ビール醸造技術の近況

成熟商品と思われたビールが、日本では新たな需要を喚起し業界の再活性化が図られている現象に対しては、このところ停滞化している先進諸国のビール業界から大きな関心が寄せられている。

今回、世界の醸造学会の中でも伝統のある EBC の第 22 回大会に参加された筆者に、本大会の講演内容をはじめ、最近の発表内容や発表国等の変遷等について詳細に報告して頂いた。ビールの世界的な流れが理解できる。

佐久間修三・井上 喬

はじめに

ビールでパストリゼーションが発明されるより 300 年以上前に、日本ではすでに同じ低温殺菌技術が清酒で使われていたことは有名な話である。ビールの醸造技術の近況の中から国内他醸造業界で参考になることもあろうかと考え報告する。

1. European Brewery Convention の大会について

European Brewery Convention (以下 EBC と略す) とは 1947 年にヨーロッパ各国のビール醸造組織が合同して組織した会であり、現在 15 カ国により形成され、2 年に 1 回各国持ちまわりで大会を開催している。また、分析法の統一や最新技術のとり入れ、共有のための分科会活動などを行っており、それらは Analytica EBC あるいはモノグラフ (第 1 表) として出版されている。

第 1 表 EBC モノグラフ一覧

I	Wort Symposium 1974
II	Barley and Malt Symposium 1975
III	Computerized Process Control Symposium 1976
IV	Noise Abatement Symposium 1977
V	Fermentation and Storage Symposium 1978
VI	Relationship between Malt and Beer 1980
VII	Flavor Symposium 1981
VIII	Brewing Economics and Technical Management 1982
IX	Biotechnology 1983
X	Quality Assurance 1984
XI	Wort Production 1985
XII	Brewer's Yeast 1986
XIII*	Hops 1987
XIV*	Water 1988
XV*	Plant Biotechnology 1989

* 未刊

なお、事務局は P.O. Box 510, 2380 BB Zoeterwoude The Netherlands (fax +31-71-410013/415077) である。世界的な醸造技術者の会は、本会の他、旧英帝国所屬各国を中心とした Institute of Brewing (以下 IOB と略す)、米州の醸造技術者の会である Master Brewers Association of Americas (以下 MBAA と略す)、同試験分析技術者の会である American Society of Brewing Chemists (以下 ASBC と略す) などがあり、それぞれ技術報告会を中心とした大会を開いている。本年の第 22 回目の EBC 大会はスイス国チューリッヒで 5 月 20 日から 25 日まで行われ、58 カ国から 930 名余の参加者があった。大会は International Congress と銘打たれており参加国数は確かに多いが、報告数は EBC 加盟国のものが圧倒的に多く、その点、MBAA や ASBC と対照を成している (第 2 表参照)。参加者の内訳は第 3 表に示す如く EC 域内からの参加者が 90% 弱を占め圧倒的に多く、域外からの参加では、米国、カナダ、オーストラリアが目立つ程度であり、日本からは現地駐在者も含めて 13 名 (事前登録者は 6 名) が出席した。全出席者のうち 22% が英国からの参加で群を抜いて多く、次いで学生を含めると 170 名の西独が第 2 位、それ以下はフランス、スペイン、ベルギーと続いている。

英国は発表報告数でも全 81 題中 27 題と 1/3 を占め

第 2 表 各醸造技術報告会の性格

	EBC	MBAA	ASBC
参加者総数	930	477	200
うち域外より	77	123	45
(域外国数)	43	20	13
発表総数	81	30	30
うち域外より	8.5	18	19
開催頻度	隔年	毎年	毎年
発表内容	醸造科学	技術	試験分析

Current Tendency of Beer Brewing Technology
Shuso SAKUMA・Takashi INOUEE (Kirin Brewery Co., Ltd.)

