

Title	英国の大学評価REFにおけるインパクト創出プロセスの研究 (A study of the impact creation process observed in the Research Excellence Framework (REF) in the UK)
Author(s)	小林, 直人; 島岡, 未来子; 古賀, 康之; Yu, Lily; Higginson, John
Citation	年次学術大会講演要旨集, 31: 180-185
Issue Date	2016-11-05
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/13901
Rights	本著作物は研究・イノベーション学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Research Policy and Innovation Management.
Description	一般講演要旨

英国の大学評価 REF におけるインパクト創出プロセスの研究
 A study of the impact creation process observed
 in the Research Excellence Framework (REF) in the UK

○小林直人/Naoto Kobayashi、島岡未来子/Mikiko Shimaoka、古賀康之/Yasuyuki Koga (早稲田大学)、
 Lily Yu, John Higginson (DART Partners)

要旨

2014年に行われた英国の大学評価 Research Excellence Framework (REF)では、理工系から人文・社会科学系の全ての分野の研究成果について、研究インパクトの提出が求められた(評価の重みは20%)。報告によれば、全部で約7000件の事例が提出され、生命科学、工学および物理科学、社会科学、芸術および人文学の4分野の中では、社会科学分野の事例提出が最も多かった。またインパクトの貢献先としては全体を通じて産業分野が1位であり、その中でも理工学分野の貢献事例が最も多かった。本研究では、この理工系分野における典型的なインパクト事例を分析し、時間軸を含めたインパクト創出のプロセスを検討した。その結果、インパクト創出プロセスの中で、基盤となった研究成果、研究チームの構成と活動、グラントと投資獲得等、重要な幾つかの条件とその関連性や背景を抽出することができた。

Abstract

University research is often viewed as a driver of transnational growth, prosperity and collaboration. In recent years, education governance systems have devised new ways to evaluate the impact of university research. One of the most recognized frameworks for impact assessment is the UK's Research Excellence Framework (REF). For REF 2014, about 7000 case studies were submitted by UK Higher Education Institutions to illustrate how research from different disciplines contributes to society. However, the process to formulate social impact from basic research is fraught with complexities and challenges. This study shows a typical model of the impact creation process in the disciplines of Engineering and Physical sciences, and discusses key processes to consider when determining how basic research contributes to societal impact. The results show the critical role of underpinning research, research team activity and grant and investment *etc.* and their interaction.

1. はじめに / Introduction

英国で2014年に開始された大学評価 REF (Research Excellence Framework) におけるインパクト(研究の波及効果) 評価の概要を昨年すでに紹介した[1-3]。REF のようにインパクトを大学評価に統一的に取り入れたのは世界で初めての試みであるが、大学における研究は分野や時間軸や範囲等によりそのインパクトが異なるために、それらを統一的に評価することは大きな困難を伴う。そのため、本論文ではインパクトの創出プロセスに焦点を当て、基礎研究からどのようにして実質的な社会貢献となるインパクトが創出されるかを検討した。今回は特に経済的インパクトに着目し、起業や技術移転、企業収入等の明確なエビデンスの出ている事例が多い理工系 (Engineering & Physical sciences) 分野におけるインパクト創出のプロセスを精査しその特徴を分析した。

2. REF インパクトの特性 / Characteristics of REF impact

REFインパクトについては、King's College Londonから詳細な分析報告書が出版されている[4]。今回提出されたインパクト事例数は全体で6975件であり、研究分野別ではPanel A (Life sciences):1621件、Panel B (Engineering & Physical Sciences):1667件、Panel C (Social sciences):2040件、Panel D (Arts & Humanities):1647件であって、社会科学分野の突出が目立った。一方、インパクトの型では、Societalが1723件、Technologicalが1397件、Culturalが1397件、Healthが857件、等であった。

また大学別のインパクト事例提出数では、10位まででUniversity College London (283件)、University of Oxford (258件)、University of Cambridge (227件)、University of Edinburgh (227件)、University of Manchester (181件)、University of Nottingham (152件)、King's College London (151件)、University of Glasgow (138件)、Imperial College London (135件)、University of Leeds (129件)、であった。

