

シリーズ：日本発アミノ酸発酵の50年 ③
アミノ酸発酵工業の
イノベーション・モデル考

加 納 信 吾

産業と行政

シリーズ：日本発アミノ酸発酵の50年③
**アミノ酸発酵工業の
 イノベーション・モデル考**

加納信吾

はじめに

芝浦工業大学工学マネジメント研究科は、MOT (Management of Technology)分野に属しております、どちらかという社会科学の立場におき、イノベーションを社会科学的方法論を使って解析するのを常としております。その中で産業分析に取り組んでいますが、今回バイオインダストリー協会より、「日本のアミノ酸発酵50周年を迎えて、これからのアミノ酸発酵工業だけでなく、日本のバイオインダストリーの未来を考えるブリッジになるところを、異なる観点から話してほしい」というご依頼がございまして、非常に難しいテーマでしたので、様々なアプローチがある中で、今回はまだ試案の段階ですので、その点をご理解いただけますと幸甚でございます。

今日は、3つのことを申し上げます。1つは、過去に起きたアミノ酸発酵のイノベーションを別の観点からもう一度定義してみることで、次にこれをどのようなイノベーションのモデルで説明し得るのかについて試案を提案することです。モデルを当てはめることは、過去の分析に基づくアプローチですが、過去から未来へどうつながるのかを含むフレームワークを提案することを目指しています。最後に、これから未来に何が起こり得るのかについてこのフレームワークが示唆していることを列挙し、パネルディスカッションでの議論の準備をすることです。

1. どのようなイノベーションが
 起きたと解釈されるか

イノベーションという言葉は濫用されていますが、最も古典的な定義は経済学者の

シュンペーターが言っていることで、非常に漠然としていますが「人々の求めに応えるために何か新しいことを創出する行為」というのが最も一般的な定義になります。イノベーションという単語にいろいろな枕詞が付き合わされて、様々に分類されています。「製品か工程か」という観点からプロダクト、プロセスで区分する。あるいは「影響の大きさ」で連続的、非連続的、あるいは破壊的で区分する。「内容の性質」で、科学的知見に基づくものはサイエンスの枕詞を、販売上の工夫ではマーケティングの枕詞を付けたりして区分しています。

アミノ酸発酵工業の分野で100年前から起きてきたことは、1907年、1908年に起きたグルタミン酸ソーダの工業的生産方法の開発であり、池田菊苗先生が「旨み成分の発見」(プロダクト・イノベーション)、「バッチ処理法としての塩酸法」(プロセス・イノベーション)を実現され、鈴木先生が「商品としての普及」(世の中に製品として存在していないものを普及させるという意味で、マーケティング・イノベーション)を実現されました(図1)。これで戦後を迎えるわけですが、プロセス・イノベーションとしての「グルタミン酸発酵法の開発」が起きたあとは、理論化(サイエンス・イノベーション)が起きました。そこからアミノ酸の一般的生産方法の開発へ展開し(プロセス・イノベーション)、アミノ酸の用途拡大(プロダク

