

特集

化学工学における
スタートアップ

ディープテック・スタートアップと化学工学

古山 通久

Deep Tech Startups and Chemical Engineering

1. はじめに

持続的な産業発展の鍵として、スタートアップ企業への期待がかつてないほど高まっている。その背景は、1980～90年代に産業を支えてきた大企業の中央研究所が相次いで縮小・再編されたことにより、基礎研究から応用技術までを一貫して担う場が失われたという構造的な変化に端を発する。米国では、中央研究所の全盛が終焉した1980年代から、SBIR (Small Business Innovation Research) 制度が中小企業からのイノベーション創出を支援し、結果、90年代には多くのベンチャー企業が花開いた。

2010年から2020年の10年間で、アメリカの代表的な株価指数であるS&P500は3.11倍になっているのに対し、東証株価指数は1.70倍と経済成長に大きな差が出ている¹⁾。図1には、S&P500をGAFAMとそれ以外(S&P495)にわけて分析した例を示す¹⁾。GAFAMを除くと、日本と米国に差は見られず、90年代以降に大きく成長した企業が米国経済を牽引していることがわかる。

1999年に開始された日本版SBIRと言われる中小企業技術革新制度は、SBIRの思想的深淵を理解できなかったがために、イノベーション創出に資するよりは、単なる中小企業支援策に墮することとなったと批判されている²⁾。2021年になってようやく、従来の「中小企業等経営強化法」から「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」へと根拠法が変更され、新SBIRとしての運用を開始した。さらに、政府は2022年を「スタートアップ創出元年」と位置づけ、大学や研究機関に蓄積されたシーズ技術の社会実装を加速する方針を打ち出した。同年策定されたス

“S&P495”はTOPIXと同レベル



※10年1月の各終値を100とおいた場合の騰落率。休場日は前営業日の終値をプロットしている。
(出所) S&P500指数、GAFAM時価総額推移、日経平均株価指数データを基にオコスモ作成

図1 日本と米国における2010年から2020年の株式市場のパフォーマンスの推移¹⁾

スタートアップ育成5か年計画を受け、大学発の起業を支援するスタートアップ・エコシステム共創プログラムなど様々な施策が開始された。経団連は2023年に「10X10X」構想を掲げ、スタートアップへの投資額とユニコーン企業数をそれぞれ10倍に増やすことを目標としている。この構想はスタートアップ育成5か年計画と軌を一にし、官民一体でエコシステムの形成とスタートアップ創出と成功の拡充を図る動きである。

スタートアップとは、革新的な技術やビジネスモデルをもとに急成長を志向する組織形態である。ソフトウェアやインターネットなどIT技術を活用する従来のスタートアップはテックスタートアップと呼ばれる。世界的には、テックスタートアップの市場が飽和しつつあり、シリコンバレーをはじめとする先進地域では、先端的な科学技術を核として根深い社会課題の解決を図るディープテック・スタートアップに資本と人材のシフトが進んでいる。近年、大学等の機能強化の文脈においても、研究成果の社会実装が強調されるようになり、社会実装を加速する重要な手段の一つとしてスタートアップが位置づけられている。ディープテック・スタートアップは長期間の研究開発や多額の設備投資を要し、事業化までのリードタイムが長いことから、テックスタートアップにはない固有の困難を抱える。とりわけ、成功モデルそのものが世界的に未確立である点も見逃せない。

本稿では、ディープテック・スタートアップについて概説するとともに、国内の動向と課題、化学工学分野が果たすべき役割について展望する。



Michihisa KOYAMA (正会員)
2002年 東京大学大学院工学系研究科博士後期課程修了 博士(工学)
現在 信州大学・アクア・リジェネレーション機構・教授
株式会社X-Scientia・代表取締役
連絡先：〒380-8553 長野県長野市若里4-17-1
E-mail koyama_michihisa@shinshu-u.ac.jp/
koyama@x-scientia.com

