濃度（5～17°P）と発酵温度（8℃、14℃）の影響

（1）発酵性糖のうち、単糖類は麦汁濃度、発酵温度に関係なく大部分が摂取されるが、麦汁濃度が高い場合には二糖類、発酵温度が低い場合には二糖類及び三糖類の摂取が緩慢となり、発酵度が低下する。

（2）全窒素の摂取は麦汁濃度が高くなるとやや緩慢となり、特にグリシン、アラニン、トリプトファン、チロシンなどの摂取率低下が著しい。発酵温度が高くなると窒素成分摂取の大幅な増大にともなって高級アルコールの生成は顕著に増大する。麦汁濃度が高くなると、窒素成分の摂取率の低下にともなって原麦汁濃度あたりの高級アルコールの生成は減少する。

（3）酢酸エチルの生成は摂取されたエキス量が多いほど、また窒素成分の摂取量が少なく、酵母の増殖が少ないほど多く生成する傾向がある。酢酸エチルの生成は発酵温度が高くなってもやや増大する程度であるが、麦汁濃度が高くなると原麦汁濃度あたりの生成の増大は顕著である。

4．醸造パイロットプラントで高濃度麦汁（15°P）を低温発酵し、試醸したビールの香味評価

（1）高濃度麦汁低温発酵では酵母増殖は増加するが原麦汁糖度には比例しない。ホルモル態窒素の摂取は増加するが、原麦汁濃度には比例しないで、単位摂取糖量当りのホルモル態窒素の摂取量は少なくなる。

（2）エステルの生成は高くなるが、高級アルコールは原麦汁濃度に比例しては増加しない。α－アセト乳酸の生成は通常濃度麦汁と同様である。

（3）アミノ酸代謝において、リジン、スレオニン、セリンなどが摂取され易く、ヒスチジン、トリプトファン、グリシン、チロシンが摂取され難いのは通常麦汁の場合と同じであるが、アラニン、フェニルアラニン、バリンなどは通常麦汁より摂取され難く、殊にアラニンの摂取が少なくなる。

（4）得られた15°Pビールは官能的に“麦芽香味”、“エステル香味”、“甘味”、“こくみ”、“まるみ”があるのが特徴であり、香味の総合評価が優れていた。

5．上記知見にもとづき、新商品として上市する高濃度ビールの品質コンセプトを次のように定めた。

通常濃度ビールとは明らかに識別される高濃度・プレミアムビール

・“豊醇”かつ“爽快”な味

・豊かな“エステル香味”と“麦芽香味”をもつ

・快い“苦味”

これらの品質コンセプトを満たす品質基準と標準製造法を定め、現場へ技術移転した。

第3章　ビールの醸造条件および香味安定性

第1節　序

第1章第2節で述べたように、ビール中には炭水化物と蛋白質が完全には低分子化されずに、これらの分解物が二酸化炭素過飽和の複雑なコロイド溶液として存在している。コロイドの安定性が崩れるとビールの清澄度が悪くなり、ひどい場合にはビールが濁ってくるだけでなく、香味のバランスが悪くなる。

壜（缶）詰されたビールの品質を損ねる環境や保存条件には日光、空気、高温、冷し過ぎ、振動がある。このうち空気は工程からの持ち込みで、壜（缶）の中に残っている空気中の酸素の作用によって酸化が起きるためである。酸化により味や香りが落ちてきて、「酸化臭」「劣化臭」「老化臭」と呼ばれる臭味がつく。更に酸化が進むとメラノイジン反応によりビールの色が茶褐色になり、濁りを生じてくる。

このため、ビール製造の各工程での空気管理及び溶存酸素管理がビール会社の永年の課題として熱心に取り組まれてきた。最近の溶存酸素含量の低下は目覚ましいものがあり、極限にきつつあると考えられる。

ビールの製造工程の中で仕込工程での醪と麦汁の酸化・還元状態が製品ビールの香味安定性に重大な影響を及ぼすことが判明してきた。

種々の酸化・還元指標を用いて醸造工程中の変動を定量的に調査し、ビールの香味安定性への影響を明らかにし、対策を講じることは意義深いものがある。更に工程中の溶存酸素だけでなく、主発酵パラメーターが香味安定性の指標に影響を及ぼす

のではないかと考え、低温発酵の実用性との両立を図れる醸造条件を見つけ出すため、大型パイロットプラントでの試験醸造をパラメーターの組み合わせを変えながら実施した。

第2節　麦汁の酸化とビールの香味安定性

麦汁あるいはビールの酸化還元状態を測る方法として溶存酸素の定量、酸化還元電位測定などがあり Van Gheluewの総説[1]に詳しい。溶存酸素定量法としてインジゴカルミン呈色法[37]及びその変法[41]、酸素の電解還元反応を利用して各種電極を用いて電流分析する方法[40,42]及びガスクロマトグラフィー法[43,44]がある。酸化還元電位測定には電気化学法と酸化還元指示薬法[2,5,19]がある。電気化学的方法には酸化還元電極で直接電位差を測定する方法[4,18]あるいは一定の電位差まで酸化剤で電位差滴定する方法[3,6,7,8]がある。またGrayとStone が Indicator Time Test（以下 ITTと略す）を提唱して以来[9,45]、2，6－ジクロロフェノールインドフェノール（DCI)を用いてビールの還元性物質を定量する方法が種々提出[10-17]された。その他還元性物質を燐－18－タングステン酸試薬、ジピリジル鉄塩[21,46]、ジフェニールピクリルヒドラジルで定量する方法[20]もある。麦汁やビールについてここに挙げた方法の一つあるいはいくつかを用いて分析が実施された例はあるもののそれら諸分析値とビール香味安定性との対応関係が論じられた例はない。

麦汁に取り込まれる空気（酸素）のビール香味安定性への影響については検証されていない。 Narzissら[24,39]は麦汁沪過時の溶存酸素含量を調査し、ロイターを使えば1番搾り麦汁、

2番搾り麦汁の溶存酸素含量はそれぞれ 0.1－1.0mg／ℓ、0.1－0.7mg／ℓ、密閉式マッシュフィルターではそれぞれ0.15－0.3mg／ℓ、 0.1－0.2mg／ℓにできると報告している。酸素は麦汁中の糖や樹脂に吸収されるのであるが[25] Lieら[26]は希亜硫酸液を用いて仕込室での麦汁の酸素吸収量を推察し、糖化初期では3－8mg／ℓの酸素吸収があるにすぎないが麦汁沪過を含む糖化後期には25－50mg／ℓもの酸素が吸収され、煮沸及びワールプール工程ではそれぞれ3－15mg／ℓ、3－20mg／ℓであると報告している。

糖化[25, 27-31]、麦汁沪過、湯搾り（二番搾り）麦汁[32]、煮沸[25, 29, 33-37]、ワールプール処理[35]あるいはフローテーション工程[38]で醪あるいは麦汁に酸素あるいは空気を通気してみると、麦汁の溶存酸素含量が増加し[10]、ポリフェノール類が減少し[27, 29, 30, 32, 33, 38]、その重合度が高くなり[27, 28, 29, 33]、酸化還元電位rH[40]及びITT値が高くなり[27-29, 33]、SH化合物が減少し[10]、イソフムロンズの酸化物[34, 37]が増大して、トリューブ生成が少なく[35]、メラノイジンのアルコール酸化能は減少し、色度は増加する[10, 25, 27, 29, 33, 36]、しかし得られるビールの混濁安定の良否については意見が分かれ[10, 25, 33, 36]、酸素を通気した麦汁から調製したビールは苦味が悪い[10, 32, 33]と報告されているのみである。

発酵開始時の麦汁に供給する酸素は酵母の増殖に不可欠であるが、壜詰ビールに混入する空気（酸素）はアルデヒドの生成を促進して酸化臭をもたらし香味の劣化を早めるとともにポリフェノールを酸化重合させて混濁を生成するので排除すべきものである。ビールの酸化臭生成反応は空気がほとんどなくても

進行するのでビールへの酸素混入を防ぐのみでは酸化臭をよく防ぐことはできないと認識されている。

著者らは文献あるいはビールの酸化還元状態の測定法を検討し直し[20]、醸造パイロットプラントを用いて麦汁の酸化を促進させた「酸化仕込」と麦汁の酸化を極力抑えた「還元仕込」を実施し、麦汁の酸化・還元状態とビールの香味安定性の関係を調査した。

〈材料と方法〉

1．「酸化仕込」「還元仕込」の仕込条件

醸造パイロットプラントで各々6回ずつペアで行った。

（1）酸化仕込：麦汁の酸化を促進するため、第3－1図の条件で空気を通気した。

（2）還元仕込：麦汁の酸化をできるだけ少なくするため、醪や麦汁に第3－1図の条件で窒素ガスを通気し、麦汁沪過、糖度調整時にも空気の巻き込みをできるだけ少なくした。

2．麦汁またはビールの分析

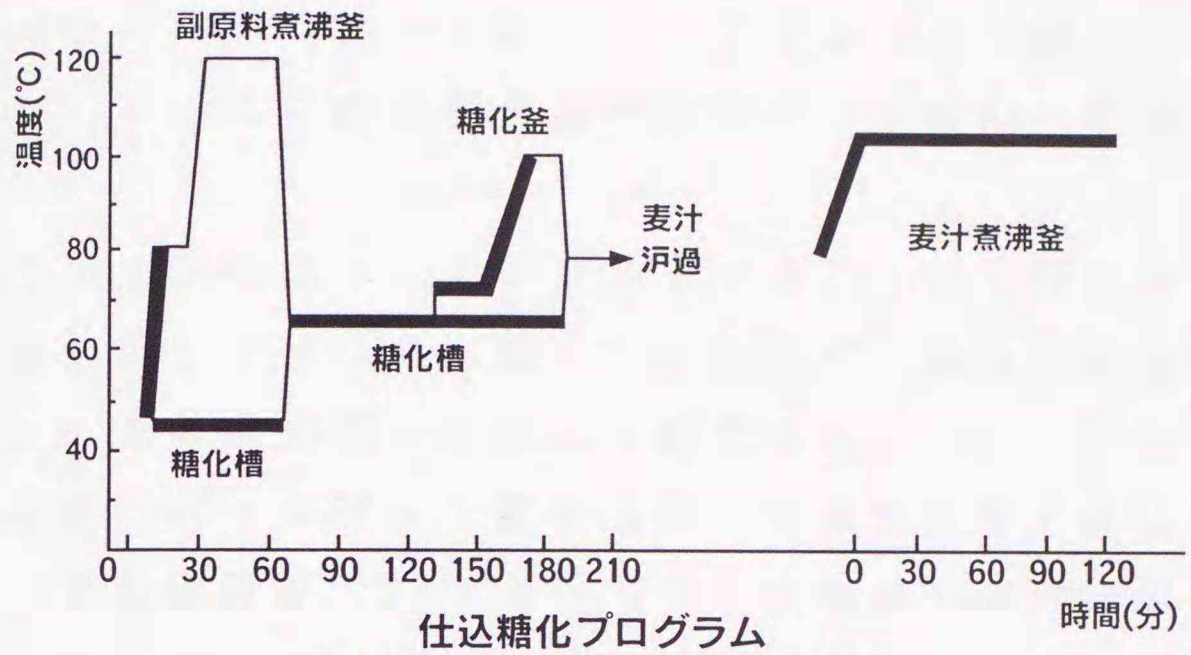
一般化学分析：キリン分析法によって分析した：色度、EBC単位；比重；外観エキス、％；外観発酵度、％；真正発酵度、％；ｐＨ；酸度、㎖N／10NaOH／100ｇ；ホルモル態窒素、mg／100ｇ；全窒素、mg／100ｇ；マルトース、％；デキストリン、％；イソフムロン、mg／ℓ；濁度、EBC 単位；50℃、2週間濁度、EBC 単位；50℃、2週間後寒冷濁度、EBC 単位

ポリフェノール：（ａ）EBCポリフェノール[47]、ガス抜きしたビール10㎖に1％ CMC／0.2％EDTA試薬8㎖、3.5％クエン酸鉄アンモニウム 0.5㎖を加え蒸留水で25㎖に満たして10分後の

呈色を600nmの吸光度で測定してポリフェノール量(ppm)とする。

（b）カテキン、アントシアノーゲン、タンニノーゲン；

Dadic の方法[48]を一部改変して用いた；ガス抜きビール20mℓに蒸留水20mℓポリアミド２ｇを加え30分間振とうする。懸濁液を遠心分離してポリアミドを回収し、90mℓのプロパノール：濃硫酸（５：１）とともに 250mℓメスフラスコに採り冷却管を付して30分間還流煮沸した。冷却した上澄の455nm, 545nm における吸光度を測定して、カテキン(ppm）、アントシアノーゲン(ppm）、タンニノーゲン(ppm）を算出する。



仕込糖化プログラム

太線を施した個所で下記の通り通気した

	仕　込	糖　　化	麦汁沪過、糖度調整	麦　汁　煮　沸
第1回	酸化仕込 還元仕込	空気　5ℓ/min/25ℓ 窒素　5ℓ/min/25ℓ	湯搾り水を通気して使用。 湯搾り水を窒素で通気して使用。 糖度調節時の空気のまきこみを防ぐ。	空気　15ℓ/min/85ℓ 窒素　15ℓ/min/85ℓ
第2回	酸化仕込 還元仕込	空気　50ℓ/min/25ℓ 窒素　25ℓ/min/25ℓ	通常の作業方法。 糖度調節時の空気のまきこみを防ぐ。	空気　50ℓ/min/85ℓ 窒素　25ℓ/min/85ℓ
第3回	酸化仕込 還元仕込	空気　50ℓ/min/25ℓ 窒素　50ℓ/min/25ℓ	通常の作業方法。 糖度調節時の空気のまきこみを防ぐ。	空気　50ℓ/min/85ℓ 窒素　50ℓ/min/85ℓ
第4回	酸化仕込 還元仕込	空気　50ℓ/min/25ℓ 窒素　50ℓ/min/25ℓ	湯搾り水を通気して使用。 湯搾り水を窒素で通気して使用。 麦汁沪過の雰囲気を窒素で充満、糖度調節時の空気のまきこみを防ぐ。	空気　50ℓ/min/85ℓ 窒素　50ℓ/min/85ℓ
第5,6回	酸化仕込 還元仕込			空気　50ℓ/min/85ℓ 窒素　50ℓ/min/85ℓ

*第5,6回の酸化あるいは還元仕込はD工場1番搾り麦汁を採取して煮沸した。

第3-1図. 酸化あるいは還元仕込条件

イソアミルアセテート、イソアミルアルコール： 300mℓ容三角フラスコにビール50mℓ、内部標準として1000ppm n －ブタノール１mℓを加えて40℃で１時間加温した後，ヘッドスペースガス１mℓをガスクロマト分析する。アスコルビン酸：ベーリンガーマンハイム山之内社製食品分析用キットを用いて測定する(49)。

アスコルビン酸はフェナジンメトサルフェート存在下で特異的に還元しテトラゾリウム塩－フォルマザン複合体を生成するので578nm での吸光度の増加より定量する。

亜硫酸：ビール50mℓを硫酸酸性、窒素気流中で蒸留し、流出してくる亜硫酸を2.72％塩化第２水銀溶液25mℓに捕集し、 100mℓとしたものを２mℓ採り0.02％ロ－ザニリン－ 0.1％ホルムアルデヒド溶液２mℓを加え35分後に 560nmにおける吸光度を測定する。

溶存酸素：麦汁の溶存酸素含量はベックマン 777型溶存酸素計で、発酵液、ビールの溶存酸素含量はDigoxEC-３型溶存酸素計でそれぞれ測定した。

酸化・還元指標の分析：

（１）酸化還元電位

王冠穿孔機に試料ビール壜を装着して王冠を穿孔し、高純度窒素ガスを送り込みニードルを通じてビール約 100mℓを空気に触れないよう測定機器に移す。測定機器には酸化還元電極（白金電極と比較電極を組み込んだ複合電極）を装着し、予め高純度窒素ガス（約８ℓ／min)を通じて気相を置換しておく。測定容器を25℃に保ち攪拌しながら高純度窒素ガスを30mℓ／min の流量を２時間通気した後の電位を測定する。標

準水素電極に対する電位に補正するため、測定電位に比較電極の単極電位（241mV)を加えてビールの酸化還元電位とした。

（2）I_2還元力

ビーカーに採ったビール 100mℓに上述の酸化還元電極を浸し室温で攪拌しながら、I_2溶液を低流量ポンプで滴下(0.817mℓ／min)し電位差滴定する。電位差計は記録計に接続し電位差を滴下試薬量に対して描かせ、電位差の変化が最大となる点（変曲点）に達するまでに要した試薬量を求める。予め10ppm あるいは 100ppm ℓ－アスコルビン酸ナトリウム溶液を同様に滴定しておき、ビール中の還元性物質をℓ－アスコルビン酸ナトリウム換算値（ppm)で表す。

（3）Fe^{3+}還元力

Fe^{3+}還元力の測定は（2）のI_2溶液のかわりにFe^{3+}溶液を用いて同様に行なった。

（4）DCI還元力

De Clerk・Van Cauwenberge の方法[10]を改変して行なった。使用直前に DCI保存液を緩衝液で20倍希釈して調製したDCI溶液 5 mℓと水 5 mℓを混ぜ 520nmの吸光度（$O.D._{540\ nm}$が約 1.2になるようにDCI保存液を希釈する）を求め、予め作製した検量線から反応前のDCI(μg／mℓ）量を求める。同様にDCI溶液 5.0mℓをビール 5.0mℓに混ぜ、20℃に30分間保った後の 520nmの吸光度から残存する DCI量（μg／mℓ）を求めて反応前の DCI量より差し引いてビールにより還元されて退色した DCI量（μg／mℓ）を求める。 DCI溶液とビールの混合液1 mℓにより20℃、30分間に還元された DCI還元力とする。

（5）H_2O_2還元力

H_2O_2が$Fe^{2+}$$Fe^{3+}$に酸化し、その$Fe^{3+}$がキシレノールオレンジ(XO)と複合体を形成し 540nmにおける吸光度が増加する反応[22,23] を利用して、ビールに添加したH_2O_2の減少を調べる。40℃に保ったビール10.0mℓに36ppm H_2O_2溶液 1.0mℓを添加し攪拌後1.0mℓを採り10倍に希釈して、その2.0mℓを発色液4.0mℓに加え室温に60分間放置後540nmにおける吸光度を測定する（試料、O.D.$_{540}$, 0min)。別にH_2O_2を添加したビールを40℃に30分間保った後、同様に希釈し発色させて吸光度を測定する（試料O.D.$_{540}$,30min)。ビールにより30分間に還元、分解されたH_2O_2量は次式により求められる。

H_2O_2還元力（%）

$$= \frac{(\text{試料、O.D.}_{540}, \text{ 0min}) - (\text{試料、O.D.}_{540}, \text{ 30min})}{(\text{試料、O.D.}_{540}, \text{ 0min})} \times 100$$

（6）Fe^{2+}酸化促進力

H_2O_2還元力の測定においてH_2O_2がFe^{2+}を酸化する反応は水よりもビールにH_2O_2を添加した時の方が進行しやすい。そこで、H_2O_2還元力の測定と同様に40℃に保った水10.0mℓに36ppm H_2O_2溶液1.0mℓを添加後、1.0mℓを採り10倍に希釈して、その2.0mℓを発色液4.0mℓに加え室温に60分間放置し 540nmにおける吸光度を測定する（水、O.D.$_{540}$, 0min)。次式よりFe^{2+}酸化促進力が計算される。

$$Fe^{2+}\text{酸化促進力} = \frac{(\text{試料、O.D.}_{540}, \text{ 0min})}{(\text{水、O.D.}_{540}, \text{ 0min})}$$

（7）褐変能

ビールを50℃で4日間保存し、増加した色度を430nm にお

ける吸光度で表示して褐変能とする。

（8）酸素吸収能

125mℓ容サンプル壜にビール 100mℓを素早く採取し、密栓をして50℃で46時間振とうした後、ヘッドスペースガス1mℓをガスクロマトグラフで分析しビール1ℓに吸収される酸素量(ppm) を求める。

（9）H_2O_2生成力

著者らは麦汁やビールに光を照射した時にH_2O_2が蓄積することを見出し、光の強さや照射時間がH_2O_2生成量に大きく影響することも確認した。

ビールを三角フラスコに採り3分間攪拌した後50mℓ容ビーカーに20mℓ採る。光源として水銀灯を用い18,000lxの明るさの位置にモーターにより回転する板を置き、その上にビールの入ったビーカーを載せ、明るさにむらがないように回転させながら30分間光を照射する。照射後ビール 2.0mℓをH_2O_2還元力測定に用いたのと同じ発色液を 4.0mℓを加え室温に60分間放置して 540nmにおける吸光度を測定する。光照射前のビールも同様に吸光度を求めておき、30分間の光照射により増加した吸光度の増加をH_2O_2生成力とする。

（10）H_2O_2分解力

H_2O_2測定装置（オリテクターモデル－Ⅱ）を用いビールに添加したH_2O_2の分解力を求める。ビール1.0mℓを緩衝液9.0mℓに加え攪拌後 2.0mℓを測定用セルに採り30℃に保ちながら窒素ガスを通じ溶存酸素を除く。一定量まで溶存酸素が減少したら100ppm H_2O_2溶液10μℓを注入し(0.05ppm濃度になる)、1分間窒素ガスを通じてH_2O_2溶液中に含まれていた溶存酸素を

除き、さらに2分後（H_2O_2溶液を注入してから3分後）予め溶存酸素を除去しておいたカタラーゼ液（オリテクター専用試薬）を 100μl注入し、発生する酸素を酸素電極で検出し残存するH_2O_2量を求め、H_2O_2注入量(0.5ppm)から差し引き3分間に分解されたH_2O_2を求めてH_2O_2分解力（ppm)とする。

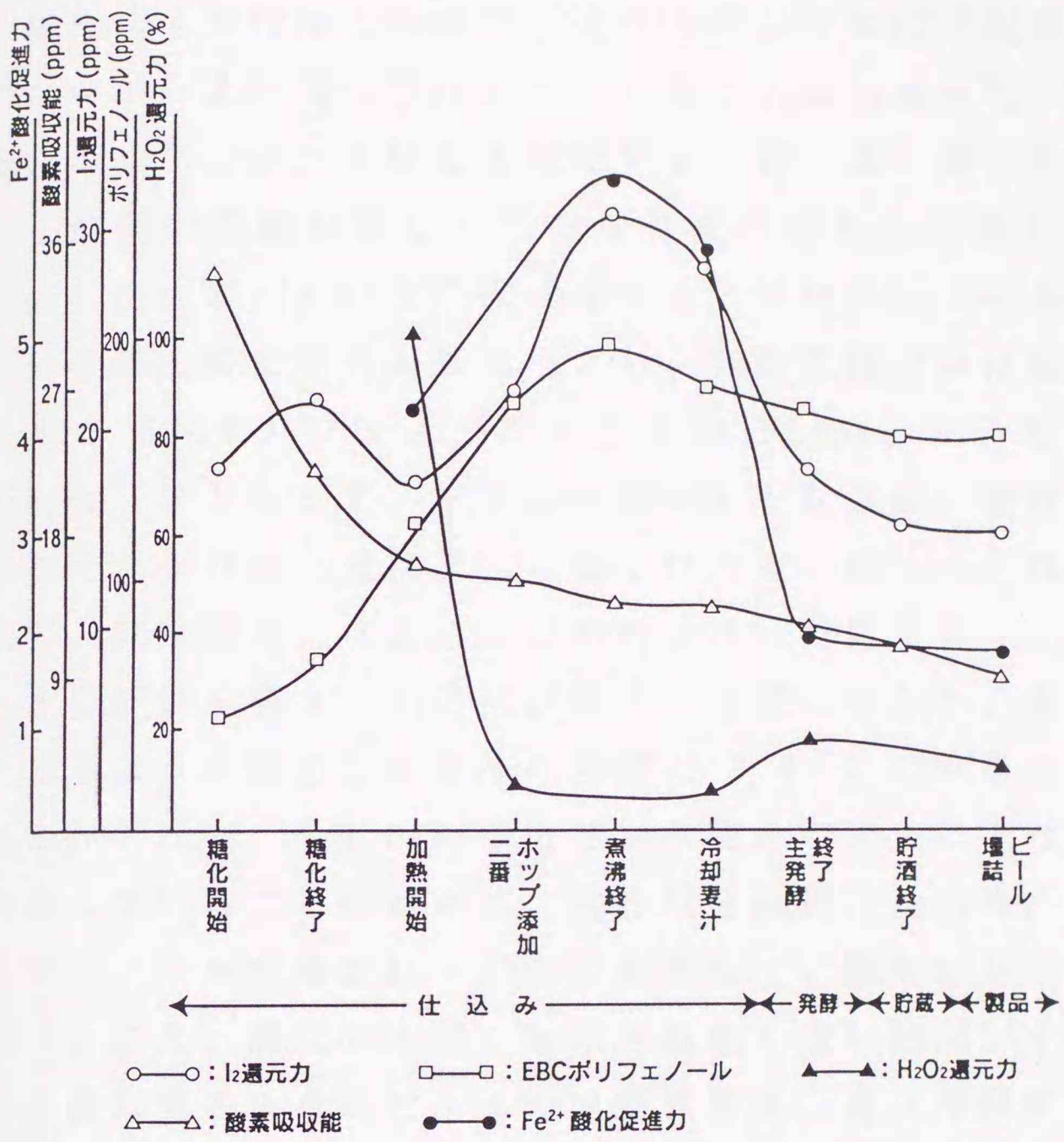
3．官能検査

ビールを新鮮時あるいは40℃で5－7日間保存した後研究所パネルによりビール鑑定表[53]を用いて検査する。

〈結果と考察〉

1．仕込工程における麦汁の酸化還元状態

第3－2図には仕込工程での麦汁酸化還元状態－I_2還元力、H_2O_2還元力、Fe^{2+}酸化促進力、酸素吸収能－及びEBC ポリフェノールの変化を示した。麦汁の酸化還元指標、ポリフェノールともに仕込工程で大きく増減するので得られるビールの酸化還元状態は仕込工程でほぼ決定されると見てよい。I_2還元力は糖化及び煮沸終了までに増大し、発酵、貯蔵により漸減する。H_2O_2還元力は煮沸開始前が高く煮沸により激減し発酵貯蔵工程でわずかに回復する。Fe^{2+}酸化促進力は煮沸終了時に最大に達し、麦汁冷却、発酵により激減し以降は漸減する。酸素吸収能は糖化、麦汁煮沸工程で糖化開始時の60%程度までに低下し以降は漸減する。ポリフェノールは糖化、煮沸工程で生成して煮沸終了時に最大含量を示し、麦汁冷却、発酵、貯蔵を通じてわずかに減少する。



醸造パイロットプラントでの変化を示した（数値は11°P麦汁換算値）

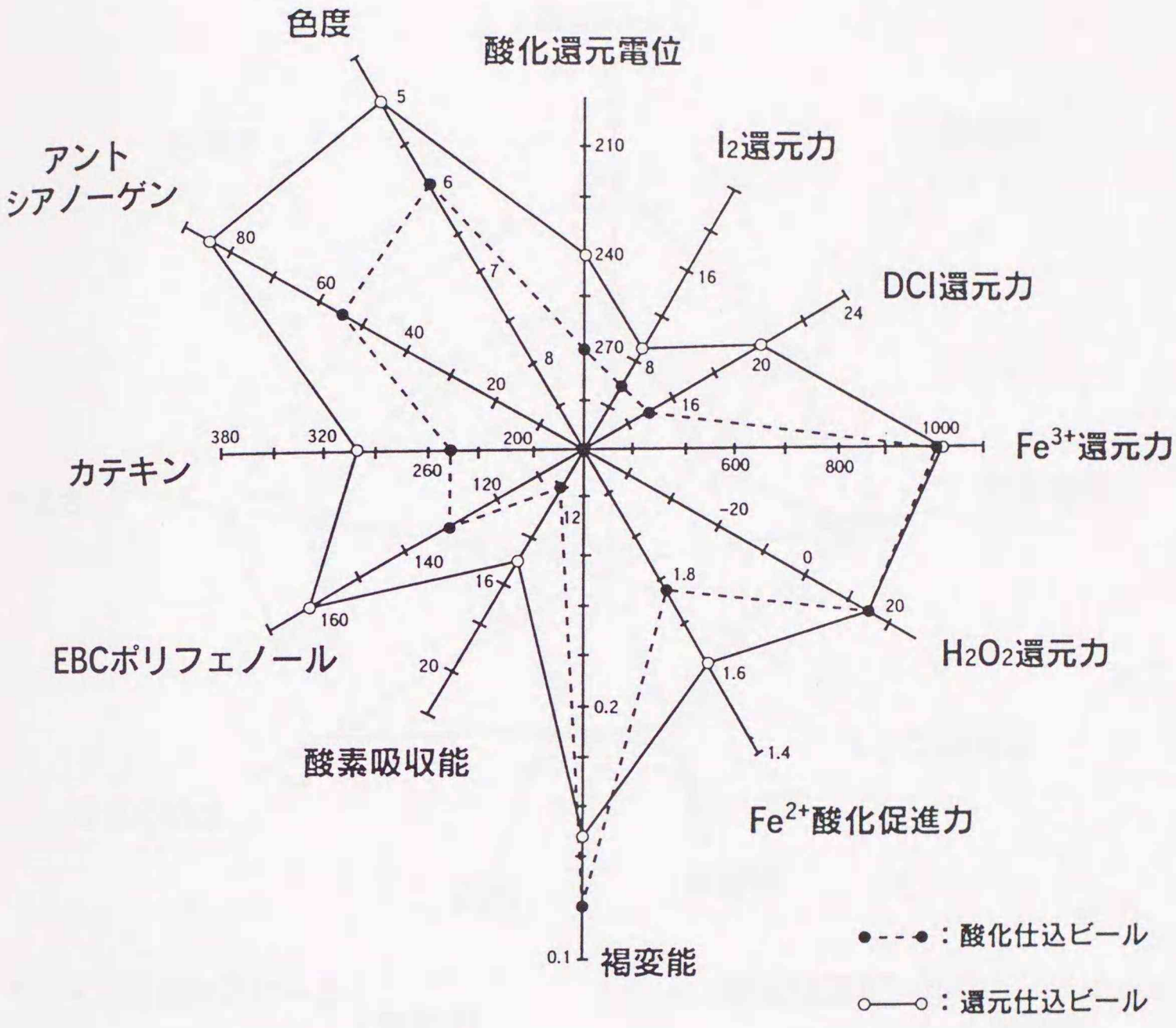
第3-2図. 麦汁とビールの酸化還元状態

2．麦汁の酸化がビールの香味安定性に与える影響

酸化仕込麦汁は工場麦汁に比べて見かけの溶存酸素含量は高くないが、より強く酸化されていることがI_2還元力、酸素吸収能、ポリフェノールなどを比較すると分かる。麦汁を酸化させると酸素吸収能が著しく低くなり麦汁で見ると還元仕込の19ppm に比べて11ppm とほぼ半減する。ポリフェノールは糖化並びに煮沸工程で原料より抽出され、発酵工程以降は減少し、ビールで EBCポリフェノールとして約155ppm、カテキンとして355ppm、アントシアノーゲンは55ppm となるが、麦汁の酸化によりそれぞれの含量は著しく低くなり還元仕込のそれぞれ80％、80％、65％程度となる。仕込毎の麦汁分析値を第３－１表にビール分析値を第３－２表及び第３－３図に示した。第３－１表に見るように酸化仕込麦汁の色度は 7.8－9.7EBC単位、還元仕込麦汁では 5.4－7.0EBC単位であり麦汁の通気により褐変反応が進んでいることがわかる。酸化仕込は還元仕込麦汁に比べポリフェノール含量が10－40％程度少なく、酸度が高く、ｐＨが低い。また、還元力が弱く酸素吸収能も低い傾向がある。第３－２表に見るようにビールの外観発酵度、真正発酵度などは両仕込ビールの間に差が認められないが酸化仕込のビールの色度は 0.2－1.7EBC単位濃く、ポリフェノール含量は EBCポリフェノール、カテキン、アントシアノーゲンともに還元仕込ビールよりそれぞれ７－46％、４－29％、19－53％小さい。第３－３図に見るように酸化仕込ビールは還元仕込ビールと比較して酸化還元電位が高く、I_2還元力、DCI 還元力が弱く、反対にFe^{2+}酸化促進力は強くなり酸素吸収能が低下し、ポリフェノール類の含量も低く酸化状態にあって酸化臭がつきやすい状態にある

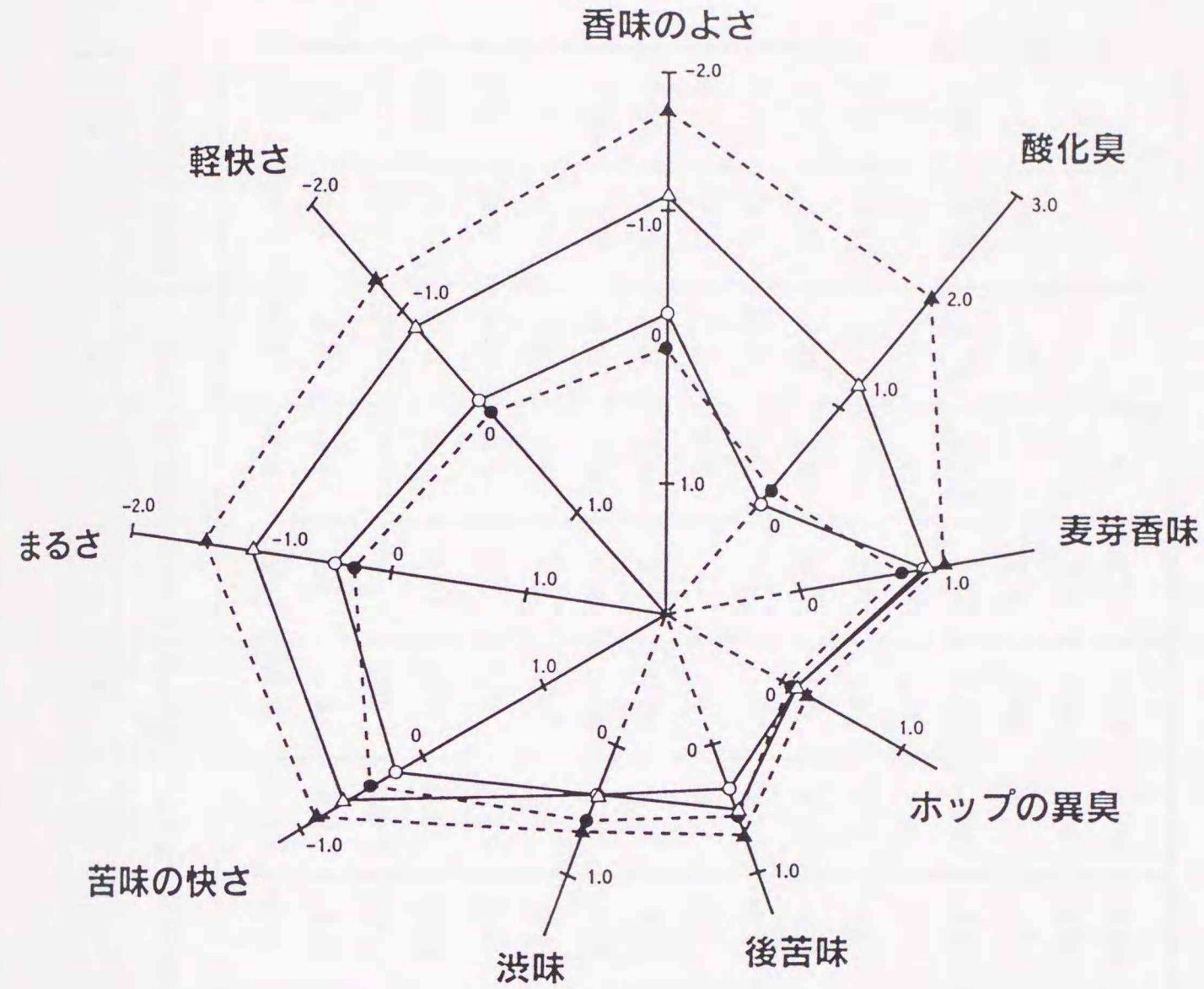
といえよう。Fe^{3+}還元力とH_2O_2還元力には差は認められない。

これらビールを新鮮時あるいは40℃で5日間保存した後官能検査して第3－3表と第3－4図に示した。酸化仕込ビールは新鮮時には酸化臭があるわけではなく還元仕込ビールと変わりがないが、保存してみると還元仕込ビールより酸化臭が著しく強くつき、同時に軽快さ、まるさがより少なくなり、後苦味、渋みの指摘が多くなり香味の良さが著しく低下する。



6回の酸化あるいは還元仕込ビールの平均値を示した
（第3-2表参照）

第3-3図. 酸化あるいは還元仕込ビールの酸化還元状態



第1～6回仕込ビールの平均値を示した（第3-3表参照）

第3-4図. 酸化あるいは還元仕込ビールの香味安定性

第３－１表　酸化あるいは還元仕込で得た麦汁

分析値＼仕込	第１回		第２回		第３回		第４回		第５回		第６回	
	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込
色　　度(OD_{430})	0.399	0.295	0.335	0.287	0.359	0.263	0.384	0.277	0.354	0.306	0.363	0.302
色　　度(EBC法)	8.4	7.0	8.4	6.9	8.8	5.4	9.7	6.3	7.8	6.3	9.4	6.6
比　　重	1.04328	1.04325	1.04311	1.04319	1.04309	1.04283	1.0449	1.04415	1.04310	1.04338	1.04412	1.04406
外観エキス	10.78	10.78	10.74	10.76	10.74	10.67	11.07	10.99	10.74	10.81	11.01	10.97
ｐＨ	5.61	5.72	5.62	5.70	5.65	5.75	5.71	5.81	5.62	5.69	5.60	5.72
酸　　度	10.3	9.9	9.4	9.0	9.6	8.5	9.6	9.4	9.1	9.0	9.6	9.2
ホルモル態窒素	25.6	25.4	23.1	23.2	23.0	22.1	26.4	26.4	23.7	24.0	26.1	25.9
全　窒　素	71.9	70.7	64.4	63.4	66.9	60.6	72.2	72.3	72.5	71.5	76.1	74.6
マルトース	7.60	7.90	8.06	8.20	7.78	7.65	—	—	7.88	7.95	7.91	8.08
デキストリン	1.65	1.23	1.49	1.18	1.49	1.62	—	—	1.61	1.52	1.43	1.25
イソフムロン	38.6	32.6	43.5	42.7	52.5	51.2	45.7	41.3	48.3	46.9	43.3	44.5
I_2 還元力	—	—	8.5	18.0	9.1	17.7	9.2	19.7	—	—	11.1	15.1
酸素吸収能	—	—	—	—	11.3	19.0	11.3	19.2	—	—	—	—
EBC ポリフェノール	191.1	214.0	109.1	173.0	143.1	186.1	136.1	223.9	142.7	153.3	156.6	168.5
カ　テ　キ　ン	—	—	—	—	422.3	456.7	394.5	460.5	—	—	—	—
アントシアノーゲン	—	—	—	—	60.6	104.5	60.8	114.5	—	—	—	—
タンニノーゲン	—	—	—	—	482.9	561.2	455.3	585.0	—	—	—	—

第３－２表　酸化あるいは還元仕込で得たビールの酸化還元指標

分析値＼仕込	第１回		第２回		第３回		第４回		第５回		第６回	
	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込
色　　度(OD_{430})	0.290	0.238	0.268	0.232	0.270	0.193	0.249	0.233	0.237	0.225	0.261	0.230
色　　度(EBC法)	6.6	5.4	5.6	5.0	6.3	4.6	6.3	4.8	5.0	4.8	5.9	5.0
外観発酵度	80.2	85.6	88.8	88.6	85.9	84.5	87.4	87.5	84.6	85.3	86.6	85.2
真正発酵度	65.6	70.5	73.1	72.2	70.5	69.1	72.7	72.0	69.2	71.1	70.8	69.6
ｐＨ	4.23	4.13	4.20	4.18	4.30	4.30	4.22	4.27	4.18	4.10	4.29	4.27
酸　　度	13.5	13.9	14.0	13.9	14.0	12.5	14.0	13.7	13.9	13.6	14.4	14.7
イソフムロン	24.4	18.0	26.7	24.6	35.1	31.0	25.8	21.1	27.4	22.5	27.8	27.8
EBC ポリフェノール	165.6	177.9	103.3	162.0	128.4	166.1	114.0	173.0	128.7	137.8	138.6	155.0
カテキン	285.6	306.5	241.4	335.4	247.5	296.2	249.3	351.8	249.1	260.4	214.7	252.0
アントシアノーゲン	93.0	116.6	49.2	93.1	54.2	94.7	34.5	74.0	52.3	68.7	47.7	58.8
タンニノーゲン	378.6	423.1	290.6	428.5	301.7	390.9	283.8	425.8	301.4	329.1	262.4	310.8
EBCポリフェノール/アントシアノーゲン	1.78	1.53	2.09	1.74	2.37	1.75	3.30	2.34	2.46	2.01	2.90	2.63
酸化還元電位	316	291	270	224	257	226	262	242	279	220	238	258
I_2 還元力	4.1	6.8	4.0	8.6	7.6	10.9	7.4	11.6	5.6	8.0	7.2	8.9
Fe^{3+}還元力	1000	1000	1060	1080	1000	1000	1010	980	990	990	990	990
DCI 還元力	30.0*	33.2*	10.5	20.0	16.2	20.5	14.4	22.4	16.4	18.0	16.4	19.6
H_2O_2還元力	—	—	—	—	15.7	15.9	10.9	-1.9	—	—	25.0	35.4
Fe^{2} 酸化促進力	—	—	—	—	1.79	1.77	1.71	1.44	—	—	1.81	1.65
酸素吸収能	—	—	10.4	13.9	12.8	16.5	9.1	14.5	11.0	13.0	13.8	17.1
褐　変　能	—	—	—	—	0.129	0.145	0.128	0.189	—	—	0.101	0.110

＊ 150分間に還元された量

第３－３表　酸化あるいは還元仕込で得たビールの香味安定性

分析値＼仕込	第１回		第２回		第３回		第４回		第５回		第６回	
	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込	酸化仕込	還元仕込
麦芽香味	1.43	1.00	1.29	1.29	1.33	1.00	0.83	0.83	0.90	0.90	0.90	0.80
エステル香味	0.86	0.57	0.71	0.57	0.67	0.56	0.67	0.58	0.60	0.70	0.60	0.40
ホップ香	0.14	0	0	0.29	0.44	0.44	0.17	0.27	0.10	0	0.20	0.10
ホップの異臭	0.29	0.14	0.14	0.29	0.33	0.08	0.08	0.08	0.40	0.10	0	0.10
ダイアセチル臭	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染臭	0.14	0	0	0	0	0	0.17	0.33	0.10	0	0	0
未熟臭	0	0	0	0.14	0.11	0	0.08	0.17	0	0.10	0.10	0
硫化水素臭	0.14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
酵母臭味	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
酸化臭	2.14	1.43	2.93	1.43	1.77	1.00	1.91	1.27	1.90	1.00	1.60	1.15
日光臭	0	0	0	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0
後苦味	0.43	0.29	1.00	0.43	0.56	0.67	0.42	0.25	0.70	0.20	0.70	0.60
渋味	0.57	0.57	1.14	0.71	0.67	0.44	0.50	0.42	0.50	0.20	0.70	0.50
甘味	0.29	0.14	0	0.14	0.11	0	0	0.08	0	0	0.10	0.10
その他の異臭味	0.14	0	0	0	0	0	0.08	0.27	0.20	0	0	0.10
苦味の快さ	-0.86	-0.71	-1.57	-0.86	-1.00	-0.89	-0.67	-0.75	-0.60	-0.50	-0.80	-0.70
炭酸ガスの快さ	0.14	0.14	-0.14	0	0	0.11	0	0.75	-0.20	-0.10	0	0
こくみ	0.14	-0.14	0.29	0	-0.33	-0.44	-0.08	-0.42	-0.20	0	-0.10	-0.40
まるさ	-1.57	-1.00	-2.14	-1.71	-1.67	-0.89	-1.17	-1.17	-1.20	-0.50	-1.00	-1.00
軽快さ	-1.57	-1.14	-1.86	-1.14	-1.33	-0.67	-0.92	-1.00	-1.20	-0.40	-1.30	-1.00
香味のよさ	-1.71	-1.43	-2.29	-1.43	-1.78	-1.00	-1.75	-1.25	-1.60	-0.60	-1.40	-1.25

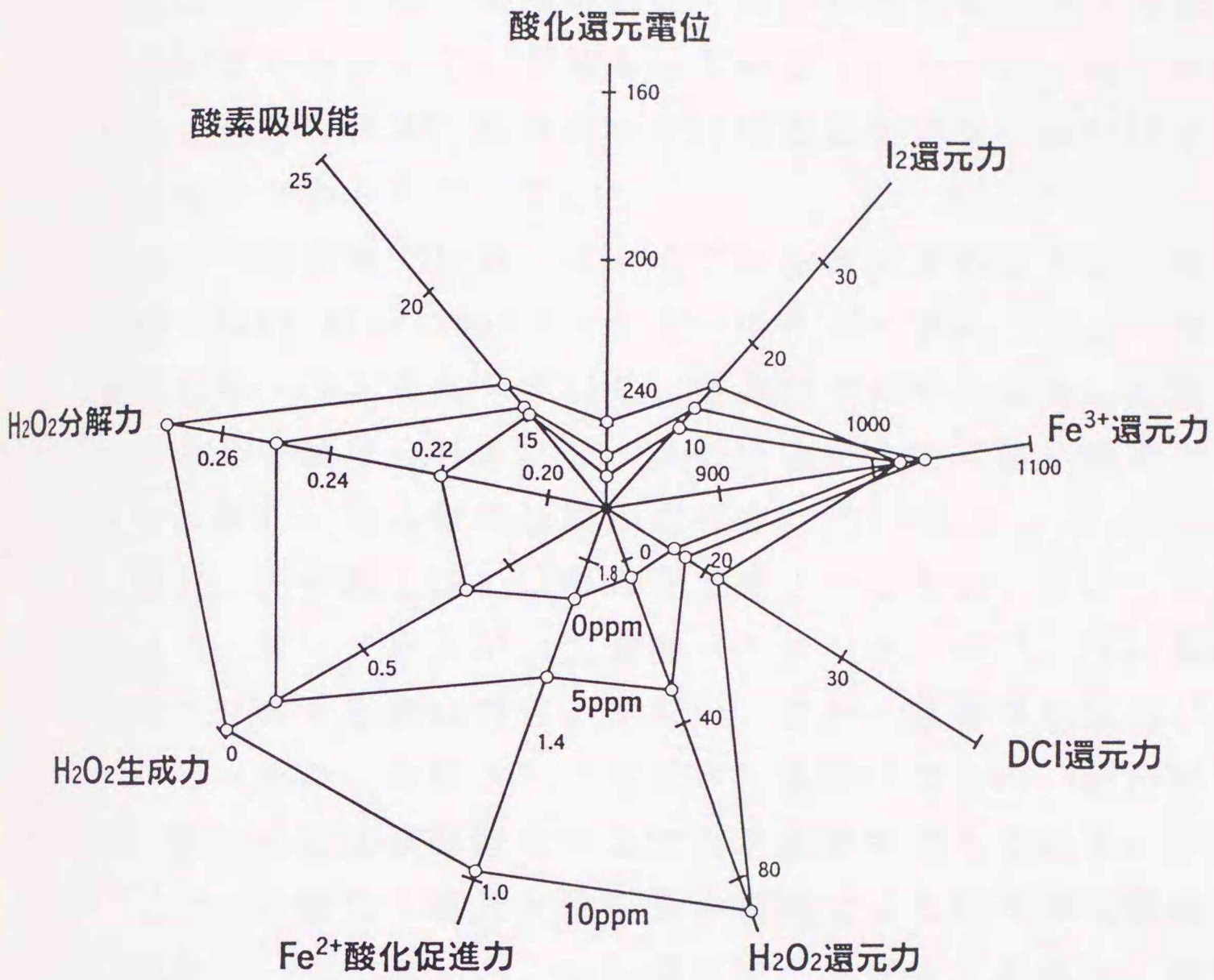
壜内空気量を 1.5㎖に揃えて40℃で５日～７日保存して官能検査した

3．ビールの酸化還元状態に対する亜硫酸の影響

新鮮低温熱処理ビールに亜硫酸ナトリウム（SO_2 として0-10 ppm)を添加した時の酸化還元状態の変化を第３－５図に示した。

亜硫酸はH_2O_2還元力とH_2O_2分解力を著しく大きくし、Fe^{2+}酸化促進力とH_2O_2生成力を著しく低下させるほか、酸化還元電位を低くし、I_2還元力、DCI 還元力及び酸素吸収能も少し増加させた。

亜硫酸は酵母によって生成される(54)ので、発酵条件の変更によって亜硫酸の生成量を制御できる可能性がある。亜硫酸の生成量が増やせればビールの酸化還元状態を還元側に保つことができるので、ビールの酸化臭の発生を遅らせ、香味安定性が向上することが期待される。



第3-5図. 亜硫酸がビールの酸化還元状態に及ぼす影響

新鮮低温熱処理ビールに亜硫酸水素ナトリウム（SO_2として0～10ppm）を添加して分析した。

第3節　主発酵条件とビールの香味安定性

仕込工程での醪・麦汁の酸化・還元状態がビールの香味安定性に影響を及ぼすことが知られている(34, 50)。このため最近の仕込設備と作業方法は醪・麦汁の酸化をできる限り防ぐような対応策がとられている。

麦汁沪過設備ではロイタータブが主流であること、空気との接触がない MEURA2001フィルターの発明・導入(51)、モロミ・麦汁の釜への下入れ・下出し、釜内での緩やかな攪はん等がその例として挙げられる。ビールの沪過から壜（缶）詰までの工程では厳しい溶存酸素管理が実行されている。

他方、主発酵工程では酵母を増殖させるため、麦汁への通気が必須となっているが、主発酵パラメーターがビールの香味安定性に及ぼす影響は明らかでない。また、著者等は淡色ピルスナービールの“芳醇さ”“温和さ”及び“まるみ”が調和した味の実現には低温発酵を守ることが重要と考えている。

ビールの酸化・還元状態を表す指標として酸化還元電位(2)、I_2還元力、Fe^{3+}還元力、H_2O_2還元力・生成力・分解力、酸素吸収能(21)等が分析されているが、これらの指標による酸化還元状態は大部分仕込工程で決定されるとみてよい。

壜（缶）詰後の酸化還元状態はビール中の亜硫酸含量により大きく支配されることも知られている(52)。更に亜硫酸含量は主発酵条件によって左右されるので増やせれば壜（缶）詰後のビールの香味安定性が向上することが期待できる。そこで主発酵パラメーターを種々の組合わせで変えた場合に酸化臭指標と低温発酵性指標に及ぼす影響について試験した。

〈材料と方法〉

1．予備試験

主発酵パラメーターとして発酵温度、酵母添加量、酵母菌株及び通気条件を取り上げ、これらのパラメーターを醸造技術上の知見から組み合わせて1仕込5klの大型醸造パイロットプラントを用いて主発酵終了までの予備試験を51仕込実施した。これらの試験の要因と水準は第3－4表の通りである。

試験結果の判断指標として酸化臭の観点から亜硫酸含量（以下SO_2含量と記す）、エステル含量、実用性の観点から発酵経過、全ダイアセチル含量（以下TDA 含量と記す）、酵母回収倍率、酒下しビール分析値を設定した。

2．本試験

主に予備試験から選抜した発酵条件により、1仕込5klの大型パイロットプラントで9仕込行ない製品ビールまで試醸した。予備試験での酸化臭指標と実用性指標に加えて官能的酸化臭の強弱及びビール全体の香味について評価した。実施した試験条件を第3－5表に示す。

〈結果と考察〉

1．予備試験

設定した判断指標の定量的選抜基準は次の通りである。

酸化臭指標：$SO_2 \geqq 3.5$ppm

イソアミルアセテート(IAA) $\leqq 2.2$ppm

実用性指標：TDA$\leqq 0.5$ppm、発酵日数$\leqq 8$日

酵母回収倍率$\geqq 1.6$

これらの選抜基準はこれまでの淡色ピルスナービール醸造技

術上の知見より決定されたものである。

選抜基準をクリアーしたのは51回の試験のうち、9試験であった（第3－6表）。

発酵温度を上げるとSO_2生成が促進されるが、エステル、TDAの過剰生成が問題となる。

麦汁への通気を減らすことにより、SO_2の生成が増すことが確認された。主発酵温度との組合せでは10℃発酵が各指標の満足度の総合的なバランスがよく有望と考えられた。

酵母菌株によりSO_2生成量、エステル生成量に違いが認められた。また、副原料を使用せず、麦芽100%配合にしてもSO_2の上昇は認められなかった。

8℃の発酵温度で通常法に100%代替できる、効果的かつ実用的な発酵条件は見つからず、8℃の発酵条件と8℃以外の発酵温度での発酵条件を組み合わせる必要があると考えられた。

第3－4表　予備試験の要因と試験水準

記号	要因	通常法	試験水準
a	発酵温度 (max. temp)	8℃	9.5℃, 10℃, 12℃, 15℃
b	酵母添加量	0.45%(ブレス)	0.25%, 0.30%, 0.40%, 0.50%, 0.60%, 0.90%
c	酵母菌株	L	U
d	麦冷時通気	25ℓ/hl	15ℓ/hl, 10ℓ/hl, 5ℓ/hl, 0ℓ/hl
e	酒移時通気	10ℓ/hl	5ℓ/hl, 0ℓ/hl
f	加圧	なし	0.5kg/cm², 1.0kg/cm²
g	ハスク添加	〃	2ppm, 10ppm, 20ppm, 50ppm
h	その他	〃	酵母添加前通気、副原料CS*1) 100%、All Malt

＊1） CS ：コーンスターチ

第３－５表　本試験の試験条件

記号	試験記号 / 発酵要因	対　照	FC-1	FC-2	FC-3	FC-4	FC-5 *1)	FC-6 *2)	FC-7 *3)	FC-8	FC-9
a	発酵温度 (max. temp)	8 ℃	10℃	12℃	10℃	10℃	8 ℃	8 ℃	8 ℃	9 ℃	8 ℃
b	酵母添加量	0.45%	0.45%	0.25%	0.35%	0.35%	0.60%	0.60%	0.60%	0.40%	0.60%
c	酵母菌株	L	L	U	U	L	L	L	L	L	L
d	麦冷時通気	25ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl
e	酒移時通気	10ℓ/hl	5 ℓ/hl	0 ℓ/hl	5 ℓ/hl	5 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	5 ℓ/hl	5 ℓ/hl
f	加　　圧	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し
g	ハスク添加	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃	〃