戦前の日本10大発明の1つとしての調味料：グルタミン酸ソーダ

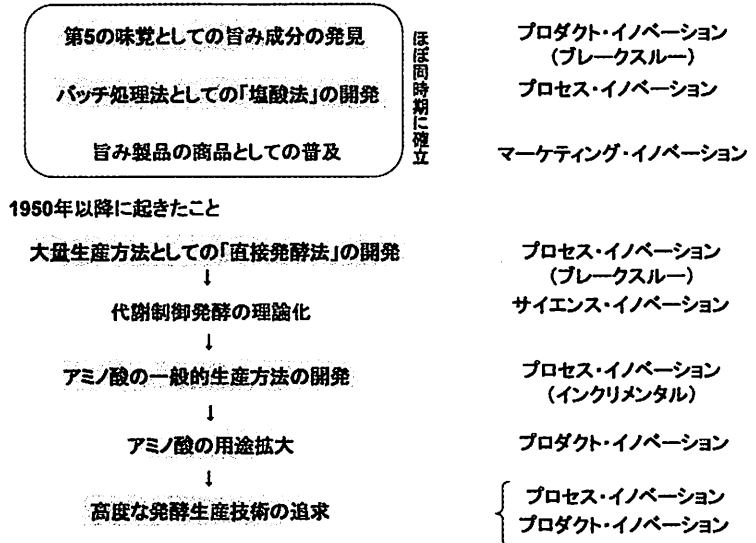


図1 アミノ酸発酵工業を巡るイノベーション—複合型—

筆者紹介：かのう・しんご 芝浦工業大学大学院工学マネジメント研究科 教授 学術博士 専門：ビジネスモデル論
 連絡先：〒108-0014 東京都港区芝浦5-37-8 E-mail kano@sic.shibaura-it.ac.jp (勤務先)

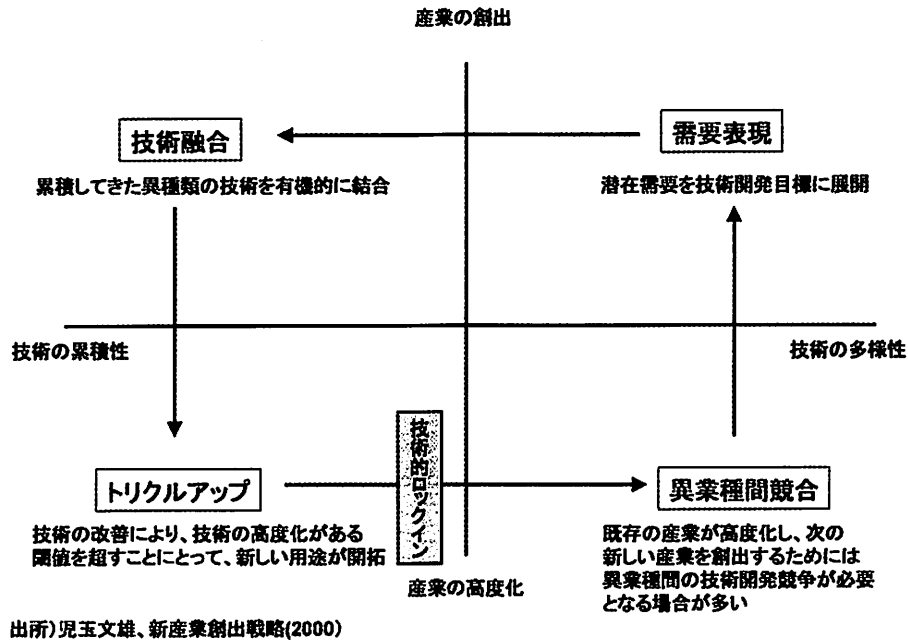


図2 産業分析のフレームワークとしての「産業創出・技術進化サイクル」

ト・イノベーション)がはじまり、高度な発酵生産技術の追求が新たな製品開発に結び付くという展開になります。ジペプチドの例でもそうでしたが、発酵法によるイノベーションは常にプロセスとプロダクトが複合された形のイノベーションであることが特徴的です。ただ、これですと産業がその時々の発展過程の中で、どのような課題に向かっているのかがわかりにくいので、これを整理するフレームを考えてみたいと思います。

2. 「産業創出・技術進化サイクル」からみた アミノ酸発酵工業

「産業創出・技術進化サイクル」(図2)は私どもがよく使っております分析フレームの1つです。縦軸に、上が「産業の創出」、下に向かって「産業が高度化」するベクトルを持つ軸を取り、横軸には、「技術の多様性」と反対側は「技術の累積性」を取っております。

この図の中で1つの産業は、まず「何をを目指すのか」という「潜在需要を製品概念として定義し、それを技術開発目標に分解する」ところからスタートします。この活動を「需要表現」と呼んでいます。潜在的な需要が製品概念として定義されたのち、それを実現するために技術が累積していく。それがなおかつ単一の技術ではなくて複数の技術が融合されていく。これを「技術融合」過程と呼んでおります。技術融合が進展