Fig.1には、文献4に示されたインパクトの受益者(beneficiary)の分布を示す[4]。最大の受益者は企業(company)であり、研究分野ではPanel B (Engineering & Physical Sciences)から最大で約700件あり、次はPanel A (Life sciences)で400件弱ある。次の大きな受益者は学生(students)であり、これにはPanel D (Arts & Humanities)からの寄与が最大である。その後、子供(children)、患者(patient)、学校(school)と続く。Panel Aでのインパクトでは最大の受益者は患者であり、次は (NHS:

National Health Service、国民保健サービス)である。またPanel C (Social sciences)では最大の受益者は社会(community)となっている。

また、Fig.2にはインパクト評価書

に示されたキーワード、Spin-outs (スピニアウト)、Patents (特許)、Licenses (許諾)のそれぞれの出現頻度の研究分野毎の分布を示す。Spin-outsについては青色のPanel B: General engineering (UOA15)が最多で、次に同Computer science and informatics (UOA11)があった。以下 赤色のPanel A: Biological Science (UOA5)、Panel B: Chemistry (UOA8)、Physics (UOA9)、Electrical & electronic engineering, metallurgy & materialsと続く。一般的には理工系分野のSpin-outが多いことが窺える。

一方でPatentsではPanel A: Biological science (UOA5)、Panel B: General engineering (UOA15)、Panel A: Clinical medicine (UOA1)、Panel B: Chemistry (UOA8)、Panel A: Applied health professions, dentistry, nursing & pharmacy (UOA3)などが目立っており、医療生命系分野と理工系分野で拮抗して多く出されていることが分かる。またLicensesでは、Panel A: Clinical medicine (UOA1)が突出して多く、次にPanel A: Biological science (UOA5)が多い。このように医療生命系分野で特許申請、実施許諾などの知財創出・活用の動きが目立っている。他方、図中の紫色のゾーンPanel C (Social sciences)および緑色のゾーンPanel D (Arts & Humanities)では、どの項目もほぼゼロに近いことが分かる。

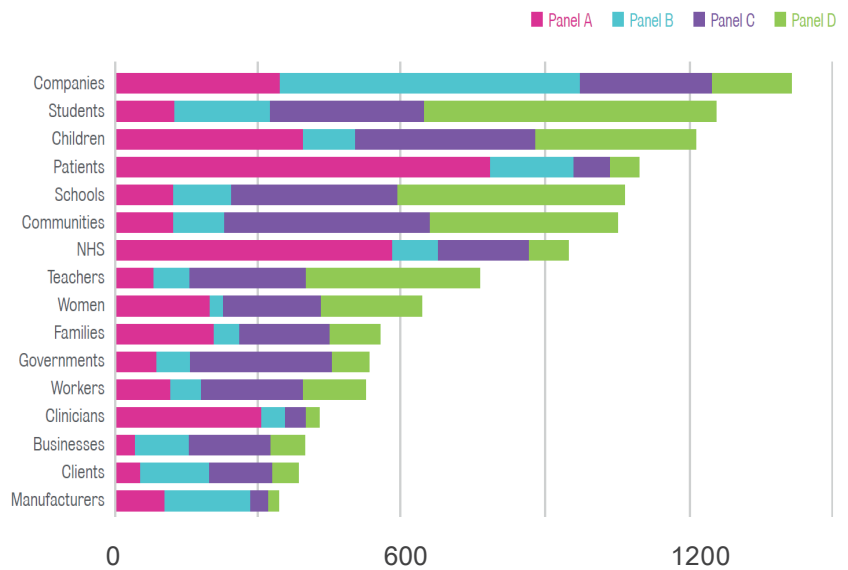


Fig.1 Potential beneficiaries of research found in case studies [4]

(Panel A=Life sciences, Panel B=Engineering & Physical Sciences, Panel C = Social sciences, Panel D=Arts & Humanities)

