

【評論】

破壊的イノベーション時代の技術政策



青山学院大学名誉教授

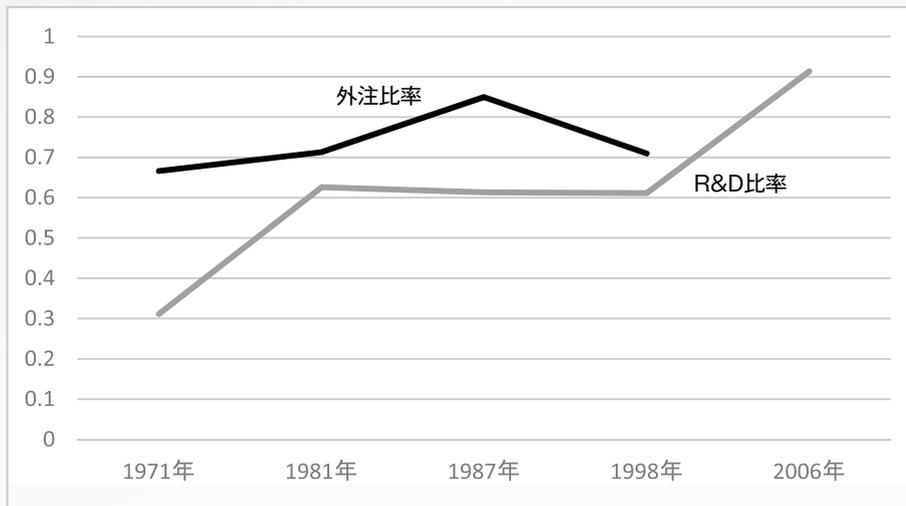
港 徹雄

1. 破壊的イノベーション

筆者が『日本のものづくり競争力基盤の変遷』（日本経済新聞出版社刊）を上梓して7年の歳月が過ぎ去った。本著書で筆者が最も強調したかったのは、日本のものづくりの競争力を支えてきた高度な下請分業システムは20世紀末からの三次元ICT革新によってその競争優位性が大きく低下し、代わって、研究開発投資が我が国産業の国際競争力を最も有意に説明する要因となっていること。したがって、研究開発投資を拡大し、イノベーションの連鎖を引き起こす産業システムへと転換しなければ、我が国は「経済大国」としての地位が維持できないという事実である。

実際、我が国輸出産業の競争力（輸出特化度）を、「外注システムの利用度」と「研究開発投資」という2要因から分析すると、製造大企業の業種別の外注比率と輸出特化度（当該業種の輸出額シェア/当該業種の生産額シェア）の相関係数は1987年の0.849をピークに1998年には0.709へと低下している。他方、我が国製造業の売上高に占める研究開発投資比率と輸出特化度との相関係数は1990年代末までは0.611と低かったが、2006年には0.913と著しく説明力を高めている。21世紀においては、研究開発投資なしには国際競争力が確保されない状況にある（図表1参照）。

図表1 外注比率及び研究開発費比率と輸出特化度との相関係数の推移



	外注比率	R&D比率
1971年	0.6662	0.3114
1981年	0.7128	0.6258
1987年	0.8496	0.6131
1998年	0.7098	0.6111
2006年		0.9133

資料出所：『(商)工業実態基本調査（各年版）』『科学技術研究調査報告書（各年版）』『外国貿易概況（各年版）』

このように21世紀の国際市場において価値の源泉はその商品・サービスに体化された知的資産であると言える。したがって、企業がいかに知的生産活動に注力しイノベーションを実現させるかがその産業の国際競争力に直結している。

ところが、2010年以降にはイノベーションの内容が大きく変化している。つまり、2010年以降、多くの産業部門でこれまで蓄積された技術資源がイノベーション実現にほとんど役立たないような根本的な技術の大変革、破壊的イノベーションの時代に突入している。^{注1}

こうした大変革をもたらしたのは、AI（人工知能）や遺伝子解析のような本来サイエンスとして大学等での研究対象であったものが、産業界で技術として応用可能になったことによる。つまり、技術が限りなくサイエンスに接近してきているのである。

例えば、AIは自動車の自動運転の実用化を可能にしているが、従来の自動車メーカーでは、こうしたAI技術の蓄積は皆無であった。また、これまで製薬企業では企業内に蓄積された百万種以上の物質(化合物)のデータベースを活用することに新薬開発を実現させてきたが、こうした従来の新薬開発手法はゲノム創薬や再生医療薬品の開発には役立たない。

