

# 1.(1)論文成果

論文数は減少傾向であるが、総論文数に占めるTop10%論文数の割合(Q値)は、近年微増傾向。しかし、主要国では我が国以上の増加を示しており、国際比較した際の論文数・Top10%論文数ランキングは低下。

国・地域別論文数、被引用数Top10%補正論文数

PY(出版年)2003-2005

全分野	2003 - 2005年 (PY) (平均)		
	論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	221,367	26.1	1
日本	67,888	8.0	2
ドイツ	52,315	6.2	3
中国	51,930	6.1	4
英国	50,862	6.0	5
フランス	37,392	4.4	6
イタリア	30,358	3.6	7
カナダ	27,847	3.3	8
スペイン	21,527	2.5	9
インド	20,319	2.4	10

PY(出版年)2013-2015

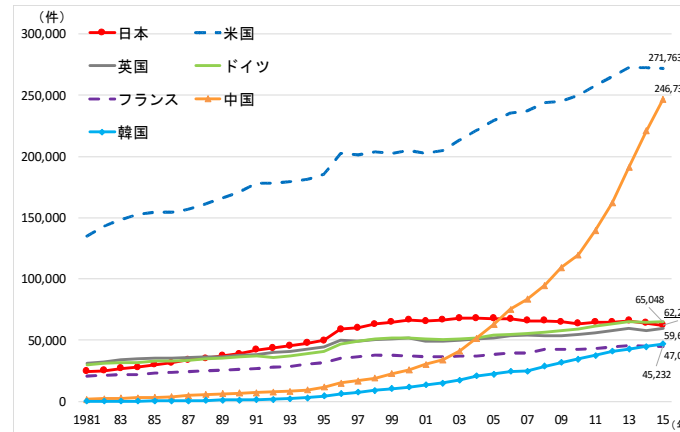
全分野	2013 - 2015年 (PY) (平均)		
	論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	272,233	19.9	1
中国	219,608	16.0	2
ドイツ	64,747	4.7	3
日本	64,013	4.7	4
英国	59,097	4.3	5
インド	49,976	3.7	6
フランス	45,315	3.3	7
韓国	44,822	3.3	8
イタリア	43,804	3.2	9
カナダ	39,473	2.9	10

全分野	2003 - 2005年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	33,242	39.4	1
英国	6,288	7.5	2
ドイツ	5,458	6.5	3
日本	4,601	5.5	4
フランス	3,696	4.4	5
中国	3,599	4.3	6
カナダ	3,155	3.7	7
イタリア	2,588	3.1	8
オランダ	2,056	2.4	9
オーストラリア	1,903	2.3	10

全分野	2013 - 2015年 (PY) (平均)		
	Top10%補正論文数		
	分数カウント		
国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	39,011	28.5	1
中国	21,016	15.4	2
英国	8,426	6.2	3
ドイツ	7,857	5.7	4
フランス	4,941	3.6	5
イタリア	4,739	3.5	6
カナダ	4,442	3.2	7
オーストラリア	4,249	3.1	8
日本	4,242	3.1	9
スペイン	3,634	2.7	10

(資料) クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2016年末バージョン)を基に、科学技術・学術政策研究所が作成

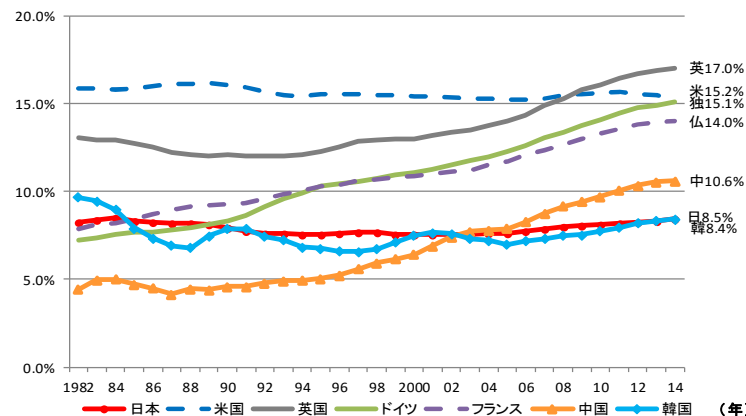
主要国における論文数の推移



(注) : 分析対象は、Article、Reviewである。論文のカウントは分数カウント法で行った。年の集計は出版(Publication year、PY)により、3年移動平均値を用いた。

(資料) : 科学技術・学術政策研究所「科学研究のベンチマーキング2017」(平成29年8月)を基に文部科学省作成

主要国における論文数に占めるTop10%補正論文数の割合 (Q値)

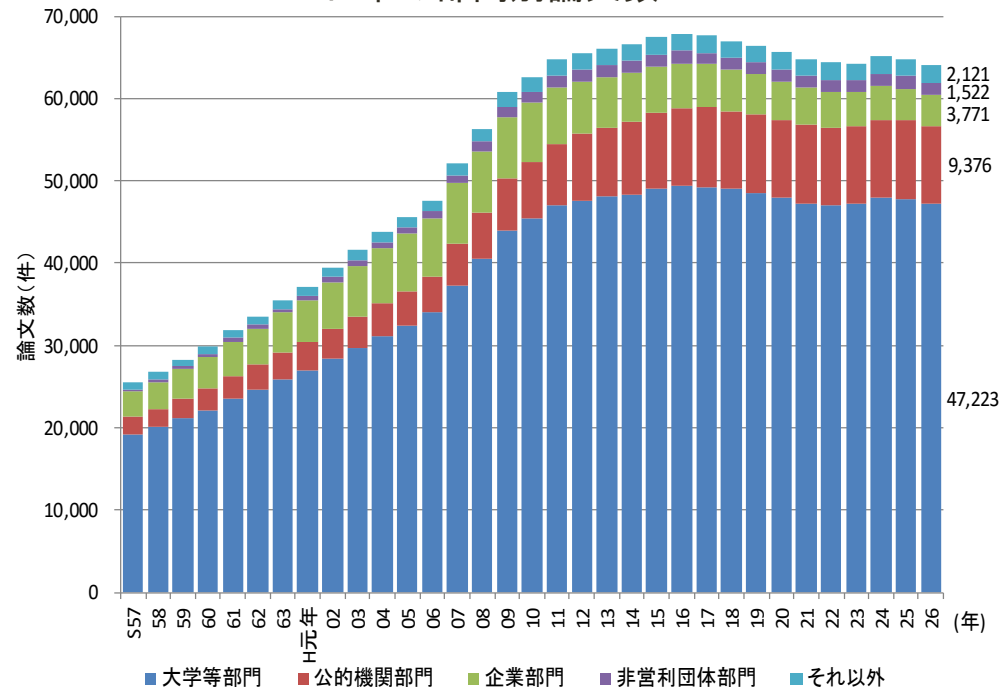


(注) : Article、Reviewを分析対象とし、整数カウントにより分析。各年の値は3年累積値を用いている。

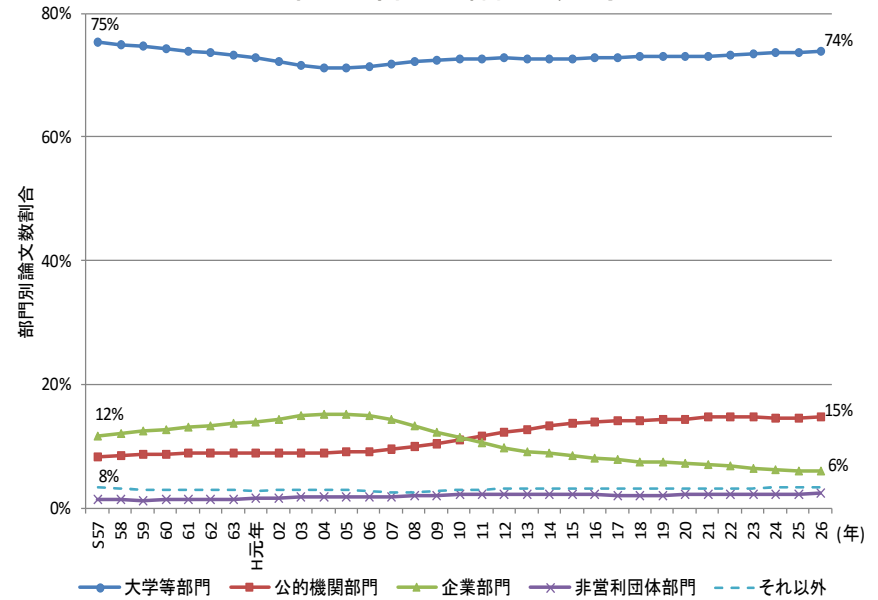
(資料) : クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science X ML(SCIE、2016年末バージョン)を基に、科学技術・学術政策研究所作成(「科学研究のベンチマーキング2017」(平成29年8月))

部門別論文数の推移を見ると、大学等が大きな割合を占めている一方で、企業の割合が低下傾向。公的研究機関部門の論文数割合は増加傾向。

日本の部門別論文数



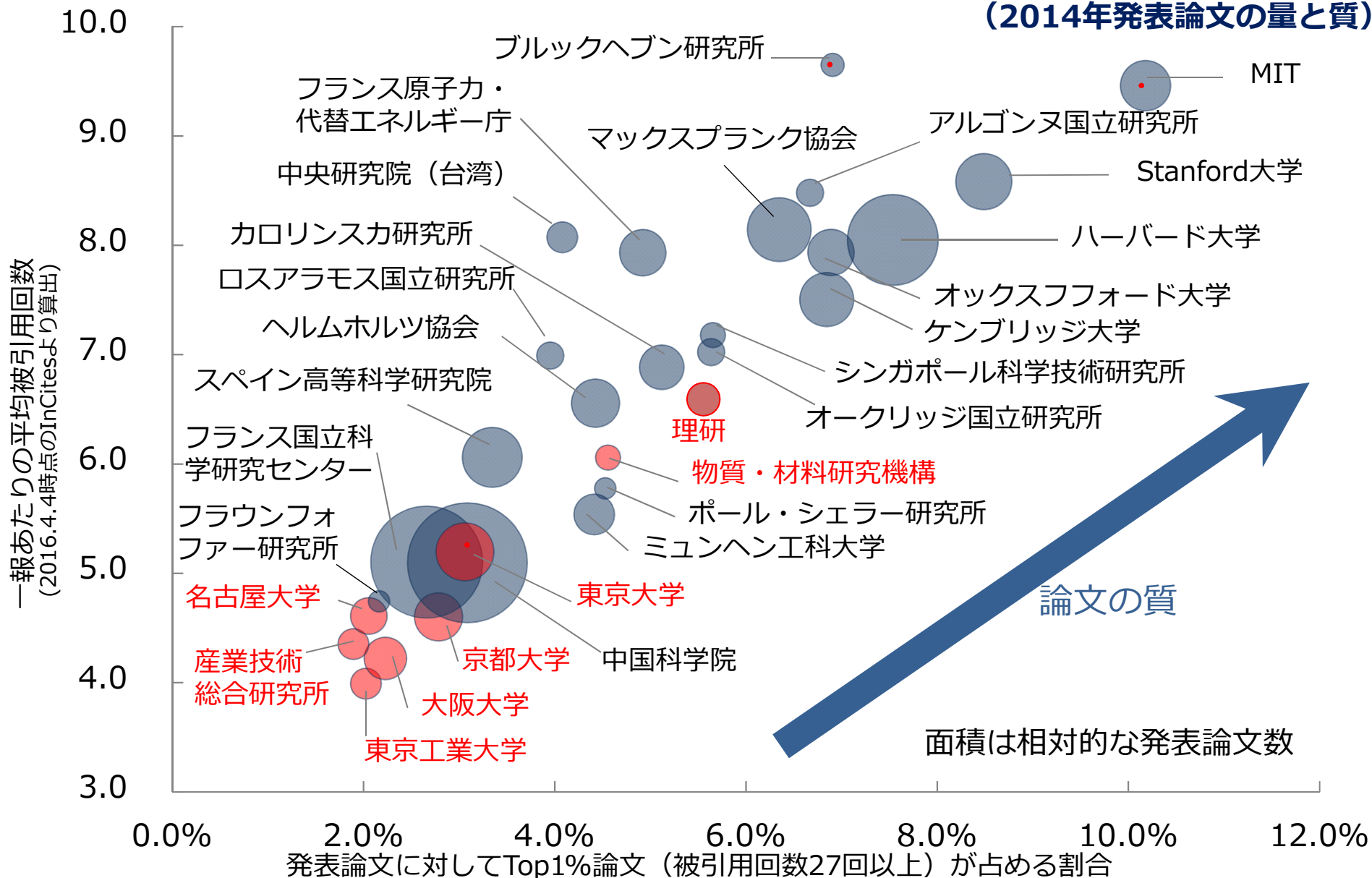
日本の部門別論文数割合



(資料)クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2016年末バージョン)を基に、科学技術・学術政策研究所が作成

# Top1%を生産している研究機関

(2014年発表論文の量と質)

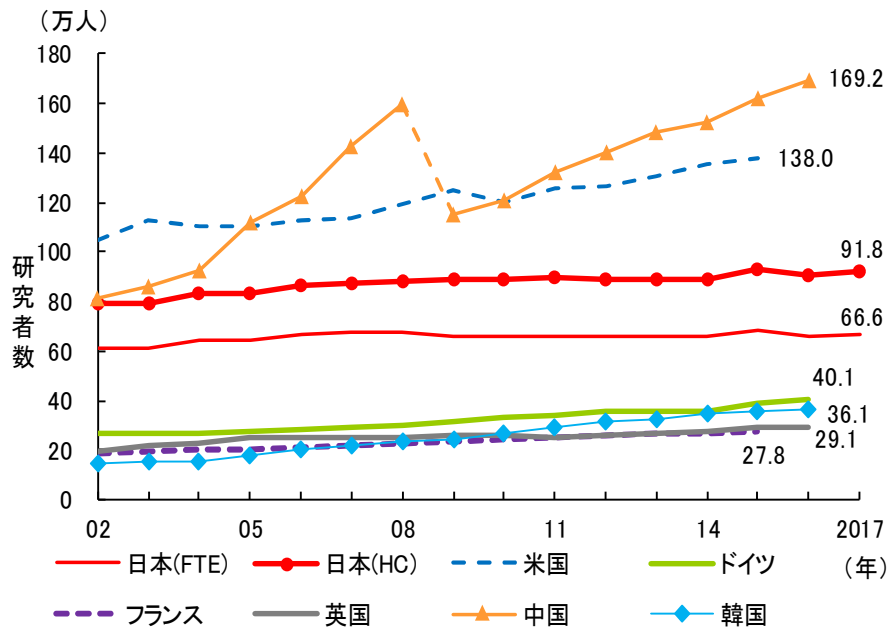


(資料)平成30年7月17日 自民党科学技術・イノベーション調査会 理化学研究所提出資料

# 1.(2)人材力 (強み)

- 世界第3位の研究者数を確保
- 2000年代に入って以降、自然科学分野のノーベル賞受賞者数は米国に次いで、世界第2位
- 企業研究者に占める博士号取得者の割合は増加傾向。しかし主要国と比較するとなお低い状況。

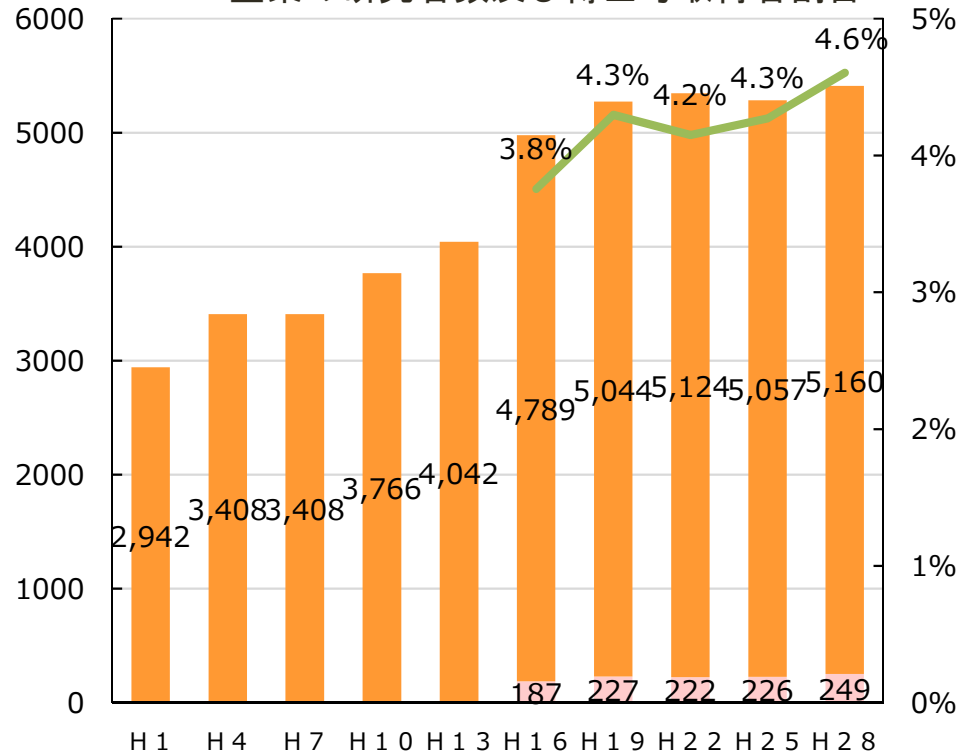
主要国における研究者数の推移



(注): 日本の数値は3月31日時点 中国: 2008年以前はOECDの定義に完全には対応しておらず、2009年から計測方法を変更している。

(資料) 日本: 総務省「科学技術調査研究報告」、OECD “Main Science and Technology Indicators” (2017/2)を基に文部科学省作成