し、ある程度の完成度に達したのちは、「トリクルアップ」と呼ぶ領域へ移行します。技術の改善によって技術の高度化がある域値を越すことによって新しい用途が次々と開けていく状態をこう表現しております。

この過程を経て様々な市場が開拓されたのちに、壁にぶつかるといふ図式を置いており、これを「技術的ロックイン」と呼んでいます。特定の技術体系に固執することによって新たなマーケットニーズに対応できなくなる状態、単一の技術軌道から次の技術軌道に移れなくなるということで、ロックインを迎えたのちブレークスルーが必要になる、この段階で「異業種間競争」が起きる。新たな技術的なバックグラウンド、あるいは企業文化を持ったプレーヤーが参入してくる、そのロックインされたものを解除するような新たな潜在需要が認識され、新たな製品概念が定義されて、次のサイクルに回っていく。

このフレームワークによる分析はすでに様々な業種に適用されていて、産業の栄枯盛衰を説明する際に有用であると考えられております。このフレームを適用する際には、各業界の方にご協力をいただいております。主に科学技術と経済の会を中心に分析がされて医療用製品、ガス器具、繊維、デバイス、デジタル通信、i-モード等で分析例があります。鉄鋼業ですと2000年のサイクルをこれで分析した例もあります。基本的にはサイクルがどの産業では何回回ったかを検討する

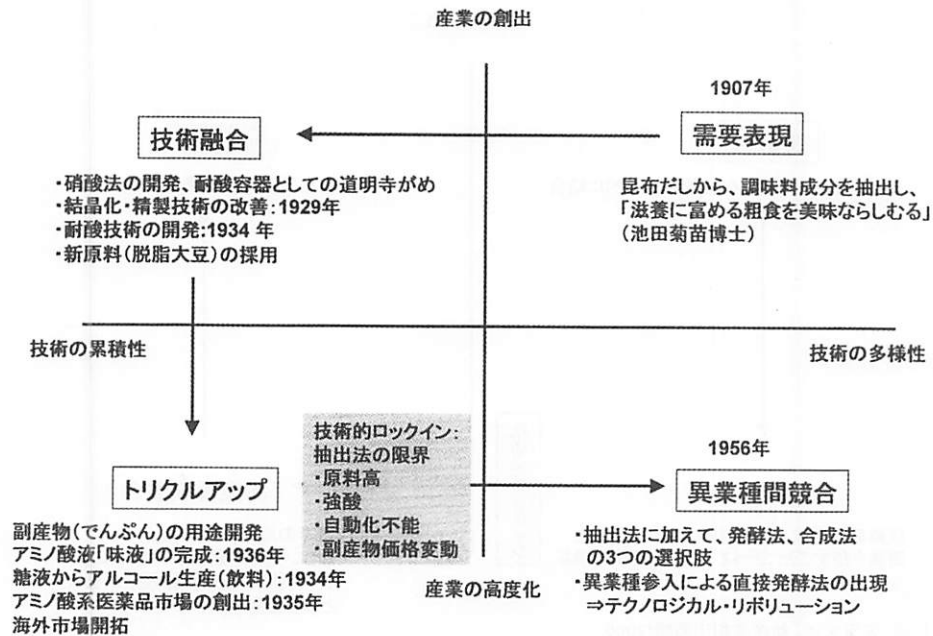


図3 アミノ酸発酵工業のイノベーション・サイクル：その1

ことになるのですが、今回はアミノ酸発酵工業についてこのフレームを当てはめてみました。

第1サイクル(図3)ですが、スタートである「需要表現」のところ、まず需要の定義からはじめますと、池田菊苗博士は「滋養に富める粗食を美味ならしむる」と定義されておられます。これは昆布だしに着手された頃の池田先生の文章そのものなのですけれども、ここからスタートし、いろいろな方法論を開発され「技術融合」されていきます。道明寺がめというのも言ってみればセラミック技術ですし、それから数十年たつて結晶化・精製とか新しい原料を使うといった技術融合が起きてきた。さらに、新たな調味料以外の市場開拓が、すでに戦前の段階で始まっています。「味液」が1936年に出て、アルコール生産も1934年に始まりましたし、アミノ酸系医薬もすでに1935年には上市されていました。用途開拓に基づく産業の高度化、市場の多層化(「トリクルアップ」)はすでに戦前で起きていた事実を見ることができます。余談になりますが、このあたりは社史を参照させていただきましたけれども、イノベーションリサーチにおいては社史というのは大変重要です。社史編纂に携われた方がきっちりと記録を残されていて、大変感銘を受けました。