このため破壊的イノベーションを実現するためには、企業は大学・高等研究所や研究型ベンチャーなどの外部の知的資源に依存せざるを得ない状況が生まれている。

このように、学術部門に帰属するサイエンスと産業部門に帰属するテクノロジーとの融合が破壊的イノベーションを実現するために不可欠な状況にあるにも関わらず、近年我が国では、大学・研究所等の研究活動成果が停滞し、研究基盤の脆弱化が懸念されている。

2. 劣化する日本の研究基盤

国際的な学術雑誌に掲載された論文数は各国の学術水準の有力な尺度であるが、「我が国の論文数は10年前と比較して減少傾向を示しており、この現象は主要国では唯一である」（『科学技術白書2018年版』p.32）。また、論文の質を示す指標である被引用数Top10補正論文数では、2003-2005年平均では日本は米国、英国、ドイツに次いで4位であったが、2013-2015年平均では9位と大きく順位を下げている（図表2参照）。

図表2 国・地域別Top10%補正論文数の順位

全分野	2003-2005年 (PY) (平均)			全分野	2013-2015年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数 分数カウント				Top10%補正論文数 分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位	国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	33,242	39.4	1	米国	39,011	28.5	1
英国	6,288	7.5	2	中国	21,016	15.4	2
ドイツ	5,458	6.5	3	英国	8,426	6.2	3
日本	4,601	5.5	4	ドイツ	7,857	5.7	4
フランス	3,696	4.4	5	フランス	4,941	3.6	5
中国	3,599	4.3	6	イタリア	4,739	3.5	6
カナダ	3,155	3.7	7	カナダ	4,442	3.2	7
イタリア	2,588	3.1	8	オーストラリア	4,249	3.1	8
オランダ	2,056	2.4	9	日本	4,242	3.1	9
オーストラリア	1,903	2.3	10	スペイン	3,634	2.7	10

注：分数カウント法を用いた。

出所：『科学技術白書2018年度版』 p.33

図表3 世界大学ランキング100位内大学数

国別順位	100位内大学数	大学順位内訳
1. 米国	45	(3,3,5,6,7,9,10,以下省略)
2. ドイツ	10	(34,41,45,62,79,82,88,92,94)
3. 英国	9	(1,2,16,27,36,54,76,80,91)
4. オランダ	7	(59,63,64,67,68,72,83)
5. オーストラリア	6	(32,48,61,65,80,85)
6. 香港	3	(40,44,58)
7. スイス	3	(10,38,95)
8. カナダ	3	(34,42,78)
9. スウェーデン	3	(38,86,93)
10. 中国	2	(27,30)
11. シンガポール	2	(23,52)
12. 日本	2	(46,74)
13. 韓国	2	(74,95)
14. ベルギー	1	47
15. フランス	1	72
16. フィンランド	1	90

注：ランク入り大学数が同数の場合、順位合計数の少ない国を上位にした。

出所：Times Higher Education World University Rankings 2018を基に作成

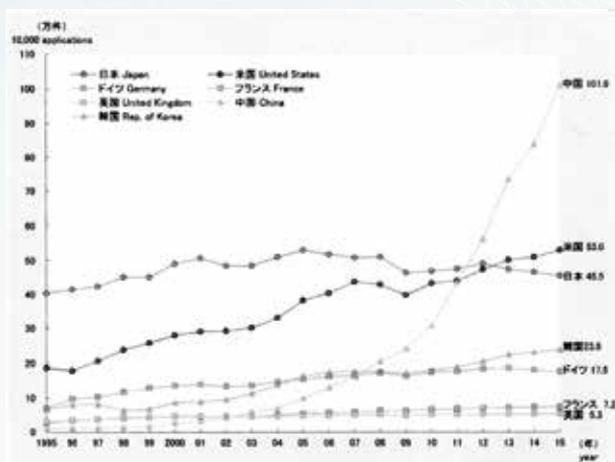
注1：Clayton M. Christensen: The Innovation's Dilemma 1997. (邦訳『イノベーションのジレンマ』2001年翔泳社)では、従来と全く異なる価値基準を市場にもたらし旧来製品を駆逐する技術革新を「破壊的イノベーション」と定義している。本稿ではこのクリステンセンの定義に加えて、既存の技術資源では対応できないような抜本的な技術革新を「破壊的イノベーション」と定義する。