企業の研究者数及び博士号取得者割合



企業の研究者数    うち博士号取得者数    博士号取得者割合

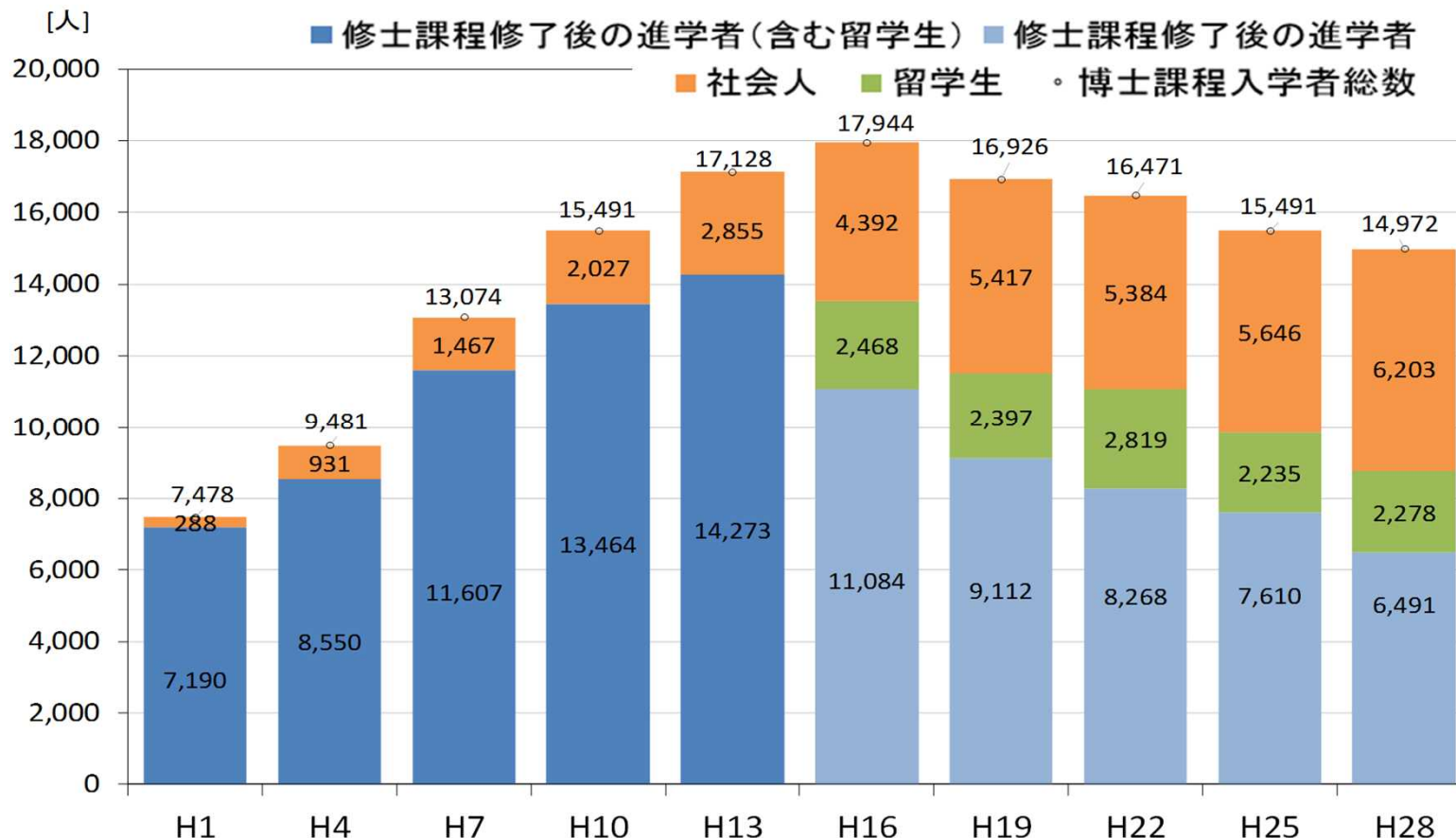
(資料) 総務省「科学技術調査研究報告」を基に文部科学省作成

(注): すべてフルカウント換算していない。平成13年以前と平成16年以降は研究者の定義が異なるため、単純比較できない(平成13年以前は「研究を主とする者」の人数であり、平成16年以降は「研究を主とする者」と「研究を兼務する者」の人数)。

# 1.(2)人材力（弱み）

博士課程への社会人入学者は増加傾向にあるが、修士課程から博士課程への進学者数は減少傾向。

### 博士課程への入学者数

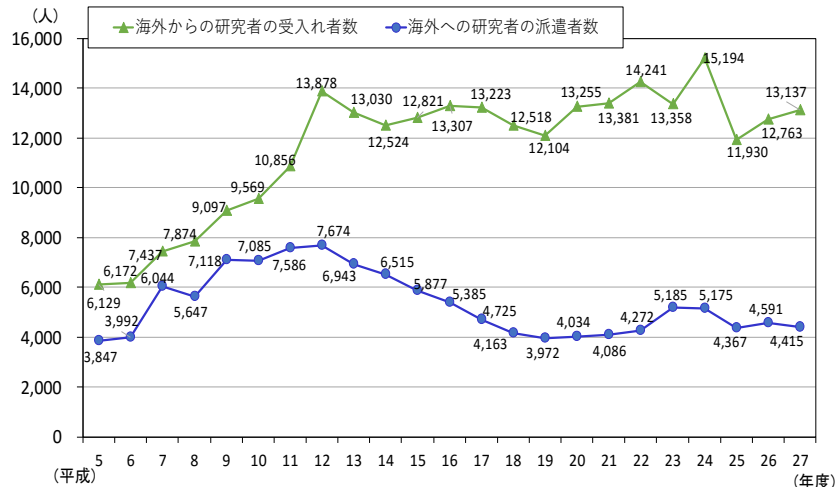


注：修士課程修了後の進学者は、博士課程入学者総数から、社会人と留学生を除いた人数であり、修士課程修了後に博士課程に進学する者を主とする入学者である。平成14年度以前については、留学生の内数データを調査していないため、博士課程修了後の進学者(含む留学生)として記載。

(資料)「学校基本調査報告書」を基に文部科学省が作成

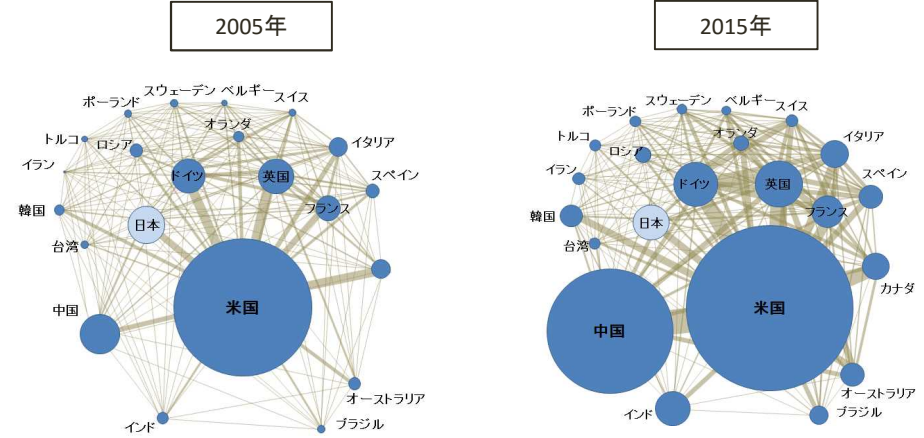
# 海外派遣研究者数、国際共著論文数の伸び悩みなど、国際頭脳循環への参画に遅れ

## 海外への研究者の派遣者数・海外からの研究者の受入者数



(資料)「国際研究交流状況調査」(平成28年4月、文部科学省が作成)

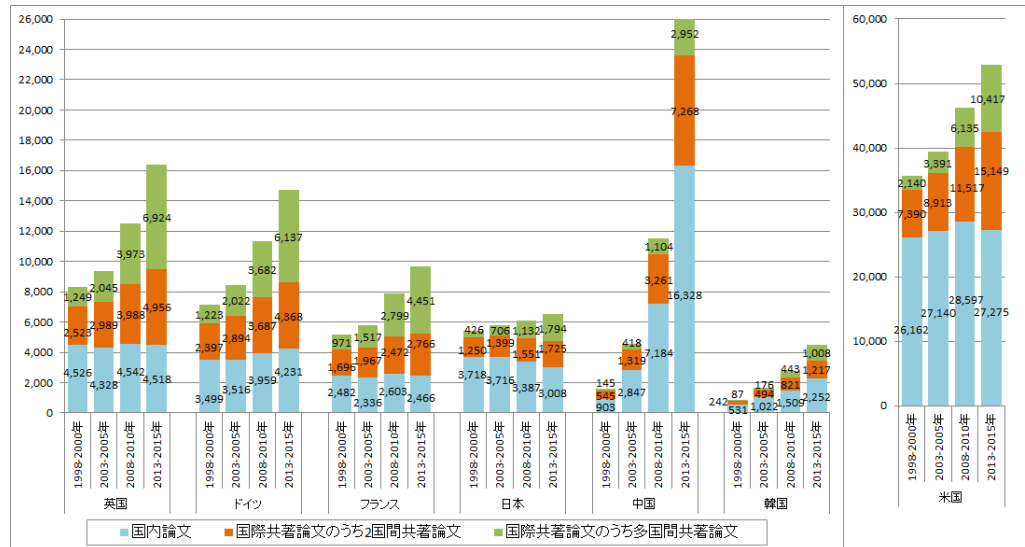
## 論文数と国際共著論文の動向の変化



- (注1): 円の大きさは当該国又は地域の論文数を示している。
- (注2): 円の間を結ぶ線は、当該国又は地域を含む国際共著論文数を示しており、線の太さは国際共著論文数の多さにより太くなる。
- (注3): 直近3年間分の論文を対象としている。

(資料)エルゼビア社スコパスに基づいて科学技術・学術政策研究所が作成

## Top10%補正論文数における国内論文数と国際共著論文数

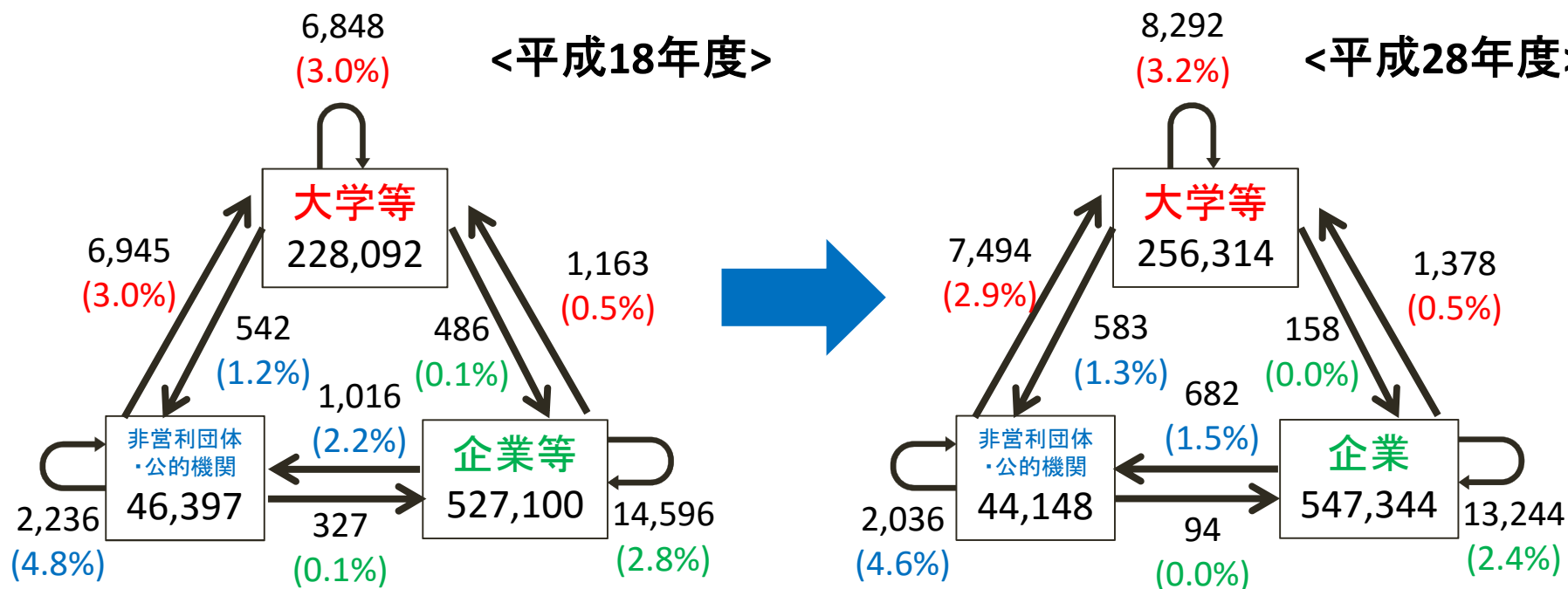


- (注1): Article, Reviewを分析対象とし、整数カウントにより分析。3年移動平均値である。
  - (注2): Top10%補正論文数とは、被引用数が各年各分野で上位10%に入る論文の抽出後、実数で論文数の1/10となるように補正を加えた論文数を指す。
  - (注3): 国内論文とは、当該国の研究機関単独で算出した論文と、当該国の複数の研究機関の共著論文を含む。
  - (注4): 多国間共著論文は、3か国以上の研究機関が共同した論文を指す。
- (資料): クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2016年末バージョン)を基に科学技術・学術政策研究所作成(「科学研究のベンチマーキング2017(平成29年8月)」)

平成18年度と平成28年度の比較において、セクター間の異動者の割合は同水準であり、依然として大学及び公的機関等から企業への異動者の割合は他のセクター間に比べて相対的に少ない。

## セクター間の人材流動性

(単位:人、カッコ内は異動率)