第3表 第22回EBC大会参加者内訳

国名	参加登録者数 (A)	発表報告数 (B)	B/A×100	1人当りのビール 消費量順位*
英国	206	27	13	⑩
西独	130	7	5	②
フランス	57	4	7	<⑩
スペイン	56	2	3	②⑩
ベルギー	53	7	13	⑤
オランダ	45	6	13	⑭
スイス	42	5	12	⑰
デンマーク	35	5	14	④
フィンランド	34	4.5	13	⑮
米国	32	2		
カナダ	18	2		
オーストラリア	13	1		
日本	6	1.5		
合計 (58 国)	870	81		

* 1987 年度統計による。

第4表 研究機関別報告数順位の変遷

	1971年	1977年	1983年	1987年	1989年
Bass 社	—	—	③	②	①
B. R. F.	①	④	②	②	②
München 工大	①	②	③	—	③
Carlsberg 社	—	—	①	①	④
Tech. Res. Centre of Finland	—	—	—	④	—
Berlin 醸造試験所	①	①	—	—	—
Guinness 社	④	②	—	—	—

— は ⑤ 位以下であることを示す。

主導権を握っていることを窺わせている。西独からの発表数は参加人数の多い割合には少なく、発表内容も総説的なものの割合が多く、醸造科学面の第1線をリードしているとはいえない状況である。参加者に対する発表者の割合という面では、ベルギー、オランダ、スイス、デンマーク、フィンランド等が英国に並んでいる。発表活動の経年変化を調べてみると(第4表)、1970年代までは、現在も報告数の多い英国の Brewing Research Foundation と並んで、ミュンヘン工科大学、ベルリン醸造試験所が首位を占めていたが、1980年代から、パス社やホイットブレッド社等の英国のビール会社や、カールスベルグ社の発表活動が盛んとなり、対照的に西独の発表活動が急減してきている。特にベルリン醸造試験所は、今回は発表が1題のみという寂しさであった。

今回の大会で発表された報告も分野別に数えてみると、第5表に示す如く、EBC大会の性格は我国の醸造学会のそれとよく似ていることがわかる。大会形式は(第6表)1981年の第18回大会までは講演のみであったが、第19回にポスター発表が新たに加わり、第20回大会からはワークショップ(シンポジウム形式)が加わり、講演は総説的なものに限られて非常に少なくなった。この形式はその後3回目の今大会でも継承されており、

第5表 EBCと醸造学会との比較

	EBC 1989 (%)	EBC 1987 (%)	昭和63年度 醸造学会 (%)
原料	17	27	11
仕込・麦汁	6	6	14*
酵母・発酵	10	20	24
製造法	12	9	22
遺伝学	10	15	8
汚染微生物	2	5	0
製品品質	11	9	11
容器包装	2	6	0
分析	16	3	11

* 発関係も含む。

第6表 EBC大会形式の変遷

	会長	Lecture	Work Shop	Poster
1979年	Clutterburg	58	—	—
1981年	Narziß	71	—	—
1983年	〃	40	—	36
1985年	Enari	8	5	65
1987年	〃	9	5+5	55
1989年	〃	12	6+6	57

第7表 EBC 1989 Lecture の演題

官能評価の神秘と現実
 酵母の育種
 麦汁煮沸の科学的考察
 EBCシンポジウム「ホップ」の報告
 EBCシンポジウム「ビール用廃水」の報告
 大麦発芽の生理
 ビール工業におけるプロセスコントロール
 発酵飲料の速醸法
 果汁飲料およびソフトドリンクの香味安定性
 大麦の総合利用法
 ビールの熟成: プロセスの最適化
 発酵のコスト低減とビール品質

セレモニー的な大会から実質的な科学者の大会に、という現 ENARI 会長(フィンランド、Technical Research Centre of Finland)の意向が強く反映されている。本来学会とは聴きに行くものではなく、参加し会って話することに意義があるものであろう。開催形式が会長の意向によって流動的に変わってきていることは、保守的と受けとれがちな醸造の分野の中で注目される現象のひとつであった。

2. 第22回 European Brewery Convention 大会での発表について

招待講演12題(第7表)は、いずれも総説的なものであった。

(1) ワークショップについて

本年のワークショップは「汙過」と「インライン工程管理を含む自動分析」の2統一テーマの下で行われた。なお、1985年は「新装置・設備とビール品質との関係」、

第8表 EBC 1989 Work shop「 β 過」での演題

ビール β 過とそれに影響する因子
醸造場における先進的 β 過プロセス
ワールブル沈澱物からのクロスフロー β 過による麦汁の回収
 β 過助材の最適化
パルスクロスフロー β 過によるビールの1段 β 過
ビール中の β -グルカンの分析値と粘性挙動

第9表 EBC 1989 Work shop「自動・オンライン分析」での演題

ブライトビールの O_2 , CO_2 , O_2 ヘイズモニター
酵母接種量制御のための最新バイオマスセンサーの応用
醸造場での工程管理と迅速微生物検査の役割
発酵中の香味成分生成モニターのための連続インライン膜センサーの使用
前発酵中の SO_2 のオンライン分析