つぎに、Times Higher Education World University Rankings 2018によると、世界の大学ベスト100位内に選別された我が国の大学は東京大学(46位、2010年は26位)、京都大学(74位、2010年は57位)の2校のみで国別順位は香港、シンガポール、中国に次いで12位に留まっている。ちなみに、米国は100位中45校、10位内に7校を占めるなど圧倒的な大学教育パワーを顕示している。

さらに、研究開発活動の具体的成果である特許出願件数をみると、我が国は2005年には50万件を突破し2位の米国を十数万件も上回るダントツ1位を占めていた。しかし、その後は停滞・減少傾向を辿り、2013年には中国、米国に次ぐ3位に低下している。他方、中国は2004年には7万余件に過ぎなかったが2006年以降に急激に増加し2015年には101万件と10年間で13倍にもなり、日米両国の出願件数を合算した水準に達している(図表4参照)。

中国のこのような驚異的な技術発展は、1990年以降の中国の研究開発投資の急伸と国内・海外の大学・大学院への進学率の急激な上昇、すなわち、中国における研究基盤の強化が結実したものである。

図表4 主要国等の特許出願件数の推移



注：出願人の国籍別に、本国及び他国に出願した件数とPCT国際出願に基づく国内移行段階件数を合計したものである。
資料：WIPO statistics database, February 2017
出所：『科学技術白書 2018』p.85

3 研究基盤劣化の原因

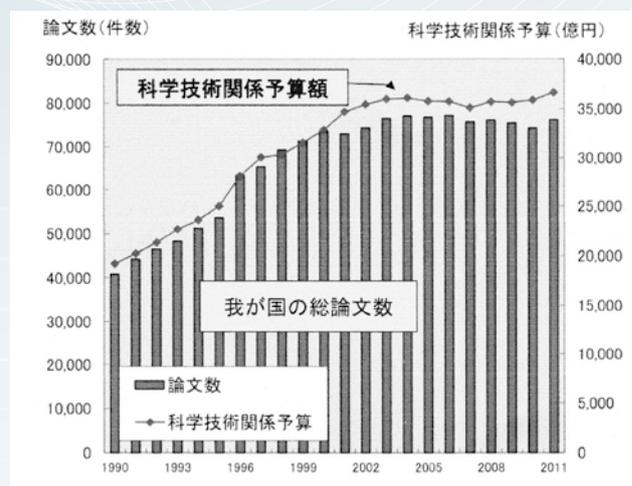
近年になって、我が国の研究開発成果の国際的順位が低下してきている原因として2つの要因が考えられる。

第一に、1980年代、90年代を通じて大幅に増大した政府の科学技術関係予算額が21世紀以降ほとんど

横ばいに推移していることである。ここ数年の我が国ノーベル賞受賞者の多くは80年代—90年代の豊富な科学技術研究補助金で研究が支えられたと述べている(2018年11月18日「日本経済新聞」30面)。

実際、科学技術関係予算額の増加と総論文数とは密接に関連している(図表5参照)。

図表5 科学技術関係予算額と総論文数の推移



出所：文部科学省「平成26年度予算の編成等に関する建議」
file:///C:/Users/minat/Documents/文科省資料.pd

また、国立大学が独法化した2004年度から10年間にわたり国立大学法人運営交付金額が毎年1%減額され、交付金額は2004年度の1兆2,415億円から2015年には1兆945億円となり1,470億円の減額となっている。このため、この交付金で賄われる国立大学教員の数は2016年度には56,148人と2009年度と比較して1,792人も減少している。

(文部科学省：http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education)

第二に、20世紀末以降の高等教育制度や科学技術政策の「改革」が結果的に研究基盤の脆弱化という副作用をもたらしていると考えられる。

大学制度「改革」の嚆矢は有力国立大学を対象にした大学院重点化政策である。これは従来の学部を基礎とした大学から、大学院中心の大学へと大学組織を改編するものである。この改編は1991年から開始され、2000年度までには旧7帝大および一橋大学、東京工業大学の計9大学で実施された。その後7国立大学および一部の私立大学も大学院大学へ移行した。

