

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターの在り方について

報 告 書



令和3年1月26日

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会

目 次

はじめに	1
I センターの基本方針	2
センター設置の目的・意義	2
II 学術研究の組織、活動実績等（一過去10年間の成果一）	4
1. センター組織及び施設等	4
(1) 組織	4
(2) 建物・施設等	7
2. 研究活動	9
3. 教育活動	15
4. 国際交流	17
5. セミナー・講演会等	19
6. 学会活動	20
7. 社会貢献	21
8. 表彰等	22
9. 外部資金	23
10. 広報活動等	27
11. センターの運営・自己点検・外部評価	29
III センターの現状と課題	32
1. 学術研究活動等	32
(1) 研究活動	32
(2) 教育活動	33
2. 組織及び施設等	34
(1) 組織	34
(2) 施設等	36
IV センターの活動評価	38
1. 教育活動の実施状況	38
2. 研究活動の実施状況	39
3. 社会貢献の実施状況	40
4. 国際交流等の実施状況	40
5. 広報活動等の実施状況	41
6. 全体評価	42
V センターの今後の在り方	43
1. 学術研究活動	43
2. 人材育成	44
3. 組織	44
4. 共同利用・共同研究拠点活動	45
5. 最後に	47
・愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会要項	48
・愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会委員等名簿	49

はじめに

地球深部ダイナミクス研究センター（GRC）は、「地球深部の物質構造とその動態の解明について総合的に取り組む全学共同利用センター（文部省の省令施設）」として、平成13年4月に設置されたが、平成22年度に第一期10年間のGRCの活動内容について検討が行われ、それまでの地球深部科学研究の力強い推進と、それから発展した新しい超高压材料科学分野の研究への進展が評価されて、さらに第二期10年間のセンター存続と部門の改組が答申された。愛媛大学は平成28年度から始まった第三期中期目標期間において、「輝く個性で 地域を動かし世界とつながる大学」を創造することを理念に、地域を牽引し、グローバルな視野で社会に貢献する教育・研究・社会活動を展開する。」という「ビジョン」を掲げ、「ビジョン」を達成するための3つの「戦略」と、具体的な「取組」を設定した。第三の戦略として掲げられた「世界をリードする最先端研究拠点の形成・強化」では、中核をなす取組として先進超高压科学研究拠点における研究推進を挙げている。

このような状況下、平成25年4月には、共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学研究拠点（PRIUS）」として文部科学省から認定を受け、地球深部科学・超高压科学分野を中心としつつ、より幅広い分野における教育研究活動を活発に展開している。しかしながら、こうした最先端研究センターの方向性については、得られた成果と時代のニーズを見つめつつ、一定の期間の中で在り方を見直し、柔軟に軌道修正を図って行くこととしている。

このような背景のもと、学長は、本センターの第二期10年間の活動評価および今後の組織、活動等の在り方について検討するため、「在り方検討委員会」の設置を令和元年10月2日開催の役員会において決議し、同年10月9日開催の教育研究評議会に報告した。これを受け、在り方検討委員会は、令和2年3月13日に第1回の委員会を開催した。第2回の委員会は、新型コロナウイルス感染症対策のため令和2年10月7日にWebによる遠隔会議として開催した。第2回目の委員会では評価方法を検討するとともに、2名の学外有識者（東京大学大学院理学系研究科附属地殻化学実験施設教授の鍵裕之氏及び九州大学理学研究院地球惑星科学部門固体地球惑星科学教授の金嶋聰氏）にWeb会議システムにより参加いただき、これまでの成果および今後の課題についてご意見を拝聴した。令和3年1月26日には、第3回の委員会を持ち回り会議として開催して上記の学外有識者を加えた集中審議を行い、本センターの第二期10年間の活動評価の総括と今後の活動、組織、施設等の在り方についての提言を本報告書としてとりまとめた次第である。

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会
委員長 宇野 英満

I センターの基本方針

センター設置の目的・意義

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター（以下「GRC」）の基本方針に関し、設立に向けた愛媛大学からの文部省概算要求提出書類（平成 12 年度）において、その設置目的について以下のように述べている。

「上記の分野（高圧合成、地震波速度分布の決定、高圧下での物性測定技術など）で培われてきた革新的技術と独創的研究をさらに発展させ、地球深部関連科学の総合的推進を図ることを目的としている。また学内の広範な基礎科学分野の研究交流の促進を目指すとともに、国内外の関連研究機関との交流および情報発信の拠点としての役割を担うことも重要な目的としている。

GRC の活動により、地球深部の微細構造や物質構成、それらの物理的性質や化学組成、地殻変動や地震発生などのダイナミックな挙動、さらには地球および惑星の起源と進化の解明にも大きな進展がもたらされるものと期待される。また、このような基礎科学分野での研究成果とともに、例えば極端条件を利用した新しい超硬材料の開発などの応用研究の展開や、地震災害予測および関連情報発信等の面での地域貢献も見込んでいる。」

このような目的のもと、GRC では特に国際性・革新性・学際性を重視した地球深部科学、および関連分野における、先進的研究・教育の推進を推進してきた。設置後 10 年を経た前回の「GRC 在り方検討委員会（以後、在り方委員会）」報告（平成 23 年 3 月：以後これを GRC 一期、これ以降現在までを GRC 二期と称する）においては、上記のうち地震波速度分布の決定に基づく地震波トモグラフィー分野については、主要研究者の異動等の理由により縮小し、第一原理計算分野を中心とした数値計算分野の強化が提言された。また、地震災害予測・関連情報発信については、GRC 設立後に設置された「愛媛大学防災情報研究センター」がカバーすべき課題として、その目的から外すことが提言された。

従って現在の GRC の主要な目的は、端的に述べると「地球深部の構造、物質及びダイナミクスに関する先端的研究を、実験と理論に基づき推進する」ことにある。より具体的には、超高压実験・放射光実験を中心とした実験と、第一原理計算・流体力学に基づく数値計算を 2 つの重要な手法とし、主な研究対象として（1）マントル・核を中心とした地球深部の物質構成の解明、（2）プレート沈み込みに伴う揮発性成分の挙動とダイナミクスの解明、（3）独自の超高压技術を用いた新規物質の開発、を目指した先端的研究活動を進めている。またこれらに加えて、前回の在り方検討委員会の提言に基づき、GRC 二期においては（4）深発地震の原因やマントル・核相互作用などの動的地球深部科学、（5）太陽系巨大惑星や系外惑星内部の物質科学、（6）他分野の研究者と連携した超高压材料科学、の推進についても取り組みを開始した。

一方で、これらの先端的研究活動に基づく若手研究者の育成などの人材育成を担うとともに、GRC の独自技術や装置を活用した、国内外や学内のグループとの共同研究も積極的に進めてきた。これらの活動を更に強化し、より幅広い学際的研究を推進するため、前回の在り方委員会の提言に基づき、GRC 二期においては全国的な共同利用・共同研究拠点化も目指してきた。この結果、平成 25 年 4 月には、共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学研究拠点（以下 PRIUS）」として文部科学省から認定を受け、地球深部科学・超高压科学分野を中心としつつ、より幅広い分野に

おける研究・教育活動においても貢献している。

愛媛大学では平成 28 年度からの法人化第 3 期において、3 つの戦略のもとに中期目標を設定しており、研究面に関する戦略 3 では、「世界をリードする最先端研究拠点の形成・強化」を目指し、5 つの取組を進めている。このうち取組 1 「新物質の創成と応用を目的とした超高压物質科学の推進」、取組 5 「リサーチユニット制度の導入による次世代先端研究拠点の育成」、取組 4 「先進超高压科学研究拠点 (PRIUS) における研究推進」の 3 つの取組が GRC と深く関連しており、GRC に対する研究面での全学的な期待は極めて大きい。

II 学術研究の組織、活動実績等（—過去 20 年間の成果—）

GRC の活動内容は、年 3 回発行されている紙媒体のニューズレターとともに、ホームページにおいて開示されている。なお平成 26 年まで隔年で発行していた冊子体の GRC 活動報告は、その費用対効果を考慮して現在は発行を停止しているが、活動内容は総て電子媒体で記録するとともに GRC 及び PRIUS の中期・期末評価時の基礎データとして活用している。これらの公表内容やデータをもとに、設立以来過去約 20 年間の GRC の組織や施設、また様々な活動実績の概要をそれぞれ GRC 一期と GRC 二期に分けて以下にまとめた。

1. センター組織及び施設等

（1）組織

<GRC 一期>

GRC 設立時の教員定員は、理学部から移動した 4 名、工学部から移動した 2 名、および設立に際して愛媛大学に措置された 2 名（うち 1 名は客員）を加え教授 3（+客員 1）、助教授 1、助手 3 であり、GRC は計 7（+1 名の外国人客員教員）名の専任教員でスタートした。これ以降、平成 17 年には学内措置により准教授 1 名、また平成 19 年には客員教授定員を助教（平成 21 年度より准教授）に転用し、教員定員 9 名となった。更に平成 20 年にはグローバル COE（以下 GCOE）採択に伴う措置として、助教 2 名の配置がなされた。また、GCOE 教員として、GCOE 直接経費により教授 2 名、准教授 1 名が在籍するとともに、平成 20 年度に設置された愛媛大学上級研究員センターの上級研究員 2 名（テニュアトラック）が、GRC 教員と緊密な連携を行い、研究・教育にあたった。これらをすべて含めると、前回の在り方委員会報告がとりまとめられた平成 23 年 3 月時における専任教員数は、GRC 定員教員 9 名 + GCOE 学内措置助教 2 名 + GCOE 教員 3 名 + 上級研究員 2 名となり、実質 16 名の教員組織が GRC の業務を担っていた。

教員はマルチアンビル装置を用いた超高压実験を中心とする「地球深部物質構造動態解析部門」、グローバル地震学・第一原理計算・対流計算など数値シミュレーション分野の「地球深部活動数値解析部門」、および流体高压下での弾性波速度などの物性精密測定を中心とした「地球物質物性計測部門」の、3 部門に分かれて研究教育活動等を行った。更に、GCOE「地球深部物質学拠点」採択後の平成 21 年度には、ダイヤモンドアンビル装置と量子ビーム（放射光、中性子線、電子線等）応用実験を中心とする「量子ビーム応用部門」を新たに設置し 4 部門とした。

なお GRC 一期中の専任教員の異動に関しては、教授 1 名が東北大教授として、また助教 3 名が東大講師・岡山大准教授・愛媛大講師（リサーチアドミニストレーター）として転出し、いずれも速やかに後任の採用を行った。

<GRC 二期>

GRC 二期においては、平成 25 年 4 月には GCOE 終了に伴い GCOE 教員 3 名の解任と同時に、上級研究員 2 名のテニュア審査を経た GRC 准教授への異動が行われ、GRC 教員は 13 名（うち GRC 定員内教員 9 名、GCOE に伴う学長裁量助教 2 名、GRC の承継ポストへの移行を想定した准教授 2 名）となった。平成 28 年度の法人化第三期開始時より愛媛大学においてはポイント制が導入されたが、この定員 9 名を基準としたポイント配分とその後のポイント削減により、GRC における教員数の維持は困難になっている。平成 29 年度より、学長裁量 GRC 教授 1 名が基幹経費化

されるに伴い GRC 教員「定員」は実質的に 10 名となったが、GRC の現教員 13 名のうち 3 名分は学長裁量に基づく期間限定のポストであり、令和 2 年度からは 2 名の定年退職に伴い、教員数 11 名（うち 1 名は学長裁量教員）＋特定教員 1 名となり実質的に 1 名の教員削減となった。ポイント制の一律な適用は、少人数の教員からなる部局である GRC の安定的運営を困難にしており、法人化第三期終盤には深刻な事態を迎えることが危惧される。

前回の在り方委員会において、GRC の各部門の名称が複雑でかつ実態に即していないとの指摘がなされたことを受け、平成 25 年度からは、当初の 3 部門をそれぞれ「超高压合成部門」、「数値計算部門」、「物性測定部門」と名称変更し、「量子ビーム応用部門」とあわせて 4 部門とした。更に、前回の在り方委員会の提案や愛媛大学の研究面での取り組みを受け、平成 30 年 5 月には新たに「超高压材料科学部門」を設置し、理工学研究科理学系教員 2 名と、同工学系教員 2 名に同部門所属の GRC 併任教員とし、超高压を利用した新材料の開発などを目的とした学際的研究を開始している。一方で量子ビーム応用部門は GCOE 終了後に段階をおって縮小し、現在その役割は主に超高压合成部門と物性測定部門が担っている。

また、GRC 二期においては、教授 2 名が広島大教授・東北大教授として、准教授 1 名がドイツ放射光実験施設研究員、助教 6 名が大阪大助教・SPring-8/JASRI 研究員・南アフリカステレンボス大研究員・東大助教・米国放射光施設 NSLS 研究員・京都大准教授として転出しており、引き続き優秀な若手を国内外の研究機関に供給する一方で、これらの後任を新たに採用することにより常に組織の活性化を図っている。なお、現在の専任教員 12 名の教員のうち、外国人と女性はそれぞれ 1 名である（前者はフランス国籍）。また、GRC 教員の半数以上が、2 年程度以上の海外での研究生活経験者であることは特筆に値する。GRC 設立時、GRC 一期終了時、および現在の教員組織を、表 1～表 3 にそれぞれ示す。

GRC においては、ポスドク (PD) として研究機関研究員が配置されるとともに、日本学術振興会特別研究員、GCOE 助教・研究員、学内配分や科学研究費等を財源とする特定研究員、上級研究員センター研究員、世界トップクラス研究拠点 (WPI) 研究員等、多数の若手研究者が在籍し、GRC 教員と緊密な連携のもと活発な研究活動を展開している。設立以来、及び現在の PD の在籍数等を表 4 に示す。これまでに 48 名（うち外国人 17 名）の PD が GRC に属しているが、そのほとんどが、国内外の大学等の教育研究機関において教授・准教授・助教をはじめとした職を得ており、GRC の国際的な人材ネットワークを形成している。

表 1. GRC 設立時 (H13 年 4 月) の教員構成

地球深部物質構造動態解析部門	入船 徹男	教授
	選考中	助教授
	井上 徹	助手
地球深部活動数値解析部門	趙 大鵬	助教授
	田中 秀実	助手
地球物質物性計測部門	花山 洋一	教授
	木村 正樹	助手
外国人客員	Deo Datta Singh	客員教授

GRC 関連の研究教育支援職員としては、GCOE に関連して設置された、愛媛大学教育研究高度

化支援室において、常勤の講師格のリサーチアドミニストレーター・ラボマネージャー各 1 名が実質的に GRC 担当として配置されるとともに、技術専門職員 1 名、事務員 2 名に加えて、非常勤の技術補佐員（1 名）・研究支援員（3 名）・事務補佐員（2 名）が配置されている。