＊1）酵母添加温度－最高温度－酒下温度：８℃－８℃－3.5℃　湧付きを阻害しないよう酵母添加後24時間冷媒通さず、max. 10℃となった。
＊2）酵母添加温度－最高温度－酒下温度：6.5℃－８℃－3.5℃
＊3）酵母添加温度－最高温度－酒下温度：５℃－８℃－８℃
＊4）FC-8, FC-9とも酒下し前24時間急冷

第３－６表　予備試験結果

発酵条件等 / 試験No.		13	16	18	19	27	30	31	34	50
a	発酵温度 (max. temp)	12℃	9.5℃	10℃	12℃	12℃	15℃	8 ℃	8 ℃	9 ℃
b	酵母添加量	0.25%	0.45%	0.45%	0.45%	0.45%	0.25%	0.45%	0.45%	0.60%
c	酵母菌株	L	U	U	U	U	L	L	L	L
d	麦冷時通気	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl
e	酒移時通気	0 ℓ/hl	5 ℓ/hl	5 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl	0 ℓ/hl
f	加　　圧	な　し	な　し	な　し	な　し	な　し	1 kg／cm²	な　し	な　し	な　し
g	ハスク添加	〃	〃	〃	〃	〃	な　し	20ppm	50ppm	〃
h	そ　の　他	〃	〃	〃	〃	副原料 CS 100%	〃	な　し	な　し	〃
酒下し SO_2 ppm		4.6	3.8	4.1	7.0	4.6	4.6	4.5	7.6	6.5
〃 IAA*1) ppm		2.0	1.8	1.6	1.9	2.0	1.3	1.5	0.7	1.3
〃 TDA*1) ppm		0.21	0.29	0.49	0.47	0.50	0.31	0.37	0.48	0.41
発酵日数		8	8	8	8	8	8	8	8	8
酵母回収倍率									2.1	1.9
酒下しT-N mg/100g		55.7	45.5	49.8	54.9	45.3	59.7	57.8	56.4	56.0

＊1）IAA：isoamyl acetate（イソアミルアセテート）
　　TAA：total diacetyl（全ダイアセチル）

51回の試験の中で SO_2の最大生成量は 8.3ppm，IAAの最大生成量は3.0ppm，TDA の最大生成量は1.0ppmであった。

2．本試験

予備試験に適用した選抜基準をすべてクリアしたものはなかった。本試験では10℃発酵の SO_2含量が予備試験より低かったこと及び糖の切れがよく７日または６日発酵になり、TDA 減少不足と酵母回収倍率の低下を来したことが主な原因である。各試験の基準項目別の合否判定を第３－７表に示す。

９回の試験のうち主発酵終了時の５指標中４指標をクリアしたのはFC-2、FC-3、FC-6、FC-8、FC-9、の５試験であった。更にこの中で SO_2の基準をクリアしているのはFC-2とFC-6のみであった（第３－８表、第３－９表）。

官能的酸化臭の強弱の順位と SO_2含量の多少の順位とは極めてよく一致した。10℃発酵のFC-1、FC-3、FC-4の SO_2含量は予備試験よりも低くでているが酸化臭は明らかに対照より少ないとされた（第３－８表～３－10表）。

香味の全体評価では10℃発酵のFC-1、FC-3、FC-4のいずれもが評価がよく、“すっきり”“エステル香”が特徴で“エステル臭”の指摘が少なく、エステルフレーバーの質がよい。これらは酸化臭の付き難さの点では SO_2含量の多いFC-2、FC-5、FC-7に及ばないが、最も実用的な発酵条件ということができる。

現場への適用条件

①香味面でやや“エステリー”になるのが許容されれば上述の10℃発酵のFC-4タイプに全面切り替える。

②８℃の発酵温度で通常法に代わり得る“万能型”の発酵条件は見つかっていない。８℃以外の発酵条件の長所を生か

し、組み合わせる必要がある。

酵母の使用回数を8回として次のような適用が考えられる。

酵母使用1・2回目：10℃発酵とし通気は通常通り行ない、酵母増殖を促進する。

酵母使用3・4回目：通常法、FC-4タイプ及びFC-6タイプを各々1／3ずつ適用

酵母使用5・6回目：通常法で行なう。

酵母使用7・8回目：酵母増殖の必要がないのでFC-6タイプを適用

これらをブレンドした後のビールは現行ピルスナービールの香味構造を変えることなく、SO_2含量 2.7～2.8ppmの香味安定性の優れたビールになると推定される。

第3－7表　本試験の基準項目別合否判定

項目 / 試験No.	SO_2	IAA	TDA	発酵日数	酵母回収倍率
FC-1	×	○	○	○	×
FC-2	○	×	○	○	○
FC-3	×	○	○	○	○
FC-4	×	○	×	○	○
FC-5	○	○	×	○	×
FC-6	○	○	○	○	×
FC-7	○	○	○	×	×
FC-8	×	○	○	○	○
FC-9	×	○	○	○	○

第３－８表　酸化臭・実用性の指標（主発酵終了時）

	試験記号	SO_2 ppm	IAA ppm	TDA ppm	T-N*1) mg／100g	発酵日数	倍酵母回収率	酒下し糖度	酒下し O.D.$_{800}$
その1	対照	2.3	0.6	0.26	62.3	9	1.9	3.4”	1.27
	FC-1	2.5	1.1	0.29	54.9	7	1.3	2.8”	1.44
その2	FC-2	5.2	2.6	0.41	53.9	6	2.0	2.8”	0.85
	FC-3	3.1	1.7	0.47	52.1	7	2.6	2.4”	1.16
	対照	1.2	0.8	0.28	57.1	7	1.1	2.8”	1.40
その3	対照	0.8	0.9	0.40	49.1	8	2.0	3.2”	1.35
	FC-4	2.1	1.8	0.69	47.8	7	2.7	2.8”	1.34
	FC-5	4.1	1.4	0.61	52.3	6	1.3	3.3”	1.45
	FC-6	4.7	1.2	0.48	55.0	8	1.3	3.0”	1.28
	FC-7	9.1	1.3	0.42	59.5	9	1.1	2.7”	1.11
	FC-8	1.7	1.3	0.41	49.3	7	1.9	3.0”	1.42
	FC-9	2.5	1.2	0.32	54.4	8	1.6	3.1”	1.30

*1)T-N：total nitrogen

第３－９表　製品ビールの主要分析値

	試験区分	pH	T-N	SO_2	エチルアセテート	イソアミルアセテート	TDA
		—	mg／100g	ppm	ppm	ppm	ppm
その1	対照	4.48	54.7	1.6	17.6	2.5	0.08
	FC-1	4.36	53.1	2.0	17.5	2.0	0.05
その2	FC-2	4.31	50.1	5.6	12.5	2.2	0.04
	FC-3	4.23	50.2	2.2	14.0	1.9	0.07
	対照	4.37	53.0	0.5	12.4	1.2	0.07
その3	対照	4.31	47.2	0.6	12.8	1.2	0.07
	FC-4	4.22	46.5	1.8	18.4	2.0	0.06
	FC-5	4.29	51.6	3.6	17.7	1.7	0.07
	FC-6	4.43	54.8	5.0	17.0	1.5	0.08
	FC-7	4.49	60.7	8.1	19.9	1.6	0.09
	FC-8	4.29	50.9	1.6	16.5	1.6	0.05
	FC-9	4.33	52.6	2.1	17.7	1.7	0.04

第３－10表　香味の官能評価結果

	試験区分	SO_2 順位（多い順）	酸化量 順位（弱い順）	香味評価 順位（よい順）	香味の特徴
その1	対照	②	②	②	豊醇、温和、収れん味、麦汁臭、米ぬか臭
	FC-1	①	①	①	すっきり、温和、エステル香、ホップ異臭
その2	FC-2	①	①	②	すっきり、エステル香、エステル臭、後苦味、漬物臭
	FC-3	②	②	①	すっきり、エステル香、しまりありエステル臭、後苦味、水っぽい
	対照	③	③	③	豊醇、すっきり、温和、カビ様臭、粗い、麦汁臭
その3	対照	⑦	⑦	⑦	すっきり、麦汁臭、収れん味、粗い
	FC-4	⑤	④	①	すっきり、エステル香、ボディがない
	FC-5	③	①	③	豊醇、温和、すっきり、エステル香後苦味、渋味
	FC-6	②	③	⑤	すっきり、温和、エステル臭、カビ様臭
	FC-7	①	①	④	すっきり、豊醇、後苦味、収れん味、エステル臭
	FC-8	⑥	⑥	⑥	温和、粗い、収れん味、エステル臭
	FC-9	④	⑤	①	すっきり、豊醇、温和、収れん味、カビ様臭、ボディがない

本試験は主発酵終了時点での酸化臭指標を SO_2とエステルに置いて発酵条件の選抜を行なったが、SO_2 含量と官能的酸化臭の強弱は極めてよく一致することが確認された。エステルは“その含量が高いと酸化臭を感じ難い”という現場的知見から指標としたものであるが、単なるマスキング作用とは思われない。しかし、実用的には余りエステル含量が高いと淡色ピルスナービールの香味の許容範囲を逸脱するので、イソアミルアセテート含量（IAA）≦2.2ppmという枠をはめた。

実用性の指標として主発酵終了時点での全ダイアセチル含量(TDA)、酵母回収倍率及び発酵日数を設けたが、TDAは主発酵終了時点の基準をクリアしても製品ビールで閾値を越えたものが2件あり、後発酵での消失に左右された。これは製品ビールの分析及び香味評価によりチェックされるので常に実用性と香味評価を考慮して判断しなければならない。

淡色ピルスナービールの醸造用下面発酵酵母の観点からみると、低温（8℃）発酵で麦汁への通気を抑え過ぎると酵母の増殖が不十分となり、その結果発酵の遅延を引き起こすのでこれを解決するために酸素要求性の低い酵母の育種が望まれる。また、発酵温度の上昇に伴いエステル生成が促進されるので、10℃～12℃発酵の場合低エステル産生酵母の育種もニーズがあると考えられる。

第4節　要　　約

1．麦汁の酸化とビールの香味安定性

醸造パイロットプラントを用いて麦汁の酸化を促進させた「酸化仕込」と麦汁の酸化を極力抑えた「還元仕込」を実施し、仕込工程～製品ビールの酸化・還元状態とビールの香味安定性の関係を調査した。

（1）麦汁の酸化還元指標（I_2還元力、H_2O_2還元力、Fe^{2+}酸化促進力、酸素吸収能）、ポリフェノールともに仕込工程で大きく増減するので得られるビールの酸化還元状態は仕込工程でほぼ決定されると見てよいことが分かった。

（2）「酸化仕込」麦汁は「還元仕込」麦汁に比べ酸化・還元指標のうち、I_2還元力、酸素吸収能、ポリフェノール含量の違いからより強く酸化されていることが示された。また、色度も「酸化仕込」麦汁の方が明らかに濃く、褐変反応が進んでいることが分かった。

（3）これらの酸化還元指標の違いはビールに移行し、「酸化仕込」ビールは「還元仕込」ビールと比較して酸化還元電位が高く、I_2還元力、 DCI還元力が弱く、反対にFe^{2+}酸化促進力は強くなり、酸素吸収能が低下し、ポリフェノール類の含量も低く酸化状態にあって酸化臭が付きやすい状態にあると言える。

（4）「酸化仕込」ビールを官能検査で「還元仕込」ビールと比較してみると、新鮮時には酸化臭をはじめとして差異はないが、保存後には「還元仕込」ビールより酸化臭が著しく強くつき、同時に「軽快さ」「まるみ」が少なくなり、「後苦味」「渋み」が増して「香味の良さ」が劣ることが確かめられた。

（5）新鮮ビールに亜硫酸を0－10ppm 添加すると、酸化還元状態を著しく変化させた。H_2O_2還元力とH_2O_2分解力を著しく大きくした。亜硫酸は酵母によって生成されるので、発酵条件を変更することにより、ビールの酸化還元状態を還元側に保つことができ、香味安定性の向上につながる可能性が示唆された。

2．主発酵条件とビールの香味安定性

大型醸造パイロットプラントを用いて主発酵パラメーターを種々の組み合わせで変えた場合に低温発酵の実用性を保ちながら、香味安定性の向上が図れるかにつき試験した。

51仕込の予備試験（主発酵終了まで）により、酸化臭指標（亜硫酸含量、イソアミルアセテート含量）と実用性指標（全ダイアセチル含量、発酵日数、酵母回収倍率）の設定基準をクリアした発酵条件を9条件選抜した。

本試験では製品ビールまで試醸し、予備試験結果の再現性と官能的酸化臭の強弱及びビール全体の香味について評価した。その結果、8℃発酵ではすべての指標を満足させる発酵条件は見出せなかったが、10℃発酵を組み合わせることにより低温発酵の実用性を維持しながら香味安定性を向上できる醸造法を提示できた。

第4章　ライトビールの香味設計技法の開発

第1節　序

世界のビールの大勢を占めているピルスナータイプのビールの濃度は原麦汁濃度として10～12°Pの範囲にあるものが多い。1970年代に入り、原麦汁濃度8°P前後の軽くすっきりした香味を特徴とするライトビールが新しく登場してきた。[1～4] アメリカで原麦汁濃度約8°Pのビールがカロリーが少ないこと、糖含量が少なく糖尿病患者にも飲めることなどを特徴として売り出されたのは1967年であるが、従来のビールより飲みやすく、うまい新しいビール「Light Beer」の市民権が確立したのは1973年 Miller社が“Miller Lite”を発売して大成功してからである。

アメリカでは1979年までに30銘柄のライトビールが売り出され、その生産量はビール生産量の10%（1984年には20%）にも及んだ。これらライトビールとは従来のビールより軽快な香味を与えるビールを包括、総称したのものであって、品質、醸造方法ともに規格化されたものではない。多くは原麦汁濃度が通常ビールよりうすい 7.5～8°Pの麦汁を外観発酵度が 100%近くになるまでよく発酵させたもので，カロリーは通常ビールの約70%と少ない。通常の麦汁を希釈してそのまま発酵させたり、通常のビールを発酵後希釈したりすると香味の貧弱なビールとなるので、アミログルコシダーゼ、麦芽粉末やグルコースなどを麦汁に添加して発酵度を高めることがある。また麦汁濃度を所定の6～8°Pより高濃度に調製して発酵させエステル類を十分に生成させた後、発酵液を炭酸ガス水で希釈する「高濃度醸

造法」(High Gravity Brewing, HGB) がほとんどのライトビールに採用されている。(1~4, 9, 10)

1978年日本のビール市場を多様化する先鋒としてより軽快ですっきりとした香味を有するライトビールの開発を決定した。日本の消費者の嗜好に合ったライトビールを開発するため、香味地図を用いてアメリカのライトビールの香味をドイツのピルスナービール、日本のピルスナータイプビールの香味と比較した。併せて外国のライトビールの分析値、香味評価値の特徴を解析し、非常に軽く、すっきりしすぎて、こく味に乏しいアメリカンタイプのライトビールは日本のビールとはあまりにもかけ離れた香味クラスターを形成しているので、日本の消費者に受け入れられにくいと判断した。従来のピルスナータイプビールにより近く隣接した独自の香味特徴(軽くて水っぽくなく、こく味があってうまい) を有するライトビールを開発することとした。

上記の香味特徴に強く影響する香味品質特性との相関を求めた。次にこれらの香味品質特性と化学分析値との対応を解析した。導き出された香味品質特性と化学分析値を実現するために従来の製造技術にとらわれずに新しい製造法を考えることとした。

第2節　外国ライトビールの分析値、香味評価値の特徴

<材料と方法>

1. ビールのサンプル

外国ライトビール29ブランドを分析・香味評価に供した。

2. ビールの分析

第２章 第２節と同様の方法で行った。

3．ビールの香味評価

第２章 第２節と同様の方法で行った。

＜結果と考察＞

1．ライトビールの分類

前節の序で述べたように、広義にライトビールとは“対照となるビールよりもよりライトである”という概念に過ぎないものであるから、ライトビールの組成は多様であり、一定の特徴や制約はない。例えば“Low-Colorie-Beer”, “Low-Carbohydrate-Beer”,“Alcohol-Free-Beer”,“Diabetic Beer”などもライトビールの範ちゅうに入ると思われる。

これらをまとめて原麦汁濃度と発酵度から分類して第４－１表に示した。この分類の結果、次の８タイプに分かれた。

（１）原麦汁濃度　５～６°P、外観エキス０°P程度まで発酵

（２）原麦汁濃度　８°P、外観エキス０°P程度まで発酵

（３）原麦汁濃度　８°P、通常の発酵度まで発酵

（４）原麦汁濃度　８°P、通常より低目の発酵度まで発酵

（５）通常より２°P低い原麦汁濃度、通常の発酵度

（６）原麦汁濃度11～12°P、外観エキス０°P程度まで発酵

（７）アルコール 0.5w／w％以下の“Alkohol-freies Bier”

（８）アルコール 1.5w／w％以下の“Alkohol-armes Bier”

第４－１表　ライトビールの分類（原麦汁濃度と発酵度から分類）

ビール	Olympia Gold Light Beer	Miller Lite	Anheuser -Busch Natural-Light	Berliner Kindl Stangen Bier Leicht	Anheuser -Busch Michelob-Light	Löwen bräu Diät Bier	Henninger Gerstel Alkohofreies Bier	Werner Hopfen Hell Alkoholarmes
原麦汁エキス（°P）	5.5	7.7	7.7	7.7	10.4	11.9	4.8	7.2
外観エキス（%）	0.1	-0.3	1.1	3.0	2.4	-0.4	4.5	4.1
真正エキス（%）	1.1	1.2	2.3	3.9	4.0	2.0	4.6	4.7
アルコール（w/w %）	2.2	3.3	2.7	1.9	3.3	5.1	0.1	1.3
外観発酵度（%）	99	104	86	62	76	103	8	43
真正発酵度（%）	81	85	70	50	62	84	6	35
全窒素（mgN/100ｇ）	55	39	56	37	48	70	37	42
インフムロンズ（mg/ℓ）	7	13	9	16	7	31	27	28
カロリー（kcal/100mℓ）	20	28	29	30	39	48	20	28
同じタイプに属するビール	Pabst Extra Light	Schlitz Light, Coors Light, Hemeling Lite Lager (Bass Charington), Arctic Lite Lager (Allied Breweries), Hummer Leichtes Diät Bier, Schultheiss Berliner Weisse, Gablinger's Beer(Rheingold Brewery) Meisterbräu Lite	EKU Light, Carlsberg Pilsner Lager (Northhampton)	Berliner Kindl Weisse,		Henninger Diät Pils, Maisel Diät Pils,	EXBier (Branurei 8um Gurten A.G.), Hummer Alkoholfreies Bier	Sapporo Lite, Hannen Süss,
醸造法の概略	原麦汁濃度 5～6 °P 外観エキス０°P 程度まで発酵	原麦汁濃度８°P	原麦汁濃度８°P 通常の発酵度まで発酵	原麦汁濃度８°P 通常より低目の発酵度まで発酵	Michelobより２°P低い原麦汁濃度 通常の発酵度	原麦汁濃度 11～12°P 外観エキス０°P 程度まで発酵	アルコール 0.5w/w%以下の Alkohol-freies Bier	アルコール 1.5w/w%以下の Alkoholarmes Bier
	表に示した原麦汁エキスは必ずしも発酵時の麦汁濃度を示すとは限らない。また発酵度が実際の発酵状況を反映しない場合もある。例えば、アメリカではライトビールも高濃度発酵後水で希釈するという方法で醸造されているので、発酵時の麦汁濃度は分析値よりも高い。発酵後、アルコール除去操作を（場合によっては濃縮操作も同時に）行なっている可能性の強いAlkoholarmesあるいはfreies Bier の正確な麦汁濃度発酵度を知ることはむつかしい。糖分析の結果から推定すると、Henninger Gerstel, EXBier はそれぞれ、真正発酵度として25%程度、68%程度まで発酵させた後アルコールを除去したビールである。							

2．外国ライトビールの分析値

アメリカでかつて発売された、あるいは現在市販されているライトビールを中心にドイツのダイエットビールなどを含めて分析値を第４－２表～第４－５表に示す。分析値上、注目すべき点は次の通りである。

（１）現在アメリカで圧倒的な強さを示している“Miller Lite”は分析値からみる限り、発売以来組成が変わっている様子はみられず、一貫して原麦汁濃度 7.8°P程度、外観発酵度 105％程度、真正発酵度 85％程度、エタノール含量 3.3～3.4w／w％、真正エキス 1.1～1.2％、全窒素35mg N／100g前後、カロリーは28～29kcal／100mℓ程度であり、その原型となった“Meisterbräu Lite”より１°P程度低い原麦汁濃度、２％程度高い発酵度となるように設計されている。

（２）分析したアメリカの他のライトビールの中には“Miller Lite”のように外観発酵度が 105％にも達する高発酵度のものは見当たらない。“Schlitz Light”と“Coors Light”は原麦汁濃度と全窒素含量が“Miller Lite”に近いが、外観発酵度は100％弱である。“Olympia Gold Light”および“Pabst Extra Light”は外観発酵度が100％弱であることに加えて、原麦汁濃度が 5.5°P程度と低く設定してあるのが特徴的である。

（３）Miller Brewing社と対照的にAnheuser-Busch社は1977～1978年頃、“Natural-Light”の組成を変更している。この時期に“Natural-Light”の発酵度は８～９％も低

下しているのであるが、当然、醸造方法の変更をともなっているものと予想される。現在、Anheuser-Busch社はライトビールの醸造に麦芽の酵素を利用しているといわれているが、この時期にアミログルコシダーゼの使用から切り替えたものと想像できる。現在、“Natural Light”の外観発酵度、真正発酵度はそれぞれ86%、70%程度であり、通常ビールに比べて特に高いことはない。“Michelob Light”の原麦汁濃度は“Michelob”よりも約2°P低い10°P強に設定してあり、“Michelob”よりもライトなビールではあるが、発酵度は同程度で、カロリーも約40kcal／100mlと通常ビールと大きく変わらない。最近 Miller Brewing社はライトビールを100kcal／12オンス（約28kcal／100ml）以下のビールと規定するように主張し、この条件を満たさない“Michelob Light”から“Light”という呼称を排除すべきであると主張している。(5)

（4）“Michelob Light”をライトビールの範ちゅうに入れることについては異論もあろうが、これも含めるとすれば、アメリカのライトビールには原麦汁濃度で 5.5～10°P、外観発酵度で75～105%の範囲にわたる多様性があることになる。

（5）ドイツのダイエットビールのうち“Holsten Diät Pils”は1974～1975年頃に原麦汁濃度が11.4°Pから 8.9°Pへと 2.5°Pも低くなり、アメリカの代表的なライトビール “Miller Lite”に近い組成に変更されている。“Miller Lite”に近い組成のビールは多く、“Schlitz Li-

ght”“Coors Light”の他、イギリスの“Hemeling Lite Lager(Bass Charrington)”“ArcticLite Lager(Allied Breweries)”ドイツの“Hummer Leichtes Diät Bier”“Schultheiss Berliner Weisse”などを挙げることができる。

“EKU Light”“Carlsberg Pilsner Lager(Northhampton)”などは原麦汁濃度は8°P程度と低いが、発酵度が通常と大きくかわることはなく、Anheuser Busch社の“Natural Light”と同じタイプとみることができよう。“Berliner Kindl Stangen Bier Leicht”や“Berliner Kindl Weisse”のように原麦汁濃度を7～8°Pに設定し、発酵度を通常より低く押えたビールもある。

（6）ドイツのダイエットビールは糖尿病食品法で100gあたり1g以下の可消化炭水化物量、0.75g以下の負荷性炭水化物量でなければならないと規定されている。(6) これを満たすために、ドイツのダイエットビールの多くは外観発酵度が100%以上、真正エキスが2%以下のビールとなっているが、原麦汁濃度、エタノール含量、カロリーは通常ビールに比べて低いことはない。

ドイツではアルコール含量が0.5w／w%以下であれば“Alkohol-freies Bier”1.5w／w%以下であれば“Alkohol-armes Bier”であるという規定がある(6) “Henninger Gerstel”“Hummer Alkohol-freies Bier”“EX Bier”はいずれも“Alkohol-freies Bier”の規定を十分に満たしている。“Werner Hopfen Hell Alkohol-armes”のほか“Hannen Süss”や日本でかつて発売

された“サッポロライト”は“Alkohol-armes Bier”の範ちゅうに属するビールである。

第４－２表　外国ライトビールの分析値と官能評価値(1)

	ビール	Miller Lite					Anheuser-Busch Natural-Light		Schlitz Light	Olympia Gold Light	Pabst Extra Light	Coors Light
	(分析年度)	壜 (1975)	壜 (1977)	缶 (1977)	缶(1978)*	壜 (1979)	缶 (1978)	缶(1978)*	缶(1978)*	缶(1978)*	壜(1978)*	缶 (1979)
1	色度 (EBC.U.)	5.8	5.9	5.8	5.5	6.3	4.5	4.8	5.8	7.8	6.5	4.3
2	比重	0.99865	0.99857	0.99847	0.9988	0.99843	1.00129	1.0041	1.0004	1.0002	1.0007	1.00007
3	外観エキス (%)	-0.37	-0.37	-0.39	-0.31	-0.40	0.33	1.05	0.11	0.05	0.18	0.02
4	アルコール (w/w %)	3.31	3.39	3.42	3.29	3.34	2.91	2.72	3.24	2.22	2.12	3.29
5	アルコール (v/v %)	4.18	4.28	4.53	4.15	4.22	3.68	3.45	4.10	2.81	2.68	4.16
6	真正エキス (%)	1.14	1.16	1.15	1.17	1.16	1.63	2.28	1.37	1.05	1.13	1.54
7	原麦汁エキス (°P)	7.71	7.88	7.93	7.70	7.81	7.41	7.68	7.80	5.51	5.39	8.06
8	外観発酵度 (%)	104.8	104.7	104.9	104.8	105.1	95.6	86.3	98.6	99.1	96.7	99.8
9	真正発酵度 (%)	85.2	85.3	85.5	84.8	84.8	78.0	70.0	82.4	80.9	79.0	80.9
10	pH	4.22	4.28	4.65	4.28		5.00	4.71	3.60	4.72	4.28	
11	酸度 (mℓ H/10 NaOH/100g)		9.5	10.7	9.4		10.6	10.2	14.0	8.7	6.3	
12	ホルモル態窒素 (mgN/100g)	10.5	8.7	9.7	8.7	9.9	17.9	17.1	2.6	16.4	3.1	8.2
13	全窒素 (mgN/100g)	34.4	37.2	33.4	38.9	34.4	50.2	55.9	36.8	55.0	18.0	36.4
14	還元糖 (%)		0.72	0.67	0.64		0.49	0.60	0.33	0.33	0.18	
15	デキストリン (%)		0	0	0		0.41	0.84	0.47	0.05	0.42	
16	炭酸ガス (w/w %)	0.492	0.480	0.490	0.47		0.543	0.51	0.48	0.46	0.50	
17	イソフムロンズ (mg/ℓ)	16.2	14.5	15.5	13.0	14.8	7.0	8.5	7.7	6.8	7.1	8.3
18	シリンダー法泡立ち (mℓ)	175	154	142			164					
19	ｼﾘﾝﾀﾞｰ法泡持ち (分・秒)	11′ 30″	11′ 56″	1′ 11″			8′ 22″					
20	カロリー (kcal/100mℓ)	28.4	29.1	29.2	28.4	28.7	27.5	28.8	28.8	20.2	19.8	29.9
21	エチルアセテート (ppm)	76.1	73.0	72.3		43.5						
22	イソブタノール (ppm)	13.8	17.5	17.0		16.6						
23	イソアミルアセテート(ppm)	1.6	2.5	1.8		4.2						
24	イソアミルアルコール(ppm)	43.3	64.5	59.3		66.0						
25	単糖類 (G1, g/100mℓ)	0.35				0.40						
26	二糖類 (G2, g/100mℓ)	0.13				0.15						
27	三糖類 (G3, g/100mℓ)	0.08				0.08						
28	オリゴ糖 (G4~9, g/100mℓ)	0.15				0.11						
29	ﾃﾞｷｽﾄﾘﾝ (G10~, g/100mℓ)	0.22				0.20						
30	全糖量 (g/100mℓ)	0.93				0.94						
麦芽香味	(0～3)	0.36		0.64	0.78	1.00	0.45	0.78	0.44	0.67		0.73
エステル臭味	(0～3)	1.08		1.55	1.00	1.82	1.18	0.56	0.78	0.56		1.36
ホップ香	(0～3)	0.20		0.09	0.33	0.27	0.27	0.44	0.44	0.44		0.82
ホップの異臭	(0～3)	0.16		0	0.22	0.18	0.09	0	0.44	0.33		0.73
ダイアセチル臭	(0～3)	0		0	0	0	0.09	0	0	0		0
汚染臭・カビ臭	(0～3)	0		0	0	0	0	0	0	0.33		0.09
未熟臭味・若臭味	(0～3)	0.08		0	0	0	0.09	0	0	0		0
硫化水素臭・ドブ臭	(0～3)	0		0	0	0	0	0.11	0.11	0		0.09
酵母臭味	(0～3)	0		0	0	0	0	0.33	0	0		0.09
酸化臭	(0～3)	0.16		0.18	0.33	0.09	0.27	0.78	0.89	0.67		0.09
日光臭	(0～3)	0		0	0	0	0	0	0	0		0
後苦味	(0～3)	0.08		0.09	0	0.09	0.09	0.11	0.33	0		0.18
渋味・収斂味	(0～3)	0.08		0.27	0.33	0.27	0.36	0	0.33	0.22		0.18
甘味	(0～3)	0.24		0.18	0	0.09	0.73	0.11	0	0.11		0.09
その他の異常な臭味	(0～3)	0.04		0.36	0.11	0	0.09	0	0.22	0.33		0.18
苦みが快い	(-3～3)	-0.28		-0.27	-0.33	-0.18	-0.45	-0.44	-1.00	-0.67		-0.27
炭酸ガスが快い	(-3～3)	-0.16		0.09	-0.67	-0.18	-0.36	-0.56	-0.56	-0.44		0.09
こくがある	(-3～3)	-0.92		-1.00	-1.33	-0.36	-1.00	-1.56	-1.56	-1.44		-0.73
まるい・なめらか	(-3～3)	-0.32		-0.27	-1.22	-0.09	-0.55	-1.33	-1.56	-1.11		-0.45
軽快・爽快	(-3～3)	-0.08		-0.18	-0.44	-0.27	-0.45	-1.00	-1.22	-0.89		-0.27
香味のよさ	(-3～3)	-0.04		-0.73	-1.44	-0.27	-0.91	-1.67	-2.11	-1.78		-0.73

第４－３表　外国ライトビールの分析値と官能評価値(2)

	ビール (分析年度)	Anheuzer-Busch Michelob Light 壜(1978)*	Meister-bräu Lite (1968)	Rheingold Brewery Gablinger's Beer (1968)	Bass Charrington Hemeling Lite Lager 缶 (1979)	Allied Breweries Arctic Lite Lager 壜 (1979)	Carlsberg Pilsner Lager(Northhampton) 缶 (1979)	Hummer Leichtes Diat Bier 壜 (1979)	EKU Light 壜 (1979)	Berliner Kindl Stangen Bier Leicht 壜 (1979)	Berliner Kindl Weisse 壜 (1979)	Schultheiss Berliner Weisse 壜 (1979)
1	色度 (EBC.U.)	4.4	9.6	5.2	5.4	8.3	8.2	6.9	8.1	13.2	5.6	5.6
2	比重	1.0095	0.9905	0.99772	0.99834	1.00062	1.00476	0.99822	1.00643	1.01157	1.00747	0.99913
3	外観エキス (%)	2.44	-0.25	-0.59	-0.43	0.16	1.22	-0.46	1.65	2.96	1.92	-0.22
4	アルコール (w/w %)	3.26	3.60	3.69	3.29	3.32	2.56	3.34	2.54	1.93	2.14	2.94
5	アルコール (v/v %)	4.16	4.55	4.65	4.15	4.20	3.25	4.21	3.23	2.47	2.73	3.71
6	真正エキス (%)	3.97	1.46	1.07	1.12	1.71	2.47	1.12	2.88	3.88	2.93	1.15
7	原麦汁エキス (°P)	10.36	8.57	8.37	7.62	8.28	7.55	7.75	7.97	7.71	7.19	7.01
8	外観発酵度 (%)	76.4	102.9	107.0	105.6	98.1	83.8	105.9	79.1	61.6	73.3	103.1
9	真正発酵度 (%)	61.7	83.0	87.2	85.4	79.3	67.3	85.5	63.6	49.7	59.2	83.6
10	pH	4.51			3.87	4.10	4.20	4.25	4.38			3.20
11	酸度 (ml H/10 NaOH/100g)	10.9			11.8	15.2	9.1	20.4	15.4			55.6
12	ホルモル態窒素 (mgN/100g)	8.1	14.3	11.3	5.9	8.1	6.7	28.5	14.7	13.5	13.6	6.3
13	全窒素 (mgN/100g)	47.5	47.3	38.6	27.6	39.0	27.3	63.7	48.8	37.4	55.1	50.3
14	還元糖 (%)	0.90	0.90	0.44	0.53	1.05	0.50					
15	デキストリン (%)	2.05			0.02	1.12	1.26					
16	炭酸ガス (w/w %)	0.46										
17	イソフムロンズ (mg/ℓ)	7.3	5.3	11.1	18.0	14.2	25.0	10.6	18.4	15.9	0	1.6
18	シリンダー法泡立ち (ml)			142								
19	ｼﾘﾝﾀﾞｰ法泡持ち (分・秒)											
20	カロリー (kcal/100ml)	39.5	31.8	30.9	28.2	30.8	28.4	28.5	29.9	29.6	27.3	25.8
21	エチルアセテート (ppm)				18.1	15.9	8.5	18.4	12.4	13.4	9.5	45.4
22	イソブタノール (ppm)				9.5	19.7	6.0	9.6	7.8	9.9	7.9	20.5
23	ｲｿｱﾐﾙｱｾﾃｰﾄ (ppm)				2.4	2.2	0.9	0.2	1.1	0.8	trace	1.7
24	ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ (ppm)				71.3	92.0	48.9	52.5	49.7	44.8	42.7	60.4
25	単糖類 (G1, g/100ml)				0.30	0.63	0.02	0.24	0.05			
26	二糖類 (G2, g/100ml)				0.09	0.10	0.06	0.10	0.28			
27	三糖類 (G3, g/100ml)				0.09	0.13	0.11	0.04	0.33			
28	オリゴ糖 (G4~9, g/100ml)				0.14	0.14	0.68	0.20	0.73			
29	ﾃﾞｷｽﾄﾘﾝ (G10~, g/100ml)				0.28	0.40	1.27	0.30	1.08			
30	全糖量 (g/100ml)				0.90	1.40	2.14	0.88	2.47			
	麦芽香味 (0～3)	0.33			0.83	0.92	0.83	1.10	0.77			
	エステル臭味 (0～3)	0.89			0.58	1.08	0.50	1.70	0.54			
	ホップ香 (0～3)	0.11			0.42	0.33	0.33	0.40	0.31			
	ホップの異臭 (0～3)	0			0.75	0.17	0.67	0.30	0.38			
	ダイアセチル臭 (0～3)	0			0.17	0.08	0	0	0			
	汚染臭・カビ臭 (0～3)	0			0.08	0	0	0.20	0			
	未熟臭味・若臭味 (0～3)	0			0.17	0.08	0.33	0.20	0			
	硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0			0	0.17	0.17	0.10	0.15			
	酵母臭味 (0～3)	0			0.08	0.17	0.08	0	0			
	酸化臭 (0～3)	0.11			0.50	0.33	0.42	0.20	0.62			
	日光臭 (0～3)	0.56			0	0	0.08	0	0			
	後苦味 (0～3)	0			0.42	0.17	0.42	0.10	0.15			
	渋味・収斂味 (0～3)	0			0.33	0.33	0.33	0.40	0.31			
	甘味 (0～3)	0			0.08	0.08	0.08	0.40	0			
	その他の異常な臭味 (0～3)	0.11			0.08	0.08	0	0.40	0.23			
	苦みが快い (-3～3)	0.11			-0.83	-0.33	-0.58	-0.70	-0.31			
	炭酸ガスが快い (-3～3)	-0.22			-0.08	-0.08	-0.08	-0.10	-0.23			
	こくがある (-3～3)	0.11			-1.00	-0.50	-1.00	-0.70	-1.08			
	まるい・なめらか (-3～3)	-0.89			-0.92	-0.42	-0.75	-1.20	-0.69			
	軽快・爽快 (-3～3)	-0.56			-0.33	-0.42	-0.58	-1.00	-0.54			
	香味のよさ (-3～3)	-0.56			-1.42	-0.83	-1.25	-1.30	-1.15			

第４－４表　外国ライトビールの分析値と官能評価値(3)

	ビール (分析年度)	Holsten Diat Pils 壜 (1974)	Holsten Diat Pils 壜 (1975)	Löwenbräu Diat Bier 壜 (1975)	Löwenbräu Diat Bier 壜 (1979)	Henninger Diat Pils 壜 (1975)	Meisel Diat Pils 壜 (1975)	Wicküler Diat Pilsner 壜(1975)				
1	色度 (EBC.U.)	8.6	7.7	8.5	8.6	8.1	8.9	9.7				
2	比重	0.99972	1.00059	0.99848	0.99900	0.99838	0.99825	1.00141				
3	外観エキス (%)	-0.09	0.15	-0.40	-0.26	-0.43	-0.47	0.36				
4	アルコール (w/w %)	4.82	3.56	5.14	4.94	5.23	4.86	3.61				
5	アルコール (v/v %)	6.09	4.50	6.49	6.24	6.60	6.13	4.57				
6	真正エキス (%)	2.02	1.84	1.95	2.07	1.87	1.76	2.01				
7	原麦汁エキス (°P)	11.39	8.86	11.92	11.66	12.01	11.22	9.12				
8	外観発酵度 (%)	100.8	98.3	103.4	102.2	103.6	104.2	96.1				
9	真正発酵度 (%)	82.3	79.2	83.6	82.2	84.4	84.3	78.0				
10	pH	4.56	4.41	4.90	4.47	4.30	4.31	4.50				
11	酸度 (ml H/10 NaOH/100g)				20.8							
12	ホルモル態窒素 (mgN/100g)	24.8	17.7	23.2	22.9	16.5	22.6	17.3				
13	全窒素 (mgN/100g)	72.3	61.0	69.8	70.1	67.8	69.3	68.6				
14	還元糖 (%)											
15	デキストリン (%)											
16	炭酸ガス (w/w %)	0.519	0.483	0.562		0.519	0.545	0.463				
17	イソフムロンズ (mg/ℓ)	19.3	21.8	31.0	26.2	31.0	26.3	21.9				
18	シリンダー法泡立ち (ml)	170	160	180		160	165	155				
19	ｼﾘﾝﾀﾞｰ法泡持ち (分・秒)	5′ 30″	10′ 00″	11′ 00″		8′ 30″	9′ 30″	8′ 30″				
20	カロリー (kcal/100ml)	42.8	33.0	44.8	43.9	45.2	42.1	34.1				
21	エチルアセテート (ppm)	35.2	13.7	26.2	70.9	48.5	25.7	16.1				
22	イソブタノール (ppm)	3.7	12.7	13.6	16.3	22.7	17.7	17.5				
23	ｲｿｱﾐﾙｱｾﾃｰﾄ (ppm)	0.7	0.2	0.4	2.6	1.8	0.8	0.4				
24	ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ (ppm)	48.7	35.1	51.0	74.6	73.0	52.0	50.7				
25	単糖類 (G1, g/100ml)	0.13	0.10	0.08	0.07	0.11	0.10	0.09				
26	二糖類 (G2, g/100ml)	0.25	0.16	0.12	0.22	0.15	0.21	0.21				
27	三糖類 (G3, g/100ml)	0.28	0.23	0.21	0.23	0.20	0.16	0.27				
28	オリゴ糖 (G4~9, g/100ml)	0.47	0.29	0.36	0.34	0.33	0.27	0.45				
29	ﾃﾞｷｽﾄﾘﾝ (G10~, g/100ml)	0.38	0.52	0.39	0.46	0.45	0.43	0.55				
30	全糖量 (g/100ml)	1.51	1.30	1.16	1.32	1.24	1.07	1.57				
	麦芽香味 (0～3)	1.05	0.71	1.29	1.77	1.20	1.20					
	エステル臭味 (0～3)	0.76	0.57	1.29	2.08	1.40	1.50					
	ホップ香 (0～3)	0.19	0.14	0.43	0.31	0.20	0.10					
	ホップの異臭 (0～3)	0.14	0.43	0	0.08	0.20	0.20					
	ダイアセチル臭 (0～3)	0	0	0	0.08	0	0					
	汚染臭・カビ臭 (0～3)	0.05	0	0	0	0	0.10					
	未熟臭味・若臭味 (0～3)	0	0.14	0	0	0.10	0					
	硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0.10	0.29	0.14	0	0.10	0.10					
	酵母臭味 (0～3)	0.05	0	0.14	0.08	0.20	0					
	酸化臭 (0～3)	1.05	0.57	0.57	0.54	0.50	0.60					
	日光臭 (0～3)	0.05	0	0	0	0	0.10					
	後苦味 (0～3)	0.52	0	0.29	0.38	0.30	0.50					
	渋味・収斂味 (0～3)	0.48	0.14	0.29	0.23	0.50	0.20					
	甘味 (0～3)	0.24	0	0.29	0.77	0.10	0.10					
	その他の異常な臭味 (0～3)	0.19	0	0	0	0	0					
	苦みが快い (-3～3)	-0.43	0	-0.14	-0.23	-0.30	-0.30					
	炭酸ガスが快い (-3～3)	-0.24	0.14	0	0.08	0.20	-0.20					
	こくがある (-3～3)	-0.19	-0.71	0	0.54	-0.30	0.10					
	まるい・なめらか (-3～3)	-0.48	-1.00	-0.14	0.08	-0.30	-0.60					
	軽快・爽快 (-3～3)	-0.67	-0.57	-0.57	-0.23	-0.40	-0.70					
	香味のよさ (-3～3)	-0.62	-1.29	-0.29	-0.46	-0.70	-0.80					

第４－５表　外国ライトビールの分析値と官能評価値(4)

	ビール (分析年度)	Henninger Gerstel 壜 (1978)	Branerei zum Gurten A.G. Ex Bier 壜 (1979)	Hummer Alkohofreies Bier 壜 (1979)	Werner Hopfen Hell Alkoholarmes 壜 (1979)	Hannen Suss 壜 (1979)	Schweppes McTwo Beer-Lemonade Mix 壜 (1979)	Sapporo Lite 壜 (1969)				
1	色度 (EBC.U.)		10.3	8.6	8.6	95	10.9	4.9				
2	比重	1.01757	1.02223	1.01703	1.01621	1.00609	1.03535	1.02014				
3	外観エキス (%)	4.47	5.64	4.34	4.13	1.56	8.87	5.12				
4	アルコール (w/w %)	0.14	0.04	0.24	1.26	1.10	0.66	0.68				
5	アルコール (v/v %)	0.18	0.05	0.31	1.62	1.40	0.86	0.88				
6	真正エキス (%)	4.56	5.64	4.43	4.72	2.05	9.14	5.40				
7	原麦汁エキス (°P)	4.84	5.72	4.91	7.23	4.27	10.43	6.76				
8	外観発酵度 (%)	7.6	1.4	11.6	42.9	63.5	15.0	24.3				
9	真正発酵度 (%)	5.8	1.4	9.8	34.7	52.0	12.4	20.1				
10	pH	4.82	4.60	5.07	4.78	4.13		4.34				
11	酸度 (mℓ H/10 NaOH/100g)	8.2	20.6	7.6	10.5	7.8		8.3				
12	ホルモル態窒素 (mgN/100g)	12.0	24.4	15.5	14.5	5.3	6.8	8.8				
13	全窒素 (mgN/100g)	37.2	91.2	40.2	41.7	30.9	15.3	27.0				
14	還元糖 (%)	2.96						3.89				
15	デキストリン (%)	0.98						0.94				
16	炭酸ガス (w/w %)							0.48				
17	イソフムロンズ (mg/ℓ)	26.7	26.7	22.2	28.0	13.1	0.6	21.3				
18	シリンダー法泡立ち (mℓ)							165				
19	ｼﾘﾝﾀﾞｰ法泡持ち (分・秒)							11′30″				
20	カロリー (kcal/100mℓ)	19.5	23.2	19.7	28.2	16.2	41.8	26.8				
21	エチルアセテート (ppm)	0.6	0.1	0.7	4.9	3.2	1.7					
22	イソブタノール (ppm)	4.0	0.1	1.4	2.9	5.2	1.6					
23	ｲｿｱﾐﾙｱｾﾃｰﾄ (ppm)	trace	trace	trace	0.3	trace	trace					
24	ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ (ppm)	9.5	0.3	6.7	22.5	22.8	10.1					
25	単糖類 (G1, g/100mℓ)	trace	0.26	0.24	1.65							
26	二糖類 (G2, g/100mℓ)	1.99	0.33	1.64	0.57							
27	三糖類 (G3, g/100mℓ)	0.63	0.41	0.55	0.29							
28	オリゴ糖 (G4~9, g/100mℓ)	0.57	1.68	0.85	0.91							
29	ﾃﾞｷｽﾄﾘﾝ (G10~, g/100mℓ)	0.83	2.37	1.05	1.18							
30	全糖量 (g/100mℓ)	4.02	5.05	4.33	4.60							
麦芽香味	(0～3)			1.70	1.00	1.33						
エステル臭味	(0～3)			0.60	0.77	0.58						
ホップ香	(0～3)			1.10	0.54	0						
ホップの異臭	(0～3)			1.30	0.31	0						
ダイアセチル臭	(0～3)			0	0.23	0						
汚染臭・カビ臭	(0～3)			0.10	0.23	0						
未熟臭味・若臭味	(0～3)			0.10	0.31	0						
硫化水素臭・ドブ臭	(0～3)			0	0.31	0						
酵母臭味	(0～3)			0.10	0.15	0						
酸化臭	(0～3)			0.40	0.77	0						
日光臭	(0～3)			0	0.15	0						
渋苦味	(0～3)			0.20	0.23	0						
刺味・収斂味	(0～3)			0.20	0.31	0.08						
甘味	(0～3)			0.80	0.15	2.50						
その他の異常な臭味	(0～3)			0.70	0.46	0.08						
苦みが快い	(-3～3)			-0.30	-0.15	-0.17						
炭酸ガスが快い	(-3～3)			0	0.08	-0.25						
こくがある	(-3～3)			-0.50	-0.54	0.33						
まるい・なめらか	(-3～3)			-1.00	-0.69	0.08						
爽快・爽快	(-3～3)			-1.00	-0.69	-0.67						
香味のよさ	(-3～3)			-1.80	-1.38	-0.83						

3．外国ライトビールの醸造方法と香味評価

（1）外国ライトビールの醸造方法

①アメリカにおいて初期に登場したライトビールはregular beerよりも 1/3程度カロリーが少なく、しかも高発酵度のビールであり、現在でもこのようなタイプのライトビールが市場の多くを占めている。狭義にはこのような低カロリービールがライトビールとして認識されているが、ドイツにおけるダイエットビールに対するような規制があるわけではなく、広義には“regular beerよりもライトな感じを与えるビール”を指している。ライトビールの醸造方法は原麦汁濃度や発酵度の設定まで加味すれば非常に多岐にわたるが、一般には、ライトビールは regular beer よりも原麦汁濃度が低く、高発酵度であるものが多く、高い発酵度を達成する方法のちがいから、ライトビールの醸造方法は次のように分類されるのが常である。(2, 7)

ａ）regular beerの希釈

ｂ）酵素剤の使用

○アミログルコシダーゼ

○カビのα－アミラーゼ

○麦芽酵素

ｃ）副原料として発酵性糖（グルコース）の使用

ｄ）デキストリン発酵性酵母(*Saccharomyces diastaticus*)の使用

②regular beerの希釈、あるいはregular beer用の麦汁を希釈して発酵させるのは最も初歩的なライトビール（低カロリービール）の醸造方法であるが、この場合には、単に低カロリーというだけであり、バランスの失われた物足りないビールになりやすく、アメリカにもこのようなタイプのものは見当たらない。アメリカのライトビールの醸造では、regular beerよりも多少でも高い発酵度となるようにするとともに、麦芽の使用比率を高めて物足りなさを補うよう品質設計上工夫されているといわれる。

③アミログルコシダーゼはオリゴ糖やデキストリンなどの非発酵性糖類をグルコースまで分解し、ビール酵母にとって発酵可能な糖に変換する作用を持つ。一般には *Aspergillus niger*の生産するアミログルコシダーゼが用いられるが、一部、他の酵素を含んでいるのが常である。(7) アミログルコシダーゼは通常、発酵開始時に麦汁に添加される。Regular beerへの酵素混入を避けるには、仕込中に添加して高い発酵度の麦汁を得るようにするのが望ましいのであるが、多量の酵素を必要とするので経済的ではなく、発酵度上昇の効果も大きくない。アミログルコシダーゼの発酵時添加は、外観発酵度として 100%を越える高い発酵度を達成するのに極めて有効な手段であるが、アミログルコシダーゼは通常の低温殺菌条件では完全には失活せず、多量の基質の残存するregular beerに誤って混入するとsweetな感じを与えるようになるといわれる。regular

beerへの混入を避けるために、ライトビールとRegular beerの製造ラインを別にしなければならないなど、製造管理は相当神経を要するもののようである。また、アミログルコシダーゼに混在するプロテアーゼが泡持ちを損なうのも欠点であるとされている。このような欠点にもかかわらず、かつてはアミログルコシダーゼの使用が一般的であり、現在もかなり使用されている。“Miller Lite”“Coors Light”はアミログルコシダーゼを使用して醸造されている。(5.7)

④カビのα－アミラーゼはα－1、4結合を切断する他、α－1、6結合を切断する酵素力もある程度有しており、アミログルコシダーゼ同様、発酵開始時に添加して 100%以上の外観発酵度が達成できるとされている。(8) この酵素はアミログルコシダーゼとちがって、低温殺菌によって完全に失活し、また泡持ちを損ねることがないといわれている。このように、カビのα－アミラーゼにはアミログルコシダーゼにみられるような欠点がないので、最近アメリカではこの酵素使用に切り替える醸造所が増加していると聞いているが詳細は不明である。

⑤グルコースを副原料として麦汁煮沸釜で加える方法もアメリカではよく行われているらしい。グルコースはビール酵母によって完全に発酵されるので、容易に高い発酵度のビールが得られるのはいうまでもないことである。Schlitz社では特別に製麦された窒素成分含量の多い麦芽を使用して糖化を行い、精製されたグ

ルコースシロップと混合してライトビール醸造用の麦汁を得ている模様である。

ジアスターゼの高い麦芽を用いたり、糖化方法を工夫したりして高発酵度の麦汁を得る方法も考えられないわけではないが、この方法によって得られる発酵度の上昇は小さい。高いジアスターゼ力を有する麦芽抽出液や、殺菌された麦芽粉末を、アミログルコシダーゼやカビのα－アミラーゼと同様の方法で使用することも行われる。麦芽中にはリミットデキストリナーゼ活性あるいは枝切り酵素活性が微弱であるのでアミログルコシダーゼやカビのα－アミラーゼの場合のように外観発酵度 100％以上の高い発酵度は達成されず、高くても95％程度の外観発酵度にとどまるが、最近この方法が注目され始めているらしい。Anheuser-Busch社がこの方法を採用しているという。(4)

⑥最近、これらの酵素の他に、バクテリアのプルラナーゼを使用することが話題にのぼっているが、まだＦＤＡの認可はおりていないようである。特許や文献中にはデキストリン発酵性酵母（*Saccharomyces diastaticus*）の使用について言及されているが(5)、実際にこの方法が採用されている例はない。

よく知られているように、アメリカでは高濃度発酵の普及が著しく、ほとんどのブランドのライトビールが高濃度発酵後に希釈するという方法で醸造されていることは特筆すべきである。高濃度発酵を採用するとエステル類が多量に生成することが知られており、

生成するライトビールに自然にエステル香味を賦与し“物足りなさ”をカヴァーするかたちになっていることは興味深い。ビール品質上の特徴からいえばアメリカのライトビールの急成長の一端がこのあたりにあるのではなかろうか。

（2）外国ライトビールの香味評価

第3回のビール鑑定表により19ブランドの外国ライトビールを香味評価した。その結果を第4－2表～第4－5表に示す。

21項目の評価項目の内「香味のよさ」のベスト5及びワースト5のブランドの評価点と「苦みが快い」、「こくがある」、「まるい・なめらか」、「軽快・爽快」及び「エステル臭味」の項目別評価点を抜粋して第4－6表に示す。

①ドイツのダイエットビールは「こくがある」と「軽快・爽快」の評価が高かった。「香味のよさ」でベスト5のビールの特徴は「こくがある」≧－0.36「苦味が快よい」≧－0.43と評価が高く「エステル臭味」の強度≧0.76であった。

②アメリカのライトビールでは Miller Lite（壜）とAnheuser Busch社のMichelob-Light（壜）がそれぞれ1位、3位にランクされた。 Miller Liteは「まるい・なめらか」「軽快・爽快」の評価もよく、「エステル臭味」の強度は1.82と極めて高い方であった。

Michelob-Light は「苦みが快い」「こくがある」

とも唯一のプラス点評価であったが、これは前項「外国ライトビールの分析値」で述べたように、原麦汁濃度が10°P強もあり、発酵度も通常のピルスナータイプのビールと同程度であることによるものであろう。

③ワースト5のビールはこく味がなく、まるさ・なめらかさが失われており香味に粗さが生じてきていた。また「エステル臭味」の強度も低いものが殆どであった。

ベスト5のビールがすべて壜で、ワースト5のビールが缶であったことを考えると、当時（1970年代）は缶の内面塗料の技術が現在よりやや未熟で缶の方が「劣化臭味」「酸化臭味」が付き易く、全体の香味のバランスを損ねていたと推測される。