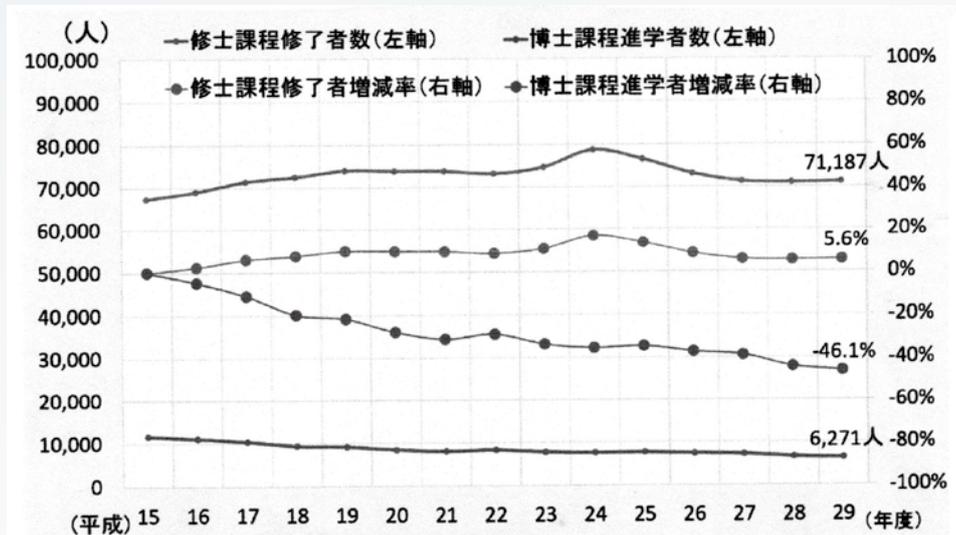
大学院重点化大学では、従来の学部学生数に基づく教員定数が基本的には大学院院生数によって配分

されるように変更された。このため教員定数を確保する必要から大学院院生の定員が大幅に増やされた。この増加した院生定数を確保するため従来の入学基準を緩和せざるを得ず、入学者の学力が低下し

たとの指摘も少なくない。

さらに、より深刻な問題は、大学院教育の拡充策にも関わらず、博士課程への進学者数が長期間減少していることである(図表6参照)。

図表6 修士課程修了者と博士課程進学者数の推移



資料：文部科学省「学校基本調査報告書」を基に文部科学省作成
出所：『科学技術白書2018』p.45

博士課程への進学者が平成15(2003)年度以降ほぼ一貫して低下し、2017年度には2003年度比46.1%減と半分近くにまで減少している。

こうした二要因によって我が国の研究基盤が劣化し、2010年以降の論文採択数国際順位の低下等の研究活動水準の停滞につながっているのかもしれない。

では、なぜ博士課程進学者数は減少を続けているのであろう。その最大の理由は、博士課程修了者の主要な就職先である大学や高等研究機関の正規雇用枠が21世紀以降ますます狭まり、その新規雇用の大部分が任期付となるなど雇用条件が悪化していることによって博士課程に進学しても将来展望が開けないことにある。

大学教員や研究機関研究職員の身分が不安定になった要因の第一は、2007年度から実施されて大学教員の職制の変更である。それまで大学教員は助手→専任講師→助教授→教授というように昇格し、一部の助手以外はその無期限の雇用が保障されていた。ところが2007年度に導入され新たな職制では、助手と専任講師とが「助教」として統合され全て任期付(通常は3年程度)の身分となった(助教授は「准教授」と名称の変更だけであった)。こうした職制の変更は国立大学にとどまらず、文科省の指導もありほ

とんどの公立・私立大学でも実施された。

任期付教員制度の導入は、大学教員等の研究人材の流動性を高め、研究活動へのインセンティブを高めることを目的とするもので、研究活動成果の高い米国の任用制度の模倣ともいえよう。

米国では、大学に限らず産業界全般で労働市場が流動的であり、民間企業部門と研究部門との人材交流も活発である。したがって、米国では大学教員であれ企業内研究者であれ、雇用リスクは等しいといえる。

また、シリコンバレーなどのハイテク企業の集積地域内では、専門分野を同じくする技術者・研究者によって濃密な情報ネットワークが形成されており、このネットワークを通じて再就職先を斡旋されるなど、雇用リスクを軽減する制度が確立している。実際、シリコンバレーでは研究・技術者の採用数の過半は従業員の紹介によるものであり、紹介された技術者が試用期間を終了し正規雇用されると、紹介した従業員には「紹介ボーナス(referral bonus)」が支給されている。