表 2. GRC 一期終了時（H23 年 3 月末日）の教員構成

地球深部物質構造動態解析部門	入船 徹男	教授
	西山 宣正	准教授
	大藤 弘明	助教
	丹下 慶範	助教
地球深部活動数値解析部門	土屋 卓久	教授
	亀山 真典	准教授
	選考中	助教
地球物質物性計測部門	井上 徹	教授
	松影 香子	グローバル COE 准教授
	木村 正樹	助教
	Matthew L. Whitaker	助教
量子ビーム応用部門 (H21 年度設置)	平井 寿子	グローバル COE 教授
	藤野 清志	グローバル COE 教授
	桑山 靖弘	助教
上級研究員センター (GRC 関連)	土屋 旬	上級研究員 (特任講師)
	西原 遊	上級研究員 (特任講師)

表 3. 現在 (R2 年 10 月) の教員構成

超高压合成部門	入船 徹男	教授
	選考中	准教授/助教
	大内 智博	准教授
	西 真之	准教授
	Steeve Gréaux	助教
	大藤 弘明	教授※
数値計算部門	土屋 卓久	教授
	亀山 真典	教授
	土屋 旬	准教授
	出倉 春彦	講師
物性測定部門	西原 遊	教授
	河野 義生	准教授
	境 毅	准教授
超高压材料科学部門	内藤 俊雄	教授 (兼任)

(H30 年度設置)	松下 正史	教授 (兼任)
	山本 貴	准教授 (兼任)
	石川 史太郎	准教授 (兼任)
量子ビーム応用部門	該当者なし	

※クロスアポイントメント

表 4. ポスドク研究員 (PD) の在籍状況 []は外国人の内数

職 種	設立時の 在籍数	延べ在籍数	延べ在籍数	現在の 在籍数 R2.8.1
		GRC 一期 (H13-H22)	GRC 二期 (H23-R2)	
特定研究員 (運営費交付金)	2	12 [2]	10[3]	4[2]
特定研究員 (科研費)		7 [1]	4[3]	
学術振興会特別研究員		5	7	2
学術振興会外国人特別研究員		3 [3]	2[2]	
特定研究員 (グローバル COE)		12 [4]	11[4]	
上級研究員センター研究員		3 [1]	1	
特定研究員 (WPI)			9[5]	1
計		29 [9] (注)	33[12](注)	5 [2]

(注) 複数職種への在籍者がいるため、各職種の合計よりは少ない

(2) 建物・施設等

<GRC 一期>

GRC の主要な研究室・実験室等は、設立当初は理学部と工学部の構内に分れていたが、平成 15 年 3 月に理学部構内に総合研究棟 I が完成後、この建物の 1 階及び 4 階に移転・拡充された。一部の実験室等は、理学部本館および構内、また工学部構内に残され、研究・教育活動に活用されている。平成 20 年 3 月には、愛媛大学の 2 件の GCOE 拠点採択に伴う総合研究棟 I の増築が行われ、この 1 階部分に GRC の「創石実験室」を中心とする、新たな実験室が設置された。また、4 階部分に共通会議室等が設けられ、事務機能が 3 階に設けられた研究拠点事務課に移された。

平成 13 年度文部科学省研究高度化設備費や、平成 17～19 年度概算要求研究推進プロジェクト経費とともに、GRC 設立後 2 年目から連続して採択された大型科研費、「学術創成研究」(平成 15～19 年度)・「特別推進研究」(平成 20～24 年度)、更に平成 20～24 年度に採択された GCOE 等の経費により、GRC における実験設備等の設置・高度化が図られた。

これらの経費により、大型マルチアンビル超高压装置 (ORANGE-3000) や、大型 D-DIA 型変形装置 (MADONNA-1500) が導入されるとともに、愛媛大学の措置により、世界最大となるマルチアンビル大容量超高压合成装置 (BOTCHAN-6000) が導入された。これらの大型高压装置、および GRC の前身である理学部において、文部省重点設備費により導入された、ORANGE-1000、ORANGE-2000 も加えると、GRC は文字どおり世界トップの大型超高压装置群を有するセンターとなった。また、平成 20 年度からは上記の経費を用いて、やはり世界トップレベルのダイヤモンドアンビル超高压実験関連の、レーザー加熱システムやラマン分光装置等の充実も図られた。

これらの高圧装置群とともに、上記の経費により特徴ある分析装置やクラスタ型コンピューターシステムの導入も行われた。特に SEM-ラマン装置、FIB 加工装置、EBSD 分析機能を有する電界放射型走査電子顕微鏡 (SEM) などは、地球科学分野では国内外でも先頭を切って導入された。これ以外にも、分析透過型電子顕微鏡 (TEM)、高温微小領域 X 線回折装置、分析 SEM、顕微赤外分光装置、顕微ラマン分光装置、等が導入された。

<GRC 二期>

平成 24 年度の東工大 WPI 拠点 (地球生命研究所 ELSI) の採択に伴い、GRC はその国内サテライト拠点として参画している。これに伴い総合研究棟 II および愛媛大学ミュージズにおいて数値計算室 1 部屋・研究室 2 部屋の設置が、学内共用スペースを利用して認められたが、全学的な要請によりミュージズの 2 研究室は平成 31 年度までに退去し、また数値計算室も早急な退去が求められている。また平成 25 年度の PRIUS 採択に伴い、総合研究棟 I に外来研究員室の設置が理学部管理共用スペースを利用して認められた。現在 GRC が管理しているスペースを図 1 に示すが、総合研究棟 I を中心としつつも、一部は城北地区の広い範囲に分散している。

GRC 一期に採択された大型科研費「特別推進研究」(平成 20~24)・「基盤研究 S」(平成 25~29 年度)・「新学術領域研究」(平成 28~平成 31 年度)、および GCOE (平成 20~24 年度) 経費、WPI サテライト (平成 23~令和 3 年度) 経費等により、既存の高圧装置・分析装置・コンピューター等の高度化とともに、新たにレーザー加工装置・NC 旋盤等の加工装置の追加、硬度測定装置及び透過率測定装置の設置が行われた。更に、焼結ダイヤモンドアンビルを利用したより高い圧力下での実験を主な用途として、大型 D-DIA 型マルチアンビル超高压装置 MADONNA-II が設置された。

これらに加えて最近では拠点機能強化経費 (平成 28 年度) により、新たに電界放射型分析 TEM と最新の FIB 加工装置が導入された。また拠点機能強化経費 (平成 31 年度) により、BOTCHAN-6000 の高度化を行うとともに、新たに FE-SEM やレーザー加熱浮遊融解装置・大型高温炉等を導入した。これらの結果、GRC は世界最大・最多の大型マルチアンビル装置のみならず、それぞれ 2 台の TEM と FIB を保有するなど、高圧装置・分析装置及び周辺装置の面でも世界でトップクラスの設備が整備されている。これらの多くは PRIUS を通じて、国内外の研究者の共同利用・共同研究にも供されている。

一方で、上記の大型科研費や GCOE 経費等により、大型放射光実験施設 SPring-8 の高圧地球科学ビームライン (BL04B1) の高度化・維持管理・ユーザー教育等においても、GRC は中心的な役割を果たしている。これらの経費により、BL04B1 の高圧装置 SPEED-MkII のガイドブロック部分を、MADONNA の D-DIA 型ガイドブロックに置き換え、焼結ダイヤモンドアンビル等を用いた超高压実験や、高圧下での変形その場観察実験における新たな研究展開のプラットフォーム作りとともに、超音波測定装置や光学系・検出器等の高度化を行った。これらの装置は他のユーザーにも開放しており、その一部は PRIUS を通じた共同利用・共同研究に活用されている。



図 1. 城北団地における GRC 管理スペース

2. 研究活動

< GRC 一期 >

GRC の研究活動面での特筆すべき点は、GRC 一期終盤の平成 20 年度において GCOE 拠点に採択されたことである。GCOE プログラムでは、「物理学・数学・地球科学」領域において全国で 14 拠点、地球科学分野からの採択は、東北大（統合地球科学）・神戸大（惑星科学）・愛媛大（地球深部科学）の 3 拠点だけであった。GRC 一期における研究実績が、我が国の地球科学分野で高く評価されたことを示すものといえよう。GRC 一期の 10 年の間に国際誌を中心とした 311 編の学術雑誌に発表されるとともに、81 件の特別講演・基調講演・招待講演を含む 316 件の国際会議発表などとして発信されている。これらの中には、Nature 誌 3 編、Science 誌 2 編、米国科学アカデミー紀要 (PNAS) 4 編など、非常に高いインパクトファクター (IF>~10) を持つジャーナルへの論文 11 編が含まれている (表 5)。

<GRC 二期>

平成 23 年度からの GRC 二期の開始時は、GCOE による集中的予算措置による教員・研究員・博士課程学生の急激な増加が一段落した。GRC 一期の地震学波トモグラフィーと超高压実験に基づく、上部マントル～マントル遷移層領域を中心とした微細構造の解明から、GRC 二期においては地球のより深い領域を対象とした実験と理論による多様な研究が推進された。とりわけ平成 27 年度から 5 年間にわたり、GRC を中核とした新学術領域研究「核—マントルの相互作用と共進化」が採択され、第一原理計算・超高压実験・ダイナミクス数値シミュレーション・地震学・地球化学・地球電磁気学・ニュートリノ地球科学など、地球深部科学に関連する多様な分野の研究者を組織した、全国規模の大型研究が推進されたことは特筆に値する。一方で GCOE 終了直後の平成 25 年度には、GRC は全国の共同利用・共同研究拠点としての認定を受け、GCOE 期間を通じて得られた新たな技術や設備・人的資源を活用し、地球科学以外の関連分野との学際的共同研究も格段に進展した。

GRC 二期の課題として①高压下での変形実験技術の開発によるマントル物質のレオロジー、②下部マントル領域での相変化・密度変化・弾性波速度測定に基づく化学組成、③第一原理計算によるマントル最深部及び核構成物質の構造・物性、④実験・理論の共同によるマントル深部での水・水素の挙動、⑤太陽系巨大惑星およびスーパーアース内部物質とダイナミクス、などの解明を目指した先端的地球深部科学の推進とともに、⑥GRC で開発されたナノ多結晶ダイヤモンド(ヒメダイヤ)の様々な分野への応用、⑦超高压合成技術を用いた新物質の開発、などに重点的に取り組んだ。

これらの結果、稍深発地震の新たな発生メカニズムの提案 (Ohuchi et al., Sci. Adv., 2018)、下部マントル領域における新たな含水鉱物の発見 (Nishi et al., Nature Geosci., 2014)、マントル深部における水素の挙動 (Nishi et al., Nature, 2017)、下部マントル最上部における玄武岩層の存在 (Greaux et al., Nature, 2019)、下部マントル全体の化学組成 (Wang et al., Nature Geosci., 2015)、透明ナノセラミックスの開発 (Irifune et al., Nature Commun., 2016) などの高いインパクトの成果をはじめ、地球深部科学及び関連分野における重要な成果があがっている (表 6)。

また GRC 二期における特徴ある研究として、「革新性」を念頭においた様々な技術開発に基づく最先端地球深部科学の基盤づくりも大きく進展した。とりわけ、FIB 微細加工技術を活用した 2 段加圧ダイヤモンド装置による 500 万気圧領域の超高压発生や、回転ダイヤモンドアンビルの開発による最下部マントル～核領域での変形実験、また放射光実験と高压変形実験・超音波測定技術を組み合わせた「微小地震」測定システム、第一原理計算に基づく超高压下での輸送量や元素分配シミュレーション、などは世界の最先端をいく独創的な技術開発といえる。

加えて GRC が生み出したヒメダイヤは、その高い硬度のみならずナノ多結晶体であることや大型化可能という特徴を生かし、高压下での放射光 X 線吸収実験や中性子回折実験、また超硬物質を粉砕する乳鉢や同位体分析の標準試料など、当初の想定外の研究にも活用され、国内外の 30 を超える研究グループとのヒメダイヤを活用した共同研究が進められて多くの研究成果があがっている。ヒメダイヤの利用に関しては、平成 30 年には国内ワークショップ、また平成 31 年には国際シンポジウムが GRC で開催されるとともに、その成果は国際誌 High Pressure Research の特集号として令和 2 年 3 月に出版された。

更に GRC 二期終盤の平成 30 年 5 月には、GRC に超高压材料科学部門が設置されたが、この部門に配置された理学系化学分野及び工学系機械・材料科学の兼任教員との連携による、新たな材

料科学の発展を目指した共同研究が開始され、すでにヒメダイヤの電気的特性の解明や新たなナノ多結晶合成と特性評価などにおいて、成果があがりつつある。同部門及びその前身である「愛媛大学超高压材料科学研究ユニット」では、GRC と共催で超高压材料科学に関連するシンポジウムやセミナー等を開催し、今後の本格的活動に向けた体制の構築を進めている。

愛媛大学の先端研究センターである、GRC・CMES（沿岸環境科学研究センター）・PROS（プロテオサイエンスセンター）は、法人化第三期における質の高い研究推進の一つの指標として、高インパクトファクター雑誌（IF>~3 と定義）での論文発表を掲げている。GRC 二期の 10 年間に於ける国際誌発表数 582 編のうち、高 IF 論文発表数の合計は 234 編であり、年平均 23 編程度、4 割近くがこのような高 IF 雑誌に発表されている。また、GRC ではとりわけ IF が高い (>~10) への成果発表も重視しているが、GRC 二期におけるこのような雑誌における発表論文数は Nature (4)、Sci. Adv. (6)、Nature Geo. (3)、Nature Commun. (9)、Nature Chem. (1)、PNAS (4)、Phys.Rev.Lett.(5)、Chem.Mater.(1)、Annu. Rev. Earth Planet. Sci.(1) と 34 編、全体の約 5%程度であり、GRC 一期に比べて大きく増加している（表 6）。

図 2 に GRC 発足以来の国際誌論文発表数を、地球科学分野とそれ以外の分野に分けて示すとともに、国際共著率も示す。GRC 発足後 GRC 一期において右上がりに増加した論文数は、GCOE 期間中に急激に増加した教員・研究員・博士課程学生の数にほぼ対応しているが、GCOE 期間を終えて構成員が大きく減少した GRC 二期においても、引き続き高い論文発表水準を維持していることは注目に値する。また、GRC 二期において地球科学以外の分野における論文数が急激に増加しており、GRC の重要な目標である「学際性」が達成されていることの現れであるといえよう。また、国際共著率も、特に GRC 二期において顕著な増加を示しており、最近では 50%前後の国際共著率の論文発表に至っている。このことから、もう一つの重要な目標である「国際性」も高い水準で達成していると考えられる。



図 2. 論文数と分野・国際共著率の経年変化図

表 5. GRC 一期における高インパクトジャーナル (IF>約 10) への発表論文 (下線は GRC 教員)

<u>T. Irifune</u> , A. Kurio, S. Sakamoto, <u>T. Inoue</u> and H. Sumiya, Ultrahard polycrystalline diamond from graphite, <i>Nature</i> , 421, 599-600, 2003.
M. Isshiki, <u>T. Irifune</u> , K. Hirose, S. Ono, Y. Ohishi, T. Watanuki, E. Nishibori, M. Takata and M. Sakata, Stability of magnesite and its high-pressure form in the lowermost mantle, <i>Nature</i> , 427, 60-63, 2004.
Yamanaka S., Kubo A., Inumaru K., Komaguchi K., Kini N.S., <u>Inoue T.</u> , <u>Irifune T.</u> , Electron conductive three-dimensional polymer of cuboidal C60, <i>Phys. Rev. Lett.</i> , 96(7), 076602, 2006.
<u>Tsuchiya T.</u> , Wentzcovitch R.M., Da Silva C.R.S., De Gironcoli S., Spin Transition in magnesiowüstite in earth's lower mantle, <i>Phys. Rev. Lett.</i> , 96(19), 198501, 2006.
R. M. Wentzcovitch, <u>T. Tsuchiya</u> and <u>J. Tsuchiya</u> , MgSiO ₃ postperovskite at D" conditions, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 103, 543-546, 2006.
N. Hilaret, B. Reynard, Y. Wang, I. Daniel, S. Merkel, <u>N. Nishiyama</u> , and S. Petitgirard, High-pressure creep of serpentine, interseismic deformation, and initiation of subduction, <i>Science</i> , 318, 1910-1913, 2007.
<u>T. Irifune</u> , Y. Higo, <u>T. Inoue</u> , Y. Kono, <u>H. Ohfuji</u> and K. Funakoshi, Sound velocities of majorite garnet and the composition of the mantle transition region, <i>Nature</i> , 451, 814-817, 2008.
<u>J. Tsuchiya</u> and <u>T. Tsuchiya</u> , Post-perovskite phase equilibria in the MgSiO ₃ -Al ₂ O ₃ system, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 105, 19160-19164, 2008.
K. Kawai, and <u>T. Tsuchiya</u> , Temperature profile in the lowermost mantle from seismological and mineral physics joint modeling, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 106, 22119-22123, 2009.
<u>T. Irifune</u> , T. Shinmei, C. A. McCammon, N. Miyajima, D. C. Rubie, D. J. Frost, Iron partitioning and density changes of pyrolite in Earth's lower mantle. <i>Science</i> , 327, 193-195, 2010.
<u>T. Tsuchiya</u> and <u>J. Tsuchiya</u> , Prediction of a hexagonal SiO ₂ phase affecting stabilities of MgSiO ₃ and CaSiO ₃ at multimegabar pressures, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 108, 2011.