④その他の香味特性の内、ホップフレーバーについて、好ましいホップフレーバーを「ホップ香」と好ましくないホップフレーバーを「ホップの異臭」に分けているが、好ましいか好ましくないかの判断基準は企業によって異なる。国際統一用語（第1－2図フレーバーホイール）ではこの分け方ではなく、「HOPPY」として「KETTLE- HOP」「DRYHOP」「HOPOIL」の3つに分けている。この場合の大まかに「KETTLE-HOP」が（煮出しホップ汁の臭い）が「ホップ香」に相当し、他は「ホップ臭」に該当すると言ってよい。残りの香味特性はビールにはない方がよい異臭味に相当し、これらが検出されると香味評価値へマイナスへ影響する。

第4－6表　外国ライトビールのベスト5・ワースト5の香味評価

	Miller Lite 壜(1979)	Löwen bräu Diät Bier 壜(1975)	Anheuser Busch Michelob -Light 壜(1978)	Holsten Diät Bier 壜(1974)	Henninger Diät Pils, 壜(1975)
香味のよさ（-3～+3）	-0.27	-0.29	-0.56	-0.62	-0.70
苦味が快い（-3～+3）	-0.18	-0.14	0.11	-0.43	-0.30
こくがある（-3～+3）	-0.36	0.00	0.11	-0.19	-0.30
まるい・なめらか（-3～+3）	-0.09	-0.14	-0.89	-0.48	-0.30
軽快・爽快（-3～+3）	-0.27	-0.57	-0.56	-0.67	-0.40
エステル臭味（0～3）	1.82	1.29	0.89	0.76	1.40

	Schlitz Light 缶(1978)	Olympia Gold Light 缶(1978)	Anheuser Busch Natural -Light 缶(1978)	Miller Lite 缶(1978)	Bass Charington Hemeling Lite Lager 缶(1979)
香味のよさ（-3～+3）	-2.11	-1.78	-1.67	-1.44	-1.42
苦味が快い（-3～+3）	-1.00	-0.07	-0.44	-0.33	-0.83
こくがある（-3～+3）	-1.56	-1.44	-1.56	-1.33	-1.00
まるい・なめらか（-3～+3）	-1.56	-1.11	-1.33	-1.22	-0.92
軽快・爽快（-3～+3）	-1.22	-0.89	-1.00	-0.44	-0.33
エステル臭味（0～3）	0.78	0.56	0.56	1.00	0.58

第3節　ライトビールの香味品質特性分析のための試験醸造

第2節で述べた外国ライトビールの分析値、香味評価値の特徴及び醸造方法を十分参考にしながら、日本のビール市場に合うライトビールの香味品質特性を分析するため、総合研究所醸造パイロットプラント及び横浜工場で試験醸造を行った。

＜材料と方法＞

1．試験醸造方法と試験醸造数

・総合研究所醸造パイロットプラントで11回（39試醸）行った。

・横浜工場で7回（23試醸）行った。

・総合研究所醸造パイロットプラントでの試醸方法を第4－7表～第4－8表に示す。

・この段階から工場（1仕込50kℓ規模）で試醸したのは総合研究所醸造パイロットプラント（1仕込 200ℓ規模）より大きなパイロットプラントがなかったためである。

2．ビールの分析

第2章 第2節と同様の方法で行った。

3．ビールの香味評価

第2章 第2節と同様の方法で行った。

＜結果と考察＞

試験醸造したビールの全化学分析値（44項目）と香味評価値（21項目）を第4－9表～第4－15表に示す。

1．パイロットプラントでの試醸結果

「香味のよさ」が0点以上の試醸ビール（6サンプル）の醸造方法、主要分析値（アルコールv／v%、原麦汁エキ

ス、外観発酵度、全窒素、イソフムロンズ、イソアミルアセテート、イソアミルアルコール及びカロリー）及び香味評価項目の結果を第４－16表に示す。

（１）香味の総合評価（「香味のよさ」）がよかった６サンプルのうち５サンプルまでが All Malt(麦芽 100％)麦汁をベースとしたビールであった。このため、全窒素（Total Nitrogen, T-N)がキリンラガービールより高く、これが「こくがある」の評価を高めた。

（２）高濃度醸造（High Gravity Brewing, HGB)ではエステルの生成が著しく促進されることが確認された。イソアミルアセテート含量で通常濃度発酵 0.8ppm(試醸記号２－イ）に対してすべて２ppm 以上であった。

第４－７表　総合研究所醸造パイロットプラントでの試醸方法（第１回～第５回）

第1回	当社ビールを希釈するようなかたちで試験する。あわせて、麦芽ジアスターゼ添加の効果をみる： 高崎工場冷却麦汁を９°Pあるいは７°Pに希釈後、酵母Ｌを６ｇ／ℓ添加し、麦芽ジアスターゼを添加（１－ロ、ニ）あるいは添加しないで（１－イ、ハ）発酵させる。・・・・1978.6／27.28 壜詰め 当社並ビールおよびマインブロイを原麦汁濃度９°Pになるように希釈する。（１－ホ、ヘ）・・・1978.8／3 壜詰め
第2回	麦芽のみの（あるいはごく少量の副原料を併用した）麦汁を用いて試験する。あわせて、麦芽ジアスターゼ添加の効果をみる： パイロットプラントで調製した９°Pの all malt 麦汁に麦芽ジアスターゼを添加して（２－イ）、また対麦芽15％のコーンスターチを使用してパイロットプラントで調製した９°Pの麦汁に麦芽ジアスターゼを添加しないで（２－ロ）酵母Ｌ12ｇ／ℓにより12℃で発酵させる・・・・1978.9／8 壜詰め 麦芽あたり15％のコーンスターチを使用してパイロットプラントで調製した８°Pの麦汁に、あるいはパイロットプラントで調製した７°Pの all malt 麦汁にそれぞれ麦芽ジアスターゼを添加して酵母Ｌ12ｇ／ℓにより12℃で発酵させる（２－ハ、ニ）・・・・1978.10／3 壜詰め
第3回	高濃度（15°P）発酵した後、水で希釈する。あわせて、麦芽ジアスターゼ添加の効果をみる： パイロットプラントで調製した15°Pの all malt 麦汁に麦芽ジアスターゼを添加して（３－イ）、また麦芽あたり20％のコーンスターチを使用してパイロットプラントで調製した15°Pの麦汁に麦芽ジアスターゼを添加しないで（３－ロ）酵母Ｌ９ｇ／ℓにより14℃で発酵させ沪過前にガス水で原麦汁濃度８°P程度になるように希釈する・・・1978.11／11 壜詰め 上記の２つの高濃度ビールを原麦汁濃度 8.5°P程度になるように希釈する。（３－ハ、ニ）・・・1978.12／1 壜詰め マインブロイを原麦汁濃度 7.5°Pになるように希釈する。（３－ホ）・・・・1978.11／11壜詰め
第4回	発酵開始時にグルコース液を補って高発酵度を達成する： パイロットプラントで調製した all malt 麦汁と、同じ糖度のグルコース液を11：２の比率で混合し、酵母Ｕ ９ｇ／ℓにより14℃で発酵させる。高濃度（15°P）発酵後　沪過に２倍に希釈（４－イ）あるいは 7.5°Pで発酵させる。（４－ロ）・・・・1978.12／22 壜詰め
第5回	発酵開始時にグルコース液を補って高発酵度を達成する方法において、エステル生成能の高い酵母（3012）を使用する： パイロットプラントで調製した all malt 麦汁と、同じ糖度のグルコース液を11：２の比率で混合した 7.5°Pの麦汁を、酵母Ｌ９ｇ／ℓ、あるいは酵母3012 ９ｇ／ℓにより14℃で発酵させる。・・・・1979.1／9 壜詰め

麦芽ジアスターゼの添加量は0.03～0.04 w/v％

第４－８表　総合研究所醸造パイロットプラントでの試醸方法
（第６回～第11回）

第6回	デキストリン発酵性酵母（*S.diastaticus*)を使用して高発酵度を達成する： パイロットプラントで調製した 7.5°Pの all malt 麦汁に酵母 *S.diastaticus*（IFO-1015）を８ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させる。・・・・1979.2／22 壜詰め
第7回	高濃度（18°P）発酵液と低濃度（４°P）発酵液を沪過前に混合する： パイロットプラントで調製した18°Pの all malt 麦汁に酵母Ｕを９ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させる。一方、高崎工場麦汁を希釈した４°Pの麦汁に酵母Ｕを６ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させる。後発酵終了後に高濃度発酵液と低濃度発酵液を１：２（７－イ）あるいは１：３（７－ロ）の比率で混合する。他に高濃度発酵液を沪過前に、原麦汁濃度 7.5～８°Pになるように炭酸ガス水で希釈したビール（７－ハ）を調製する。・・・・1979.2／22 壜詰め
第8回	高濃度（14°P）発酵液と低濃度（４°P、５°P）発酵液を沪過前に混合する。および高濃度（14°P、16°P）麦汁の発酵中あるいは発酵終了後に、低濃度（４°P、５°P）麦汁と酵母を添加して発酵を継続する： パイロットプラントで調製した高濃度（14°P、16°P）の all malt 麦汁、および低濃度（４°P、５°P）の副原料併用麦汁に酵母Ｌをそれぞれ９ｇ／ℓ、６ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させ、沪過前に高濃度発酵液と低濃度発酵液を混合する。（８イ、ロ）パイロットプラントで調製した高濃度（14°P、16°P）の all malt 麦汁に酵母Ｌを９ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させ、外観発酵度が５０％ 程度に達したとき（８－ハ、ニ、ホ）あるいは発酵が終了したときに（８－ヘ、ト）低濃度（４°P、６°P）麦汁と混合し、酵母Ｌを６ｇ／ℓ添加して発酵を継続する。・・・・1979.3／9 壜詰め
第9回	これまで検討してきた麦芽ジアスターゼを添加する方法、糖を補充する方法、高濃度発酵後水で希釈する方法を同時に実施、第８回試醸分とあわせてそれぞれの試醸方法を比較する： パイロットプラントで調製した８°Pの all malt 麦汁に麦芽ジアスターゼを添加（９－ロ）あるいは添加しないで（９－イ）、酵母Ｌを９ｇ／ℓにより14℃で発酵させる。パイロットプラントで調製した all malt 麦汁と８°Pのグラニュー糖液を５：１の比率で混合し、酵母Ｌを９ｇ／ℓにより14℃で発酵させる。（９－ハ）パイロットプラントで調製した16°Pの all malt 麦汁と16°Pのグラニュー糖液を５：１の比率で混合し、酵母Ｌを９ｇ／ℓ添加して14℃で発酵させ沪過前に炭酸ガス水で２倍に希釈する。（９－ニ）このビールにホップオイルを添加して、ホップ香を賦与することもあわせて試みる。（９－ホ）・・・・1979.3／13 壜詰め
第10回	グラニュー糖を補った高濃度（18°P）麦汁と、 all malt の低濃度（４°P）麦汁を別々に発酵させ沪過前に混合する： パイロットプラントで調製した18°Pの all malt 麦汁と18°Pのグラニュー糖液を５：１の比率で混合し、酵母Ｌを６ｇ／ℓを添加して14℃で発酵させる。パイロットプラントで調製した４°Pの all malt 麦汁に酵母Ｌを６ｇ／ℓを添加して14℃で発酵させる。発酵終了後、上記の高濃度発酵液を原麦汁濃度８°P程度になるように炭酸ガス水で希釈（10－イ）、あるいは低濃度発酵液で希釈する。・・・・1979.4／20 壜詰め
第11回	ワイン酵母あるいは日本酒酵母を使用する： パイロットプラントで調製した８°Pの all malt 麦汁にワイン酵母（IFO 2260）７ｇ／ℓを添加して（11－イ）、あるいは清酒酵母（協会７号）８ｇ／ℓを添加して（11－ロ）、18℃で発酵させる・・・・1979.4／25 壜詰め

第4－9表　パイロットプラント試験ビールの全化学分析値・香味評価値(1)

ビール	1－イ	1－ロ	1－ハ	1－ニ	1－ホ	1－ヘ	2－イ	2－ロ	2－ハ	2－ニ
壜詰め年月日	1978. 6.27	1978. 6.28	1978. 6.27	1978. 6.28	1978. 8. 3	1978. 8. 3	1978. 9. 8	1978. 9. 8	1978.10. 3	1978.10. 3
醸造方法	通常麦汁 7 °P	通常麦汁 7 °P 麦芽ジアスターゼ添加	通常麦汁 9 °P	通常麦汁 9 °P 麦芽ジアスターゼ添加	当社並みビールを原麦汁濃度 9 °Pになるように希釈	マインブロイを原麦汁濃度 9 °Pになるように希釈	all malt 麦汁 9 °P、麦芽ジアスターゼ添加	麦芽あたり15％のコーンスターチを用いた麦汁 9 °P	麦芽あたり15％のコーンスターチを用いた麦汁 8 °P、麦芽ジアスターゼ添加	all malt 麦汁 7 °P、麦芽ジアスターゼ添加
色度 (EBC.U.)	4.8	4.9	6.2	6.4	6.3	7.6	9.4	8.1	5.6	5.8
比重	1.00441	1.00179	1.00466	1.00185	1.00663	1.00646	1.00195	1.00570	1.00170	1.00149
外観エキス (%)	1.13	0.40	1.20	0.47	1.70	1.66	0.50	1.46	0.44	0.38
アルコール (w/w %)	2.41	2.69	3.16	3.47	2.97	2.96	3.61	3.13	3.22	2.76
アルコール (v/v %)	3.06	3.41	4.01	4.39	3.78	3.77	4.57	3.98	4.08	3.49
真正エキス (%)	2.25	1.70	2.65	2.08	3.06	3.00	2.07	2.88	1.90	1.64
原麦汁エキス (°P)	7.05	7.06	8.88	8.92	8.91	8.84	9.18	9.04	8.27	7.13
外観発酵度 (%)	84.0	94.3	86.5	94.7	80.9	81.2	94.6	83.8	94.7	94.7
真正発酵度 (%)	68.1	75.9	70.2	76.7	65.7	66.1	77.5	68.1	77.0	77.0
pH	3.90	3.92	3.90	3.88	4.40	4.70	4.39	4.14	4.06	4.27
酸度 (ml H/10 NaOH/100g)	10.8	11.3	13.6	14.4	12.8	12.5	17.6	13.3	14.2	14.4
ホルモル態窒素 (mgN/100g)	6.0	6.2	6.7	6.6	12.4	14.2	22.5	8.9	12.1	15.2
全窒素 (mgN/100g)	31.5	31.3	40.2	39.1	49.2	50.4	70.4	40.8	44.7	47.2
還元糖 (%)	0.64	0.77	0.63	0.86	0.98	0.80	0.70	0.78	0.77	0.59
デキストリン (%)	0.79	0.29	1.08	0.41	1.23	1.33	0.41	1.30	0.42	0.34
炭酸ガス (w/w %)	0.398	0.425	0.378	0.410	0.419	0.474	0.489	0.500	0.513	0.494
イソフムロンズ (mg/ℓ)	20.0	20.1	15.3	16.4	18.5	15.0	26.5	28.6	14.9	18.9
グラス法泡立ち (実測ml)	32	43	31	37	42	57	79	7	1	68
グラス法泡持ち (実測ml)	60	77	58	63	80	93	120	182	125	92
ABS濁度 (OD. 610nm)	0.411	0.590	0.462	0.630	0.559	0.279	0.791	0.342	0.633	0.472
硅酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.36	3.22	1.45	4.02	0.65	0.44	6.69	1.24	3.40	4.28
ダイアセチル (ppm)	0.16	0.06	0.15	0.07	0.08	0.04	0.12	0.10	0.06	0.08
アセトアルデヒド (ppm)	5.9	8.9	3.5	9.3	9.2	3.4	5.7	4.8	7.3	5.6
エチルアセテート (ppm)	7.1	9.7	12.2	16.7	15.7	16.5	14.3	10.4	13.5	9.4
ノルマルプロパノール (ppm)	9.3	9.4	12.8	13.5	6.3	5.6	8.3	8.2	9.4	8.6
イソブタノール (ppm)	12.2	13.6	14.2	17.2	6.9	6.2	9.5	40.7	16.7	15.1
イソアミルアセテート (ppm)	0.3	0.5	0.7	1.2	1.2	0.9	0.8	0.5	0.4	0.4
イソアミルアルコール (ppm)	51.1	57.1	64.6	75.5	44.7	40.8	55.1	46.5	54.8	57.5
カロリー (kcal/100ml)	26.4	26.2	33.5	33.4	33.8	33.4	34.3	34.2	30.8	26.5
単糖類 (G1. g/100ml)	0.03	0.09	0.14	0.08	0.05	0.04	0.10	0.04	0.13	0.11
二糖類 (G2. g/100ml)	0.23	0.45	0.73	0.53	0.39	0.15	0.31	0.24	0.44	0.30
三糖類 (G3. g/100ml)	0.23	0.36	0.49	0.48	0.36	0.26	0.31	0.25	0.31	0.27
オリゴ糖 (G4~9. g/100ml)	0.61	0.27	0.53	0.39	0.72	1.02	0.34	0.78	0.34	0.24
デキストリン(G10~. g/100ml)	1.00	0.27	0.57	0.45	1.13	1.22	0.38	1.28	0.39	0.32
全糖量 (g/100ml)	2.10	1.44	2.46	1.93	2.65	2.69	1.44	2.59	1.61	1.24
色S濁度(EBC単位)	0.62	2.61	0.65	2.71	0.40	0.36	3.16	0.58	1.31	1.77
30℃2週間後濁度(EBC単位)	1.52	3.82	1.41	3.98	0.61	0.59	3.96	1.06	3.11	3.18
30℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	0.89	3.37	0.95	3.56	0.46	0.56	3.49	0.86	1.94	2.33
30℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	2.00	4.07	1.83	4.92	0.67	0.61	4.47	1.30	2.84	2.87
30℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	3.68	4.57	3.49	5.69	1.00	0.75	5.48	2.82	3.55	3.38
0℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	5.70	5.85	7.10	7.40	4.56	3.60	12以上	6.35	5.03	5.08
0℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.98	4.09	3.10	4.70	0.76	0.82	5.27	1.49	2.58	2.88
0℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	4.20	5.15	5.28	6.83	2.35	1.49	8.55	4.25	3.79	3.79
0℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	6.62	5.97	8.30	8.19	4.45	2.59	12以上	7.97	5.15	4.86
麦芽香味 (0～3)	0.56	0.79	0.73	0.68	0.95	0.86	0.83	0.94	0.68	0.32
エステル臭味 (0～3)	0.28	0.39	0.68	0.96	0.55	0.50	0.50	0.39	0.36	0.18
ホップ香 (0～3)	0.22	0.21	0.18	0.16	0.09	0.09	0.11	0.22	0.27	0.18
ホップの異臭 (0～3)	0.11	0.11	0.09	0.09	0.09	0.18	0.11	0.11	0	0
ダイアセチル臭 (0～3)	0.67	0	0.18	0.03	0.27	0	0	0.11	0	0.09
不快臭・カビ臭 (0～3)	0.33	0	0.18	0.09	0.09	0.09	0	0.11	0	0
未熟臭味・若臭味 (0～3)	0.78	0.35	0.36	0.33	0.77	0.18	0.39	0.50	0.50	0.45
硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0.11	0.06	0.09	0.06	0.18	0	0	0.11	0.09	0
酵母臭味 (0～3)	0	0	0.18	0.09	0.09	0	0.11	0	0	0.09
酸化臭 (0～3)	0.11	0.16	0.36	0.13	0.09	0.59	0.11	0.11	0	0
日光臭 (0～3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
渋苦味 (0～3)	0.33	0.22	0.05	0.18	0.23	0.14	0.17	0.17	0.09	0.27
刺激・収斂味 (0～3)	0.67	0.55	0.45	0.49	0.32	0.32	0.28	0.33	0.18	0.23
甘味 (0～3)	0	0	0	0.03	0.09	0.18	0	0	0.09	0
その他の異常な臭味 (0～3)	0	0.16	0.32	0.18	0	0	0	0	0	0
苦みが快い (-3～3)	-0.67	-0.39	-0.55	-0.42	-0.27	-0.27	-0.22	-0.61	-0.18	-0.73
炭酸ガスが快い (-3～3)	-0.11	-0.03	-0.18	-0.12	0.05	-0.18	0.11	-0.11	0.09	-0.18
こくがある (-3～3)	-0.89	-1.05	-0.82	-0.46	-0.36	-0.36	0	-0.61	-1.00	-0.55
まろい・なめらか (-3～3)	-0.89	-0.51	-1.09	-0.57	-1.23	-0.86	0.11	-0.94	-0.32	-0.59
爽快・爽快 (-3～3)	-0.67	-0.31	-0.73	-0.44	-0.41	-0.59	0	-0.56	0.09	-0.18
後味のよさ (-3～3)	-1.11	-0.69	-1.32	-0.79	-1.00	-0.64	0	-0.78	-0.55	-0.82

通常麦汁：現行副原料配合で調製した麦汁

第4－10表　パイロットプラント試験ビールの全化学分析値・香味評価値(2)

ビール	3－イ	3－ロ	3－ハ	3－ニ	3－ホ	4－イ	4－ロ	5－イ	5－ロ	6－イ
瓶詰め年月日	1978.11.11	1978.11.11	1978.12. 1	1978.12. 1	1978.11.11	1978.12.22	1978.12.22	1979. 1. 9	1979. 1. 9	1979. 2.22
醸造方法	all malt 麦汁 麦芽ジアスターゼ添加、高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度8°Pになるように水希釈	麦芽あたり20%のコンスターチを用いた麦汁高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度7.5°Pになるように水希釈	all malt 麦汁 麦芽ジアスターゼ添加、高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度8.5°Pになるように水希釈	麦芽あたり20%のコンスターチを用いた麦汁高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度9°Pになるように水希釈	マインブロイを原麦汁濃度7.5°Pになるように水希釈	all malt 麦汁にグルコース補充、高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度7.5°Pになるように水希釈	all malt 麦汁にグルコース補充、7.5°P	all malt 麦汁にグルコース補充、7.5°P	all malt 麦汁にグルコース補充、7.5°P 酵母3012	all malt 麦汁 7.5°P デキストリン発酵性の酵母（*S. diastaticus*）
色度（EBC.U.）	6.8	5.4	7.3	6.3	5.4	5.8	4.9	4.8	4.8	7.8
比重	1.00206	1.00413	1.00167	1.00490	1.00511	1.00214	1.00200	1.00341	1.00317	1.00231
外観エキス（%）	0.53	1.06	0.43	1.26	1.31	0.55	0.51	0.87	0.81	0.59
アルコール（w/w %）	3.09	2.79	3.36	3.14	2.58	2.88	2.82	2.63	2.63	2.72
アルコール（v/v %）	3.91	3.54	4.25	3.99	3.28	3.65	3.57	3.34	3.34	3.45
真正エキス（%）	1.87	2.29	1.94	2.69	2.47	1.88	1.82	2.09	2.02	1.81
原麦汁エキス（°P）	7.99	7.67	8.58	8.88	7.59	7.60	7.42	7.32	7.25	7.22
外観発酵度（%）	93.4	86.2	95.0	85.8	82.7	92.8	93.1	88.1	88.8	91.8
真正発酵度（%）	76.6	70.1	77.4	69.7	67.5	75.3	75.5	71.4	72.1	74.9
pH	4.58	4.59	4.62	4.47	4.49	4.56	4.13	3.95	3.92	4.19
酸度（ml H/10 NaOH/100g）	12.4	10.4	13.3	12.0	10.5	11.6	13.2	12.5	12.5	14.0
ホルモル態窒素（mgN/100g）	18.5	12.9	19.9	14.9	12.2	15.3	10.6	8.8	8.4	16.7
全窒素（mgN/100g）	57.7	45.0	62.0	52.1	41.4	49.7	40.8	39.2	38.7	56.9
還元糖（%）	0.78	0.64	0.84	0.74	0.69	0.52	0.47	0.54	0.51	0.55
デキストリン（%）	0.38	1.02	0.41	1.18	1.16	0.65	0.66	0.85	0.84	0.55
炭酸ガス（w/w %）	0.483	0.454	0.456	0.475	0.516	0.466	0.468	0.464	0.438	0.536
イソフムロンズ（mg/ℓ）	12.2	12.1	12.0	12.1	10.6	16.3	24.8	19.4	16.4	14.7
グラス法泡立ち（実測mℓ）	64	59	43	51	78	57	66	51	41	86
グラス法泡持ち（実測mℓ）	85	90	62	79	124	97	136	99	73	125
ABS濁度（OD. 610nm）	0.508	0.294	0.546	0.340	0.196	0.316	0.315	0.300	0.288	0.616
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	4.48	1.36	4.81	1.57	0.62	0.50	1.23	2.13	2.20	1.04
ダイアセチル（ppm）	0.05	0.04	0.06	0.05	0.02	0.07	0.05	0.08	0.06	0.04
アセトアルデヒド（ppm）	8.8	4.2	4.7	2.7	3.5	1.8	2.1	4.4	4.4	1.3
エチルアセテート（ppm）	48.4	21.7	41.3	29.8	12.0	26.1	18.1	14.8	18.2	10.8
ノルマルプロパノール（ppm）	5.8	5.8	8.4	8.2	2.9	6.9	9.7	11.2	10.7	14.6
イソブタノール（ppm）	9.6	7.9	10.4	9.6	4.4	8.7	16.2	18.1	17.9	10.2
イソアミルアセテート（ppm）	3.1	1.8	3.5	2.2	0.7	1.9	1.8	1.4	1.6	0.4
イソアミルアルコール（ppm）	47.1	42.4	52.1	51.0	31.8	50.8	66.4	63.6	63.6	48.2
カロリー（kcal/100mℓ）	29.8	29.3	32.0	33.5	28.6	28.3	27.6	27.6	27.4	27.1
単糖類（G1. g/100mℓ）	0.08	0.04			0.06	0.05	0.07	0.03	0.06	
二糖類（G2. g/100mℓ）	0.41	0.20			0.14	0.14	0.18	0.15	0.17	
三糖類（G3. g/100mℓ）	0.34	0.20			0.29	0.14	0.18	0.15	0.15	
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）	0.31	0.68			0.83	0.39	0.62	0.62	0.69	
デキストリン(G10~. g/100mℓ)	0.34	0.92			1.06	0.50	0.69	0.85	0.90	
全糖量（g/100mℓ）	1.48	2.04			2.38	1.22	1.74	1.80	1.97	
当日濁度(EBC単位)	2.25	0.53			0.54	0.48	0.63	0.52	0.65	0.72
50℃2週間後濁度(EBC単位)	2.94	0.94			0.71	0.66	1.75	3.07	2.37	1.88
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	2.27	0.61			0.69	0.51	0.97	0.73	0.76	
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	2.87	0.84			0.73	0.59	2.17	1.60	1.68	1.08
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	3.33	1.49			0.89	0.85	3.66	3.06	3.00	1.57
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	5.83	6.63			2.42	3.45	7.76	11.78	10.91	11.57
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	2.99	0.84			1.06	0.61	3.10	3.92	3.74	
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	4.13	2.87			1.35	0.94	5.98	6.60	6.48	3.87
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	5.70	5.34			2.08	3.36	9.71	10.89	10.36	7.58
麦芽香味 (0～3)	0.88	0.75	0.94	1.00	1.38	0.69	0.63	0.33	0.50	1.00
エステル臭味 (0～3)	1.38	0.63	1.06	1.19	0.63	0.63	0.56	0.67	0.38	0.50
ホップ香 (0～3)	0.25	0.25	0.13	0	0.25	0	0.13	0.22	0.25	0
ホップの異臭 (0～3)	0.25	0.13	0	0	0	0.13	0.13	0.22	0.38	0.38
ダイアセチル臭 (0～3)	0	0.13	0.25	0	0	0	0.13	0	0	0
汚染臭・カビ臭 (0～3)	0	0	0.13	0	0	0	0	0.11	0	0.25
未熟臭味・若臭味 (0～3)	0.25	0.38	0.31	0.31	0	0.13	0.81	0.33	0.50	0.13
硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0	0.13	0	0.13	0	0.19	0	0	0.38	0.38
酵母臭味 (0～3)	0.13	0	0	0	0.25	0	0	0	0.13	0.38
酸化臭 (0～3)	0	0.25	0	0	0.38	0.13	0	0	0.13	0.25
日光臭 (0～3)	0	0	0.13	0	0	0	0	0.11	0	0
渋苦味 (0～3)	0.13	0.13	0	0	0	0.06	0.38	0.22	0.13	0
刺激・収斂味 (0～3)	0.13	0.25	0	0.25	0	0.13	0.25	0.44	0.25	0.38
甘味 (0～3)	0	0	0.13	0.13	0	0.13	0	0	0	0.25
その他の異常な臭味 (0～3)	0	0.13	0	0	0.38	0	0.38	0.11	0.13	1.75
苦みが快い (-3～3)	0	-0.13	0.13	0.06	-0.25	-0.38	-0.63	-0.33	-0.38	-0.88
炭酸ガスが快い (-3～3)	0	0	0.13	0.13	0	0.13	0	0	0	0
こくがある (-3～3)	-1.00	-1.13	-0.13	-0.31	-1.13	-0.81	-1.38	-0.78	-1.13	-0.63
まるい・なめらか (-3～3)	0.13	-0.38	0.25	0.25	-0.75	-0.13	-1.00	-0.78	-0.50	-1.25
爽快・爽快 (-3～3)	0.25	-0.25	0.13	0.25	-0.38	0	-0.63	-0.22	-0.25	-1.38
香味のよさ (-3～3)	0.13	-0.63	0.13	0.13	-0.88	-0.69	-1.38	-0.78	-0.50	-2.25

第4－11表　パイロットプラント試験ビールの全化学分析値・香味評価値(3)

ビール	7－イ	7－ロ	7－ハ	8－イ	8－ロ	8－ハ	8－ニ	8－ホ	8－ヘ	8－ト
詰め年月日	1979. 2.22	1979. 2.22	1979. 2.22	1979. 3. 9	1979. 3. 9	1979. 3. 8	1979. 3. 8	1979. 3. 8	1979. 3.13	1979. 3.13
醸造方法	18°Pのall malt麦汁発酵液と4°Pの通常麦汁発酵液を1：2の比率で混合	18°Pのall malt麦汁発酵液と4°Pの通常麦汁発酵液を1：3の比率で混合	all malt高濃度発酵（18°P）後原麦汁濃度8°Pになるように水希釈	16°Pのall malt麦汁発酵液と4°Pの通常麦汁発酵液を1：2の比率で混合	14°Pのall malt麦汁発酵液と5°Pの通常麦汁発酵液を1：2の比率で混合	14°Pのall malt麦汁の発酵途中に2倍量の4°P通常麦汁を添加して発酵を継続	16°Pのall malt麦汁の発酵途中に2倍量の5°P通常麦汁を添加して発酵を継続	8－ハと8－ニを1：1の比率で混合	16°Pのall malt麦汁の発酵終了後に2倍量の4°P通常麦汁を添加して発酵を継続	14°Pのall malt麦汁の発酵終了後に2倍量の5°P通常麦汁を添加して発酵を継続
色度（EBC.U.）	8.4	6.6	8.3	6.4	6.1	5.4	6.6	6.0	6.4	6.1
比重	1.00535	1.00456	1.00475	1.00468	1.00454	1.00374	1.00445	1.00409	1.00459	1.00455
外観エキス（%）	1.37	1.17	1.22	1.20	1.17	0.96	1.14	1.05	1.18	1.17
アルコール（w/w %）	3.14	2.73	2.68	2.76	2.77	2.49	2.91	2.70	2.81	2.75
アルコール（v/v %）	3.99	3.47	3.40	3.51	3.52	3.16	3.70	3.43	3.57	3.49
真正エキス（%）	2.80	2.42	2.43	2.48	2.40	2.10	2.50	2.30	2.47	2.42
原麦汁エキス（°P）	8.99	7.83	7.75	7.95	7.89	7.06	8.26	7.66	8.04	7.87
外観発酵度（%）	84.8	85.1	84.3	84.9	85.2	86.4	86.2	86.3	85.3	85.1
真正発酵度（%）	68.9	69.1	68.6	68.8	69.6	70.3	69.7	70.0	69.3	69.3
pH	4.49	4.44	4.79	4.34	4.21	4.13	4.20	4.17	4.32	4.20
酸度（ml H/10 NaOH/100g）	14.3	12.4	12.2	12.9	12.8	11.2	12.9	12.1	12.1	11.9
ホルモル態窒素（mgN/100g）	21.9	17.4	23.9	18.6	16.7	11.3	13.9	12.6	15.9	13.4
全窒素（mgN/100g）	69.8	56.7	69.1	60.4	56.9	45.9	54.1	50.0	58.0	52.2
還元糖（%）	0.75	0.63	0.70	0.66	0.67	0.57	0.70	0.64	0.71	0.69
デキストリン（%）	1.13	1.03	0.94	1.03	0.98	0.90	1.02	0.96	0.95	1.01
炭酸ガス（w/w %）	0.456	0.509	0.470	0.469	0.465	0.472	0.489	0.507	0.452	0.465
イソフムロンズ（mg/ℓ）	13.5	11.1	9.4	20.4	23.6	16.5	16.6	16.6	18.7	20.0
グラス法泡立ち（実測mℓ）	53	70	66	48	51	63	71	71	46	53
グラス法泡持ち（実測mℓ）	90	110	68	84	96	112	139	130	88	107
ABS濁度（OD. 610nm）	0.496	0.391	0.356	0.380	0.383	0.463	0.467	0.465	0.404	0.398
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	0.82	0.74	0.61	0.97	0.71	0.57	0.77	0.67	1.08	0.75
ダイアセチル（ppm）	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.08	0.06	0.06	0.04
アセトアルデヒド（ppm）	3.9	2.8	3.3	3.1	4.5	2.7	3.4	2.5	4.9	3.6
エチルアセテート（ppm）	32.7	21.0	40.0	14.0	9.2	9.3	16.8	11.0	18.6	11.1
ノルマルプロパノール（ppm）	9.0	6.3	4.9	10.1	10.1	10.0	10.9	11.2	10.3	9.6
イソブタノール（ppm）	11.6	10.1	9.0	12.9	14.4	17.9	20.1	18.6	12.9	13.1
イソアミルアセテート（ppm）	2.5	1.7	3.2	1.0	0.5	0.6	1.3	0.9	1.3	0.8
イソアミルアルコール（ppm）	52.1	49.1	42.0	52.6	54.9	53.2	60.1	57.1	50.4	50.8
カロリー（kcal/100mℓ）	33.9	29.4	29.1	29.9	29.6	26.4	31.1	28.7	30.2	29.6
単糖類（G1. g/100mℓ）	0.03	0.03								
二糖類（G2. g/100mℓ）	0.18	0.12								
三糖類（G3. g/100mℓ）	0.22	0.17								
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）	0.93	0.85								
デキストリン(G10~. g/100mℓ)	1.03	1.13								
全糖量（g/100mℓ）	2.39	2.30								
当日濁度(EBC単位)	0.57	0.51	0.50	0.61	0.57	0.49	0.57	0.51	0.66	0.57
50℃2週間後濁度(EBC単位)	0.87	0.79	0.60	1.00	0.94	0.94	0.95	0.86	1.06	0.99
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)										
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	0.75	0.76	0.59	1.00	0.93	0.89	1.13	0.83	1.22	1.19
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	1.14	1.12	0.73	1.43	1.41	1.63	1.82	1.32	1.75	1.91
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	55.98	4.04	2.76	6.47	5.73	5.31	6.83	5.09	6.98	6.15
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)										
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.25	1.22	0.76	2.45	2.52	1.94	3.17	1.97	2.94	2.72
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	3.70	3.63	1.45	5.30	4.93	4.29	6.17	4.42	6.09	5.47
麦芽香味 (0～3)	0.88	0.63	0.75	0.64	0.64	0.90	0.80	0.70	0.80	0.80
エステル臭味 (0～3)	0.63	0.38	1.00	0.27	0.45	0.30	0.50	0.30	0.40	0.10
ホップ香 (0～3)	0.25	0.25	0.25	0.18	0.36	0.10	0.30	0.20	0.20	0.20
ホップの異臭 (0～3)	0	0	0	0.09	0	0.20	0.20	0	0	0.20
ダイアセチル臭 (0～3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染臭・カビ臭 (0～3)	0.13	0.25	0	0.09	0.09	0.10	0.20	0	0.20	0.10
未熟臭味・若臭味 (0～3)	0.25	0.13	0.25	0.55	0.18	0.30	0.30	0.40	0.40	0.40
硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0	0.13	0.13	0.09	0.18	0	0	0	0.10	0.10
酵母臭味 (0～3)	0	0.13	0	0.09	0.27	0	0.10	0	0.10	0.10
酸化臭 (0～3)	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0
日光臭 (0～3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
後苦味 (0～3)	0	0	0	0	0.09	0	0.10	0.10	0	0
渋味・収斂味 (0～3)	0	0.13	0.13	0.18	0.09	0.20	0.20	0.10	0.10	0.20
甘味 (0～3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0.10	0
その他の異常な臭味 (0～3)	0.13	0	0.13	0.18	0	0.10	0	0.10	0.10	0.10
苦みが快い (-3～3)	0.25	-0.13	0.25	-0.18	-0.45	-0.30	-0.20	-0.10	-0.10	-0.40
炭酸ガスが快い (-3～3)	0.13	-0.13	0.25	0	-0.09	-0.10	-0.10	-0.10	-0.10	0.20
こくがある (-3～3)	0.13	-0.63	0.13	-1.09	-0.91	-1.10	-0.80	-0.90	-0.70	-1.00
まるい・なめらか (-3～3)	0.13	-0.13	0.25	-0.45	-0.55	-0.20	-0.20	-0.10	-0.40	-0.10
爽快・爽快 (-3～3)	0.13	0	0.13	-0.36	-0.27	-0.20	-0.30	0	-0.30	0
香味のよさ (-3～3)	0.25	-0.25	0.25	-0.64	-0.55	-0.70	-0.50	-0.50	-0.60	-0.50

第4－12表　パイロットプラント試験ビールの全化学分析値・香味評価値(4)

ビール	9－イ	9－ロ	9－ハ	9－ニ	9－ホ	10－イ	10－ロ	11－イ	11－ロ
壜詰め年月日	1979. 3.29	1979. 3.29	1979. 3.29	1979. 3.30	1979. 4.20				
醸造方法	all malt 麦汁 7.5°P	all malt 麦汁 7.5°P 麦芽ジアスターゼ添加	all malt麦汁にシュクロース補充 7.5°P	all malt麦汁にシュクロース補充 高濃度発酵(15°P)後原麦汁濃度8°Pになるように水希釈	all malt麦汁にシュクロース補充 高濃度発酵(15°P)後原麦汁濃度8°Pになるように水希釈 ｵｯﾌﾟｵｲﾙ添加	all malt麦汁にシュクロース補充 高濃度発酵(18°P)後原麦汁濃度8°Pになるように水希釈	all malt麦汁にシュクロース補充 高濃度発酵(18°P)後原麦汁濃度8°Pになるように4°P発酵液と混合	all malt 麦汁 8°P ワイン酵母(IFO2260)	all malt 麦汁 8°P 清酒酵母(協会7号)
色度 (EBC.U.)	7.2	7.6	4.7	5.7	5.5	4.8	4.9	5.4	5.4
比重	1.00437	1.00060	1.00246	1.00262	1.00254	1.00221	1.00304	1.00747	1.00881
外観エキス (%)	1.12	0.15	0.63	0.67	0.65	0.57	0.78	1.92	2.26
アルコール (w/w %)	2.68	3.09	2.81	3.08	2.97	2.91	2.83	2.36	2.29
アルコール (v/v %)	3.40	3.91	3.56	3.90	3.76	3.69	3.59	3.01	2.92
真正エキス (%)	2.41	1.56	1.96	2.13	2.06	1.91	2.07	3.05	3.32
原麦汁エキス (°P)	7.73	7.69	7.54	8.23	7.94	7.69	7.69	7.73	7.86
外観発酵度 (%)	85.5	98.0	91.6	91.9	91.8	92.6	89.9	75.2	71.2
真正発酵度 (%)	68.8	79.7	74.0	74.1	74.1	75.2	73.1	60.5	57.8
pH	4.60	4.46	4.25	4.57	4.57	4.44	4.31	4.39	4.12
酸度 (ml H/10 NaOH/100g)	12.3	13.2	11.3	10.2	9.8	9.9	11.2	11.1	14.8
ホルモル態窒素 (mgN/100g)	21.6	22.2	13.6	17.8	17.2	15.5	15.7	15.9	17.6
全窒素 (mgN/100g)	67.2	67.3	46.1	56.4	54.4	51.9	54.7	58.6	61.0
還元糖 (%)	0.71	0.48	0.56	0.61	0.59	0.51	0.56	0.75	0.90
デキストリン (%)	0.88	0.31	0.75	0.79	0.76	0.73	0.81	1.51	1.53
炭酸ガス (w/w %)	0.495	0.509	0.490	0.451	0.556	0.475	0.485	0.539	0.500
イソフムロンズ (mg/ℓ)	9.7	8.6	27.0	10.9	10.3	10.9	13.9	15.3	16.4
グラス法泡立ち (実測mℓ)	56	65	68	40	79	50	59	76	57
グラス法泡持ち (実測mℓ)	85	83	134	63	104	68	103	104	85
ＡＢＳ濁度 (OD. 610nm)	0.387	0.600	0.252	0.299	0.277	0.347	0.410	0.337	0.371
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.28	4.72	2.18	1.44	1.39	0.81	1.35	2.06	1.82
ダイアセチル (ppm)	0.07	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04
アセトアルデヒド (ppm)	2.6	5.6	2.8	3.5	3.4	4.7	4.9	4.0	3.6
エチルアセテート (ppm)	13.2	18.6	16.6	34.3	33.1	22.4	14.5	13.4	11.3
ノルマルプロパノール (ppm)	7.5	8.6	9.6	8.0	7.7	9.7	10.0	12.5	16.8
イソブタノール (ppm)	10.4	13.9	19.8	12.9	12.4	13.6	14.5	18.6	12.2
イソアミルアセテート (ppm)	0.7	1.0	1.1	2.1	2.0	1.7	0.7	1.5	0.5
イソアミルアルコール (ppm)	61.0	65.6	65.6	58.4	56.3	57.4	54.9	65.9	45.9
カロリー (kcal/100mℓ)	29.0	28.5	28.1	30.8	29.7	28.7	28.7	29.3	29.9
単糖類 (G1, g/100mℓ)							0.02	0.04	0.04
二糖類 (G2, g/100mℓ)							0.12	0.11	0.07
三糖類 (G3, g/100mℓ)							0.15	0.10	0.36
オリゴ糖 (G4~9, g/100mℓ)							0.62	1.16	1.24
デキストリン(G10~, g/100mℓ)							0.64	1.28	1.37
全糖量 (g/100mℓ)							1.55	2.69	3.08
当日濁度(EBC単位)	0.84	4.23	0.96	0.66	0.74	0.55	0.81	0.81	1.00
50℃2週間後濁度(EBC単位)	1.19	4.43	2.12	0.98	0.94	0.72	1.17	1.09	1.53
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	0.99	4.45	1.32	0.73	0.75	0.57	1.00	0.87	1.05
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	1.35	5.46	2.37	1.06	1.01	0.73	1.37	1.17	1.62
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	1.99	7.93	4.35	1.47	1.35	0.87	1.95	1.96	2.89
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	6.70	9.54	8.90	6.35	5.02	1.77	4.18	6.47	6.75
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.40	6.53	3.53	1.07	1.01	0.71	1.42	1.54	2.03
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	3.32	8.29	6.25	3.15	2.56	1.03	2.65	3.72	4.00
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	6.34	11.93	11.17	5.49	4.61	1.68	4.83	6.35	6.88
麦芽香味 (0～3)	0.75	0.50	0.50	0.86	0.86	0.63	0.75	0.77	0.77
エステル臭味 (0～3)	0.25	0.63	0.50	1.00	1.00	0.50	0.36	0.46	0.38
ホップ香 (0～3)	0	0.13	0	0	0.71	0.38	0.23	0.15	0.08
ホップの異臭 (0～3)	0.13	0	0.13	0	0.57	0	0.19	0.15	0.23
ダイアセチル臭 (0～3)	0.13	0	0	0	0	0	0.11	0	0.08
汚染臭・カビ臭 (0～3)	0	0	0	0	0	0.13	0.07	0.08	0.15
未熟臭味・若臭味 (0～3)	0.38	0.25	0.38	0.43	0.29	0	0.54	0.23	0.23
硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0.25	0	0	0.14	0	0	0.09	0	0.23
酵母臭味 (0～3)	0.25	0	0	0	0.29	0	0.11	0.15	0.08
酸化臭 (0～3)	0.13	0	0	0	0.14	0	0.07	0.08	0.08
日光臭 (0～3)	0	0	0	0	0	0	0	0	0
後苦味 (0～3)	0.13	0.25	0.23	0.14	0	0.13	0.04	0	0.08
渋味・収斂味 (0～3)	0.38	0.38	1.13	0.14	0.29	0.25	0.28	0.54	0.08
甘味 (0～3)	0	0	0	0.14	0.14	0.13	0.07	0.08	0.15
その他の異常な臭味 (0～3)	0.38	0.25	0.25	0	0	0	0.21	0.23	1.23
苦みが快い (-3～3)	-0.38	-0.25	-0.63	-0.14	-0.14	0	-0.15	-0.15	-0.08
炭酸ガスが快い (-3～3)	0	0.13	0	0.14	0.14	0.13	0.07	0	0.08
こくがある (-3～3)	-0.38	-0.88	-0.88	-0.71	0	-0.88	-0.67	-0.85	-0.46
まるい・なめらか (-3～3)	-0.38	-0.50	-0.63	0	-0.71	0.13	-0.36	-0.85	-1.00
軽快・爽快 (-3～3)	-0.38	-0.13	-0.13	0	-0.14	0.13	-0.50	-0.31	-0.54
香味のよさ (-3～3)	-0.75	-0.88	-1.00	-0.29	-0.29	-0.13	-0.71	-0.91	-1.38

第4－13表　香味評価が上位のパイロットプラント試醸ビールの醸造方法と主要分析値

試醸記号		7－イ	7－ハ	3－イ	3－ハ	3－ニ	2－イ
醸造方法		18°PのAll Malt麦汁発酵液と4°Pの通常麦汁発酵液を1：2の比率で混合	All Malt麦汁高濃度発酵（18 °P）後原麦汁濃度8 °Pになるようガス水希釈	All Malt麦汁麦芽ｼﾞｱｽﾀｰｾﾞ添加高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度8 °Pになるようガス水希釈	All Malt麦汁麦芽ｼﾞｱｽﾀｰｾﾞ添加高濃度発酵（15°P）後原麦汁濃度8.5 °Pになるようガス水希釈	麦芽あたり20％のｺｰﾝｽﾀｰﾁ を用いた麦汁高濃度発酵（15°P）後、原麦汁濃度9 °Pになるようガス水希釈	All Malt麦汁9 °P麦芽ジアスターゼ添加
香味のよさ	(-3～+3)	0.25	0.25	0.13	0.13	0.13	0.00
苦味が快い	(-3～+3)	0.25	0.25	0.00	0.13	0.06	-0.22
炭酸ガスが快い	(-3～+3)	0.13	0.25	0.00	0.13	0.13	0.11
こくがある	(-3～+3)	0.13	0.13	-1.00	-0.13	-0.31	0.00
まるい・なめらか	(-3～+3)	0.13	0.25	0.13	0.25	0.25	0.11
軽快・爽快	(-3～+3)	0.13	0.13	0.25	0.13	0.25	0.00
ｱﾙｺｰﾙ	(v/v%)	3.99	3.40	3.91	4.25	3.99	4.57
原麦汁濃度	(°P)	8.99	7.75	7.99	8.58	8.88	9.18
外観発酵度	(%)	84.8	84.3	93.4	95.0	85.8	94.6
全窒素	(mg／100g)	69.8	69.1	57.7	62.0	52.1	70.4
ｲｿﾌﾑﾛﾝｽﾞ	(mg／ℓ)	13.5	9.4	12.2	12.0	12.1	26.5
ｲｿｱﾐﾙｱｾﾃｰﾄ	(ppm)	2.5	3.2	3.1	3.5	2.2	0.8
ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ	(ppm)	52.1	42.0	47.1	52.1	51.0	55.1
ｶﾛﾘｰ	(kcal／100 mℓ)	33.9	29.1	29.8	32.0	33.5	34.3

（３）原麦汁濃度は７～８°Pに設定されているが、１部９°P台（２－イ）もあった。イソフムロンズは12mg／ℓが多く、９～14mg／ℓの範囲で「苦味の快さ」の評価はよかった。原麦汁濃度が 8.5°Pを越えるとカロリーが30kcal／100mℓを越える。

12オンス(355mℓ) 壜で 100kcal／壜未満に抑えるには28kcal／100mℓ以下にする必要がある。

（４）酵素添加によって発酵度を上げることができるが、アミログルコシダーゼは当時の酒税法では許可されていなかったので、麦芽ジアスターゼを使用した。麦芽ジアスターゼの添加により外観発酵度が93～95%まで上昇した。アルコール分が増え、「まるさ・なめらかさ」「軽快・爽快さ」は向上するが「こく味」にはマイナスに作用するようである。

（５）高濃度醸造ビールを炭酸ガス水で希釈する方法と高濃度醸造ビールと低濃度醸造ビールとをブレンドする方法の分析値及び香味への影響度に差があるかどうかはこの時点では判断できない。

２．工場での試醸結果

「香味のよさ」が上位の試醸ビール（６サンプル）の醸造方法、主要分析値（アルコールｖ／ｖ%、原麦汁エキス、外観発酵度、全窒素、イソフムロンズ、イソアミルアセテート、イソアミルアルコール及びカロリー）及び香味評価項目の結果を第４－17表に示す。

（１）香味の総合評価（「香味のよさ」）がよかった6サン

プルのうち4サンプルが高濃度醸造ビールと低濃度醸造ビールのブレンド、2サンプルが8°P麦汁の発酵ビールであった。副原料はこく味を付与するため米を主体としているが、この6サンプルの中に1サンプルのみコーンスターチのもの（6YD）があった。発酵度は米の場合より高く「エステル香味」、まるさ・なめらかさ及び軽快さ・爽快さの評価がよかった。他方全窒素が6サンプル中最も低くなった。

（2）原麦汁濃度は8°P台に納まっている。イソフムロンズはパイロットプラントの試醸の時よりやや高目で14～19mg／ℓであった。

（3）エステルの生成がパイロットプラントの試醸時よりかなり低目であった。エステル生成の促進策が必要である。

カロリーはほぼ30～32kcal／100mℓの範囲である。

（4）全体的にこく味の付与が必要と判断される。更にライトビールの特徴である軽快さ・爽快さの付与も望まれる。

（5）アルコール含量（v／v%）をカロリーと同様に通常ビール(5.0v／v%）の30%オフ狙いとすると 3.5v／v%に抑える必要があり、これら6サンプルはいずれもまだ超過している。

第４－14表　工場試験ビールの全化学分析値・香味評価値(1)