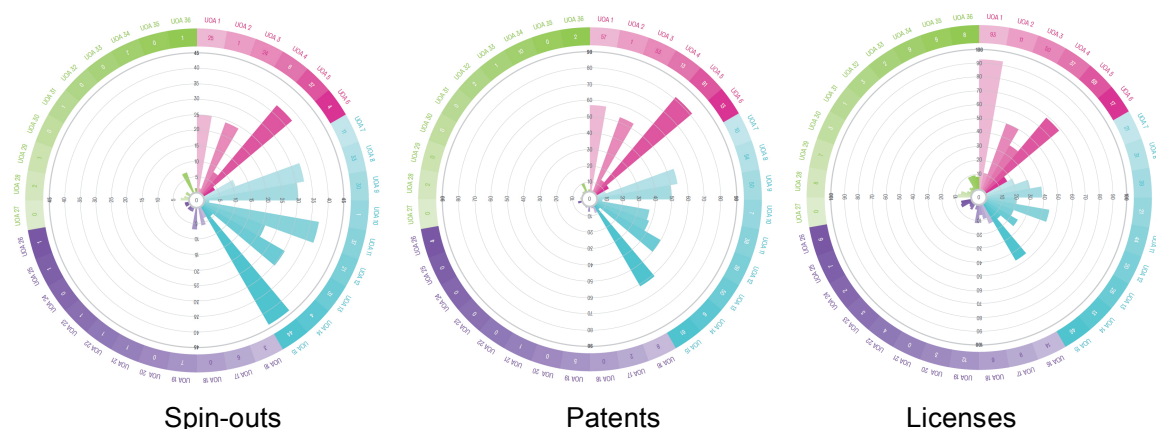


Fig.2 Impact wheels for keywords “spin-outs” (n=344), patents (n=570), licenses (n=654) (Red: Panel A, Blue: Panel B, Purple: Panel C, Green: Panel D) [4]

3. 研究インパクトの例 / Examples of Typical Impact

3.1 概要 / Outline of the case studies

No	Impact	University	Period	Spin-Out	Transfer	Revenue
1	発光 dendrimer Light-emitting Dendrimer	セント・アンドリュース大学 / エジンバラ大学 St.Andrews / U Edinburgh	2000~2010		Cambridge Display Technology (CDT) M&A by Sumitomo Chemical (2007)	CDT purchased by Sumitomo Chemical for \$285M
2	効率的・高品質、シリコンマイクロディスプレイ Efficient, High Quality, Silicon Microdisplays	ヘリオット・ワット大学 / エジンバラ大学 Heriot-Watt U / U Edinburgh	1993~2011	Micropix(1997) ForthDD(2004) M&A by Kopin		Annual revenue > \$5M Investment \$33M (2011)
3	スピアウト企業、リントンレーザー (株) とレーザー量子 (株) へのレーザー研究移転 Transfer of laser research and development to spin-out companies, Lynton Lasers Ltd and Laser Quantum Ltd.	マンチェスター大学 U Manchester	1993~2013	Lynton Lasers (1994) Laser Quantum (1994)		Annual turnover Lynton: £5.3M Laser Quantum: >£12M
4	キャベンディッシュ・キネティクス Cavendish Kinetics	ケンブリッジ大学 U Cambridge	1991~2013	Cavendish Kinetics (1994)		Grants to Department £0.75M(2002) VC funding >\$15.5M(2006)
5	レーザーとバイオメディカル応用のための微細構造光ファイバー Microstructured Optical Fibres for Laser and Biomedical Applications	サウザンプトン大学 U Southampton	1993 ~2013	Fianium (2003)	New Buisness in: NKT Photonics (Denmark), Menlo Systems Toptica Lasers (Germany)	Fianium: Annual turnover ~ £10M 50 employees