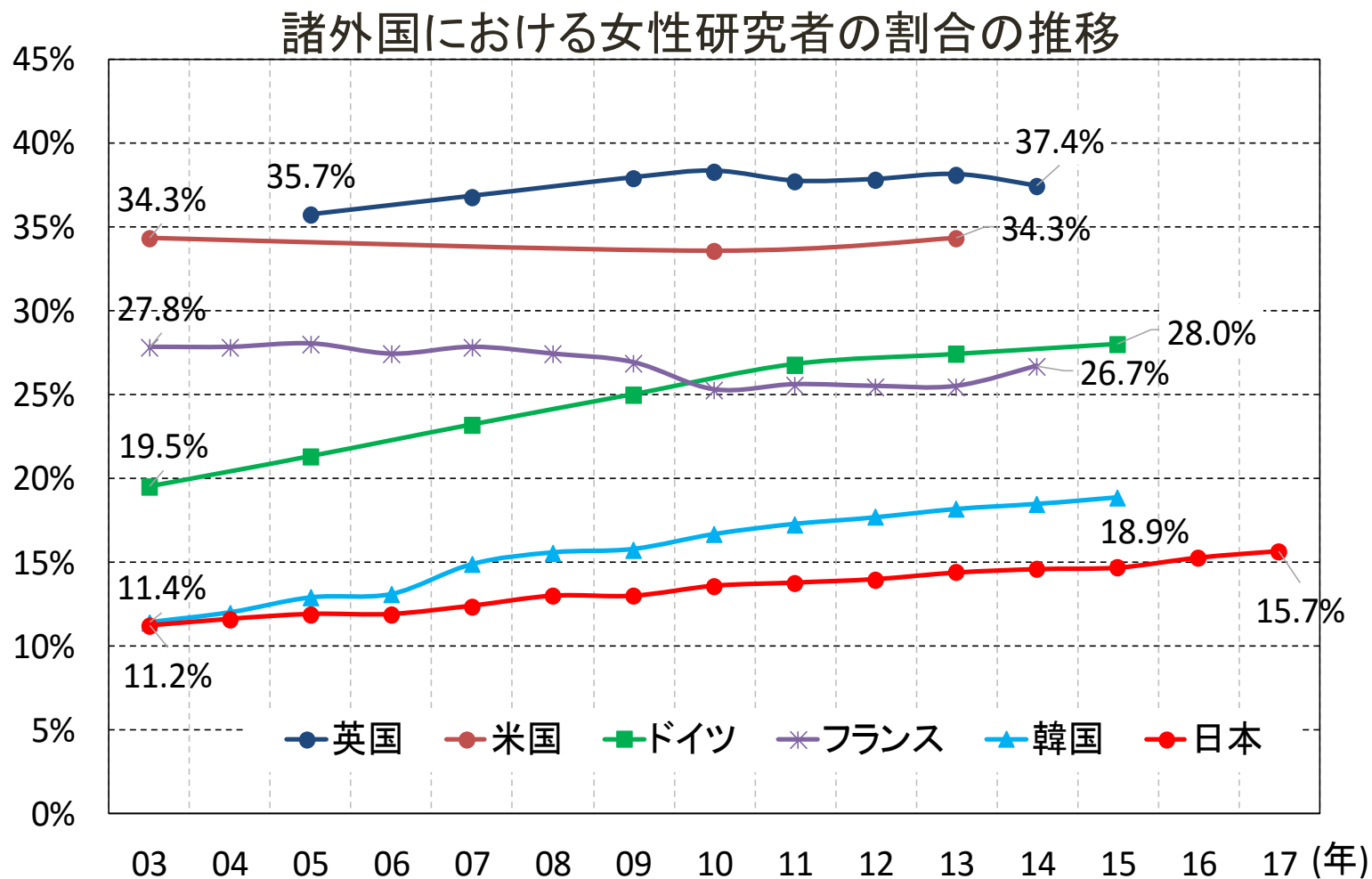
(注1):それぞれ年度末現在の実績(研究者数の実数)である。

(注2):異動率は各セクターの転入者数を転入先のセクターの研究者総数で割ったもの。

(注3):大学等は大学院博士課程の在籍者を除く。

(資料):総務省統計局「科学技術研究調査」を基に文部科学省作成

研究者に占める女性の割合は増加しているが、諸外国に比べて低い水準



(資料) OECD「Main Science and Technology Indicators」を基に文部科学省が作成



# 1.(3)知の基盤（強み）

○最先端の研究活動を支える世界最高水準の優れた研究基盤(※)の整備と活用促進が着実に進展。

(※)大型放射光施設Spring-8、X線自由電子レーザーSACLA、スーパーコンピューター「京」、大強度陽子加速器J-PARCなどの共用促進法対象施設やスーパーカミオカンデ等の大型の学術研究施設

大型研究施設の年間稼働時間・利用者数

	年間稼働時間		利用者数	
	2015年度	2017年度	2015年度	2017年度
SPring-8	4,805時間	5,282時間	15,281人 (学術：12,351人、産業：2,930人)	17,607人 (学術：14,481人、産業：3,126人)
SACLA	6,483時間	6,281時間	1,079人 (学術：1,078人、産業：1人)	1,219人 (学術：1,186人、産業：33人)
J-PARC	1,920時間	4,249時間	1,594人 (学術：1,456人、産業：138人)	2,536人 (学術：2,241人、産業：295人)
京	8,264時間	8,222時間	1,661人 (学術：1,108人、産業：553人)	2,345人 (学術：1,601人、産業744人)

# 1.(3)知の基盤 (弱み)

国際的に注目度の高い研究領域が増えているが、我が国はそれらの新たな研究領域への挑戦的な参画が不足。  
 研究者等を対象としたアンケートによれば、過去10年間の研究活動について、挑戦的な研究や探索的な研究は減少しているとの認識。

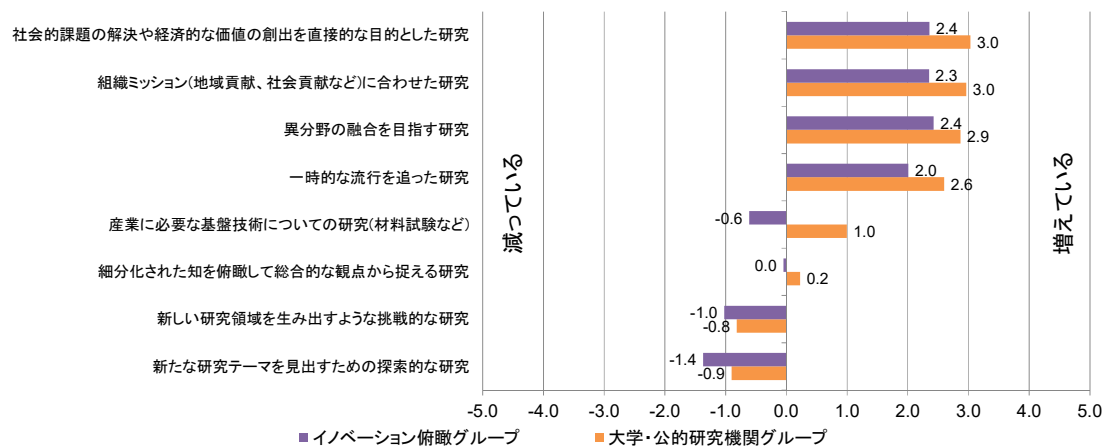
主要国の参画領域数と参画割合



(資料)トムソン・ロイター社

Essential Science Indicators(NISTEP ver.)及びWeb of Science XML(SCIE, 2015年末バージョン)を基に科学技術・学術政策研究所が作成

過去10年の大学及び公的研究機関における研究の内容の変化

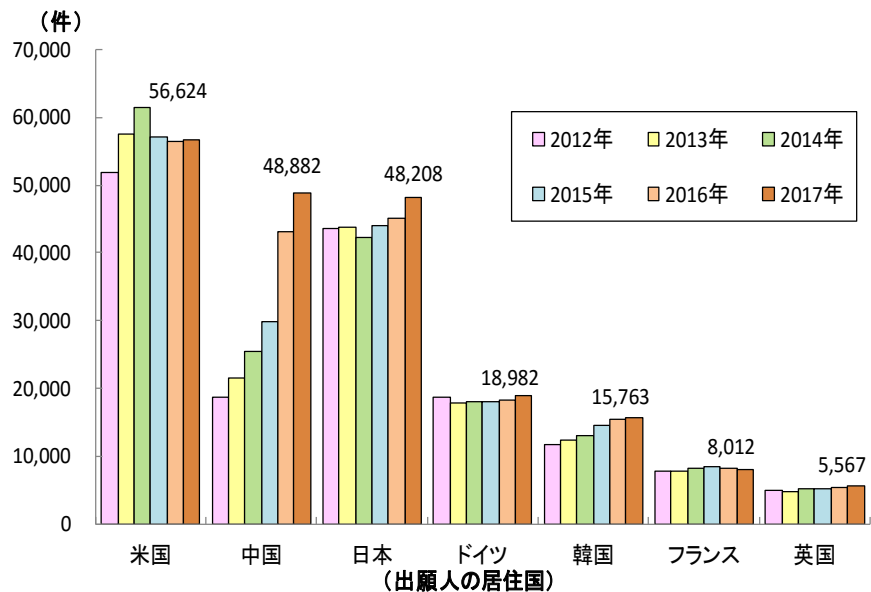


(資料)科学技術・学術政策研究所「科学技術の状況に係る総合的意識調査(NISTEP定点調査2015)」(平成28年3月)

# 1.(4)研究資金（強み）

- 特許権を中心とした知的財産活動は主要国と比較しても高い水準。
- 企業、大学及び国立研究開発法人等のオープンイノベーションに向けた意識は高まりつつある。

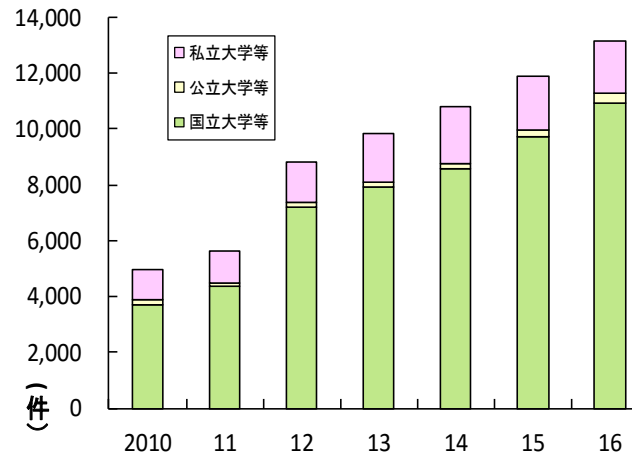
出願人居住国別のPCT国際出願(※)件数の推移



(資料)特許庁「特許行政年次報告2017」(平成29年6月)及びWIPO Intellectual Property Statistics(平成30年3月)を元に、文部科学省が作成

(※)PCT(特許協力条約)に基づく国際出願とは、ひとつの出願願書を条約に従って提出することによって、PCT加盟国である全ての国に同時に申請したと同じ効果を与える出願制度を指す

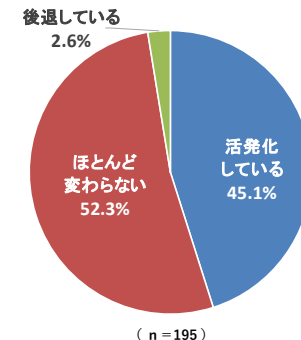
大学等における特許権実施等件数の推移



(注)特許権(受ける権利を含む)のみを対象とし、実施許諾及び譲渡の件数を計上

(資料)特許庁「特許行政年次報告2017年版」(平成29年6月)

大企業におけるオープンイノベーションに対する意識の変化



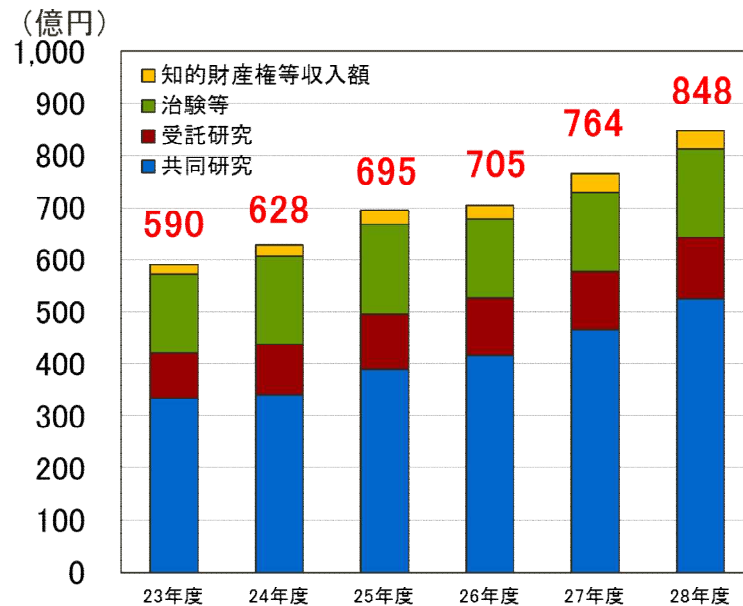
(n=195)

(資料):経済産業省「オープン・イノベーション等に係る企業の意思決定プロセスと意識に関するアンケート調査結果」

# 1.(4)研究資金（弱み）

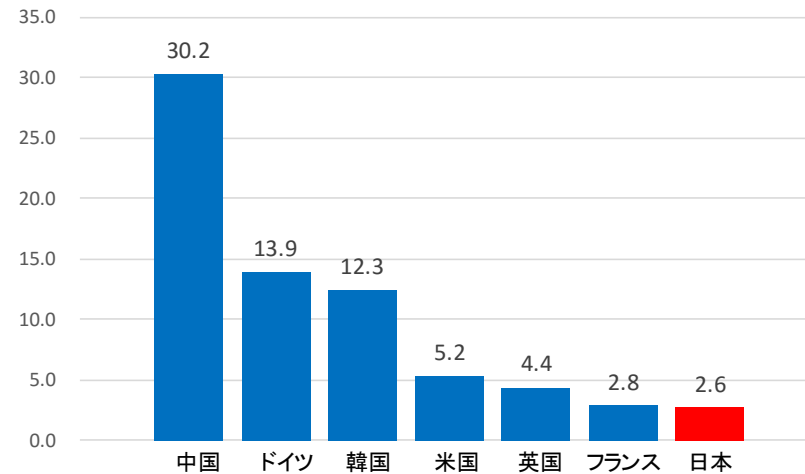
○民間との共同研究による大学等への研究資金の受入額は増加傾向であるが、諸外国と比較すると依然小規模。

民間企業から大学等への研究資金等の受入額



(資料)「平成28年度 大学等における産学連携等実施状況について」(文部科学省が作成)

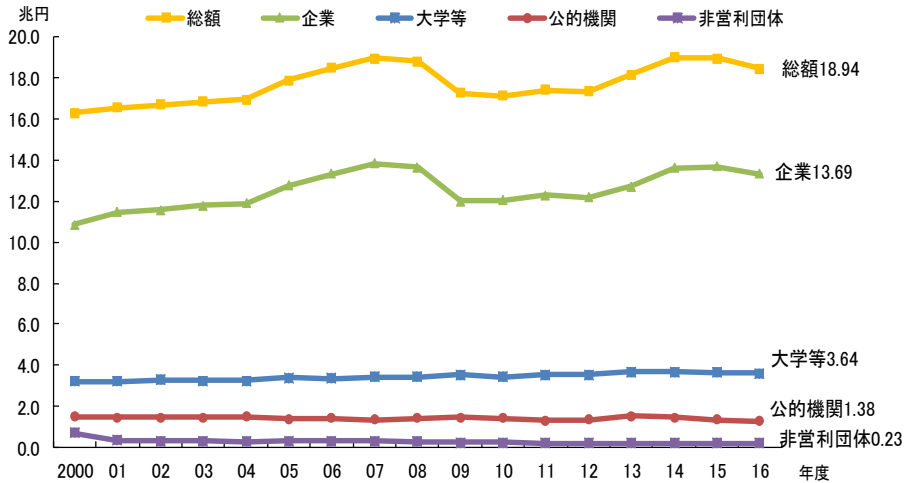
大学等における研究費の民間負担率（2015年）



(資料)OECD, “Main Science and Technology Indicators 2017/2” を  
基に文部科学省作成

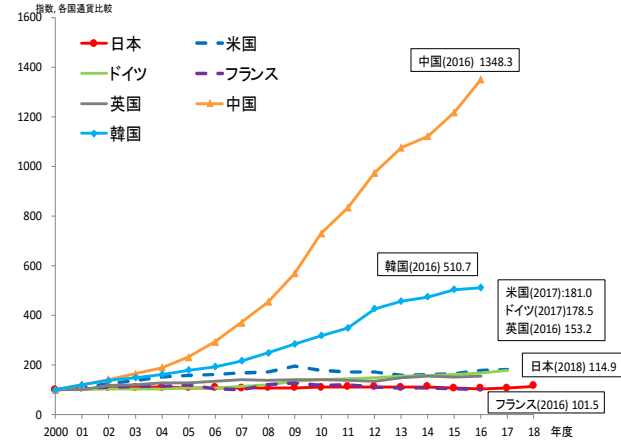
企業の研究開発費はリーマンショック後の落ち込みから回復。大学及び国立研究開発法人等の研究開発費はほぼ横ばい傾向だが、我が国の研究開発費総額は米国・中国との差が拡大。