それがあがる段階で市場が煮詰まってくる状態を「技術的ロックイン」と呼んでおります。先のプレゼンターの方々の内容からピックアップさせていただいたの

ですけれども、技術的ロックインとしては、「抽出法の限界」が認識されていました。原料高、強酸による弊害、オートメーション化できない、副産物の価格が変動する、といった課題に現有技術では対応できないという状態に至ります。そこからブレイクスルーの必要が認識され、他の技術的な選択肢を取り込む模索が開始され、「異業種間競合」という形で新たなプレイヤーの参入が促されます。ここで横軸に沿って技術的多様性というベクトルに進んでいって、抽出法に加えて発酵法、合成法が検討されます。3つの技術的選択肢の比較が行われる中で、最終的に直接発酵法によるブレイクスルーに至ります。これが第1サイクルの創始者ではなく別のプレイヤーによって実現されたところが1サイクル目の終了過程に当たります。第2サイクルは直接発酵法の開発を経て開始されるのですが、ここでも直接発酵法を開発するという手前でやっぱり需要が定義されているわけであります。「グルタミン酸ソーダを安くつくること」という技術目標の上流には「日本人の栄養状態を改善するためにタンパクを供給する」という潜在需要が認識されて、「その構成要素であるアミノ酸を安く供給すること、とりわけグルタミン酸ソーダである」という製品概念として定義され、「グルタミン酸ソーダの安価な製造」という技術目標に分解され、のちにアミノ酸の一般生産法に発展するという過程が実現します。日本人の栄養状

態を改善するという潜在需要の認識があって第2のサイクルが始まったと解釈されます(図4)。

需要表現ののちの技術の多様化から技術の累積に至るプロセスで、基礎科学のサポートがあります。近代発酵理論の確立を経て技術融合にいくわけですが、ここでは安全性のための科学、あるいは味覚としての認知といった部分を含めて広義の「理論のサポート」と「技術融合」が起きます。酵素利用技術の開発が進み、これと組み合わせるといった技術融合も起

きます。技術融合が進むと同時にトリクルアップが起きて、栄養剤としての輸液、経腸栄養剤、動物の栄養剤、それから調味料—アスパルテームのような甘味料、医薬品、最近では健康食品へのアプローチへと拡大し、多様な市場に対する用途開拓が行われています。これが第2サイクル目の現状ではないかと思うのですが、ここから先に一体どんな「技術的ロックイン」に直面しているのか、実際にやっておられる方々にもぜひお伺い致したいところであります。

サイクル論で言いますと、アミノ酸発酵工業は第2サイクルのトリクルアップ領域まで来ている。第1サイクルは55年まで(あるいは50年まで)で産業としては「調味料生産業」と定義することができ、第2サイクルが、「アミノ酸発酵生産業」としてスタートし、バルク製品の生産とファインケミカルの生産に分かれたのが現状であって、これから第3サイクルに至るのか否かを考えることがこれからのイノベーションをどうするかを考える上でのスタートになると思います。

