

スについて紹介した。自社開発された本技術を使えば、PCEを環境基準値以下まで下げることができるとともに、PCE分解に伴い蓄積するTCEを無害化できる。続いて、環境省および経産省からバイオレメディエーション利用指針適合確認証を得るまでの経緯について、苦労話を交えながら説明した。

シンポジウムの最後には、環境省環境科学研究所の岩崎一弘から、5名の講演者への謝意が表明され、「シンポジウムの成果を今後の環境バイオテクノロジーの発展に活していきたい」とのまとめが行われて、シンポジウムは無事終了した。

今日のものづくりにおいては、環境への配慮は商品製造に支払うべきコストと言うよりも、むしろ商品価値を高めるための手段にすらなりつつある。しかし、バイオテクノロジーがそのような商品価値を高めるうえで、どのような貢献ができるのかについては、まだこれから試行錯誤を繰り返しながら模索を続ける必要がある。その意味において、環境関連分野におけるサクセスストーリーをシンポジウムなどで紹介していくことは、わが国のバイオによるものづくりにとっても重要な意味をもっている。バイオテクノロジーには、循環型社会の実現に

寄与することが、ますます多く求められてきている。しかし、バイオテクノロジーのもつ潜在力を顕在化するには、まだまだ試行錯誤が必要であり、これを民間の活力だけに頼ることはリスクが多く難しい。本シンポジウムで紹介された産官学連携で推進されている環境関連バイオ技術の開発の動向は、シンポジウムの多くの参加者を激励し、大いに刺激したものと確信している。

なおシンポジウムが行われた会場が狭かったため、参加者には3人掛けをお願いした。しかし、それでも会場の後方には立つて講演を聴かれる人も多く、また一つの講演が終わる度に多くの人の出入りが行われた。結局のところ、会場に来られた人の数は約220名程度であったように思われる。今回のシンポジウムは、人が集まりやすいテーマであったが、もっと地味であっても学術的な内容を重視しても良かったのではないかとの意見が、共催団体の環境バイオテクノロジー学会からあった。参加者数を気にせずに学術的な企画をするか、あるいはより多くの参加者を集められる企画にするかは、オーガナイザーにとっては、いつも頭を悩ませるところとなっている。

大会シンポジウム

ポストゲノム時代の機能性乳酸菌の新展開

(乳酸菌工学研究部会、乳酸菌学会共催)

浅田 雅宣・塩谷 捨明

乳酸菌の世界でも、ゲノムが続々と読まれ、新しい情報が入手可能になり、新しい時代の研究とそれに基づく応用の新展開が模索されている。本シンポジウムでは、プレ・プロバイオティックス、バクテリオシン、菌体外多糖生産などに応用されている機能性乳酸菌に焦点を当て、この新時代の乳酸菌研究とその結果に基づく応用の新展開について、代表例について講演をしていただき、最前線を共通認識し、その方向性の展望についても討論した。

講演者として、展望講演を除き、残り5件すべて企業の研究者に講演を依頼したので、ポストゲノム時代の食をターゲットする企業戦略がにじみ出るような発表と討論が行われた。また大学研究者にとっても、ニーズのあり方を知り討論できる良い機会であったと自負している。会場参加者も当初予想した数には達していたと思われる。盛会であった。以下、発表の要約を述べ、報告に代えたい。

「研究の展望」 横田 篤（北大院・農）

オランダで開催された第8回乳酸菌シンポジウム

(LAB8) から一年が経過した。LAB8では、欧州の乳酸菌研究がゲノム情報に立脚する方向に転換したことが明瞭に示された。この流れにわが国の研究動向を対比させ、乳酸菌研究の今後について、展望講演が行われた。