### 日本の部門別研究開発費の推移



(資料)総務省「科学技術研究調査報告」を基に文部科学省が作成

### 2000年度を100とした場合の政府の科学技術関係予算の推移

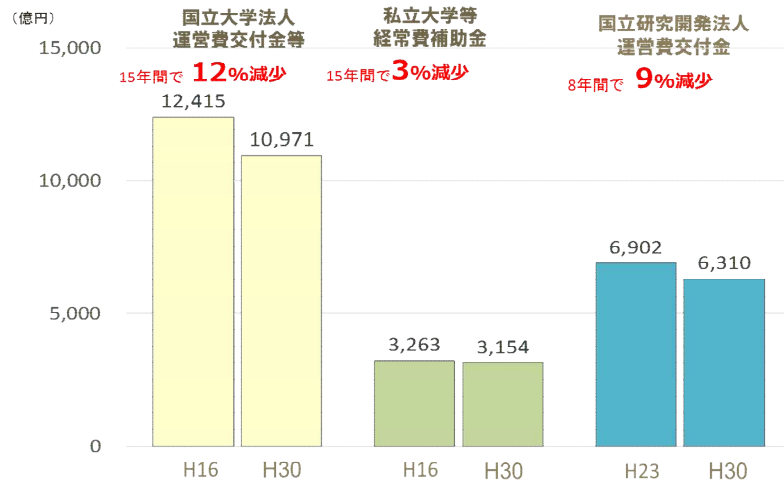


(資料)日本:文部科学省調べ。各年度とも当初予算

中国:科学技術部「中国科技統計データ」

その他:OECD「Main Science and Technology Indicators」を基に文部科学省が作成

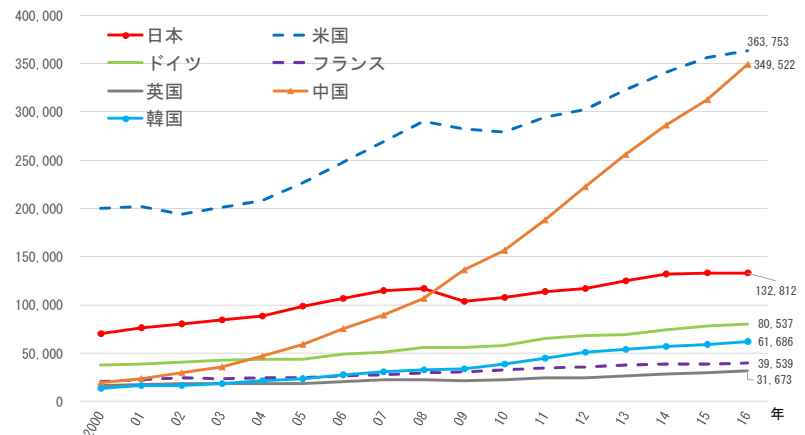
### 基盤的経費の減少



(資料)文部科学省作成

### 主要国における企業部門の研究開発費

単位:100万ドル、OECD購買力平価換算



(資料)OECD, “Main Science and Technology Indicators 2017/2”を基に文部科学省作成

我が国は米国と比べ、新興企業によるイノベーション創出が必ずしも活発でない。

時価総額上位10社の日米比較(2000年及び2018年時点)

日本

2000年

順位	企業名	時価総額(億ドル)
1	NTTドコモ	2,472
2	NTT	1,892
3	トヨタ自動車	1,705
4	ソニー	804
5	セブン・イレブン・ジャパン	737
6	武田薬品工業	607
7	富士通	556
8	ソフトバンク	505
9	松下電器産業	488
10	村田製作所	414

2018年

順位	企業名	時価総額(億ドル)
1	トヨタ自動車	2,109
2	NTTドコモ	999
3	NTT	969
4	三菱UFJFG	914
5	ソフトバンク	825
6	キーエンス	758
7	KDDI	663
8	任天堂	626
9	ホンダ	625
10	ソニー	618

米国

順位	企業名(2000年)	時価総額(億ドル)
1	GE	5,203
2	インテル	4,167
3	シスコシステムズ	3,950
4	マイクロソフト	3,228
5	エクソン・モービル	2,899
6	ウォルマート・ストアーズ	2,567
7	オラクル	2,040
8	IBM	1,925
9	ルーセント・テクノロジー	1,833
10	メルク	1,729

順位	企業名(2018年)	時価総額(億ドル)
1	アップル	8,513
2	マイクロソフト	7,041
3	アマゾン・ドット・コム	7,007
4	グーグル	6,706
5	アリババ・グループ	4,709
6	フェイスブック	3,828
7	JPモルガン・チェース	3,774
8	ジョンソン&ジョンソン	3,438
9	エクソン・モービル	3,162
10	バンク・オブ・アメリカ	3,066

(資料)2000年時点データは、米倉誠一郎(2017)「企業の新陳代謝とクレイジー・アントルブルヌアの輩出、『一橋ビジネスレビュー』2017年春号、70-71、東洋経済新聞社、2018年時点データは、平成30年末3月末時点での文部科学省調べ

## 我が国の研究開発の分野別の強みと弱み

	強み	弱み
ライフサイエンス・臨床医学分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>○生命科学（免疫科学、分子細胞生物学、植物科学等）では世界トップレベル</li> <li>○iPS関連は国の重点投資の結果、大きな強み</li> <li>○イメージング技術、顕微鏡技術、培養技術等の計測・分析技術は、我が国が長年にわたりトップレベル</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○今後の潮流である「データ駆動型」の研究アプローチが諸外国と比較して遅れ。特に臨床情報の統合解析に向けた基盤整備が今後の課題</li> <li>○基礎生命科学の中でも、ヒトを対象とした研究や、農業現場を対象とした研究等、応用研究に遅れ</li> </ul>
システム・情報科学分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>○量子コンピューティングの基礎理論の構築、暗号技術の研究開発、AIにおける独自のアルゴリズム等に強み</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○情報科学の新たな技術を活用した、新事業創出が不活発（特に規制緩和や法整備などの環境も不十分）</li> <li>○ビッグデータの蓄積・利用については官民ともに米国から大きく水をあけられている</li> </ul>
ナノテク・材料分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>○希少元素代替技術や分子制御技術など、物質創製・材料設計技術について、長期的な研究の蓄積に基づく強み</li> <li>○計測評価・分析・品質管理（電顕、NMR、X線等）も強い</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○計算・データ科学、ソフト・標準化・規制戦略、医療応用は弱点</li> </ul>
環境分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>○気候変動関連では、人工衛星による温室効果ガス観測・研究で世界を先導</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○生物多様性・生態系関連の観測とデータ整備等は欧米に比した際の弱み</li> </ul>
エネルギー分野	<ul style="list-style-type: none"> <li>○蓄電池、燃料電池、火力発電、CO2回収・貯蔵・利用技術、太陽光発電については世界をリード</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○エネルギーシステム評価、HEMS（ホームエネルギー管理システム）、BEMS（ビルエネルギー管理システム）などの、システムの観点やITの利活用が弱点</li> </ul>

（資料）：研究開発の俯瞰報告書2017(CRDS)より抜粋

# 海外特別研究員事業の成果

## 我が国の国際研究力向上のためには海外で活躍できる若手人材の育成が必要

### キャリアパス支援

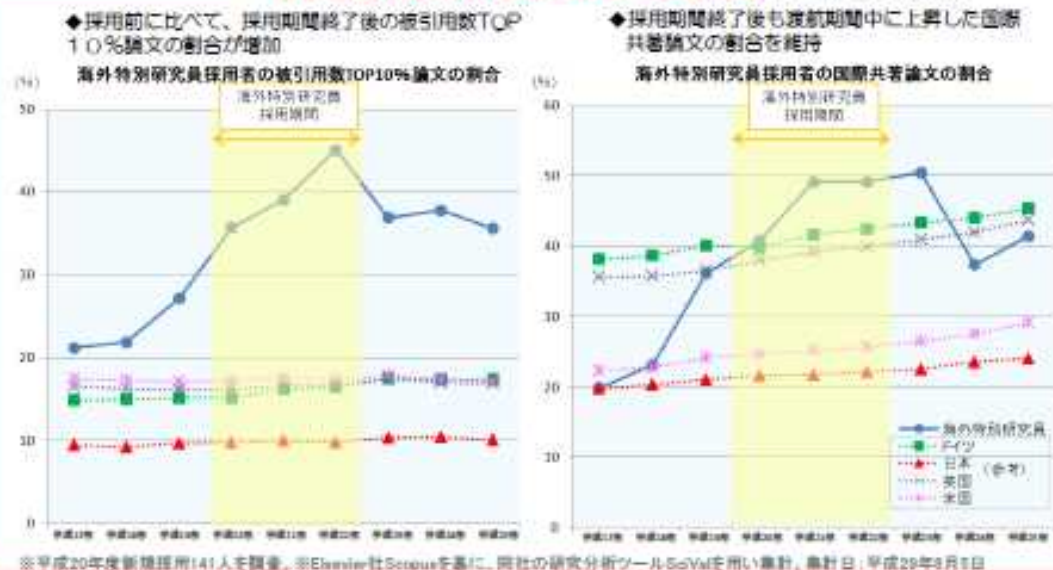
海外特別研究員としての経験は、常勤ポストを得ることに貢献している。

- ◆平成25年度に採用された海外特別研究員192人は、採用期間終了直後、常勤の研究職(任期付き等を含む)に112人(58.3%)就いており、非常勤も含めた研究職に就いている者は184人(95.8%)



### 研究能力の向上

海外特別研究員としての経験は、研究能力の向上及び将来の共同研究につながる研究者ネットワークの構築に役立っている。

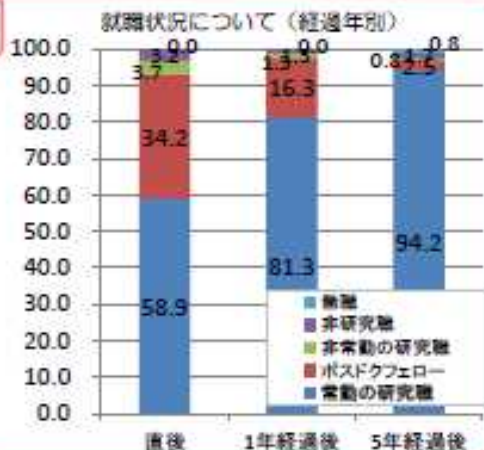


### 就職状況等に関する追跡調査

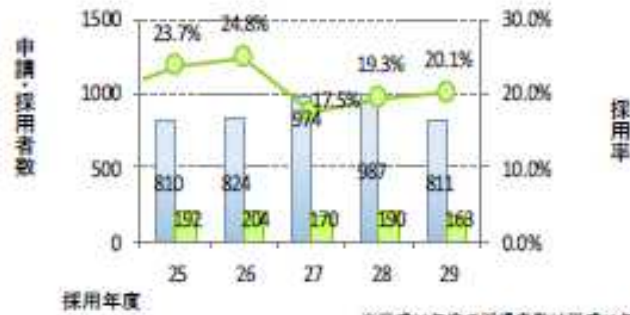
海外特別研究員は、5年経過後調査では、94.2%が「常勤の研究職」に就いており、我が国の研究者の養成・確保において重要な役割を果たしている。

- ◆直後(平成25年度採用者)：58.9%
- ◆1年経過後(平成24年度採用者)：81.3%
- ◆5年経過後(平成20年度採用者)：94.2%

※割合は、不回答を除いて算出



### ＜申請者・採用者数及び採用率の推移(平成20～29年度)＞







## 【背景】

- ・タイでは、1次消費エネルギーに占める石油の比率が高く、タイ政府は2012年より石油代替エネルギー開発計画を推進。
- ・熱帯・亜熱帯植物から製造するバイオディーゼル燃料は、カーボンニュートラルな輸送部門の再生可能燃料としてニーズが高まっており、気候変動対策に有効。
- ・自動車産業の盛んなタイと協力し、従来のバイオ燃料の欠点の克服に取り組む。



## 【科学技術イノベーションの成果】



ジャトロファ(ナノウアブラギリ)  
樹高3-8m、種子が油分に富むが、毒性が強く、食用には適さない。

○非食糧系のバイオ燃料としてニーズが高まっているジャトロファ油の主成分(FAME)を、温和な反応条件下で部分水素化し、毒性成分を除去するとともに酸化・熱安定性を大幅改善する技術(H-FAME)の開発に成功。少しの製造コストアップでバイオ燃料の**高品質化**を可能に。

○当該燃料は、最も厳しい世界燃料憲章ガイドライン品質及び東アジアサミット推奨品質をクリア。タイ国内のいすゞ自動車グループの協力の下、軽油に10%混合した混合燃料(B10)を用いてタイで**実車走行試験**を実施し、一定の適合性を実証(走行距離=50,000km)。

○さらに、**タイ・エネルギー省の要望**を受け、パーム油にも当該技術を適用。軽油に20%混合した混合燃料(B20)の自動車適合性についてタイ国内で実車試験により実証(走行距離=50,000km)。それまで7%の混合率が限界。



タイ科学技術研究院(TISTR)内に設置されたパイロットプラント(1トン/日規模)とH-FAME燃料。通常の燃料製造施設内に付帯設備として設置可能。

→途上国のニーズに応える「中品質・中コスト」技術であり、国内外の研究と比較しても高いレベル。(専門家による研究事後評価、2016年)



地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)  
「非食糧系バイオマスの輸送用燃料化基盤技術」(2010-2016年) 研究代表者: 葦村雄二(産業技術総合研究所(AIST))

相手国研究機関: タイ科学技術省・国家科学技術開発庁(NSTDA)、  
タイ科学技術研究院(TISTR) 等

## 【社会実装の状況】

- 2015年9月、タイ・エネルギー省による改訂・石油代替エネルギー計画(2015年-2036年)の中で、H-FAMEが目標達成を支援する**新規のバイオディーゼル燃料**として明示。

ーバイオディーゼル燃料の消費目標を1日当たり300万リットルから1400万リットルへと増加させるとともに、2026年までに混合率10%(B10)へと引き上げる計画。

ーエネルギー省エネルギー政策計画事務局長によると、B10の導入はエンジンへの負担が少ない高品質のH-FAMEを利用する方針と報道。(2016年5月、The Daily NNAタイ版報道)

- タイ・エネルギー省の資金で、タイ側の企業も参加して実用化事業が実施中。

ー研究代表者の葦村氏は、JICAのシニア海外ボランティア(タイNSTDA客員研究員)として、タイ政府が進める実用化事業を後押し。(2017-19年) いすゞ製ピックアップトラック

ータイ・エネルギー省代替エネルギー開発・効率化局(DEDE)のB10プロジェクトの中で、タイと日本の関連機関・企業が協力し、2017年にタイ国内にデモンストレーション設備の建設に着手。量産化に向け1日数トンを生産し、実車走行試験を実施予定。

- 本研究成果等は、**ASEAN地域への展開**にも有益であり、東アジア・アセアン経済研究センター(ERIA)による技術紹介やJICAの第三国研修等により、ASEAN諸国での認知・活用が企図。(ERIAは、東アジア地域の課題分析を行い、各国首脳・関係等に政策の立案及び提言を行う国際的なシンクタンク。)



タイでの実車走行試験に用いられた

## 二酸化炭素を地中に閉じ込める技術、 東南アジアで初の社会実装へ（インドネシア）



## 【背景】

- ・インドネシアは、泥炭地からの二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量を含めた場合、中国、米国に次ぐ世界第3位の温室効果ガス排出国であり、2030年までにCO<sub>2</sub>を29%排出削減することを計画(※)している。(※追加的な対策を講じなかった場合であるBAU比と比較している。)
- ・天然ガス生産の際に出たCO<sub>2</sub>を回収して地中に封じ込める技術であるCCS(Carbon dioxide Capture and Storage)は直接的なCO<sub>2</sub>の削減法として期待されている。
- ・インドネシア・エネルギー・鉱物資源省が推進している「CleanEnergyInitiative」ではCCSの技術開発が進められることとなっており、関連技術の体系化は重要な役割を果たすことが期待される。

## 【科学技術イノベーションの成果】



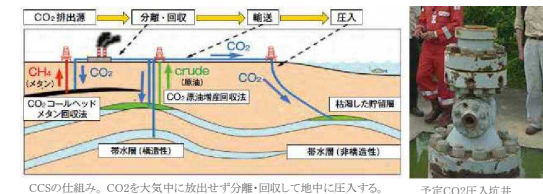
天然ガス田のボーリング坑

○インドネシアにおける実際の天然ガス田を対象に、CCS技術の体系化を目的として以下の共同研究・技術開発を行い、必要な科学技術的知見を獲得。それを基に、パイロット事業のための貯留サイトを選定。

- ・日本の地質・地球物理学的知見に基づく、貯留のための最適な深部地層(例えば地下800~1000m)の評価技術及び選定方法
- ・CO<sub>2</sub>の分離・回収方法、圧入方法、地層に貯留したCO<sub>2</sub>の分布や挙動を知るためのモニタリング技術
- ・法規制、リスク解析、社会的受容性等に関する研究

○また、2017年8月、研究成果をもとにCCS技術を体系化した、インドネシアで初のCCSの標準作業基準書(Standard Operating Procedures: SOP)を作成し、エネルギー・鉱物資源省はじめ多くの機関に提出。SOPは今後のインドネシアのCCSの技術的指針となる。

→成果物であるSOPとモニタリング技術は汎用性のあるものと思われ、ISO等で国際標準化する可能性もあり、達成された際のインパクトは科学技術的にも、社会経済的にも極めて大きいと期待。(専門家による中間評価、2015年)

CCSの仕組み。CO<sub>2</sub>を大気中に放出せず分離・回収して地中に圧入する。予定CO<sub>2</sub>圧入坑井

地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)  
 「インドネシア中部ジャバ州グンディガス田における二酸化炭素の地中貯留及びモニタリングに関する先導的研究(2012-2017年)」  
 研究代表者：松岡俊文(京都大学学際融合教育研究推進センター特任教授) 相手国研究機関：インドネシアバンテン工科大学

## 【社会実装の状況】

○東南アジアでのCCS事業を模索していたアジア開発銀行(ADB)が参画し、2016年3月、ADB、JICA、インドネシア・エネルギー・鉱物資源省及び国営石油会社間で覚書を締結。今後、ADBから最大で約16億円の支援を得て、東南アジアで初となるCCSのパイロット事業が開始される。