1987年は「製麦」と「バイオテクノロジー」の各テーマの下で行われてきている。今回大会でのそれぞれの統一テーマの中で発表された報告は第8表、第9表の如くであった。「 β 過」の中の報告の多くは β 過助材を必要とせず、圧密化現象の起こりにくい cross flow filtration に関するもので、麦汁煮沸によって生じる熱凝固物（粉末ホップ粕も含む）からの麦汁の回収、発酵後の回収酵母からのビールの回収、ビールの無菌 β 過等への使用が検討されている。具体的には内径3~6mm、孔径0.2~0.4 μ mのセラミックメンブランチューブあるいはポリプロピレンメンブランチューブ中に5~6m/secで液を通すことで β 過が行われる。加圧による発熱を下げるための冷却器の組み込み、 β 過液の収量を上げるためカスケード式に β 過器を4段組み合わせたもの、 β 過ビールの組成を一定に保つために一定時間毎にバックフラッシュを行うなどの工夫が施されていた。ビールの cross flow filtration ではイソフムロン等ビール成分の低下を抑えることがポイントである。Cross flow filtration はエネルギーが必要であるが廃 β 過助材を生ぜず、麦汁あるいはビールの欠減が減少し、トータルコストとしては安くなり注目される。この他「 β 過」においては、ゲル化している β -グルカンを測定すると全 β -グルカン量とは違ってビールの β 過性との間に高い相関が現われるという報告があった。 β -グルカンについてはポスターでも2題の報告があり、 β 過性との関連が注目されている。「自動分析」においては高濃度醸造したビールをガス水で希釈して所定の濃度のビールとする際に用いるオリジナルエキスの連続モニター、麦汁に添加する酵母液中の生酵母数を測定するバイオマスセンサーなどのプロセス制御用の連続分析計ならびに発酵液中の SO_2 および香氣成分の連続自動分析計が報告された。酵母のバイオマスセンサーはラジオ波を当ててキャパシタンスを測定する装置で生酵母

のみを計量でき、適切な酵母添加の自動化が可能である。発酵液中の香氣成分はテフロンメンブランフィルターを付けたサンプリングセルを発酵槽に取り付け、フィルターを浸透した香氣成分をガスクロマトグラフに導き分析する。この他に ATP バイオルミネッセンスによる微生物の迅速検査法が紹介された。

なお、EBC 大会は英独仏語が公用語となっているが、招待講演も含めて、フランス人も英語で発表し、フランス語での発表がなかったことが話題を呼んでいた。一方、英語で質問を始め、途中から独語に切りかえる人もいたりして興味深かった。

(2) ポスター発表

つぎにポスター発表について報告する。

大麦の休眠に関しては、収穫した大麦を加熱乾燥し、熱いままサイロに移すと約1週間で休眠が打破され、均質な発芽が得られることが紹介された。ニューマチック製麦ではフロー製麦に比べ発芽温度が低いため β -グルカンの分解が遅れ、麦芽の β -グルカンが高くなるが、発芽温度を上げるとフロー製麦同様 β -グルカンの少ない麦芽が製麦できるとの報告があった。大麦品種の選抜では胚から胚乳への水の移動の速い大麦、また発芽中にホルディンの分解し易い大麦がビール大麦として適していることが示された。外国では品種により大麦の価格が異なるため麦芽メーカーにとって大麦品種の判定は重要である。従来大麦の品種判定はホルディンの電気泳動パターンにより行われてきたが、新たに DNA を用いた方法が紹介された。DNA は発芽中に分解されず、麦芽の品種判定には有効かと思われる。

ホップをアルカリ塩と混ぜてエクストルージョン処理すると異性化ホップとなる。エクストルージョン処理によってはホップ精油に変化はなく、これを用いた試験結果では得られるビールに香味の変化はなく、苦味利用率は50%向上した。

仕込みにおいて水の割合を減らすと麦汁中の糖濃度が上がり、でんぷんのゼラチン化ならびに酵素の働きが阻害される。この辺りがビールの高濃度醸造の制限となるものと見られる。また仕込みにおいて β -グルカネース、ペントザネースを酵素剤として添加し、麦汁、ビールの β 過性を改善した報告が見られた。

ビール中の SO_2 は酸化臭を抑える面から注目されている。麦汁の組成と SO_2 生成量との関連を調べた報告では脂質およびメチオニンは SO_2 の生成を抑制し、グルコースは促進することが示された。麦汁組成により SO_2 生成量を制御できる可能性があり注目される。 SO_2 に関しては分析を含めると4題の報告があり関心の高さが窺えた。