表 6. GRC 二期における高インパクトジャーナル (IF>約 10) への発表論文 (下線は GRC 教員)

Mibe, K., Kawamoto, T., <u>Matsukage, K.N.</u> , Fei, Y., Ono, S. (2011): Slab melting versus slab dehydration in subduction-zone magmatism, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 108(20), 8177-8182.
<u>Dekura, H.</u> , <u>Tsuchiya, T.</u> , <u>Kuwayama, Y.</u> , <u>Tsuchiya, J.</u> (2011): Theoretical and experimental evidence for a new post-cotunnite phase of titanium dioxide with significant optical absorption, <i>Phys. Rev. Lett.</i> , 107(4), 045701.
Kawamoto, T., Kanzaki, M., Mibe, K., <u>Matsukage, K.N.</u> , Ono, S. (2012): Separation of supercritical slab-fluids to form aqueous fluid and melt components in subduction zone magmatism. <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i> , 109(46), 18695-18700.
<u>Dekura, H.</u> , <u>Tsuchiya, T.</u> and <u>Tsuchiya, J.</u> , (2013): Ab initio lattice thermal conductivity of MgSiO ₃ perovskite as found in the Earth's lower mantle, <i>Phys. Rev. Lett.</i> , 110(2), 025904.
Miyahara, M., Kaneko, S., Ohtani, E., <u>Sakai, T.</u> , Nagase, T., Kayama, M., Nishido, H., and Hirao, N. (2013): Discovery of seifertite in a shocked lunar meteorite, <i>Nature Commun.</i> , 4, 1737.
<u>Nishi, M.</u> , <u>Irifune, T.</u> , <u>Tsuchiya, J.</u> , <u>Tange, Y.</u> , <u>Nishihara, Y.</u> , <u>Fujino, K.</u> , Higo, Y. (2014): Stability of hydrous silicate at high pressures and water transport to the deep lower mantle, <i>Nature Geosci.</i> , 7(3), 224-227.
Machida A., Saitoh H., Sugimoto H., Hattori T., Sano-Furukawa A., Endo N., Katayama Y., <u>Iizuka R.</u> , Sato T., Matsuo M., Orimo S., Aoki K. (2014): Site occupancy of interstitial deuterium atoms in face-centred

cubic iron, <i>Nature Commun.</i> , 5, 5063.
Kono, Y. Kenney-Benson, C., Hummer, D., <u>Ohfuji, H.</u> , Park, C., Shen, G., Wang, Y., Kavner, A., Manning, C. (2014) Ultralow viscosity of carbonate melts at high pressures, <i>Nature Commun.</i> , 5, 5091.
Miyahara, M., Ohtani, E., Yamaguchi, A., Ozawa, S., <u>Sakai, T.</u> , Hirao, N. (2014): Discovery of coesite and stishovite from eucrite, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA.</i> , 111(30), 10939-10942.
Wang, X., <u>Tsuchiya, T.</u> , Hase, A. (2015): Computational support for a pyrolitic lower mantle containing ferric iron, <i>Nature Geosci.</i> , 8, 556-559.
Nakajima, Y., Imada, S., Hirose, K., Komabayashi, T., Ozawa, H., Tateno, S., Tsutsui, S., <u>Kuwayama, Y.</u> , Baron, AQR. (2015), Carbon-depleted outer core revealed by sound velocity measurements of liquid iron-carbon alloy, <i>Nature Commun.</i> , 6, 8942.
Sakamaki, T., Ohtani, E., Fukui, H., Kamada, S., Takahashi, S., Sakairi, T., Takahata, A., <u>Sakai, T.</u> , Tsutsui, S., Ishikawa, D., Shiraishi, R., Seto, Y., <u>Tsuchiya, T.</u> , Baron, A. Q. R. (2016): Constraints on Earth's inner core composition inferred from measurements of the sound velocity of hcp-iron in extreme conditions, <i>Sci. Adv.</i> , 2(2), e1500802.
<u>Ohuchi, T.</u> , <u>Kawazoe, T.</u> , Higo, Y., Funakoshi, K., Suzuki, A., Kikegawa, T., <u>Irifune, T.</u> (2015): Dislocation-accommodated grain boundary sliding as the major deformation mechanism of olivine in the Earth's upper mantle, <i>Sci. Adv.</i> , 1(9), 1500360.
Ohta, K., <u>Kuwayama, Y.</u> , Hirose, K., Shimizu, K., Ohishi, Y. (2016): Experimental determination of the electrical resistivity of iron at Earth's core conditions, <i>Nature</i> , 534(7605),95-98.
Dewaele, A., Worth, N., Pickard, C. J., Needs, R. J., Pascarelli, S., Mathon, O., Mezouar, M., <u>Irifune, T.</u> (2016): Synthesis and stability of xenon oxides Xe ₂ O ₅ and Xe ₃ O ₂ under pressure, <i>Nature Chem.</i> , 8(8), 784-790.
Tsujino, N., <u>Nishihara, Y.</u> , Yamazaki, D., Seto, Y., Higo, Y., Takahashi, E. (2016): Mantle dynamics inferred from the crystallographic-preferred-orientation of bridgmanite, <i>Nature</i> , 539(7627), 81-84.
<u>Irifune, T.</u> , Kawakami, K., Arimoto, T., <u>Ohfuji, H.</u> , <u>Kunimoto, T.</u> , <u>Shinmei, T.</u> (2016): Pressure-induced nano-crystallization of silicate garnets from glass, <i>Nature Commun.</i> , 7, 13753.
<u>Iizuka-Oku, R.</u> , Yagi, T., Gotou, H., Okuchi, T., Hattori, T., Sano-Furukawa, A. (2017): Hydrogenation of iron in the early stage of Earth's evolution, <i>Nature Commun.</i> , 8, 14096.
Sekine, T., Ozaki, N., Miyanishi, K., Asaumi, Y., <u>Kimura, T.</u> , Albertazzi, B., Sato, Y., Sakawa, Y., Sano, T., Sugita, S., Matsui, T., Kodama, R., Shock compression response of forsterite above 250 GPa, <i>Sci. Adv.</i> , 2(8), e1600157.
Boioli, F., Carrez, Ph., Cordier, P., Devincere, B., Gourié, K., Hirel, P., Kraych, A., <u>Ritterbex, S.</u> (2017): Pure climb creep mechanism drives flow in the Earth's lower mantle, <i>Sci. Adv.</i> , 3(3), e1601958.
Fei, H., Yamazaki, D., Sakurai, M., Miyajima, N., <u>Ohfuji, H.</u> , Katsura, T., Yamamoto, T. (2017): A nearly water-saturated mantle transition zone inferred from mineral viscosity, <i>Science Advances</i> , 3(6), e1603024, doi:10.1126/sciadv.1603024 (June 2017)
Albertazzi, B., Ozaki, N., Zhakhovsky, V., Faenov, A., Habara, H., Harmand, M., Hartley, N., Ilnitsky, D., Inogamov, N., Inubushi, Y., Ishikawa, T., Katayama, T., Koyama, T., Koenig, M., Krygier, A., Matsuoka, T., Matsuyama, S., McBride, E., Migdal, K.P., Morard, G., Ohashi, H., Okuchi, T., Pikuz, T., Purevjav, N.,

<p>Sakata, O., Sano, Y., Sato, T., Sekine, T., Seto, Y., Takahashi, K., Tanaka, K., <u>Tange, Y.</u>, Togashi, T., Tono, K., Umeda, Y., Vinci, T., Yabashi, M., Yabuuchi, T., Yamauchi, K., Yumoto, H., Kodama, R. (2017): Dynamic fracture of tantalum under extreme tensile stress, <i>Sci. Adv.</i>, 3(6), e1602705.</p>
<p><u>Kimura, T.</u>, <u>Ohfuji, H.</u>, <u>Nishi, M.</u>, <u>Irifune, T.</u> (2017): Melting temperatures of MgO under high pressure by micro-texture analysis, <i>Nature Commun.</i>, 8, 15735.</p>
<p><u>Nishi, M.</u>, <u>Kuwayama, Y.</u>, <u>Tsuchiya, J.</u>, <u>Tsuchiya, T.</u> (2017): The pyrite-type high-pressure form of FeOOH, <i>Nature</i>, 547(7662), 205-208.</p>
<p><u>Ohuchi, T.</u>, <u>Lei, X.</u>, <u>Ohfuji, H.</u>, <u>Higo, Y.</u>, <u>Tange, Y.</u>, <u>Sakai, T.</u>, <u>Fujino, K.</u>, <u>Irifune, T.</u> (2017): Intermediate-depth earthquakes linked to localized heating in dunite and harzburgite, <i>Nature Geosci.</i>, 10(10), 771-775.</p>
<p><u>Gréaux, S.</u>, <u>Irifune, T.</u>, <u>Higo, Y.</u>, <u>Tange, Y.</u>, <u>Arimoto, T.</u>, <u>Liu, Z.</u>, <u>Yamada, A.</u> (2019): Sound velocity of CaSiO₃ perovskite suggests the presence of basaltic crust in the Earth's lower mantle, <i>Nature</i>, 565(7738), 218-221.</p>
<p><u>Sans, J.A.</u>, <u>Monteseguro, V.</u>, <u>Garbarino, G.</u>, <u>Gich, M.</u>, <u>Cerantola, V.</u>, <u>Cuartero, V.</u>, <u>Monte, M.</u>, <u>Irifune, T.</u>, <u>Muñoz, A.</u>, <u>Popescu, C.</u> (2018): Stability and nature of the volume collapse of ϵ-Fe₂O₃ under extreme conditions, <i>Nature Commun.</i>, 9(1), 4554.</p>
<p><u>Hou, M.</u>, <u>Zhang, Q.</u>, <u>Tao, R.</u>, <u>Liu, H.</u>, <u>Kono, Y.</u>, <u>Mao, H. K.</u>, <u>Yang, W.</u>, <u>Chen, B.</u> and <u>Fei, Y.</u> (2019): Temperature-induced amorphization in CaCO₃ at high pressure: Implication for recycled CaCO₃ in subduction zones, <i>Nature Commun.</i>, 10, 1963.</p>
<p><u>Fukui, H.</u>, <u>Anh, L.T.</u>, <u>Wada, M.</u>, <u>Hiraoka, N.</u>, <u>Iitaka, T.</u>, <u>Hirao, N.</u>, <u>Akahama, Y.</u>, <u>Irifune, T.</u> (2019): Electronic structure of dense solid oxygen from insulator to metal investigated with X-ray Raman scattering, <i>Proc. Natl. Acad. Sci. USA</i>, 116(43), 21385-21391.</p>
<p><u>Tang, H.</u>, <u>Gao, X.</u>, <u>Zhang, J.</u>, <u>Gao, B.</u>, <u>Zhou, W.</u>, <u>Yan, B.</u>, <u>Li, X.</u>, <u>Zhang, Q.</u>, <u>Peng, S.</u>, <u>Huang, D.</u>, <u>Zhang, L.</u>, <u>Yuan, X.</u>, <u>Wan, B.</u>, <u>Peng, C.</u>, <u>Wu, L.</u>, <u>Zhang, D.</u>, <u>Liu, H.</u>, <u>Gu, L.</u>, <u>Gao, F.</u>, <u>Irifune, T.</u>, <u>Ahuja, R.</u>, <u>Mao, H.K.</u> and <u>Gou, H.</u> (2020): Boron-rich molybdenum boride with unusual short-range vacancy ordering, anisotropic hardness, and superconductivity, <i>Chemistry of Materials</i>, 32(1), 459-467.</p>
<p><u>Kuwayama, Y.</u>, <u>Morard, G.</u>, <u>Nakajima, Y.</u>, <u>Hirose, K.</u>, <u>Baron, A.Q.R.</u>, <u>Kawaguchi, S.I.</u>, <u>Tsuchiya, T.</u>, <u>Ishikawa, D.</u>, <u>Hirao, N.</u> and <u>Ohishi, Y.</u> (2020): Equation of state of liquid iron under extreme conditions, <i>Physical Review Letters</i>, 124(16), 165701.</p>
<p><u>Tsuchiya, T.</u>, <u>Tsuchiya, J.</u>, <u>Dekura, H.</u> and <u>Ritterbex, S.</u> (2020): Ab initio study on the lower mantle minerals, <i>Annual Review of Earth and Planetary Sciences</i>, 48, 99-119.</p>
<p><u>Katagiri, K.</u>, <u>Ozaki, N.</u>, <u>Umeda, Y.</u>, <u>Irifune, T.</u>, <u>Kamimura, N.</u>, <u>Miyanishi, K.</u>, <u>Sano, T.</u>, <u>Sekine, T.</u>, <u>Kodama, R.</u> (2020): Shock response of full density nanopolycrystalline diamond, <i>Physical Review Letters</i>, 125(18), 185701.</p>
<p><u>Kono, Y.</u>, <u>Shu, Y.</u>, <u>Kenney-Benson, C.</u>, <u>Wang, Y.</u>, <u>Shen, G.</u> (2020): Structural evolution of SiO₂ glass with Si coordinaiton number greater than 6, <i>Physical Review Letters</i>, 125(20).</p>