- 世界第3位の温室効果ガス(GHG)排出国であるインドネシアで、2018年にはCCSの実証試験が開始され、国際社会への大きなインパクトとなる。
- ADBの他、ノルウェーの資金によるリスク評価研究等、他の資金を呼び込んでおり、コンソーシアムとして推進。

○研究成果を踏まえて、エネルギー・鉱物資源省が2016年にCCSの研究拠点CO E(Center of Excellence)を立ち上げ。

- COE副代表にインドネシア側の代表研究者が指名され、日本側の代表研究者の松岡氏の参加も決定。— インドネシアにおける今後のCCS推進や人材育成に先導的に貢献していくことが見込まれる。

○インドネシアは地質条件的にも我が国と共通事項が多く、成果は両国にとって価値が大きいと考えられるとともに、インドネシアだけでなくASEAN地域へのCCS普及・展開が期待される。

- 成果物であるSOPは、ASEAN地域他国においても、今後のCCS事業における技術指針として利用され得る。
- ADB参画によってパイロット事業が実施されることから、今後、ASEAN地域で他のADB支援によるCCS事業の展開も考えられる。



2016年3月、覚書署名式

日本のイネ育種技術で  
ベトナムの食料問題解決に貢献

## 【背景】

- ・コメの安定生産は、ベトナムにとって極めて重要であり、高収量のイネ品種の普及と稲作労働の軽減は、ベトナムの社会経済の発展の基盤になってきた。
- ・一方で、北部の中山間地域では、冷涼な気候のため4割の地域で1期作しかできず、イネの生産性や収穫量が低いことが課題。
- ・肥料などの農業資材低投入型で、短期間で育ち、収穫量が多く、病虫害に抵抗力あるイネ新品種が求められている。



## 【科学技術イノベーションの成果】



従来種(右)と短期生育の遺伝子が入っている新品種(左)



育種実験圃場の日越若手研究者

- 日本の研究者が得意とするイネゲノム技術(大学が有する有用遺伝子やDNAマーカー情報)を用い、イネの大量交配法とベトナムの気候風土を利用したイネの迅速な世代促進法とを組み合わせ、ベトナムにおける効率的なイネの品種改良システムを構築。
- 現地に適した品種に、本プロジェクトで特定された有用遺伝子を導入し、多数(約50)の有望なイネ系統の品種改良に成功。これらのうち、4系統はベトナムでの品種登録の準備が進められ、1系統(DCG72)は2017年に暫定的国家品種登録、2019年の「国家品種」登録に向けた種子増殖プロジェクトが進行中。
- 上記の有望なイネ系統について、栽培特性や生理生態の特性の解明を実施。現地農家への指導・普及を進めるため、栽培法のガイドライン(冬春作及び秋作用)をベトナム語で作成。

→5年のプロジェクト期間にイネ新品種の登録段階まで到達したことの意義は大きい。世界に先行する日本国内の類似研究と比較しても高いレベルにあると評価される。(専門家による研究事後評価、2016年)



新品種について、現地農家への普及を推進(左)、ハノイ近郊のタイグエン省の稲作農家の人々(右)



地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)  
「ベトナム北部中山間地域に適応した作物品種開発」(2010-2016年) 研究代表者:吉村 淳(九州大学)  
相手国研究機関:ベトナム社会主義共和国・ベトナム国立農業大学等

## 【社会実装の状況】

- ベトナム・ゲアン省の支援の下、本プロジェクトで作出された短期生育型イネ系統(DCG72)の作付が拡大。稲作期間の短縮により、季節的な台風・洪水被害を回避できるとともに、多毛作により収穫量を高める可能性が示されている。
  - ゲアン省での2017年末時点で農家作付面積は400ha(東京ドーム85個分)を越え、将来、近隣のタインホア省及びハティン省、更にはベトナム中北部において大規模での普及ならびに商業利用への発展が期待される。
- ベトナムでの研究及び人材育成が進み、ベトナム国立農業大学に「日越共同国際植物センター」が2015年に設立。同大学の発展への貢献から、同年、プロジェクト参加者が、フック首相の来臨の下、ベトナム農業農村開発大臣より「友好勲章」を授与。
  - 日越共同国際植物センターは、地方政府や民間企業が出資。育種素材データベースの整備など同国のイネ育種拠点として発展が期待される。ベトナム国立農業大学の創立60周年記念式典における「友好勲章」の授賞式の様子
- モンスーン気候のASEAN地域やアフリカなど他地域への展開も期待される。本プロジェクトの経験や成果を活かし、ミャンマー特有の自然・社会経済環境に適したイネ品種改良システムの強化と有望系統の作出を目的としたSATREPSプロジェクトが2017年に開始。
  - 平成29年度SATREPS生物資源領域「ミャンマーにおけるASEAN稲ゲノム育種ネットワーク(研究代表者:吉村 淳(九州大学) 相手国研究機関:ミャンマー連邦共和国農業畜産灌漑省農業研究局)



典における「友好勲章」の授賞式の様子

## 世界トップの大学等と同等以上の研究成果

○トップ1%論文の輩出割合が、ロックフェラー大学、MITに続き**世界第3位**

※世界比較をするため、便宜的に大学と研究拠点など異なる組織体を比較している。

○WPI拠点の研究者**17名**が高被引用論文著者  
(**Highly Cited Researchers**※) **2017**に選出  
(日本は全分野でのべ78名)

※科学研究の各分野において、高い影響力を持つ科学者を過去11年間(2005.1-2015.12)の論文の引用データから分析したもの。

○ScienceやNature等をはじめとするインパクトファクターの大きい論文誌に多数掲載

## 国内外の栄誉ある科学賞の受賞

### 【ノーベル賞】

※所属・役職は当時

- 2012 山中伸弥教授(京都大学iCeMS)
- 2015 梶田隆章教授(東京大学Kavli IPMU)

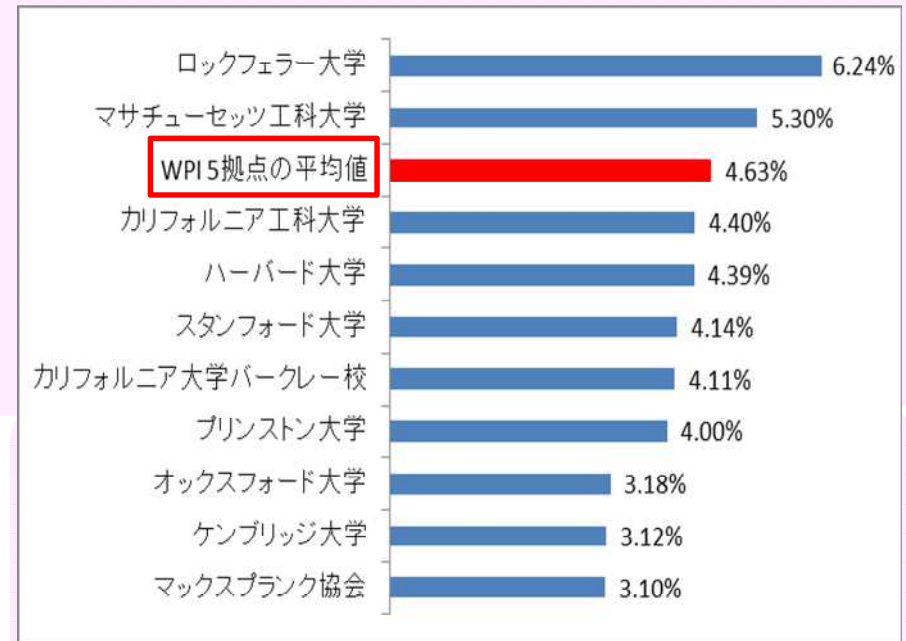
### 【クラリベイト・アナリティクス引用栄誉賞】

- 2008 審良静男教授(大阪大学IFReC・拠点長)
- 2010 北川 進教授(京都大学iCeMS)※現拠点長
- 2010 山中伸弥教授(京都大学iCeMS)
- 2015 坂口志文教授(大阪大学IFReC)

### 【紫綬褒章】

- 2011 北川 進教授(京都大学iCeMS)※現拠点長
- 2016 柳沢正史教授(筑波大学IIS・拠点長)

## ■質の高い論文の輩出割合※



※機関(先行5拠点)から出た論文のうち、他の研究者から引用される回数(被引用数)が多い上位1%にランクインする論文の割合(「Web of Science」のデータ(2007年～2013年)を基にJSPSにおいて算出)

(参考)日本の大学のトップ1%論文の割合(上位5大学)

東京大学:1.67% 早稲田大学:1.49% 大阪大学:1.20%  
京都大学:1.30% 名古屋大学:1.26%

(「Web of Science」のデータ(2007年～2015年)を基にJSPSにおいて算出)

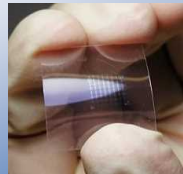
## 戦略的創造研究推進事業（新技術シーズ創出）における顕著な成果一覧

### ディスプレイ革命～革新的な材料が液晶の新たな地平を切り拓く～

【細野 秀雄 東京工業大学 教授】(H11～16年度 ERATO, H16～22年度 SORST)



- 従来の半導体材料とは全く異なる材料を用いて、**透明・フレキシブル・高速応答の薄膜トランジスタ (IGZO-TFT) を開発。**
- 液晶ディスプレイ等に用いる既存の薄膜トランジスタの性能を**20倍程度上回る性能を発揮。**
- **低コスト・省消費電力な高精細ディスプレイ**がタブレットPCや有機ELテレビにも搭載。



プラスチックの基盤に薄膜作製が出来るため、指で簡単に曲げることが可能

### オートファジーに魅せられて～飢餓状態の栄養補給と細胞の健康維持について解明～

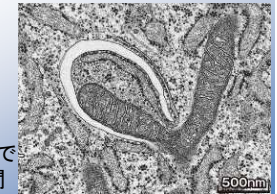
【水島 昇 東京大学 教授】(H14～17年度 さきがけ, H18～19年度 SORST)



- 新たに開発した観察方法を用いることで、**オートファジーが生物全般の普遍的な機能であり、飢餓時の栄養補給や不要なタンパク質を取り除く役割がある**ことを明らかにした。
- **がんやパーキンソン病などの病気の治療に繋がる可能性**がある。

※水島教授は2016年度にノーベル生理学・医学賞を受賞した大隅良典教授の共同研究者

電子顕微鏡がとらえた細胞質の一部が膜で覆われる(オートファゴソームの形成)瞬間

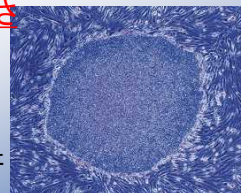


### iPS細胞を樹立～iPS細胞で新しい治療法を開発～

【山中 伸弥 京都大学 教授】(H15～20年度 CREST, H20～24年度 山中iPS細胞特別PJ) 「先進医療の実現を目指した先端的基盤技術の探索・創出」「細胞リプログラミングに立脚した幹細胞作製・制御による革新的医療基盤技術の創出」



- 骨・心臓・肝臓・神経・血液など、人体を構成するどのような細胞にも分化することが可能な「**多能性幹細胞**」であるiPS細胞について、分化した皮膚や血液の細胞にわずかな因子を導入するだけで、**iPS細胞に変化させる技術を確認。**
- 再生医療や創薬への大きな期待。



2012年度  
ノーベル生理学・医学賞を受賞

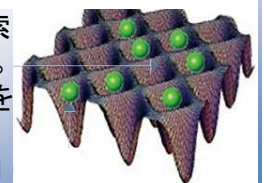
ヒトの皮膚細胞から生み出された人工多能性幹細胞(iPS細胞)

### 光格子時計が時計の概念を変える～宇宙年齢138億年を経ても、誤差はわずか0.4秒～

【香取 秀俊 東京大学 教授】(H17～22年度 CREST, H22～28年度 ERATO) 「情報通信社会に革新をもたらす量子情報処理の実現に向けた技術基盤の構築」「最先端レーザー等の新しい光を用いた物質材料科学、生命科学など先端科学のイノベーションへの展開」



- 超高精度・高速な新たな原子時計の可能性を提起し、現在の「**秒**」を定義する**セシウム原子時計の100倍以上の精度を実現した「光格子時計」を開発。**
- **秒の再定義**に加えて、地下資源の探索や地下構造の実時間観測などに期待。
- 重力の違いによる時計の周波数の差を測定することで、cm単位の高低差でも計測可能。



光格子の模式図

### トンネル磁気抵抗(TMR)～ハードディスクや次世代メモリの進化を支える～

【湯浅 新治 産業技術総合研究所 センター長】(H21～27年度 CREST) 「新原理・新機能・新構造デバイス実現のための材料開拓とナノプロセス開発」



- 物質の電気抵抗が磁界によって極めて大きく変化する現象「**TMR効果**」の研究により**TMR素子を開発。**
- ハードディスクの情報読み取りに使うことで、**飛躍的な大容量化**に成功。待機電力の減少や新メモリ誕生の貢献に期待。



※2007年に富士通がHDD用磁気ヘッドを実用化。2008年度に世界で出荷されたHDD5.3億台のうち98%で本技術を利用。

ハードディスクの内部構造

### 対話感を深めるロボット技術～ユニークなロボットが築く人間とロボットとの豊かな家計～

【石黒 浩 大阪大学 教授】(H22～26年度 CREST, H26～31年度 ERATO) 「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」「人間と調和する情報環境を実現する基盤技術の創出」



- 遠く離れた場所においても相手に存在感を伝える「**遠隔操作型アンドロイド**」において、抱きかかえたり、握ったりしながら会話すれば、**細かな動きや人間に似た顔がなくても存在感を十分に伝えられることを解明。**
- 抱きながら電話すると通話相手がすぐそばに感じられる「**ハグビー**」、社会的対話ロボット「**CommU(コミュニー)**」「**Sota(ソータ)**」などを開発。



➢ **コミュニケーション教育や学習支援、高齢者・自閉症児ケア**などを目指した実証研究を進めている。 左:CommU(コミュニー)、右:Sota(ソータ)

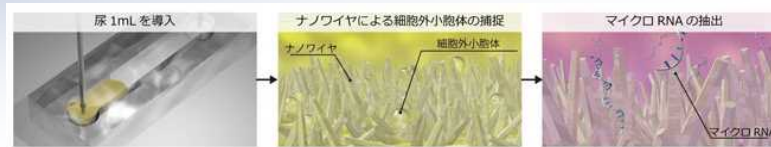


### 尿中マイクロRNAから「癌」を特定 (2015～2018 さきがけ)

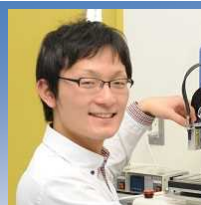
【安井 隆雄 名古屋大学 大学院工学研究科 准教授】

(成果の概要・インパクト)

- 新素材であるナノスケールの棒（ナノワイヤ）を用いて、尿中の細胞外小胞体を99%以上捕捉する新しい技術を構築し、**尿1mLから、がん（肺、膵臓、肝臓、膀胱、前立腺）を特定する新しい技術を確立。**
- がん患者ドナーの尿と健常者の尿からがん患者で特異的に過剰／減少発現しているマイクロRNAを発見。**泌尿器系のがん患者（前立腺・膀胱）のみでなく、非泌尿器系のがん患者（肺・膵臓・肝臓）でも、がん患者特異的なマイクロRNAを発見。尿中の細胞外小胞体に内包されるマイクロRNAを使った非侵襲かつ簡便な疾病診断・健康診断法の確立に可能性。
- 本成果は、2017年12月「Science Advances」のオンライン版に掲載。



ナノワイヤを用いた尿中細胞外小胞体の捕捉とそこに内包されるマイクロRNA



### 洗濯可能な超薄型有機太陽電池の開発に成功～衣服貼り付け型の電源としての応用に期待～ (2014～2017 さきがけ)

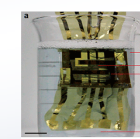
【福田 憲二郎 理化学研究所 染谷薄膜素子研究室 研究員】

(成果の概要・インパクト)

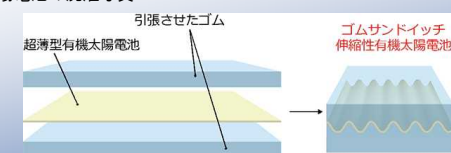
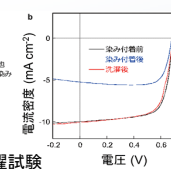
- 逆型構造の太陽電池と高い安定性・エネルギー変換効率を持つ半導体ポリマーを組み合わせることで、**洗濯可能な超薄型有機太陽電池の開発に成功。**
- あらかじめ伸ばしたゴムで電池を双方向から挟むことにより、**伸縮性を保持しながら耐水性を劇的に向上させた封止を実現。**
- ウェアラブルデバイスやスマートテキスタイルに向けた長期安定電源応用の未来に大きく貢献すると期待。**
- 本成果は、2017年9月「Nature Energy」に掲載。