ビール	1YB	1YC	1YD	2YA	2YB	2YC	2YD	4YA	4YB	4YC	4YD
詰め年月日											
醸造方法	1YCと1YDの混合	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度8℃、酵母L	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度12℃、酵母L	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度8℃、酵母L	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度12℃、酵母L	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度8℃、酵母U	all malt 麦汁 8°P、主発酵 最高温度12℃、酵母U	14°P発酵液と7°P発酵液を1：7の比率で混合 酵母U 副原料　米	14°P発酵液と7°P発酵液を1：5の比率で混合 酵母U 副原料　米	14°P発酵液と6°P発酵液を1：3の比率で混合 酵母U 副原料　米	14°P発酵液と5°P発酵液を1：2の比率で混合 酵母U 副原料　米
色度（EBC.U.）	6.5	6.3	5.9	5.8	5.8	5.8	5.8	6.3	6.3	6.1	5.6
比重	1.00464	1.00486	1.00448	1.00495	1.00480	1.00473	1.00449	1.00414	1.00421	1.00430	1.00449
外観エキス（%）	1.19	1.25	1.15	1.27	1.23	1.21	1.15	1.06	1.08	1.10	1.15
アルコール（w/w %）	2.89	2.92	2.98	2.88	2.85	2.85	2.86	2.82	2.89	2.88	2.99
アルコール（v/v %）	3.67	3.71	3.78	3.66	3.62	3.62	3.63	3.58	3.67	3.66	3.80
真正エキス（%）	2.47	2.54	2.44	2.63	2.55	2.52	2.50	2.36	2.42	2.44	2.50
原麦汁エキス（°P）	8.19	8.32	8.33	8.33	8.19	8.16	8.16	7.95	8.14	8.14	8.41
外観発酵度（%）	85.5	85.0	86.2	84.8	85.0	85.2	85.9	86.7	86.7	86.5	86.3
真正発酵度（%）	69.8	69.5	70.7	68.4	68.9	69.1	69.4	70.3	70.3	70.0	70.3
pH	4.38	4.47	4.25	4.47	4.38	4.39	4.36	4.41	4.41	4.41	4.41
酸度（mℓ H/10 NaOH/100g）	12.2	12.3	12.2	12.1	12.0	12.4	12.5	12.1	12.3	12.0	11.8
ホルモル態窒素（mgN/100g）	14.3	16.6	12.6	14.8	12.4	14.5	12.7	12.6	12.7	11.2	11.0
全窒素（mgN/100g）	56.4	57.6	51.9	54.2	51.2	53.3	51.9	48.6	50.3	47.6	46.0
還元糖（%）	0.57	0.61	0.56	0.60	0.60	0.61	0.59	0.56	0.57	0.57	0.57
デキストリン（%）	1.14	1.19	1.18	1.21	1.16	1.12	1.11	1.04	1.05	1.10	1.10
炭酸ガス（w/w %）	0.489	0.477	0.458	0.430	0.423	0.435	0.450	0.359	0.368	0.406	0.338
イソフムロンズ（mg/ℓ）	14.5	16.0	14.3	18.4	16.9	18.6	17.8	16.5	16.9	15.4	14.1
グラス注泡立ち（実測mℓ）	79	69	72	40	56	59	71	19	26	58	64
グラス注泡持ち（実測mℓ）	167	138	152	74	119	122	147	34	51	102	132
ABS濁度（OD. 610nm）	0.620	0.579	0.535	0.544	0.578	0.511	0.569	0.550	0.593	0.548	0.521
硫酸ジンコニン濁度(EBC単位)	1.54	1.25	1.14	1.16	1.15	1.14	1.34	0.88	0.98	1.09	0.96
ダイアセチル（ppm）	0.11	0.10	0.09	0.07	0.07	0.05	0.05	0.11	0.13	0.15	0.13
アセトアルデヒド（ppm）	0.6	2.1	0.6	2.2	1.0	2.9	2.5	2.1	2.2	2.2	2.4
エチルアセテート（ppm）	7.1	7.8	7.8	8.7	7.9	8.8	9.9	9.5	9.5	10.2	11.1
ノルマルプロパノール（ppm）	7.9	6.7	9.3	8.8	8.4	8.5	8.7	7.8	8.5	9.3	10.7
イソブタノール（ppm）	10.8	6.9	13.9	8.6	12.0	10.4	13.1	12.6	13.1	14.0	13.7
イソアミルアセテート（ppm）	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.6	0.8	0.7	0.6	0.5
イソアミルアルコール（ppm）	52.4	47.4	54.9	53.6	53.7	54.8	63.5	64.6	62.8	64.1	63.5
カロリー（kcal/100mℓ）	30.8	31.3	31.3	31.4	30.8	30.7	30.7	29.8	30.6	30.6	31.6
単糖類（G1. g/100mℓ）								0.05	0.07	0.06	0.05
二糖類（G2. g/100mℓ）								0.13	0.14	0.13	0.13
三糖類（G3. g/100mℓ）								0.16	0.18	0.17	0.15
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）								0.66	1.67	0.72	0.71
デキストリン(G10~. g/100mℓ）								1.06	1.05	1.21	1.19
全糖量（g/100mℓ）								2.06	2.11	2.29	2.23
当日濁度(EBC単位)	0.50	0.45	0.44	0.44	0.41	0.45	0.46	0.47	0.46	0.44	0.46
0℃2週間後濁度(EBC単位)	1.65	1.02	0.95	0.95	0.80	0.71	0.71	0.57	0.55	0.51	0.51
0℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	1.01	0.80	0.60	0.52	0.48	0.46	0.50	0.47	0.45	0.46	0.45
0℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	1.77	1.17	0.80	0.83	0.62	0.59	0.62	0.54	0.48	0.48	0.46
0℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	3.26	2.05	1.52	1.48	1.17	0.97	1.25	0.73	0.68	0.68	0.66
30℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	10.71	7.00	6.59	6.11	4.96	4.12	4.41	4.06	3.84	4.12	3.46
30℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	7.26	2.95	2.11	0.99	0.83	0.69	0.88	0.64	0.72	1.20	0.62
30℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	7.83	4.95	3.76	3.14	2.43	2.21	2.40	2.54	3.22	3.65	2.24
30℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	10.84	7.49	5.63	6.03	4.99	4.47	5.09	3.73	4.47	5.24	4.49
麦芽香味　（0～3）	1.00	1.00	0.75	0.67	0.67	0.75	0.63	0.80	0.55	0.64	0.64
エステル臭味　（0～3）	0.25	0.38	0.38	0.33	0.44	0.13	0.13	0.50	0.46	0.46	0.55
ホップ香　（0～3）	0.25	0.13	0.38	0.33	0.44	0.38	0.25	0.30	0.27	0.27	0.36
ホップの異臭　（0～3）	0.13	0.13	0.13	0.22	0.33	0.13	0 19	0.20	0.18	0.18	0.09
ダイアセチル臭　（0～3）	0	0.13	0.25	0	0	0.13	0	0.30	0.18	0.27	0.09
不快臭・カビ臭　（0～3）	0	0	0.13	0	0	0.13	0.13	0.50	0.09	0.09	0.09
未熟臭味・若臭味　（0～3）	0.63	0.75	0.50	0.22	0.22	0.50	0.25	0.40	0.18	0.55	0.73
硫化水素臭・ドブ臭（0～3）	0.13	0	0.25	0.11	0.22	0.25	0.25	0.20	0.09	0.27	0.09
酸味臭味　（0～3）	0	0	0.25	0	0	0.13	0.25	0.20	0	0.09	0.09
酸化臭　（0～3）	0.13	0	0.25	0.33	0	0.13	0.13	0.10	0.18	0	0
日光臭　（0～3）	0	0.13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
渋苦味　（0～3）	0.13	0	0.13	0	0.11	0.13	0.13	0	0.18	0.27	0.36
刺戟・収斂味　（0～3）	0	0.25	0.13	0.44	0.11	0.25	0.63	0.10	0.36	0.36	0.09
甘味　（0～3）	0	0	0	0	0	0.13	0.13	0	0	0	0.18
その他の異常な臭味（0～3）	0	0.13	0.13	0.11	0.22	0	0.13	0.10	0	0	0
苦みが快い　（-3～3）	-0.13	-0.25	-0.13	-0.11	0	-0.38	-0.38	-0.50	-0.18	-0.46	-0.27
炭酸ガスが快い　（-3～3）	0	-0.13	0.13	0.22	-0.22	0	-0.13	-0.20	-0.09	-0.09	0
こくがある　（-3～3）	-0.88	-0.63	-0.75	-0.67	-1.00	-0.75	-0.75	-0.10	-0.36	-0.64	-0.46
まろい・なめらか　（-3～3）	0	-0.13	-0.88	-0.11	-0.11	-0.38	-0.63	-0.50	-0.18	-0.64	-0.09
爽快・爽快　（-3～3）	-0.13	-0.13	-0.63	0	-0.22	-0.25	-0.13	-0.40	-0.36	-0.46	-0.18
後味のよさ　（-3～3）	-0.25	-0.75	-0.88	-0.44	-0.67	-0.50	-0.63	-0.90	-0.27	-0.55	-0.18

第４－15表　工場試験ビールの全化学分析値・香味評価値(2)

ビール	5YA	5YB	5YC	5YD	6YA	6YB	6YC	6YD
壜詰め年月日								
醸造方法	第３ポップ添加量を増加、all molt麦汁８°P、主発酵最高温度８℃ 酵母U	第３ポップ添加量を増加、all molt麦汁８°P、主発酵最高温度15℃ 酵母U	all malt 麦汁８°P主発酵最高温度８℃ 酵母U	all malt 麦汁８°P主発酵最高温度15℃ 酵母U	15.5°P発酵液と４°P発酵液を１：1.8 の比率で混合 酵母U 副原料　米	15.5°P発酵液と４°P発酵液を１：1.8 の比率で混合 酵母U 副原料 コーンスターチ	15.5°P発酵液と４°P発酵液を１：1.8 の比率で混合 酵母U 副原料　米	15.5°P発酵液と４°P発酵液を１：1.8 の比率で混合 酵母U 副原料 コーンスターチ
色度（EBC.U.）	6.9	7.0	7.1	7.1	5.4	5.4	4.4	5.4
比重	1.00414	1.00412	1.00422	1.00405	1.00459	1.00409	1.00464	1.00405
外観エキス（%）	1.06	1.06	1.08	1.04	1.18	1.05	1.19	1.04
アルコール（w/w %）	2.95	2.95	2.92	2.90	3.03	3.02	3.00	3.11
アルコール（v/v %）	3.74	3.74	3.71	3.68	3.85	3.83	3.81	3.95
真正エキス（%）	2.45	2.41	2.46	2.37	2.61	2.44	2.63	2.49
原麦汁エキス（°P）	8.29	8.25	8.24	8.11	8.59	8.41	8.56	8.63
外観発酵度（%）	87.2	87.2	86.9	87.2	86.3	87.5	86.1	87.9
真正発酵度（%）	70.4	70.8	70.1	70.8	69.6	71.0	69.3	71.1
pH	4.47	4.44	4.49	4.40	4.19	4.10	4.29	4.28
酸度（ml H/10 NaOH/100g）	13.5	13.1	13.3	13.1	12.1	11.9	11.6	11.4
ホルモル態窒素（mgN/100g）	15.9	13.9	16.1	13.0	7.4	7.0	8.6	7.9
全窒素（mgN/100g）	60.2	56.6	62.9	56.8	38.1	35.8	42.2	39.3
還元糖（%）	0.58	0.57	0.58	0.56	0.56	0.54	0.56	0.55
デキストリン（%）	1.04	1.06	1.05	1.02	1.26	1.14	1.27	1.18
炭酸ガス（w/w %）	0.389	0.362	0.391	0.354	0.443	0.412	0.433	0.394
イソフムロンズ（mg/ℓ）	17.3	16.2	17.5	15.0	16.4	17.0	18.8	18.6
グラス法泡立ち（実測ml）	35	16	30	16	52	36	48	28
グラス法泡持ち（実測ml）	64	35	61	35	95	74	88	51
ＡＢＳ濁度（OD. 610nm）	0.579	0.628	0.621	0.755	0.342	0.346	0.372	0.354
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.41	1.47	1.55	1.69	1.09	0.98	0.92	1.01
ダイアセチル（ppm）	0.12	0.11	0.15	0.12	0.05	0.08	0.06	0.05
アセトアルデヒド（ppm）	3.1	2.7	3.1	2.2	1.6	1.9	1.5	1.5
エチルアセテート（ppm）	11.4	13.2	12.3	11.8	15.9	17.3	20.0	20.5
ノルマルプロパノール（ppm）	9.3	9.2	7.1	9.9	14.6	11.9	12.6	12.7
イソブタノール（ppm）	11.6	13.9	11.0	15.2	16.2	18.8	15.6	16.5
イソアミルアセテート（ppm）	0.6	0.9	0.6	0.7	1.4	1.4	1.4	1.2
イソアミルアルコール（ppm）	64.9	68.7	67.2	72.4	81.8	88.5	65.8	64.6
カロリー（kcal/100ml）	31.1	31.0	31.0	30.5	32.3	31.6	32.2	32.5
単糖類（G1. g/100ml）	0.06		0.07	0.06	0.05	0.07	0.06	0.07
二糖類（G2. g/100ml）	0.16		0.14	0.14	0.11	0.11	0.12	0.11
三糖類（G3. g/100ml）	0.20		0.20	0.18	0.14	0.14	0.16	0.15
オリゴ糖（G4~9. g/100ml）	0.74		0.74	0.73	0.77	0.72	0.77	0.77
デキストリン(G10~. g/100ml）	1.09		1.11	1.05	1.33	1.09	1.29	1.22
全糖量（g/100ml）	2.25		2.26	2.16	2.40	2.13	2.40	2.32
当日濁度(EBC単位)	0.57	0.55	0.56	0.57	0.45	0.43	0.49	0.41
50℃２週間後濁度(EBC単位)	0.85	0.79	0.82	0.83	0.52	0.50	0.67	0.50
20℃１ヶ月後濁度(EBC単位)	0.64	0.59	0.59	0.62	0.45	0.43	0.50	0.43
20℃３ヶ月後濁度(EBC単位)	0.98	0.86	0.86	0.96	0.55	0.62	0.71	0.61
20℃６ヶ月後濁度(EBC単位)	1.99	1.84	1.84	1.89	0.84	0.92	1.29	0.84
50℃２週間後寒冷混濁(EBC単位)	7.51	6.73	7.23	7.56	2.81	3.05	5.72	3.86
20℃１ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.52	1.47	1.52	2.02	0.69	0.82	1.91	1.51
20℃３ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	4.06	3.77	3.87	4.20	1.32	1.59	3.06	2.90
20℃６ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	6.89	6.97	6.99	7.18	2.87	2.90	4.98	3.85
麦芽香味　（0～3）	0.92	0.67	1.00	0.71	0.90	1.00	0.88	0.69
エステル臭味　（0～3）	0.42	0.17	0.29	0.43	0.40	0.60	0.38	0.69
ホップ香　（0～3）	0.42	0.33	0.14	0.29	0.30	0.50	0.38	0.54
ホップの異臭　（0～3）	0.25	0.50	0	0.29	0	0.40	0	0.23
ダイアセチル臭　（0～3）	0.25	0.17	0.29	0	0	0	0	0
汚染臭・カビ臭　（0～3）	0.33	0.33	0	0.14	0	0	0	0
未熟臭味・若臭味　（0～3）	0.42	0.33	0.29	0.14	0.70	0.40	0.13	0.23
硫化水素臭・ドブ臭（0～3）	0.08	0.25	0.14	0	0	0.10	0	0
酵母臭味　（0～3）	0.08	0.08	0	0	0	0	0	0.08
酸化臭　（0～3）	0.25	0.25	0.29	0.43	0.10	0.20	0.25	0.08
日光臭　（0～3）	0	0	0	0	0	0	0	0
後苦味　（0～3）	0	0.08	0	0	0.20	0.10	0.38	0.23
渋味・収斂味　（0～3）	0	0.33	0.14	0.14	0.20	0.30	0.38	0.31
甘味　（0～3）	0	0	0.14	0.14	0	0	0	0.08
その他の異常な臭味（0～3）	0.08	0.17	0.29	0.14	0	0	0	0.15
苦みが快い　（-3～3）	-0.17	-0.33	0	0.14	-0.30	-0.10	-0.25	0
炭酸ガスが快い　（-3～3）	0	0.08	0	0	0.10	0.10	0.13	0.08
こくがある　（-3～3）	-0.92	-1.08	-1.00	-1.14	-1.00	-1.20	-0.50	-0.31
まるい・なめらか　（-3～3）	-0.17	-0.33	-0.43	-0.57	-0.30	-0.50	-0.25	0.15
軽快・爽快　（-3～3）	-0.42	-0.50	-0.43	-0.29	-0.10	-0.30	-0.13	0.08
香味のよさ　（-3～3）	-0.58	-0.75	-1.00	-0.57	-0.50	-0.60	-0.25	-0.23

第４－16表　工場試験ビールの全化学分析値・香味評価値 (3)

ビール	7YA	7YB	7YC	7YD
壜詰め年月日				
醸造方法	副原料に一本搗米を用いた麦汁 8°P	副原料にコーングリッツを用いた麦汁 8°P	副原料にコーンスターチを用いた麦汁 8°P	副原料にスクロース（グラニュー糖）を用いた麦汁 8°P
色度（EBC.U.）	5.5	5.3	5.3	5.4
比重	1.00443	1.00422	1.00431	1.00352
外観エキス（%）	1.14	1.08	1.11	0.90
アルコール（w/w %）	2.87	2.83	2.81	2.98
アルコール（v/v %）	3.64	3.59	3.57	3.78
真正エキス（%）	2.54	2.46	2.46	2.29
原麦汁エキス（°P）	8.22	8.06	8.03	8.19
外観発酵度（%）	86.1	86.6	86.2	89.0
真正発酵度（%）	69.1	69.5	69.4	72.0
pH	4.36	4.33	4.23	4.20
酸度（mℓ H/10 NaOH/100g）	11.7	11.6	11.3	11.9
ホルモル態窒素（mgN/100g）	11.7	10.7	9.7	9.9
全窒素（mgN/100g）	46.7	45.4	43.7	43.9
還元糖（%）	0.56	0.55	0.56	0.52
デキストリン（%）	1.16	1.17	1.18	1.09
炭酸ガス（w/w %）	0.374	0.402	0.393	0.389
イソフムロンズ（mg/ℓ）	18.8	18.2	17.8	17.6
グラス法泡立ち（実測mℓ）	19	35	25	33
グラス法泡持ち（実測mℓ）	42	65	56	67
ＡＢＳ濁度（OD. 610nm）	0.392	0.423	0.394	0.432
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.25	1.30	1.33	1.24
ダイアセチル（ppm）	0.10	0.11	0.08	0.10
アセトアルデヒド（ppm）	2.3	1.7	1.7	1.7
エチルアセテート（ppm）	13.4	10.6	12.0	10.6
ノルマルプロパノール（ppm）	8.7	8.5	8.8	9.7
イソブタノール（ppm）	15.4	15.0	17.4	16.8
イソアミルアセテート（ppm）	0.7	0.6	0.5	0.5
イソアミルアルコール（ppm）	54.2	58.8	56.1	60.7
カロリー（kcal/100mℓ）	30.9	30.3	30.1	30.7
単糖類（G1. g/100mℓ）	0.06	0.03	0.03	0.03
二糖類（G2. g/100mℓ）	0.14	0.10	0.08	0.11
三糖類（G3. g/100mℓ）	0.17	0.15	0.13	0.14
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）	0.81	0.73	0.76	0.71
デキストリン(G10~. g/100mℓ)	1.23	1.25	1.22	1.13
全糖量（g/100mℓ）	2.41	2.26	2.22	2.12
当日濁度(EBC単位)	0.44	0.49	0.40	0.46
50℃２週間後濁度(EBC単位)	0.63	0.69	0.56	0.64
20℃１ヶ月後濁度(EBC単位)	0.51	0.56	0.44	0.51
20℃３ヶ月後濁度(EBC単位)	0.74	0.84	0.65	0.83
20℃６ヶ月後濁度(EBC単位)	1.37	1.50	1.19	1.57
50℃２週間後寒冷混濁(EBC単位)	4.80	4.19	3.72	4.67
20℃１ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.28	0.97	0.83	1.55
20℃３ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	2.74	2.12	1.72	2.82
20℃６ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	4.71	4.37	3.45	4.60
麦芽香味 （0～3）	0.60	0.70	0.70	0.70
エステル臭味 （0～3）	0.20	0.20	0.10	0.30
ホップ香 （0～3）	0.30	0.20	0.40	0.20
ホップの異臭 （0～3）	0.10	0.20	0.10	0.20
ダイアセチル臭 （0～3）	0.20	0.30	0	0.10
汚染臭・カビ臭 （0～3）	0.10	0.20	0	0
未熟臭味・若臭味 （0～3）	0.30	0.30	0.50	0.20
硫化水素臭・ドブ臭 （0～3）	0.10	0.30	0.20	0.10
酵母臭味 （0～3）	0.10	0.10	0.20	0.10
酸化臭 （0～3）	0	0	0	0.10
日光臭 （0～3）	0	0	0	0
後苦味 （0～3）	0.10	0.20	0.10	0.10
渋味・収斂味 （0～3）	0	0.10	0.40	0.40
甘味 （0～3）	0	0	0	0
その他の異常な臭味 （0～3）	0	0.10	0	0.10
苦みが快い （-3～3）	0	-0.10	-0.20	-0.30
炭酸ガスが快い （-3～3）	0.10	-0.10	0	0
こくがある （-3～3）	-0.60	-0.60	-0.80	-0.20
まるい・なめらか （-3～3）	0.10	-0.40	-0.40	-0.20
軽快・爽快 （-3～3）	0.30	-0.30	0	0
香味のよさ （-3～3）	0.10	-0.60	-0.40	-0.30

第4－17表　香味評価が上位の工場試醸ビールの醸造方法と主要分析値

試醸記号		7YA	4YD	6YD	1YB	6YC	4YB
醸造方法		副原料に一本搗き米を用いた麦汁　8°P	14°P発酵液と5°P発酵液を1：2の比率で混合 副原料：米	15.5°P発酵液と4°P発酵液を1：1.8の比率で混合 副原料：ｺｰﾝｽﾀｰﾁ	All Malt麦汁8°P主発酵最高温度8℃とAll Malt麦汁8°P主発酵最高温度12℃とをブレンド	15.5°P発酵液と4°P発酵液を1：1.8の比率で混合 副原料：米	14°P発酵液と7°P発酵液を1：5の比率で混合 副原料：米
香味のよさ	(-3～+3)	0.10	-0.18	-0.23	-0.25	-0.25	-0.27
苦味が快い	(-3～+3)	0.00	-0.27	0.00	-0.13	-0.25	-0.18
炭酸ガスが快い	(-3～+3)	0.10	0.00	0.08	0.00	0.13	-0.09
こくがある	(-3～+3)	-0.00	-0.46	-0.31	-0.88	-0.50	-0.36
まるい・なめから	(-3～+3)	0.10	-0.09	0.15	0.00	-0.25	-0.18
軽快・爽快	(-3～+3)	0.30	-0.18	0.08	-0.13	-0.13	-0.36
エステル香味	(0～3)	0.20	0.55	0.69	0.25	0.38	0.46
アルコール	(v/v%)	3.64	3.80	3.95	3.67	3.81	3.67
原麦汁濃度	(°P)	8.22	8.41	8.63	8.19	8.56	8.14
外観発酵度	(%)	86.1	86.3	87.9	85.5	86.1	86.7
全窒素	(mg／100g)	45.7	46.0	39.3	56.4	42.2	50.3
ｲｿﾌﾑﾛﾝｽﾞ	(mg／ℓ)	18.8	14.1	18.6	14.5	18.8	16.9
イソアミルアセテート	(ppm)	0.7	0.5	1.2	0.3	1.4	0.7
ｲｿｱﾐﾙｱﾙｺｰﾙ	(ppm)	54.2	63.5	64.6	52.4	65.8	62.8
カロリー	(kcal／100 mℓ)	30.9	31.6	32.5	30.8	32.2	20.6

第4節　ライトビールの香味品質設計

＜材料と方法＞

総合研究所パイロットプラントで試醸したライトビール（第6回および第11回試醸分（デキストリン発酵性酵母、ワイン酵母、清酒酵母による試醸）を除く）36試料に横浜工場第1回～第7回試醸で醸出された23試料を加えた計59試料の分析値、官能検査値を用いて数理統計解析を行い、ライトビールの香味品質設計を試みた。

＜結果と考察＞

1．ライトビールの“香味のよさ”に強く影響する香味特性

ビールの“香味のよさ”がまるみ、こくみ、軽快さ、苦味の快さなどに強く依存することはよく知られており[8.10]、試醸ライトビールにおいても第4－9図に示すようにこれらの香味特性と“香味のよさ”の間には高い相関が認められる。

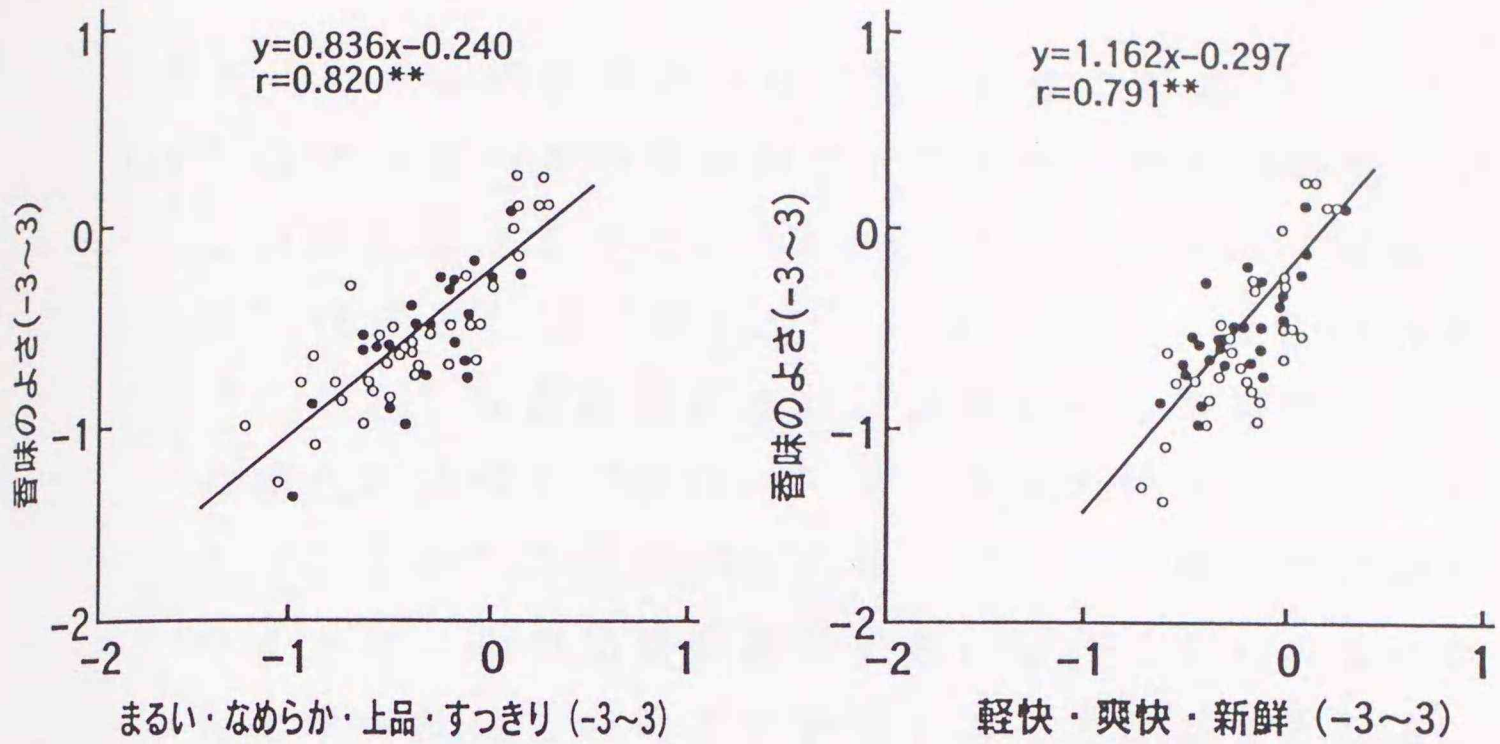
しかしながら、これらの香味特性の“香味のよさ”への寄与の程度がビールのタイプによって変化することは十分に予想されるところである。第4－18表に“香味のよさ”と個々の香味特性との単相関係数を輸入ビールの場合、国内4社市販ビール（キリン、サッポロ、アサヒ、サントリー）の場合、そして試醸ライトビールの場合に分けて対比させて示した。

第４－18表　ビールの香味のよさに強く影響する香味特性

ビール (原麦汁濃度平均)	輸入ビール(10) (12.6°P, n=18)	国産通常ビール(11) (10.8°P, n=60)	試醸ライトビール (8.1°P, n=59)
まるい・なめらか・すっきり	0.95**	0.84**	0.82** (→)
軽快・爽快・新鮮	0.58**	0.61**	0.79** (↗)
こくみ	0.57**	0.60**	0.50** (⌒)
苦味が快い	0.43*	0.55**	0.75** (↗)

“香味のよさ”とそれぞれの香味特性の単相関係数を示した。**１％，*５％危険率で有意。
（ ）内の矢印は原麦汁濃度の減少に伴う単相関係数の増減を示す。

国産市販ビールや輸入ビールの場合に比べて試醸ライトビールの場合には“軽快さ”や“苦味の快さ”と“香味のよさ”との相関が高くなっていることは注目すべきである。元来“こくみ”に乏しい原麦汁濃度７～９°Pのライトビールでは“こくみ”は、もはや“香味のよさ”を左右することはなくなり、逆に“軽快さ”が“香味のよさ”を左右する度合いが高いのは、原麦汁濃度の低さに伴う香味全体の乏しさが苦味の良し悪しを際立たせて、香味の全体評価に影響することが多いためであろう。“まるみ”はビールのタイプにかかわらず“香味のよさ”を左右する重要な香味特性であるように思われる。



○…総合研究所試醸ビール　　●…横浜工場試醸ビール

** いずれも1%危険率で有意

第4-1図. ライトビールの香味のよさに影響する香味特性

2．ライトビールの化学分析値と香味特性の対応

（1）ライトビールの香味特性を左右する化学分析値

これまで述べてきたように、ライトビールの“香味のよさ”は主として“軽快さ”“まるみ”“苦味の快さ”“こくみ”などに左右され、通常ビールや豊潤なビールの場合に比べて“軽快さ”や“苦味の快さ”の比重が高く“こくみ”の比重が低くなっている。嗜好性に優れたライトビールの品質を設計するには、これらの香味特性と化学分析値との対応を把握することが必要となる。

そこで、まずこれら香味特性と化学分析値との単相関を調べ、第４－19表に示した。

第4-19表. 試醸ライトビールの香味特性と化学分析値との単相関

香味のよさ	軽快	まるみ	こくみ	苦味が快い
エチルアセテート (r=0.561**)	エチルアセテート (r=0.511**)	ホルモル態窒素 (r=0.438**)	色度 (r=0.470**)	イソフムロンズ (r=-0.515**)
イソアミルアセテート (r=0.506**)	イソアミルアセテート (r=0.452**)	全窒素 (r=0.436**)	原麦汁エキス (r=0.452**)	pH (r=0.512**)
pH (r=0.438**)	ダイアセチル (r=-0.388**)	エチルアセテート (r=0.420**)	アルコール (r=0.390**)	エチルアセテート (r=0.490**)
ホルモル態窒素 (r=0.406**)	ホルモル態窒素 (r=0.360**)	pH (r=0.416**)	pH (r=0.402**)	全窒素 (r=0.489**)
全窒素 (r=0.385**)	pH (r=0.320*)	イソアミルアセテート (r=0.381**)	ホルモル態窒素 (r=0.388**)	イソアミルアセテート (r=0.435**)
イソフムロンズ (r=0.316**)	全窒素 (r=0.275*)	イソフムロンズ (r=-0.304*)	全窒素 (r=0.372**)	ホルモル態窒素 (r=0.425**)
アルコール (r=0.308*)	真正発酵度 (r=0.250*)	アルコール (r=0.221)	エチルアセテート (r=0.338**)	色度 (r=0.302*)
色度 (r=0.301*)	イソフムロンズ (r=0.245)	色度 (r=0.221)	還元糖 (r=0.325**)	原麦汁エキス (r=0.295*)
原麦汁エキス (r=0.291*)	外観エキス (r=-0.234)	アセトアルデヒド (r=-0.184)	イソアミルアセテート (r=0.294**)	アルコール (r=0.232)

それぞれの香味特性との単相関の高い分析値を順に9つまで単相関係数とともに示した。**1%、*5%危険率で有意。エステル含量に関する項目(エチルアセテート、イソアミルアセテート)を⁙で、窒素成分量に関する項目(全窒素、ホルモル態窒素)を▦で、イソフムロンズを▨で区別した。

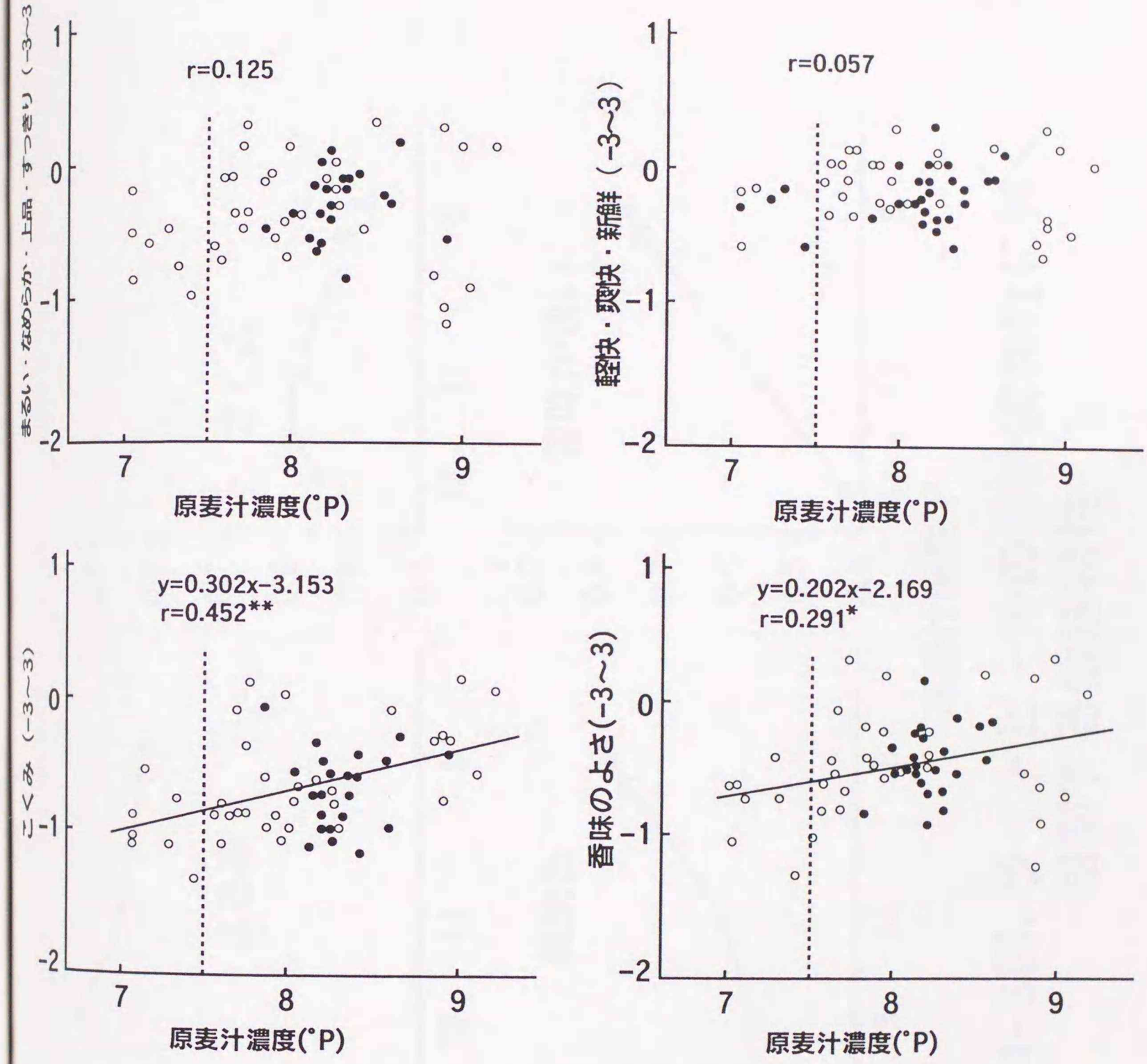
ライトビールの“苦味の快さ”“こくみ”“軽快さ”そして“香味のよさ”などの香味特性は窒素成分量（全窒素あるいはホルモル態窒素、両者の単相関係数は0.946)、エステル含量（エチルアセテートあるいはイソアミルアセテート、両者の単相関係数は0.955)、イソフムロンズ含量の３因子に強く依存している。色度、原麦汁エキス、アルコールなどと“こくみ”との相関が高いのはうなずけるところであるが、先に述べたようにライトビールの“こくみ”が“香味のよさ”を左右する度合いは低いので、これらの要因は“香味のよさ”にはさほど重要ではないと判断した。ｐＨとそれぞれの香味特性との相関は比較的高いのであるが、ｐＨとエステル含量、窒素成分量、イソフムロンズ含量の間にはそれぞれ相関がみられ、窒素成分量との相関は特に高い（$\gamma = 0.7$ 以上）ので、あえてｐＨを重要な化学分析値としてとりあげる必要はないと判断した。

抽出された３つの因子のうち、エステル含量はライトビールにおいて特に重要な“軽快さ”に大きく寄与し、“苦味の快さ”“まるみ”“こくみ”などにも影響するので“香味のよさ”を左右する最も重要な因子となっている。窒素成分量はビール一般に要求される“まるみ”を左右する最も重要な成分であり、“苦味のよさ”“こくみ”“軽快さ”にも影響し、エステル含量に次いで“香味のよさ”左右する重要な因子となっている。イソフムロンズ含量は“苦味の快さ”と高い相関を示し、“香味のよさ”にも影響している。

以下に原麦汁濃度、発酵度、アルコール含量と香味特性の関係について、さらにエステル含量、窒素成分量、イソフムロンズ含量と香味特性の関係について詳細に考察する。

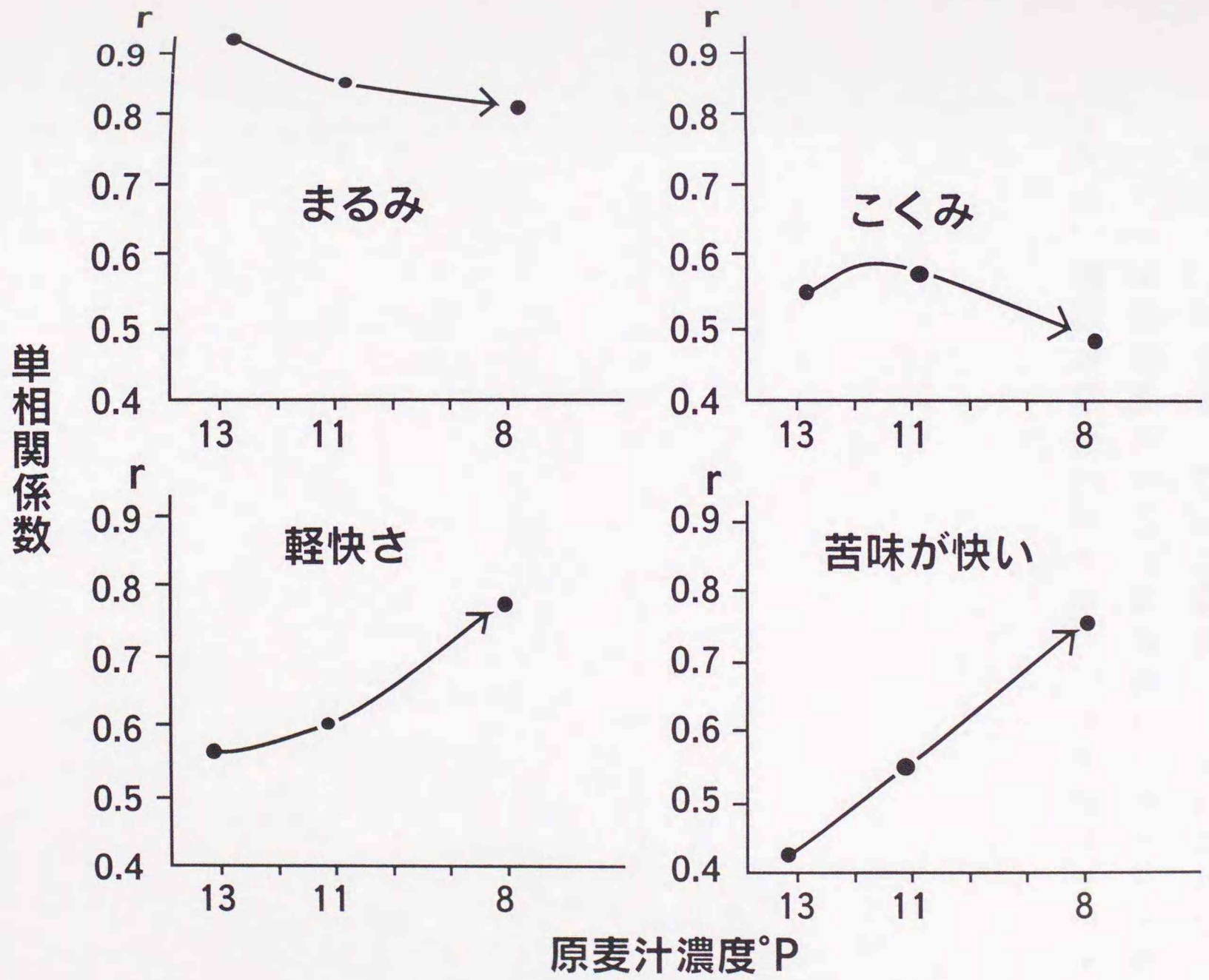
（２）原麦汁濃度とビール香味

原麦汁濃度はライトビールの品質設計上、最も基本的な因子である。しかし、原麦汁濃度７～９°Pの範囲に限ってみるならば、原麦汁濃度とライトビールの香味の対応は第４－２図に示すように明らかなものではない。ただ、原麦汁濃度 7.5°P以下のビールには“まるみ”“軽快さ”“香味のよさ”で優れた評価を得たビールはないので、原麦汁濃度８°P程度を確保するのが必要といえよう。原麦汁濃度８～13°Pと各香味特性の間の単相関係数は８°Pに近づくほど“軽快さ”“苦味の快さ”が上がっている（第４－３図）。



○…総合研究所試醸ビル　●…横浜工場試醸ビール　**1% *5%危険率で有意

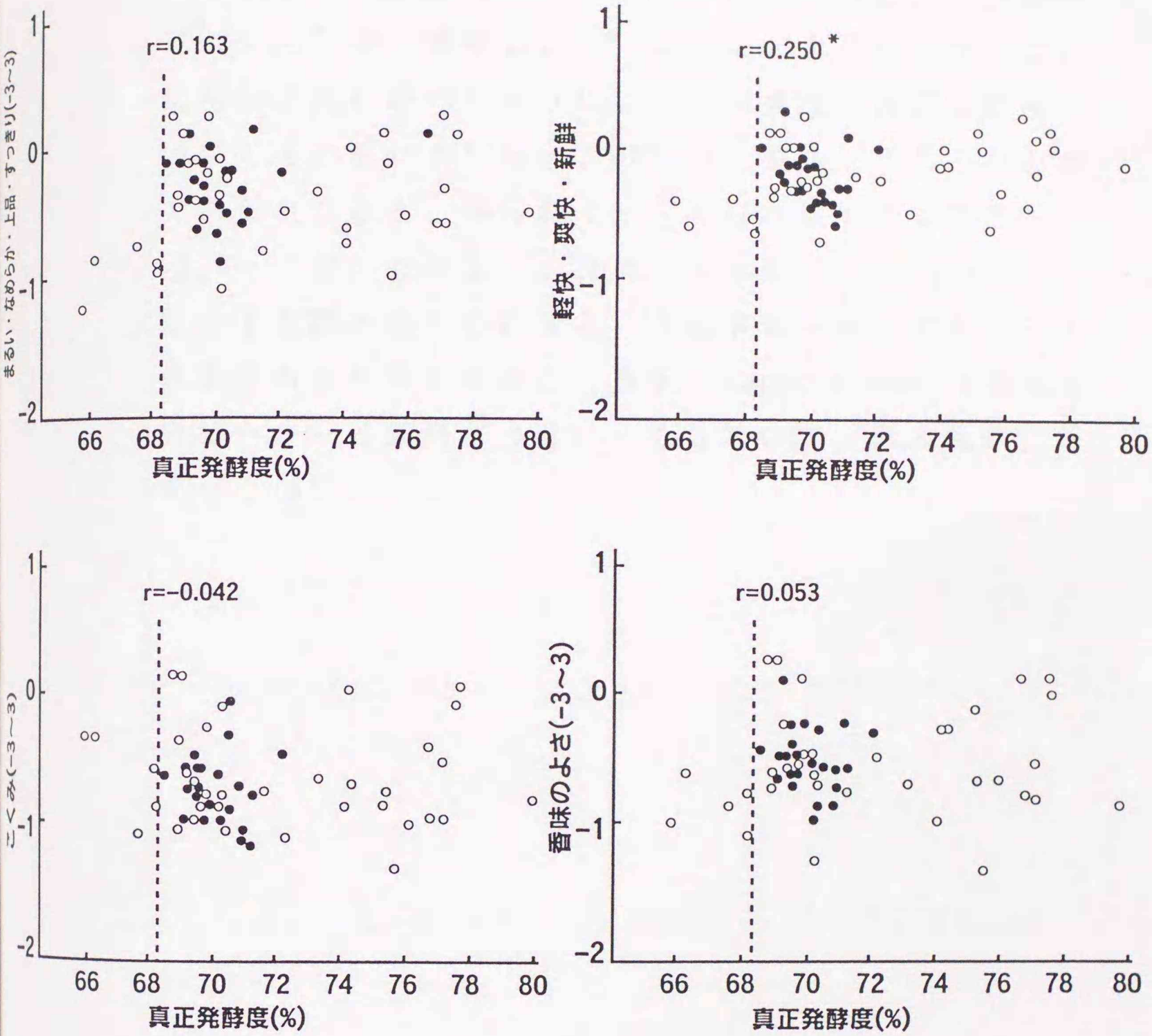
第4-2図. 原麦汁濃度とビール香味



第4-3図. ライトビールの香味調和性に強く相関する香味特性

（３）発酵度とビール香味

発酵度とビール香味の間にも高い相関はみられない。ただ、第４－４図に示すように真正発酵度が68％程度（通常ビールの発酵度）よりも低いビールには“香味のよさ”“まるみ”などに優れたビールはないので、ライトビールの醸造においては通常より高めの発酵度となるよう、醸造方法を工夫することが必要であるといえよう。



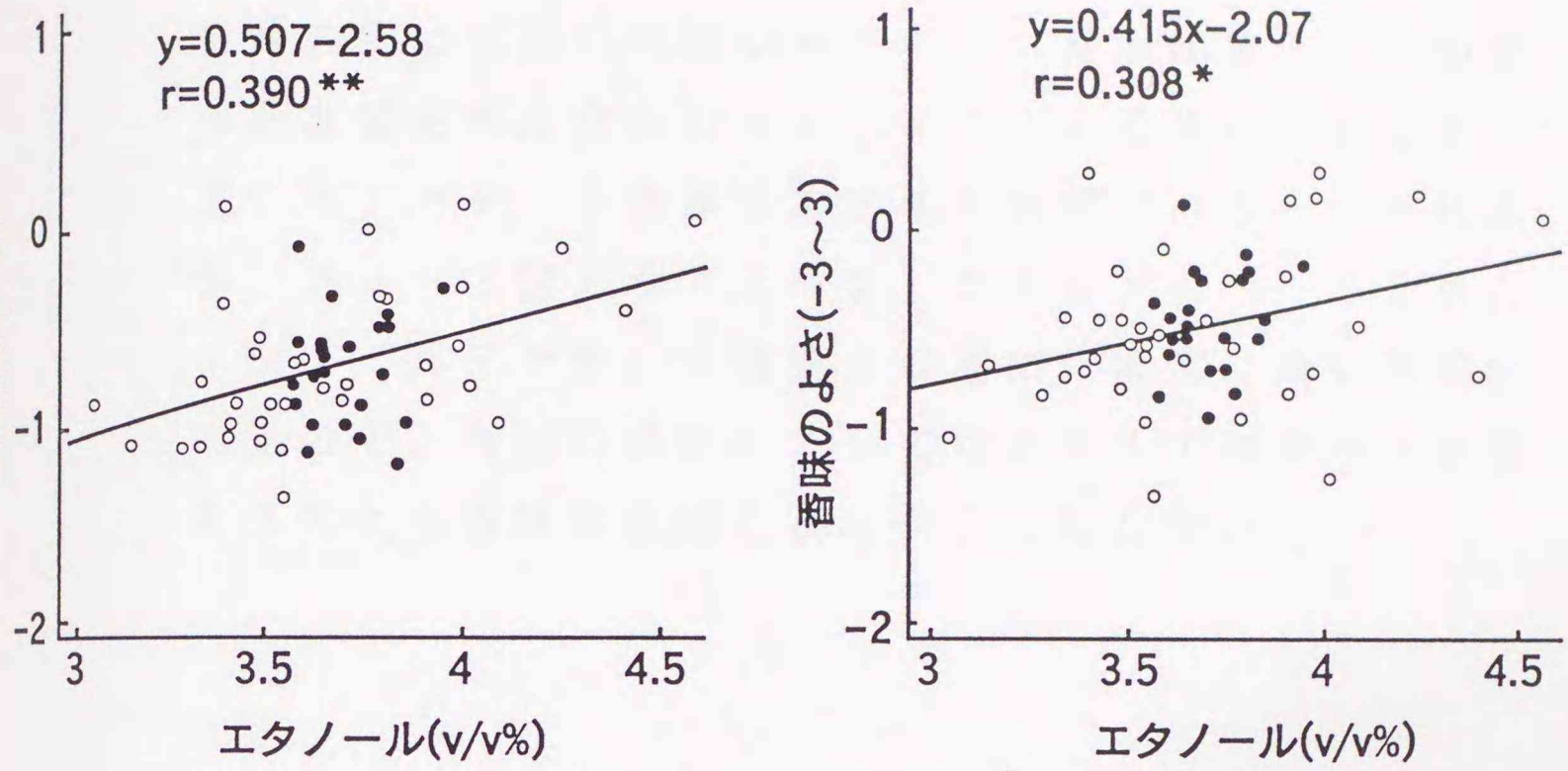
○…総合研究所試醸ビール　　●…横浜工場試醸ビール

*1%危険率で有意

第4-4図. 発酵度とビール香味

（４）エタノール含量とビール香味

エタノール含量は第４－５図に示すように、ビールの“こくみ”や“香味のよさ”などに大きく影響することはない。先に述べたように、原麦汁濃度と真正発酵度についてそれぞれ８°P以上、68％以上を満たすことが必要であるとすると、得られるビールは摂取エキス量として5.4ｇ／100 ｇ以上、エタノール含量として 3.4ｖ／ｖ％以上を備えることになる。ライトビールのエタノール含量をあまり高くすると、表示上regular beer（通常濃度ビール）と区別がつきにくくなるので、販売戦略上好ましくない。



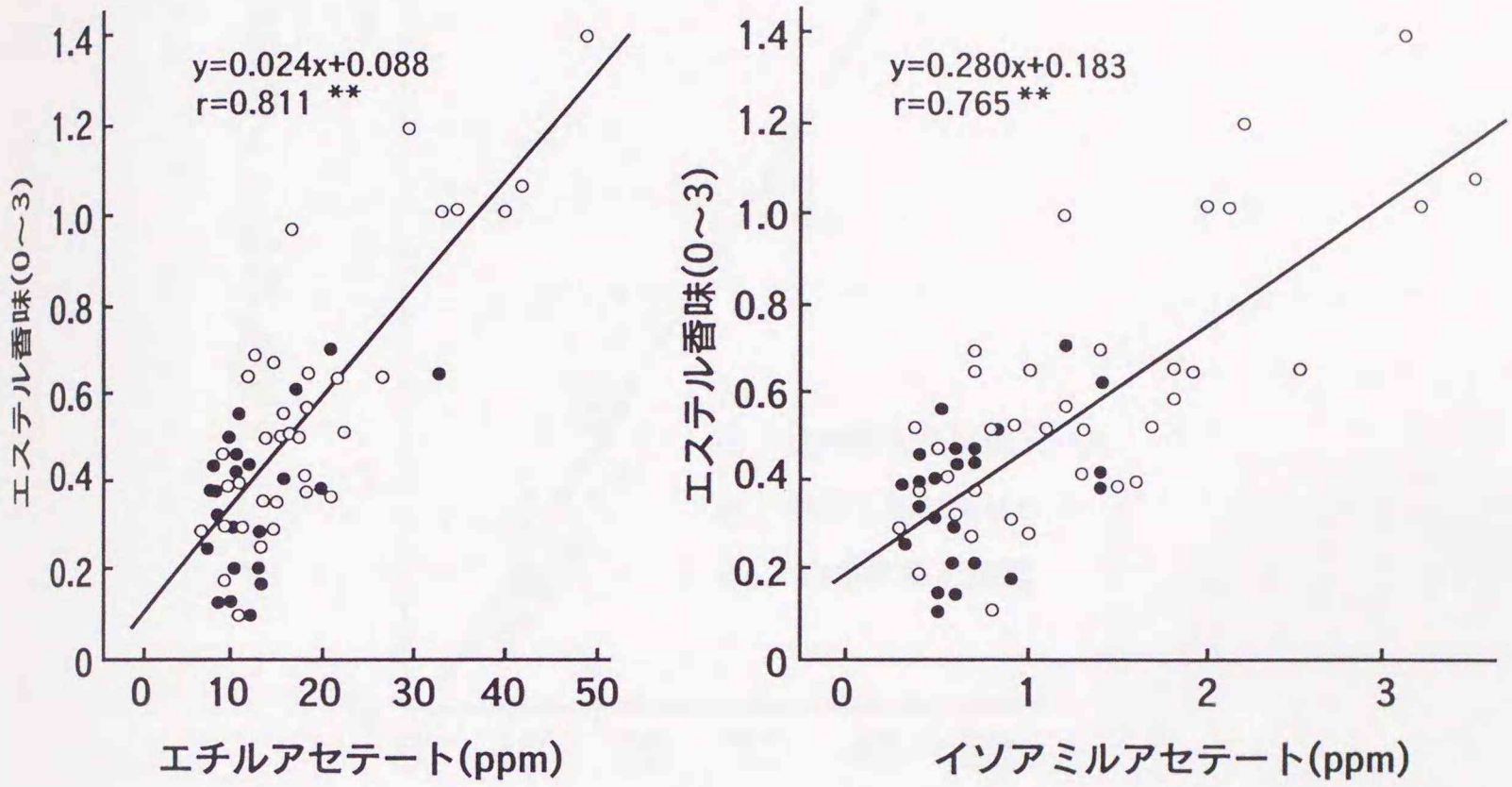
○…総合研究所試醸ビール　　●…横浜工場試醸ビール

** 1%, * 5%危険率で有意

第4-5図. エタノール含量とビール香味

（５）エステル含量とビール香味

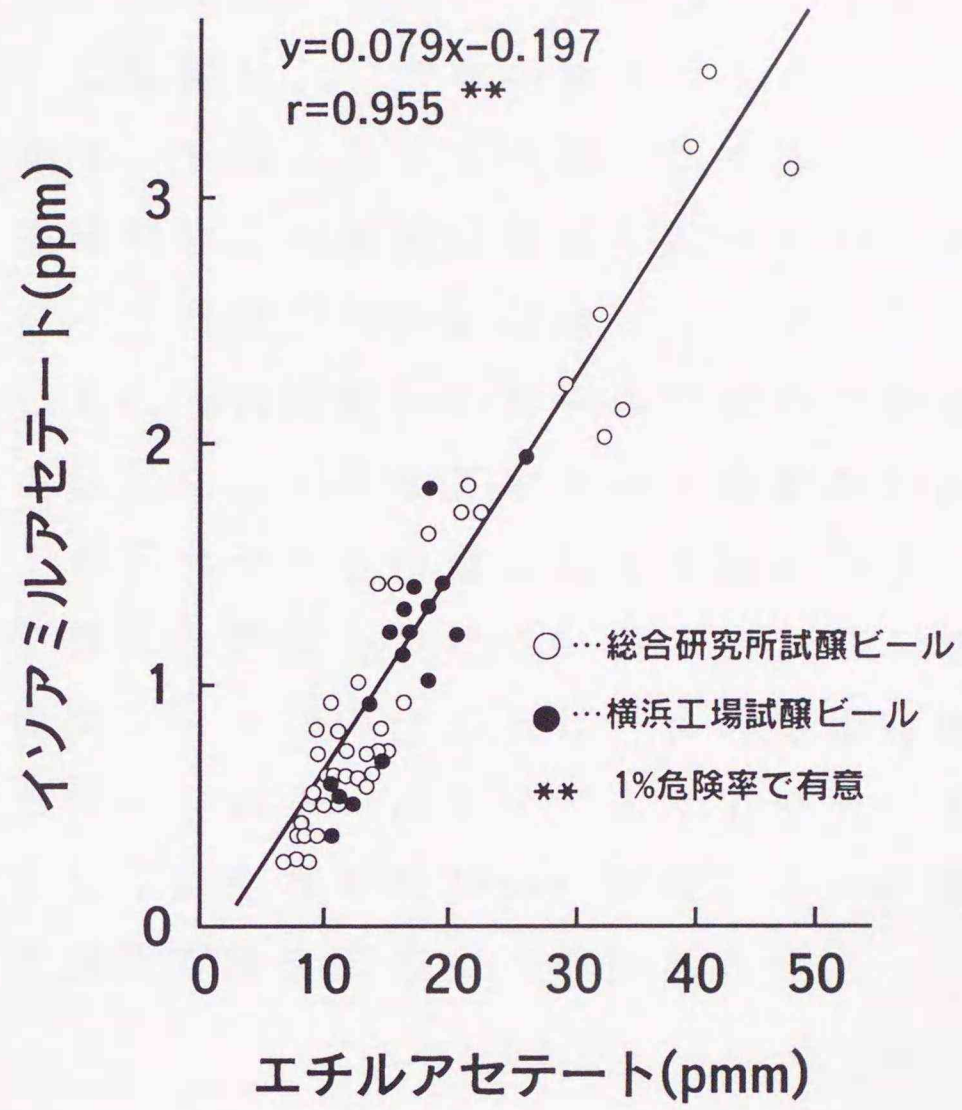
第４－６図に示すように、エチルアセテートあるいはイソアミルアセテートの含量とライトビールのエステル香味の間には高い相関がみられる。弁別閾値とビール中の存在量を考え合わせると、エステル香味に対してイソアミルアセテート含量の方がより重要であると思われるが、第４－７図に示すように、エチルアセテート含量とイソアミルアセテート含量との間には非常に高い相関があるので、今回の解析においてはエチルアセテート含量をエステル香味の指標とみなすことにした。