Table 1. Impact case studies adopted for the analysis of impact creation process

Table 1.に今回選択した主要インパクトの事例を示す。今回対象を選択するにあたり、インパクトとして、①起業または技術移転が明確な例、②経済的収入が明確な例、③インパクト創出のプロセスが明確な例、を対象に、Panel AおよびPanel Bの研究分野において事例を選択した。また大学としては上記インパクト例提出の多い大学に加えてUniversity of Southampton, University of St. Andrews, Heriott-Watt University を加えた。さらにインパクトの型として、Technologicalを選択した。最終的には、Fig.2に見られるようにSpin-out企業や特許、実施許諾の件数の多い理工系（工学および物理科学）に関連した上記の5つのインパクト例を選んで、その詳細を分析した。その際、インパクトを生み出す背景を調べるためにREFの三番目の評価項目である各大学のEnvironment評価（評価の重みは15%）も参考にした。

3.2 発光 dendrimer / Light-emitting Dendrimers

– グローバル展開の例 / An example of global extension -

Unit of Assessment: Physics, University of St Andrews and University of Edinburgh

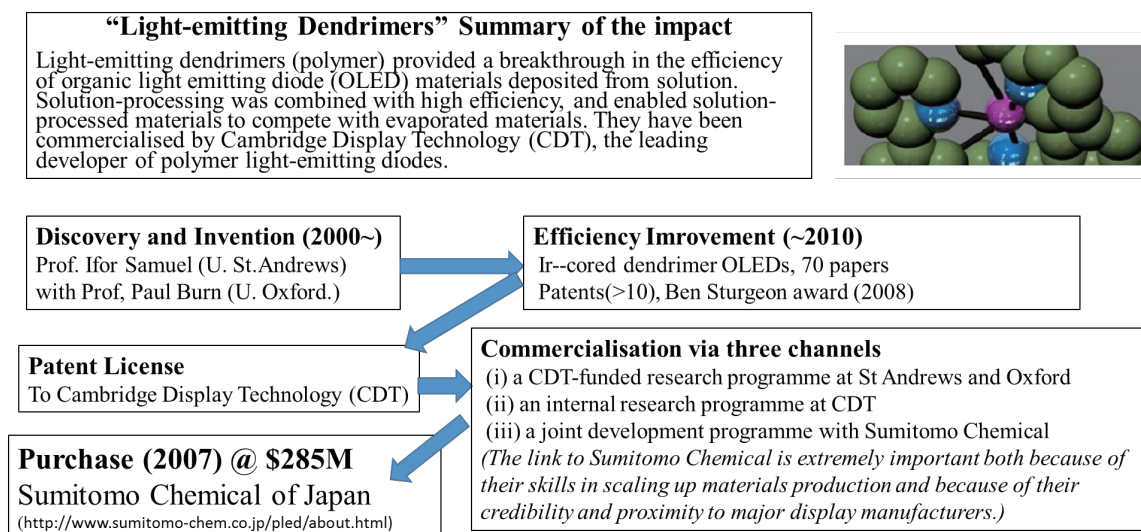


Fig. 3. Process of impact creation in the case of Light-emitting Dendrimers

Fig.3 に示すように、2000 年以降に University of St. Andrews と University of Edinburgh の共同で Prof. J.Samuel 等によってディスプレイ用有機発光ダイオード(LED)の新しい材料である dendrimer が開発された。本研究は効率的な溶液処理材料により、有機 EL 材料を革新する成果を生み出した。複数特許が CDT (Cambridge Display Technology) にライセンス供与され、同社は 2007 年に \$ 285M で日本の住友化学(Sumitomo Chemical) に買収された。これにより、住友化学は有機 LED 事業の主要な要素を獲得したとされている。本材料は (i) CDT の資金による研究プログラム (ii) CDT の内部研究プログラム (iii) 住友化学との共同開発プログラム、の 3 段階で行われた。住友化学の協力は材料生産のスケールアップと大手ディスプレイメーカーへの供給の両面で極めて重要で、この世界の主要エレクトロニクス企業を顧客に持つ、世界最大の化学企業の一つに大きな影響を与えたのは極めて大きな成果であると報告されている。

3.3 効率的で高品質なシリコンマイクロディスプレイ / Efficient, High Quality, Silicon Microdisplays
 - 大学間連携の研究成果の実用化 / Commercialization of inter-university collaboration research -
 Unit of Assessment: General Engineering, Heriot-Watt University and University of Edinburgh