酵母の凝集性に関しては Ca^{2+} , Mg^{2+} の酵母凝集への作用を考察したものと、電子顕微鏡と osmotic dipped cell を用いて酵母のゼータポテンシャルを測定した報告とが見られた。

ビールのエステル香は酵母のアセチルトランスフェラーゼの働きで生成されるが、アセチルトランスフェラーゼの細胞内分布とエステル生成についての研究では細胞質のアセチルトランスフェラーゼとエステル生成との関連が示された。

ビールの起泡性タンパクに関する研究では 40 KD に起泡性タンパクが存在するとのサッポロビール社の横井氏らの報告と、アフィニティークラムで 40 KD のタンパクを除去してもビールの起泡性は大きくは損われないとの報告が見られた。また不適切な発酵により酵母が自己消化し、プロテアーゼが溶出するとビールの泡が損われるとの報告があった。

ビールの混濁に関しては、麦芽のパーオキシダーゼが仕込中におけるポリフェノールの酸化に重要な働きをしており、ビールの色および混濁の生成に影響していることが示された。混濁タンパクについてはプロアントシアニジンフリーの大麦より混濁タンパクに富むビールを造り、ポリフェノールとの結合性を調べた報告があった。また機械的衝撃による混濁の生成をビールの安定性の予知に応用した例が見られた。

ビール香気成分の分析では、バージアンドトラップ後 GC-MS でアルデヒドを定量した報告、Sep Pak C_{18} で抽出後 GC-MS でフェノール類を定量した報告など、簡便な前処理の後、微量な香気成分を GC-MS で定量する方向が示されていた。

エレクトロニクスの利用としては、ビール成分と泡との関連の解析にエキスパートシステムの利用を試みた例、蛍光染色したマイクロコロニーをイメージプロセッサを用いて計数した例、ビール酵母の DNA 断片の電気泳動図を CCD カメラとイメージプロセッサを用いてデータベース化した例などが見られた。

ニューバイオの分野では固定化と遺伝子操作についての報告が見られた。

バイオリクターによる前発酵ではビールの香味バランスのためには酵母の main growth phase が必要として plug flow カラムとする工夫、またアミノ酸の取り込みを良くするために流動床リアクターを検討した報告が見られた。バイオリクターによる後発酵では前発酵を終ったビールを一旦加熱後再び冷却し、固定化酵母槽を通してダイアセチルを減少させる方式がパイロットプラント規模で実施されていた。この他に、凍結融解により膜透過性を変化させた *Lactobacillus casei* を固定化した

バイオリクターによりダイアセチルの前駆体を消失させた例、およびグルコースおよびグルコースオキシダーゼを固定化した王冠栓によりビール壺内の酸素を除去した報告が見られた。

遺伝子操作においてはダイアセチルを作らない ALDC 酵母のパイロットプラントでの試験が行われ、後発酵期間 0 で香味に優れたビールの醸造が可能とされていた。本研究はキリンビール社とフィンランド国立技術研究センターのバイオテクニカル研究所との共同によるものであった。また遺伝子導入した酵母の社会的認容を考慮し、*Saccharomyces diastaticus* の遺伝子を用いてデキストリン分解性ビール酵母を育種した報告があった。この酵母には酵母以外の遺伝子は含まれておらず、安全性が高いと主張していた。

ポスター発表にはアピールをねらっているいろいろの工夫がされており興味深かった。例えば、一般報文での順序とはちがって、緒言のすぐ後に結論を書いてあるものがあったが、要点を頭に入れ易く感心させられた。コピーの配布、コピー請求ボックスの併置、あるいは 2 カ国語での要約など、サービス精神にあふれたものもあった。いわゆるポスターではなく、ビデオで見せていたもの、サンプルの実物を展示したものもあった。共同研究者一同の顔写真を並べた微笑ましいものもあった。

主催者側の工夫としては今回はじめてということであったが、3 題に対してポスター賞が投票により与えられた。より判り易い効果的なポスターを工夫させるためのよい刺激であろう。また混雑をさけるために、ポスターを奇数番号の A グループと偶数番号の B グループに分け、各グループの演者立会時間をかえるという工夫もされていた。