○…総合研究所試醸ビール　　●…横浜工場試醸ビール

** いずれも 1%危険率で有意

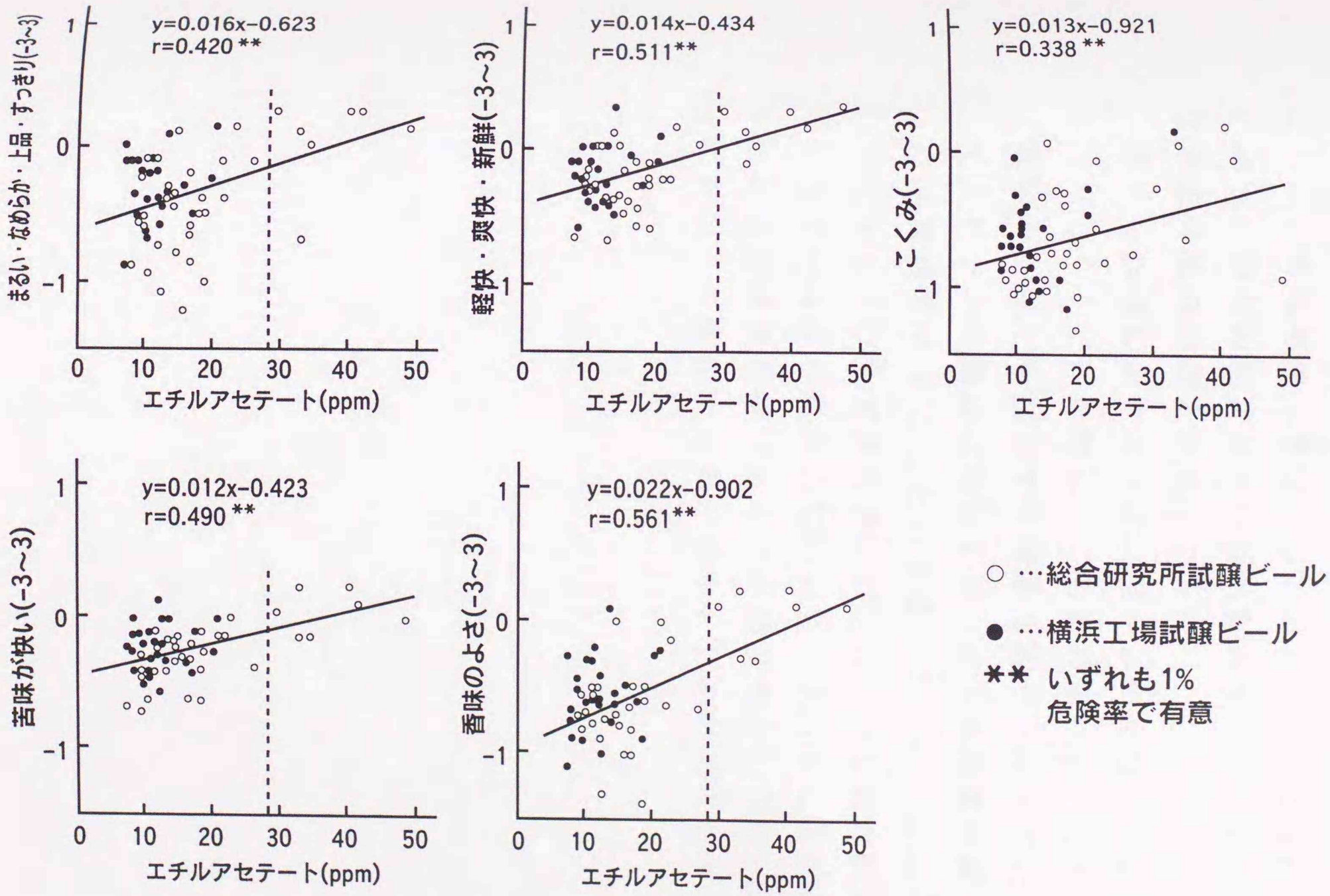
第4-6図. エステル含量とエステル香味



第4-7図. エチルアセテート含量と
イソアミルアセテート含有量の相関

エチルアセテートはイソアミルアセテートと同様あるいはそれ以上にエステル香味に寄与するのであるが、それと同時にビールの“軽快さ”“まるみ”“香味のよさ”に影響し、“苦味の快さ”もカバーする。

第４－８図に示すように、エチルアセテートとこれらの香味特性との相関係数は0.42～0.56である。エチルアセテート含量が10ppm 前後（イソアミルアセテート含量として0.5ppm程度）のビールで優れた評価を受けているものはなく、エチルアセテート含量が29ppm 以上（イソアミルアセテート含量として２ppm 以上）のビールは総じて優れた評価を受けていることから判断すると、原麦汁濃度７～９°Pのライトビールの醸造に際して、エチルアセテートあるいはイソアミルアセテートの含量として望ましくはそれぞれ29ppm 前後、２ppm 前後を確保するよう醸造方法を工夫すべきであろう。

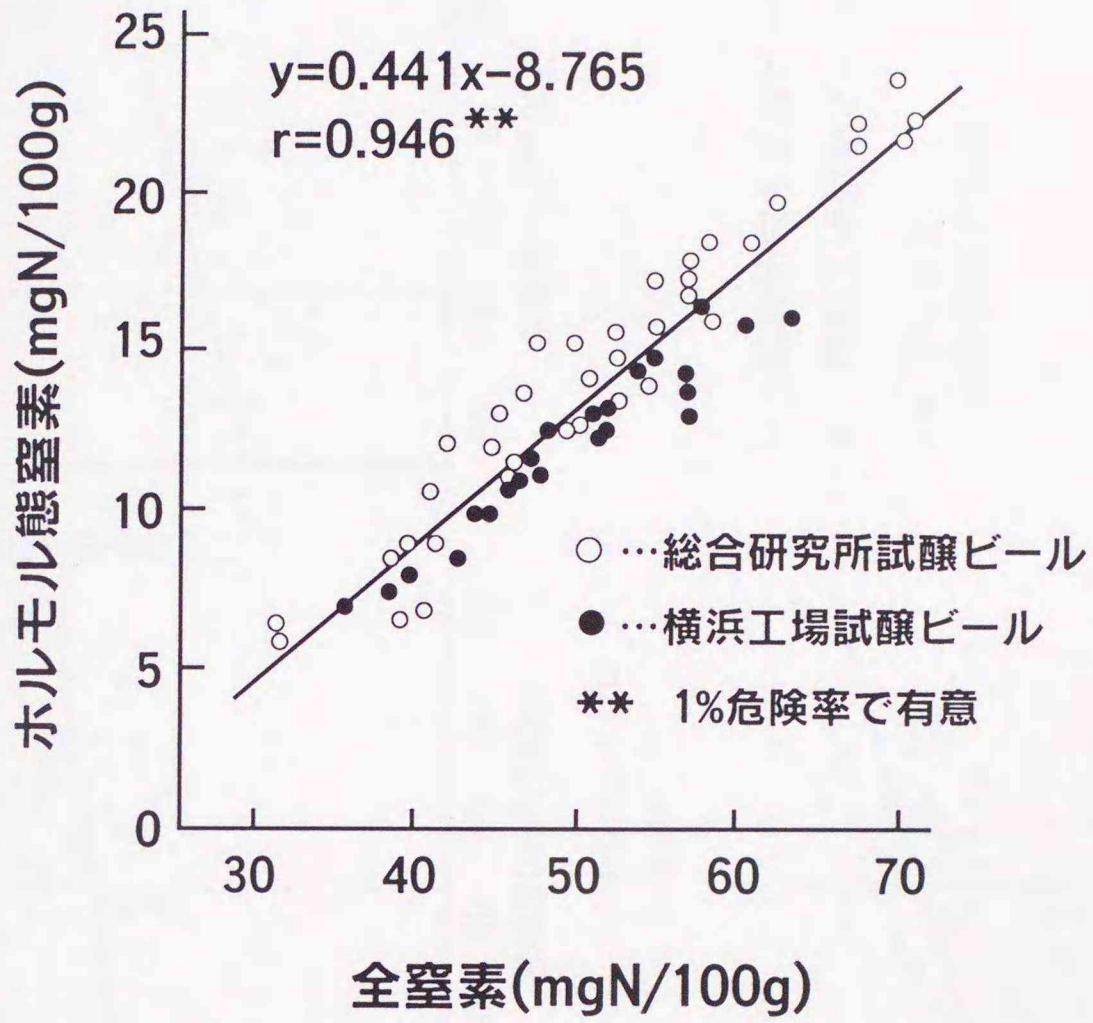


第4-8図. エチルアセテート含量とビール香味

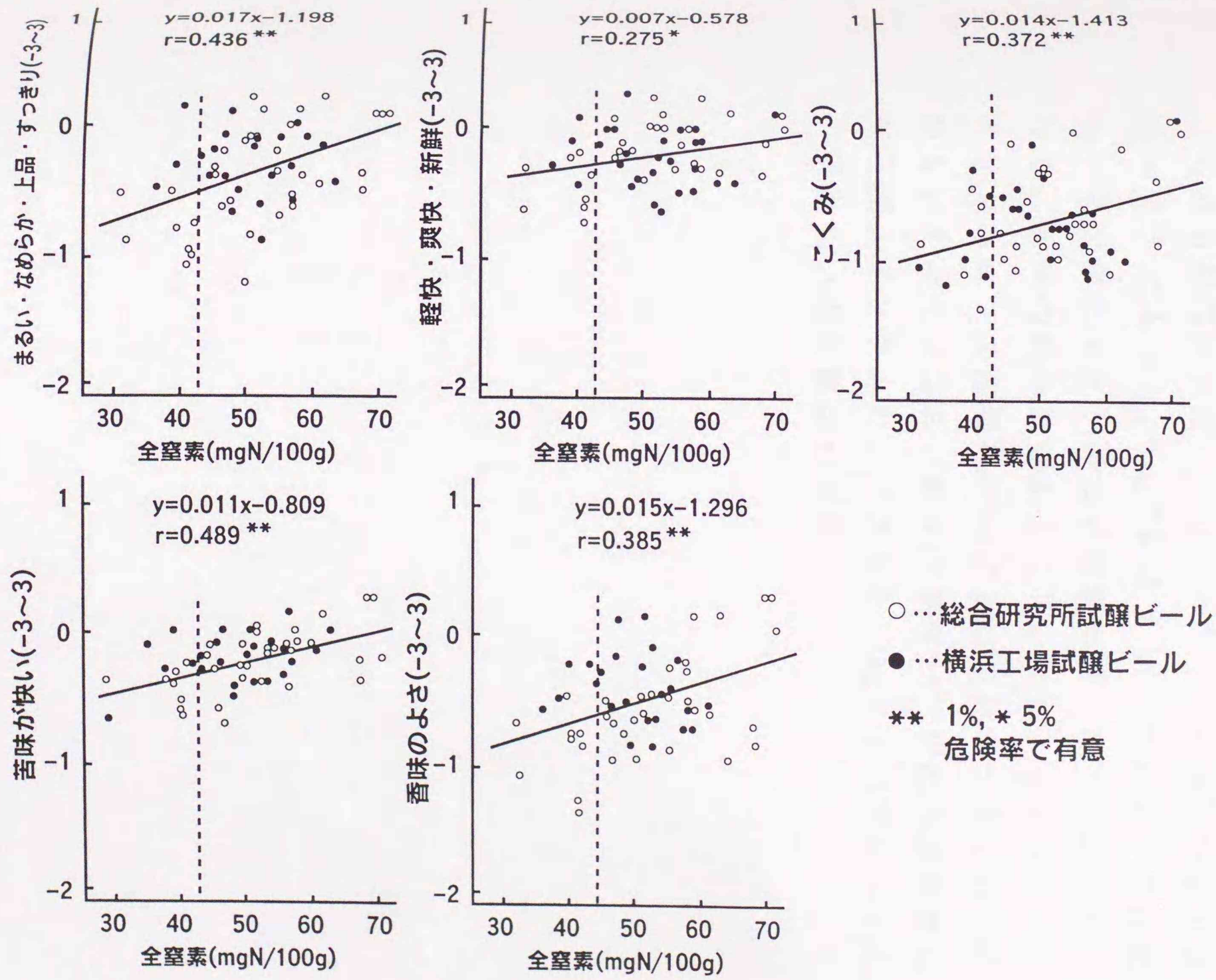
（6）窒素成分量とビール香味

全窒素あるいはホルモル態窒素のレベルは共に、ライトビールの香味特性に影響するのであるが、第4－9図に示すように両者の間には高い相関があるので、全窒素含量を窒素成分量の指標とみなすことにした。

第4－10図に示すように、ビールの全窒素含量は“まるみ”“こくみ”に影響し、“苦味の不快さ”もカバーして“香味のよさ”を左右する重要な因子となっているから、ライトビールの醸造に際しては、全窒素含量が高くなるように品質設計をすることが重要であるといえよう。43mgN／100g以下の全窒素含量のビールには優れた評価を受けているビールはみあたらないので、少なくとも43mgN／100g程度の全窒素含量（ホルモル態窒素として約10mgN／100gに相当）を確保するのが望ましいと考えられる。



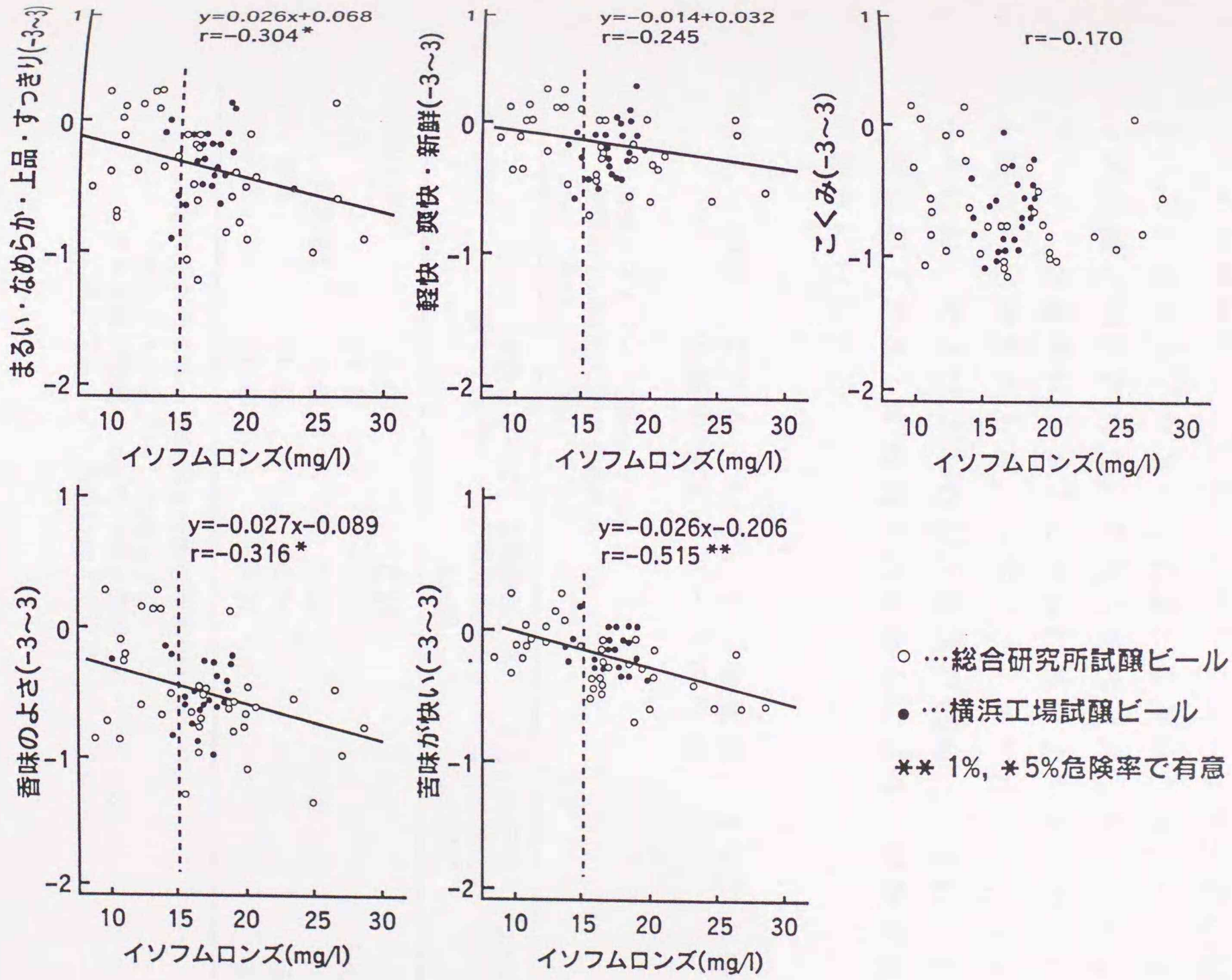
第4-9図. 全窒素とホルモル態窒素の相関



第4-10図. 全窒素レベルとビールの香味

（7）イソフムロンズ含量とビール香味

第4－11図に示すように、原麦汁濃度7～9°Pのライトビールでは、イソフムロンズ含量が高いと苦味が不快に感じられる傾向があり、“まるみ”や“軽快さ”の不足、香味の悪さにもつながっている。イソフムロンズ含量が15㎎／ℓを越えるビールには苦味が快く感じられるビールはなく、香味の総合評価もよくないので、ライトビールではイソフムロンズ含量を15㎎／ℓ以下におさえるのが好ましいといえよう（なお、原麦汁濃度15°P程度の高濃度ビールならば、イソフムロンズ含量を30㎎／ℓ以下におさえるのが望ましいと指摘されている）。



第4-11図. イソフムロンズ含量とビール香味

（8）エチルアセテート含量、全窒素含量、イソフムロンズ含量の組み合せとビール香味

ライトビールの“香味のよさ”を左右する重要な特性値として、エチルアセテート含量、全窒素含量、イソフムロンズ含量が抽出された。これら特性値のうち、エチルアセテート、全窒素はライトビールにありがちな“物足りなさ”を補うのに効果がある。一方“こくみ”に乏しいライトビールにおいてイソフムロンズ含量が15mg／ℓを越えると、“苦味の不快さ”が指摘されるようになり、試飲評価全般の悪さにつながる。

第４－20表　エチルアセテート、全窒素、イソフムロンズの組み合せとビールの香味

3条件：エチルアセテート29ppm を越える
全窒素42.5mgN／100ｇを越える
イソフムロンズ 15mg／ℓ以下

ビール	3条件をすべて満たす(n=7)	3条件のうち2条件を満たす(n=12)*	3条件のうち1条件を満たす(n=28)**	3条件をすべて満たさない(n=12)
苦味が快い	0.06	−0.16	−0.27	−0.39
こくみ	−0.27	−0.76	−0.74	−0.84
まるい、なめらか	0.04	−0.36	−0.35	−0.60
軽快・爽快	0.11	−0.24	−0.21	−0.36
香味のよさ	0.44	−0.51	−0.59	−0.74

それぞれのグループの香味特性の平均値を示した。
＊エチルアセテート 29ppm以下
＊＊全窒素含量42.5mgN／100ｇを越える……ｎ＝27
イソフムロンズ含量15mg／ℓ以下……ｎ＝1

ライトビールの品質設計におけるこれらの特性値の重要性をさらに確認するために、試醸ライトビールをエチルアセテート含量、全窒素含量、イソフムロンズ含量によってグループ分けし、香味特性との対応を調べた。第4－20表に示すように、これら3つの特性値がすべて望ましいレベルにある場合と、望ましくないレベルにある場合とでは“香味のよさ”で0.8もの差があり、望ましいレベルを満足しない特性値が増えるにつれて“香味のよさ”は悪くなっている。

先にも述べたように、これらの3つの特性値のうち、最も重要なのはエチルアセテートで代表されるエステル含量である。エステル類は多岐にわたり、エチルアセテートおよびイソアミルアセテートだけではないのであるが、第4－21表に示すように、エステル含量の少ないライトビールに、エチルアセテートとイソアミルアセテートを望ましいレベルに達するよう添加すると、ライトビールの香味特性を改善できる。この2例では全窒素が望ましいレベルにあるビールの方が、エステル添加による香味特性改善の効果は大きいようにみえる。

第４－21表　エチルアセテートおよびイソアミルアセテートの添加による香味特性の変化

ビール	A		A	
	（対照）	*（エステル添加）	（対照）	*（エステル添加）
エチルアセテート（ppm）	14	44	10	40
イソアミルアセテート(ppm)	0.8	2.8	0.5	2.5
全窒素(mgN／100g)	70	70	40	40
イソフムロンズ（mg／ℓ）	27	27	29	29
エステル香味	0.8	1.6	0.7	0.8
苦味が快い	−0.6	−0.2	−0.3	−0.3
こくみ	−0.4	−0.1	−0.7	−0.3
まるい・なめらか	−0.6	0	−0.5	−0.3
軽快・爽快	−0.4	−0.3	−0.4	−0.2
香味のよさ	−0.9	−0.3	−0.9	−0.5

＊２種類のビール（A，B）にエチルアセテート、イソアミルアセテートをそれぞれ30ppm、２ppm 添加した。

3．ビールの香味地図及び香味特徴と化学分析値の対応

（1）ビールの香味地図

各社ビール3銘柄、60試料の官能検査値をステップワイズ法判別関数分析したところ、7つの官能検査値を組み合わせた判別関数を使用してこれらビールをそれぞれの3銘柄に90%まで正しく判別することができた。[8]

そこでこの7官能特性「こくみ」「エステル香味」「酸化臭味」「ホップの異臭味」「甘味」「苦味の快さ」「炭酸ガスの快さ」によって各社ビールの香味調和量がどのように数値化されるかをみるために正準相関分析を実施してこの7つの官能特性の分散を説明する第1及び第2の正準変量（U_1、U_2)を求めた。おのおのビール試料ごとに7官能特性値を（U_1)、（U_2)に代入して得られる数値をこの第1、第2正準変量（U_1、U_2)を2軸とする直角座標に散布したCanonical plotが第4－12図である。

このように7官能特性の調和性を数値転換することにより、各銘柄に属する多くのビールの香味特徴がクラスターとして他銘柄のそれとはっきり区別できたのでこの散布図を「香味地図」と呼ぶことによする。7官能値の正準変量を座標としてモニターすることにより、製品の香味品質管理、新製品の香味品質の設計などが容易になった。

（2）香味特徴と化学分析値の対応

ビール鑑定表に採用している官能特性20項目と化学成分含量35項目の間の正準相関係数は0.997 を示すのであり、[8]諸官能特性あるいは諸成分の調和性、総合性同志には有意

の対応関係があるとみてよい。

各社ビールの香味特徴を区別するのに使用した7官能特性（第4－12図）～「こくみ」、「エステル香味」、「酸化臭味」、「ホップの異臭味」、「苦味」、「苦味の快さ」、「炭酸ガスの快さ」～と同じく各社ビールの化学成分組成の特徴を区別するのに用いた化学分析値4項目～原麦汁濃度、全窒素、酢酸、フェニールアラニン～との間にも正準相関係数0.755が得られる。

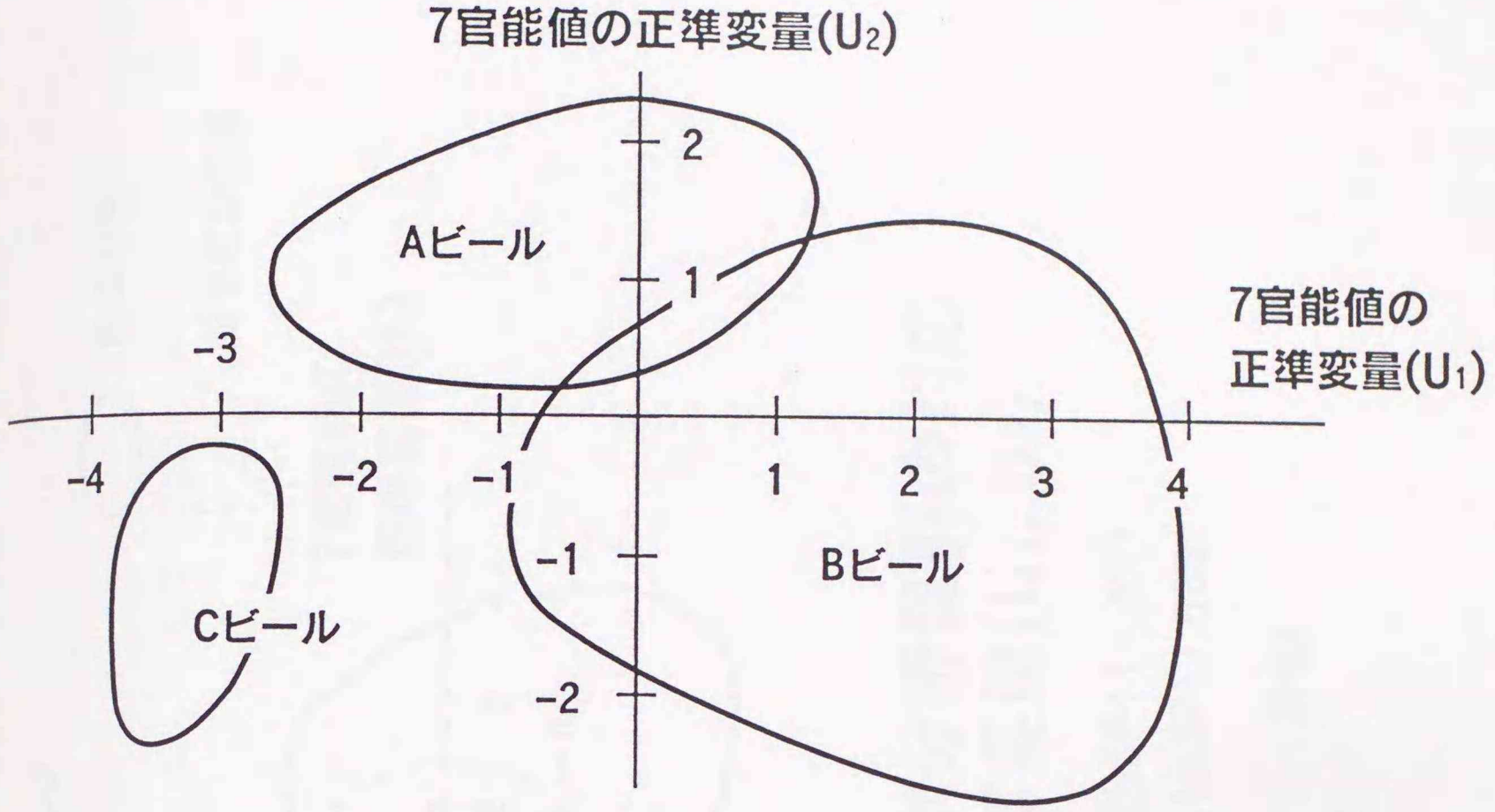
そこで第4－13図に示すように7官能特性の正準変量（U_1、U_2）を従属変数として4化学分析値を独立変数とする重回帰式を作成し、各社ビール試料ごとに4化学分析値を重回帰式に代入してU_1、U_2の近似値U_1'、U_2'を算出し、香味地図の上に散布してみた。4化学分析値から予測した各試料の香味特徴U_1'、U_2'は官能検査で実測したU_1、U_2に完全に一致はしなかったが、よく近似している各社ビールごとにクラスターを形成した。(8) この4化学成分値の正準変量を指標として使用すれば各社ビールが他社ビールと区別できる特徴のある成分組成を確保しているかを検定できる。さらに展開して独自の香味特徴を確保しているかをも検定する手法が開発された。

（3）ライトビールの狙いとする香味地図上の位置付け

非常に軽く、すっきりとした香味を持ち、日本の通常ビール（ピルスナータイプ）とかけ離れた香味クラスターを形成するアメリカン・タイプのライトビールは消費者に受け入れられにくいと判断して、狙いとするライトビールを

第４－14図にみるように、従来のピルスナータイプのビールにより近い独自の香味特徴を有する領域に位置付けた。

開発しようとするライトビールの香味特徴を確保するのに必要な原麦汁濃度や全窒素含量などを前項（２）の方法で予測した。



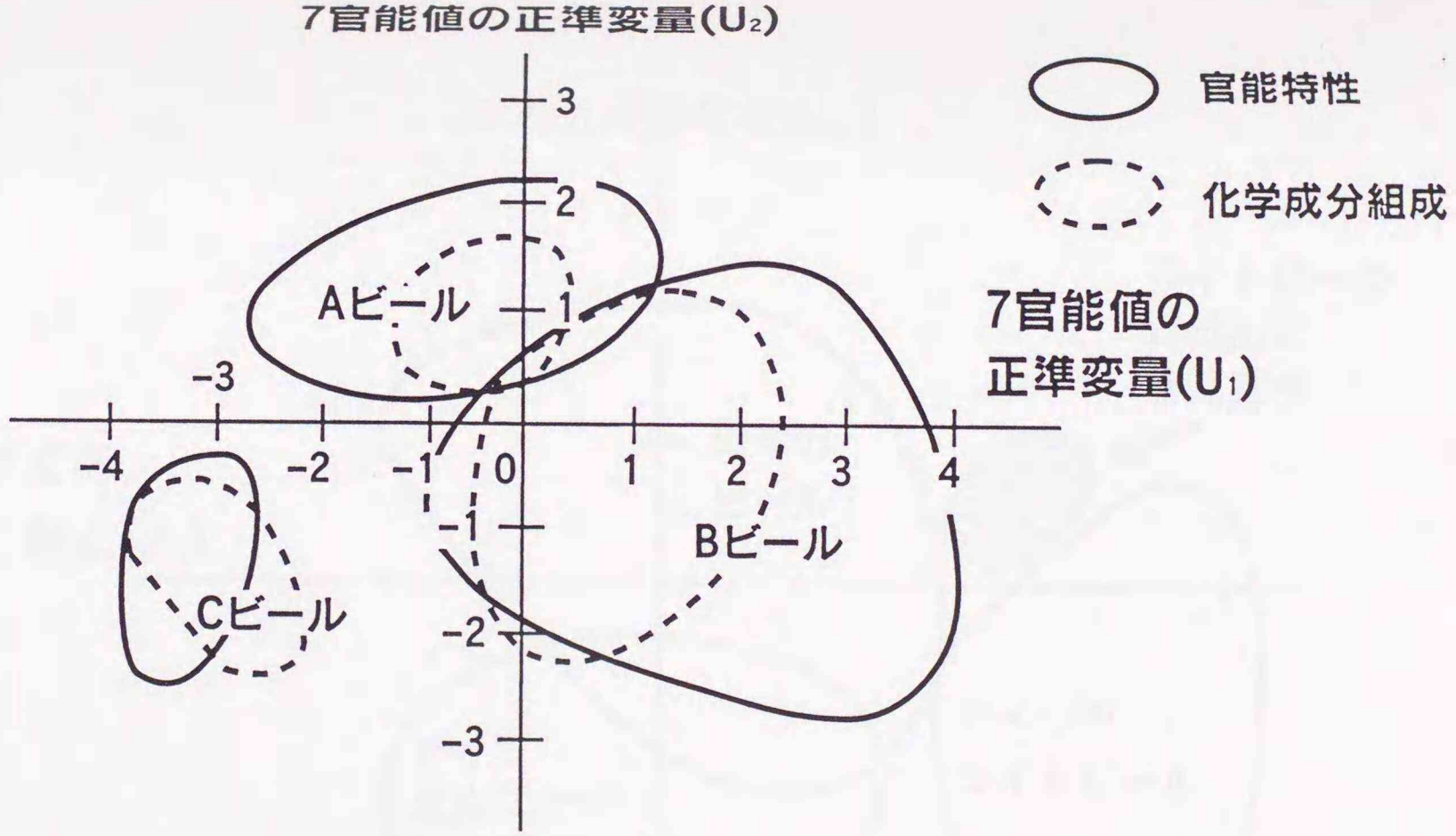
第4-12図. 日本のビールの香味地図

$$U_1=-0.92X_2+1.19X_4-3.24X_{10}-3.61X_{14}$$
$$-2.03X_{16}+1.62X_{17}-2.73X_{18}$$
$$U_2=-2.61X_2-2.23X_4+0.02X_{10}+1.49X_{14}$$
$$+1.70X_{16}-2.08X_{17}-0.22X_{18}$$

X_2：エステル香味，　X_4：ホップの異臭味

X_{10}：酸化臭味，　X_{14}：甘味，　X_{16}：苦味の快さ

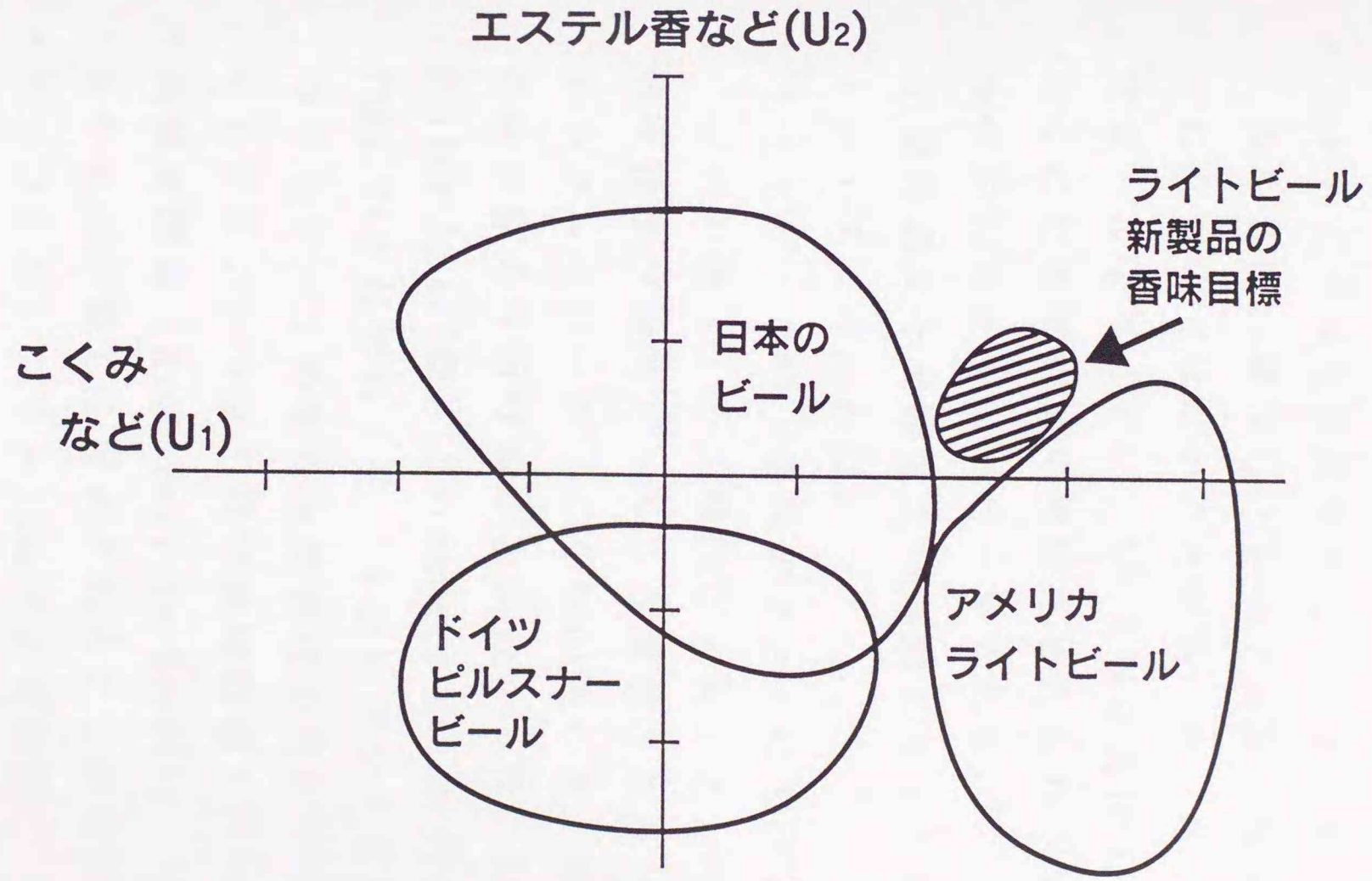
X_{17}：ガスの刺激の快さ　　X_{18}：こくみ



第4-13図. 官能検査値群と化学分析値群の対応
7官能検査値の生準変量(U_1, U_2)

U_1=-0.498E-0.104N-0.003A-1.255P+11.490
U_2=-0.757E-0.034N+0.019A-1.153P+7.568

E：原麦汁濃度　N：全窒素　A：酢酸
P：フェニールアラニン



第4-14図. ライトビールの香味設定

第5節　要　約

1．日本では“ライトビール”というカテゴリーがなかったのでまず外国のライトビールの分析及び香味評価を行った。

- ライトビールとは従来のビールより軽快な香味を与えるビールを包括、総称したもので品質、醸造方法ともに規格化されたものではないことが判った。多くは原麦汁濃度が通常ビールよりうすい7.5～8％の麦汁を外観発酵度が100％近くになるまでよく発酵させたものでカロリーは通常ビールの約70％と少ないビールである。
- 原麦汁濃度と発酵度から外国のライトビールを分類すると8タイプに分かれた。
- ライトビールの「香味のよさ」に大きな影響を及ぼすのは「苦味の快さ」と「軽快さ・爽快さ」であった。これらの香味特徴が通常ビールより重視されると言える。またエステルフレーバーが「こく味の乏しさ」を補い、ビール全体の味に厚みを付けることが分かった。19ブランドのうち、Miller Lite(壜）とAnheuser Busch 社のMichelob-Light（壜）がそれぞれ1位、3位にランクされた。

2．ライトビールの香味品質特性を分析するため、醸造パイロットプラント及び工場で試験醸造を行った。

- 高濃度醸造（High Gravity Brewing：ＨＧＢ）ではエステルの生成が著しく促進されることが確認された。
- イソフムロンズ9～14㎎／ℓの範囲で「苦味の快さ」の評価がよかった。
- 原麦汁濃度が8.50°Pを超えるとカロリーが30kcal／100 ㎖を越える。12オンス(355㎖)壜で100kcal／壜で28kcal／壜

未満に抑えるには28kcal／100㎖以下にする必要がある。

- 麦汁ジアスターゼの添加により、外観発酵度が93～95%まで上昇した。アルコール分が増え、「まるさ・なめらかさ」、「軽快・爽快さ」は向上するが、「こく味」にはマイナスに作用すると判断された。
- 高濃度醸造ビールと低濃度醸造ビールのブレンドビールの香味評価は高いものが多かった。
- 工場での試醸では、パイロットプラント試醸よりエステルの生成がかなり低めであった。エステル生成の促進策と「こく味」の付与策が必要と考えられた。

3．試験した59サンプルの化学分析値、官能検査値を用いて数理統計解析を行い、ライトビールの香味品質設計を試みた。

- ライトビールの「香味のよさ」に強く影響する香味特性は通常ビールの場合に比べて「軽快さ」、「苦味の快さ」との相関が高くなっている。
- 試醸ライトビールの香味特性と化学分析値との単相関をみた結果、「苦味の快さ」、「こくみ」、「まるみ」、「軽快さ」そして「香味のよさ」などの香味特性は窒素成分量（全窒素あるいはホルモル態窒素）、エステル含量、イソフムロンズ含量の3因子に強く依存していることがわかった。
- ｐＨとそれぞれの香味特性との相関を解析した結果、ｐＨとエステル含量、窒素成分量、イソフムロンズ含量の間にはそれぞれ相関がみられ、窒素成分量との相関は特に高かった。
- 原麦汁濃度、発酵度、アルコール含量、エステル含量、窒素成分量及びイソフムロンズ含量と香味特性との相関から

「香味のよさ」を高く維持できる化学分析値は次の通りと考えられた。

原麦汁濃度：8°P程度を確保する必要

発酵度：真正発酵度68%以上（通常ビールより高めが必要）

アルコール含量：3.4～3.5v／v%

エステル含量：酢酸エチル含量　29ppm前後
酢酸イソアミル含量　2ppm前後

窒素成分量：全窒素含量　43mgN／100g以上

イソフムロンズ含量：15mg／ℓ以下

- 酢酸エチル、全窒素、イソフムロンズ含量が上記のレベルをすべて満たしている場合と、望ましくないレベルが1つでもある場合では「香味のよさ」で 0.8ポイント以上の差があることが分かった。
- 7つの官能特性「こくみ」、「エステル香味」、「酸化臭味」、「ホップの異臭味」、「甘味」、「苦味の快さ」、「炭酸ガスの快さ」の調和性を数値転換することにより、各銘柄に属する多くのビールの香味特徴がクラスターとして他銘柄のそれとはっきり区別できる散布図（香味地図）を作成した。
- 各社ビールの化学成分組成の特徴を区別するのに用いた化学分析値4項目～原麦汁濃度、全窒素、酢酸、フェニルアラニン～と7官能特性との間には正準相関係数0.755 が得られた。重回帰式により4化学分析値から予測した香味特徴は官能検査で実測した特徴に完全には一致しなかったが、よく近似して各社ビールに香味地図上でクラスターを形成した。

・開発するライトビールを非常に軽く、すっきりしているが水っぽいアメリカンタイプのライトビールとは、はっきり一線を画し、従来のピルスナータイプのビールにより近い独自の香味特徴を有する領域に香味地図上位置付けた。

第5章　新しい発酵法「分割発酵法」によるライトビール製造技術の開発

第1節　序

前章で化学分析値と官能検査値を統計的に解析することにより、両者のそれぞれの特性値間の相関関係を明らかにした。これらの関係をもとに、新たに開発するライトビールのもつべき、望ましい香味特性の実現に必要な化学分析値を定量的に表現した。原麦汁濃度，発酵度，アルコール含量，エステル含量，窒素成分量，イソフムロンズ含量のうち、ライトビールの香味品質設計に際してエステル含量，窒素成分量及びイソフムロンズ含量の3つが特に重要であることが導き出され、これらの数値化もなされた。

言いかえれば望ましい香味特性が化学分析値に翻訳されたわけである。実際に商品として“モノ”となるためには化学分析値を醸造方法まで翻訳できる必要がある。新しく開発するライトビールの場合、香味地図上の位置付けからもわかるように、独自の領域を狙っているので通常ビールや外国ライトビールの製造方法のマイナーチェンジでは香味の実現は難しいと考えられた。

そこで上記6つの化学分析値をはじめ、カロリー及びビールの清澄安定性と醸造方法との対応について解析を試みた。更にこれらのうち、前章で述べた全窒素含量≧43㎎／100gを維持するのは低い原麦汁濃度のビールでは、製造方法に工夫を要する。またエステル含量は、工場試醸時の方がパイロットプラント試醸時よりも生成量が低かったように、醸造条件の変動により、

生成量が影響を受け易い。仕様通りの高目の生成量を安定して達成するための醸造方法を確立しなければ実用化できない。

これらを解決する新しい発酵法として“高濃度麦汁”と“低濃度麦汁”を別々に発酵させた後ブレンドする「分割発酵法」の開発を試み、実際に工場で効率よくできる製造方法にまで製造技術の完成度を高めることに取り組んだ。

第2節　ライトビールの品質を確保するための醸造条件

＜材料と方法＞

ライトビールの品質設計に際して重要な化学分析値として、酢酸エチル含量で代表されるエステル含量，全窒素含量，イソフムロンズ含量の3つが抽出された。これらの特性値のうち、酢酸エチル含量，全窒素含量は、醸造条件による変動が比較的複雑であると思われるので、醸造条件との対応について考察する。このほかビールのカロリーや発酵度も重要な設計値になると思われるので、あわせて考察する。

＜結果と考察＞

（1）原麦汁濃度とビールのカロリー

Stewartによれば12オンス（約355㎖）のビールのカロリーは次のような経験式で表される。(1)

$$K = 14.4 \times RE + 25.5 \times A$$

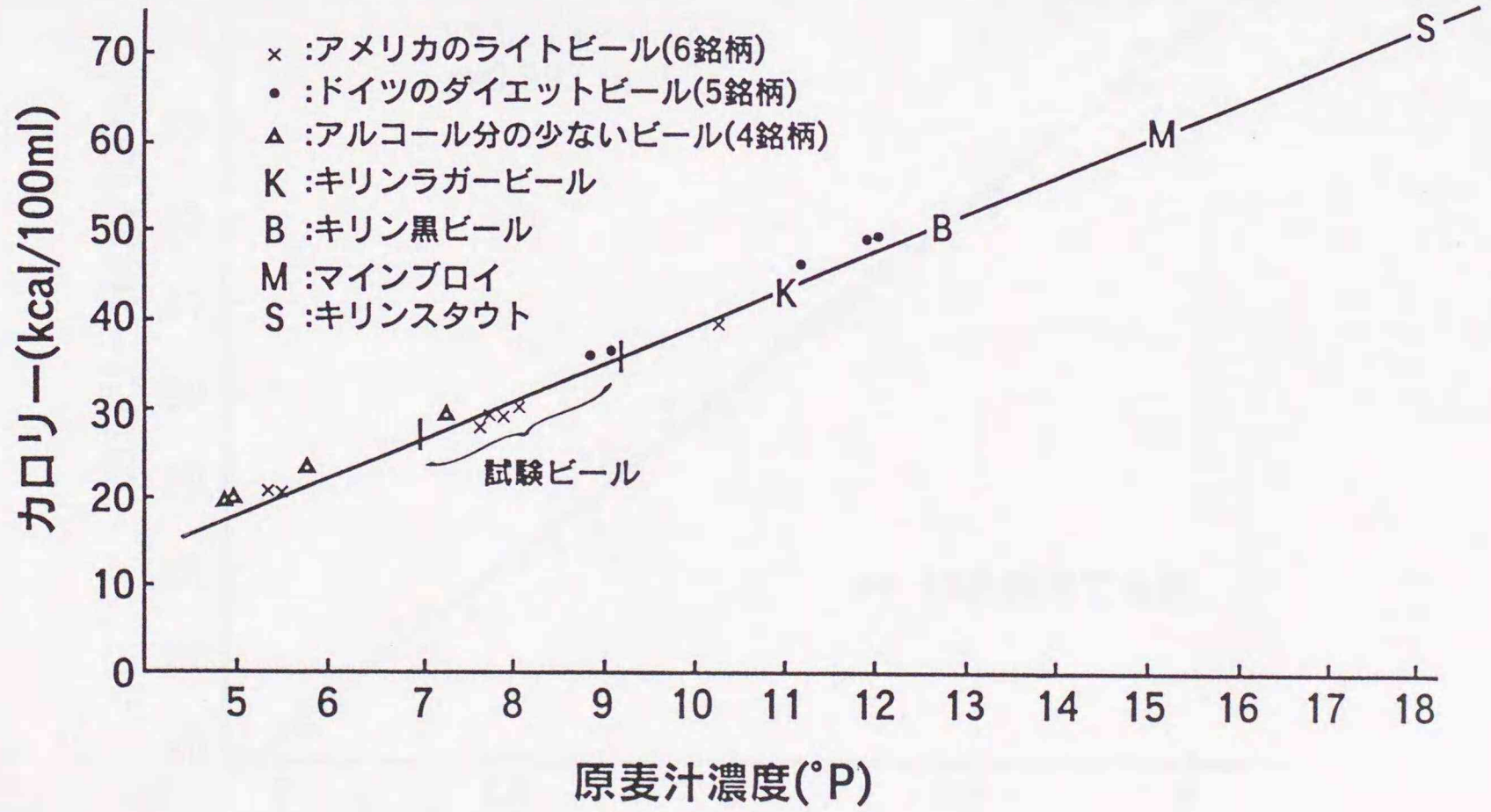
K　：ビールのカロリー（kcal／12ounces）

RE：真正エキス（％）

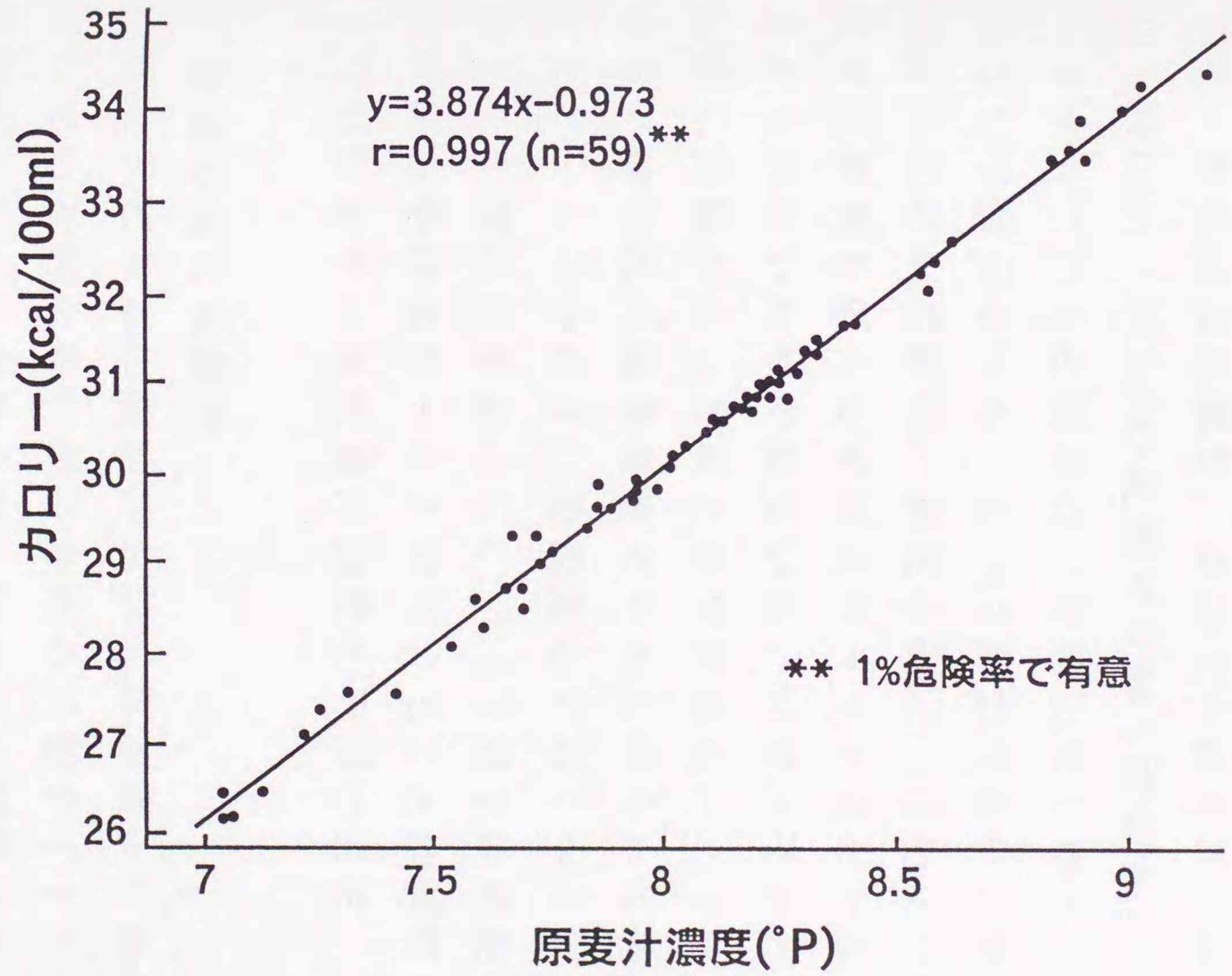
A　：アルコール（w／w％）

この式に基づいて試醸ライトビール，外国ライトビール，当社各ブランドのカロリー(kcal／100㎖）を算出し、第5－

1図，第5－2図に原麦汁濃度に対してプロットした。これらの図をみて明らかなように、アメリカのライトビール、さらには当社の既存ブランドビールを含めても、原麦汁濃度とビールのカロリーの間には非常に強い相関がある。例えば、発酵後に、エタノールを除去するなどの操作をしない限り、醸造方法が多少ちがっても、またそれにともなって発酵度が多少変動しても、最終ビールのカロリーは原麦汁濃度によって決定されているといって差し支えない。



第5-1図. ビールの原麦汁濃度とカロリー



第5-2図. 試醸ライトビールの原麦汁濃度とカロリー

ライトビールに7°Pの原麦汁濃度を設定すれば約26kcal／100mℓ、8°Pであれば約30kcal／100mℓのカロリーになると換算される。なお当社ラガービール，黒ビール，マインブロイ，スタウトのカロリーは原麦汁濃度に応じてそれぞれ42～43kcal／100 mℓ，50kcal／100 mℓ前後，60kcal／100 mℓ弱，70kcal／100 mℓ強である。アメリカでライトビールと称しているビールの原麦汁濃度，カロリーはそれぞれ、5.5～10.3°P，20～39kcal／100mℓの範囲で変動している。

ライトビールとは単に“対照となるビールよりもライトな感じを与えるビール”という概念であり、ライトビールの品質設計において原麦汁濃度の設定にはかなりの自由度がある。原麦汁濃度を低くせずによりライトなビールを目指す方向も考えられないわけではないが、将来ライトビールに対する内容表示問題が生じた場合を想定すると、キリンラガービールあるいは他社の通常濃度ビールと明らかに差のある原麦汁濃度とビールのカロリーを設定しておくべきであろう。一方、第4－2図に示すように、7.5°P以下の原麦汁濃度では優れた評価を受けるビールを醸造することは困難であることから、8°Pが設定すべき原麦汁濃度の下限である。