2025年11月28日受理

2. ディープテック・スタートアップの特徴

ディープテックとは、地球温暖化や資源循環など社会の根深い課題を解決するための、先端科学技術や高度なエンジニアリング技術を指す。テックスタートアップは、ITやソフトウェア、デジタルサービスを中心に短期間で市場価値を創出するのに対し、ディープテック・スタートアップは基礎研究や発見に根差し、長期的な視野で持続可能な解決策の提供を目指す。その技術領域は、新素材やプロセス、医療・バイオ、ロボティクス、量子技術、人工知能など多岐にわたる。

ディープテックの特徴は、技術基盤の高度さであることは言うまでもない。分野によらず、従来技術の改善改良を10年継続しても到達し得ない圧倒的な性能差につながる革新技術がシーズとなる。既存の大企業が巨大資本を投入しても実現できないシーズ技術こそがディープテック・スタートアップの成長の源泉である。事業化に向けた長い開発期間が必要だからこそ、既存技術の今後の性能向上を圧倒する特性が必須であるともいえる。

人的資源の特殊性も特徴の一つと言える。本稿の読者のそれなりの比率は博士号を取得しており、大多数は修士号を持っているのではないだろうか。2024年度の修士課程進学者は、約7000人の社会人修士課程入学者を除くと約7.2万人、博士課程進学者は、約6300人の社会人博士課程進学者を除くと約9500人である³⁾。単純に2024年度の23歳総人口、25歳総人口に対する比率を算出すると5.6%、0.7%となり、特殊な少数派である。研究者の専門知識はさらに細分化され、研究者や技術者の高度な専門知識の理解が容易でないことと同様に、起業に必要となる事業開拓や経営、金融に関する知識の理解も容易ではない。同じ日本語を話しているはずなのに、という齟齬を減らすため、研究者と経営人材との相互理解には十分な時間をかけることが必須である。

急成長を遂げるためには、大きな市場の広がりが必要とされる。2023年の日本のGDPは世界の4%であり、米国

(25.9%)、EU (17.3%)、中国 (16.8%) と比して大きく劣後し、海外市場への進出が必然となる。海外進出においては一般的に言語が壁となるが、ディープテックは技術そのものがコミュニケーションツールになり、また各国のローカルな文化などの影響を受けにくい。そのため、不可逆な潮流のもと大きく広がっていく市場を選択することで、グローバル展開が比較的しやすい点が特徴である。

3. 日本におけるディープテック・スタートアップの動向と課題

日本における大学発スタートアップは、1998年の大学等技術移転促進法や2004年の国立大学法人化以降、徐々に制度基盤が整備されてきた。図2には、大学発ベンチャー数の推移⁴⁾を示す。2017年度以降、堅調な伸びを示している中、2024年度に大きく増加していることがわかる。一方、2023年の世界の投資総額は285億ドル (1ドル150円換算で42.75兆円)⁶⁾ に対して、2023年度の国内の投資総額は8139億円⁵⁾ であり、世界のわずか1.9%の規模にすぎない。

国や自治体、大学、ベンチャーキャピタル等からの支援のうちもっとも効果的であったものは、施設・設備の利用であり、次いで、ビジネスプランに関する助言、資本政策に関する助言である⁴⁾。一方、大学発ベンチャーの創出や更なる増加に向け、特に不足している環境としては、コーディネート、伴走支援人材が挙げられており、研究実験機器・設備、起業・経営相談窓口など、個室・ラボスペースなど、と続く⁴⁾。大学発ベンチャーの育成・振興のための実態把握を目的とし、大学・大学発ベンチャー双方へヒアリングを行った結果のうち、課題の部分に要約したものを表1に示す。ヒアリングのサンプル数はそれぞれ2件ずつであり、統計的有意性は限定的であるものの、経営人材、博士号取得者、国際展開、環境整備のそれぞれの観点で、それぞれの立場での課題感があることがわかる。特に、経営人材については、支援する大学側、大学発ベンチャー側ともに確保に課題を抱えており、加えて、博士人材を含め、