3. 「産業創出・技術進化サイクル」上の現在のポジション

では、現在はどこにいるのでしょうか？ ここは一番解釈の難しいところですが、「トリクルアップの最中」という解釈と、すでに「次の第3サイクルが始まって

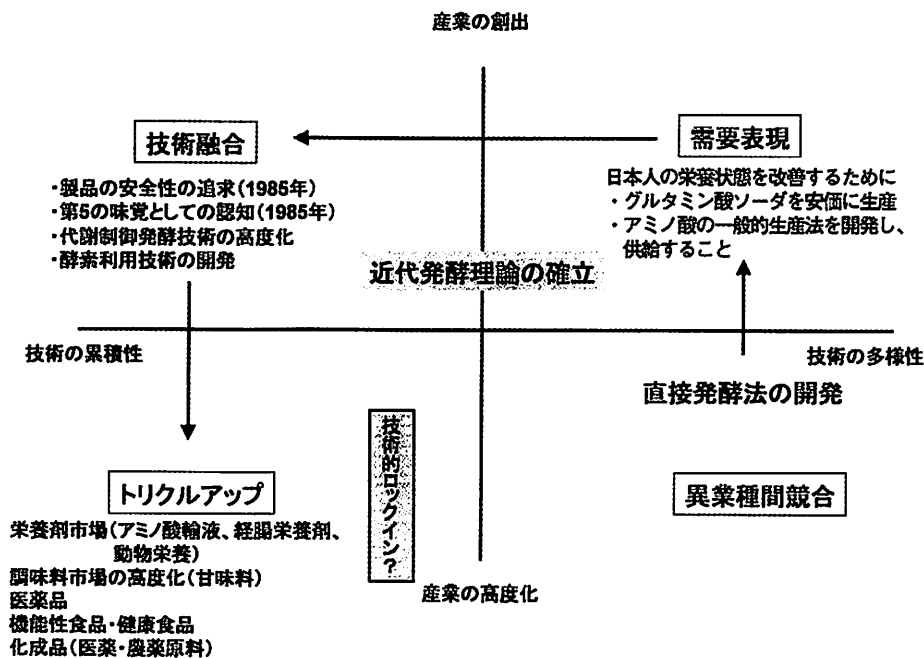


図4 アミノ酸発酵工業のイノベーション・サイクル：その2

いる」という解釈の2つの立場があり、関与されている製品領域によって認識は異なっていると思います。

前者は、ファインケミカルの場合はまだ第2サイクルの佳境にいないのではないかという考え方です。技術が累積して新たな用途を開拓し、新たなプロダクトを創っていく。次なる用途開拓、次なる新製品開発に注力すべき段階にまだいる。これは技術的なロックインが起きる前の段階であって、このトリクルアップの段階ではまだやることのあるのではないかと。技術融合については、遺伝子工学やゲノム科学の応用などの部分での技術の累積と技術融合がまだ進行中であり図の左下の部分でまだ突き進むのではないかと。これがこれからのしばらくの間のファインケミカル分野の産業像であるという仮説になります。

後者は、バルクの部分については第3サイクルが始まっているという考え方です。ある程度原料の問題についてロックインが認識されて再びいろいろな多様化が始まり、新たな需要が定義され始めているという仮説です。エネルギーの分野においてもアルコール発酵生産をやる、それを自動車の燃料にするバイオエタノールなどでは第3サイクルが始まっている可能性があります。では第3サイクルを「何産業」と呼ぶのかという問題があります。第3サイクルが「始まった」というためには第3サイクルは、どのような潜在需要の認識

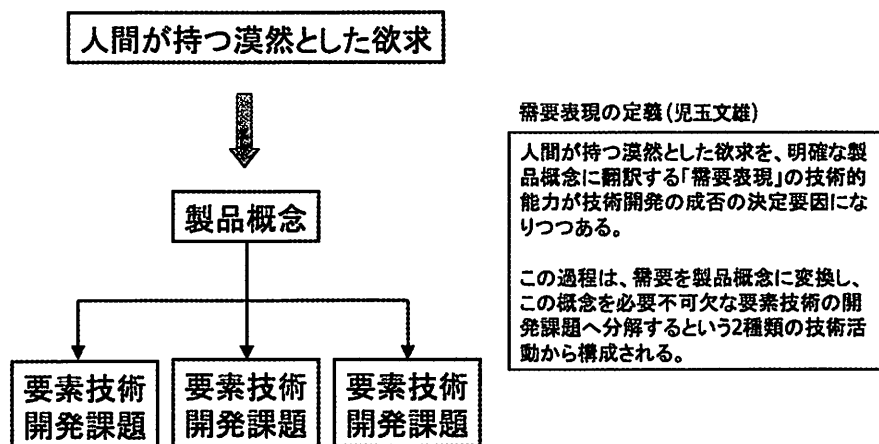


図5 需要表現 (Demand Articulation)