3. 教育活動

<GRC 一期>

GRC の教員は、先端的研究の推進とともに、理学部および工学部の学部学生、また理工学研究科の大学院生の教育および平成 17 年度に設置された、研究者育成を目指した学部レベルの教育コースである「スーパーサイエンス特別コース (SSC)」において、教育や運営を担当した。更に、GCOE 採択に伴い平成 21 年 9 月に開設された、理工学研究科博士後期課程の外国人特別コース「地球深部物質学特別コース」における指導も担当した。GRC 設立以来、GRC 一期において GRC 教員が主指導を行ってきた卒業論文等の件数は、卒業論文 125 件、修士論文 51 件、博士論文 13 件である。

GCOE 採択後は、特に博士課程学生 (以下 DC)、および PD の教育に重点をおいた教育活動を行った。上記の特別コースに加え、理工学研究科に COE 特待生制度を設け、授業料免除や経済的支援を行った。平成 21 年度から募集を開始した、地球深部物質学特別コース (定員 2 名) には、平成 22 年度末の GRC 二期中に 4 名 (いずれも中国の四川大学及び中国地質大学出身) の DC が入学し、また上記特待生には 7 名 (愛媛大学出身 4 名、他大学出身 2 名、留学生 1 名) が入学し、この間 11 名の DC が GRC 教員指導のもと研究を行った。一方 GRC 一期において在籍した PD は計 29 名であり、大学教員 (60%)、公設研究機関等の常勤研究員 (20%)、他機関の PD (7%) など、その大部分が研究・教育職を得た。

GRC 一期においては、設立当初から行われてきた全体のセミナー (「ジオダイナミクスセミナー」、285 回) 以外にも国際レクチャー (8 回)、国際フロンティアセミナー (37 回)、国際ワークショップ (5 回) などを開催し、若手の教育にあたってきた。GCOE 採択後は、(1) ジオダイナミクスセミナーの英語化、(2) 放射光実験、量子ビームデータ解析、分析 TEM、弾性波測定 of 各インターンシップの実施、(3) ネイティブによる英語授業・論文添削、(4) キャリアアップ公開講座、などを実施し、DC・PD を中心とした若手研究者の養成に主眼をおいた教育を推進した。表 7 にこれらの成果の一つとして、この間 DC などの学生や PD の受賞等を示す。GRC 一期においては学会の奨励賞・ポスター賞等の授与が 4 件と比較的少なかったが、これは当時ポスター賞や学生発表賞等が、学会によっては授与されていなかった点を考慮する必要がある。

<GRC 二期>

GRC 一期に引き続き、理学部および工学部の学部学生の教育とともに、「スーパーサイエンス特別コース (SSC)」において教育や運営を担当してきたが、平成 31 年度の理学部改組に伴いこのコースは廃止された。SSC 地球惑星科学コースにおいては、この間 GRC 教員が担当した学生は 18 名であるが、そのうち 2 名が博士課程に進学し、博士号を取得するなど重要な役割を果たした。今後は地学コースの教育とともに新設された「宇宙・地球・環境課題挑戦プログラム」において重要な役割を果たすことが期待されている。このプログラムは、前回の在り方委員会の提言にもあるように、地球科学以外のより幅広いバックグラウンドを有する学生を、GRC をはじめとした愛媛大学の先端研究センターにおいて教育できることをも念頭においている。また理工学研究科数理物質科学専攻・地球進化学コースの担当とともに、GCOE 採択に伴い創設された「地球深部物質学特別コース」の後継である「先端科学特別コース」の大学院生の指導も行っている。

GRC 二期の 10 年間において GRC 教員が主指導を行ってきた卒業論文等の件数は、卒業論文 152 件、修士論文 43 件、博士論文 18 件である。これらの学生は表 7 に示すように日本地球惑星

科学連合学生優秀発表賞をはじめ、各学会等で計 21 件の優秀発表賞・ポスター賞などを受賞しており、GRC 教員の教育面での多大な貢献の表れであるといえる。

GCOE 時の地球深部物質学特別コースの後継である先端科学特別コースでは、授業料の免除といった十分な経済的支援が困難であることなどにより、GRC 二期における博士課程院生の数は大きく減少している。一方で PD の数は GCOE 終了後も、学振特別研究員、WPI 研究員、科研等の特定研究員、などにより GRC 二期においても毎年 10 名程度が GRC に所属して GRC 教員の指導のもと研究を進めている。これらの PD も、表 7 に示すように日本高圧力学会奨励賞など 9 件を受賞しており、GRC における若手研究者育成が GCOE 終了後も高い水準を維持していることの証左であろう。

GRC 二期においても、GCOE 採択時に英語化された「ジオダイナミクスセミナー」(248 回)、国際レクチャー (5 回)、国際フロンティアセミナー (40 回)、国際ワークショップ・シンポジウム (9 回) などを開催し、若手の教育にあたってきた。GCOE 終了後もとりわけ海外からの学生・若手研究者を対象とした長期インターンシップ、若手のキャリアアップのための講座、学生・若手の海外派遣等を積極的に実施し、若手研究者の育成やキャリア形成にも大きく貢献している。

これらの若手育成において特筆すべきことは、GRC で学位取得した者が国外において職を得る者が 4 割程度に達していることであり、GRC の国際性の現れであるといえる。また、アカデミックポジションのみならず、超高压科学に関連した企業の研究部門や開発部門において活躍している GRC 卒業生が多いのも、人材育成面での特筆すべき特徴の一つである。例えば住友電工・京セラ等においては超高压合成グループを率いる人材を輩出し、またフジロイにおいても卒業生が新しい超硬材料の開発の中心になっている。更にベンチャー企業であるダイヤモンド加工会社のシンテックでは、国内のダイヤモンドアンビル装置の作製やヒメダイヤの加工において、卒業生が主要な役割を担っている。このような企業で活躍している GRC 出身の研究者・技術者に対して、日本高圧力学会から GRC 二期において 2 件の学会功労賞が授与されている。

一方で、愛媛大学の高大連携プログラムに基づき、スーパーサイエンスハイスクール (松山南高校) における講義や実験授業、愛媛大学附属高校における出張講義を定期的実施するなど、重要な貢献を行っている。更に、愛媛県の中学校・高校を中心とした出張講義 (14 件) のみならず、オープンキャンパス開催時や不定期の訪問者に対して GRC の研究紹介やラボツアー (47 件)、また一般向け公開講演会 (10 回) の開催を通じての教育活動にも大きく尽力している。

表 7. GRC 二期における学生や PD の受賞等 (※は学生)

2011 年度		
西真之	2011 年度日本鉱物科学会論文賞	2011 年 9 月
2013 年度		
※竹田侑平 (M1)	日本鉱物科学会ポスター研究発表優秀賞	2013 年 9 月
2014 年度		
Vincenzo Stagno	DCO award (AGU Meeting : 海外渡航費)	2014 年 12 月
2015 年度		
市川浩樹	文部科学大臣表彰 科学技術賞 (理解増進部門)	2015 年 4 月
※大角正直	日本地球惑星科学連合 2015 年学生優秀発表賞	2015 年 5 月

※原田隆史	日本地球惑星科学連合 2015 年学生優秀発表賞	2015 年 5 月
※柿澤翔	ゴールドシュミット国際会議：優秀ポスター賞	2015 年 8 月
※浅野奈津子	日本鉱物科学会年会：研究発表優秀賞	2015 年 9 月
※柿澤翔	愛媛大学学長賞	2015 年 11 月
※門林宏和	第 56 回高圧討論会 ポスター賞	2015 年 11 月
2016 年度		
Nadezda Chertkova	Medal of the Russian Academy of Sciences with awards for young scientists	2015 2016 年 5 月
※門林宏和	未来博士 3 分間コンペティション 2016 3 分間で未来を拓く！プレゼンテーションオーディエンス金賞	2016 年 9 月
※土田真愛	日本地震学会 2016 年度秋季大会 学生優秀発表賞	2016 年 10 月
野村龍一	日本高圧力学会奨励賞	2016 年 10 月
2017 年度		
※土田真愛	日本地球惑星科学連合 (JpGU) & アメリカ地球物理学連合 学生優秀発表賞	2017 年 5 月
※門林宏和	日本地球惑星科学連合 (JpGU) & アメリカ地球物理学連合 学生優秀発表賞	2017 年 5 月
※門林宏和	ACHPR (アジア高圧力会議) 学生ポスター賞	2017 年 8 月
※門林宏和	日本鉱物科学会 研究発表優秀賞	2017 年 9 月
※柿澤翔	日本鉱物科学会 研究発表優秀賞	2017 年 9 月
木村友亮	日本高圧力学会奨励賞	2017 年 11 月
※柿澤翔	高圧討論会ポスター発表賞	2017 年 11 月
2018 年度		
木村友亮	第 12 回大阪大学近藤賞	2018 年 5 月
※柿澤翔	日本地球惑星科学連合 (JpGU) 学生優秀発表賞	2018 年 5 月
※川村英彰	日本鉱物科学会 研究発表優秀賞	2018 年 9 月
2019 年度		
Sebastian Ritterbex	James Clerk Maxwell Writers Prize 2018	2019 年 4 月
坪川祐美子	2018 年度日本鉱物科学会学生論文賞 (第 8 回)	2019 年 9 月
※川村英彰	第 60 回高圧討論会 ポスター賞	2019 年 10 月
※上田千晶	第 60 回高圧討論会 ポスター賞	2019 年 10 月
※三守秀門	第 60 回高圧討論会 ポスター賞	2019 年 10 月
2020 年度		
※満圭祐	第 61 回高圧討論会 ポスター賞	2020 年 12 月

4. 国際交流

<GRC 一期>

表 8 に示すように、米 (2)、中 (2)、独 (1)、仏 (1)、豪 (1)、台 (1) の 8 つの研究機関と部局間学術交流協定を締結し、相互の研究者・学生の受け入れや、国際共同研究を活発に展開した。

これらの学術交流協定先をはじめとした海外の拠点から、GRCに1か月程度以上の長期間にわたって滞在し、共同研究やインターンシップ等を行った研究者・学生は、中(41)、仏(9)、米(9)、豪(3)、独(2)、印(4)、エジプト(3)、スペイン(1)、英(2)、台湾(4)など計約80名であった。

日本学術振興会の2国間共同研究として、日米(2回)、日独(1回)日仏(1回)などが採択されるとともに、個別の国際共同研究はこの間33件であった。GRC教員が主指導を担当した博士課程留学生は、中(6)、エジプト(2)、印(1)の計9名であり、海外からのPDは中(3)、仏(2)、米(1)、独(1)、豪(1)、エジプト(1)の計9名であった。

表 8. GRC 一期における GRC との学術交流協定締結先

シカゴ大学 高圧地球科学放射光コンソーシアム	アメリカ
ストーニーブルック大学鉱物物性研究施設	アメリカ
エコールノルマル高等教育研究機関 地質学研究施設	フランス
国立成功大学 地球科学研究所	台湾
バイロイト大学 バイエレン地球科学研究所	ドイツ
オーストラリア国立大学 地球科学研究所	オーストラリア
中国地質大学(武漢)地質形成・鉱産資源国家重点実験施設	中国
四川大学 原子分子物理研究所	中国

GRCではGCOE採択時である平成20年11月に、TANDEM(The Asian Network for Deep Earth Mineralogy)を立ち上げた。TANDEMには日本、中国、韓国、台湾、オーストラリアなどから、高圧地球科学関連分野の26研究拠点が参加し、平成20年には松山で第1回目の、また22年には武漢で第2回目のシンポジウムを開催し、それぞれ100名余りの参加者がこれらの国を中心に集まった。

<GRC 二期>

表9に示すように、令和2年末現在で米(2)、中(2)、独(1)、仏(1)、豪(1)、台(1)、露(1)、伊(1)の10の研究機関と部局間学術交流協定を締結し、相互の研究者・学生の受け入れや、国際共同研究を活発に展開した。GRC一期に比べて、主要研究者が異動した仏のエコールノルマル高等教育研究機関 地質学研究施設との更新はせず、一方でヨーロッパ放射光研究施設と新たな協定を締結した。また、新たに露のモスクワ大学地質学部と、伊のローマ・ラ・サピエンツァ大学地球科学科との間で協定を締結するとともに、他のGRC一期からの協定先とは協定を更新した。新たに締結したヨーロッパ放射光研究施設とはヒメダイヤを活用した共同研究、モスクワ大学とは日本学術振興会二国間共同研究事業として、またGRCのPDであった教員が赴任したローマ・ラ・サピエンツァ大学とは研究者・学生の受け入れを通じて活発な交流を行っている。

これらの学術交流協定先をはじめとした海外の拠点から、GRCに1か月程度以上の長期間にわたって滞在し、共同研究やインターンシップ等を行った研究者・学生は、中(6)、米(7)、露(22)、独(2)、台湾(1)、仏(1)など計39名であった。また、GRC教員が主指導を担当した博士課程

留学生は、中（9）の計9名であり、海外からのPDは中（7）、仏（2）、伊（1）、露（1）、豪（1）の計12名であった。また、平成25年に認定されたPRIUSでは、国内のみならず海外からの共同利用・共同研究も多く受け入れている。GRC二期において採択した海外の研究者との共同利用・共同研究数は計124件を数え、GRC一期（33件）に比べて3倍以上に増加している。

GRCが平成20年に立ち上げたアジアの連携組織TANDEM（The Asian Network for Deep Earth Mineralogy）は、平成20年（松山）、平成22年（武漢）におけるシンポジウム開催後も、平成25年（松山）、平成28年（武漢）と、GCOE終了後も主にGRCと中国地質大のグループが中心となって継続的に開催された。いずれの集会も100名余りの参加者を得て、日中を中心とした、アジア地域の地球深部物質学分野における連携と人材交流を担っている。

GRC二期における組織的な国際交流として特筆すべき点は、GRCが中心的な役割を果たしていた新学術領域研究組織が中心となり、平成27年及び29年に国際シンポジウムを松山で開催し、先端的地球深部科学分野における国際交流に多大な貢献を行った点である。またこの間、PRIUSプロジェクトとしてヒメダイヤの活用を通じた国際連携活動も活発となり、平成31年にはやはり松山においてヒメダイヤ合成と応用に関する国際シンポジウムを開催し、地球科学・物理学・材料科学等を中心とした学際的な研究交流が大きく進展した。

表9. GRC二期におけるGRCとの学術交流協定締結先

シカゴ大学 高圧地球科学放射光コンソーシアム	アメリカ
ストーニーブルック大学鉱物物性研究施設	アメリカ
ヨーロッパ放射光実験施設	フランス
国立成功大学 地球科学研究所	台湾
バイロイト大学 バイエレン地球科学研究所	ドイツ
オーストラリア国立大学 地球科学研究所	オーストラリア
中国地質大学(武漢)地質形成・鉱産資源国家重点実験施設	中国
四川大学 原子分子物理研究所	中国
M.V.ロモノーソフ・モスクワ国立総合大学 地質学部	ロシア
ローマ大学（サピエンツァ）地球科学科	イタリア