(1) ゲノム解読：乳酸菌ゲノムの解読は40株以上について行われているが、ビフィズス菌についても解読株が増え、公開が始まろうとしている。

(2) 機能ゲノム学：欧州ではゲノム解読株に関してトランスクリプトーム、プロテオーム、メタボローム解析などによりさまざまな代謝機能が研究されている。わが国でも佐々木ら（明治乳業）がマイクロアレイを用いた *Lactobacillus gasseri* の酸適応現象の解析、山本ら（カルピス）が *Lb. helveticus* のゲノム情報から抗高血圧機能ペプチドの生成経路を解析している。LAB8ではわが国の乳業メーカーから自社株のゲノム解読が多数報告されたので、今後はそれらを活用した基盤研究の発展が期待される。

(3) 腸内菌叢解析：培養を介さない分子生態学的手法を用いて腸内菌叢全体の構成を定量的にハイスループット

解析する研究が進んでいる。

(4) 腸内乳酸菌の代謝活性：わが国が得意とするタンパク質科学とゲノム情報の融合結果のような研究が進み、わが国の乳酸菌研究の今後のあり方を示している。

(5) 今後の展望：欧州の戦略は、はじめにチーズありきで、スターター乳酸菌の解析に重点が置かれている。これは西欧科学の要素還元的な方向性の現れであろう。一方、わが国では歴史的にはじめに腸内菌叢ありきで、その構造解析と宿主への作用の解明の中からプロバイオティクスの開発が行われてきた。特に近年は腸管免疫系への腸内細菌の作用が急速に解明されつつある。わが国としてはこのような背景を大切にしつつ独自の研究を展開することが重要であろう。

「DNA マイクロアレイ解析」 佐々木 隆（明治乳業）

乳酸菌のゲノム解読が多くの種・株で進んでいる。今後ゲノム情報の公開が進むと思われるが、これらの膨大なゲノム情報をいかに活用するかは、これからの乳酸菌研究の進展にとって最も重要な鍵の一つである。

ゲノム情報を用いる新しい研究の中でもDNAマイクロアレイ解析は、ゲノムスケールで遺伝子転写の網羅的解析を可能にするパワフルなツールであり、乳酸菌研究でも広範に使われている。DNAマイクロアレイ技術を用いる研究は大別して以下の二つである。

① 遺伝子転写の網羅的解析 ある特定条件での細胞応答を理解するには、ゲノム全体の遺伝子転写変化の把握が重要である。遺伝子配列情報をもとに作成したアレイを用いて、さまざまな要因での転写変化をゲノムスケールで調べる研究が乳酸菌でも広く行われている。

② 乳酸菌の同定と検出 乳酸菌の同定と検出には、FISH法・DGGE法・定量的PCR法などの方法が用いられている。さらに、16S rDNA配列など既知の遺伝子配列情報を用いたアレイを用いる新しい方法が乳酸菌など細菌の同定と検出に利用されるようになってきた。その特徴は、多数の菌種の解析を短時間で実行できることであり、効率よく精度の高い検出用アレイの開発と利用が期待される。

アレイ解析は乳酸菌研究においてすでに必須で通常の研究手段になっている。特に欧州の研究機関では、産業的応用に直結する研究・開発でも広く本技術が用いられており、ごく一部ではあるが成果が公表されている。残念ながら日本ではまだ広範には用いられていないので、今後早急に本技術が普及することが望まれる。

「ゲノム情報活用事例 シロタ株の性質」

左古友行（ヤクルト・中研）

長い利用の歴史の間に、シロタ株からはさまざまな変異株が取得されている。その中で、シロタ株特異抗体に非反応性の変異株が分離されている。これらのゲノム構造を調べたところ、ある変異株ではゲノム構造に大きな