この研究インパクトはスコットランドの Heriot-Watt University と University of Edinburgh が共同で運営している ERPE (Edinburgh Research Partnership in Engineering) の 1993 年から 2008 年にわたる液晶マイクロディスプレイの研究成果に関するものであり、その結果として 1997 年に Micropix 社が創出されている。2004 年にはさらに大規模な投資が行われ、同社は、Forth Dimension Displays (ForthDD) として再出発した。同社は、2008 年以来 25%以上成長し、年間売上高がほぼ \$ 5M であった。2011 年には世界最大のマイクロディスプレイ生産社である Kopin 社が、\$11M で ForthDD を買収している。

同研究は Profs. Underwood, Walton, Stevenson および PDRA (ポスドク) の Dr. Smith らによって行われ、このチームは高性能の強誘電性液晶 (FLCoS: Ferroelectric Liquid Crystal) を利用した空間光変調器(SLM: Spatial Light Modulator) を開発した (1993 年頃)。その後、整備された FLCOS マイクロディスプレイの技術設計および特性評価のためのインフラストラクチャが、技術の産業化の重要な部分であり、これは EPSRC (Engineering and Physical Sciences Research Council) が資金提供した ELITE プロジェクト (約 £310K) が大きな役割を果たした。

2012 年末 ForthDD は、世界最高解像度のフルカラーマイクロディスプレイをリリースし、高度なマイクロディスプレイの世界をリードするサプライヤーとしての地位を確立している。またヘッドマウント・ディスプレイ (HMD: Head-mounted Display) や電子ビューファインダー (EVFS: Electronic Viewfinders) が、今後の拡張現実感 (AR: Augmented Reality) や仮想現実感 (VR: Virtual Reality) の市場の中でキーとなる技術となっている。

3.4 スピンアウト企業- リントンレーザーとレーザー量子へのレーザー技術移転 / Transfer of laser R&D to Lynton Lasers Ltd and Laser Quantum Ltd.
 - 具体的な研究者の関わり方の明確な例示 / The effect of contribution of researchers -
 Unit of Assessment: Physics, University of Manchester

この研究のインパクトは、University of Manchester のレーザーフォトンクス分野の研究が、それぞれ年間売り上げ高約 £5.3M と £12M 以上の 2 つの Spin-out 企業、Lynton Lasers 社 (化粧品、美容外科用医療機器) と Laser Quantum 社 (研究開発、エンターテインメント) の立ち上げとその後の継続的発展に寄与していることである。

さらに報告書で特徴的なことは、1994 年の 2 つの Spin-out 企業の立ち上げに関わった研究者の動きが時

	93	94	95	96	97	98	99	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
King	Head of group																				
Dickinson	Lecturer/Senior Lecturer/Reader																				
Exley						PhD	Joined Lynton														
Charlton	PDRA	Formed Lynton																			
Berry	PDRA	Formed Lynton																			
Gloster		PhD		PDRA	Joined Laser Quantum																
Cox				PhD	Joined Laser Quantum																
Lane		PhD			Joined Laser Quantum																
Coleman						PhD		PDRA	Joined Laser Quantum												
		Lynton Lasers formed Charlton/Berry																			
		Laser Quantum formed Gloster/Cox/Lane																			
	Research on IPLs (Exley)										Training courses										
	Research on DPSS																				

Fig. 4. Timeline of the involvement of researchers with the research and spin-out companies

系列で明示されていることである。Fig.4 に、その概要が示されているが、研究グループのヘッドの Prof. King を中心に博士課程学生 (PhD) やポスドク (PDRA) が起業に関係している。Lynton Lasers 社はポスドク 2 名が立ち上げ、その後 PhD が加わり、Laser Quantum 社は PhD3 名で立ち上げ、10 年後にポスドクが 1 名加わっている。

Lynton Lasers社は、マンチェスター大学の研究成果を直接応用して、エステティックや美容外科でのコアビジネスを有しており、現在はさらに血管病変治療に応用し診療所を運営している。またLaser Quantum社は、Tiサファイアレーザーやダイオードポンプレーザーの製造を行い、13製品をカバーする紫外線から赤外線までの広い波長範囲のレーザーを世界30カ国以上に販売している。