ところが、長期安定雇用が経済制度として定着している我が国では、組織の壁を越えて研究者同士が緊密に情報を交換するネットワークは形成されていない。つまり、我が国では雇用リスクを軽減するた

めのセーフティネットが存在しないため、失職への恐怖観が増幅されている。

こうした経済制度のもとで、大学教員等の研究人材だけに任期付雇用制度を導入することは、研究部門従事者だけが大きな雇用リスクを担うこととなる。

雇用リスクが高くても、プロスポーツ選手のようにそれに見合う高い報酬が保証されているのであれば問題はないが、我が国では研究人材の給与水準はその学歴等を勘案すれば低いと言わざるを得ない。つまり、大学教員等の研究職は「ハイリスク・ローリターン」な職業へと変貌していることが、元々研究者養成指向が強い大学院博士課程への進学を躊躇させている。

大学教員や研究機関研究員に雇用期限付きの身分、例えば「特任教授」や「特任研究員」、が近年増加しているもう一つの要因は、競争的研究資金が近年急速に増加していることである。こうした資金は採択された研究プロジェクトに対して、通常は3～5年の期間を限定して研究資金を交付するもので、そのプロジェクトの実施期間に限定して専門分野の研究員を「特任〇〇」として採用するものである。実際、最先端の研究機関ほどこうした任期付研究職員の比率が高くなっている。例えば、ノーベル賞受賞者の山中伸弥教授が所長を務める京大iPS細胞研究所では研究職員の90%が任期付の身分である。

また、文部科学省調査にもとづく内閣府の資料(<https://www8.cao.go.jp/cstp/stsonota/katudocycosa/h27/sihyo4.pdf>)では、40歳未満で任期付の国立大学教員の比率は2009年度の76.4%であったが2016年度には84.9%に達し、40歳未満ではほとんどの教員が任期付身分となっている。

長期安定的雇用制度が定着している日本で、不安定な雇用制度下にある研究者を職業として志望する若者が減少することは避けえないであろう。

身分が不安定な任期付雇用制度下にある大学教員や研究職員の中には、任期内に正規雇用の職が得られるような研究業績を挙げねばならないという過大なプレッシャーに耐え切れずに、論文の改竄などの研究不正に走るケースも少なくない。また、短期間に成果が期待できる革新度の低い安易な研究テーマを選好する傾向も見られる。こうした問題によって日本人研究者が発表する論文への国際的評価の低下が憂慮される。

科学技術政策を担う政策当局もこうした問題を認

識しており、文部科学省編『科学技術白書2018年』では研究活動成果停滞要因の分析に多くの紙面を割いている。

また、有望な若手研究者に明確な将来展望を持たせるための新制度が実施されている。これは博士学位取得10年以内の研究者を対象に公正な選別課程を経て、5年任期を付して雇用し、研究主宰者(PI)として自立して研究活動に専念できる環境を与え、任期終了時にテニユアポスト審査を経てテニユアポストに就かせるという、テニユアトラック制度で、2006年度からモデル事業として実施し、2011年度からは本格実施している。

このテニユアトラック制度は米国で普及している制度を導入したもので当初は「日本版テニユアトラック制度」と呼ばれていた。確かにこの制度は若手研究者に従来よりも安定した地位を与える効果が期待されるが、その採択人数は少数であり、抜本的な改善には程遠いといえよう。

日本の雇用制度を前提にすれば、大学教員等の研究職を任期付雇用にすることはあまりにも問題が多い。

日本の長期・安定的雇用制度に適合させるためには、助教制度を任期付から原則無期限雇用に改めたうえで、准教授への昇任審査に外部の専門家を審査委員に加えるなど昇任基準を厳しくすること。また、研究活動へのインセンティブを強めるために、准教授・教授の給与水準を大幅に引き上げるなどの制度的工夫が必要であろう。