衣服上に貼り付けた超薄型有機太陽電池の洗濯写真



超薄型有機太陽電池の洗濯試験



ゴムサンドイッチ構造による高い耐水性を持つ伸縮性有機太陽電池

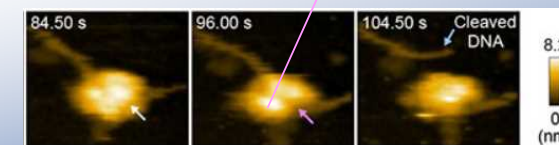
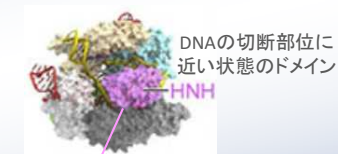


### CRISPR-Cas9がDNAを切断する瞬間の撮影に成功 (2013～2016 さきがけ)

【西増 弘志 東京大学大学院理学系研究科 助教】

(成果の概要・インパクト)

- 金沢大学の柴田 幹大准教授・古寺 哲幸准教授らとともに、水溶液中の生体分子をナノメートルかつリアルタイムで撮影可能な**高速原子間力顕微鏡**を用いて、**ゲノム編集ツールCRISPR-Cas9によるDNA切断のダイナミクスを可視化。**
- 結晶構造から明らかになっているCRISPR-Cas9のスナップショットに加え、本研究で動的な構造情報が得られたことにより、**より高効率・高精度なゲノム編集ツールの開発**につながる見込み。
- 本成果は、2017年11月「Nature Communications」のオンライン版で公開。



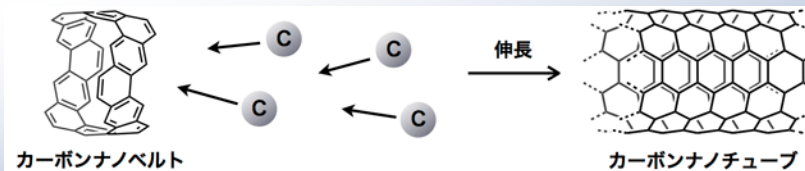


### 次世代機能材料カーボンナノチューブの精密合成を可能に (2005~2008 さきがけ、2013~2018 ERATO)

【伊丹 健一郎 名古屋大学 大学院理学研究科 教授、トランスフォーマティブ生命分子研究所 拠点長】

(成果の概要・インパクト)

- 次世代材料として期待されるカーボンナノチューブ (CNT) の部分構造として注目されていたカーボンナノベルトの合成に成功し、市販化。
- CNTには直径や炭素の配列など無数の構造があり、構造によって導電性や光応答性等の物性が異なる。現在の合成法では様々な構造のCNTが混在するが、カーボンナノベルトをテンプレートとすれば、**構造制御した単一分子のCNTが合成可能に**。
- 本成果は、H29年4月「Science」オンライン速報版に掲載。

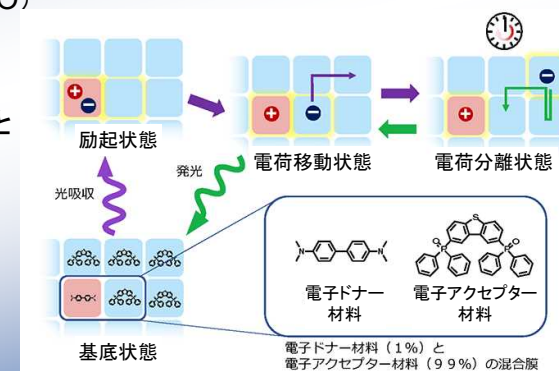


### 有機材料で蓄光システムの用途拡大 (2002~2007 CREST、2013~2018 ERATO)

【安達 千波矢 九州大学 最先端有機光エレクトロニクス研究センター センター長】

(成果の概要・インパクト)

- 嘉部 量太助教とともに、時計の文字盤や非常誘導灯等、**電力を必要としない光源**として有用な蓄光システムを、世界で初めて**有機材料で開発**。
- 既存の無機蓄光材料はレアメタルを含み複雑な合成プロセスを要するため、**資源的・経済的制約により用途が限られていた**が、有機蓄光材料は簡便なプロセスで作成できる上に、可溶性・透明性・柔軟性といった機能も付与可能。
- 蓄光の性能評価基準を定めるとともに、実用化に向けてスタートアップ準備中。
- 本成果は、2017年10月「Nature」にオンライン掲載。



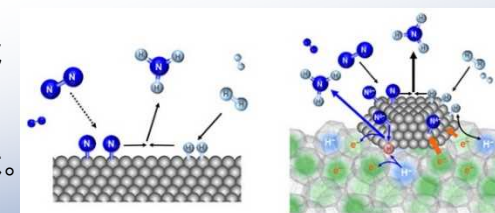
### 世界初となるオンサイトアンモニア生産の実用化を目指す新会社を設立 (2013~2017 ACCEL)

(ACCELの成果を活用したベンチャーの設立)

【細野 秀雄 東京工業大学 科学技術創成研究院フロンティア材料研究所 教授、元素戦略研究センター長】

(成果の概要・インパクト)

- 既存のハーバー・ボッシュ法とは異なり、低温・低圧条件下で高効率のアンモニア合成が可能な触媒を発見・発明。
- 発明した触媒では小型プラントでのアンモニア生産が可能となるため、**必要な量のアンモニアを必要とされる場所で生産する「オンサイトアンモニア生産」の実現に貢献**。
- 本触媒を用いたオンサイト型のアンモニア合成システムの実用化を目指し、「**つばめBHB株式会社**」を味の素株式会社、ユニバーサル マテリアルズ インキュベーター株式会社と共に設立。



既存触媒によるアンモニア合成

エレクトロライド系触媒によるアンモニア合成

# 大学発ベンチャーに関する現状と課題

- 大学等の革新的な研究成果を基にした大学発ベンチャーの市場価値は、1.8兆円程度まで成長。
- 一方で、我が国における大学発ベンチャーの設立数は、ここ数年は増加傾向にあるものの、依然として一時に比べて低調である。また、我が国では起業意欲が国際的に見て低い。

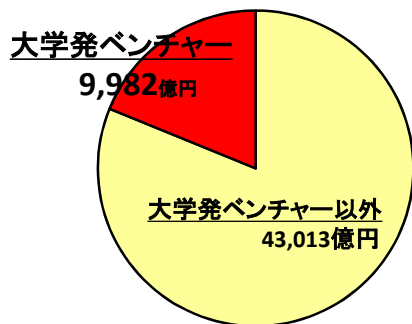
## 現状

### 【上場した大学発ベンチャー】

時価総額合計で約1兆8千億円  
(平成30年5月時点)

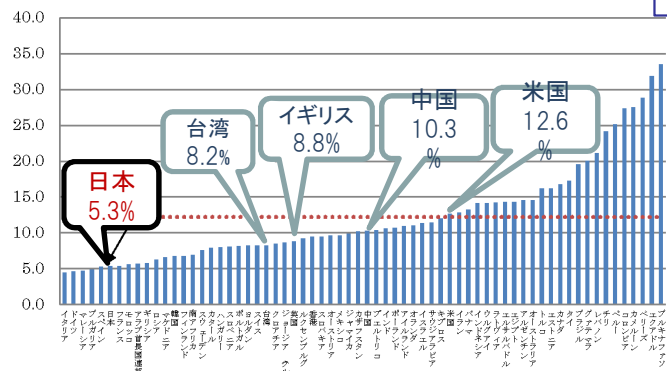
大学発ベンチャー企業名	設立年月	シーズ創出大学等	時価総額(百万円)
ペプチドリーム 株式会社	2006年7月	東京大学	542,398
CYBERDYNE 株式会社	2004年6月	筑波大学	193,111
株式会社 PKSHA Technology	2012年10月	東京大学	176,373
サンバイオ 株式会社	2001年2月	慶應義塾大学	136,948
株式会社 ユーグレナ	2005年8月	東京大学	84,851
...	...	...	...
上場中のベンチャーの合計値			1,818,407

### 【東証マザーズにおける時価総額】



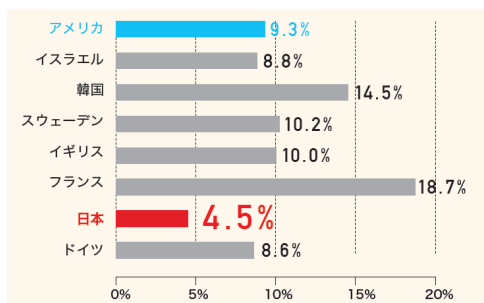
資料：公表資料を基に文部科学省および科学技術振興機構(JST)にて作成

## 【世界各国の起業活動率】



資料：平成28年度 起業家精神に関する調査事業報告書 (2017年3月みずほ情報総研株式会社(経済産業省委託調査))

## 【開業率(開業数/企業数)】

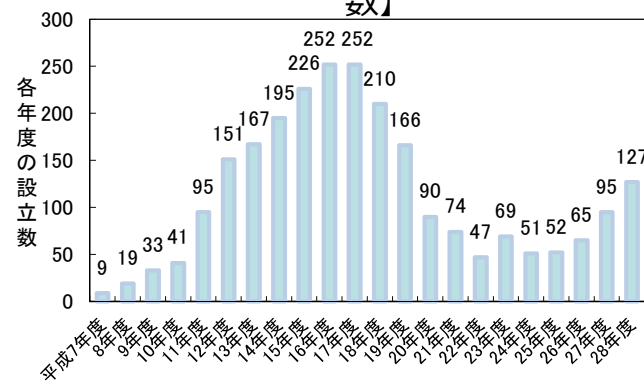


(source) 2010年で比較(スウェーデンのみ2012年)  
 日本：厚生労働省「雇用保険事業年報」、  
 アメリカ：U.S. Small Business Administration「The Small Business Economy」、  
 イギリス：Office for National Statistics「Business Demography」、  
 ドイツ：Statistisches Bundesamt「Unternehmensgründungen, -schließungen: Deutschland, Jahre, Rechtsform, Wirtschaftszweige」  
 フランス：INSEE「Taux de création d'entreprises en 2012」、  
 イスラエル、韓国、イスラエル：OECD「Entrepreneurship at a Glance」

資料：ベンチャー・チャレンジ2020

## 課題

### 【大学等発ベンチャーの設立数】



資料：文部科学省「産学連携等実施状況調査」

### 【大学発ベンチャー設立数の減少の原因についての大学の主な意見】

1. 景気悪化やそれに伴う資金調達、販路開拓の難しさ
2. ベンチャー経営の難しさやリスクの大きさ等
3. 国や大学等でのベンチャーへの支援不足
4. 教職員や学生の起業意欲やベンチャーへの関心の低下、薄さ

資料：科学技術政策研究所「大学等発ベンチャー調査 2010 -大学等へのアンケートに基づくベンチャー設立状況とベンチャー支援・産学連携に関する意識-」(平成23年)

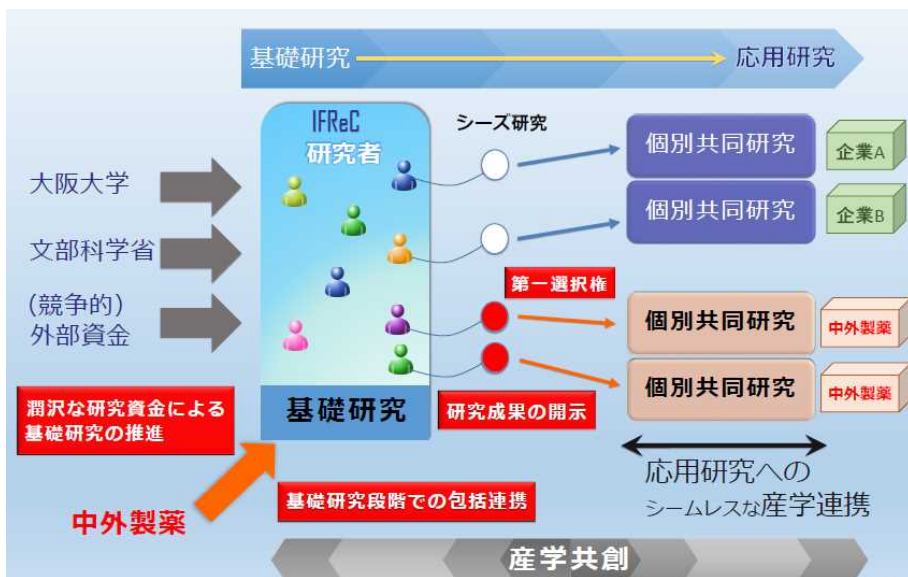


# 「組織」対「組織」の産学連携の先進事例 (①WPIプログラムから発展した例、②COIプログラムから発展した例)

## 大阪大学 × 中外製薬



- ✓ 大阪大学と中外製薬は世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)事業の成果を引き継ぎ、免疫学研究に関わる**包括連携契約**を締結。
- ✓ 中外製薬が**10年間にわたり年間10億円の研究資金を拠出**、**研究成果の第一選択権**を取得。
- ✓ 大阪大学の世界最先端の免疫学研究と中外製薬の創薬研究のノウハウにより、**基礎研究から臨床応用研究までの障壁が解消され、これまでにない革新的新薬の創製が期待**。



## 北海道大学 × 日立製作所



- ✓ 北海道大学と日立製作所は、センター・オブ・イノベーション(COI)プログラムの成果を引き継ぎ、**日立北大ラボを設立**。
- ✓ 少子高齢化や人口減少、地域経済の低迷、地球温暖化などの**社会課題解決に向けた共同研究を推進**。
- ✓ 具体的には、社会課題を数学モデルに置き換えて最適解を導出する**新概念コンピューティング技術**や**温暖化によって変化する環境のもたらす経済への影響の分析**等を実施。

**課題先進地域の特性を活用したソリューションの社会実証**

これまでの実績

がん治療



陽子線ビーム治療装置\*1  
(日立評論 2015年06-07)

先端物理



カーボンナノチューブ画像  
電子回折イメージング装置\*2  
(日立評論 2012年04)

**北海道の地域課題解決を目指し社会実験・協創を加速**

<p>エリアデザイン・北極域</p>  <p>気候・経済変動予測 寒冷地の都市デザイン学 <b>北極域研究センター</b></p>	<p>COI・食と健康の達人</p>  <p>健康コミュニティシステム 地域の自律的健康管理を支援 <b>FMI国際拠点</b></p>	<p>社会創造数学</p>  <p>複雑な社会を数学モデル化 最適化問題をリアルタイムに解く <b>電子科学研究所</b></p>
--	---	--

(出所)文部科学省提供

## 「組織」対「組織」の産学連携の先進事例(③その他)

### 京都大学CiRA × 武田薬品

- ✓ 京都大学iPS細胞研究所(CiRA)と武田薬品工業は、iPS細胞技術を用いた創薬及び再生医療に向けた**共同研究の実施に関する契約**※を締結。  
※共同研究プロジェクト(T-CiRA)
- ✓ 武田薬品工業は**10年間にわたり年間20億円**(研究費、研究者の人的費等)の**提携費用を提供**。
- ✓ **がん、心不全、糖尿病、神経変性疾患、難治性筋疾患**など6つの疾患領域で、**iPS細胞技術の臨床応用**を目指した研究を実施しており、iPS細胞を用いた創薬や細胞治療など**再生医療の実用化が期待される**。



<https://www.takeda.co.jp/t-cira/>

(出所)文部科学省提供

# 先端大型施設の代表的成果①

## 【成果】高性能・高品質な低燃費タイヤの開発

放射光

【利用期間:2003年度～, 中心研究者:岸本浩通(住友ゴム工業(株)), 研究協力者:雨宮慶幸・篠原佑也(東京大学) 他】

**エナセーブ EC203**

コンセプト: 長持ちする低燃費タイヤ

特徴

- 燃費とフロントグリップを両立し、ラベリング【AA-c】を実現
- **ロングライフ**を実現
- 燃費性能 平均燃費14.7%向上
- 乾・濡路面でのグリップ性能向上

ターゲット

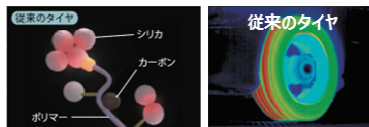
- センソールからコンパウンドまでの多層化
- 異種りから異種層までの幅広いドラッグスタイル
- 燃費や経済性に優れる高いグリップ

サイズ: 60サイズ[13～18インチ]

発売時期: 2014年2月より

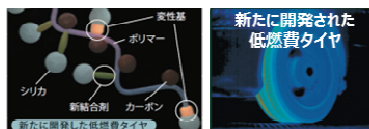
スタンダードパターン (6R2S) 乾・濡路面用パターン (4R2S)