3.5 キャベンディッシュ・キネティクス / Cavendish Kinetics

- Cambridge Science Parkを背景とした豊富な経験と人脈 -

Unit of Assessment: Physics, University of Cambridge

ケンブリッジ大学では、Prof. Charles Smithによる量子輸送現象を利用したナノスケールの微小電気機械 (MEMS) 研究を基盤として、標準的なシリコンファウンドリで製造可能なMEMSプロセス技術を開発し、さらにそれがSpin-out企業Cavendish Kineticsの創出につながった。同社に対してベンチャー投資家 (VC: Venture Capital) から十分な投資があり、2000年には\$6Mを受けて学外にラボを作った。2006年に\$15Mを調達して米国San Joseに子会社を作り、半導体設計の世界的企業であるQualcomm等から投資を受けて順調に成長している。

同MEMS技術は特にスマートフォンで使用される最新の4GやLTE技術に大きな強みを有している。同社は現在、高速データ転送と低消費電力化を可能にする携帯電話用の高周波 (RF) MEMSを生産している。また同社は初期には、過酷環境のための不揮発性メモリ製品も開発している。現在同社は、米国、英国、オランダ、韓国のオフィスで350人以上の雇用をしており、また大規模な特許ポートフォリオを開発し、VCからさらに数千万ドルの資金を調達している。

3.6 レーザーとバイオメディカル応用のための微細構造光ファイバー / Microstructured Optical Fibres for Laser and Biomedical Applications

-優れた研究チームの成果の着実な事業化 / Commercialization of Team-type Research -

Unit of Assessment: Electrical and electronic engineering, University of Southampton

この研究インパクトは、光ファイバー研究で世界の第一人者であるProf. David Payneが所長を務めているUniversity of SouthamptonのORC (Optoelectronics Research Center) で1993年から2013年の間に研究成果が生み出された微細構造光ファイバー (MOF; Microstructured Optical Fibres) の実用化・事業化の事例である。MOFは、ファイバー断面に刻まれた微細な中空構造によって光伝搬様式を制御する非線形効果が増大し高いスペクトル性能の光伝送が可能となっている。一つの応用例は、連続で広帯域なスーパーコンティニュームファイバーレーザー (SFL : Supercontinuum Fibre Laser) であり、これによって従来より100万倍以上明るい白色光を生成・利用することが可能となる。

この研究グループは Prof. Payne を筆頭に 7 名の教授陣で構成されており、その学術的水準は極めて高い。またこのグループは EPRSC (Engineering and Physical Sciences Research Council) から多額のグラントを獲得して研究を推進するとともに、2003 年には Fianium 社という Spin-off 企業を立ち上げた。年間売り上げ約~£10M で 50 人以上を雇用している同社は、現在小型・全光ファイバー型スーパーコンティニューム光源の世界最大の供給者となっている。その社員の多くは同大学の ORC の出身者で、同社は、年間£100K のレベルで大学に研究資金を提供するとともに、その製品の 90%以上を輸出し英国に収益をもたらしている。また世界中のスーパーコンティニューム光源の市場は 2016 年には\$621M になると予測されているなど、同大の研究成果は新たな産業の創出にも寄与している。

4. インパクト創出プロセス / Impact Creation Process

上記のインパクト事例の分析から、下記に示す幾つかのインパクト創出プロセスが浮かび上がってきた。

(1) 基盤となった研究成果 / Underpinning Research

どの研究インパクト事例においても基盤となった研究成果は Appl. Phys. Lett.、Optics Letters 等高評価の Journal に発表されている。対象とした大学が世界的評価の高い大学でありその研究成果が高いのは当然であるが、それらが明確なインパクトに繋がっていることは注目すべきである。

(2) 研究チームの構成と活動 / **Activity of Research Team**

今回調査した事例の中では、極めて少数のチーム構成で研究成果を出した例 (**University of St. Andrews**) から大規模な研究センタークラス (**University of Southampton**) まで多彩であったが、後者の例の方が重層的でありグラントや投資獲得に組織的対応が行われたと見られる。