5. セミナー・講演会等

<GRC一期>

GRC構成員全員参加のセミナー（ジオダイナミクスセミナー）を、計285回開催した。また国際的に活躍している著名な研究者によるセミナーを、国際フロンティアセミナーの名称で37回催した。更に、著名な外国の研究者による2日間程度の集中講義（国際レクチャー）を8回開催した。GCOE期間中は、海外での2研究所間のシンポジウムを開催し、北京大学理論応用地球物理学研究所、アルゴンヌ国立放射光地球科学施設、バイロイト大学地球科学研究所、武漢中国地質大学国家重点研究施設の、5つの研究拠点とのシンポジウムを開催した。

<GRC 二期>

GCOE 採択時から英語化した、GRC 全体のジオダイナミクスセミナーを計 248 回開催した。また国際フロンティアセミナーを 40 回開催、国際レクチャーを 5 回開催した。海外での 2 研究所間のシンポジウムは、平成 23 年には、カーネギー研究所地球物理学研究施設との間で行うとともに、やや規模を縮小した同様のシンポジウムを平成 29 年にモスクワ大学で開催した。

GRC が中心となった新学術領域研究のシンポジウム・成果発表会を、平成 27、平成 30 年に松山において開催するとともに、国内及び国際 NPD 国際シンポジウムを、GRC・新学術領域研究共催で、それぞれ平成 30 年と平成 31 年に開催した。また、GRC が運用する PRIUS 成果発表会・シンポジウムを、主に国内の PRIUS 利用者の参加により毎年実施しており、平成 25 年より計 7 回開催した。更に愛媛大学超高压材料科学研究ユニットとの共催で、超高压材料科学ワークショップを平成 29 年に、また超高压材料科学セミナーを令和元年に、いずれも国内の関連分野の研究者の参加のもと開催した。

6. 学会活動

<GRC 一期>

GRC 教員は、地球科学や物理科学関連の約 15 の学会に所属しているが、特に日本高圧力学会と日本鉱物学会（平成 20 年に日本鉱物科学会に名称変更）、またこれらを含む地球科学分野の統合組織である、日本地球惑星科学連合を主要な学会としており、評議員・幹事等の役員や、各種委員として重要な貢献を行った。この間、日本高圧力学会及び日本鉱物学会の年会を、GRC 教員が実行委員長を務めて松山市で開催した。

一方、地球科学分野における世界最大の国際的学会組織であるアメリカ地球物理連合（AGU）、および高圧力関係の国際組織である国際高圧力学会（AIRAPT）での活動も重要視しており、GRC 教員はこれらの国際的学会においても、AGU フェローとして、また AIRAPT の Executive Committee メンバーとして、運営において重要な役割を果たした。更に、国際地球物理測地学連合（IUGG）、国際鉱物学会（IMA）、万国地質学会（IGC）、国際地球化学会（Goldschmidt 会議）等においても、コンビナー、特別講演、基調講演、招待講演等を務めるなど、重要な貢献を果たした。

<GRC 二期>

GRC が重視している国内 3 学会のうち、日本高圧力学会においては GRC 教員が会長・副会長・幹事・評議員・学会賞選考委員長等を、また日本鉱物科学会においても、幹事・評議員・学会賞選考委員長等の要職を務めた。更に日本地球惑星科学連合においては、AGU との合同大会におけるプログラム委員長（平成 29 年）や、固体地球科学ボード委員、フェロー選考委員他の要職を務めた。この間、日本鉱物科学会年会を、GRC 教員が実行委員長を務めて松山市で開催した。また、スプリングエイト利用者共同体（SPRUC）において、利用委員長、四国地区機関代表、地球惑星科学研究会代表などの要職を務めた。

国際学会に関しては、AIRAPT において GRC 教員が会長・評議員等の要職を務めた。また関連してヨーロッパ高圧会議評議員、アジア高圧会議相談役を務めた。2018 年には横浜で開催された第 2 回 Asia-Pacific Workshop on Lithosphere and Mantle Dynamics で GRC 教員が実行委員長を務めた。AIRAPT の 2023 年日本開催に向け、GRC 教員が実行委員長を務め松山市における開催準備を行っている。また AGU におけるフェロー選考委員、ヨーロッパ地球科学連合（EGU）における Bunsen メダル選考委員などの役割を担った。更に、AIRAPT、AGU、EGU をはじめ、国際測地学・

地球物理学連合 (IUGG)、地球深部研究会 (SEDI)、国際鉱物学会 (IMA)、国際地球化学会 (Goldschmidt 会議)、アジア地球科学連合 (AOGS)、ゴードン高圧会議 (HP-GRC)、アジア高圧力会議 (ACHPR)、ヨーロッパ高圧会議 (EHPRG)、深部炭素観測計画 (Deep Carbon Observatory) 等において、コンビナー、特別講演、基調講演、招待講演等などを行い重要な貢献を果たした。一方で、Physics and Chemistry of Minerals 誌、Journal of Geophysical Research 誌、Scientific Reports 誌などの国際誌の編集委員を務めた。

7. 社会貢献

地球科学の中でも基礎的分野である地球深部研究の推進を主要な目的としている GRC では、社会貢献に関しては得られた科学的成果の一般への発信に重点を置いている。特にメディアや、ホームページ・ニュースレターを通じた研究成果の意識的な発信、また平成 21 年に完成した愛媛大学ミュージアムにおける常設展示などを重視しているが、その詳細は広報活動の項目で述べる。また、愛媛大学の 3 つの代表的先端研究センターの中でも、文字どおり特徴ある大型機器を有する GRC には、地元の愛媛県をはじめ中・高校生や様々な団体・個人の見学や視察が非常に多く、学内のオープンキャンパス等の催しは勿論、これら各種訪問者にラボツアーや公開実験を実施するなど、研究現場の公開を積極的に行っている。

<GRC 一期>

出張講義や公開講座等を通じた地球科学の普及や、最新研究成果の発信を意識的に行った。愛媛県内の高校等では、松山南高校、済美平成中等教育学校、松山西中等教育学校、愛媛大学附属高校、小松中学校、愛媛県総合科学博物館、松山ロータリークラブ、などにおける出張講義・授業を行った。また愛媛大学において、GRC 主催で市民に開かれた公開講演会を 3 回開催するとともに、放送大学本部での学部・大学院での講義 (全国版) を計 5 回の放送分に渡り担当した。

一方、他分野の学会・研修会等講師としての講演活動に関しては、日本芳香族工業会、愛媛県高等学校教育研究大会理科部会、日本化学会、日本物理学会、日本セラミックス協会、地盤工学会、地質調査業協会、日本学術会議 (第四部会)、などにおける特別講演などを行った。

GRC の高い実験技術に基づき、他分野の研究者への技術指導や、工業的応用に関する社会貢献も行われた。ヒメダイヤの合成法は共同研究先の住友電工に技術移転され、商品化に向けた技術開発を支援した。

<GRC 二期>

愛媛県内の高校などを中心に、松山南高校、済美平成中等教育学校、愛媛大学附属高校、松山西中等教育学校、などにおける出張講義・授業を行った。また愛媛大学において、GRC 主催で市民に開かれた公開講演会を、地球深部ダイナミクス研究センター 10 周年記念講演、愛媛大 GRC・東大地震研協定記念講演会、文部科学省科学研究費助成事業新学術領域研究「核-マンツルの相互作用と共進化」ならびに「スロー地震学」共催一般公開講演会など 10 回開催するとともに、「こども霞が関見学デー」のイベントとして、文科省において高圧実験とヒメダイヤに関する小学生向けの実演を行った。更に、日本地球惑星科学連合大会において、高校生・一般向けのセミナー・実演を、平成 26 年より計 4 回行った。

他分野の学会・研修会等講師としての講演活動に関しては、日本化学会、日本物理学会、日本セラミックス協会、地盤工学会、地質調査業協会、日本学術会議 (第四部会)、日本放射光学会、

日本機械学会、日本分析化学会中国四国支部、日本地球化学会、日本結晶学会、応用物理学会、日本顕微鏡学会における特別講演などを実施した。

ヒメダイヤ合成法は共同研究先の住友電工に技術移転され、平成 23 年度には同社により商品化されると同時に、日本工業新聞社の平成 24 年度日本 10 大新製品賞に選出された。一方でヒメダイヤは様々な形状に加工され、PRIUS を通じて国内外の 30 程度の研究グループに提供されて、幅広い分野における先端的研究に利用されている。一方で GRC の高い超高压合成実験技術を提供した企業との共同研究・委嘱研究も積極的に推進され、GRC 二期においては住友電工、ノリタケ、京セラ、昭和電工、日進製作所、米国宝石学研究所、開発肥料、三石ハイセラムなど GRC 一期に比べて大きく増加した。

8. 表彰等

<GRC 一期>

GRC 教員の受賞・受章件数は計 19 件であった(表 10)。国際的な受賞・受章としては、Humboldt 賞、Jamieson 賞、ISI-Thomson Top 1% Citation (材料科学分野) 賞、アメリカ地球物理学会フェロー、などを含む 9 件が、国内では日本学術振興会賞、日本高圧力学会賞、日本鉱物科学会賞、日本文部科学省大臣表彰若手科学者賞、石川カーボン賞、など 10 件が授与された(表 10)。

一方、GRC 教員が指導する PD・DC に対して与えられた国内外の賞は、AIRAPT や日本高圧力学会のポスター賞など、計 4 件であった。

表 10. GRC 一期における GRC 教員の受賞等

平成 16 年	10 月	平成 16 年度 (第 12 回) 石川カーボン賞	入船 徹男
平成 17 年	3 月	Top 1% Citation (Materials Science) (ISI-Thomson)	入船 徹男
	8 月	中国科学院地質地球物理研究所名誉教授	趙 大鵬
平成 18 年	1 月	New Hot Paper (ISI-Thomson)	土屋 卓久
	10 月	中国地質科学院名誉教授	趙 大鵬
平成 19 年	6 月	日本粉体粉末冶金協会第 31 回研究進歩賞	入船 徹男
	6 月	A.V. Humoldt Research Award	入船 徹男
	12 月	Phys. Earth Planet. Inter., Most Cited Paper Award (Elsevier)	井上 徹
平成 20 年	5 月	アメリカ地球物理連合フェロー	入船 徹男
平成 21 年	4 月	平成 21 年度文部科学大臣表彰若手科学者賞	土屋 卓久
	4 月	中国地質大学名誉教授	入船 徹男
	7 月	平成 21 年度日本高圧力学会学会賞	入船 徹男
	7 月	平成 21 年 Jamieson Award (AIRAPT)	桑山 靖弘
	9 月	平成 21 年度日本鉱物科学会論文賞	藤野 清志
平成 22 年	7 月	可視化情報学会映像賞・フラッシュオブザイヤー	亀山 真典
	9 月	平成 22 年度 日本鉱物科学会学会賞	井上 徹
	10 月	日本高圧力学会平成 22 年度奨励賞	丹下 慶範
	10 月	日本高圧力学会平成 22 年度奨励賞	西原 遊
平成 23 年	3 月	第 7 回日本学術振興会賞	土屋 卓久

<GRC 二期>

GRC 教員の受賞・受章件数は計 22 件であった(表 11)。国際的な受賞・受章としては、Ringwood メダル、Bunsen メダル、アメリカ鉱物学会フェロー、などを含む 6 件が、国内では日本高圧力学会賞、日本鉱物科学会賞 (2 件)、紫綬褒章、日本地球惑星科学連合フェロー、同西田賞、愛媛新聞賞、など 15 件が授与された。

一方、GRC 教員が指導する研究員や学生に対して与えられた国内外の賞は、いずれも研究員に対して日本高圧力学会奨励賞、文部科学大臣表彰科学技術賞、大阪大学近藤賞、J. C. Maxwell 賞、日本鉱物科学会論文賞など、また主に学生に対して、アジア高圧力会議、日本地球惑星科学連合、高圧討論会、日本鉱物科学会、AIRAPT や日本高圧力学会の優秀発表賞・ポスター賞など、計 20 件と、GRC 一期に比べて大きく増加した(表 7 参照)。

表 11. GRC 二期における GRC 教員の受賞等

平成 23 年	9 月	平成 23 年度 日本鉱物科学会研究奨励賞	大藤 弘明
	9 月	日本地質学会柵山雅則賞	河野 義生
平成 24 年	9 月	平成 24 年度 日本鉱物科学会論文賞	大藤 弘明
平成 25 年	1 月	American Mineralogist 誌 Notable Article	土屋 卓久
平成 26 年	7 月	A.E.Ringwood Medal (オーストラリア地質学会)	入船 徹男
	7 月	Outstanding Contribution in Reviewing (Materials Science in Semiconductor Processing ELSEVIER)	出倉 春彦
	9 月	平成 26 年度 日本鉱物科学会学会賞	土屋 卓久
	11 月	平成 26 年度 日本高圧力学会奨励賞	西 真之
平成 27 年	5 月	紫綬褒章	入船 徹男
平成 28 年	4 月	R.W.Bunsen Medal (ヨーロッパ地球科学連合)	入船 徹男
	6 月	平成 27 年度 岩の力学連合会賞(論文賞)	大藤 弘明
平成 29 年	5 月	平成 29 年度日本地球惑星科学連合フェロー称号	入船 徹男
	5 月	第 2 回地球惑星科学振興西田賞	土屋 卓久
	6 月	四川大学名誉教授	入船 徹男
	9 月	平成 29 年度 日本鉱物科学会学会賞	大藤 弘明
	9 月	平成 29 年度 日本鉱物科学会研究奨励賞	境 毅
平成 30 年	1 月	第 66 回愛媛新聞賞	入船 徹男
	2 月	井上リサーチアワード	野村 龍一
	7 月	Doornbos Memorial Prize (第 16 回 SEDI 国際シンポジウム)	野村 龍一
	11 月	アメリカ鉱物学会フェロー称号	土屋 旬
令和元年	10 月	令和元年度 日本高圧力学会学会賞	土屋 卓久
令和 2 年	9 月	日本鉱物科学会応用鉱物科学賞	入船 徹男

9. 外部資金

<GRC 一期>

表 12、13 に、GRC 設立後に受け入れた外部資金等の詳細を記す。GRC が最も重要視している

競争的外部資金は科研費であるが、GRC 教員が代表となり採択された大型科研費は、「学術創成研究」、「特別推進研究」、「特定領域研究（計画研究）」、「基盤研究 A」（4 件）、などである。また図 3 に、GRC 設立以来現在に至るまでの科研費直接経費の年度別の総額を示す。GRC が創設された 2 年後の平成 15 年度からは、直接経費の総額は、連続 8 年間してほぼ 1 億円を越えており、愛媛大学全部局の中で毎年トップを争っている。