住友ゴムの主力商品「エナセーブPremium」他で実用化



ゴム中の補強材（ナノ粒子＝シリカやカーボン）が凝縮して塊状となり、ゴム（ポリマー）との結合点が少ない

↓  
タイヤの摩擦抵抗を39%低減し、従来品より6%燃費を向上させた低燃費タイヤの開発に成功（2011年）



シリカ粒子の分散性が増し、シリカとポリマーの結合力が向上 → グリップ性能、燃費性能ともに向上

- SPring-8独自の時分割二次元極小角X線散乱法により、ゴム中のナノ粒子の三次元配置を数百ナノメートルオーダーで精密に計測することが可能となった。全ての車両で燃費が6%向上したとした場合、消費者価格では年間約7,000億円相当（※仮定に基づく試算値）の**コストダウンによる経済効果**。現在は他の主要タイヤメーカーもSPring-8を利用。

※ H25.6エネ庁データをもとに、ガソリン価格：152円/ℓ、軽油価格：132円/ℓ等を仮定（理化学研究所・JASRI 調べ）

Super Photon ring-8 GeV



兵庫県 播磨科学公園都市



物質中の百ナノメートル（ $10^{-7}$ m）領域の構造体のサイズや形状を測定。極めて小さな角度（10万分の1度以下）で散乱するX線を観測することで、極微小領域の構造解析が可能。→ **ゴム分子中のシリカ粒子（補強材）** がつくるネットワーク構造を解明。

## 【発展成果】タイヤの相反性能を飛躍的に向上させる新材料開発技術

放射光

中性子

スパコン

- 更に、東京モーターショー2015では、タイヤの相反性能である**低燃費性能、グリップ性能に加え耐摩耗性能の大幅な向上が可能となる最新技術**を発表。これは

- **SPring-8**の高輝度放射光によるゴム分子の構造解析、
- **J-PARC**の中性子実験による運動解析、
- **スーパーコンピュータ「京」**による大規模分子シミュレーション

を連携させた、**SPring-8を起点とした先端大型施設のローテーション・ユース**の成果。

- 2016年11月、本技術を採用した**第一弾の製品が販売開始**。漸進的な性能向上ではなく、従来製品に比して**耐摩耗性能が51%と飛躍的に向上**。

- 本技術は、2017年2月にドイツで開催された「Tire Technology Expo 2017」において、**「Tire Technology of the Year」を受賞**するなど、国際的にも高く評価。



東京モーターショー2015で新概念タイヤを発表する池田社長（住友ゴム）



〔2016年1月作成 2017年5月更新〕

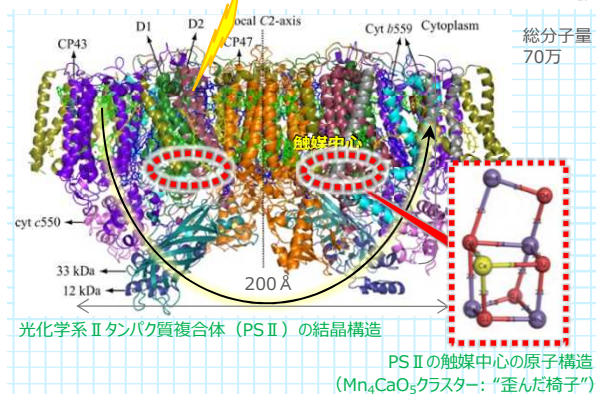
## 先端大型施設の代表的成果②

### 【成果】27億年かけて植物が発達させた「光合成」の核心的な構造メカニズムを解明 – 人工光合成開発への糸口 –

【利用期間:2005年度~, 中心研究者: 沈建仁(岡山大学) 他】  
(2002.11~2005.10: JST「さきがけ」)



光合成反応  
(前段の「明反応」)



- 植物が、光化学系II複合体 (PSII) という膜タンパク質で水分解を行い、生命が必要とするエネルギーと酸素を作り出すことは長く知られていたが、**触媒中心の分子構造や反応機構は未知**のままだった。

**PSIIの全構造とその「触媒中心」構造を解明することに世界で初めて成功**

(Nature 2011, 473)

(米サイエンス誌の「ブレークスルー・オブ・ザ・イヤー2011」の1つに選出)

さらに、X線自由電子レーザー施設「SACLA」で開発した解析法により

**PSII構造を1.95 Å分解能で完全解明することに成功**

(Nature 2015, 517)

- 27億年をかけて発達してきた**自然界の光合成が、原子レベルでいかに行われているかの解明**につながる重要成果であり、動的メカニズムや**人工光合成開発**への糸口と期待。

放射光

X線自由電子レーザー

- “歪んだ椅子”の解明により、初めて、この構造的不安定さが、水分子を取り込んで分解するメカニズムの核心部分ではないかとの推定が可能に。

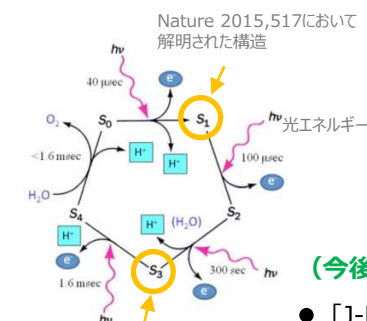
- SACLAではフェムト秒 (10<sup>-15</sup>s) パルスで、X線による放射線損傷前に観察可能。これにより、鍵となる“歪んだ椅子”の構造をSPring-8使用時から0.1~0.3 Å程度さらに高精度化。



### 【発展成果】光合成における水分解反応過程の構造を解明

X線自由電子レーザー

触媒中心にあるMn<sub>4</sub>CaO<sub>5</sub>クラスターは、光エネルギーを得つつ、S<sub>0</sub>からS<sub>4</sub>までの反応を経て水分解を行っていると考えられている(「コックサイクル」モデル)。



- しかし、1.95 Åで解明した立体構造は水分子が取り込まれる前の状態であり、PSIIが**水を取り込み分解し、酸素分子を発生する仕組みは未知**のままだった。

**PSIIが水分子を取り込む様子を捉え、水分解反応において酸素分子が発生する直前の構造を世界で初めて解明**

(Nature 2017, 543)

- **触媒中心の動的メカニズム(水分解反応過程)の解明**に繋がる重要な成果であり、**人工光合成開発の実現に向けて前進**。

(今後期待される進展)

中性子 スパコン

- 「J-PARC」利用: 放射光では観察が難しい、PSIIにおける**水素イオンの位置や動きを大強度中性子線で観察**することが可能。特に水素イオンの発生箇所の特異性や移動経路の解明により、光合成におけるエネルギーの生成・伝達過程を解明。
- また、スパコン「京」を用いた分子シミュレーションとの共同研究も既に開始しており、SPring-8、SACLAを起点として、**先端大型研究施設をフルに活用したローテーション・ユース**による画期的成果の創出に期待。

発展成果 (Nature 2017, 543) において解明された構造



2016年1月作成  
2017年7月再更新

# 先端大型研究施設の代表的成果③

QST 高崎量子応用研究所・関西光科学研究所

## 【成果】燃料電池システムのコスト低減を可能とする新しい電解質膜を開発

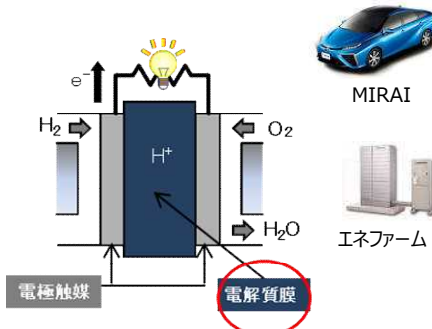
【中心研究者】前川康成氏（量子科学技術研究開発機構（QST）高崎量子応用研究所）他

電子線    ガンマ線    イオン    放射光    中性子

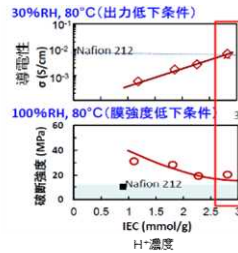
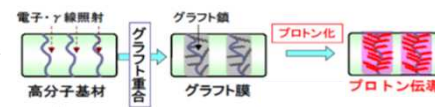


普及が進む「プロトン型」水素燃料電池

【課題】H<sup>+</sup>の動きを保つために行われる水の添加を少なくしても(低加湿化)、高い導電性を保つ膜があるか。これにより、燃料電池システムにおける水添加用の補器を省略しコスト低減が可能となる。



⇒ テフロン、エンブラ等の廉価な高分子基材に、QST高崎研の電子・ガンマ線等を照射し、放射線の作用で新しい電解質膜（「グラフト重合」による新材料膜）を作製。



新材料膜は、低加湿でも、現在実用に使われる材料(Nafion212)と同等出力。また、膜の破断強度(耐久性)も向上。[2013年、2015年、2016年論文発表]

重機メーカー

- ・QSTの特許6件をライセンス
- ・2015年より中規模定置型燃料電池の開発に移行

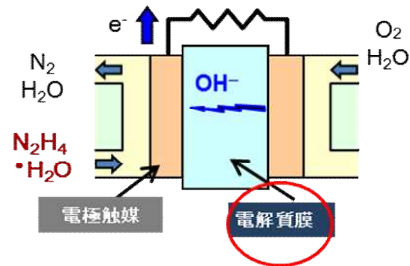
## 【成果】まだ実用化されていない白金フリーの「アルカリ型」燃料電池を可能とする新しい電解質膜を発見

【中心研究者】前川康成氏（量子科学技術研究開発機構（QST）高崎量子応用研究所）他

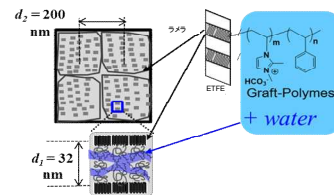
電子線    ガンマ線    イオン    放射光    中性子

白金を用いない「アルカリ型」液素燃料電池

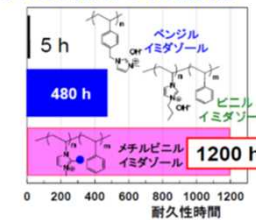
【課題】アルカリ型は、プロトン型と異なり強酸性でないため、白金の貴金属の代わりに、Fe・Co・Ni等の安価な金属を電極触媒に使用できるポテンシャル。ただし、アルカリ性が高いため、膜がすぐに腐食し、耐久性の高い膜の実現に課題。



⇒ QST高崎研のガンマ線等を用いたグラフト重合により、新材料膜を作製。Spring-8やJ-PARC等により、膜の詳細な構造・機能解析を経て、耐久性の高い構造を最適化。



アルカリ水、80°Cでの耐久性



新材料膜は、アルカリ耐性が飛躍的に向上。目標の導電率を1200時間維持。[2014年、2015年、2016年論文発表]

自動車メーカー

- ・30名規模の体制で全社プロジェクトとして推進。
- ・QSTオープンイノベーション・ハブ「先端高分子機能性材料アライアンス」に参画し研究開発を促進。

（2016年1月作成  
2017年5月更新）

※QSTでは、グラフト重合の化学構造と物性の関係の理解の蓄積の上に、新材料を探索可能。

# NMRプラットフォームの代表的成果

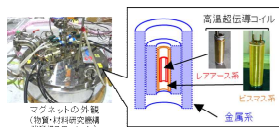
## メーカーとの連携センターの開設 (理研)

2014年11月に理化学研究所と日本電子で連携センターを設置。NMR装置開発力の強化とNMR利用技術の拡大を目的として、

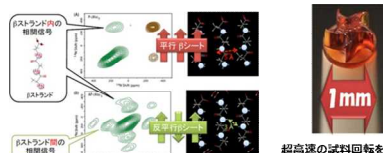
- ・世界最高磁場NMRにむけた研究開発 (1.3GHz級)
- ・超高速MASによる固体NMR解析法の確立

他に

- ・生物系の電子顕微鏡技術の高度化を実施中。



超伝導磁石の世界最高磁場 (27.6T) の発生に成功



アミロイドタンパク質の二次構造を決定する新手法の開発



## フロー型高磁場NMRの開発 (横浜市大)

製薬・化学メーカーでは維持管理費用や高度技術支援者の整備の問題で維持できない高磁場 ( 950MHz ) NMR装置を外部利用者に広く提供するフロー型NMRシステム\*として構築。

\*フロー型NMR:溶液をフローさせ、化合物の同定や化学反応の追跡が出来る。LC-NMRとして有効。



950MHzフロー型NMR・LC-装置 (日立)

次期利用開発：  
多核高感度フロー-NMR装置の利用開発  
(分光器の更新と多核高感度フロー型クライオプローブ、MS及びSPE)

波及効果：  
エピゲノム創薬、天然変性領域、合成高分子、代謝化合物、分析化学、LC-NMR、食品化学、化学反応

## DNP法によるNMRの高度化開発 (阪大)

日本電子と連携し、既存の装置よりも感度が1000倍の性能を持つDNP (Dynamic Nuclear Polarization) -NMRシステムを構築。生命科学分野、材料分野等への利用が強く期待されている。



高磁場DNP-NMR装置

- ・通常の固体NMRでは測定が困難な低濃度有機成分短時間での測定が可能。
- ・共用事業により利用者には高度技術支援者の測定サポートを行っている。
- ・JSTの先端計測分析技術・機器開発プログラムで開発した機器を共用に展開した例として注目。
- ・⇒研究室の自助努力により各事業を連携。

### 高度化後の将来

- ・膜蛋白質複合体やアミロイド線維の細胞内直接観測
- ・無標識医薬品、機能性材料の理知的開発 (→産業界から要請)

## 教育・実習事業/バイオ系新技術開発 (北大)

NMR技術の向上の為に教育・実習を行うことで、NMRユーザー拡大に向けた活動を実施中。教材動画をインターネットを通して全国に無料配信し、ハンズオン実習と併せることにより教育効果向上。

ランタノイドプローブによるタンパク質解析技術の開発に加え、食品・農林水産分野のNMRユーザー獲得のためにNMRメタボロミクス解析にも注力。北大COIとも連携し、解析技術開発を推進。



- ・ ICT教育システム開発
- ・ 装置実習コース

### 生命系解析技術の開発：

- ・ランタノイドプローブ解析
- ・メタボローム解析
- ・HR-MAS技術の応用

# 光ビームプラットフォームの代表的成果

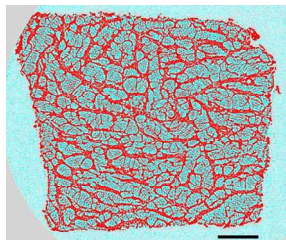
- 光ビームプラットフォームは放射光施設を有する6機関と大型レーザー施設を有する2機関で構成されるネットワーク。平成19年度開始の先端研究施設共用イノベーション創出事業を緒とし、平成25年度に技術領域の近い研究機関の連携体制としてNMR共用プラットフォームとともに光ビームプラットフォームを形成（先端研究基盤共用・プラットフォーム形成事業）。
- 平成28年度からプラットフォームとして2期目を開始（先端研究基盤共用促進事業）。各構成機関の共用体制は従来の取組により整っていることから、**共用は自主事業あるいは本来業務として実施し**、プラットフォームは連携に主眼を置いて、**標準化、施設連携、人材育成**を重点テーマとして活動中。
- 平成28年度における8機関の**利用実績総計は、企業等：791件、産学連携：145件、大学等：1179件。利用者人数は延べ4795人。**（KEKの共同利用、あいちSRや九州SRの産業利用などの本来業務の利用件数を含む。なおJASRIに関しては本事業に参画する産業利用推進室が所管する3本のビームラインについてのみを集計対象とした）



## 冷凍食品内部組織の非破壊観察

## JASRI/SPring-8

冷凍保存された食品の品質を決定する氷結晶の分布状態を可視化する技術（高コントラスト単色X線CT）を開発した。この技術を用いて魚肉（右図 冷凍マグロ）や豆腐、麺類、根菜類などの組織観察が行われ、冷凍過程が食品組織に与える影響が検討された。



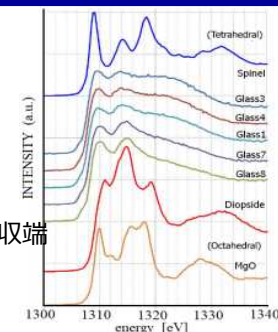
佐藤他、日本食品工学会誌 17, 89 (2016) . 論文賞受賞 (2017年)  
上原他, SPring-8利用研究成果集 vol.4 No.2 pp.320-323 (2016)