変化が起きていた。すなわち、約58.5 kbpの領域が欠失していたが、その欠失には99塩基対の相同領域間の組換えが関与したと考えられた。詳細な解析からこの相同領域は全長約180 bpからなる配列であり、シロタ株ゲノム上の36個所に散在した。また、*Lb. casei*, *Lb. rhamnosus*, *Lb. zae*に属する他の菌株中にも多数存在し、*Lb. casei*グループに特徴的な配列と考えられた。ドラフト配列が公開されている*Lb. casei* ATCC 334との比較からこの配列は両菌株に共通の位置に存在するものと互いに異なる、または一方のみに存在する場合もあることから、両株が分離した後にいくつかのコピーが染色体上を動いたと考えられた。この配列の特徴、由来、進化的な意味などについて考察した。乳酸桿菌および乳酸球菌は通性嫌気性細菌であり、酸素存在下の増殖や、代謝過程で生成する活性酸素種（ROS）を消去する機構として菌種、菌株ごとに比較的多様な機構を持つことが知られている。*Lb. casei*でのROS消去の機構を明らかにすることを目的に、シロタ株ゲノム配列からROS消去に働く可能性がある遺伝子を検索し、その機構を推定した。

「機能性ペプチド生成メカニズムの解析」

篠田 直（カルピス）

これまでに乳酸菌*Lb. helveticus*の発酵乳には血圧降下作用があること、その有効成分が乳中のカゼインを由来とするペプチド（IPP,VPP）であることが示されている。*Lb. helveticus*は乳酸菌の中でも強い菌体外プロティナーゼ活性を有していることから、この血圧降下ペプチドはカゼイン分解過程において生じてくるものと予想されているが、詳細な分解生成過程は不明である。2004年に全塩基配列解析が終了した*Lb. helveticus* CM4株のゲノムの中から1種類のプロティナーゼと22種類のペプチダーゼに相同な遺伝子が見いだされ、相同性をもとにこれらの酵素活性の特異性からIPP, PPを生成する過程が検討されている。次に上記の菌体外プロティナーゼ遺伝子とペプチダーゼ遺伝子のうち、IPP, VPP生成に必須な酵素遺伝子を明らかにするため*Lb. helveticus* CM4株ゲノム配列と他乳酸菌株ゲノム配列の比較が行われ、菌体外プロティナーゼ遺伝子についてはCM4株の*priY*遺伝子に相同なものは比較した菌株の中には見いだせず、この菌体外プロティナーゼがIPP,VPPの生成に特徴的である可能性が示唆された。*Lb. helveticus*の窒素代謝制御についても調べられた。乳培地中における発酵後期、もしくは一般的な乳酸菌用培地では窒素源としてのアミノ酸およびペプチドが供給過剰な状態であり、プロティナーゼ活性を始めとしたタンパク質分解系の酵素活性は抑制される。ゲノム配列の解析からは*Lactococcus lactis*で明らかになっている*codY*相同遺伝子の存在は確認できず、栄養環境の違いと遺伝子発現の相関性についての検討が進められている。

「*Lb. brevis* KB290 株の性質」 矢嶋信浩（カゴメ）

新規物質や未知物質の機能性探索研究に関する方法論の多くがスクリーニングから始まり、試験管内、動物実験、ヒト試験へと、入口から出口へ向けた研究であるが、演者らの研究はヒトにおける免疫調節作用が先に示され、作用機序に関する研究やゲノム、ポストゲノム視点での研究は出口から逆に入口へ戻る形で、生物学的反応プロセスを埋める作業として進めている。すでに米国のエネルギー省（JGI）が中心となり、Lactic Acid Bacteria Genome Consortium (LABGC) において、*Lb. brevis* ATCC367 のゲノム配列を公開している。KB290 株（ラブレ菌と略称）についても、ゲノム情報の収集から研究を開始した。菌株間さらに菌種間の比較ゲノムによる情報解析によって、ラブレ菌のもつ機能特徴やその作用機序、さらにはヒトの健康に有効な遺伝子について多くの知見が得られると考えられる。