これらの大型科研費に加え、平成 20 年度～24 年度の 5 年間にわたり、やはり競争的資金である GCOE 経費が GRC に措置された。GRC 一期の 3 年間における直接経費交付額は、それぞれ 1 億 7840 万円（平成 20 年度）、1 億 6591 万円（平成 21 年度）、1 億 7800 万円（平成 22 年度）である。

その他の外部資金として、GRC 設立以降に獲得されたのは、日本学術振興会 2 国間共同研究（日米、日仏、日独）計 1500 万円、住友電工（株）など企業等との共同研究計 1300 万円である。また文部科学省から、平成 13 年に研究高度化設備費 1 億 200 万円、平成 17 年～19 年にわたり研究プロジェクト経費計 1 億 984 万円が措置されている。

学内ヒアリング等を経た学長裁量予算としては、平成 19 年度までに拠点形成経費など、計 3574 万円が交付されているが、GCOE が採択された平成 20 年度以降は、GRC 教員は学内の競争的経費への応募を自粛した。なお、GCOE 応募に際し、平成 19 年度には学長裁量予算として、大容量高圧合成装置設置経費（1 億 6000 万円）が措置された（文部科学省から概算要求後、財務省により新規要求ゼロ査定であった申請分に対応）。

<GRC 二期>

大型科研費として GRC 一期からの継続も含めて、「特別推進研究」、「特定領域研究（計画研究）」、「基盤研究 S」（2 件、うち 1 件は重複制限により辞退）、「新学術領域研究」、「新学術領域研究（計画研究）（3 件）」、「基盤研究 A」（6 件）、などが採択され、連続して大型科研費が採択されている状況を達成している。図 3 に示すように、GRC 二期においても、科研費直接経費の総額は 1 億円以上をほぼ毎年維持しており、愛媛大学全部局の中で毎年トップを争っている。図 4 において、直接経費部局別総額が集計されている平成 26 年度からの部局間の比較を示す。とりわけ令和元年における総額は全部局の中で 1 位であり、教員数 10 名余りの少人数の組織としては異例ともいえよう。また、我が国の固体地球科学分野における共同利用・共同研究拠点は 4 拠点あるが（GRC に加えて東京大、岡山大、高知大）、図 5 に示すように教員一人当たりの科研費獲得額は、これら他大学の近い分野の拠点と比較しても GRC は極めて高い水準にある。

これらの大型科研費に加え、平成 20 年度～24 年度の 5 年間にわたり GCOE 経費が GRC に措置されたが、GRC 二期の冒頭 2 年間における直接経費交付額は、それぞれ 1 億 7840 万円（平成 23 年度）、1 億 6591 万円（平成 24 年度）であった。GCOE は平成 24 年度で終了したが、そのフォローアップとして平成 25 年度には、若手支援の名目で研究拠点形成費等補助金（卓越した大学院拠点形成支援補助金）として 1,074 万円が措置されたが、これ以降 GCOE 関連経費は終了した。

一方で、GRC の一部教員・研究員は、平成 24 年度に採択された東工大の世界トップレベル研究拠点（WPI）の国内サテライトとして当初より参加しているが、このサテライトには WPI 研究員の雇用やスタートアップ経費などを中心に予算措置がされており（令和 3 年度までを予定）、令和元年度までの総額は約 2 億 5 千万円である。WPI サテライト経費は、GCOE 終了後の予算削減の一部を実質的にカバーし、GRC の研究活動を維持・発展させるためにも重要な役割を果たした。

他方で GRC ではポスト GCOE を見越して、その資源を生かした共同利用・共同研究拠点化を検討してきたが、GCOE 終了直後の平成 25 年度に PRIUS として認定を受けた。PRIUS に対しては、表 13 のように認定に伴う経費と、プロジェクト分の経費が毎年度措置されており、共同利用・共同研究に伴う経費や拠点の基盤整備等に活用されている。

その他の外部資金として、日本学術振興会 2 国間共同研究（日露・日米）計 485 万円、住友電工、清水化学、ノリタケ、トライテック、京セラ、米国宝石学研究所、日進製作所、など企業等との共同研究・寄付金等計 2000 万円である。また文部科学省から、平成 28 年に理工連携機能強化プロジェクト経費計 2230 万円が措置されている。

学内ヒアリング等を経た学長裁量予算としては、GCOE が採択された平成 20 年度以降は、GRC 教員は学内の競争的経費への応募をなるべく自粛していたが、GCOE 終了後は学長裁量経費による特定研究員・事務補佐員等が措置されている。

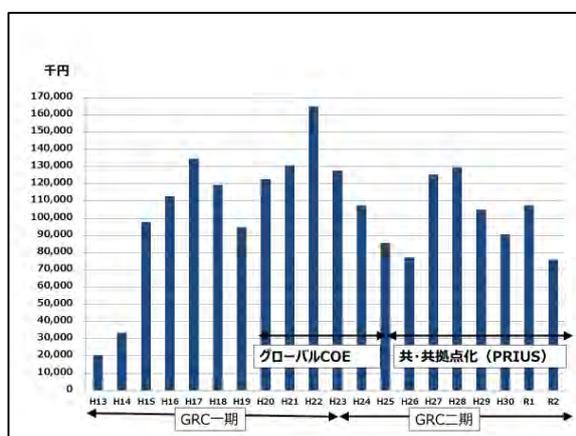


図 3. GRC 設立以来の科研費直接経費（分担金含む）

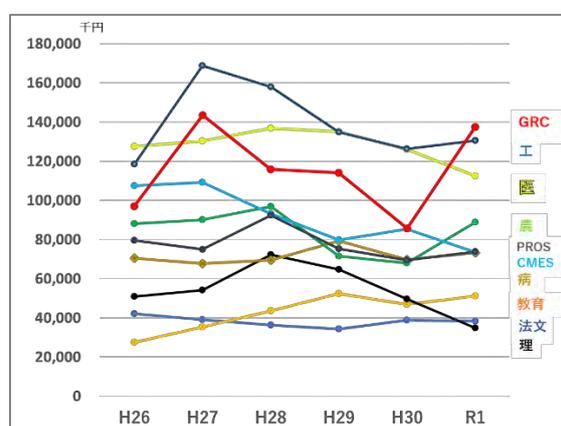


図 4-1. 愛媛大学における科研費直接経費の部局間比較

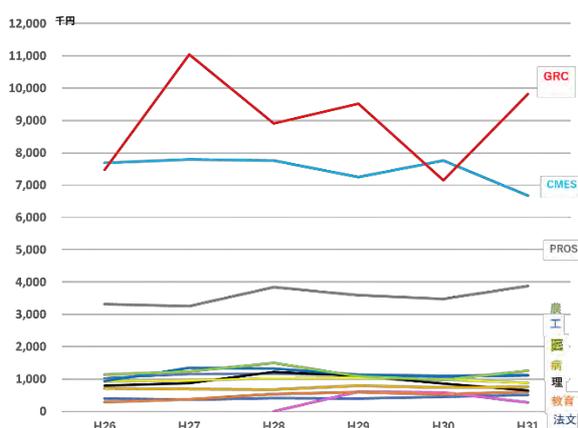


図 4-2. 愛媛大学における一人あたりの科研費直接経費の部局間比較

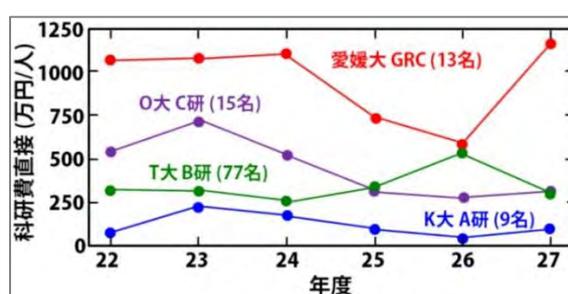


図 5. 固体地球科学分野における他の共同利用・共同研究拠点との比較（「国立大学法人等の第二期中期目標期間中における教育研究の状況の評価結果について」大学改革支援・学位授与機構 2017. 6. 6 公表資料より）

表 12. GRC 一期に獲得した外部資金・競争的資金額

(直接・間接ならびに、他機関の分担者への配分額を含む)

単位：千円

	科学研究費など (文科省・JSPS)	他大学・民間との 共同研究など	概算要求事項・ 省庁・独法など	愛媛大学内競争的 研究資金など	計
H13	22,100	1,708	103,200	1,850	128,858
H14	44,182	687	2,002	2,400	49,271
H15	124,074	500	5,800	374	130,748
H16	135,070	500	5,000	10,606	151,176
H17	161,000	1,000	48,904	11,190	222,094
H18	142,775	4,300	36,375	6,121	189,571
H19	110,990	2,100	25,462	2,700	141,252
H20	386,258	1,770	0	0	388,028
H21	387,455	1,000	0	0	388,455
H22	431,736	1,000	0	500	433,236
総計	1,945,640	14,565	226,743	35,741	2,222,689

表 13. GRC 二期に獲得した外部資金・競争的資金額

(直接・間接ならびに、他機関の分担者への配分額を含む)

単位：千円

	科学研究費など (文科省・JSPS) ※GCOE・二国間含む	他大学・民間との 共同研究など ※WPI 含む	概算要求事項・ 省庁・独法など	愛媛大学内競争的 研究資金 など	計
H23	386,089	11,400	57,540	70	455,099
H24	342,055	1,000	53,780	0	396,835
H25	126,236	55,144	28,321	3,241	212,942
H26	105,495	52,149	33,225	0	190,869
H27	163,059	54,324	31,201	0	248,584
H28	168,410	42,332	91,325	0	302,067
H29	138,695	26,000	104,849	0	269,544
H30	119,715	27,762	54,001	0	201,478
R1	139,607	22,960	132,491	5,000	298,958
R2	102,130	21,873	47,291	4,000	173,464
総計	1,790,061	314,944	634,024	12,311	2,751,340

表 14. GRC 一期の主要な科学研究費補助金などの内訳(直接経費：H23 以降申請分を含む)

研究費等の名称	期間	研究課題等	交付総額 (千円)
特別推進研究	H20-24	Fe 系物質の超高压下での挙動と最下部マントル～内核の物質科学	434,100
学術創成研究	H15-19	放射光と超高压技術による地球深部物質の探査	338,300
特定領域研究	H16-20	スラブ沈降・滞留過程の物質科学的モデリング	174,900

新学術領域研究	H20-24	高圧下におけるマグマの物性と構造、及びその水の影響	75,300
基盤研究(A)	H14-15	高圧相の弾性波速度測定とマントル遷移層の物質構成	34,400
基盤研究(A)	H20-24	地球内部での水及び二酸化炭素の挙動とその分布	34,100
基盤研究(A)	H22-25	メタン及び水素ハイドレートの低温～高温高圧下での物性変化と氷天体内部構造の推定	31,200
基盤研究(A)	H13	第3世代放射光を用いた地球内部物性研究	※5,000
基盤研究(A)	H17-20	日本列島から中国にかけての東アジア全域のマントル微細構造とダイナミクスの解明	11,900
グローバル COE	H20-24	先進的実験と理論による地球深部物質学拠点	835,626

* 期間(H11-13)総額は 14,500 千円

表 15. GRC 二期の主要な科学研究費補助金などの内訳(直接経費)

研究費等の名称	期間	研究課題等	交付総額 (千円)
新学術領域研究	H23-25	高温高圧中性子実験で拓く地球の物質科学の総括と研究支援	※①159,400
新学術領域研究	H27-R1	核-マントル物質の精密高圧実験技術の開発	139,000
新学術領域研究	H27-R1	「核-マントルの相互作用と共進化」の推進と支援	51,900
新学術領域研究	H27-R1	核-マントル物質とダイナミクスの理論モデリング	69,500
新学術領域研究	H27-R1	「核-マントルの相互作用と共進化」の国際活動支援	57,500
基盤研究(S)	H25-29	下部マントルの化学組成と初期地球の分化過程	167,800
基盤研究(A)	H25	高圧中性子実験にもとづく地球コア中の水素の研究	33,800
基盤研究(A)	H26-29	放射光X線及び中性子を利用した地球深部水研究	31,500
基盤研究(A)	R1-4	稍深発地震とスロースリップに対する超臨界水の効果：放射光その場観察実験による検証	※②23,800
基盤研究(A)	R1-5	高温高圧変形実験で探る内核のレオロジー	※③20,400
基盤研究(A)	R2-R5	核-マントル境界におけるケイ酸塩マグマの超高圧構造転移の解明	※④22,800

* ①愛媛大学での交付額。期間(H20-25)総額は 609,600 千円 * ②③④R2 年度までの交付額

10. 広報活動等

<GRC 一期>

GRC の活動を広く学内外に発信するため、ホームページを開設し高い頻度でアップデートするとともに、設立以来年 3 回（原則的に 1 月、5 月、9 月）ニュースレターを発行し、学内外や国外の日本人研究者等に送付した。また活動報告を取り纏めた冊子を 2 年ごとに作成した。GRC 一期においてニュースレターを 29 号まで、活動報告を 5 号まで発行した。

GRC では、愛媛大学ミュージアムでの「地球深部」常設展示を、重要な広報活動の一環として位置付け、平成 22 年夏にはコンテンツを全面的に入れ替えた。これにより、1) ヒメダイヤの実物やその合成法等の解説、2) 多アンビル型装置ガイドブロックや関連部品実物の展示、3) 最新

の研究成果や研究者のビジュアルな紹介、等に焦点を絞った展示を行った。

研究成果のうち、特に Nature 誌、Science 誌、PNAS 誌等のハイインパクト雑誌に発表された研究成果や、これら以外でも重要な成果は積極的にプレスリリースを実施した。この結果、表に示すように多数の全国版新聞、WEB ニュース、TV 等により紹介された。全国版の TV 番組においても NHK ニュース「おはよう日本」、「所さんの学校では教えてくれないそこんトコロ!」・「ワールドビジネスサテライト」（いずれも TV 東京）などでも特集された。また、一般向けの科学誌、「ニュートン」、「科学」、「National Geographic」、「New Scientist」、などにおいて紹介された。

GRC 教員が行った一般向け講演会としては、愛媛県生涯学習センター科学講演会、愛媛県総合科学博物館公開講演会、SPring-8 公開講演会、松山ロータリークラブ講演会、地球深部スラブ市民公開講演会、愛媛大学オープンセミナー in 東京、などがある。また一般向け書籍として、「ダイヤモンド号で行く地底旅行」（新日本出版社）を刊行した。

<GRC 二期>

前回の在り方委員会の提言に基づき、平成 28 年度に GRC ホームページの全面リニューアルを行った。これにより、以前に比べて多様なコンテンツが掲載され、共同利用・共同研究拠点に関する情報の開示など、コミュニティーに向けた情報発信の質と量が格段に改良されるとともに、英語版の更なる充実も図られた。一方で紙媒体のニュースレターも年 3 回の発行を続けており、GRC 二期において 56 号まで発行した。なお、2 年ごとに作成していた GRC 活動報告の冊子体は、平成 26 年の第 7 号を最後に発行を停止した。その主な理由は経費削減に資するためであるとともに、共同利用・共同研究拠点化した平成 25 年以降毎年作成している拠点の報告書を取り纏める作業との重複を避けるためである。また上記ホームページのリニューアルに伴い、研究成果等の重要な情報は WEB 上で開示していることから冊子体の作成は不必要であると判断した。