（2）醸造方法と発酵度

ライトビールの醸造においては通常より高めの発酵度を設定している例が多いが、今回の試醸ライトビールについては発酵度とビール香味の間に明らかな相関はみられなかった。

発酵度を上昇させるには、第5－1表にみるように、アミログルコシダーゼの使用が最も効果的であり、100%以上の

外観発酵度，85%程度の真正発酵度が容易に達成される。これには及ばないが、麦芽ジアスターゼの添加、デキストリン発酵性酵母の使用、発酵性糖の補充はこの順序で、発酵度の上昇に効果があり、71～80%の真正発酵度が達成される。

低濃度麦汁をそのまま8℃程度で発酵させると、当社ラガービールより高い発酵度になることもあるが、低発酵度にとどまることもあるので、14℃程度の高温発酵をするのが安全である。他方、高濃度麦汁を8℃で発酵させると糖度の切れが緩慢になる傾向があるので、高濃度発酵後、水あるいは低濃度ビールで希釈する醸造方法を実施する場合には、14℃程度の高温で発酵させるのが好都合である。

第5－1表　醸造方法と発酵度

醸造方法		発酵度
無添加	(n＝38)	69.6(68.1～71.1)
麦芽ジアスターゼの添加	(n＝8)	77.2(75.9～79.7)
発酵性糖の補充	(n＝9)	73.6(71.4～75.3)
アミログルコシダーゼの添加*		85%程度
デキストリン発酵性酵母の使用	(n＝1)	74.9
ワイン酵母、清酒酵母の使用	(n＝2)	59.2(57.8～60.5)

＊総合研究所で実施したダイエットビールの試験結果及びアメリカのライトビールの分析値より推定した。

（3）醸造方法とビールのエステル含量

醸造方法とエステル生成量の対応について第5－2表に示した。7～9°Pの低濃度麦汁を特別な操作（麦芽ジアスター

ゼの添加、グルコースの補充など）なしに、そのまま発酵させた場合には、エチルアテセート含量は７～13ppm 程度、イソアミルアセテート含量は 0.3～0.9ppm程度にとどまり、エステル含量としての望ましいレベル（エチルアセテート 29 ppm,イソアミルアセテート２ppm)には遠く及ばず、発酵温度を14℃まで高めたり、酵母添加量をかえたり、副原料をかえたりしてみても大きな効果は期待できない。菌株の選択による効果も小さい。麦芽ジアスターゼや発酵性糖の補充はエステル含量をわずかに高める効果があるのみで、エステル含量として望ましいレベルには達しない。

第５－２表　醸造方法とエステル含量

醸造方法		エチルアセテート (ppm)	イソアミルアセテート (ppm)	エステル香味 (0～3)	香味のよさ (－3～3)
7～9 °Pの麦汁をそのまま発酵させる。 (n＝18)		10.3 (7.1～13.4)	0.5 (0.3～0.9)	0.30 (0.10～0.68)	－0.66 (－1.32～0.10)
7～9 °Pの麦汁に麦芽ジアスターゼを添加して発酵させる。 (n＝6)		13.7 (9.4～18.6)	0.7 (0.4～1.2)	0.55 (0.18～0.96)	－0.62 (－0.88～0)
発酵性糖を補なった7～9 °Pの麦汁を発酵させる。 (n＝5)		15.7 (10.6～18.2)	1.3 (0.5～1.8)	0.48 (0.30～0.67)	－0.79 (－1.38～－0.30)
15°P以上の高濃度発酵後水で希釈，あるいは18°P程度の高濃度発酵液を低濃度発酵液で7～9 °Pに希釈する。	全麦芽 (n＝5)	36.7 (21.0～48.4)	2.8 (1.7～3.5)	0.89 (0.38～1.38)	－0.10 (－0.25～0.25)
	副原料併用 (n＝7)	26.0 (14.5～34.3)	1.8 (0.7～2.2)	0.76 (0.36～1.19)	－0.40 (－0.88～0.13)
14～16°Pの高濃度ビールを低濃度ビールで希釈する。 (n＝15)		13.4 (9.2～20.5)	1.0 (0.5～1.4)	0.42 (0.10～0.69)	－0.50 (－0.90～－0.18)

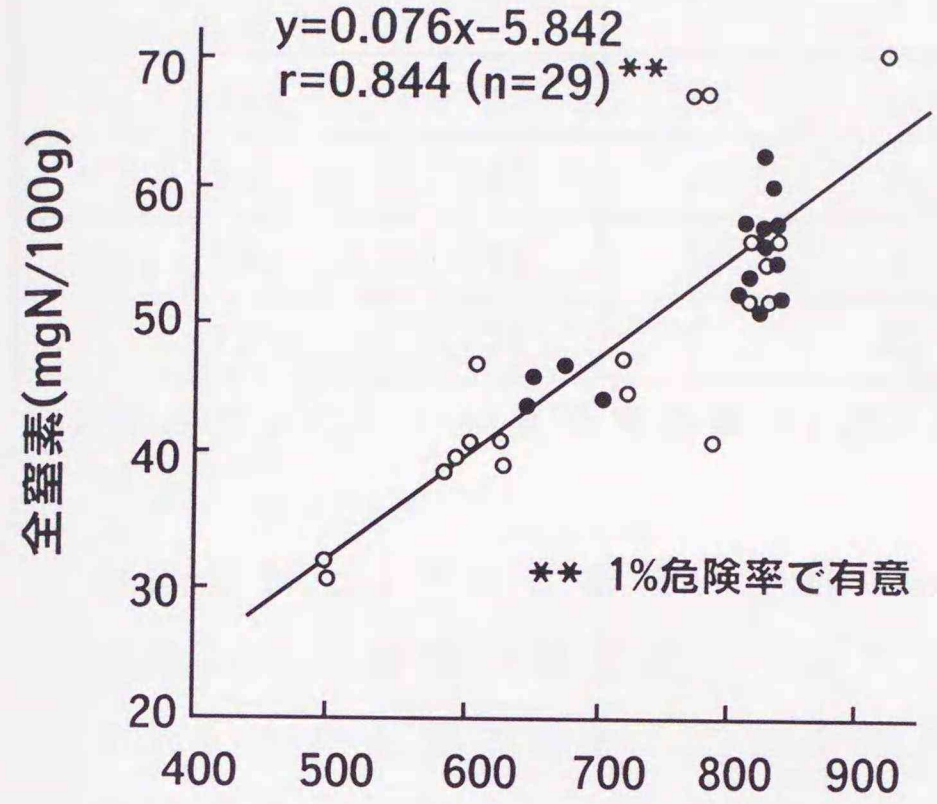
高濃度発酵でエステル含量が大幅に増大することはよく知られている。アメリカのライトビールのほとんどは、高濃度発酵後、水で希釈するという方法で醸造されており、低濃度ビールに懸念される“物足りなさ”を自然に補なうかたちになっている。

今回試みた醸造方法のうちで望ましいエステル含量に達したのは、15°P以上の高濃度発酵後、水あるいは低濃度ビールで希釈するという方法のみであった。高濃度発酵後低濃度ビールで希釈する場合には、高濃度ビールはできるだけ高濃度で、低濃度はできるだけ低濃度であることが、望ましい。14～16°Pの発酵液を4～7°Pの低濃度発酵液で希釈した場合には望ましいエステル含量を確保できない。高濃度ビールは18°P程度、低濃度ビールは4°P程度とすることが必要である。また、高濃度発酵に際して、エステル香味を強く賦与するには、全麦芽麦汁を使用するのが望ましく発酵性糖の補充は好ましくない。

（4）醸造方法とビールの全窒素含量

ビールの全窒素含量は麦汁の全窒素含量、詳しくは原麦汁濃度と麦芽使用比率によって左右される。7～9°Pの麦汁を発酵させた29例について、ビールの全窒素含量と（原麦汁濃度×麦芽使用比率）の関係を第5－3図に示した。ビールの全窒素含量は、このほかに麦芽の品質や発酵条件（発酵温度など）によっても左右されるのではあるが、ライトビールの全窒素含量は第5－3図の式で概算できよう。この式を用いて、麦芽使用比率70～ 100%、7～9°Pの低濃度麦汁を発酵

させたときのビールの全窒素含量の予想値を第５－３表に示した。



グルコースあるいはスクロースを副原料として使用した場合には使用化率に1.25を乗じて副原料使用化率とみなした。

第5-3図. 原麦汁エキスと麦芽使用比率による ビール全窒素含有量の推定

第５－３表　麦芽使用比率及び原麦汁濃度とビールの全窒素含量

原麦汁濃度 / 麦芽使用比率	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
100	47	51	55	59	63
90	42	45	49	52	56
80	37	40	43	46	49
70	31	34	37	40	42

予想されるビールの全窒素含量（mgN／100ｇ）を示した。

先に述べたように、原麦汁濃度７～９°Pのライトビールの全窒素レベルは高いほどよく、少なくとも43mgN／100ｇを確保することが必要である。この全窒素レベルを保つためには、原麦汁濃度が７°Pならば全麦芽、 7.5°Pならば90％の麦芽使用、８～９°Pでは80％の麦芽使用が必要となるといえる。ただし14℃程度の高温で発酵させた場合には、発酵中の窒素成分の摂取が活発となり、上記の数字より２～３mgN／100ｇ程度、低い値になると見込まれるので、７～８°Pでは麦芽のみ、８～９°Pの場合でも少なくとも90％の麦芽使用比率にするのが好ましいといえよう。

高濃度発酵では一般に窒素成分の摂取が緩慢となるので、15～18°Pの高濃度で発酵させて、水や低濃度ビールで希釈する醸造方法を採用する際には、上記の予想値よりも5mgN／100 ｇ程度高めの値を見込めるので、７～９°Pの麦汁を直接発酵させる場合よりも低い麦芽使用比率を設定できる。原麦汁濃度７～８°Pのビールでは90％程度、８～９°Pのビールでは80％程度の麦芽使用比率を確保すればよい。もちろん、こ

の場合にも麦芽使用比率の高い方がよいことはいうまでもなく、エステル含量も高くなるので、全麦芽麦汁を使用するのが望ましい。

（5）醸造方法と清澄安定性

高濃度発酵（高濃度発酵後水で希釈）を実施すると一般に、ビールの清澄安定性は向上するといわれている。[2,3] 第5－4表に示すように、ライトビールの醸造においても、高濃度発酵後、水あるいは低濃度ビールで希釈すると、50℃2週間後寒冷混濁として少なくとも2 EBC単位程度は清澄安定性を向上させることができるとみてよいようである。同じ高濃度発酵を実施するにしても、水で希釈する場合の方が清澄安定性はよくなるようであり、両者の間には50℃2週間後寒冷混濁として1 EBC単位以上の差がみられた。

麦芽ジアスターゼの添加はビールの清澄安定性に悪影響を及ぼす。第5－5表に示すように、麦芽ジアスターゼを発酵中に添加すると、生成したビールの詰め直後の濁度は 2.5 EBC単位となり、肉眼でも濁りが認められるほどになる。分析値上ではＡＢＳ濁度で表される凝固性窒素量、硫酸シンコニン濁度で表される酸化し得るポリフェノール量が多くなるのが特徴的である。麦芽ジアスターゼの添加は発酵度の上昇をもたらすが、濁度が異常に高くなるので、ライトビールの醸造方法として適当ではない。

第５－４表　高濃度発酵の採用による清澄安定性の向上

製造方法		7～9°Pの麦汁を発酵*	高濃度発酵後、水あるいは低濃度ビールで希釈**
総合研究所での試醸	当日濁度（EBC単位）	0.68±0.14（n＝8）	0.58±0.09（n＝16）
	50℃ 2 週間後濁度	1.81±0.63	0.90±0.14
	50℃ 2 週間後寒冷混濁	8.15±2.06	5.17±1.50
横浜工場での試醸	当日濁度（EBC単位）	0.48±0.06（n＝15）	0.45±0.02（n＝8）
	50℃ 2 週間後濁度	0.84±0.25	0.54±0.05
	50℃ 2 週間後寒冷混濁	6.02±1.81	3.87±0.83
総合研究所および横浜工場での試験	当日濁度（EBC単位）	0.55±0.13（n＝23）	0.54±0.10（n＝24）
	50℃ 2 週間後濁度	1.18±0.63	0.78±0.21
	50℃ 2 週間後寒冷混濁	6.76±2.15	4.74±1.45

平均値±標準偏差を示した。

＊麦芽ジアスターゼを添加して試醸したビールは除いて集計した。

＊＊横浜工場では高濃度発酵後低濃度発酵液で希釈したビールのみ、総合研究所では高濃度発酵後水で希釈（n＝6）、あるいは低濃度発酵液で希釈したビール（n＝10）。

第5－5表　麦芽ジアスターゼの添加が清澄安定性に及ぼす影響

ビール	麦芽ジアスターゼを発酵時に0.03～0.04 w/v%添加したビール（n＝7）	麦芽ジアスターゼを添加しないビール（n＝5）*
ABS濁度（O.D.660nm）	0.603±0.095（0.472～0.791）	0.379±0.058（0.294～0.462）
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	4.40±1.06（3.22～6.69）	1.34±0.07（1.24～1.45）
詰め直後濁度(EBC単位)	2.57±0.88（1.31～4.23）	0.64±0.11（0.53～0.84）
50℃2週間後濁度(EBC単位)	3.63±0.51（2.94～4.43）	1.22±0.21（0.94～1.52）
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	7.25±2.43（5.03～12.00）	6.50±0.46（5.70～7.10）

平均値±標準偏差（最大値～最小値）を示した。
*麦芽ジアスターゼ添加ビールの対照に相当するもののみ。

第3節　分割発酵法の開発と試醸ライトビールの香味特徴

1．発酵管での低濃度麦汁及び高濃度麦汁の発酵

＜材料と方法＞

エステル香味を増強したライトビールを醸造するために、高濃度発酵後、低濃度発酵液で希釈する醸造方法を実施しようとすれば4～5°Pのごく低濃度の麦汁を発酵させる必要性が生じる。このような低濃度麦汁の発酵については現場でも全く経験がなく、文献もみあたらず、予期しえない発酵異常の起ることも予想されるので、発酵管規模での試験(500mℓ)を行い、4～5°Pの麦汁の発酵に際してどのような発酵条件を設定すればよいか検討した。あわせて15～18°Pの高濃度麦汁についても予備検討を行った。

＜結果と考察＞

結果を第5－6及び5－7表，第5－4及び5－5図に示した。

副原料を併用した低濃度（4°P，5°P）の麦汁を高温（12℃）で発酵させた場合には酵母添加量の多少にかかわらず、70%程度の真正発酵度となるのに対して、低温（8℃）で発酵させた場合には、真正発酵度が非常に低くなる。特に酵母添加量が少ない場合にこの傾向は顕著で、50～55%にしか達しない。発酵温度、酵母添加量の多少にかかわらず、主発酵終了時のダイアセチル含量は、11°P麦汁の発酵の場合に比べて、特に高いことはない。4～5°Pの低濃度発酵液では、エステル類は全般に極めて低いレベルにあり、高濃度発酵液と混合して得られるビールのエステル含量は、高濃度発酵液中のエステル含量及び高濃度発酵液と低濃度発酵液の混合比率

によってきまると考えてよい。なお、全麦芽の低濃度麦汁を発酵させた場合も、発酵温度、酵母添加量などの影響は副原料を併用した麦汁の場合とほぼ同様であった。以上の結果より４～５°Pの低濃度麦汁の発酵においては通常と同程度あるいはそれ以上の酵母を添加して高温（12℃程度）で発酵させるのが望ましいと判断される。麦芽と副原料の使用比率は所望するビールの全窒素含量に応じて決定すればよい。

高濃度麦汁（15°P，18°P）については発酵温度の水準を12℃および14℃とし試験を行った。副原料を併用した高濃度の麦汁を発酵させた場合、発酵度は、発酵温度が高いほど、また酵母添加量が多いほど高い傾向にあったがその差はわずかであった。発酵温度が高い場合（14℃）の方がエステル類は若干多めに生成し、この時、ダイアセチル含量は11°Pの麦汁を発酵させた場合に比べて特に高いことはなかった。12℃で発酵させた場合にはダイアセチル含量が１ppm を越えることがあった。酵母添加量とエステル生成量の間にはっきりした関係は見出せなかった。全麦芽の高濃度（15°P，18°P）麦汁を発酵させた場合にも、発酵温度が発酵度などに及ぼす影響はほぼ同様であったが、副原料を併用した高濃度麦汁を発酵させた場合に比べて、ダイアセチル含量が少なめで、エステル生成量は多めであった。以上の結果より、15～18°Pの高濃度発酵液を、水あるいは低濃度ビールで希釈して、原麦汁濃度８°P程度のビールを醸造する際には、生成するビールのエステル含量，全窒素含量を高く保つために、さらにダイアセチル含量が少なく、発酵度が高めになるようにするために、高濃度麦汁は全麦芽あるいはごく少量の副原料を併用したもの

とし、糖度に応じて酵母添加量を多めにして、14℃程度の高温で発酵させるのが望ましいと判断される。

第５－６表　低濃度発酵液の分析値

(1) 酵母菌株Ｌ

麦汁濃度	5 °P				4 °P			
発酵温度	12℃		8 ℃		12℃		8 ℃	
酵母添加量	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ
外観エキス(%)	0.53	0.57	0.90	1.49	0.44	0.45	0.69	1.04
真正エキス(%)	1.36	1.37	1.65	2.11	1.12	1.12	1.32	1.61
アルコール(w/w%)	1.67	1.69	1.53	1.41	1.38	1.30	1.32	1.08
外観発酵度(%)	88.9	88.1	81.2	68.9	88.5	88.3	82.0	72.9
真正発酵度(%)	71.6	71.4	65.5	55.9	70.8	70.8	65.6	56.0
アセトアルデヒド (ppm)	1.3	1.7	13.5	19.4	2.5	1.6	18.1	26.4
エチルアセテート (ppm)	5.3	4.9	4.8	3.0	6.3	4.0	6.2	3.2
ノルマルプロパノール (ppm)	5.7	5.7	5.6	5.2	4.6	4.5	4.4	4.9
イソブタノール (ppm)	10.0	10.1	7.9	9.0	9.0	9.6	7.5	7.7
イソアミルアセテート (ppm)	0.27	0.27	0.24	0.22	0.30	0.23	0.24	0.14
イソアミルアルコール (ppm)	41.8	42.9	29.9	31.4	32.3	39.0	27.1	26.6
ダイアセチル (ppm)	0.31	0.33	0.42	0.24	0.28	0.28	0.56	0.5
全窒素 (mgN/100g)	22.2	22.2	25.0	25.6	17.3	17.4	19.4	19.4
全窒素摂取量**(mgN/100g)	13.4	13.4	10.7	10.0	11.0	10.9	8.9	8.9
イソフムロンズ (mg/ℓ)	8.8	8.8	9.8	9.9	6.4	6.4	6.8	6.9
イソフムロンズ摂取量**(mg/ℓ)	5.0	5.0	4.0	3.9	4.6	4.6	4.2	4.1
酵母増殖量 (g/ℓ)	8.95	9.37	7.21	7.67	7.63	8.10	6.41	6.60
酵母増殖率*	2.49	4.12	2.20	3.56	2.27	3.70	2.07	3.20

(2) 酵母菌株Ｕ

麦汁濃度	5 °P				4 °P			
発酵温度	12℃		8 ℃		12℃		8 ℃	
酵母添加量	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ	6g/ℓ	3g/ℓ
外観エキス(%)	0.54	0.54	1.27	1.58	0.47	0.55	0.94	1.42
真正エキス(%)	1.37	1.38	1.92	2.21	1.14	1.19	1.49	1.92
アルコール(w/w%)	1.72	1.65	1.45	1.27	1.30	1.35	1.17	1.12
外観発酵度(%)	88.7	88.7	73.5	67.0	87.8	85.7	75.5	63.0
真正発酵度(%)	71.4	71.2	59.9	53.9	70.3	69.0	61.2	50.0
アセトアルデヒド (ppm)	3.9	2.7	13.6	22.1	5.0	6.0	13.4	15.5
エチルアセテート (ppm)	5.7	4.8	3.6	3.8	5.3	4.1	5.0	1.9
ノルマルプロパノール (ppm)	5.2	5.9	4.3	4.0	5.3	5.3	4.2	3.0
イソブタノール (ppm)	10.2	9.2	7.8	8.6	8.7	10.1	6.7	6.4
イソアミルアセテート (ppm)	0.49	0.28	0.19	0.20	0.21	0.15	0.15	0.11
イソアミルアルコール (ppm)	36.2	39.9	26.1	26.5	29.7	33.4	19.7	22.2
ダイアセチル (ppm)	0.33	0.34	0.39	0.32	0.33	0.36	0.41	0.25
全窒素 (mgN/100g)	22.1	21.5	24.9	25.6	17.3	17.8	20.0	19.7
全窒素摂取量**(mgN/100g)	13.5	14.1	10.7	10.0	11.0	10.5	8.3	8.6
イソフムロンズ (mg/ℓ)	9.0	8.8	9.8	9.8	6.5	6.5	7.0	7.5
イソフムロンズ摂取量**(mg/ℓ)	4.8	5.0	4.0	4.0	4.5	4.5	4.0	3.5
酵母増殖量 (g/ℓ)	9.17	9.28	7.21	7.45	7.80	8.11	6.24	6.58
酵母増殖率*	2.53	4.09	2.20	3.48	2.30	3.70	2.04	3.19

＊酵母回収量／酵母添加量
＊＊摂取量＝主発酵前麦汁の値－主発酵終了後若ビールの値
現行副原料配合の麦汁を発酵

第５－７表　高濃度発酵液の分析値

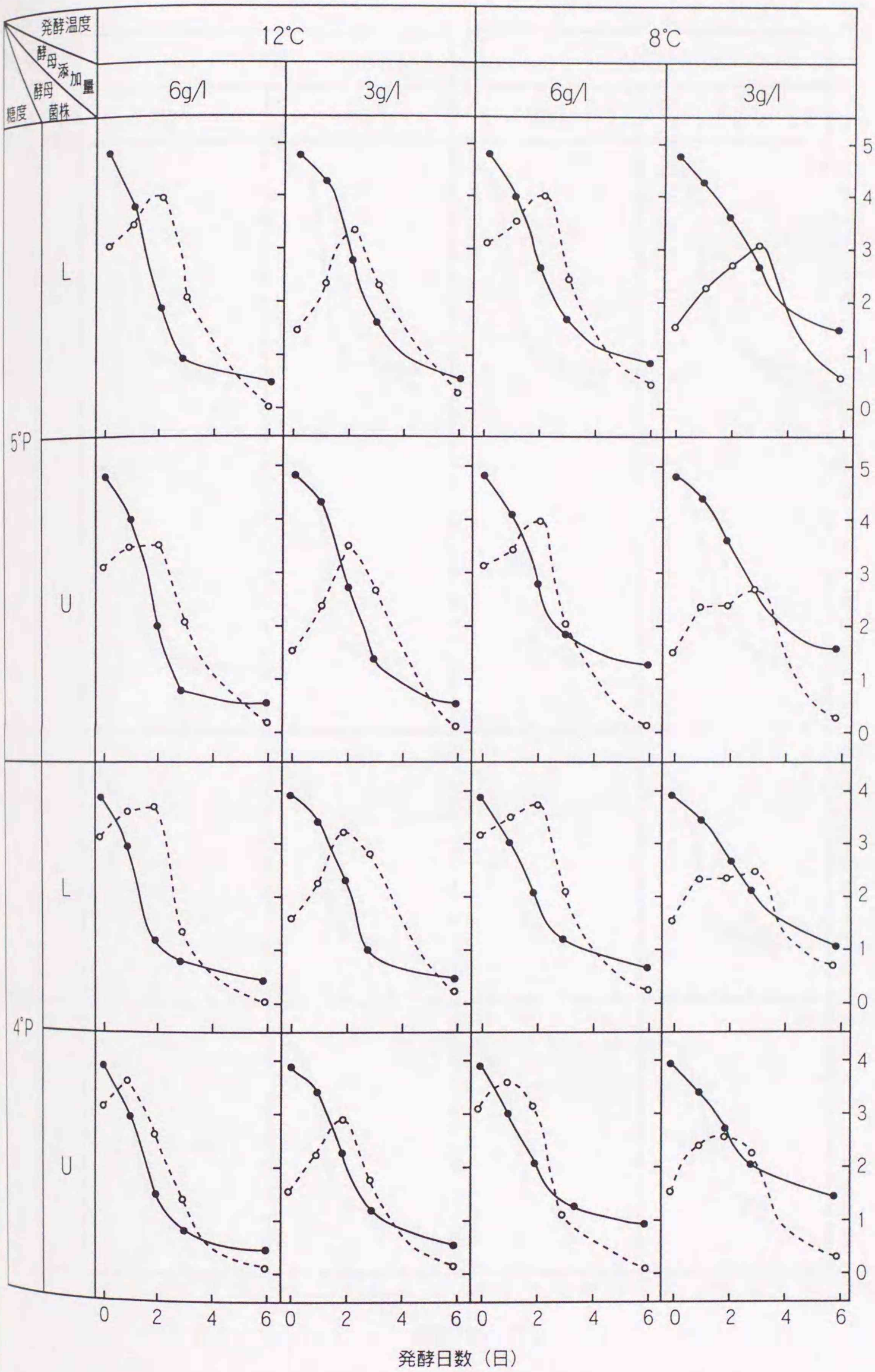
(1) 酵母菌株Ｌ

麦汁濃度	18°P				15°P			
発酵温度	14℃		12℃		14℃		12℃	
酵母添加量	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ
外観エキス(%)	2.77	2.83	2.91	3.11	2.08	2.16	2.21	2.18
真正エキス(%)	5.65	5.76	5.85	6.02	4.57	4.63	4.66	4.64
アルコール(w/w%)	6.66	6.61	6.57	6.46	5.57	5.46	5.49	5.50
外観発酵度(%)	84.6	84.2	83.8	82.7	86.1	85.6	85.3	85.5
真正発酵度(%)	68.5	67.9	67.3	66.4	69.6	69.2	69.0	69.1
アセトアルデヒド (ppm)	18.4	15.7	11.7	15.0	16.7	14.0	25.3	12.2
エチルアセテート (ppm)	57.5	45.3	30.6	27.2	31.8	25.5	26.7	25.5
ノルマルプロパノール (ppm)	22.3	21.2	15.8	15.5	22.2	14.8	22.5	13.5
イソブタノール (ppm)	31.4	27.8	18.3	18.5	28.7	19.0	22.6	17.9
イソアミルアセテート (ppm)	5.5	5.6	3.5	2.7	2.6	1.8	1.4	1.4
イソアミルアルコール (ppm)	121.9	130.0	97.0	88.2	93.9	103.9	98.2	102.0
ダイアセチル (ppm)	0.53	0.58	0.78	0.87	0.59	0.60	1.00	0.79
全窒素 (mgN/100g)	85.8	85.6	90.7	89.2	66.4	67.0	67.0	70.8
全窒素摂取量**(mgN/100g)	36.7	36.9	31.8	33.3	36.1	35.5	35.5	31.7
イソフムロンズ (mg/ℓ)	26.9	26.9	27.2	28.8	24.2	22.8	24.9	23.9
イソフムロンズ摂取量**(mg/ℓ)	15.0	15.0	14.7	13.6	10.4	11.8	9.7	10.7
酵母増殖量 (g/ℓ)	22.75	23.69	21.03	24.90	21.26	22.37	19.50	20.13
酵母増殖率*	3.53	4.95	3.34	5.15	3.36	4.73	3.17	4.36

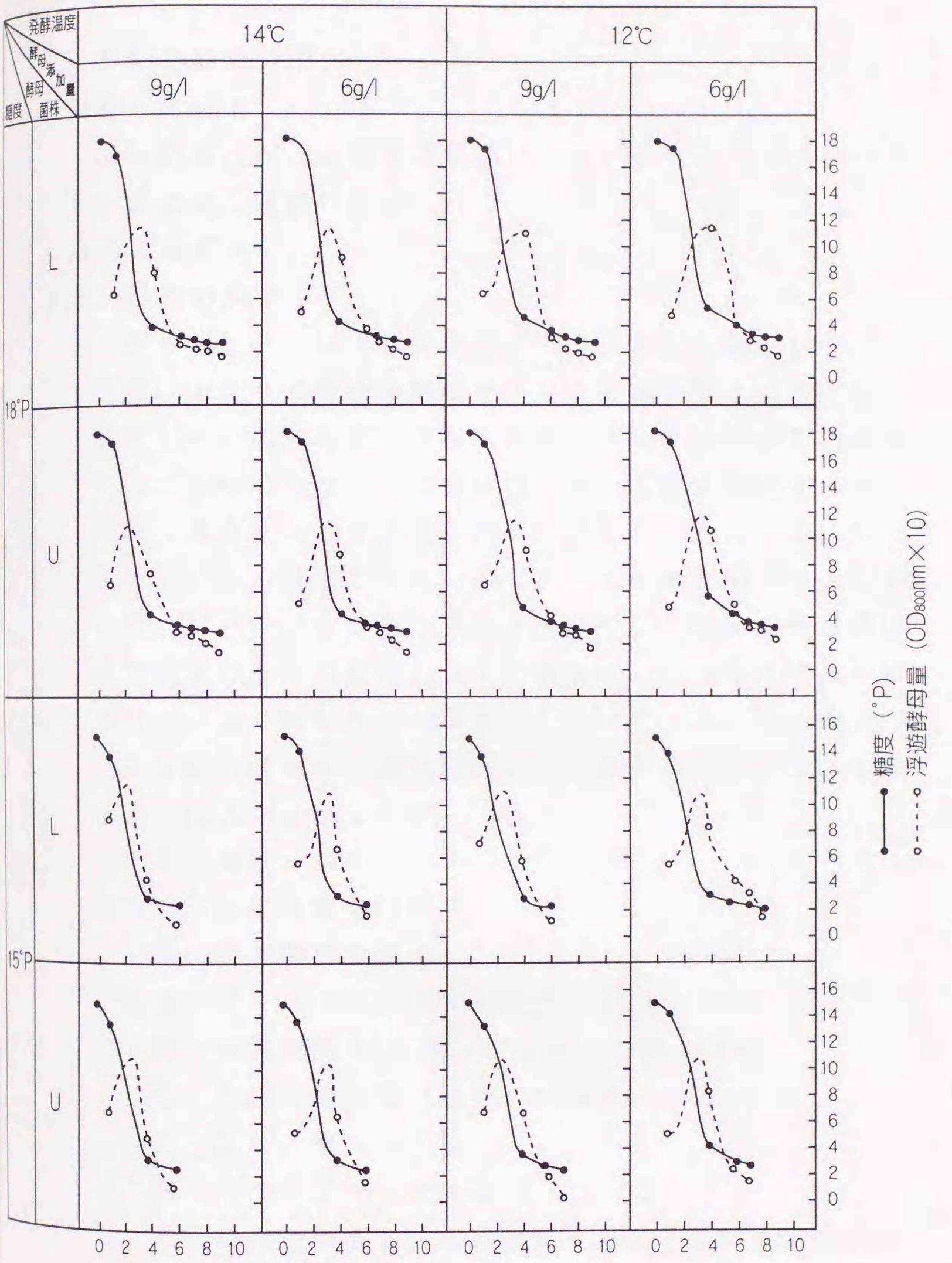
(2) 酵母菌株Ｕ

麦汁濃度	18°P				15°P			
発酵温度	14℃		12℃		14℃		12℃	
酵母添加量	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ	9g/ℓ	6g/ℓ
外観エキス(%)	2.85	2.97	2.92	3.27	2.27	2.33	2.36	2.58
真正エキス(%)	5.78	5.90	5.85	6.16	4.73	4.80	4.80	4.99
アルコール(w/w%)	6.63	6.54	6.64	6.44	5.47	5.46	5.45	5.30
外観発酵度(%)	84.1	83.4	83.7	81.8	84.9	84.5	84.3	82.8
真正発酵度(%)	67.8	67.1	67.4	65.7	68.5	68.0	68.0	66.8
アセトアルデヒド (ppm)	19.9	18.4	20.0	19.5	15.7	14.2	23.4	22.0
エチルアセテート (ppm)	49.9	60.9	37.3	39.5	29.4	31.8	32.0	25.0
ノルマルプロパノール (ppm)	19.3	19.8	16.6	13.4	18.3	18.0	16.4	13.4
イソブタノール (ppm)	28.5	29.8	19.9	18.7	22.4	21.5	22.3	21.4
イソアミルアセテート (ppm)	3.6	4.1	3.1	3.0	2.1	2.7	1.8	2.2
イソアミルアルコール (ppm)	126.3	123.8	98.7	101.2	105.6	103.5	93.7	96.3
ダイアセチル (ppm)	0.57	0.60	0.73	0.91	0.66	0.74	0.97	1.33
全窒素 (mgN/100g)	86.5	85.3	91.7	88.7	68.6	67.6	72.1	71.1
全窒素摂取量**(mgN/100g)	36.0	37.2	30.8	33.8	33.9	34.9	30.4	31.4
イソフムロンズ (mg/ℓ)	27.5	27.2	29.4	26.7	24.8	23.8	25.4	24.6
イソフムロンズ摂取量**(mg/ℓ)	14.4	14.7	12.5	15.2	9.8	10.8	9.2	10.0
酵母増殖量 (g/ℓ)	22.70	23.38	20.02	22.03	20.58	21.90	19.11	19.45
酵母増殖率*	3.52	4.90	3.22	4.67	3.29	4.65	3.12	4.24

*酵母回収量／酵母添加量
**摂取量＝主発酵前麦汁の値－主発酵終了後若ビールの値
現行副原料配合の麦汁を発酵



第5-4図. 低濃度麦汁（現行副原料配合）の発酵経過



第5-5図. 高濃度麦汁（現行副原料配合）の発酵経過

2．分割発酵法の開発

＜材料と方法＞

試験醸造方法，試験醸造数及びビールのサンプルは第４章第３節と全く同様である。

＜結果と考察＞

（１）開発の背景

ライトビールは一般に通常ビール（原麦汁濃度10～12°P程度）に比べて軽快な香味を持つことを特徴としており、通常ビールよりも低い原麦汁濃度が設定されている例が多い。ビールのカロリーは発酵度によって多少増減するが、原麦汁濃度によって決定されると考えて差支えがないのでライトビールは低アルコールビールであると同時に、低カロリービールでもある。開発すべきライトビールは香味の点で通常ビールに匹敵しうる低濃度ビール（軽快で水っぽくなく、こく味があってうまいライトビール）である。

一般に低濃度ビールを醸造する方法は先行技術として次のように大別されている。

① 原麦汁濃度６～９°P麦汁の発酵
② 糖化酵素剤の使用
③ 発酵性糖の使用
④ デキストリン資化性酵母の使用
⑤ 高濃度醸造法（High Gravity Brewing）
⑥ 副原料発酵法（Adjunct Fermentation）
⑦ クロイゼニング法
⑧ ドラウフラッセン法

これらの方法のうち、①は原麦汁濃度が低いという点を

除けば伝統的な醸造と変わらない方法で、この方法によれば通常ビールと変わらない発酵度の低濃度ビールが醸し出される。②はたとえばアミログルコシダーゼを発酵時に麦汁に添加して麦汁のデキストリンをビール酵母にとって資化可能な糖に変えながら発酵を行わせる方法である。この方法によれば通常ビールよりも高い発酵度の低濃度ビールが醸出される。

③は麦汁の発酵性糖含量比率が高くなるので、また④は通常のビール酵母によっては資化されないデキストリンも資化されるので通常ビールよりも発酵度の高い低濃度ビールが醸出される。

⑤の高濃度醸造法とは製造しようとするビールよりも高い原麦汁濃度のビールを与える麦汁を発酵させたのち、これを炭酸ガス水で希釈して所定原麦汁濃度のビールとする方法である。(2) この技術は通常ビールの製造法として主に経済性の観点からアメリカを中心とし普及しているが、アメリカの低濃度ビールの製造法は、この高濃度醸造法を利用し炭酸ガス水希釈によって6～9°Pの原麦汁濃度に相当する低濃度ビールを得る方法である。

⑥の副原料発酵法とは副原料からの糖液を酵母によって発酵させてアルコール液をつくり、これを全麦芽ビールと混合して所望原麦汁濃度に相当する濃度のビールを得る方法である。

⑦のクロイゼニング法は活力のある酵母を補給することによって後発酵を促進するためにとられる技術であり、⑧のドラウフラッセンも主発酵の促進や発酵液の均質化等を

目的とした慣用技術である。その他の慣用技術として同一工程から製造される麦汁ないしビールを均質化の目的で混合するブレンディングの手法がある。

（2）先行技術によるライトビールの評価

低濃度ビールは新種の飲料を創出すべく開発されたものではなく、通常ビールの風味を損なうことなく、軽快さを付与して低カロリービール化を図ったものである。然るにこれらの公知技術に従って試醸したライトビールは通常ビールに比べて風味が劣った。

一般に、嗜好性は複雑な要因によって支配されており、また各要因の寄与及びその総体としての嗜好性を定量的に表現することは不可能であるので官能試験によらざるを得ない。そのうえ、ある一つの要因を変化させただけで全体として嗜好性が変化してしまうことはしばしばであり、しかもある要因の変化が嗜好性全体に及ぼす影響は予測不可能である。

このような嗜好食品の嗜好性の特殊性は試醸した低濃度ビールの官能試験に際しても認められた。前述のように通常ビールの製造法に変化を加えた結果、いずれのライトビールも「こくみ」に乏しくて香味が貧弱であることが指摘され、通常ビールに比べて嗜好性の著しく劣るものであった。

①の方法は低濃度ビールを醸出するという点で最も基本的なものであるが、使用麦汁を低濃度のものとするというだけでは得られるライトビールは香味に物足りなさがあっ

て通常ビールに匹敵しうるものとはいえない。

②及び③の方法では糖化酵素や発酵性糖の使用によって発酵度が高まる結果、エタノール，高級アルコール，エステルなどの発酵香気成分の生成が促進されて、生成ライトビールの風味の増強が期待される。しかし、これらの方法によって得られるライトビールは通常ビールに比べて高発酵度であるという際立った特徴を有するものの、増強された風味によって香味の物足らなさが十分に補なわれるまでには到っていないことが認められた。更に②の場合には糖化酵素が壜詰後も通常の熱処理では失活しないのでビールの風味を変質させるといわれている。

④の方法の場合には、デキストリン資化性酵母として *Saccharomyces diastaticus* を使用して得たライトビールは通常ビール酵母によって醸出されたビールとは異なった風味を有していて、嗜好性の著しく劣るビールらしからぬ飲料となった。

⑤の高濃度醸造法は香味の点ですぐれたライトビールを与えるものと予想される。何故ならば高濃度麦汁での発酵液中に多量のエステル類を生成するので低濃度麦汁をそのまま発酵させて得たビールの有する欠点を補なえるものと期待された。しかし、15°P以上の高原麦汁濃度で麦汁を発酵させたのち、これを炭酸ガス水で所定の原麦汁濃度となるように希釈してライトビールを試醸したところ、このライトビールはエステル香味の付与が認められたが、エステル香味のみが強く感じられると指摘され、風味のバランスを失したものであった。

（３）分割発酵法

従来のライトビールに「こくみ」と「エステル香味」を付与し、「軽快」で「水っぽさ」「物足りなさ」を感じさせない香味を得るために「分割発酵法」を考案した。開発ターゲットを満たすライトビールの分割発酵法とは「14～21°Pの高濃度麦汁を低くとも14℃で発酵させて十分にエステル類が生成した時点で、別に発酵させておいた３～６°Pの低濃度麦汁発酵液で原麦汁濃度６～９°P相当にまで希釈・ブレンドしてこの混合液を更に後発酵させて熟成させる方法」（第５－６図）である。

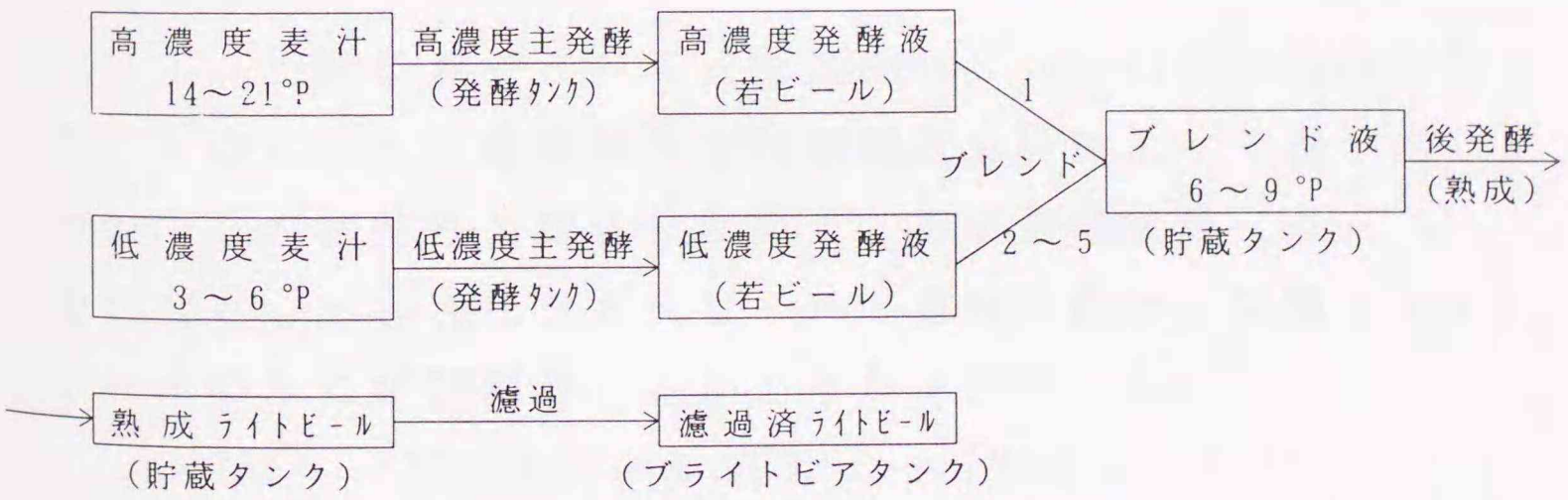
分割発酵法は高濃度麦汁を高温で発酵させるとエステル類や高級アルコール等の香味成分が多量に生成され、低濃度麦汁の発酵液とブレンドしてライトビールの原麦汁濃度（６～９°P）に合せても、最初からこの原麦汁濃度で発酵させた場合よりはるかに香味成分に富み、炭酸ガス水で希釈せず、低濃度麦汁の発酵液で希釈する形なので「こくみ」が保たれ、「水っぽさ」「物足りなさ」を感じさせないという原理に基づいている。

高濃度麦汁の原麦汁濃度が14°P未満では十分なエステル成分が生産されず、一方21°Pを越えるとエステル成分の生成が多くなりすぎて通常ビールと同じ香味を有するライトビールを得ることが困難となる。好ましい原麦汁濃度は16～20°P程度である。他方、低濃度麦汁の原麦汁濃度が３°P未満では高濃度醸造法において炭酸ガス水で希釈する場合の問題点を解決できず、一方６°Pを越えると混合すべき高濃度液の混合比率が少なくなってその豊かな風味付与効果

が減殺されるからである。従って好ましい原麦汁濃度は4～5°Pである。また、低濃度麦汁ないしその発酵液は全窒素含量が30mg／100 g以上であることが望ましい。窒素含量がこの値未満では低濃度麦汁自身の正常な発酵及び高濃度麦汁発酵液と混合後の正常な後発酵に支障を来たし易いからである。

高濃度麦汁の発酵液と低濃度麦汁の発酵液の混合比率は生成ライトビールの原麦汁濃度が6～9°Pになるように定められる。一般に高濃度麦汁発酵液：低濃度麦汁発酵液＝1：（2～5）程度とするのが普通である。

分割発酵法の特徴は高濃度麦汁発酵液と低濃度麦汁発酵液とを混合すること及びこの混合液を更に後発酵させることにあるが、原麦汁濃度14°P以上の麦汁を発酵させることによって生成ライトビールには豊かな「エステル香味」が付与されて「物足りなさ」が補なわれており、低濃度麦汁発酵液との混合及びその後の後発酵により、香味諸成分の望ましいバランスをもったライトビールが熟成される。



第5－6図　分割発酵法のフローチャート

3．試醸ライトビールの香味特徴

＜材料と方法＞

試験醸造方法，試験醸造数及びビールのサンプルは第４章第３節と全く同様である。

＜結果と考察＞

ライトビールの望ましい組成は、原麦汁濃度８°P強、真正発酵度70～75％、エタノール含量４v/v ％未満、カロリー30kcal／100 ㎖強であり、優れた香味を持つと評価されるためには、さらに次の３つの条件を満たす必要のあることがわかった。

① 全窒素含量が43mgN／100ｇを越えること。

② エチルアセテート含量が29ppm 、イソアミルアセテート含量が２ppm を越えること。

③ イソフムロンズ含量が15ppm 以下であること。

しかし、いかに優れた香味をもつライトビールであっても飲用した際に当社既存ブランドビールとの識別があいまいであっては新製品として不適当であろう。そこで試醸ライトビールと当社ラガービールが香味特性によって飲み分け判別しうるのかどうかを調査した。

まず、当社ラガービールと国産他社ビールの香味特徴を判別するのに有効な香味特性を判別関数分析によって選び出し、ついでこの諸特性を総合した第１、第２正準変量（U_1，U_2）を尺度として、当社ラガービールの香味特徴と、試醸ライトビールのそれが区別できるかどうかを判定した。

$$U_1 = -0.92X_1 + 1.19X_2 - 3.24X_3 - 3.61X_4 - 2.03X_5 + 1.62X_6 - 2.73X_7 + 1.71$$

$$U_2 = -2.61X_1 - 2.23X_2 + 0.02X_3 + 1.49X_4 + 1.70X_5 - 2.08X_6 - 0.22X_7 + 2.57$$

X_1：エステル香味，X_2：ホップの異臭味，
X_3：酸化臭味，X_4：甘味，X_5：苦味の快さ，
X_6：炭酸ガスの快さ，　X_7：こくみ

さらに、ライトビールの香味構造にとって重要であると判断した麦芽香味，エステル香味，ホップ香，苦味の快さ，こくみ，まるみ，軽快さの7つの特性値を選択して判別関数分析を行い、試醸ライトビール群，キリンラガービール群，国産他社ビール群の3群への香味判別を試みたのであるが、判別の様相は前述の2つの正準変量を用いた場合と大きく変わることはなかったので、この2つの正準変量による判別について述べる。

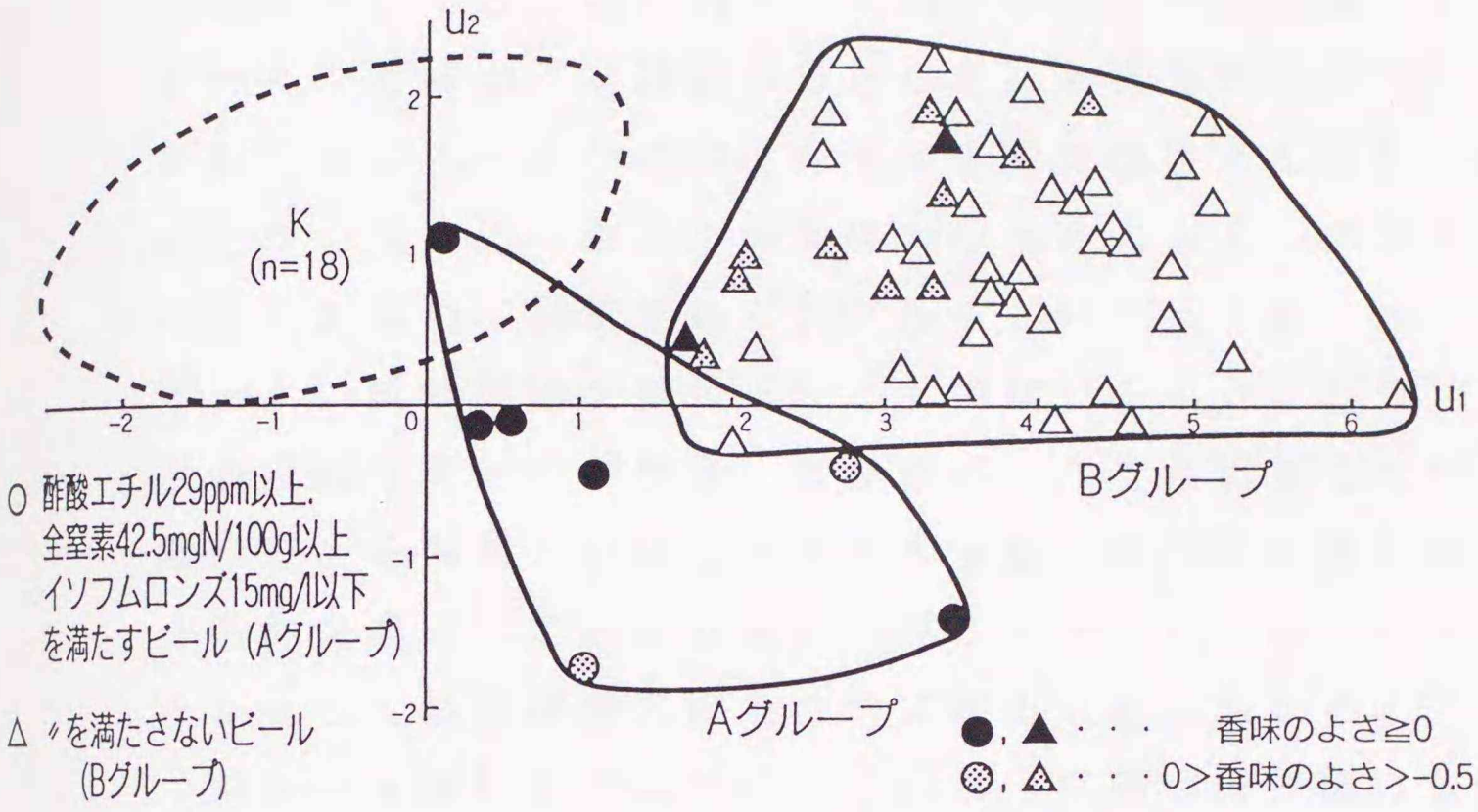
また、このような判別関数分析を行わなくても、“こくみ”及び“エステル香味”の2つの特性値を比較すれば、試醸ライトビールと当社ラガービールの香味はよく区別され、その区別の様相は、判別関数分析によった場合とほとんど同じであった。

（1）試醸ライトビールと当社ラガービールとの香味判別

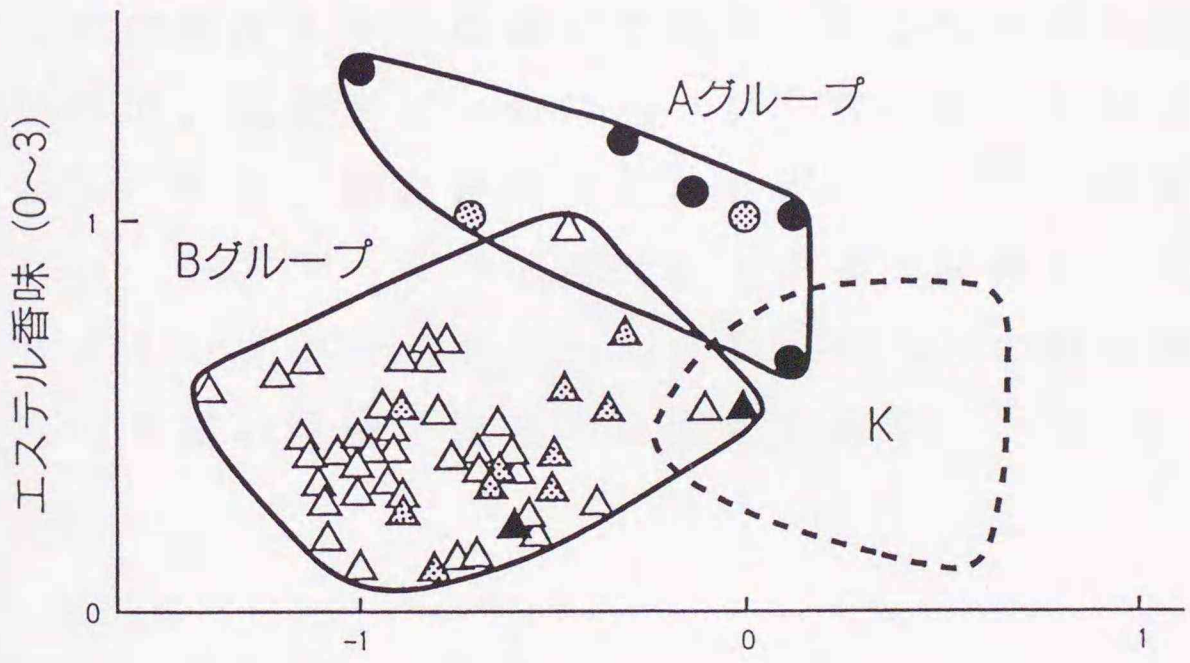
試醸ライトビールを先に述べた3つの基準値（エステル含量，全窒素含量，イソフムロンズ含量）を満たすAグループと満たさないBグループの2群にわけて、当社ラガービールとの香味判別を行った結果を第5－7図に示した。

試醸ライトビールのほとんどは当社ラガービールと香味が紛れることなく判別される。またエチルアセテート含量29ppm以上、全窒素42.5mgN／100g以上、イソフムロンズ含量15mg／ℓ以下の3条件を満たすAグループはそうでないBグループと香味特徴がちがうものとして区別され、