## 実用ガラス中のMgの新しいイメージ

## NewSUBARU

Mgは実用ガラスの代表的な成分であるが、**光学性質や機械強度を決めるMgを取り込む構造（配位状態）**には謎が多い。

NewSUBARUで測定したMg K吸収端構造を合わせた研究から、Mgでは希な4配位の可能性や新しい結合モデルが提案された。

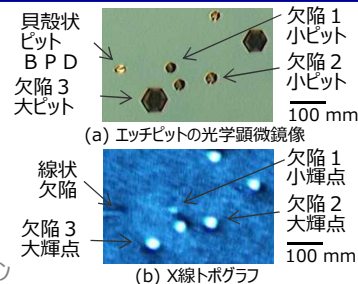


日本板硝子（株）  
第57回及び58回のガラスフォトンクス討論会で発表 平成27年度トライアルユース事例

## パワーデバイス用SiC中の欠陥評価

## 九州SR

新しいパワーデバイス用半導体材料SiCは、デバイス性能発揮のために**結晶欠陥**の影響を抑制する技術開発が必要となっている。そこでX線トポグラフィにより欠陥観察を行い、**高性能デバイス実現の基盤となる解析結果を得た(1)**。

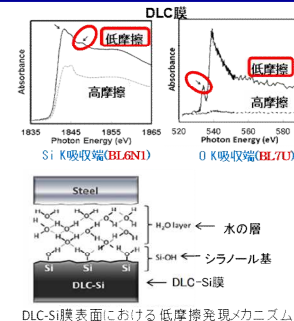


(1) 九州シンクロトロン光センター年報2016, p11、三菱電機(株) 古庄智明、中村 勇、丸山ミチタクエンジニアリング(株) 岡田 貴

図 エピ膜付4H-SiC<11-20>4度オ基板の同一箇所欠陥観察結果(1)

## Si含有DLC(Diamond Like Carbon)の低摩擦機構 あいちSR

駆動部品等の摺動部の**低摩擦化・耐摩耗性材料**としてSi含有DLC膜が着目されている。本検討では、モデルサンプル及び摺動部の膜表面に高Si含有DLCと低Si含有DLCを用いた場合の状態をXAFS分析し、機能発現のメカニズムを検討した。その結果、**高Si含有DLC膜でシラノール基を介した吸着水層が境界膜として作用し、低摩擦を発現していることがわかった。**



豊田中研 あいちSR成果公開利用（2016年度）

DLC-Si膜表面における低摩擦発現メカニズム

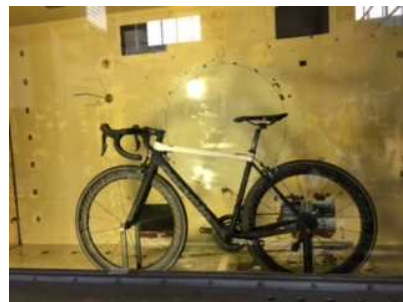
# 風と流れのプラットフォームの代表的成果

- 風と流れのプラットフォームは、国内有数の風洞試験設備とスーパーコンピュータをセットで供用し、分野を問わず、風と流れに関する様々なユーザーズに対応した高度利用支援を行い、流体科学に立脚する科学技術イノベーションを強力に促進。
- 充実したサポートにより、経験のない利用者でも最新の設備を利用した流体科学に基づく製品設計等が可能となり、我が国の国際競争力強化を促進。また、風工学分野等における利用も促進し、国民の安全・安心に貢献。

## 【成果】自動車のエアロフレームの実験 -エアロフレームはエアロか!?-

【利用期間:2017年度, 自転車メーカー】

平成28年度3月末にJAXA2m×2m低速風洞において、自転車メーカーによる自転車の車輪単体（車輪駆動）、及び自転車全体にかかる空気力を様々なデザインで比較し計測するとともに、煙による車輪、車体周りの流れの可視化を実施した。（試験の様子と、職員へのインタビューが雑誌「BiCYCLE CLUB」7, 8月号に掲載された）。数値データ非公開。風洞試験経験はなく、全面的な技術支援を要した。



試験状況 (JAXA 2m×2m低速風洞)



「BiCYCLE CLUB」7月号

## 【成果】未来の高速鉄道の実験 -ハイパーループ・コンペに挑戦-

【利用期間:2017年度, 慶応義塾大学大学院 システムデザイン・マネジメント研究所】

イーロンマスク氏が社長のSpace X社が主催する「ハイパーループ・コンペ」（真空チューブを高速で移動する未来の高速鉄道）出場予定の供試体の実物大風洞試験で、空気力計測（主にDrag）と煙可視化試験を実施。試験は2017年7月下旬JAXA6.5m×5.5m低速風洞で実施された。TV東京のクルーが試験状況を撮影し10月にBSジャパンで放映予定。試験の数値データは非公開。風洞試験経験はなく、全面的技術支援を要した。

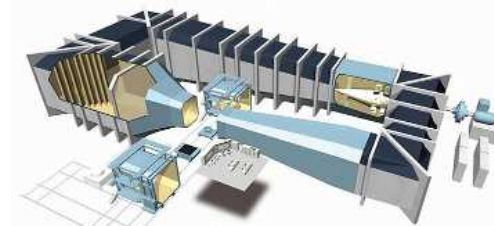


JAXA6.5m×5.5m低速風洞での試験風景



慶応大学PODのチューブ内走行映像（実際の走行映像）

「風と流れのプラットフォーム」パンフレットより引用



ハイパーループポッドの空気力計測



ハイパーループポッドの形状最適化

(2018年3月作成)



## 新たな共用システムの実施例（1）

### ■ 名古屋工業大学・・・リサーチ・コミュニケーション・スペース（RCS）の新設

- 平成29年度内に4専攻（全5専攻）において設置
- 隣接させることで研究を促進させる分類ごとにRCSとしてカテゴリイズ（全9室）
- RCSに設置されている装置及び機能は全学からアクセス可能なWebページから予約可能
- RAを配置し、新規ユーザーの補助することで利用を促進。全装置のマニュアル作成を実施
- 利用料金と併せて保守費用を産学官連携機構で管理



生命応用化学専攻（生命物質化学、ソフトマテリアル及び環境セラミックス分野）が主に使用できる装置群を集約。今後、異分野の研究（装置）に触れることにより、**分野をまたぐ融合研究への種（シーズ）を見出す事に期待**。また、産業界等の外部への開放に向けて準備中。

例：レーザー顕微鏡拡張システム  
物理工学専攻がこれまで活用→生命・応用工学専攻等で新たな活用が可能

#### 1 主な設置機器

- ラマン分光解析-原子間力顕微鏡装置
- Eレキ®-貯蔵変換セラミックス材料評価・解析装置
- 共焦点レーザー顕微鏡
- 熱重量-質量同時解析装置
- 走査電子顕微鏡
- 炭素・硫黄分析装置

等

# 新たな共用システムの実施例（2）

## ■ 東京工業大学・・・キャンパス内クリーンルーム統合共用化

運用面の特徴

平成28年の大学改革により、全学の教育組織・研究組織を刷新し大括り化。海外著名研究者の招聘も活性化。同時期に本事業を開始出来たことで、全学の協力を得て共用化を推進。

**すずかけ台キャンパス**  
6カ所に点在するクリーンルーム  
(総面積約1200m<sup>2</sup>)

### 機械系MEMS設備群

【センサ, バイオMEMS, マイクロ流体制御】

### 電気系ナノ電子デバイス設備群

【ナノエレクトロニクス, パワーエレクトロニクス】

### フォトニクス集積デバイス設備群

【光集積回路, 集積レーザ】

コア研究室： 20研究室

他の利用研究室：20研究室

大学院学生数：約500名

### クリーンルーム統合共用化 (6→4ヶ所への集約を目指して移設中)

- 最先端設備群の集約化
- 一体運営/管理体制の構築
- 運用支援システムの構築
- 学内外共同研究推進
- 学内外への設備開放
- 持続的更新システムの構築
- 安全管理システムの構築
- 設備利用スキル蓄積と共有化
- 最新設備の投入, アンテナショップ化
- 新任教員への研究環境提供
- 大学院生への高度な実践教育

### 本事業による成果

- スペースの有効活用、スケールメリットによる光熱費削減
- 技術職員等の集約
- 外国人研究者等がすぐに設備を利用して研究できる環境の実現
- 大学院生の研究を通じた教育の高度化
- 運営委員会で不要機器を抽出・廃棄し, 新規装置を購入・設置する検討を開始

東工大すずかけ台キャンパス



### 研究設備集約化の実施

**現 状**：研究室単位の設備・装置を個々の施設に集約

**本事業**：全体を集約化し、統合的な一体運営体制を構築

共有形態	目標
部分的共用	20%
学内完全共用化	80%
学外からの利用	30%

# 新たな共用システムの実施例（3）

## ■ 北海道大学・・・グローバルファシリティセンター（GFC）をコアに設備共用の水平展開

### 北大における機器共用の推移

#### ① 平成16年（2004年）以前

各部局等内でのローカルな設備共用  
+ 幾つかの全学共同利用施設（He液化、計算機等）

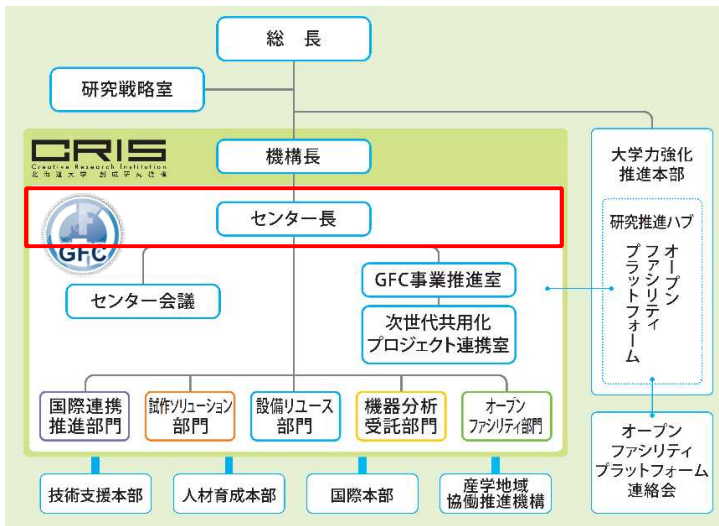
#### ② 平成17年（2005年）～

学内外への設備開放  
**オープンファシリティ(OF)システム**の構築  
共用機器管理センター設立（OF+受託分析）

#### ③ 平成28年（2016年）～

**学内プラットフォーム**構築（機器共用の水平展開）  
大学機能強化への貢献  
・ 新規機能開拓（試作ソリューション・設備市場）  
・ 人材育成へのシフト

### グローバルファシリティセンター（GFC）への改組



### OF登録機器台数

H17	27 台
H20	55
H23	70
H26	115
H29	159

### データベース登録台数

H29 ~700 台



### H28～

#### ファーマサイエンス共用ユニット：PSOU

薬学研究院/薬学研究院 創薬科学研究教育センター

#### ソフトマター機器共用ユニット：SMOU

ソフトマターグローバルステーション/先端生命科学

#### 先端物性共用ユニット：APPOU

理学研究院物理学部門/化学部門/機械工作室/極低温液化センター  
工学研究院応用物理学部門

#### マテリアル分析・構造解析共用ユニット：MASAOU

工学研究院ナノ/マイクロ材料分析研究室/高エネルギー超強力X線回折室/  
光電子分光分析研究室 電子科学研究所

### H29～

#### ナノ物質科学・バイオインテグレーション顕微解析ユニット：MANBOU

獣医学研究院/アイソトープ総合センター

#### One Healthに貢献するオープンファシリティユニット：OHOU

獣医学研究院/工学研究院/農学研究院/理学研究院/情報科学研究科  
医学研究科/電子科学研究所/触媒科学研究所

# 博士課程教育リーディングプログラム（平成23年度～）

平成30年度予算額：71億円（参考8）  
 （平成29年度予算額：150億円）

専門分野の枠を超え俯瞰力と独創力を備え、広く産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーの養成

- 明確な人材養成像を設定。博士課程前期・後期一貫した世界に通用する質の保証された学位プログラムを構築
- 国内外の多様なセクターから第一級の教員・学生を結集した密接な指導体制による独創的な教育研究を実施
- 世界に先駆け解決すべき人類社会の課題に基づき、産・学・官がプログラムの企画段階から参画。国際性、実践性を備えた研究訓練を行う教育プログラムを実施

⇒ 修了者のキャリアパス、博士が各界各層で活躍していく好循環を確立

## 従来の博士課程教育



## リーディング大学院



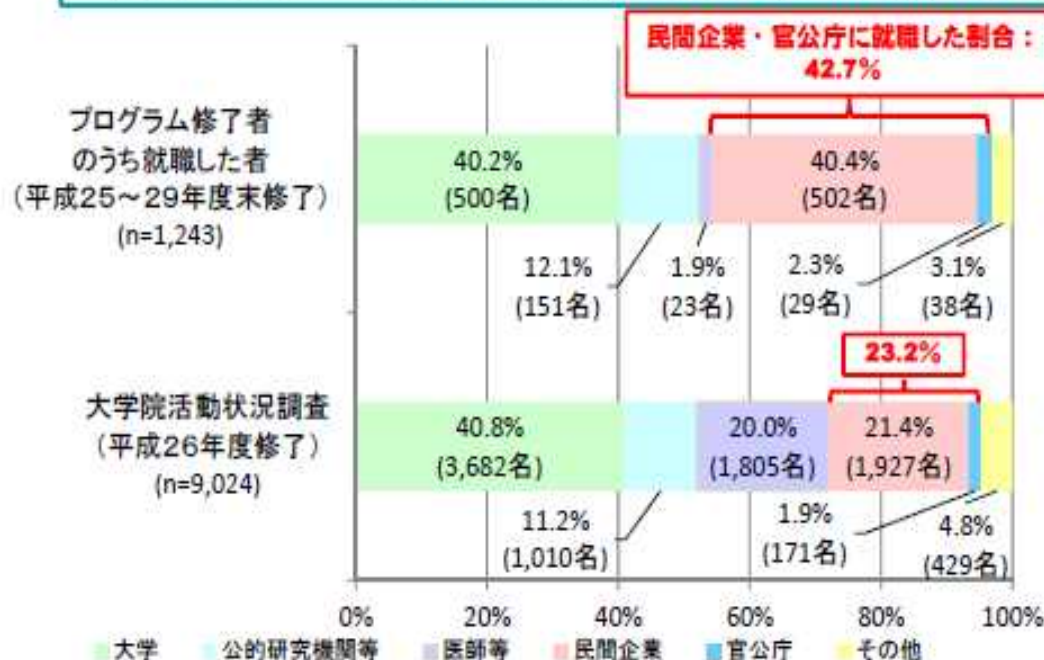
採択件数：29大学42件  
 ※平成24年度・25年度採択分  
 （平成29年度：33大学62件）  
 補助期間：最大7年間

在籍学生数：約4,000人  
 （平成29年3月時点）

- 産・学・官の参画による国際性・実践性を備えた現場での研究訓練
- 国内外の多様なセクターから第一級の教員を結集した密接な指導体制
- 優秀な学生が切磋琢磨しながら、主体的・独創的に研究を実践
- 専門の枠を超え、知の基盤を形成する体系的な教育と包括的な能力評価

# 就職者の就職状況(プログラム修了者、博士全体)

○就職者(プログラム修了生)の4割超が民間企業・官公庁に就職。  
国内外の大学・公的研究機関・民間企業・官公庁等の多様なセクションで活躍。



大学及び公的研究機関等のポストク内訳

プログラム修了者	ポストク内訳	ポストク人数
プログラム修了者	大学	298名
	公的研究機関等	67名
	合計 (全就職者中の割合)	365名 (29.4%)
全博士課程修了者	合計 (全就職者中の割合)	1,762名 (19.5%)

出典: プログラム修了者のうち就職した者は平成29年度実施状況調査(文部科学省) 博士課程全体の就職者は平成26年度大学院活動状況調査

※大学院活動状況調査については、現職を継続する社会人を除く。  
 ※大学院活動状況調査の結果には、いわゆる「満期退学者」も含まれる。  
 ※大学院活動状況調査については、ポストドクター1,762名の所属機関種が特定できないため、ポストドクター等の雇用・進路に関する調査(2014年12月 科学技術・学術政策研究所)のポストドクター等の所属機関種(大学:75.6%, それ以外:24.4%)に基づき、大学と公的研究機関に按分して計上。

## 【主な就職先】

(大学・公的研究機関)

北海道大学、東北大学、筑波大学、千葉大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学、慶應義塾大学、早稲田大学、スタンフォード大学、オックスフォード大学、ロンドン大学、マサチューセッツ工科大学、カリフォルニア大学、コロンビア大学、ケンブリッジ大学、自然科学研究機構、高エネルギー加速器研究機構、理化学研究所、産業技術総合研究所、新エネルギー・産業技術総合開発機構、NASA、NIH、マックス・プランク研究所、CNRS 等

(企業・官公庁) アステラス製薬、住友化学、第一三共製薬、中外製薬、パナソニック、日立製作所、三菱電機、文部科学省、特許庁 等

(国際機関) アフリカ開発銀行(AfDB)、国連食糧農業機関(FAO)、世界保健機関(WHO)、世界知的所有権機関(WIPO)