の下に開始されているかを確認する必要があります。

ここで改めて「需要表現」という概念について考えてみたいと思います(図5)。需要表現(Demand Articulation)は、前半と後半に分けられますが、前半は「人間が持つ漠然とした欲求」を製品概念に変換する過程です。潜在需要を明確な製品概念に翻訳する需要表現の技術的能力と定義しますが、この部分は技術的な能力、研究開発能力の重要な一部です。「需要表現」のプロセスの分析では、当たり前ではないかという反論をよく受けますが、「潜在需要を製品概念に翻訳したのちに、要素技術開発課題に分解していく」という研究開発の初動部分に関しては、当事者の意識としては明確に自覚されないまま進展している場合や研究者の世代交代を経て目標と手段の判別が難しくなっている場合も多く、研究開発の目標設定の根幹をなしているにもかかわらず、軽視されがちです。

適切な需要表現の要件とは何かを考えてみると(図6)、旧サイクルの「トリクルアップ」領域から新サイクルの「需要表現」領域に至るプロセスの部分が重要になります。まず、インクリメンタルなプロセス、すなわち追加的な技術改善プロセスを長期にわたってやっている間に、追い銭をつぎ込んででも効果があまり見られないという状態が生まれます。それと同時に新しい社会のニーズに既存の技術体系では対応できないという事態が認識されます。ここから新規の「需要表現」がスタートするわけです。その需要表現が、今抱えているロックインを解除する糸口を与えます。そこで表現され、定義された潜在ニーズが、多数の技術的選択肢の競合を経てブレークスルーを生むのだという

考え方で見ていかないと、なかなか新サイクルの「需要表現」領域に到達しません。

先のプレゼンターのお話にもありましたけれども、大きな人類の課題ということだと、主要課題は食糧、環境、エネルギー、医療・健康の4領域になります。あとミリタリーも含めた安全・安心、セキュリティというのがありますが、こういう分野において現状、何が満たされていないニーズであり、何がロックインなのでしょう。例えば、未開拓の糖源があるけれども現有技術ではなかなか効率的に使えない、あるいは食糧からエネルギーをつくるのか、エネルギーから食料をつくるのかといった既存の糖源の奪い合いが用途間で起きている。それから、それぞれの加工プロセスで生産効率が悪い。これらの問題をどのようなニーズとして認識していくのかを突き詰めていく作業が、今求められている新規の需要表現のあり方にヒントを与

- ・追加的改善プロセスを長期にわたって経験する間に、その費用対効果比は、次第に低減する
- ・この結果、新しい社会のニーズに、既存の技術軌道では対応できない事態が発生する(技術的ロックイン現象)
- ・新規の需要表現と技術的ロックイン現象の認識は密接に関係している
- ・適切な需要表現は、求められる技術開発課題への分解を含んでおり、異分野の技術的な選択肢間の競合を経て、ブレークスルーが実現する
- ・1つのブレークスルーを真の実用化レベルに引き上げるために、ブレークスルーが起きたあとに、技術融合が試みられる