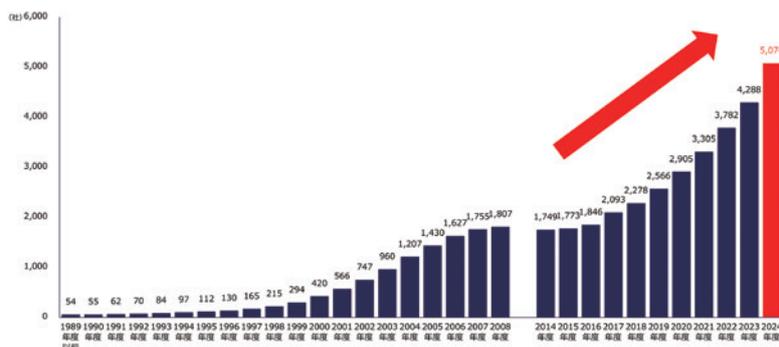


図2 大学発ベンチャー数の推移⁴⁾

表1 大学発ベンチャーの育成・振興のための課題⁴⁾

	大学		大学発ベンチャー
	大都市圏・大手	地域・中核	研究・開発段階
経営人材の育成・確保	<ul style="list-style-type: none"> ・こうやればうまくいくという王道がないこと。 ・経営人材の件数確保。 ・創業者の思いを理解、共有できる人材の採用、見極めが難しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ・人手不足、かつ、起業・経営人材確保の専門知識がある担当者の不在。 ・地方に根付く経営人材確保が困難。地元ベンチャー経営者は余裕なし。 	<ul style="list-style-type: none"> ・会社のビジョンに共感してもらえない人材を採用できるかが課題。 ・経営人材で、スタートアップに就職しようと思う人が少ないこと。
博士号取得者の育成・採用・活用	<ul style="list-style-type: none"> ・博士号取得者を採用したいが、人件費の捻出が難しい。 ・博士号取得者を迎えても、ベンチャー企業側に指導する余裕がない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・教員主導で、大学としての取り組みの不足。 ・(医師の)キャリアパスを逸脱してまで起業しようと思わない。 ・給与や謝金が高額。 	<ul style="list-style-type: none"> ・博士号取得者の能力を存分に生かせる仕事を渡せるか。 ・人件費単価が高い。 ・博士号取得者が少なく、採用が難しい。
国際展開に関する意識・取り組みと課題	<ul style="list-style-type: none"> ・その分野に強いVCと組めていない分野がある。 ・知財の海外展開時の資金が圧倒的に不足。海外ベンチャーと技術交流する資金も足りない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・国際特許取得コストと、国際ネットワーク不足。 ・支援部署の人件費不足。ギャップファンドは用途が限定されており、資金が足りない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地代理店をどう見つけるかが課題。 ・J-Startupは支援が魅力的だが、複数VC等の推薦が必要で、資金調達が進んでからの支援。
大学発ベンチャー創出・増加に必要な環境整備	NA	NA	<ul style="list-style-type: none"> ・不足しているのはユーザー。顧客がいなくてスタートアップは潰れる。 ・基礎研究への資金。 ・特許戦略の底上げ、TLOの能力の底上げが必要。

給与の確保が重い課題となっていることがわかる。

不足しているのはユーザー、との声に対しては、顧客開拓支援を推進するのみならず、需要サイドの調達の観点での支援が重要である。SBIRでは、資金提供と公共調達で両輪となっている。公共調達は、イノベーションに向けた公共調達（Public procurement of innovation）という、既存の製品・技術では実現困難な仕様での調達や、商用前調達（Pre-commercial public procurement）という、企業のR&Dに企画開発段階から関与しながら、商用化前段階の成果の調達を図る方法がある。

現状の政策は創出支援に偏重していると言える。今後、多様な課題解決と成長を目指すスタートアップが増えてくる中で、現状の早期成長を前提とした支援のみでは充足していない可能性が指摘されており⁷⁾、スタートアップの声を反映させた施策が今後増えていくことが期待される。