愛媛大学ミュージアムでの GRC 関連の展示は、展示物を適宜入れ替えつつ常時行っている。また、平成 26 年度には愛媛県立科学博物館での、令和元年度には佐賀県立宇宙科学館の企画展にヒメダイヤを貸与し、いずれも 2~3 か月程度の長期にわたり一般向けの展示を行った。令和元年度には、文科省エントランスにおいて GRC の紹介を行い、約 2 か月パネルやヒメダイヤを展示した。更に、平成 23 年度からは日本地球惑星科学連合の大会において毎年 GRC のブースを設置し、ヒメダイヤの展示や GRC の研究活動の紹介を行っている。これに参加した高校生がその後愛媛大学に入学し、GRC 教員の指導のもと博士後期課程に進学するなどの具体的成果も得られている。

国際的な広報活動の新たな取り組みとして、アメリカ地球物理連合 (AGU) からの打診に基づき、GRC の英語によるプロモーション動画を作製し、平成 29 年に行われた約 2 万名の参加者があつた AGU 総会中会場で、約 1 週間の会期中上映された (AGU-TV)。世界中から 25 の研究機関が選ばれたが、アジア・オセアニアから 5 件、日本からは GRC が唯一紹介された。この動画の著作権は GRC が保有しており、その後も様々な機会における国際的広報活動などに活用されている。

更に動画に関しては、共同利用・共同研究拠点協議会の要請による「知の拠点【すぐわかアカデミア。】」シリーズの 1 コンテンツとして、「すぐわかる世界一硬いダイヤモンドの作り方」を提供するとともに、日本地球惑星科学連合の企画セミナーにおいて GRC 紹介動画を作製した。これらはいずれも YouTube においても公開され、とりわけ前者はこれまでに公開された同シリーズ (10 拠点) の中で、他の拠点を大きく引き離してトップ (10 月 1 日現在約 1500 回、第 2 位約 800 回) の閲覧数を得ている。

またもう一つの新たな試みとして、平成 29 年度より GRC フォトコンテスト (平成 30 年度より

イメージコンテストに名称変更)を開催し、GRC 及び PRIUS 利用者を中心とした学外者も対象として、GRC の活動等に関係した写真や画像・動画等を募集し、投票により入賞者を決定している。入賞作品は GRC ホームページのトップページに表示されるなど、広報活動においても活用されている。

研究成果のうち、特に重要な成果は積極的にプレスリリースを行い、GRC 二期においてはその数は 43 回に達している。この結果、多数の全国版新聞、WEB ニュース、TV 等により紹介された。全国版の TV 番組においても NHK ニュース「おはよう日本」、NHK「サイエンス ZERO」・「NHK World」・「NHK スペシャル」、日本テレビ「ヒルナンデス！」などでも特集・関係者が出演した。また、New Scientist 誌、Nature 誌 Asia Pacific 特集、Science 誌 Editor's Choice、Nature 誌 News & Views、AGU EoS 誌、Nature World News 誌、Physics Today 誌、Science Daily 誌など、海外の多くの著名な科学誌・一般向け雑誌で GRC の研究成果が紹介された。

GRC 教員が行った一般向け講演会としては、10 周年記念講演会などがある。また一般向け書籍として、「ダイヤモンドは超高速で地底を移動する」(メディアファクトリー新書)、「地球の中に、潜っていくと・・・」(福音館書店)を刊行した。

11. センターの運営・自己点検・外部評価

<GRC 一期>

GRC の予算など運営上の重要事項は、GRC 専任教員、理学部・工学部・教育学部各 1 名の専任教員、研究支援部長などを構成員とする GRC 運営委員会において決定した。一方、GCOE 期間中は GRC の専任教授・准教授を構成メンバーとする「執行部会」において、GRC 関連の日常的課題や、将来計画・行事等に関する方針が議論され(月 2 回程度開催)、必要に応じて GRC 教員全員参加の教員会議(年数回程度開催)による検討を経て、実行に移された。

教員の自己点検に関しては、基本的に愛媛大学の自己点検様式に則り、各自が年一度 WEB 入力を行っている。これらの自己点検結果に対して、GRC 独自の評価基準に基づき、センター長を中心とし点検・評価を行った。法人化後の平成 17 年からは、センター長による全教員の個人面談が毎年行われ、この中で各教員の年度計画や達成度、また各教員やグループの抱える問題点などが検討された。

GRC では、設立後 5 年目となる平成 18 年 3 月 22 日~23 日に、学内の委員 1 名と学外の委員 3 名による、外部評価会を自主的に開催した。2 日間に渡る評価会では、学長、理工学研究科長、学術関係理事などの出席のもと、センター長および各部門のリーダーによる GRC 全体および各部門の活動報告とともに、構成員の研究発表が行われた。外部評価の結果は評価委員により書面で報告され、これに対して GRC 教員による改善の検討が行われ、センター長名で回答を行った。これらの評価結果および回答は、GRC ホームページやニュースレター・活動報告により公表されるとともに、これに基づき必要な改善を行った。なお、GCOE の開始に伴い平成 22 年 3 月 15 日~16 日に同様の外部評価会が行われるとともに GRC 設立後 10 年にあたる翌平成 22 年度に、本在り方委員会による評価と提言が取り纏められた。

<GRC 二期>

GRC の予算など運営上の重要事項は、GRC 一期と同様に GRC 運営委員会において決定した。ただし教育学部からの専任委員は実態に応じて委員会の構成員から除外した。また GCOE 期間中

に実施された、専任教授・准教授を構成メンバーとする「執行部会」による日常的課題や方針を審議・決定する方式は、GCOE 終了時の平成 25 年度からは廃止された。これ以降の GRC 二期においては、専任教員全員参加（+兼任教員と GRC 関連専任職員の陪席）による GRC 教員会議を原則的に月 1 回開催し、日常的課題の検討や方針決定を行った。また、GRC 内の各種の役割分担のためいくつかの委員会を組織し、GRC の運営に対して専任教員全員が何らかの役割を担うこととした。

教員の自己点検に関しては、GRC 一期と同様に基本的に愛媛大学の自己点検様式に則り、各自が年一度 WEB 入力を行い、GRC 独自の評価基準も加味して、センター長を中心とし点検・評価を行った。平成 17 年から行われていた、センター長による全教員の個人面談に基づく問題点の検討は、GCOE により教員数が倍増した等の理由により GRC 一期末からは中止され、必要に応じて個別面談を行うという方式に変更された。

GRC 二期における GRC 運営上の大きな変化として、平成 25 年度から共同利用・共同研究拠点 PRIUS として認定されたことが挙げられる。PRIUS では毎年開催される拠点運営委員会により重要事項の決定がなされ、また毎年開催される協議会において課題の審査・採択とともに、外部委員を通じてコミュニティーの意見が反映される。拠点にはまた、文科省に対して毎年活動報告を行うとともに、法人化中期目標期間に中間評価・期末評価を受けることが求められている。GRC の活動は PRIUS の活動と重なる部分が多く、評価の準備のための過重な負担や内容の重複を避けるために、GRC 一期では 5 年目に行われた自主的な外部評価会は、GRC 二期においては実施しなかった。

なお、平成 27 年度に行われた共同利用・共同研究拠点の法人化第二期期末評価、および平成 30 年度に行われた法人化第三期中間評価において PRIUS はいずれも A 評価と高い評価を受けている。関連して GRC 二期に受けた大型科研費「特別推進研究」、「基盤研究 S」、「新学術領域研究」、及び GCOE「地球深部物質学」における中間評価・事後評価も総て A 評価であり、GRC 教員が代表となったこれらの事業のいずれもが高い評価を得ている。

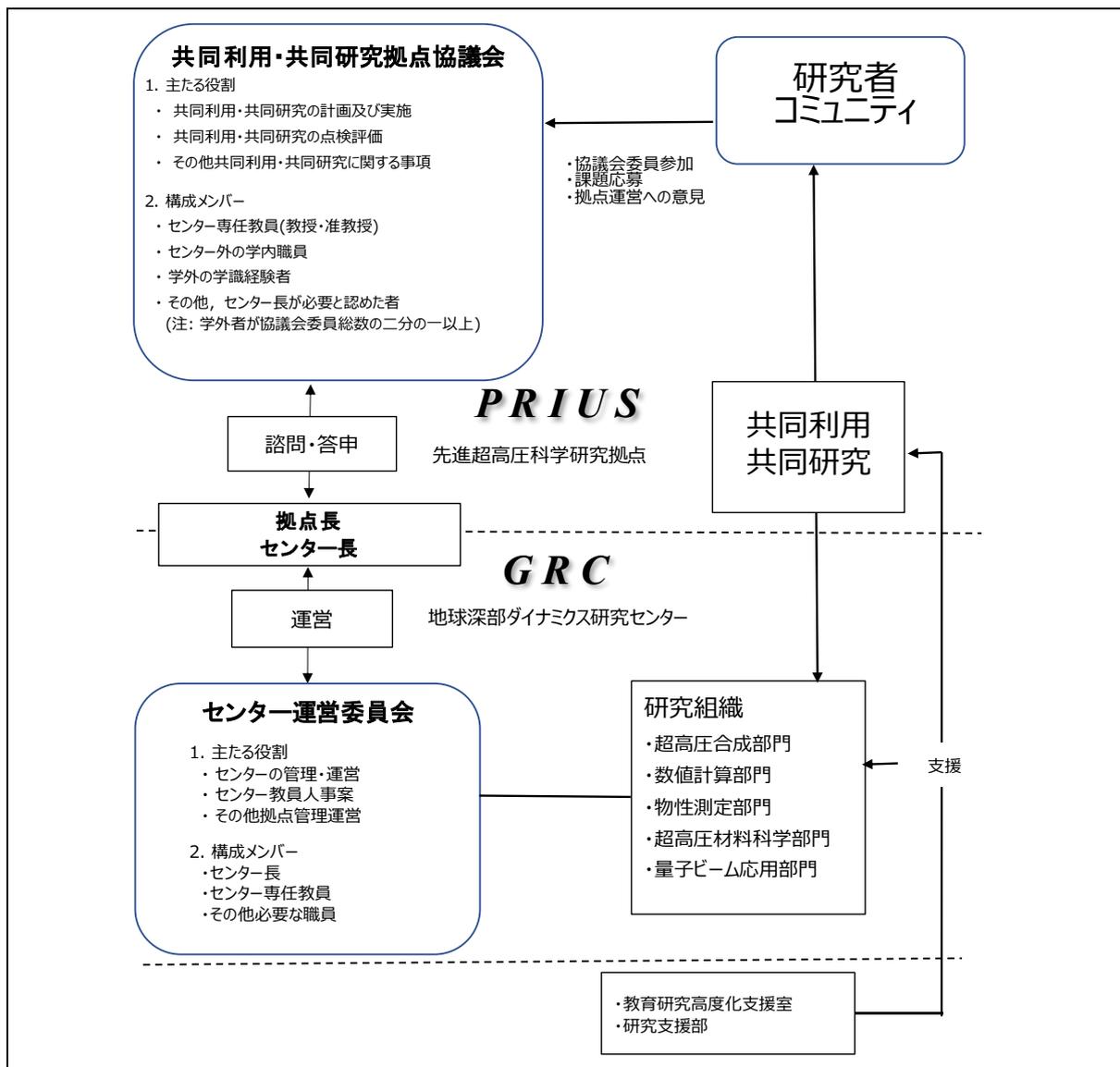


図 6. GRC と PRIUS の組織図

III センターの現状と課題

1. 学術研究活動等

(1) 研究活動

GRC 教員は、一期に引き続き二期においても大型科研費である「特別推進研究」、「基盤研究 S」、及び「新学術領域研究」、を研究代表者・領域代表者として推進するとともに、GCOE「地球深部物質学拠点」を推進した。これらの採択自体が、GRC において卓越した研究活動が行われていることの証拠である。加えて、これら大型科研費や GCOE プログラムに対する中間評価・事後評価は、いずれも A 評価と高い評価を受けている。

GRC の実験系における研究活動は、世界トップレベルの高い実験技術や、独自の超高压装置群の整備により支えられてきた。また放射光実験や超音波測定、変形・破壊実験、各種微小領域分析などを組み合わせることにより、特徴ある技術や手法の開発にも重点がおかれてきた。更に GRC 二期においては、独自に生み出した世界最硬ヒメダイヤを利用した、革新的な超高压発生技術の開発にも取り組み多大な成果をあげた。このような高度かつ独創的な実験技術の開発は、実験分野の先端的研究においては欠かせないものであり、革新性を重視する GRC の特徴として非常に重要である。このような高い技術力を応用することにより、地球深部の構造や化学組成の解明とともに、その動的挙動の研究においても世界を先導する研究成果があがっている。

数値計算系に関しては、第一原理計算、流体力学計算等に基づき、地球深部の構造・物性・ダイナミクスに関する特徴ある研究を推進してきた。とりわけ、第一原理計算に基づく高温高压物性シミュレーション分野では、GRC 一期の高温高压下での地球深部構成物質の結晶構造や弾性・密度等の研究から、GRC 二期において、新たに熱伝導・原子拡散や元素分配に関する独自の数値計算技術の開発へと進め、それらをマントル―核間の相互作用と共進化に応用する研究を、全国規模の新学術領域研究の中核として推進してきた点は特筆に値する。また、流体力学計算等に基づく数値シミュレーションに関しても、スーパーアース内部のダイナミクスにも研究対象を拡大するなど、新たな取り組みが進められた。

上記の実験系・数値計算系それぞれの研究活動の推進とともに、GRC 二期においては両者の共同研究による重要な成果もあがっている。とりわけ下部マントル領域における新含水鉱物の発見や、水の挙動に関する両者の共同研究の成果は国際的にも大きな注目を集めた。今後更にダイナミクス数値計算分野も含んだ数値計算系、及び実験系のより広範な共同研究の推進により、GRC の特徴を生かした新たな研究を推進することが重要な課題になると考えられる。

今後の重点的研究課題として、GRC 二期に引き続き地球のより深部、即ち下部マントル～中心核領域に至る、シリケートおよび鉄系金属の相関係・融解関係、弾性や密度等の物性、元素分配等に関する研究の推進が重要である。更にこれらのいわば静的な地球深部構造などの理解から、レオロジーや破壊現象といった、地球深部の動的現象や進化過程の解明にその軸足を移すことが必要であろう。これらに加えて、他の地球型惑星や木星型巨大惑星、またスーパーアースの内部構造や物性及びダイナミクスの解明も、一層重要な研究対象となると考えられる。

GRC 二期における大きな変化として、その共同利用・共同研究拠点（共共拠点）化があげられる（PRIUS）。これにより、GRC が整備した世界トップレベルの超高压関連装置や数値計算技術を活用したより幅広い共同研究活動の推進が可能となり、その効果は地球科学以外の分野との共同研究数や国際共同研究数の増加にも顕著に表れている。また、共共拠点に採択される研究所・セ