ラブレ菌は、京都の伝統漬物である「すぐき」から発見された植物性食品由来の乳酸菌である。学名は、*Lb. brevis* KB290 とした。生理機能上の特徴として、ヒトに対してインターフェロン（IFN）- α の産生能を高めることが報告されている。すなわち、生きたラブレ菌を継続摂取すると、 3.0×10^8 cfu/日群の4週後、 6.0×10^8 cfu/

日群の2および4週後で、対照群と比較して有意に IFN- α の産生能が亢進した。しかし、作用機序に関する研究はまだ充分とはいえず、ゲノムやポストゲノム視点での研究も開始したばかりであり、途中経過を報告した。

「乳酸菌商品化への展開 — シームレスカプセル化技術の応用」 浅田雅宣（森下仁丹）

プロバイオティックスと称される体に良い機能性乳酸菌やビフィズス菌を実際に摂取する際には、効率よくそれらをその働く場である腸に生きたまま届けるということがきわめて重要となる。特にビフィズス菌は偏性嫌気性菌であり、かつ著しく酸に弱く、そのまま摂取しても胃酸（pH1.2）により大部分が死滅する。森下仁丹は、独自の滴下法によるシームレスカプセル化技術を用いて胃酸からビフィズス菌を保護することを試み、耐酸性のカプセル化ビフィズス菌の開発に成功した。それは保健食品「ビフィーナ」シリーズに応用されている。

その耐酸性のメカニズムを示し、耐酸性シームレスカプセルの製法、特性、カプセル化ビフィズス菌の性質、摂取時における便中のビフィズス菌数の変化、ヒトでの排便改善効果を紹介した。さらに、今後バイオリクターなどへの応用が期待されるユニークなカプセル内生菌培養増殖技術についても紹介した。

大会シンポジウム 資源循環型産業・社会構築とバイオインダストリー

倉根隆一郎

上記のタイトルにて9月12日の午前9時から午後1時まで本大会のA会場にて3人掛けの席は言うに及ばず多くの参加者が後ろなどに立ちながら満員の状況にて朝からお昼過ぎまで熱心に参加していただき、質疑応答も活発に行われ、多くの参加者にとりタイムリーかつ有益なシンポジウムが開催できたと考えている。

本シンポジウムは21世紀の資源循環型産業社会を構築するための3つの必要不可欠な項目としての①環境汚染を未然に防止しかつ省エネルギー型の新たな動脈産業技術、②環境汚染や廃棄物などを処理、浄化、リサイクルしかつ省エネルギー型の新たな静脈産業技術、③新資源（原材料としての新資源、バイオマスなど）、触媒としての新資源（未知微生物などの新資源と新ゲノムなど）をバランスよく研究技術開発することがきわめて重要であるとのメッセージが発信できたと考えている。

本シンポジウムは五十嵐会長の基調講演と上記の3つの項目における5人の日本を代表するリーダーの先生方により講演がなされた。

五十嵐会長は「バイオマス資源の有効利用を展望す

る一いつ？ どこで？ どのように？」の基調講演で“バイオマス日本”から“バイオマスアジア”への移行と共存の視点が重要であると共に、将来の食料問題を考えれば食飼料と競合する炭水化物を炭素源と考えるのではなくソフトバイオマス（リグニン含量の少ないリグノセロースなど）の有効利用が課題であるとの指摘をした。バイオマスを取り巻く研究・技術のほとんど多くは米国の後塵をきしているが、バイオマスの有効利用、技術開発課題を資源・環境問題として捉えることにより、「幸せで豊かな生き方」を考える良いチャンスとなりうることとそこに新たな研究・技術課題があることを示した。

西尾（広大）は静脈産業としての新たな課題として「資源循環型産業・社会構築に向けて—乾式アンモニア・メタン発酵の活用」の講演を行った。高窒素含有有機物を直接メタン発酵にかけると多量のアンモニアが生成しメタン発酵は停止する。アンモニア・メタン二段発酵を乾式にて行くと従来の湿式メタン発酵と同程度の処理、メタン発生が得られると共に、後処理としての水処理が必要なくなる。