“香味のよさ”がＢグループより優れていることがわかる。



⊛ キリンラガービールの範囲および平均値

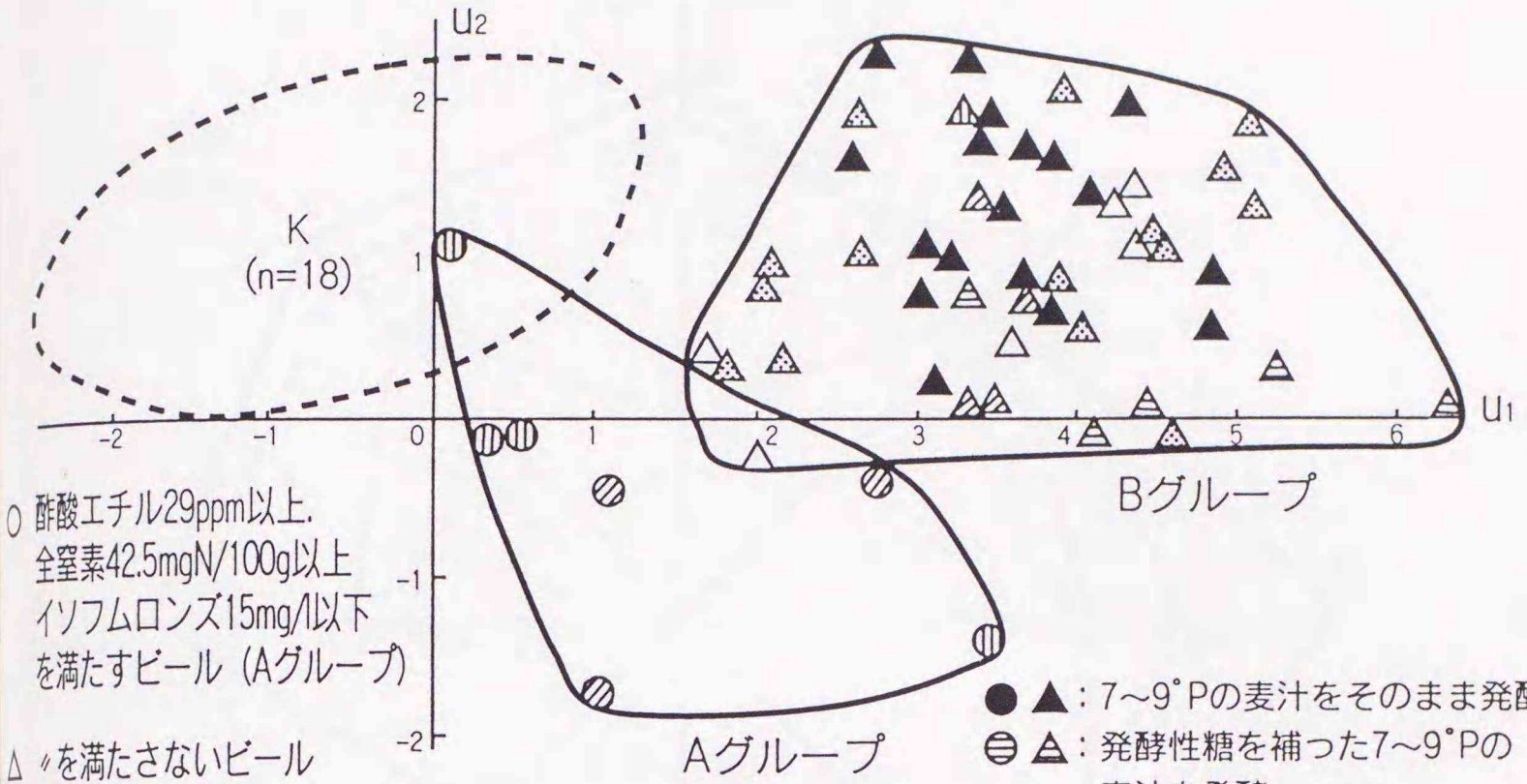


第5-7図. 試醸ライトビールとキリンラガービールの香味特徴の比較

（２）試醸ライトビールの香味特徴と醸造方法

試醸ライトビールを醸造方法によって分類し、香味特徴と対比させてみると、第５－８図に示すように試醸ライトビールの香味タイプは醸造方法ごとにある程度ちがうことがわかる。７～９°Pの麦汁をそのまま発酵させる限りにおいては、先に述べた３つの条件のうち、エステル含量を満たすのが極めて困難でありＢグループのライトビールとして、よい試飲評価を受けることも少ないのに対し、15°P以上の全麦芽麦汁を発酵後、低濃度ビールで希釈するという醸造方法を採用すれば、エステル含量，全窒素含量に対する条件を満たすことが容易となり、Ａグループのライトビールとして試飲評価の向上につながることがわかる。

第５－９図に示すように、このような高濃度発酵によって醸出されるＡグループのライトビールは当社ラガービールに比べてより“ライト”な感じ（こくみが少なくすっきりしている）を与えるビールであって“ライトビール”としての条件を十分に備えており、しかもエステル香味が強いので、低濃度ビールにありがちな“物足りなさ”が補なわれており、総合評価で当社ラガービールにも劣ることはない。一方７～９°Pの麦汁をそのまま発酵させて得られたＢグループのライトビールは物足りなさの残る特徴のないもので高い評価を得るのは困難である。

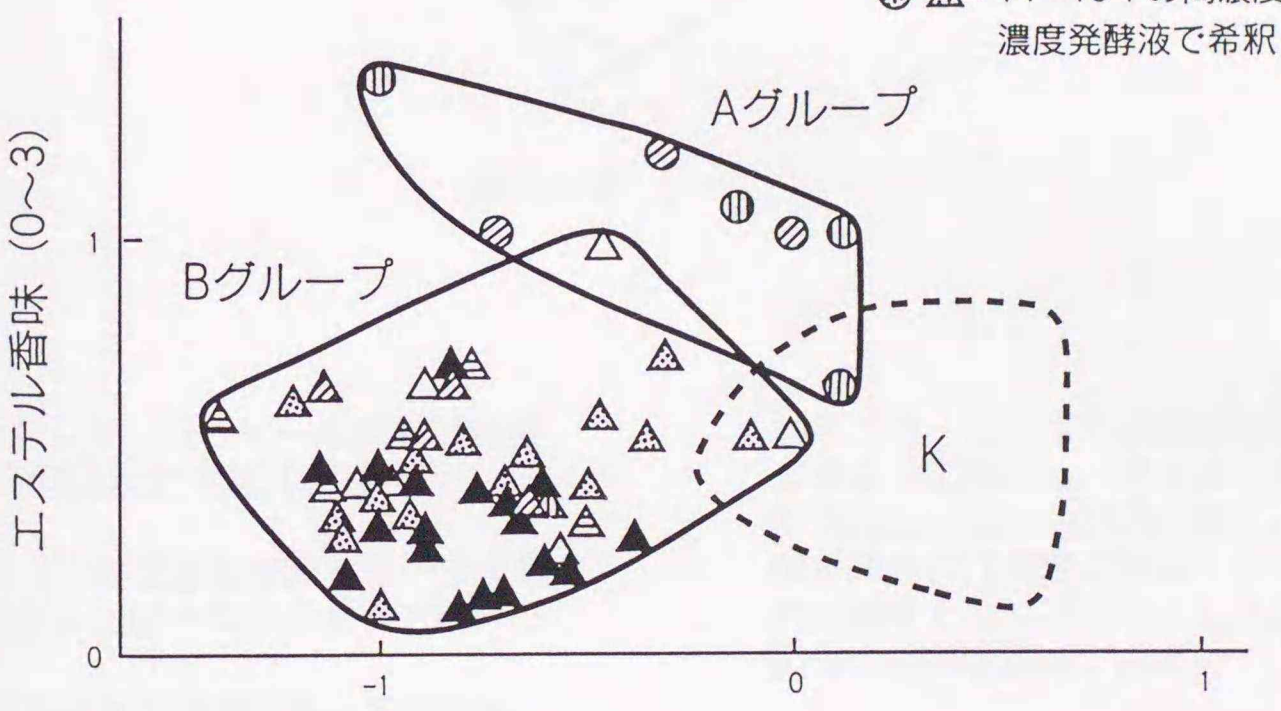


○ 酢酸エチル29ppm以上.
全窒素42.5mgN/100g以上
イソフムロンズ15mg/l以下
を満たすビール（Aグループ）

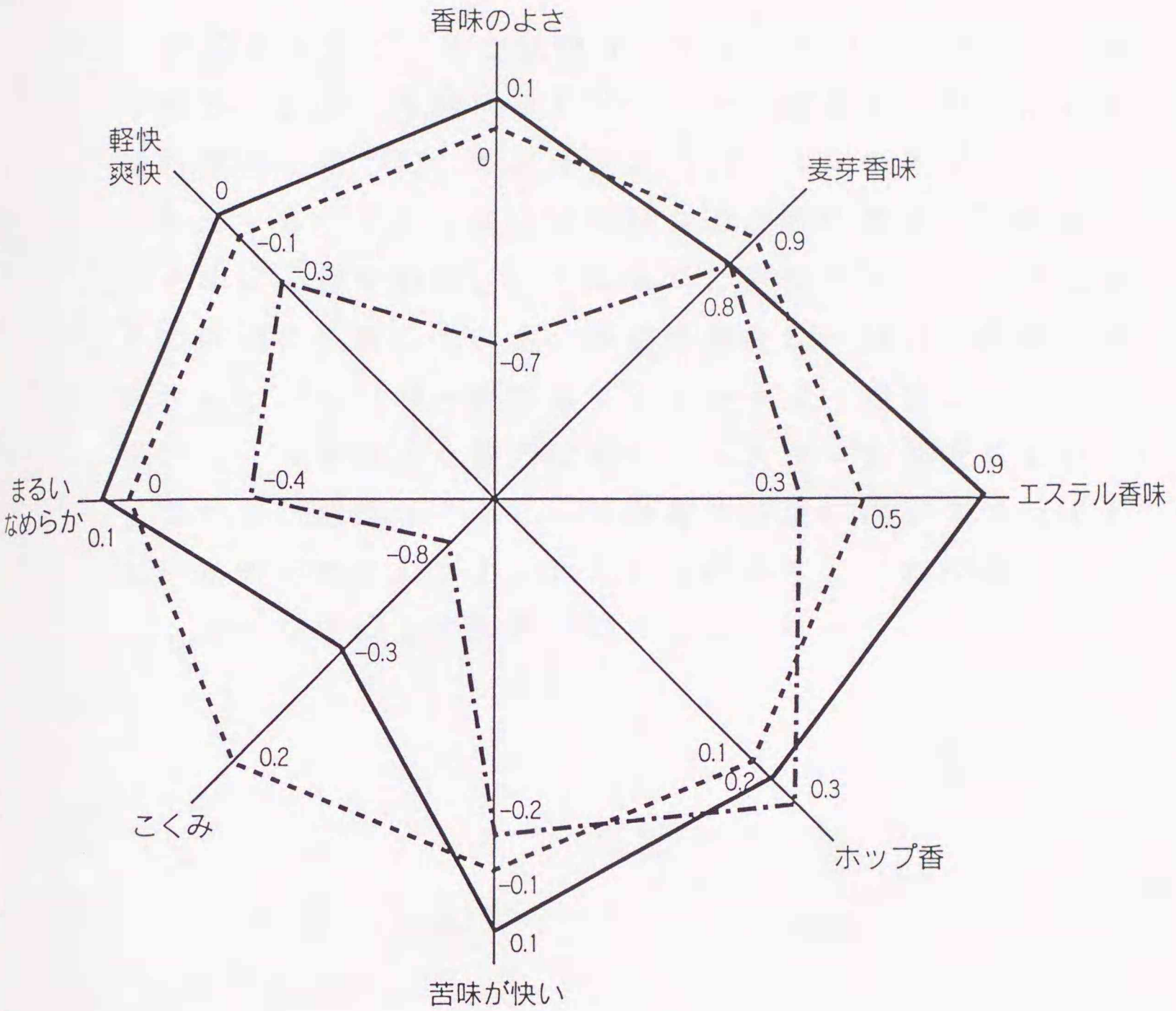
△ 〃を満たさないビール
（Bグループ）

※ キリンラガービールの範囲および平均値

●▲：7～9°Pの麦汁をそのまま発酵
⊜△：発酵性糖を補った7～9°Pの麦汁を発酵
◍◭：15°P以上の高濃度発酵後水で希釈あるいは18°P程度の高濃度発酵後，低濃度発酵液で希釈（all malt 高濃度麦汁）
◍△：〃（副原料併用高濃度麦汁）
◍△：14～16°Pの高濃度発酵後，低濃度発酵液で希釈



第5-8図. ライトビールの醸造方法と香味特徴



--- 当社レギュラービールの香味特性(昭和53.試飲実施)(n=18)

-·- 7～9°Pの低濃度麦汁をそのまま発酵させたビール(Bグループ)(n=18)

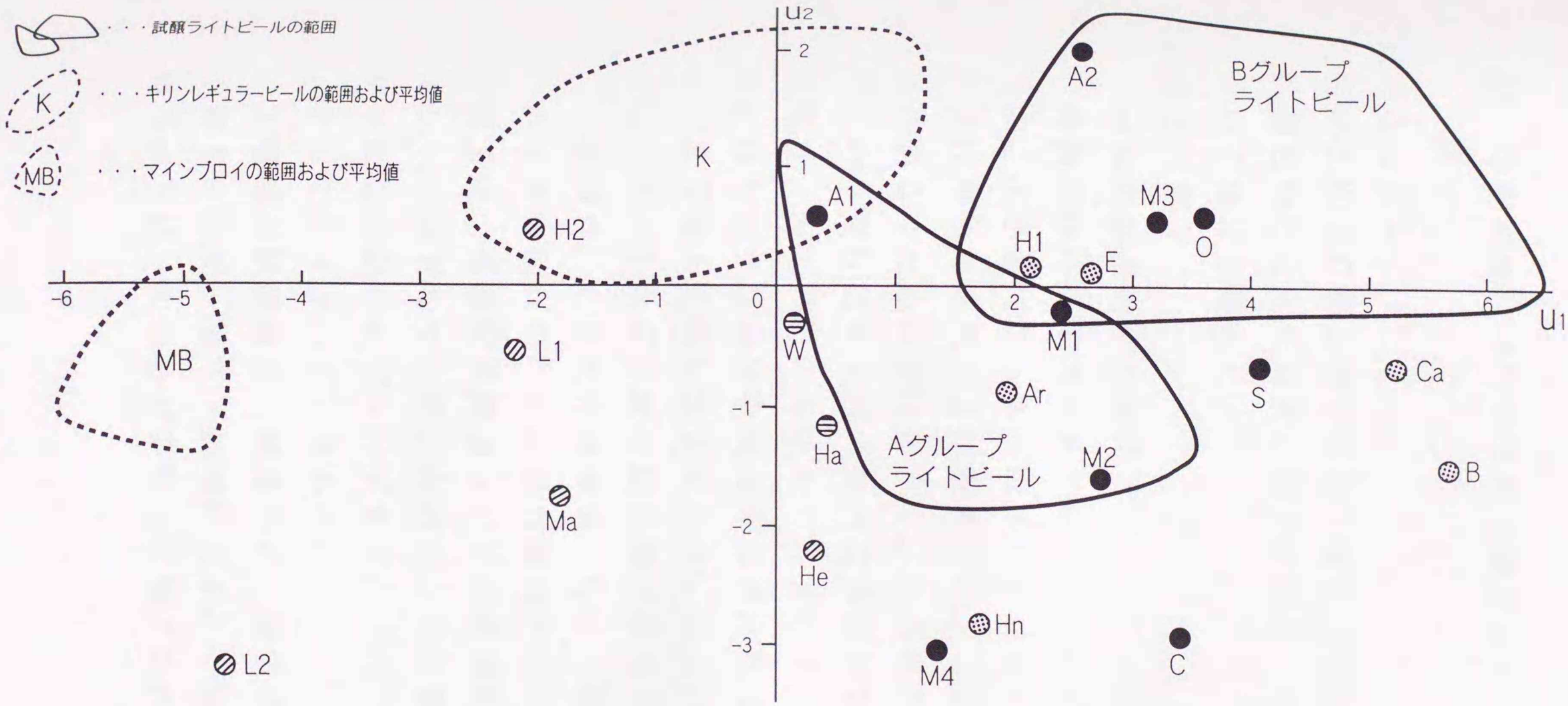
— 15°P以上の全麦芽麦汁を発酵後，水で希釈あるいは18°P程度の全麦芽麦汁を発酵後，低濃度発酵液と混合したビール(Aグループ)(n=5)

レギュラービールの試飲結果を正八角形になるように図示し，それより高い評点を得た場合には正八角形の外側に，低い評点を得た場合には内側に評点0.1の差につき5mmの距離をとってプロットし各点を結んだ。図中の数字は評点である。

第5-9図. エステル香味を賦与したライトビールの香味構造

（３）外国ライトビールと試醸ライトビールの香味特徴の比較

第５－10図に外国ライトビールと試醸ライトビールの香味特徴を比較した。原麦汁濃度 5.5～８°Pのアメリカのライトビール、ドイツ及びイギリスの原麦汁濃度８°P程度のビールは一群を形成し、その多くは試醸ライトビール及びその周辺に位置している。原麦汁濃度11～12°Pで高度に発酵させたドイツの一般的なダイエットビールはこれらのライトビールとは全く別の位置にクラスターを形成している。すなわち、試醸ライトビールの香味特徴は欧米でのライトビールのそれに似かよったところが多く、いわゆるダイエットビールとは全く別のものであるといえる。



● ・・・アメリカのライトビール

⊛ ・・・ドイツおよびイギリスのライトビールで
アメリカのライトビールの分析値に近いもの

⊘ ・・・ドイツのダイエットビール

⊖ ・・・Alkohol-freies Bierおよび
Alkohol-armes Bier

M1～4 : Millller Lite, S : Schlitz Light, C : Ccors Light, O : Olympia Gold Light
A1～2 : Anheuser-Busch Natural-Light, Hu : Hummer Leichtes Diät Bier
E : EKU Light, B : Bass Charrington Hemeling Light Lager,
Ar : Allied Breweries Arctic Lite Lager, Ca : Carlsberg Pilsner Lager (Northhampton),
H1～2 : Holsten Diät Pils, He : Henninger Diät Pils,
Ma : Maisel Diät Pils, L1～2 : Löwenbräu Diät Pils,
W : Werner Hopfen Hell Alkohol-armes, Ha : Hummer Alkohol-freies Bier

第5-10図. 外国ライトビールと試醸ライトビールの香味特徴の比較

第４節　分割発酵法の生産技術の確立とライトビール製造技術の開発

＜材料と方法＞

横浜工場と京都工場で現場試醸を47回行った。

試醸を通して生産技術，標準製造法，ビール分析値及び香味について検討を加えた。

＜結果と考察＞

１．分割発酵法の生産技術

分割発酵法を工場現場で適用するには第５－11図に示すように、仕込系列が２系列以上必要である。また麦汁濾過機出の麦汁が他の系列の麦汁煮沸釜に入るような配管を新設した。連続する２仕込の麦汁のうち、一番搾り（高濃度麦汁16～20°P）のみを片方の系列の麦汁煮沸釜に受け、二番搾り（低濃度麦汁４～５°P）のみをもう片方の系列の麦汁煮沸釜に受ける。即ち、２仕込分の麦汁を高濃度麦汁と低濃度麦汁に分割し、主発酵も分割したまま行う。ここに、“一番搾り”とは糖化の終了した醪を麦汁濾過機で濾過した清澄な麦汁をいい、“二番搾り”とは麦汁濾過機の濾層（醪の固型分＝ビール粕）中のエキス回収のため、湯で洗い出された麦汁をいう。主発酵終了後、高濃度発酵液（Ｈ）と低濃度発酵液（Ｌ）を貯蔵タンクへ酒下しする際、貯蔵タンク満量で原麦汁濃度が６～９°Pになるようにブレンドする。このブレンド比率が通常Ｈ：Ｌ＝１：（２～５）である。

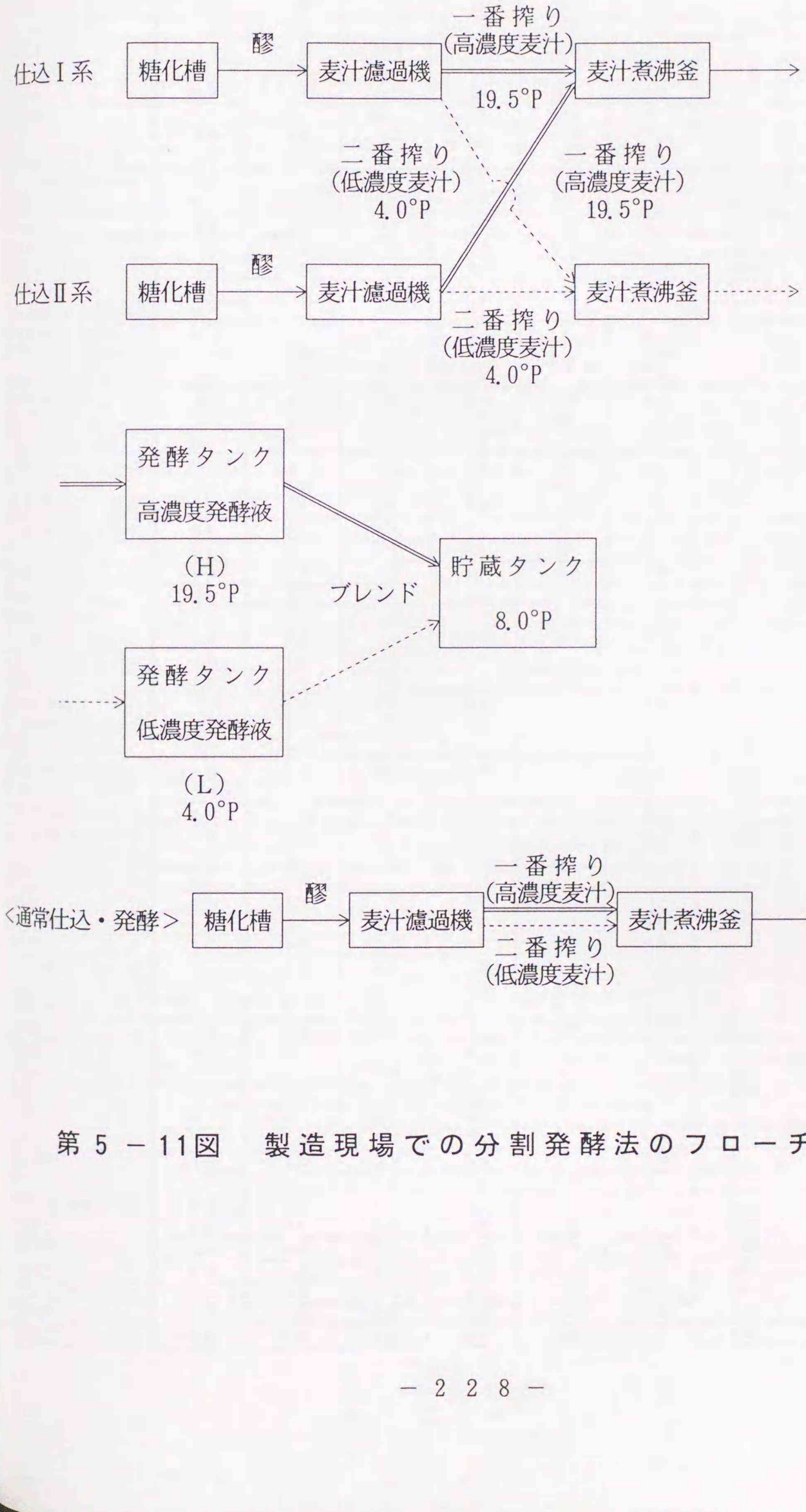
工場での試醸結果（醸造方法，化学分析値，官能評価値）を第５－８表～第５－12表に示す。これらの試醸結果より開発ライトビールの分割発酵法の醸造条件を次の通り定めた。

ライトビールの分割発酵法の醸造条件

	原麦汁濃度 (°P)	酵母添加量 (v/v %)	通　気	発酵温度
高濃度発酵	19.5	0.25	発酵前半：断続通気5回 後半：連続通気1回	10℃～15℃～7℃
低濃度発酵	4.0	0.65	断続通気5回	10℃～12℃～7℃

上記原麦汁濃度でブレンド後の原麦汁濃度を8°Pに納めるにはブレンド比率はH：L＝1：2.9となる。

<分割発酵法の仕込・発酵>



第５－11図　製造現場での分割発酵法のフローチャート

第5－8表　分割発酵法の工場での試醸結果－横浜工場－(1)－

ビール	9YA	9YB	9YC	9YD	9YE	10YA	10YB	10YC	10YD
場詰め年月日					(9H2W)			(10H2W)	(10H2W)
醸造方法	19°P：4°P＝1：2.7 発酵終了後に混合 副原料は米	19°P：4°P＝1：2.7 発酵中に混合 副原料は米	19°P：4°P＝1：2.7 発酵終了後に混合 副原料は米	19°P：4°P＝1：2.7 発酵中に混合 副原料は米	19°P：水＝1：1.38 の比率で混合 副原料は米	16°P：4°P＝1：2.25 の比率で混合 副原料は一本搗米	17°P：4°P＝1：2.25 の比率で混合 副原料はグラニュー糖	16°P：水＝1：1.08 の比率で混合 副原料は一本搗米	17°P：水＝1：1.08 の比率で混合 副原料はグラニュー糖
色度（EBC.U.）	7.9	7.9	6.8	6.6	6.7	6.1	5.3	5.4	4.3
比重	1.00521	1.00462	1.00465	1.00461	1.00480	1.00457	1.00281	1.00427	1.00157
外観エキス（%）	1.34	1.19	1.19	1.18	1.23	1.17	0.72	1.10	0.40
アルコール（w/w %）	3.17	2.90	2.95	2.87	2.89	3.11	3.14	2.77	3.13
アルコール（v/v %）	4.03	3.68	3.75	3.65	3.67	3.95	3.98	3.52	3.96
真正エキス（%）	2.78	2.58	2.58	2.53	2.52	2.63	2.19	2.36	1.86
原麦汁エキス（°P）	9.03	8.32	8.41	8.21	8.24	8.77	8.40	7.85	8.06
外観発酵度（%）	85.2	85.7	85.9	85.6	85.1	86.7	91.4	86.0	95.0
真正発酵度（%）	69.2	69.0	69.3	69.2	69.4	70.0	73.9	69.9	76.9
pH	4.28	4.32	4.39	4.41	4.65	4.26	4.14	4.23	4.06
酸度（mℓ N/10 NaOH/100g）	12.9	12.2	11.5	10.9	9.8	13.0	12.4	10.5	10.7
ホルモル態窒素（mgN/100g）	9.9	9.7	10.1	9.9	10.3	8.5	7.3	6.5	5.9
全窒素（mgN/100g）	48.7	47.3	44.6	44.0	44.0	36.2	30.7	30.3	25.2
還元糖（%）	0.62	0.59	0.54	0.56	0.58	0.56	0.47	0.49	0.39
デキストリン（%）	1.19	1.15	1.23	1.20	1.20	1.30	1.07	1.20	0.85
炭酸ガス（w/w %）	0.384	0.356	0.415	0.431	0.362	0.448	0.443	0.296	0.286
イソフムロンズ（mg/ℓ）	26.7	28.5	27.0	29.2	5.7	19.0	16.9	8.5	6.6
グラス注泡立ち（実測値mℓ）	26	19	33	34		45	34		
グラス注泡持ち（実測値秒）	71	47	69	77		91	71		
ＡＢＳ濁度（OD. 660nm）	0.401	0.349	0.323	0.292		0.239	0.216		
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.03	0.66	1.14	1.22		1.30	1.01		
ダイアセチル（ppm）	0.07	0.06	0.08	0.11	0.06	0.07	0.07	0.08	0.06
アセトアルデヒド（ppm）	1.8	1.6	1.3	1.2	2.4	1.1	1.1	3.5	3.8
エチルアセテート（ppm）	26.3	24.0	23.4	21.8	30.6	15.9	14.1	15.4	17.1
ノルマルプロパノール（ppm）	12.1	13.4	10.6	10.8	8.7	12.4	11.8	10.0	8.9
イソブタノール（ppm）	18.1	16.8	15.1	14.5	14.0	14.4	14.6	11.4	12.4
イソアミルアセテート（ppm）	2.5	2.2	2.9	2.6	3.3	2.0	1.7	1.9	2.0
イソアミルアルコール（ppm）	73.8	69.8	75.3	71.9	72.1	83.8	84.9	81.7	89.3
カロリー（kcal/100mℓ）	34.1	31.3	31.7	30.9	31.0	33.0	31.4	29.5	30.0
単糖類（G1. g/100mℓ）	0.07	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.06	0.07	0.03
二糖類（G2. g/100mℓ）	0.13	0.10	0.13	0.12	0.12	0.09	0.10	0.10	0.09
三糖類（G3. g/100mℓ）	0.19	0.14	0.18	0.17	0.16	0.15	0.13	0.15	0.10
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）	0.76	0.62	0.77	0.69	0.73	0.70	0.61	0.63	0.54
デキストリン(G10~. g/100mℓ)	1.16	1.23	1.20	1.14	1.16	1.23	1.10	1.25	0.97
全糖量（g/100mℓ）	2.31	2.15	2.32	2.18	2.23	2.21	2.00	2.20	1.73
当日濁度(EBC単位)	0.63	0.53	0.55	0.66		0.45	0.41		
50℃2週間後濁度(EBC単位)	1.10	0.76	0.67	0.77		0.61	0.53		
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	0.75	0.66				0.46	0.44		
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	1.18	0.80	1.12	1.07		0.51	0.48		
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	2.26	1.48							
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	8.89	7.03	7.26	9.75		5.39	4.56		
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	3.34	2.54				1.67	1.39		
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	5.34	4.41	5.75	7.18		2.49	2.14		
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	7.81	6.52							
麦芽香味 （0～3）	1.00	1.08	0.83	0.75	0.91	0.80	0.80	0.73	0.45
エステル臭味 （0～3）	0.50	0.75	0.83	0.67	1.45	0.30	0.50	0.45	0.73
ホップ香 （0～3）	0.33	0.25	0.25	0.17	0.27	0.20	0.10	0.18	0.36
ホップの異臭 （0～3）	0.17	0.17	0.17	0.33	0	0.10	0.10	0.09	0.09
ダイアセチル臭 （0～3）	0	0	0	0.08	0	0	0	0	0
汚染臭・カビ臭 （0～3）	0	0	0	0	0	0	0	0	0
未熟臭味・若臭味 （0～3）	0.25	0.08	0.08	0	0.09	0.30	0.30	0.09	0.09
硫化水素臭・ドブ臭 （0～3）	0	0	0	0	0	0.10	0.10	0.09	0.27
酵母臭味 （0～3）	0	0	0.08	0	0	0.10	0	0	0
酸化臭 （0～3）	0.17	0.08	0.25	0.42	0.45	0.20	0.30	0.18	0.27
日光臭 （0～3）	0	0	0.17	0.08	0	0	0	0	0
後苦味 （0～3）	0.33	0.58	0.33	0.75	0	0.20	0.10	0.09	0.09
渋味・収斂味 （0～3）	0.42	0.50	0.58	0.67	0	0.40	0.50	0.09	0.27
甘味 （0～3）	0.08	0	0.17	0.08	0.27	0	0	0.09	0.09
その他の異常な臭味 （0～3）	0.08	0.25	0	0	0	0	0	0.18	0.18
苦味が快い （-3～3）	-0.67	-0.67	-0.58	-1.08	-0.18	0	-0.30	-0.45	-0.73
炭酸ガスが快い （-3～3）	0.08	-0.08	-0.08	-0.08	0.09	0.20	0.20	-0.09	0.09
こくがある （-3～3）	-0.50	-0.58	-0.25	-0.33	-1.09	-0.90	-0.70	-1.55	-1.45
まるい・なめらか （-3～3）	-0.33	-0.58	-0.42	-0.75	-0.09	-0.50	-0.20	-0.82	-0.64
軽快・爽快 （-3～3）	-0.33	-0.50	-0.25	-0.50	-0.09	0.10	0.20	-0.09	-0.18
香味のよさ （-3～3）	-0.83	-1.08	-0.50	-0.83	-0.73	-0.40	-0.60	-1.27	-1.36

第５－９表　分割発酵法の工場での試醸結果－横浜工場－(2)－

ビール	12YA	12YB	12YC	13YA	13YB	13YC	14YB	14YD	14YH	14YJ
場詰め年月日										
醸造方法	9°P、副原料は米 培養タンク条件	12.5°P：水＝1：0.5の比率で混合 副原料は米 培養タンク条件	12.5°P：水＝1：0.5の比率で混合 副原料は米 培養タンク条件 脱気ガス水使用	9°P、副原料は米 培養タンク条件	12.5°P：水＝1：0.5の比率で混合 副原料は米 培養タンク条件	12.5°P：水＝1：0.5の比率で混合 副原料は米 培養タンク条件 脱気ガス水使用	19.5°P：4°P＝1：2.9の比率で混合 副原料は米	19.5°P：4°P＝1：2.9の比率で混合 副原料は米 ドラウフラッセン	19.5°P：4°P＝1：2.9の比率で混合 副原料は米 ドラウフラッセン	19.5°P：4°P＝1：2.9の比率で混合 副原料はグラニュー糖
色度（EBC.U.）				6.9	5.9	5.2	5.4	5.4	5.4	5.4
比重				1.00579	1.00516	1.00467	1.00517	1.00605	1.00596	1.00392
外観エキス（%）				1.49	1.32	1.20	1.32	1.55	1.53	1.01
アルコール（w/w %）				3.07	2.64	2.42	2.76	2.83	2.73	3.04
アルコール（v/v %）				3.90	3.35	3.07	3.51	3.60	3.47	3.86
真正エキス（%）				3.01	2.56	2.35	2.63	2.83	2.81	2.43
原麦汁エキス（°P）				9.06	7.80	7.17	8.10	8.42	8.21	8.44
外観発酵度（%）				83.6	83.1	83.3	83.7	81.6	81.4	88.0
真正発酵度（%）				66.8	67.2	67.2	67.5	66.4	65.8	71.2
pH				4.20	4.30	4.30	4.39	4.41	4.34	4.19
酸度（mℓ N/10 NaOH/100g）				12.4	9.8	8.9	11.2	11.4	11.3	11.4
ホルモル態窒素（mgN/100g）				9.2	7.7	7.2	11.0	12.9	10.0	9.8
全窒素（mgN/100g）				41.8	35.3	32.3	38.9	43.1	36.1	35.6
還元糖（%）				0.71	0.58	0.53	0.65	0.73	0.76	0.64
デキストリン（%）				1.44	1.23	1.18	1.25	1.30	1.28	1.06
炭酸ガス（w/w %）				0.478	0.512	0.477	0.472	0.466	0.471	0.477
イソフムロンズ（mg/ℓ）				18.2	12.5	12.2	13.9	22.0	17.5	20.4
グラス法泡立ち（実測値mℓ）				73	90	48	71	54	60	67
グラス法泡持ち（実測値秒）				155	153	98	160	120	125	150
ABS濁度（OD. 660nm）				0.367	0.336	0.323		0.358		0.345
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)								1.91		1.54
ダイアセチル（ppm）				0.13	0.12	0.11	0.08	0.07	0.07	0.05
アセトアルデヒド（ppm）				2.0	1.4	1.4	3.7	5.1	4.3	5.6
エチルアセテート（ppm）				19.7	19.5	17.3	14.1	23.7	18.8	26.5
ノルマルプロパノール（ppm）				12.0	7.7	8.9	7.7	9.8	9.5	7.2
イソブタノール（ppm）				14.5	12.4	11.3	10.2	11.9	10.5	13.1
イソアミルアセテート（ppm）				3.2	3.8	3.0	2.0	3.6	2.7	3.6
イソアミルアルコール（ppm）				65.1	54.7	51.0	54.5	61.2	53.9	61.3
カロリー（kcal/100mℓ）				34.3	29.4	26.9	30.5	31.8	31.0	31.7
単糖類（G1. g/100mℓ）										
二糖類（G2. g/100mℓ）										
三糖類（G3. g/100mℓ）										
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）										
デキストリン(G10~. g/100mℓ）										
全糖量（g/100mℓ）										
当日濁度(EBC単位)				0.41	0.36	0.42	0.46	0.47	0.50	0.39
50℃2週間後濁度(EBC単位)				0.63	0.54	0.60	0.71	0.67	0.78	0.53
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)				0.52	0.43	0.46	0.53	0.59	0.55	0.45
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)				0.63	0.55	0.60				
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)										
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)				5.17	2.85	2.77	6.36	7.12	6.80	6.03
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)				1.67	0.63	0.58	1.62	2.17	1.70	1.60
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)				2.89	1.43	1.55				
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)										
麦芽香味 （0～3）	1.00	1.00	1.10	0.78	0.67	0.67	1.17	0.83	0.83	0.91
エステル臭味 （0～3）	0.70	0.70	1.20	0.56	1.00	0.78	0.42	1.00	0.67	0.91
ホップ香 （0～3）	0.30	0.30	0.40	0.33	0.33	0.22	0.33	0.33	1.08	0.27
ホップの異臭 （0～3）	0.20	0.20	0	0	0	0	0	0	0.33	0.09
ダイアセチル臭 （0～3）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染臭・カビ臭 （0～3）	0	0	0.10	0	0	0	0.08	0.08	0	0
未熟臭味・若臭味 （0～3）	0.20	0.20	0.30	0.11	0.11	0.11	0.25	0.25	0.08	0
硫化水素臭・ドブ臭 （0～3）	0.40	0.10	0	0	0	0	0	0.08	0	0.09
酸味臭味 （0～3）	0	0	0	0	0.22	0	0	0.08	0	0.09
酸化臭 （0～3）	0	0.10	0.10	0	0	0	0.25	0.08	0.17	0.36
日光臭 （0～3）	0.60	0.10	0	0.11	0	0	0	0	0	0
渋苦味 （0～3）	0	0	0.10	0.11	0.11	0	0.25	0	0.08	0.18
刺味・収斂味 （0～3）	0.40	0.20	0.40	0.33	0.11	0.33	0.33	0.42	0.17	0.45
甘味 （0～3）	0.10	0.10	0	0	0	0	0.17	0	0	0.09
その他の異常な臭味 （0～3）	0	0	0.10	0	0.11	0.22	0	0.08	0.08	0
苦味が快い （-3～3）	-0.10	-0.10	-0.20	-0.11	0.11	-0.22	-0.17	-0.17	-0.17	-0.09
炭酸ガスが快い （-3～3）	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.11	0.08	0	0.08	0.09
こくがある （-3～3）	-0.90	-1.30	-1.50	-0.44	-0.56	-0.89	-0.83	-0.67	-0.83	-0.64
まるい・なめらか （-3～3）	-1.20	-0.60	-0.80	0.11	0.22	-0.56	-0.75	-0.25	-0.08	-0.18
爽快・爽快 （-3～3）	-0.50	0	-0.30	0.22	0.22	0	-0.17	0	0.25	0.09
香味のよさ （-3～3）	-1.40	-0.70	-1.10	-0.11	-0.11	-0.89	-0.92	-0.58	-0.25	-0.27

第５－10表　分割発酵法の工場での試醸結果－横浜工場－(3)－

ビール	15YF	15YG	16YB	16YF	16YG	16YM
場詰め年月日						
醸造方法	17°P：4°P＝1：1.9の比率で混合 17°Pの副原料は米、4°Pは all malt	17°P：4°P＝1：1.9の比率で混合 all malt麦汁	19.5°Pをガス水希釈 副原料は米	17°Pをガス水希釈 副原料はグラニュー糖	17°Pをガス水希釈 all malt麦汁	17°P：4°P＝1：2.7の比率で混合 all malt麦汁
色度（EBC.U.）	5.9	6.2	5.2	4.9	5.6	6.6
比重	1.00573	1.00531	1.00476	1.00289	1.00529	1.00512
外観エキス（%）	1.47	1.36	1.22	0.74	1.36	1.31
アルコール（w/w %）	2.68	2.62	2.42	2.97	2.74	2.67
アルコール（v/v %）	3.41	3.33	3.07	3.77	3.48	3.39
真正エキス（%）	2.76	2.63	2.37	2.16	2.64	2.57
原麦汁エキス（°P）	8.07	7.83	7.19	8.04	8.07	7.86
外観発酵度（%）	81.8	82.6	83.0	90.8	83.1	83.3
真正発酵度（%）	65.8	66.4	67.0	73.1	67.3	67.3
pH	4.40	4.48	4.32	3.97	4.26	4.41
酸度（mℓ N/10 NaOH/100g）	11.2	11.7	9.4	11.2	12.0	11.9
ホルモル態窒素（mgN/100g）	12.7	14.7	7.8	9.5	10.5	12.7
全窒素（mgN/100g）	43.5	48.4	32.2	29.7	44.9	44.9
還元糖（%）	0.71	0.70	0.56	0.49	0.63	0.65
デキストリン（%）	1.21	1.10	1.18	1.03	1.22	1.10
炭酸ガス（w/w %）	0.486	0.470	0.469	0.483	0.549	0.479
イソフムロンズ（mg/ℓ）	20.9	20.1	11.0	12.3	15.2	16.4
グラス法泡立ち（実測値mℓ）	74	67	63	73	108	66
グラス法泡持ち（実測値秒）	169	160	114	142	194	144
ＡＢＳ濁度（OD. 660nm）	0.402			0.391	0.529	
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	1.21			0.92	1.02	
ダイアセチル（ppm）	0.07	0.12	0.06	0.04	0.05	0.08
アセトアルデヒド（ppm）	6.0	3.9	1.3	1.4	1.7	2.0
エチルアセテート（ppm）	14.5	8.5	15.9	33.4	32.6	15.4
ノルマルプロパノール（ppm）	7.6	7.9	10.0	9.5	12.4	7.1
イソブタノール（ppm）	9.7	8.6	10.7	13.0	17.6	11.1
イソアミルアセテート（ppm）	1.4	0.7	2.7	7.3	6.6	2.5
イソアミルアルコール（ppm）	56.3	55.1	57.0	84.1	76.2	63.8
カロリー（kcal/100mℓ）	30.5	29.5	27.0	30.1	30.4	29.6
単糖類（G1. g/100mℓ）						
二糖類（G2. g/100mℓ）						
三糖類（G3. g/100mℓ）						
オリゴ糖（G4~9. g/100mℓ）						
デキストリン(G10~. g/100mℓ)						
全糖量（g/100mℓ）						
当日濁度(EBC単位)	0.43	0.46	0.45	0.37	0.50	0.54
50℃２週間後濁度(EBC単位)	0.58	0.61	0.65	0.40	0.53	0.81
20℃１ヶ月後濁度(EBC単位)	0.47	0.58	0.54	0.42	0.54	0.65
20℃３ヶ月後濁度(EBC単位)						
20℃６ヶ月後濁度(EBC単位)						
50℃２週間後寒冷混濁(EBC単位)	5.10	4.65	4.48	3.56	3.98	6.92
20℃１ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	0.79	0.87	0.92	0.79	0.76	1.05
20℃３ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)						
20℃６ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)						
麦芽香味 （0～3）	0.82	0.83	0.80	0.73	0.67	1.00
エステル臭味 （0～3）	0.09	0.67	1.10	1.64	1.75	1.10
ホップ香 （0～3）	0.18	1.08	0.40	0.09	0.17	0.20
ホップの異臭 （0～3）	0.09	0.33	0	0.09	0	0.10
ダイアセチル臭 （0～3）	0.27	0	0	0.09	0	0
汚染臭・カビ臭 （0～3）	0.18	0	0	0.09	0.08	0.10
未熟臭味・若臭味 （0～3）	0.55	0.08	0.20	0.18	0.25	0.40
硫化水素臭・ドブ臭 （0～3）	0.18	0	0	0.18	0.08	0.20
酵母臭味 （0～3）	0.09	0	0	0.18	0.17	0
酸化臭 （0～3）	0.27	0.17	0	0.09	0	0.40
日光臭 （0～3）	0	0	0	0.18	0	0
後苦味 （0～3）	0.18	0.08	0.10	0	0	0.20
渋味・収斂味 （0～3）	0.18	0.17	0.30	0.36	0.25	0.10
甘味 （0～3）	0	0	0.10	0	0.17	0
その他の異常な臭味 （0～3）	0.09	0.08	0.10	0	0	0
苦味が快い （-3～3）	0.09	-0.08	0.20	0	0	0.20
炭酸ガスが快い （-3～3）	0.09	0.17	0.30	0	0	0
こくがある （-3～3）	-0.91	-0.83	-1.10	-0.64	-0.75	-0.90
まるい・なめらか （-3～3）	-0.55	-0.08	-0.10	-0.09	-0.33	-0.30
軽快・爽快 （-3～3）	-0.36	0.25	0.20	0.09	0.17	0
香味のよさ （-3～3）	-0.91	-0.25	-0.30	-0.73	-0.50	-0.40

第５－11表　分割発酵法の工場での試醸結果－京都工場－(1)－

ビール	1KA	1KB	1KC	1KD	2KA	2KB	2KC	3KA	3KB	3KC	4KA
瓶詰め年月日	(1-KHW-1)	(1-KHW-2)	(1-KL-1)	(1-KL-2)							
醸造方法	18°P発酵液を水希釈 通常麦汁	18°P発酵液を水希釈 通常麦汁	all malt麦汁 8°P, 主発酵 最高温度12℃ 酵母U 0.2%	all malt麦汁 8°P, 主発酵 最高温度8℃ 酵母U 0.6%	17°P：4°P ＝1：2の 比率で混合 17°Pは通常麦汁 4°Pはall malt	17°P：4°P ＝1：2の 比率で混合 17°Pは通常麦汁 4°Pはall malt	17°P：水 ＝1：1.13の 比率で混合 通常麦汁	all malt麦汁 8°P 酵母U 0.05% ﾄﾞﾗｳﾌﾗｯｾﾝ	all malt麦汁 8°P 酵母U 0.1% ﾄﾞﾗｳﾌﾗｯｾﾝ	all malt麦汁 8°P 酵母U 0.2% ﾄﾞﾗｳﾌﾗｯｾﾝ	17°P：水 ＝1：1.13 発酵終了後に 混合、通常麦汁 ﾄﾞﾗｳﾌﾗｯｾﾝ
色度(EBC.U.)	4.8	4.9	5.5	5.5	6.3	6.2	6.2	6.6	6.6	6.7	5.5
比重	1.00409	1.00438	1.00462	1.00467	1.00421	1.00393	1.00384	1.00493	1.00473	1.00457	1.00470
外観エキス(%)	1.05	1.12	1.19	1.20	1.08	1.01	0.99	1.27	1.21	1.17	1.21
アルコール(w/w %)	2.79	2.97	2.78	2.89	3.21	2.95	3.11	3.02	2.95	2.95	3.40
アルコール(v/v %)	3.54	3.77	3.53	3.67	4.08	3.74	3.95	3.84	3.75	3.75	4.32
真正エキス(%)	2.40	2.50	2.47	2.52	2.54	2.33	2.46	2.66	2.52	2.49	2.74
原麦汁エキス(°P)	7.93	8.37	7.98	8.24	8.87	8.17	8.60	8.62	8.35	8.32	9.42
外観発酵度(%)	86.8	86.6	85.1	83.8	87.8	87.6	88.5	85.3	85.5	85.9	87.2
真正発酵度(%)	69.7	70.1	69.0	69.4	71.4	71.5	71.4	69.1	69.8	70.1	70.9
pH	4.53	4.52	4.48	4.57	4.34	4.41	4.29	4.58	4.58	4.63	4.42
酸度(ml N/10 NaOH/100g)	10.1	10.5	13.6	13.3	13.4	12.2	12.0	14.7	14.5	13.8	12.5
ホルモル態窒素(mgN/100g)	10.2	10.4	12.6	14.7	11.6	12.3	9.2	18.2	17.8	17.9	11.3
全窒素(mgN/100g)	37.4	39.2	50.6	52.9	45.2	43.6	37.0	57.4	57.5	57.1	39.1
還元糖(%)	0.54	0.54	0.56	0.57	0.57	0.52	0.57	0.63	0.61	0.60	0.64
デキストリン(%)	1.17	1.20	1.08	1.07	1.19	1.10	1.21	1.16	1.07	1.06	1.32
炭酸ガス(w/w %)	0.477	0.513	0.403	0.490	0.503	0.456	0.449	0.475	0.493	0.512	0.496
イソフムロンズ(mg/ℓ)	8.5	7.3	17.0	19.1	19.1	22.1	16.1	13.9	13.4	14.5	13.9
グラス法泡立ち(実測値mℓ)	66	64	56	63	71	58	54	87	81	84	73
グラス法泡持ち(実測値秒)	97	86	104	117	147	128	116	163	148	151	125
ABS濁度(OD. 660nm)	0.153	0.167	0.266	0.226	0.280	0.255	0.281	0.267	0.263	0.275	0.235
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)	0.61	0.48	0.96	0.75	1.39	1.26	1.74	0.97	1.12	1.09	
ダイアセチル(ppm)	0.04	0.05	0.08	0.15	0.05	0.04	0.04	0.07	0.08	0.10	0.05
アセトアルデヒド(ppm)	2.5	2.0	1.7	2.4	1.3	1.1	1.9	3.0	2.3	2.6	1.9
エチルアセテート(ppm)	32.2	27.5	13.9	13.9	21.7	18.3	23.5	21.8	24.7	20.1	53.8
ノルマルプロパノール(ppm)	3.8	4.3	7.0	3.7	9.0	6.3	7.8	6.7	7.0	6.8	8.0
イソブタノール(ppm)	6.4	7.1	10.2	7.7	11.7	10.8	9.8	6.6	7.0	6.2	12.2
イソアミルアセテート(ppm)	2.9	2.0	0.9	0.66	2.0	1.5	2.4	3.2	3.5	2.5	7.5
イソアミルアルコール(ppm)	39.0	39.9	52.4	48.4	64.4	59.5	62.8	60.0	62.1	60.9	62.0
カロリー(kcal/100mℓ)	29.8	31.5	30.0	31.0	33.4	30.7	32.3	32.5	31.4	31.3	35.5
単糖類(G1. g/100mℓ)	0.07	0.05	0.07	0.08	0.06	0.05	0.05				
二糖類(G2. g/100mℓ)	0.14	0.13	0.12	0.13	0.15	0.11	0.13				
三糖類(G3. g/100mℓ)	0.17	0.18	0.19	0.21	0.19	0.16	0.20				
オリゴ糖(G4~9. g/100mℓ)	0.76	0.78	0.67	0.72	0.74	0.67	0.77				
デキストリン(G10~. g/100mℓ)	1.15	1.23	1.11	1.16	1.29	1.18	1.18				
全糖量(g/100mℓ)	2.29	2.37	2.16	2.30	2.43	2.17	2.33				
色日濁度(EBC.f.u)	0.44	0.42	0.39	0.43	0.52	0.52	0.45	0.65	0.66	0.72	0.53
50℃2週間後濁度(EBC単位)	0.53	0.52	0.49	0.47	0.79	0.68	0.63	0.93	0.97	1.05	0.69
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	0.45	0.46	0.41	0.43	0.62	0.64	0.53				0.61
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)	0.51	0.51	0.63	0.50	0.93	0.95	0.77				
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)	0.65	0.68	0.96	0.71							
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	1.41	1.13	5.03	3.43	7.80	5.63	7.45	11.69	12.00	11.26	2.98
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	0.57	0.58	1.02	0.67	3.49	2.33	3.60				0.78
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	0.69	0.67	2.89	1.57	5.83	4.56	6.29				
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.27	1.10	4.25	3.08							
麦芽香味 (0～3)	0.71	0.71	0.27	0.55	0.90	0.90	1.00	0.79	0.71	0.71	0.70
エステル臭味 (0～3)	1.07	0.71	0.36	0.36	0.50	0.40	0.60	0.71	0.79	0.43	1.10
ホップ香 (0～3)	0.21	0.21	0.36	0.18	0.40	0.30	0.10	0.43	0.21	0.29	0.30
ホップの異臭 (0～3)	0.07	0	0.09	0.09	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0	0.10
ダイアセチル臭 (0～3)	0.07	0	0	0.73	0	0	0	0	0	0	0
不快臭・カビ臭 (0～3)	0	0	0	0.18	0	0	0	0.14	0	0	0
未熟臭味・若臭味 (0～3)	0.14	0.29	0.27	0.82	0.50	0.10	0.50	0.21	0.29	0.36	0.10
硫化水素臭・ドブ臭 (0～3)	0.07	0	0	0.27	0.10	0.20	0	0.07	0.14	0.07	0.30
酸味臭味 (0～3)	0.14	0	0	0.09	0.10	0.10	0.10	0.07	0.07	0.21	0.10
酸化臭 (0～3)	0	0	0.18	0.18	0.10	0.30	0	0	0	0.07	0.10
日光臭 (0～3)	0	0	0.09	0	0	0	0	0	0	0	0
渋苦味 (0～3)	0.14	0	0.09	0.09	0.20	0.10	0	0	0.07	0.14	0.30
刺味・収斂味 (0～3)	0.14	0.07	0.27	0.27	0.20	0.40	0.10	0.07	0	0.43	0.20
甘味 (0～3)	0.14	0.21	0	0	0	0	0	0	0.14	0.07	0
その他の異常な臭味 (0～3)	0.07	0.07	0.27	0.45	0	0	0	0	0.07	0.07	0.10
苦味が快い (-3～3)	-0.14	-0.07	-0.09	-0.45	-0.20	-0.20	-0.10	-0.21	-0.21	-0.29	-0.20
炭酸ガスが快い (-3～3)	0.07	0.21	0	0	0	-0.10	0	0	0	0.07	0.10
こくがある (-3～3)	-0.86	-0.86	-1.00	-0.91	-0.20	-0.60	-0.70	-1.07	-0.79	-0.93	-0.60
まるい・なめらか (-3～3)	-0.07	-0.14	-0.27	-0.36	-0.30	-0.80	-0.20	-0.21	-0.14	-0.29	0
爽快・爽快 (-3～3)	0.14	0.14	0	-0.36	-0.40	-0.60	-0.10	0.14	0.07	-0.07	-0.10
後味のよさ (-3～3)	-0.07	-0.07	-0.55	-1.09	-0.70	-0.90	-0.50	-0.57	-0.50	-0.71	-0.60