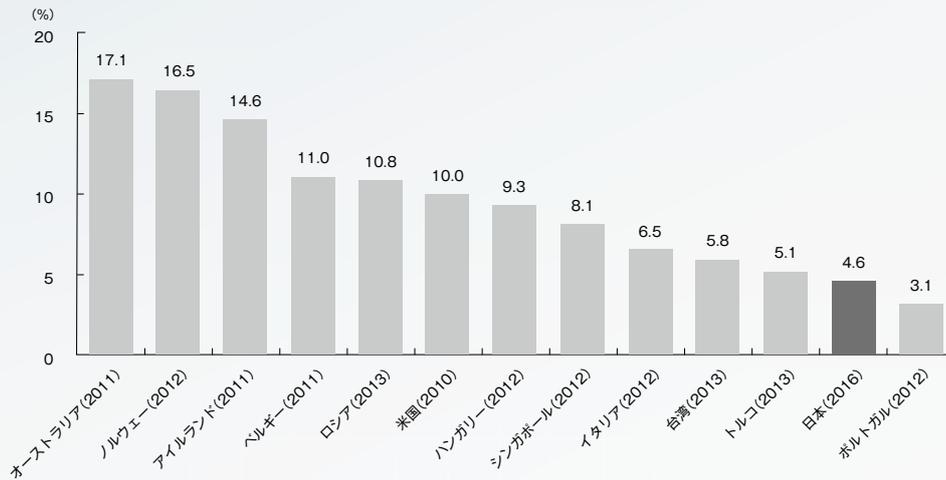
4. 中小企業における高度技術人材の活用

21世紀初頭に大学院重点化政策がとられ、大学院生の定数が拡大された背景には、産業技術の高度化によって民間企業で大学院博士課程を修了した高度技術人材への需要が拡大する見通しが政策当局者にあったためかもしれない。

しかしながら、我が国企業は、依然として学部・修士卒業者のみを採用し、前述のように、それまで企業内部に蓄積した独自の技術資源をもとに累積的技術開発を行うスタイルを継承してきた。実際、2016年度においても博士学位取得者を雇用している企業の比率は4.6%と先進諸国では最も低い水準にある(図表7参照)。

企業内部の技術資源に依存した日本企業の技術開

図表7 博士号取得者採用企業数の割合



資料：日本は総務省「科学技術研究調査」、米国は“NSF, SESTAT”、その他の国は“OECD Science, Technology, and R&D Statistics”のデータを基に文部科学省作成
出所：『ものづくり白書2017』p.220

発スタイルは、破壊的イノベーションを伴う技術分野には有効性は著しく低いものである。こうした状況に直面した日本企業の中には、数千億円以上もの巨額の費用を投じて海外の先端技術保有企業を買収するケースも少なくない。

しかし、こうした巨額資金を海外企業買収に投じるよりも、研究成果が得られるまでに時間が掛かるとしても、国内の大学・研究機関との共同開発に研究資金を投じる方が当該企業のみならず日本の研究基盤の強化に資するのではなかろうか。実際、我が国の研究人材は、依然として豊富な研究資金が利用可能になれば、世界水準の研究成果を達成しうる潜在能力を保持していると考えられる。

破壊的イノベーションによって大企業が社内に蓄積している膨大な技術資源の有用性が低下していることは、この技術分野では、ニューベンチャーや技術開発志向型中小企業にとって新たなビジネスチャンスを開くことを意味する。

Preferred Networks (PEN)社は、破壊的イノベーションの典型である人工知能(AI)の一種である深層学習(Deep Learning)による制御技術を研究開発するために、2014年に設立されたニューベンチャーである。

同社の西川徹CEOは同社は「最先端の技術を継続的に生み出し、実用化する組織」の確立を目指すとし、研究人材の最上位に位置する専任の

Researcherの応募条件を博士号取得者に限定している。また、同社の技術顧問にはPieter Abbeel UC Berkeley教授および五十嵐健夫東京大学大学院情報理工学系研究科教授を迎えている(PEN社ホームページ)。

こうした最先端技術開発への研究体制とその研究実績は高く評価されており、著名研究機関との共同研究プロジェクトを実施している。また、多くの大企業が巨額の出資を行っており、日本経済新聞社の調査では、推定企業価値は2,326億円と評価されている。

PEN社は、破壊的イノベーション時代における、研究開発型ベンチャーのあるべきモデルを顕示しているといえよう。

これまで、日本政府の中小・ベンチャー企業に対する技術開発支援政策は、技術開発に必要なハードウェア(設備・機器)購入資金補助に重点がおかれてきた。しかしながら、破壊的イノベーションに挑戦するためには、当該技術分野における高度技術人材の確保が決定的に重要である。しかし、中小企業で一般的な給与水準では高度技術人材を採用することはほとんど不可能といえる。

したがって、今後の中小企業技術開発支援政策は、例えば、技術開発のキーになる高度技術人材を高給(年俸1000万円以上)で雇用する際にはその人件費の一部を一定期間助成するような人的資源投資支援へと転換する必要がある。