4. 化学工学とディープテック

基礎研究を端緒とし、最終的に社会実装につなげる研究開発は、そのステージごとに技術成熟度レベル（TRL）⁸⁾で評価される。TRLは、1970年代にNASAが考案した、技術の成熟度を客観的に評価するための指標である。もともとは宇宙開発向けであったため、分野によって各ステージの定義は少しずつ変わるが、TRL4がラボスケールでの実証、TRL7が実運用環境でのプロトタイプ実証とされることが多い。ラボスケールで実証されたものを社会実装につなげるスタートアップは、TRL5～7の各ステージを走り抜けることとなる。化学工学は、研究室で得られた知見を事業規模に橋渡しする手法や知識の体系化を包含する学問であり、ラボスケールからプロトタイプ実証へのスケールアップへと展開する上で不可欠な役割を果たすことができる。

TRLは技術の成熟度を表すが、技術が成熟するだけでは社会実装は実現しない。具体的には、事業の成熟度（BRL；Business Readiness Level）、制度・規制の成熟度（GRL；

Governance Readiness Level）、社会受容（SRL；Social Readiness Level）、人材（HRL；Human Resources Readiness Level）なども重要な要素である⁹⁾。エネルギー、資源循環、環境、バイオ・医療、プロセスなどの対象や事業モデルによって、明示的に考慮すべきXRLは異なる。ディープテック・スタートアップでは、全体を俯瞰し、多面的観点から適切なマネジメントのもと事業化を実現することが求められる。全体を俯瞰しつつ要素に取り組むことは化学工学の理念そのものであることは、読者からも異論がないだろう。

化学工学会では、2024年3月にVISION 2036¹⁰⁾を公表した。VISION 2036では、人と科学技術で社会の未来を拓くことをミッションとし、3つのVisionを掲げている。

Vision 1. 社会実装を加速させる

Vision 2. 広い連携で社会変化に機敏に対応する

Vision 3. 多様な評価軸で新たな価値を創造する

研究により創出したシーズの社会実装に向けた有力な選択肢はスタートアップであることは言うまでもない。化学工学会では、2023年3月から、年会・秋季大会において、スタートアップに関する特別シンポジウムを開催している。特別シンポジウムをきっかけとして創業したスタートアップも生まれており、起業とその後の成長に興味のある会員が集い、新たな挑戦をする場として機能し始めている。社会を変革する企業が次々と生まれてくる未来もそう遠くはないであろう。

参考文献

- 1) Inoue, H. and Yamaguchi, E. : SAGE Open, 7, 1-9(2017)
- 2) NetIB-News(<https://www.data-max.co.jp/article/15116>)
- 3) 科学技術指標2025 (https://www.nistep.go.jp/sti_indicator/2025/RM349_00.html)
- 4) 令和6年度技術開発調査等推進事業大学発ベンチャーの実態などに関する調査 (https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/start-ups/reiwa6_vc_cyousakekka_houkokusyo_r.pdf)
- 5) Speeda社Webページ(<https://jp.ub-speeda.com/news/20250121/>)
- 6) Crunchbase社Webページ (<https://news.crunchbase.com/venture/global-funding-data-analysis-ai-eoy-2023/>)
- 7) 令和4年度社会課題解決スタートアップの特性に応じた支援エコシステムの在り方に関する調査事業調査報告書（概要版）(https://www.kanto.meti.go.jp/seisaku/sdgs/data/4fy_kanto_syakaikadai_chousahoukokoku.pdf)
- 8) Wikipedia(<https://ja.wikipedia.org/wiki/> 技術成熟度レベル)
- 9) 次期戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の検討状況について (https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/220929/siryo1-2_1.pdf)
- 10) 公益社団法人化学工学会 VISION 2036 (<https://www.scej.org/general/vision2036.html>)