第５－12表　分割発酵法の工場での試醸結果－京都工場－(2)－

ビール	4KB	4KC	4KD	4KE	5KA	5KB	5KC	6KA	7KA	8KA	9KA
場詰め年月日											
醸造方法	17°P：4°P＝1：2 の比率で混合 17°Pは通常麦汁 4°Pはall malt ドラウフラッセン	17°P：水＝1：1.13 発酵終了後に混合 通常麦汁 ドラウフラッセン	17°P：4°P＝1：2 の比率で混合 17°Pは通常麦汁 4°Pはall malt ドラウフラッセン	17°P：水＝1：1.13 沪過後に混合 通常麦汁 ドラウフラッセン	19°P：水＝1：1.35 沪過後に混合 通常麦汁 ドラウフラッセン	19°P：4°P＝1：2.7 の比率で混合 17°Pは通常麦汁 4°Pはall malt ドラウフラッセン	19°P：水＝1：1.38 発酵終了後に混合 通常麦汁 ドラウフラッセン	15.5°P：4°P＝1：1.87の比率で混合、15.5°Pの副原料は米のみ、4°Pはall malt、ドラウフラッセン	17°P：水＝1：1.13 の比率で混合 副原料は米 ドラウフラッセン	19.5°P：4°P＝1：2.8 の比率で混合 副原料は米 ドラウフラッセン	19.5°P：4°P＝1：2.9 の比率で混合 副原料はグラニュー糖、ドラウフラッセン
色度（EBC.U.）	6.4	5.9	6.8	4.7	4.9	5.2	5.1	5.4	6.1	6.1	4.9
比重	1.00477	1.00458	1.00478	1.00383	1.00433	1.00464	1.00463	1.00463	1.00460	1.00453	1.00169
外観エキス（%）	1.23	1.18	1.23	0.98	1.11	1.19	1.19	1.19	1.18	1.16	0.44
アルコール（w/w %）	3.16	3.19	3.34	2.83	2.69	2.89	2.98	2.91	3.01	2.93	3.14
アルコール（v/v %）	4.01	4.05	4.24	3.59	3.42	3.67	3.78	3.70	3.82	3.72	3.98
真正エキス（%）	2.67	2.65	2.66	2.19	2.36	2.51	2.52	2.53	2.57	2.55	1.90
原麦汁エキス（°P）	8.90	8.94	9.23	7.80	7.70	8.23	8.41	8.29	8.52	8.34	8.12
外観発酵度（%）	86.2	86.8	86.7	87.5	85.6	85.5	85.9	85.6	86.2	86.1	94.6
真正発酵度（%）	70.0	70.4	71.2	72.0	69.4	69.5	70.0	69.5	69.8	69.4	76.6
pH	4.43	4.43	4.51	4.65	4.69	4.37	4.34	4.47	4.41	4.42	4.12
酸度（ml N/10 NaOH/100g）	13.2	11.6	13.1	9.0	8.6	11.8	10.9	12.1	11.4	12.2	11.3
ホルモル態窒素（mgN/100g）	13.1	10.6	14.3	9.8	10.4	11.2	9.4	12.5	8.9	11.6	8.4
全窒素（mgN/100g）	45.1	40.1	48.4	32.7	36.6	39.3	36.2	40.8	35.4	38.3	29.2
還元糖（%）	0.62	0.60	0.63	0.51	0.55	0.60	0.59	0.58	0.58	0.59	0.48
デキストリン（%）	1.23	1.27	1.22	1.12	1.18	1.19	1.27	1.20	1.24	1.22	1.24
炭酸ガス（w/w %）	0.512	0.542	0.534	0.537	0.488	0.527	0.544	0.488	0.492	0.492	0.511
イソフムロンズ（mg/ℓ）	17.3	15.3	21.7	10.1	11.3	15.9	15.0	18.2	14.8	19.1	18.1
グラス注泡立ち（実測値ml）	87	85	87	85	54	75	93	62	72	71	71
グラス注泡持ち（実測値秒）	170	158	188	117	87	149	174	113	124	137	139
ABS濁度（OD. 660nm）	0.246	0.213	0.196	0.120	0.119	0.264	0.220	0.277	0.235	0.212	0.216
硫酸シンコニン濁度(EBC単位)					0.67	1.56	0.97	0.91	1.13	0.85	1.03
ダイアセチル（ppm）	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.08	0.06	0.05	0.04
アセトアルデヒド（ppm）	2.3	1.7	2.8	3.1	2.9	1.7	2.3	1.3	0.8	1.8	2.5
エチルアセテート（ppm）	37.3	44.8	38.3	45.2	32.0	23.4	32.2	22.7	22.9	34.2	22.7
ノルマルプロパノール（ppm）	9.5	7.6	8.7	6.1	6.4	8.4	8.2	8.5	8.4	9.1	10.7
イソブタノール（ppm）	11.8	11.2	11.1	8.7	6.5	9.0	8.6	8.8	9.1	9.7	11.3
イソアミルアセテート（ppm）	4.2	5.9	3.8	3.9	3.1	2.4	2.8	2.6	2.5	3.7	2.3
イソアミルアルコール（ppm）	55.9	56.8	58.3	44.4	39.4	55.9	52.8	58.2	57.4	57.2	62.1
カロリー（kcal/100ml）	33.5	33.7	34.8	29.2	28.9	31.0	31.6	31.2	32.1	31.4	30.3
単糖類（G1. g/100ml）											
二糖類（G2. g/100ml）											
三糖類（G3. g/100ml）											
オリゴ糖（G4~9. g/100ml）											
デキストリン（G10~. g/100ml）											
全糖量（g/100ml）											
当日濁度(EBC単位)	0.55	0.58	0.52	0.42	0.37	0.49	0.58	0.42	0.55	0.40	0.33
50℃2週間後濁度(EBC単位)	0.71	0.62	0.70	0.45	0.44	0.61	0.59	0.60	0.63	0.46	0.38
20℃1ヶ月後濁度(EBC単位)	0.60	0.63	0.62	0.42	0.37	0.58	0.62	0.51	0.64	0.43	0.35
20℃3ヶ月後濁度(EBC単位)											
20℃6ヶ月後濁度(EBC単位)											
50℃2週間後寒冷混濁(EBC単位)	6.62	3.70	5.63	0.78	1.17	3.84	2.99	3.77	4.09	2.47	2.12
20℃1ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)	1.46	1.04	1.50	0.48	0.45	0.83	0.79	0.78	0.86	0.53	0.45
20℃3ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)											
20℃6ヶ月後寒冷混濁(EBC単位)											
麦芽香味 （0～3）	0.90	0.80	0.60	0.60	0.64	0.36	0.55	0.75	0.83	0.67	0.75
エステル臭味 （0～3）	0.90	1.00	0.10	0.60	1.18	0.55	0.55	0.50	0.75	0.33	0.50
ホップ香 （0～3）	0.30	0.30	0.20	0.10	0.27	0.27	0.18	0.17	0.08	0.08	0.33
ホップの異臭 （0～3）	0	0.10	0.10	0	0	0.09	0	0	0	0.08	0
ダイアセチル臭 （0～3）	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
汚染臭・カビ臭 （0～3）	0	0.10	0	0	0	0	0.18	0	0	0	0
未熟臭味・若臭味 （0～3）	0.20	0.20	0.50	0.20	0.09	0.45	0.27	0.08	0.17	0.33	0.33
硫化水素臭・ドブ臭 （0～3）	0.10	0.30	0	0	0	0.09	0.18	0.08	0	0.17	0.08
酵母臭味 （0～3）	0.10	0.10	0	0	0	0.09	0.09	0.08	0	0.08	0
酸化臭 （0～3）	0.20	0.20	0	0	0	0	0.09	0.08	0	0.08	0.08
日光臭 （0～3）	0	0	0	0	0	0.27	0	0	0.08	0	0
後苦味 （0～3）	0.20	0.10	0	0	0	0.09	0.18	0.17	0	0	0
渋味・収斂味 （0～3）	0.20	0.40	0.30	0.30	0.09	0.36	0.18	0.33	0.33	0.25	0.25
甘味 （0～3）	0	0	0	0	0.09	0.09	0	0.08	0	0	0
その他の異常な臭味 （0～3）	0	0.10	0.10	0	0	0	0	0.17	0.08	0	0.08
苦味が快い （-3～3）	-0.30	-0.30	-0.20	-0.10	0.09	-0.27	-0.27	-0.08	0	-0.17	-0.08
炭酸ガスが快い （-3～3）	0	0	0.10	-0.10	0.09	0	0	0	0	0.08	0
こくがある （-3～3）	-0.50	-0.80	-0.90	-1.30	-0.73	-0.82	-0.55	-0.58	-0.58	-0.58	-0.83
まるい・なめらか （-3～3）	-0.20	0	-0.50	-0.20	0.45	-0.09	-0.36	-0.25	0.08	-0.33	-0.25
軽快・爽快 （-3～3）	-0.20	0	0	0	0.36	0.18	0	0.17	0.17	0.08	0.25
香味のよさ （-3～3）	-0.40	-0.70	-0.40	-0.40	0	-0.64	-0.73	-0.50	-0.25	-0.50	-0.58

2．ライトビール製造技術の開発

＜材料と方法＞

第４節1.に同じ。

＜結果と考察＞

（１）“水っぽくなく”，“すっきり”していて“旨い”ビールに適した原麦汁濃度

目標ライトビールの原麦汁濃度は８°P前後が望ましい。６～７°Pでは“水っぽさ”が浮き上り、“物足りない”ビールであった。９°Pでは通常ビールとの差が小さく、アルコール含量も高すぎる。

（２）原麦汁濃度８°Pのビールに“こくみ”，“旨味”を付与する醸造方法

①　高濃度発酵時における副原料の影響

副原料の種類と対麦芽使用量により、ビールの香味は明らかに異なった。なお、この違いは低濃度発酵時より高濃度発酵時に大であった。

こく味……全麦芽＞醸造米＞コーングリッツ，コーンスターチ，グラニュー糖

全麦芽使用ビールはこくはあるが、重くて若干しつこく“すっきりさ”に欠けている。

コーングリッツ，コーンスターチ，グラニュー糖は対麦芽30％で使用すると“すっきり”しており、ライトタイプになるが“旨味”の面で劣る。

キリンビールらしさの香味……醸造米＞全麦芽＞コーングリッツ，コーンスターチ，グラニュー糖

キリンビールらしさの特徴は従来から言われているように１部は醸造米使用にあることが確認できた。

② 分割発酵法

原麦汁濃度8°P発酵のビールに比べ明らかに“こくみ”，“旨味”，“まるみ”がある。高濃度発酵液の原麦汁濃度を19.5°P、低濃度発酵液の原麦汁濃度を4°P程度にするのが適当である。

高濃度発酵液の原麦汁濃度は高いほど（15.5°P＜17.7°P＜19.5°P）“こくみ”“旨味”“まるみ”“エステル香味”が付きやすい。

希釈・ブレンド用低濃度発酵液の原麦汁濃度が低いほど、ブレンド・後発酵後のライトビールの香味は“すっきり”し、“エステル香味”も強くなるが“こくみ”は少なくなる。

高濃度発酵液を酒下し時（発酵タンクから貯蔵タンクへの移送時）に、または酒出し時（貯蔵タンクから濾過機への移送時）に炭酸ガス水で割るとエステル香味のみが強く、風味のバランスが失われたものになりやすい。

原麦汁濃度3°Pまでは発酵できることが確認できた。

③ エステル香味の付与

“エステル香味”を付与するには、発酵タンクでのドラウフラッセン（麦汁を一度に満量にせず、数回に分けて満量にする方法、その間に通気できるので発酵が促進される），高濃度発酵，酵母添加量の減少，高温発酵が有効である（第5－13表）。

ドラウフラッセンや通気増はエステル類の生成量が大幅に増加する。

発酵時の原麦汁濃度を高くするほどエステル類の生成

は多くなる。

発酵温度が高いほど、酵母添加量が少ないほどエステル類の生成量は多くなる。

高濃度発酵時のエステル類の生成量は全麦芽使用時に最も多く、グラニュー糖使用時に最も少ない。醸造米，コーンスターチ使用時はその中間である。なお発酵度はグラニュー糖使用時に最も高く、次はコーンスターチ使用時である。

第５－13表　エチルアセテート及びイソアミルアセテート生成量

			エチルアセテート(ppm)					イソアミルアセテート(ppm)				
発酵ﾀﾝｸ	ドラウフラッセン		無			有		無			有	
ﾄﾞﾗｳﾌﾗｯｾﾝ	測定値（n＝4）		18.9		<	32.1		1.8		<	4.9	
オリジナルエキスの影響	ｵﾘｼﾞﾅﾙｴｷｽ（°P）		4	6	8	15	19	4	6	8	15	19
	測定値	n＝1	4.8	< 5.3	< 5.7			trace	< 0.1	< 0.2		
		n＝5				18.4	< 24.6				2.6	< 3.6
		n＝1			7.8	< 15.5	< 17.1			0.5	< 1.4	≦ 1.3
		n＝2			12.6	< 22.7				1.7	<	2.8
		n＝1	5.6	<	5.7			trace	<	0.2		
発酵温度の影響	発酵温度（℃）		7～9		10～12		13～15	7～9		10～12		13～15
	測定値	n＝7	6.0	≦	6.3			0.29	<	0.31		
		n＝3			17.9	>	15.6			1.4	<	2.0

注：上表の作成値は、酒下時の含有量をオリジナルエキス８°Pに換算した値である。

④　ホップ香の付与

仕込工程でのホップ添加で製品ビールに明らかなホップ香を付与するためには麦芽煮沸終了５分前に総使用量の40％（約30kg）のホップを添加する必要がある。但し、ホップフレーバーの酸化の影響、ホップフレーバーの質を考慮し、今回のライトビールには付与しない。

（３）開発候補品の絞り込み

第３節の3.で述べたように、解析の対象としてきたライトビールは次の２つのグループに分類できる（第５－７図及び第５－８図）。

Ａグループ：軽快なライトビールであり強いエステル香味を特徴とし味の拡がりがあり、物足りなさをあまり感じさせない。19°P高濃度発酵液を４°P発酵液で希釈するか、あるいは15°P以上の高濃度発酵液を炭酸ガス水希釈することによって醸出される。

ライトビールにとって望ましい次のような組成上の３条件を満たすことができる。

①全窒素含量が43mgN／100ｇを越えること。

②エチルアセテート含量が 29ppm、イソアミルアセテート含量が２ppmを越えること。

③イソフムロンズ含量が 15ppm以下であること。

Ｂグループ：キリンレギュラービールの面影を残したライトビールである。ライトではあるが、香味に貧弱さを感じることがある。８°P麦汁の発酵あるいは15°P発酵液を４°P発酵液で希釈して醸出される。

組成は上記３条件のうち

②エチルアセテート含量が 29ppm、イソアミルアセテート含量が２ppmを越えるこ

と。

を満たすことが困難である。

工場での現場試醸の結果から第５－14表に示す３つのタイプ（Ｘ，Ｙ，Ｚ）のライトビールを最終候補品として選択した。

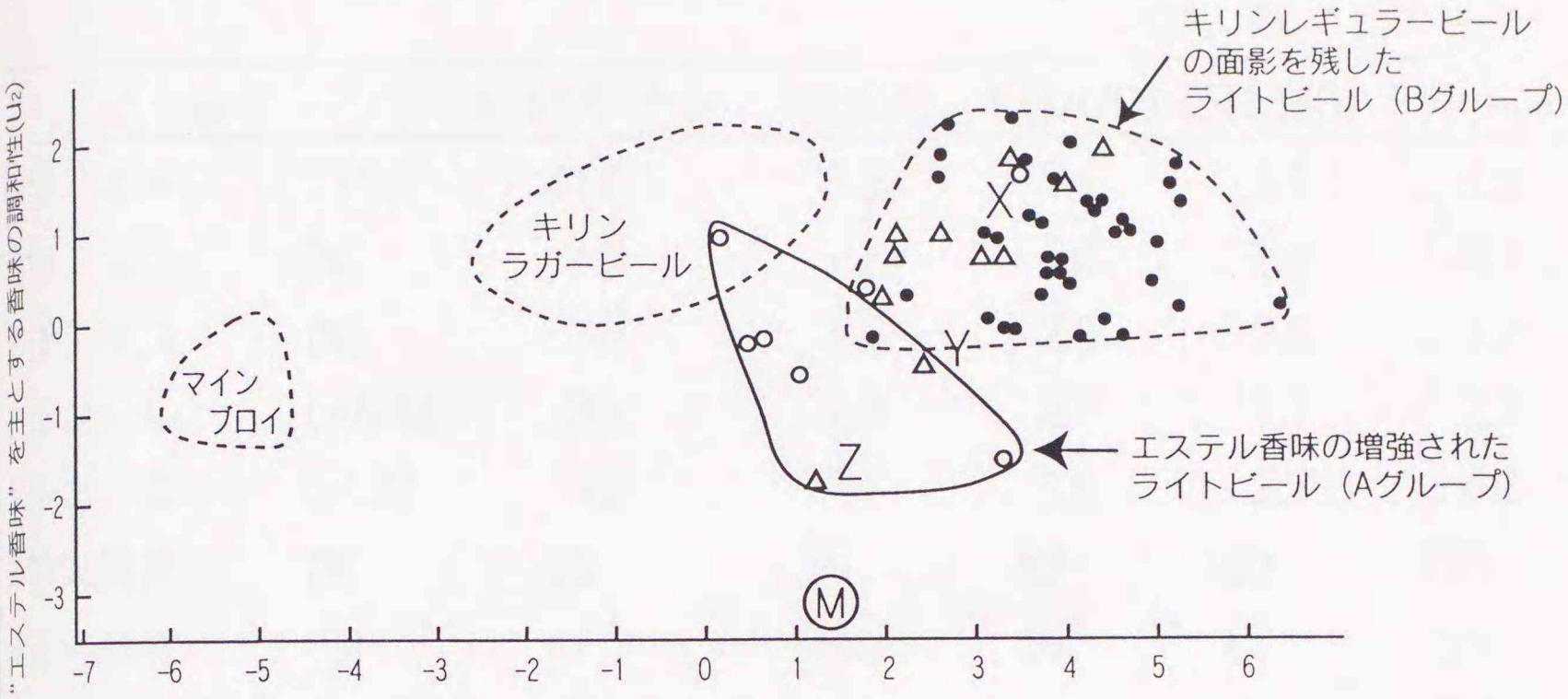
第５－14表　最終候補ライトビール

ﾀｲﾌﾟ	品質上の特徴	醸造方法	ｻﾝﾌﾟﾙ
X	キリンレギュラービールの延長線上にあるライトビールであるが、“爽快さ”“すっきりさ”にいまひとつ欠ける。	副原料に米を用いて、15°Pと４°Pの分割主発酵を行った後混合して原麦汁濃度８°Pとする。	６ＫＡ
Y	キリンレギュラービールの面影を残しつつエステルの香味の増強によりアクセントをつけたビール。	副原料は米を主体とし、19°Pと４°Pの分割主発酵を行った後混合して原麦汁濃度８°Pとする。	14ＹＤ
Z	エステル香味，軽さをさらに強調したアメリカ型のライトビールでこれまでのキリンの味とかなり異なる。	副原料を用いず17～19°Pの高濃度発酵後ガス水で希釈して原麦汁濃度８°Pとする。	16ＹＧ

候補ＸはＢグループ、候補ＺはＡグループを鮮明に代表し、候補ＹはＡ，Ｂ両グループの中間に位置する香味を持つものとして設定した。

横浜工場，京都工場で試醸されたビール６ＫＡ，14ＹＤ，14ＹＧをそれぞれＸ，Ｙ，Ｚに相当するサンプルとして選択して、社内関係者による官能評価と消費者テストを実施した結果、Ｙタイプのライトビールが最終的に選択された。第５－12図と第５－15表に候補サンプルのビール分析値と香味特徴をキリンラガービール，ミラーライトと対比して示す。

これまで横浜工場，京都工場で試醸されたライトビールのうち、Ｙタイプに属する10試料の香味特徴を第５－13図に示した。これらの10試料は“キリンラガービールの面影を残したＢグループのライトビール”と“エステル香味の賦与されたアクセントのあるＡグループのライトビール”の範囲にまたがって広く分布しており両グループの香味特徴をあわせもっていることがわかる。ただし全窒素含量が低い（40mgN／100ｇ以下）場合にはＢグループのライトビールになりやすいので、Ｙタイプビールの香味特徴を十分に確保するには、全窒素含量を40mgN／100ｇ以上に保つよう原料配合を工夫することが必要である。

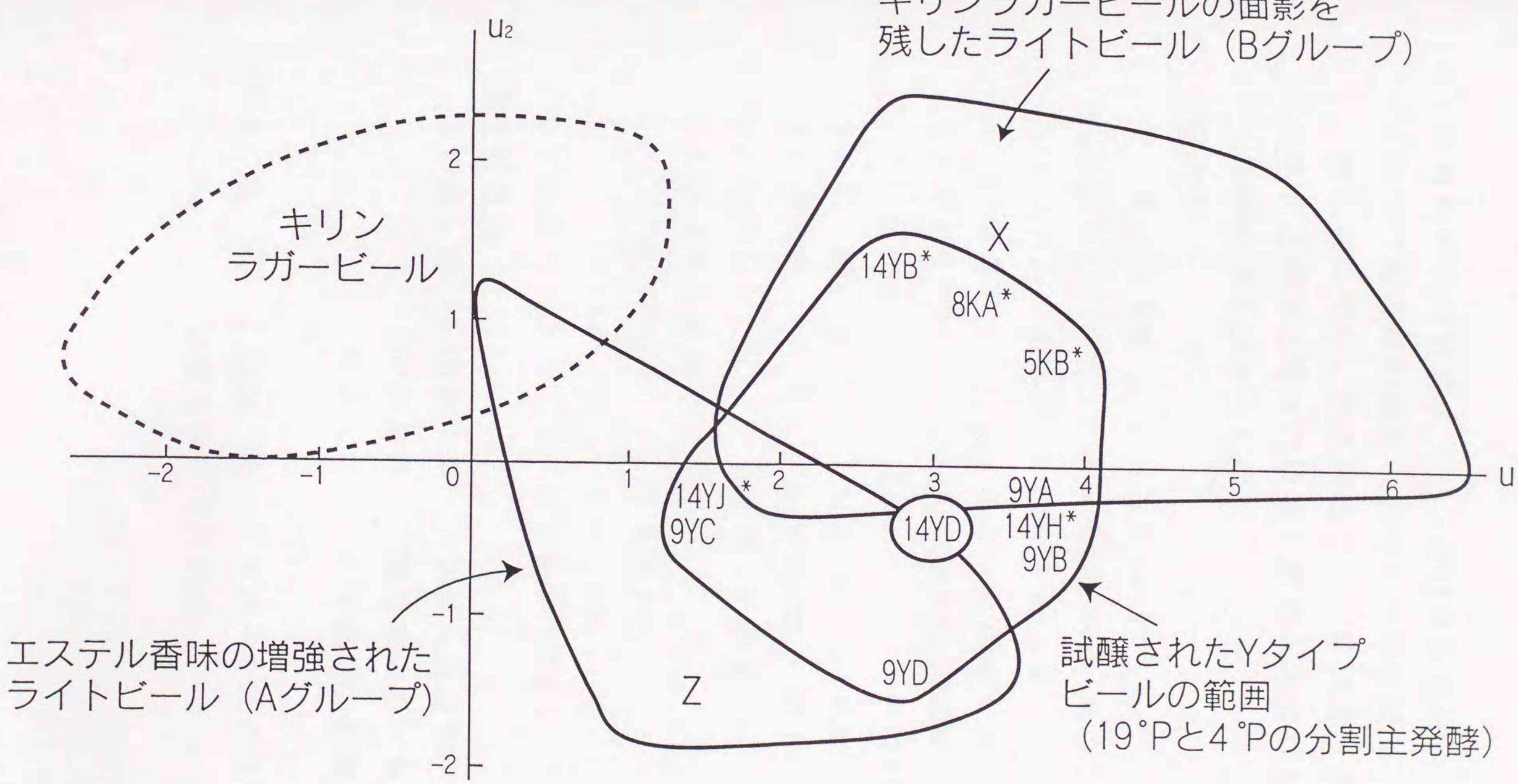


○：　香味のよさ≧0　　Ⓜ：ミラーライト
△：　0＞香味のよさ＞-0.5
●：-0.5＞香味のよさ

第5-12図. 最終候補ライトビールとキリンラガービールの香味特徴の比較

第5-15表. 最終候補ライトビールの分析値

ビール		キリンラガービール	X (6KA)	Y (14YD)	Z (16YG)	ミラーライト
原麦汁エキス	(°P)	11.0	8.3	8.4	8.1	7.8
外観エキス	(%)	1.9	1.2	1.6	1.4	−0.4
真正エキス	(%)	3.6	2.5	2.8	2.6	1.2
アルコール	(w/w%)	3.8	2.9	2.8	2.7	3.3
アルコール	(v/v%)	4.8	3.7	3.6	3.5	4.2
外観発酵度	(%)	83	86	82	83	105
真正発酵度	(%)	67	70	66	67	85
全窒素	(mgN/100g)	54	41	43	45	34
イソフムロンズ	(mg/l)	26	18	22	15	15
エチルアセテート	(ppm)	24	23	24	33	44
イソアミルアセテート	(ppm)	2.0	2.6	3.6	6.6	4.2
カロリー	(Kcal/100ml)	42	31	32	30	29



＊全窒素40mgN/100g以下

第5-13図. キリンライトビール候補の香味特徴

（４）最終候補品の品質スペックと標準製造法

工場での現場試醸結果、社内での官能評価と消費者テスト、酒税法の規定、製造現場での作業性及び消費者の嗜好に対する予測など諸々の複雑な要素も考慮して品質スペックと標準製造法を決定した。

品質仕様

１）原麦汁濃度	8.0±0.2°P
２）アルコール	3.5±0.2v/v %
３）イソフムロンズ	19± 2 mg／ℓ
４）炭酸ガス	0.50±0.02w/w %
５）カロリー	約105kcal／350mℓ（ラガービールの約30%減）
６）色　度	5.2～6.2 EBC単位
７）清澄度	0.3 EBC単位 以下
８）泡持ち	ラガーと同等
９）エステル成分	
イソアミルアセテート	２～４ppm
エチルアセテート	20～30ppm
10）全窒素含量	≧43mg／100ｇ

標準製造法

１）原　料	①麦　芽	ラガー用麦芽
	②副原料	醸造米のみ（対麦芽30%）
	③ホップ	添加時期、添加比はラガーと同一
２）仕　込	①糖　化	ラガーと同条件
	②濾過及び麦汁煮沸	

2系列の一番搾り麦汁を一方の麦汁煮沸釜に集め、一番搾りの一部と二番搾り全部を他方の麦汁煮沸釜に集め、煮沸する。ホップは高濃度若ビール、低濃度若ビールの苦味が等価（19±2 mg／ℓ）になるよう添加する。

3）発　酵　　分割発酵法の醸造条件（第5－13表及び第5－11図）

酒下糖度　高濃度：6～8°P，
低濃度：1°P以下

4）後発酵　　高低濃度1回満量

安定化剤　タンニン酸60ppm(酒下時)

後発酵温度　ラガーと同条件

5）濾過及び酒送り　　ラガーと同条件

第5節　要　約

1．前章で明らかにされた新たに開発するライトビールのもつべき望ましい香味特性の実現に必要な化学分析値（原麦汁濃度，発酵度，アルコール含量，エステル含量，窒素成分量，イソフムロンズ含量）のほかカロリー及びビールの清澄安定性と醸造方法との対応について解析した。

ビールのカロリーは発酵度が多少変動しても、原麦汁濃度によってほぼ決まることが分った。ライトビールのカロリーは通常ビール（原麦汁濃度10～12°P）と明らかに差のある原麦汁濃度に設定すべきで外国ビール及び試醸ビールの香味評価から 7.5°P以下の原麦汁濃度では優れた評価のビールがないことから、8 °Pが設定すべき原麦汁濃度の下限と考えられた。

試醸ライトビールについては発酵度とビール香味の間に明らかな相関は見られなかった。高濃度発酵をする場合は、糖度の切れが緩慢になる傾向があるので14℃程度の高温発酵を採用した方がよい。

ライトビールでは“水っぽさ”，“物足りなさ”を補うために、高エステル含量を確保することが必要である。今回試みた醸造方法のうちで望ましいエステル含量に達したのは15°P以上の高濃度発酵後、炭酸ガス水あるいは低濃度ビールで希釈するという方法のみであった。安定的に高エステル含量を維持するには、高濃度ビールは18°P程度、低濃度ビールは4 °P程度とすることが必要であることが分った。

ビールの全窒素含量は原麦汁濃度と麦芽使用比率によって左右される。そこで全窒素含量と（原麦汁濃度×麦芽使用比

率）の相関式を求め、全窒素含量≧43mg N／100gとなる麦芽使用比率と原麦汁濃度を算出した。8 °Pでは麦芽使用比率は80%程度確保すればよい。

高濃度発酵後炭酸ガス水あるいは低濃度ビールで希釈すると50℃・2週間後寒冷混濁として少なくとも2 EBC f.u.程度清澄安定性が向上することが分った。

2．従来のライトビールに「こくみ」，「エステル香味」を付与し、「軽快」で「水っぽさ」，「物足りなさ」を感じさせない香味を実現する方法として「分割発酵法」を考案した。

開発ターゲットを満たすライトビールの分割発酵法は「14～21°Pの高濃度麦汁を14℃程度で発酵させて十分にエステル類が生成した時点で別に発酵させておいた3～6 °Pの低濃度麦汁発酵液で原麦汁濃度6～9 °P相当にまで希釈・ブレンドして、この混合ビールを更に後発酵させて熟成させる方法」である。

高濃度麦汁の望ましい原麦汁濃度は16～20°Pで、低濃度麦汁のそれは4～5 °Pである。また低濃度麦汁の全窒素含量は30mg／ 100ｇ以上あることが望ましい。

分割発酵法によって試醸したライトビールの香味は当社ラガービールと比較して、判別関数分析や「こくみ」と「エステル香味」の2つの特性値だけでもよく区別された。試醸ライトビールは3つの基準値（エステル含量，全窒素含量，イソフムロンズ含量）をすべて満たすAグループとすべては満たさないBグループに分けられた。「香味のよさ」の点でAグループの方がBグループより優れていた。

3．分割発酵法を工場現場で適用するための生産技術の確立とライトビールの製造技術の開発を行った。

仕込系列が2系列以上ある工場で連続する2仕込の麦汁のうち、高濃度麦汁（一番搾り）のみと低濃度麦汁（二番搾り）のみに分割採取できるよう設備変更し、主発酵も分割したまま行なう。

工場での試醸結果よりライトビールの分割発酵法の醸造条件を定めた。

横浜工場，京都工場で試醸したビールから最終候補品として3つのタイプのライトビールを選択し、更に社内関係者による官能評価と消費者テストの結果により1つに絞り込んだ。

最終候補品の品質仕様と標準製造法を定め、現場へ技術移転した。

第6章　総　　括

要　　旨

世界各地で時代とともに多種多様なビールが誕生してきたが、醸造方法に本質的な違いはない。19世紀なかば、ビルゼン市（チェコスロバキア）で誕生したピルスナービール（原麦汁濃度10～12°P＝エキスw／w％、アルコール4～5v／v％）は世界各地で生産されるビールの主流を占める淡色ビールである。1970年代に米国で広まったライトビール（原麦汁濃度7～8°P、アルコール3～5％）は軽快な香味を特徴とする低カロリーの新しいタイプのビールである。ほかに濃色の黒ビール（原麦汁濃度12.5°P、アルコール5.5％）やスタウトビール（原麦汁濃度18°P、アルコール8％）などがある。日本のビールの製造技術はドイツから導入されたものであるので、今日でもそのベースはドイツ技術においているが、日本のビール製造技術として新たにアレンジされたものも少なくない。これまでビールの香味を定量的に表現することが難しく、化学分析技術も香味成分の極く一部を測定できるに過ぎなかった。

ビールの香味品質を設計し、実際にこれを実現しようとすればビール香味、化学分析値及び製造法の相互関係が明らかにされている必要があり、このため官能検査へ統計学的手法を適用してビールの香味特性を数量化して評価する方法を確立した。さらに高濃度ビール及びライトビールを開発するにあたり、香味品質を実現するための新規醸造法の開発ならびにビールの香味安定性を改善するための醸造条件を明らかにすることにより、新商品開発の新しい技術の開発を目的として研究を実施した。得られた結果は

次の通りである。

1．高濃度ビールの香味特性と嗜好性

（1）ビールの基本香味特性を表現する用語として国際的に最も広く使われている多数の用語から20の用語を選び、それら用語の官能特性に関する心理量を、強度と嗜好性尺度として計量化し、重回帰分析法により解析してビールの香味特性を数量化した。“香味のよさ”に対する官能特性の寄与率は97％と大きく、これら20の官能特性を評価すればビールの官能検査法を確立した。高濃度ビールの「香味のよさ」は「麦芽香味」、「エステル香味」、「こくみ」、「甘味」の4香味特徴と、その調和性の「まるみ」によって決定されていると判断され、原麦汁濃度15°Pビールの「香味のよさ」が13°P、17°Pに比べて最も優れていた。また香味安定性は原麦汁濃度が高くなるほど向上し、特に15°Pビールの香味安定性は顕著に良好であった。

（2）糖及び窒素成分の摂取と揮散性成分の生成に及ぼす麦汁濃度と発酵温度の影響

エチルアセテートの生成は摂取されたエキス量が多いほど、また窒素成分の摂取量が少なく、酵母の増殖が少ないほど多く生成する傾向が認められた。エチルアセテートの生成は発酵温度が高くなってもやや増大する程度であるが、麦汁濃度が高くなると原麦汁濃度あたりの生成の増大は顕著であった。

2．ビールの醸造条件および香味安定性

（1）醪、麦汁の酸素吸収とビールの香味安定性

醸造パイロットプラントの仕込工程において醪や麦汁に通気して酸化させると麦汁の溶在酸素量が高くなり、得られた

ビールは酸化を防いで調整した麦汁からの対照ビールに比べて、色度が濃く、ポリフェノール含量が少ない。酸化還元電位、還元力、酸素吸収能などの酸化還元指標から見て酸化状態にある。保存すると混濁安定性が悪く、強い酸化臭がついて香味安定性が著しく劣った。

（2）主発酵条件とビールの香味安定性

大型醸造パイロットプラントを用いて主発酵パラメーターを種々の組み合せで変えた場合に低温発酵の実用性を保ちながら、香味安定性の向上が図れるかにつき試験した。酸化臭指標（亜硫酸含量、イソアミルアセテート）と実用性指標（全ダイアセチル含量、発酵日数、酵母回収倍率）を設定した結果、指標を満足させる発酵条件として10℃発酵を組み合わせることにより目的とする醸造法を案出した。

3．ライトビールの香味設計技法の開発

（1）醸造パイロットプラント及び工場での醸造によるライトビールの香味品質分析

高濃度醸造ではエステルの生成が著しく促進されることが確認された。イソフムロンズ9～14mg／ℓの範囲で「苦味の快さ」の評価がよかった。原麦汁濃度が 8.5°Pを越えるとカロリーが30kcal／100mℓを越える。12オンス（355mℓ）壜で100kcal／壜未満に抑えるには28kcal／100 mℓ以下でなければならないと判断された。高濃度醸造ビールと低濃度醸造ビールのブレンドビールの香味評価は高いものが多かった。

（2）化学分析値、官能検査値を用いた数理統計解析によるライトビールの香味設計

ライトビールの「香味のよさ」に強く影響する香味特性は

通常のビールに比べて「軽快さ」、「苦味の快さ」との相関が高い。試醸ライトビールの香味特性と化学分析値との単相関をみた結果、「苦味の快さ」、「こくみ」、「まるみ」、「軽快さ」そして「香味のよさ」などの香味特性は窒素成分量（全窒素あるいはホルモル態窒素）、エステル含量、イソフムロンズ含量の3因子に強く依存していることが判明した。

開発するライトビールを“非常に軽く、すっきりしているが水っぽいアメリカンタイプのライトビール”とは、はっきり一線を画し、従来のピルスナータイプのビールに近い独自の香味特徴を有する領域に香味地図上位置付けた。

4．新しい発酵法「分割発酵法」によるライトビール製造技術の開発

（1）化学分析値と醸造方法との対応解析

ビールのカロリーは発酵度が多少変化しても、原麦汁濃度によってほぼ決まることが判明した。ライトビールのカロリーは通常ビール（原麦汁濃度10～12°P）と明らかに差のある原麦汁濃度に設定すべきで外国ビール及び試醸ビールの香味評価から 7.5°P以下の原麦汁濃度の優れた評価のビールがないことから、8 °Pが設定すべき原麦汁濃度の下限と考えられた。試醸ライトビールについては発酵度とビール香味の間に明らかな相関は見られなかった。高濃度発酵をする場合は、糖度の切れが緩慢になる傾向があるので14℃程度の高音発酵を採用した方がよい。

ライトビールでは“水っぽさ”、物足りなさ”を補うために、高エステル含量を確保することが必要である。今回試みた醸造方法のうちで望ましいエステル含量に達したのは15°P

以上の高濃度発酵後、炭酸ガス水あるいは低濃度ビールで希釈するという方法であった。安定的に高エステル含量を維持するには、高濃度ビールは18°P程度、低濃度ビールは4°P程度とするのが適当であると判断された。

（2）「分割発酵法」の考案

開発ターゲットを満たすライトビールの分割発酵法は「14～21°Pの高濃度麦汁を最低14℃で発酵させて十分にエステル類が生成した時点で別に発酵させた3～6°Pの低濃度麦汁発酵液で原麦汁濃度6～9°P相当にまで希釈・ブレンドして、この混合ビールを更に後発酵させて熟成させる方法」である。

高濃度麦汁の望ましい原麦汁濃度は16～20°Pで、低濃度麦汁のそれは4～5°Pである。また低濃度麦汁の全窒素含量は30mgN／100g以上であることが望ましいと判断された。

謝　　辞

本研究の実施と社外発表の機会を与えていただいたキリンビール株式会社に感謝致します。

また、本研究を進めるにあたり、様々な試験を通じてご指導とご助言、ご協力を賜った、キリンビール株式会社故片岡純一郎博士（元副社長）、石井照周氏（元副社長）、橋本直樹博士（元常務）、長島義明氏（現三桜貿易社長）、梅田敬蔵氏（現小岩井乳業社長）、森本圭一博士（現顧問）、北村勲平博士（現研究開発本部副本部長）、鬼頭淑芳氏（現千歳工場長）、片山悠紀博士（現横浜工場副工場長）、松沢幸一博士（現キリンヨーロッパ社長）、石橋徳雄氏（現技術開発部）、吉岡和夫博士（現ビール醸造研究所長）、宮木　茂氏（現生産技術部）、大津圭二氏（現取手工場）、井上勝訓氏（現名古屋工場）、高橋咲雄氏（現研究開発本部）、江島　正氏（現医薬事業本部）及びその他関係の諸氏に深甚の感謝の意を表します。

本研究を学位論文にまとめるにあたっては、北海道大学水谷純也名誉教授、北海道大学農学部応用生命科学科千葉誠哉教授、生物機能化学科冨田房男教授ならびに応用生命科学科田原哲士教授から、ご懇切なご指導とご教示を賜りました。厚く御礼申し上げます。

追　　記

本論文にとりまとめたライトビールの創成に関する研究に対し、日本農芸化学会より1987年度（昭和62年度）農芸化学技術賞が授与された。

参 考 文 献

参考文献は各章ごとにまとめて記載した。

文献－第１章－

（１）橋本直樹，浅野克彦，「食料工業」ビール編，藤巻正生ほか編，恒星社厚生閣 P.407(1985).

（２）朝日新聞社，「世界のビール」(1979).

（３）Meilgaard,M.C.,“Beer Flavor” Doctoral Dissertation from Technical University of Denmark(1981).

（４）佐藤信編「新版・醸造成分一覧」P.181,日本醸造協会(1977).

（５）Meilgaard,M.C.,Elizondo A.,Mackinney,A, Wallerstein, Lab.Communs.,34,95(1971).

（６）Meilgaard,M.C.,Tech.Quart.Master Brew.Assoc.Amer., 12,107,151(1975).

（７）橋本直樹，醸協誌，75,474(1980).

（８）Kowaka,M.,Kokubo,E.,J.Am.Soc.Brewing Chem.,35,16(1977).

（９）Bengtsson,K.,Helm,E.,Wallerstein Lab.Communs.,9,171 (1946).

(10) Meilgaard,M.C.,Dalgliesh,C.E.,Clapperton,J.F., J.Am. Soc.Brewing Chem.,37,47(1979):J.Inst.Brewing,85,38 (1979).

(11) Hashimoto,N.,Eshima,T.,Rep.Res.Lab.Kirin Brewery Co.,Ltd.,23,19(1980).

(12) 江島正，橋本直樹，醸協誌，78,513(1983).

(13) Pajunen, E., Makinen, V., Gisler, R., Eur. Brew. Conv. Proc. Cong., 21, 441(1987).
(14) Pajunen, E., Gronqvist, A., Lommi, H., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 26, 147(1989).
(15) Pajunen, E., Gronqvist, A., Ranta, B., Eur. Brew. Conv. Proc. Cong., 23, 361(1991).
(16) Yamauchi, Y., Kashihara, T., Murayama, H., *et al.*, Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 31, 90(1994).
(17) Yamauchi, Y., Okamoto, T., Murayama, H., *et al.*, J. Ferment. Bioeng., 78, 443(1994).
(18) Yamauchi, Y., Okamoto, T., Murayama, H., *et al.*, Appl. Biochem. Biotech., 53, 245(1995).
(19) Yamauchi, Y., Okamoto, T., Murayama, H., *et al.*, J. Biotech., 38, 109(1995).

文献－第２章－

（１）Mändl,B.,Wullinger,F.,Wagner,D.,Binder,W.,Piendl,A.,
Brauwelt,110,1262(1970).

（２）Mändl,B.,Wullinger,F.,Wagner,D.,Binder,W.,Piendl,A.,
Brauwelt,111,1502(1971).

（３）奥野忠一，久米均，芳賀敏郎，吉沢正，多変量解析法（日科
技連),259(1972).

（４）Jones,M.,Pierce,J.S.,J.Inst.Brewing,70,307(1964).

（５）Anderson,R.G.,Kirsop,B.H.,J.Inst.Brewing,80,48(1974).

（６）Ehrlich,F.,Ber,40,1027(1907).

（７）Newbauer,O.,Fromherz,Z.,Physico.Chem.,70,326(1910).

（８）Thorne,R.,J.Inst.Brewing,43,288(1977).

（９）SentheShanmuganathan,S.,Elsdeu,S.,Biochem,J.,69,210
(1958).

(10) SentheShanmuganathan,S.,Biochem,J.,74,568(1960).

(11) Nakatani,K.,*et al.*,J.Amer.Soc.Brew.Chem.Proc.,49,152
(1991).

(12) Yamada,M.,Agric.Biol.Chem.,8,95(1932).

(13) Yamada,M.,Agric.Biol.Chem.,11,24(1935).

(14) Yamada,M.,Yoshizawa,K.,Sakai,S.,Agric.Biol.Chem.,22,314
(1958).

(15) Yamada,M.,Yoshizawa,K.,Agric.Biol.Chem.24,266(1960).

(16) Yoshizawa,K.,Furukawa,T.,Tadenuma,M.,Yamada,M.,Agric.
Biol.Chem.,25,326(1961).

(17) 山田正一，設楽順一郎，米山平，菰田快，小崎道雄，吉沢淑，醸協誌20,134(1962).
(18) 山田正一，菰田快，米山平，吉沢淑，醸協誌21,422(1963).
(19) 山田正一，荒川修次，菰田快，米山平，吉沢淑，醸協誌21,425(1963).
(20) Guymon,J.F.,Ingraham,J.L.,Crowell,E,A.,Arch.Biochem Biophys.,95,103(1961).
(21) Hough,J.S.,Stevens.R.,J.Inst.Brewing,67,488(1961).
(22) Suomálainin,H.,Ronkainen,P.,J.Inst.Brewing,69,478(1963).
(23) Nordström,K.,J.Inst.Brewing,69,483(1963).
(24) Äyräpää,K.,J.Inst.Brewing,73,30(1967).
(25) Nordström,K.,J.Inst.Brewing,68,398(1962).
(26) Nordström,K.,J.Inst.Brewing,69,142(1963).
(27) Nordström,K.,J.Inst.Brewing,69,310(1963).
(28) Nordström,K.,J.Inst.Brewing,70,42(1964).
(29) Nordström,K.,Eur.Brew.Conv.Proc.Congr.,10th,Stockholm,195(1965).
(30) David,M.H.,Kirsop,B.H.,Amer.Soc.Brew.Chem.,Proc.,14(1972).
(31) Äyräpää,T.,Lindtröm,I.,Eur.Brew.Conv.,Proc.Congr.,14th,Salzburg,271(1973).
(32) David,M.H.,Kirsop,B.H.,J.Inst.Brewing,79,20(1973).
(33) Lewis,M.J.,J.Bacteriol,87,1389(1964).
(34) Owades,J.L.,Maresca,L.,Rubin,G.,Amer.Soc.Brew.Chem.,Proc.,22(1959).

(35) ビール酒造組合国際技術委員会編，BCOJビール分析法（日本醸造協会），1996
(36) 佐藤信編「新版・醸造成分一覧」P.183，日本醸造協会(1977)

文献－第３章－

（１）Van Gheluwe, J. E. A., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 4, 233(1967).

（２）Laufer, S., Amer. Brew., 69, 15(1936).

（３）鈴木繁喬，ぶんせき，644(1976).

（４）Mendlik, F., Wochenschrift für Brauerei, 51, 305(1934).

（５）Mendlik, F., *ibid*, 52, 417(1935).

（６）Drawert, F., Kewmpl, H., Sipos, S., Brauwissenschft, 30, 197 (1977).

（７）Kleber, W., Heyer, W., Brauwelt, 93, 496(1953).

（８）Williams, R. S., Murray, D. W., Quittenton, R. C., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 4, 61(1967).

（９）Gray, P. P., Stone, J., J. Inst. Brewing, 45, 253(1939).

(10) De Clerck J., Van Cauweberge, H., Wallerstein, Lab. Commun., 20, 255(1954).

(11) Hartong, B. D., Wochenschrift für Brauerei, 51, 409(1934).

(12) Chapon, L., Eur. Brew. Conv., Proc. Congr., 4th, Nice, 195(1953).

(13) Klopper, W. J., Brauwissenschaft, 9, 70(1956).

(14) Schiefarth, H., Apel, K., Braurei, Wiss. Beil., 11, 121(1958).

(15) Mühlbauer, J., Van Meduna, V., Brauwissenschaft, 12, 226 (1959).

(16) Reich, A. C., Bock, R. M., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 78(1960).

(17) Case, A. C., Tompson, E. H., J. Inst. Brewing, 67, 513(1961).

(18) Drawert, F., Krempl., H., Sipos, S., Brauwissenschaft, 30, 245 (1977).

(19) De Clerck, J., J. Inst. Brewing, 40, 407(1934).
(20) Owades, J., L., Zientara, F., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 68 (1960).
(21) Chapon, L., "Brewing Science, vol. 2". Ed. by Pollock, J. R. A., Academic Press Inc., London(1978)p407.
(22) Chapon, L., Chapon, S., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 37, 96 (1979).
(23) Michels, H., B., Hunt, J. W., Anal. Biochem., 87, 135(1978).
(24) Narziss, L., Wurzinger, D., Brauwissenschaft, 33, 11(1980).
(25) Van Laer, M. H., J. Inst. Brewing, 45, 216(1939).
(26) Lie, S., Grindem, T., Jacobsen, T., Eur. Brew. Conv., Proc. Congr., 16th, Amsterdam, 235(1977).
(27) Jerumanis, J., Brauwissenschaft, 25, 313(1972).
(28) Vancraenenbroeck, R., "Polyphenol and Anthocyanogens in Bottom Fermentation Wort" E. B. C. Wort Symposium(1974), p. 323.
(29) Narziss, L., Bellmer, H. G., Brauwissenschaft, 29, 144(1976).
(30) Chapon, L., Chemardin, M., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 244 (1964).
(31) Gray, P. P., . Stone, I., Rothchild, H., Wallerstein Lab. Commun., 2(7), 49(1939).
(32) Narziss, L., Reicheneder, E., Daams, R., Brauwelt, 119, 1009 (1979).
(33) Narziss, L., Reicheneder, E., Würzinger, D., Brauwissenschaft, 32, 309(1979).
(34) Verzele, M., Vanhoney, M., J. Inst. Brewing, 73, 451(1967).

(35) Hashimoto, N., Matuoka, M., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 11, 121(1974).
(36) Schild, E., Brauwissenschaft, 10, 270(1957).
(37) Vanhoney, M., Vandewalle, M., Verzele, M., J., Inst. Brewing, 76, 372(1970).
(38) Naziss, L., Kieninger, H., Reicheneder, E., Eur. Brew. Conv., Proc. Congr., 13th, Estoril, 197(1971).
(39) Rothchild, D. S., Stone, I., Wallerstein Lab. Commun., 1(4), 21(1938).
(40) Jenkinson, P., Compton, J., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 73 (1960).
(41) Wackerbauer, K., Tske, G., Todt, F., Graff, M., Eur. Brew. Conv., Proc., Congr., 15th, nice757(1975).
(42) Howard, G. A., Mawer, J. D. R., J. Inst. Brewing, 64, 170(1958).
(43) Bethune, J. L., Rigby, F. L., J. Inst. Brewing, 64, 170(1958).
(44) Jamieson, A. M., Chen, E. C-H., Van Gheluwe, J. E. A., Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 106(1968).
(45) Gray, P. P., Stone, I., Wallerstein Lab. Commun., 2(5), 5(1939).
(46) Chapon, L., Louis, C., Chapon, S., Eur., Brew. Conv., Proc., Congr., 13th, Estoril, 307(1971).
(47) EBC-Analytica, 3rd ed. E-64(1975).
(48) Dadic, M., Brewers, Dig., 82(4), 38(1974).
(49) Denke, U., Michael, G., Bentler, H. O., Deu. Lebesm. Rundsch., 74, 400(1978).
(50) VanGheluwe, G. E. A., Valyi, Z., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 11, 184(1974).

(51) Melis, M., Brauwelt International, 120(1993).
(52) Ilet, D. R., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 32, 213 (1995).
(53) Kimura, Y., Hashimoto, N., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 24, 140(1987).
(54) Jangaard, N. O., Gress, H. S., Coe, R. W., Pro. Amer. Soc. Brew. Chem., p46(1973)

文献－第４章－

（１）Brenner, M. W., Brauwelt, 119, 42(1979).

（２）Haim, J. D., Modern Brewery Age, 30, April 9, MS-36(1979).

（３）Miller Brewing Co., Ltd, Beverage World, 98, June, 14(1979).

（４）Brenner, M. W., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 17, 185(1980).

（５）“Miller Proposal to ATF Re Michelob Light” Brewer's Dig., 54, May, 50(1979).

（６）Jäger, P., Püspök, J., Mitteilungen der Versuchsstation für das Gärungsgewerbe in Wien, Nr. 3/4, 36(1978).

（７）Brenner, M. W., Brauwelt, 18, 42(1979).

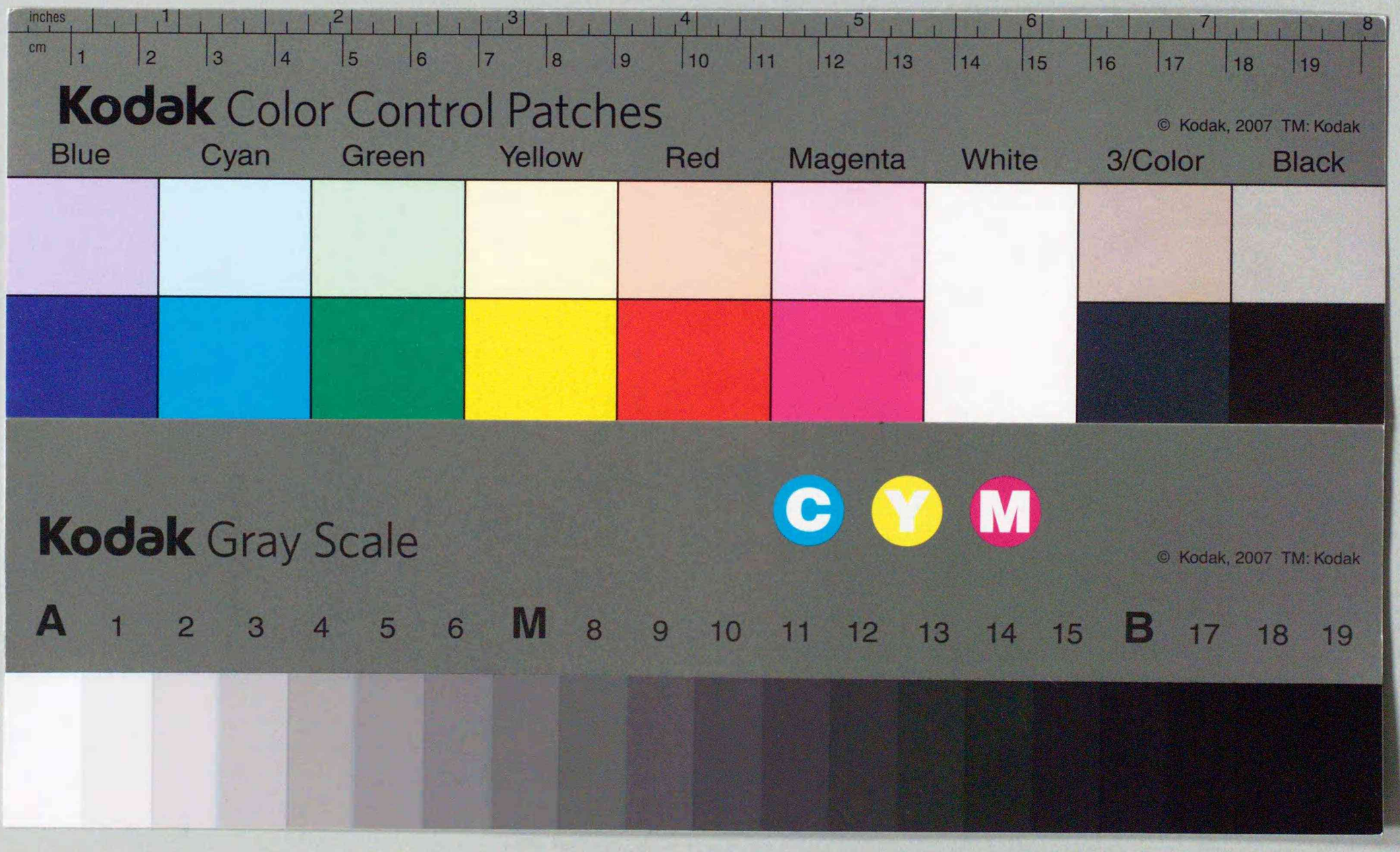
（８）江島正，橋本直樹，醸協誌，78, 513(1983).

（９）Suihko, M. L., Vilpola, A., Linko, M., J. Inst. Brewing, 99, 341 (1993).

(10) MaCraig, R., *et al.*, J. Amer. Soc. Brew. Chem., Proc., 50, 18 (1992).

文献－第５章－

（１）Sfat, M. R., Morton, B. J., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 9, 89(1972).
（２）Pfisterer, E., Stewart, G. G., Brewer's Dig., 51, 34(1976).
（３）Hackstaff, B. W., Tech. Quart. Master Brew. Ass. Amer., 15, 1 (1978).


inches
cm
Kodak Color Control Patches
© Kodak, 2007 TM: Kodak
Blue
Cyan
Green
Yellow
Red
Magenta
White
3/Color
Black
Kodak Gray Scale
C
Y
M
© Kodak, 2007 TM: Kodak
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19