(3) 研究成果が実用化されるまでの期間 / **Period of Commercialization of the Research Outputs.**

研究成果が生まれそれが実用化されさらに事業化されるまでには **10~20** 年がかかっている。特に **University of St. Andrews** の **Light Emitting Dendrimer** は最短の約 **10** 年である。REF の評価対象期間から **15** 年前まで遡って基盤となる研究を調査する、という方法は概ね妥当であると言えよう。

(4) 研究推進を支えるグラントおよび VC / **Grants and VC to support Research Promotion.**

ほとどの研究成果においても研究成果を支えるグラントおよび VC 投資の寄与が極めて大きい。グラントに関しては研究の質の高さが重要であるが、VC 投資に関しては英国が **1960** 年代から推進し **1980** 年代頃から花開いてきた **Science Park** での環境も大きな役割を果たしていると言えよう。

(5) 起業する人材 / **Entrepreneurs in the University**

幾つかの事例でも明確に示されていたようにポストドク研究者、PhD 大学院生等が起業の中心になっていることが分かる。スーパーバイザーである教授の役割も大きい、起業を担う人材が育っていることは極めて重要である。

(6) 市場開拓と発展 / **Market Development**

市場開拓と発展に関しては、研究者の手を離れてビジネスサイドの課題になる。しかし幾つかの例でも見られた通り、各大学と **Spin-out** 企業との結びつきはその後も強く密接な関係を保っている。英国の場合、上述の **Science Park** のように大学と企業の緊密な連携の場がさらに力を発揮していると考えられる。

5. 考察とまとめ / **Discussion and Conclusion**

REF 評価の設計に当たって、インパクトは最高水準の研究の上に築き上げられることが原則で、インパクトの評価には大きく **2** 点課題があった。すなわち、①研究実施時期と研究インパクトが明らかになるまでの間の「時間的ずれ」と、②研究がインパクトに確実に繋がったことをエビデンスを基に説明する「帰属」、である。今回我々は数 **100** にわたるインパクト評価書を調査したが、この **2** 点については殆どの研究が明確に基盤となる研究成果とインパクト創出との時間的関連性と繋がりを示していた。

一方、REF の中で各大学が **UOA** (学科) 単位で提出している **Environments** 評価書を見ると、**Research Strategy, Staffing Strategy, Income, Infrastructure and facilities, Interaction with Industry** などが詳細に記載されており、インパクトを生み出す背景となる学科の研究環境、人的資源、研究戦略などが整備されていることがわかる。特に産業界との連携に関しては、**University of Cambridge** の **TLO (Technology Licensing Organization)** である **Cambridge Enterprise** が大きな役割を果たしているなどの好例がある。他方、基盤となる優れた研究成果の上にインパクト創出がなされていることも銘記すべきである。

今回は、インパクト創出が明確な事例として理工系（特に工学および物理系）を対象に取り上げたが、**Fig.2** に見られたように、この分野の研究成果は **Spin-out** 企業、特許、実施許諾のように明確なアウトプットやインパクトが多く見られた。そして前章で述べたように、その創出プロセスもほぼ明確であった。我が国の大学においては、このようなプロセスの手順がまだ明確ではないが、今後、人材、資金獲得、**Spin-out**、知財、産学連携などの課題を着実にこなしていくことを通して、高水準のインパクト創出が可能になるであろう。

【参考文献】

- [1] イングランド高等教育基金協議会のウェブサイト：<http://www.hefce.ac.uk/research/ref/>
- [2] REF のウェブサイト：<http://www.ref.ac.uk/>
- [3] 小林直人、島岡未来子、丸山浩平：「英国の新たな大学研究評価 REF におけるインパクトの分析」、https://dspace.jaist.ac.jp/dspace/bitstream/10119/13248/1/kouen30_154.pdf.
- [4] “The nature, scale and beneficiaries of research impact”, king’s College London and Digital Science, March 2015, <http://www.kcl.ac.uk/sspp/policy-institute/publications/Analysis-of-REF-impact.pdf>