図6 適切な需要表現

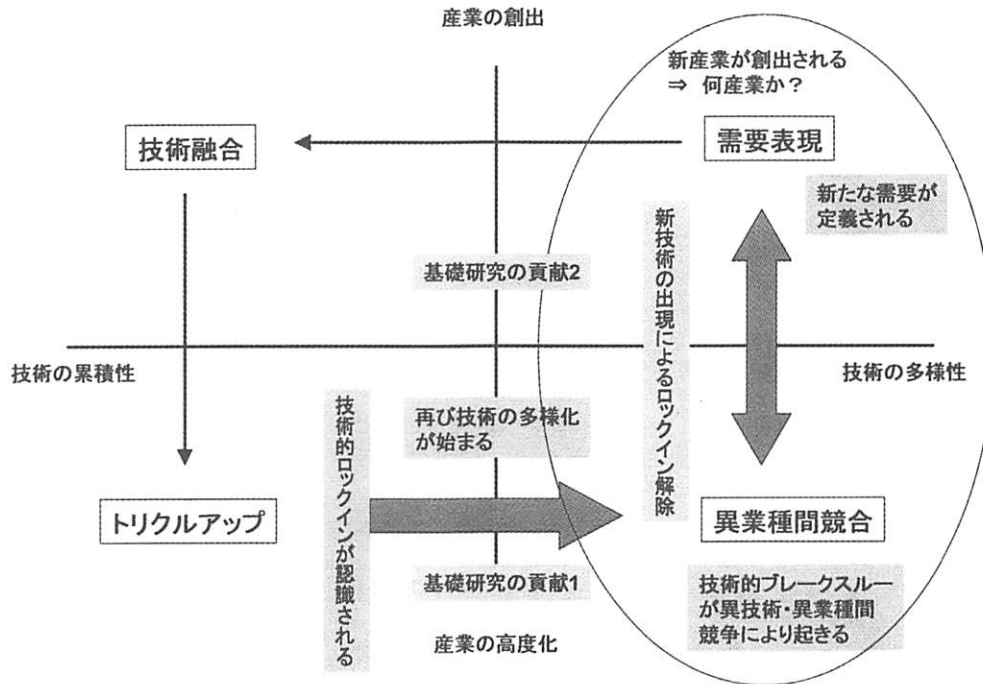


図7 第3サイクルの要件

えるのではないかと考えます。バイオマスの活用の新しい方法や先程ご紹介がありました光合成微生物を用いた農業的発酵生産といったコンセプトはバルクケミカル分野でのこの種の新しいゴール設定の概念に近く、ゴールなくして次のサイクルは回らず、新たな産業の創造も起こりません。

月に人を送ると決めないとロケット開発は始まらないというのと同じで、バルクケミカル分野のゴールセッティングの詰めが、日本の産業界には弱いように思います。糖源の問題はあるにせよ、米国のベンチャーキャピタルがアルコール発酵生産ベンチャーに積極投資している現状を見ると、彼らにはある明確なゴールが見えていることの証ではないかと思えます。ファインケミカル分野の方はまだ技術融合も継続中で、トリクルアップの途中にあるのではないかということで、ここは現状ですでにどのようなロックインが認識できるのか、まだ技術融合が途上であるとしても、技術融合により目指す目的の定義を見直すといった作業がもう少し必要であるように思います。

おわりに

まとめになります。第3サイクルが回り始めるための要件を固有名詞を使わずに描写してみます(図7)、まず技術的なロックインが認識され、再び技術の

多様化、選択肢が増えていく。その過程では、基礎研究の貢献はやはり部分的にあります。それと同時に新たな潜在ニーズが認識されて製品概念と要素技術の開発目標が設定されて、それに応じられる異業種のプレーヤーが参入してきます。それによってブレークスルーが起きて新技術の出現によってロックインが解除されます。そこで新たな産業がスタートします。技術が累積する過程においては、もう一度基礎研究の貢献が必要となります。ここは発酵技術では代謝制御発酵の理論化が起きた部分ですけれども、基礎研究貢献の部分まで到達して技術融合までいって、第3サイクルが実現していきます。第3サイクルが始まっているかどうかは、この描写に固有名詞を当てはめてお考えいただければと思います。

日本発イノベーションということでアミノ酸発酵50周年の先にあるものは、トリクルアップにとどまりながら、さらに技術融合と市場開拓を追求することなのか、第3サイクルを回すことなのかについてはお立場によって違う問題かと思えます。個人的には、異常気象が現実になったことを人類は実感しつつあり、環境問題・食料問題・エネルギー問題を抱えながら第3サイクルへ向かいつつあると考えておりました、このフレームの提案を持ちましてパネルディスカッションへのつなぎとさせていただきます。