3. ビール醸造技術の動向

これらの発表内容から今後の技術動向を大胆に予測すると、発酵工程を含む工程の自動化と、ニューバイオの実用が 2 大潮流と感じられる。科学の進歩が 19 世紀末の物質が元素で説明されるようになった経緯を経て、現在、生物が元素で説明されるようになってきた。次の革新は精神（活動）が元素で説明される時だとされ、すでにそれをめざした研究も開始されている昨今である。19 世紀の革新により現在の化学工業が発展してきたことを考えると、現在ほとんど全ての製品がバッチ式で製造されている醸造業界においても、化学工業のような全自動無人化が可能になることは自然のなりゆきのように思われる。醸造も芸術から技術へますます加速されてゆくことであろう。

ニューバイオに関して 1983 年に EBC シンポジウム

第 10 表 ニューバイオ関係発表の動向

	固 定 化	細胞融合	遺伝子組換え
1981 年	1	1	1
1983 年	1	2	0
1985 年	3	1	7
1987 年	3	0	10
1989 年	6	0	4

が行われ、1987 年にはワークショップが行われたことについては前述した。大会での発表数は第 10 表の如く推移してきている。固定化酵母を用いたビール醸造試みの研究報告はすでに 15 年以上も前から行われているが、余り見るべき進歩はない。ただ、後発酵期間短縮に関してはパイロットプラント規模での試験まで進展してきている。細胞融合に関しては遺伝子組換えの成功の陰で影がうすい。遺伝子組換えによるビール酵母の育種は 1985 年が手法やツールの開発についての報告、1987 年が遺伝子のクローニングや育種例に関する報告、今回がパイロットプラントによる試醸と着実に進展してきており、社会的認容性を主張する報告などもあり、実用が近いことを窺わせている。遺伝子組換え研究に関しては、2～3 年以前より研究に着手するビール会社が増えてきていると言われているが、より以前からそれに着手して研究をリードしているのはデンマークのカルスベルグ、英国の Brewing Research Foundation およびそこで研究していた人々を受け入れているバス会社、ホイットブレッド社など、ベルギーの CERIA、日本の各ビール会社等である（第 11 表）。研究が盛んになってきているとは言え、育種のターゲットは、 β -グルカナラーゼ、ダイアセチル、 α -グルコシダーゼ、凝集性にほぼ限られ、日本の醸造業界の方がやや対象は多い。実用に関して話をした人々の多くは、社会的認容に関して及び腰であったが、「世の中は動いている。次の大会までには実用している会社があるだろう。」という人もいた。昨年、遺伝子組換え酵母によって製造されたキモシンがスイスでチーズ製造用に認可されたということが、ビール醸造でのニューバイオの実用をも促進するだろうということを 2～3 の人が言っていた。我々もスイスチーズは滞在中に何度も食べ、土産にも買ってきたので、実用はそこまで

第 11 表 遺伝子組換え研究の国別報告数

	1983 年	1985 年	1987 年	1989 年
ベルギー	0	3	1	0
英 国	1	2	4	2
デンマーク	1	2	2	1
ス ペ イ ン	1	0	0	0
オ ラ ン ダ	0	1	0	0
カ ナ ダ	0	2	1	0
フィンランド	0	1	1	1
日 本	0	0	2	1

きているということを妙な方面から実感したという次第である。

お わ り に

国際的な交流がますます盛んになり、我国の経済力の強まりと共に日本に対する関心も高くなっているのは各界で見られる現象であるが、ビールの業界における本大会中に聞いた声の多くは日本のビール業界の最近の活性化についての関心であった。世界のビール業界で近年発展しているのはいずれも途上国においてであり、先進国においてはいずれも停滞している。その中で唯一と言ってよい、我国における再活性化例は、新たな発展を模索し続けてきている先進国のビール関係者に非常に関心のあるところのようであった。

また、「自動分析」のワークショップが行われたことから窺われるように、工程の自動化、省力化は各国ビール会社の目指しているひとつの方向である。その点から我国で新改築されているビール工場の新規導入自動装置に対する関心は高く、見学を依頼されたりした。

このようにいろいろな面から、我国に対する諸外国の関心は以前とは比べものにならぬほどに高まっている。昨今、日本でも国際学会が多く開催されるようになってきたが、語学の問題や円高でなかなかむずかしいのが現実のようである。醸造業界ではまだそこまではいいないが、故有馬啓先生は微生物で世界への貢献を考えておいでだったということである。世界からの期待もあることであり、何らかの形で醸造の国際化が図れる途はなかるうかと考えさせられた次第である。

＜キリンビール(株)＞