ンターを有することは、愛媛大学の研究面でのステータスや予算面でも重要である。しかしその一方で、当初の想定（年間 50-60 件程度）を大きく上回る、年間 100 件程度の共同利用・共同研究は、装置の利用指導や維持・管理及び運営面において、人的資源の少ない GRC 教員の大きな負担となりつつある。公共拠点は、文科省による中間評価及び期末評価を受け、その結果により運営のための交付金やプロジェクト経費の額が変わるとともに、場合によっては拠点認定取り消しの可能性もある。愛媛大学では法人化第三期において教員に対するポイント制を導入し、これをすべての部局に一律に適用しているが、教員数が少なく余裕のない GRC のような先端研究センターでは、研究面における全学的な役割の重要性にもかかわらず、教員現員数を減らさざるを得ないという極めて厳しい状況を招いている。

なお、令和元年度末期より、我が国においても新型コロナウイルスの流行が、大学の研究・教育に深刻な影響を及ぼしている。令和 2 年度の PRIUS における共同利用活動においても、愛媛大学の BCP ステージにあわせて、学外からの共同利用者の受け入れを休止・制限する等の措置が取られている。このような状況において、GRC では高圧装置を学外から制御するためのソフトウェア・ハードウェアの開発・整備を行うとともに、GRC 内部スタッフによる、あるいは非常勤として雇用した学生による代理実験等で対応している。また、成果報告会やワークショップなどのオンライン化を進めるため、必要なビデオ・マイクシステムやパソコンなどの環境整備も行っている。新型コロナウイルスの問題は今後長期化する可能性も高く、とりわけ共同利用活動においては「新しい様式」を取り入れた新たな取り組みが必要であろう。

一方で、GRC では、超高压実験を中心とした高い技術力を応用し、物性物理、無機化学、材料科学分野における、学際的研究も推進してきた。その成果の一つが、ヒメダイヤの合成と大型化・応用であるが、これ以外にも、様々な新物質の合成等の成果があがっている。これらの実績を背景に、平成 27 年度認定された愛媛大学超高压材料科学研究ユニットを核として、平成 30 年度に「超高压材料科学部門」が設置され、その活動は愛媛大学の特徴ある先端研究推進において重要である。しかしながら、当該部門には新たな専任教員は措置されず、理・工からの 4 名の兼任教員を中心とした活動に限られているのが現状である。GRC の一部の地球科学系教員・研究員は、本務である先端的地球科学研究と並行してこの方向での研究にも寄与しているが、この部門における研究活動のより活発な推進のためには、核となる新たな専任教員の措置も含めた全学的な支援が求められる。

(2) 教育活動

GRC 二期初期の平成 24 年度まで実施された GCOE 採択時には、連携先である SPring-8・東大・ニューヨーク州立大や、学術交流協定を締結した 8 つの海外研究拠点との交流を通じ、博士課程学生や博士研究員を中心とした人材育成活動が活発に進められた。この結果、当初の目標であった 50 名程度の若手研究者の育成が達成されるとともに、事業終了後も GRC 全体のジオダイナミクスセミナーの英語化、国際レクチャー・フロンティアセミナーの継続など、国際的な教育活動が推進され現在に至っている。

GCOE 事業終了後は平成 25 年度に「卓越した大学院拠点形成支援補助金」が交付されたが、年間だけの措置であり、それ以降は GRC の運営交付金等の持ち出しによる RA 経費によって博士課程学生の支援を行った。しかしこのような支援を長期的に継続することは困難であり、GRC 二期の後半には、海外からの博士課程入学希望者の応募を断らざるを得ない状況に至るなど、博士

課程入学者は GCOE 事業中に比べて大きく減少した。一方で、卒論および修士課程学生の指導は、理工学研究科専任教員と同程度に行っており、博士課程学生も数は減少したとはいえ GCOE 事業以前の水準を維持している。GRC においては GCOE の育成対象として博士研究員に重点を置いてきた経緯があるが、博士課程学生の育成も重要な課題であり、全学的な経済的支援の強化が求められる。なお、GRC 二期の後期においては、教育活動において重要な役割を果たしてきた教授 2 名の他大学への異動に伴う博士課程学生の異動や、修士課程学生がコロナ禍における先行きの不透明さから、博士課程進学を断念するといった特殊事情があった点を付記する。

学部教育に関しては、主に理学部（一部工学部）の学生とともに、スーパーサイエンス特別コース（SSC）の地球惑星科学コースにおける教育も主体的に担い、少数ではあるが博士号取得者も輩出するなど一定の成果をあげてきた。しかし愛媛大学の方針によりこのコースの廃止が決定され、平成 31 年度には学生の受け入れを停止した。一方で平成 31 年度の理学部の一学科制への改組に伴い、GRC 教員は「地学コース」の教育を担当するとともに、年次移行で 3 回生以降の「宇宙・地球・環境課題挑戦プログラム」の担当を予定している。特に後者は、物理・化学などの強いバックグラウンドを持つ学生を、GRC に一定数受け入れるための試みとして期待される。一方で GRC 教員は、愛媛大学を代表する先端研究センターの一つとして先端研究の推進とともに、共共拠点 PRIUS の業務もあり、現状以上の学部教育負担増は避けるべきであろう。

GRC では博士研究員を中心とした若手研究者の育成において、一期に引き続き二期においても多大な貢献を行ってきた。GCOE 事業終了後も、東工大 WPI 拠点地球生命研究所（ELSI）のサテライト拠点として博士研究員を採用するとともに、日本学術振興会特別研究員や、科研費や拠点プロジェクト経費などによる博士研究員、愛媛大学から支援を受けた博士研究員などを積極的に受け入れてきた。GRC 二期において育成した博士研究員の総数は 32 名（うち外国人 12 名）にのぼり、これらの多くが大学教員を中心とした職に就くなど、その成果は大きい。それゆえ、引き続き博士研究員も重要な対象とした人材育成活動を重視することが必要である。また共共拠点活動を通じて、国内外からの博士研究員や大学院生の指導など、機関を越えた教育活動においても重要な貢献を行っている。

他方で、高大連携プログラムやスーパーサイエンスハイスクール（SSH）事業等において、高校を中心とした出前授業や課題研究等の実施においても、可能な限り対応している。また学内のオープンキャンパスや、日本地球惑星科学連合における展示・オープンセミナーを通じたセンターの紹介や、アウトリーチ活動にも力を入れてきた。とりわけ GRC 二期には、小学生を対象とした公開講演会や、文部科学省における実演授業を開催するとともに、地球内部の科学的絵本の発行なども行った。このように GRC では、小学生から高校生に至る、幅広い層の生徒を対象とした教育活動にも積極的に取り組んでいる。

2. 組織及び施設等

(1) 組織

GRC 一期の在り方委員会の提言を踏まえ、名称を簡略化した「超高压合成部門」、「物性測定部門」、「数値計算部門」の 3 部門に加えて、平成 30 年には「超高压材料科学部門」が創設された。一方、COE 期間中に創設された「量子ビーム応用部門」は、構成員の多くが COE 教員であり事業終了後に在籍者が不在となったため、現在は形の上では残っているがその業務内容は超高压合成部門・物性測定部門に引き継がれている。

実験系の超高压合成部門と物性測定部門は、備品の管理上などの経緯から区分されているが、実質的には部門単位での活動は行われていない。GRC 実験系では、ほとんどの高压装置類や分析装置類を全体で共有しており、また研究や教育もそれぞれの教員が独立し、あるいは課題に応じて適宜連携して実施されていることが、これら 2 部門が実質的に区分されていない主な理由である。このような部門にとらわれない研究・教育体制は、とりわけ若手教員の独立した研究の展開や教育能力の向上という点で重要であり、現在の実態に合わせて更に部門の再編を進める必要がある。部門再編においては、GRC 三期の重要な方向性となる動的地球深部科学の推進や、惑星深部科学への展開を念頭に置き、超高压合成分野と物性測定分野の一層緊密な連携とともに、若手教員の独立性を担保した体制の維持・発展が重要であろう。

一方で数値計算部門では、実質的に第一原理計算分野とダイナミクス数値計算分野の 2 グループに分かれて研究・教育活動を行っている。両者は、構成員数や学生数の面でややバランスを欠いている点は否めないが、それぞれの分野の特性及び GRC の特徴を考慮すると妥当な面もある。

GRC の「定員」は現在 10 名（本来の定員 9 名＋基幹経費化された定員 1 名）であるが、GCOE 終了後も学長裁量により維持されていた現員は 13 名であった。令和 2 年 3 月末の 2 名の退職により、現員は 11 名となり（1 名は特任教授として残留）、この人員規模のままでは活動の縮小が余儀なくされる（令和 2 年 10 月 1 日での専任教員の職位構成は、特任教授を除いた教授 3 名、准教授 5 名、助教 2 名：1 名を准教授/助教として選考中）。

愛媛大学では法人化第三期初めより教員定員制を廃止しポイント制を導入しているが、部局に配分されるポイントは本来の定員を基準として計算され、その総ポイントも年々一定の割合で減少する。GRC においては令和 2 年度以降も「定員」数を越える現員がおり、更に 1 名削減が求められる上に、総ポイントの年次減少分をカバーするためにはこれ以上の削減も視野に入れる必要がある。一方で、法人化第三期の KPI 達成目標（GRC を含む先端研究センターにおいては、高インパクトジャーナルでの発表数と共同研究数をそれぞれ 10%増加）は、第三期開始当初の現員による KPI を基にしており、このままポイント制が適用されればその達成が困難になる可能性がある。

愛媛大学において共共拠点となっている GRC（及び沿岸環境科学研究センター CMES）に対するポイント制の機械的適用は、大学の研究面での戦略 3 の達成を困難にするのみならず、共共拠点としての期末評価に負の影響を及ぼすことは明白である。評価次第では、大学の予算とは別枠で重点支援されている共共拠点に対する予算の削減や、場合によっては拠点認定の取り消しも想定される。GRC は教員 13 名と少数ながら、令和元年度においては愛媛大学の全部局の中で科研費交付額トップになるなど、これらの面で過大ともいえる役割を果たしてきた。このような部局に対してポイント制を機械的に適用することは、GRC（及び CMES）の弱体化を招くとともに、大学全体としての研究面での評価の低下や、財政面での状況の悪化をもたらすことが強く懸念される。

GRC の新たな方向の一つとして、平成 30 年には超高压材料科学部門が設立された。しかしながら、この部門において専任教員は措置されず、理工学研究科の関連する分野の兼任教員 4 名が在籍するのみである。GRC 他部門の一部の教員・研究員も、材料科学分野の研究に積極的に携わっており、超高压を利用した「透明ナノセラミックス」の開発など重要な成果があがっている。一方で、これら他部門の教員に本来求められているものは、GRC の重要な目的である地球科学分野における先端研究の推進や人材育成、また共同利用・共同研究拠点活動において主要な役割を

果たすことである。これらの状況を勘案し、超高压材料科学及び関連分野を全学的にも特徴ある分野として発展させるためには、超高压材料科学部門における専任教員の措置など人的な支援が求められる。

GRC の組織上の三期目の重要な検討課題として、一期・二期に渡ってセンター長を続けた教員の退職にともなう運営体制の在り方が挙げられる。これまではセンター長のリーダーシップのもと発展を遂げたが、今後の方向性として①GRC の新たな顔となる教員によるセンター長の長期継続、②他の多くの共共拠点と同様に専任教員間での輪番制、③センター長業務を担う特任教員の採用（例えば高知大学海洋コア総合研究センター）、などが考えられよう。当面は③方式で現センター長が継続することになっているが、GRC 三期の遅くない段階で①あるいは②の方式に移行することが望ましいと思われる。

上記①・②を選択する場合、センター長業務の重要性と多大な労力を要することに鑑み、そのサポート体制の一層の強化が重要である。センター長の支援業務に関しては、GRC が GCOE 拠点に採択されたことに伴い愛媛大学に教育研究高度化支援室が設置され、リサーチアドミニストレーターとラボマネージャー各 1 名が、教育・研究やアウトリーチ等に関する様々な支援業務にあたりるとともに、技術専門職員 1 名がセンター長の支援業務も行っている。しかし、これらはいずれも個人レベルの支援業務に限られていることから、今後はセンター長を組織的・継続的に支援できる体制の構築が重要になる。とりわけ共共拠点に関しては、中間評価や期末評価、また毎年の概算要求に関しても、長期的な視点に立った方針の決定や成果の取り纏めが必要である。また、国際的な共同研究・人材交流や企業等との連携・社会貢献、研究成果の発信・アウトリーチ活動等においても、センター長を強力に支援する体制が必要であり、GRC 内部に研究部門と事務組織以外に、共同研究業務や社会連携・広報活動などを継続的に担当できる支援組織を設置することが望まれる。ちなみに共共拠点に認定されている他の研究所・研究センターの多くは、GRC に比べてはるかに多い常勤の事務職員・技術職員が配置されている。愛媛大学の現状に照らすとこのような職員の大幅増を要望することは現実的でないが、COE を契機に措置された上記職員を組織化することにより、他の拠点に例のない新たな支援体制が構築できると思われる。

一方 GRC 専任の定員内事務職員は 2 名のみであり、これを数名の事務補佐員が補佐することにより対応している。共共拠点化された GRC においては、通常の業務以外に共同利用者の受け入れなどによって、他部局にない多様な事務内容が発生し、その量も膨大になっていることから、事務体制の強化も望まれるところである。更に GRC では特徴ある大型超高压装置群や、多様な微小領域分析装置群を保有しているが、これらの維持管理や、利用に関する諸業務を実質的にラボマネージャー 1 名が担っている。共共拠点化に伴いこれらの業務も著しく増加しており、技術系支援職員の強化も望まれる。

(2) 施設等

GRC には大型の高圧装置や特徴ある最先端の分析装置が多い。また学内外からの共同研究等の訪問者が多く、通常の教員定員に基づく面積配分では非常に手狭である。GRC 一期初期の総合研究棟 I 建設時（平成 15 年 4 月）において、これらに関して一定の配慮がされた上での部屋の配分がなされたが、その後の大型科研費等の採択や GCOE を通じた教員や研究員の増加、更には GRC 二期における共共拠点化による共同利用に供する大型装置（超高压変形装置 MADONNA-II、集束イオンビーム加工装置、電界放射型透過電子顕微鏡、他）の追加や、国内外の研究者や学生等の

訪問者の急激な増大により、研究教育活動のための十分なスペースの確保が困難になっている。

とりわけ早急に解決すべき問題として、1) 共共拠点であるにもかかわらず、国内外からの長期・短期滞在者のための部屋・スペースが確保できない、2) 数値系において教員研究室以外の専用の研究室が確保できない、3) 学生・大学院生の部屋が1部屋しかなく、最大40名程度の学生が使用しているという劣悪な状況にある、4) 常時5-10名程度いる博士研究員の部屋が1部屋しか確保できない、などの点があげられる。また、GRCが管理する部屋が総合研究棟Ⅰを中心としつつも、理学部本館・理学部構内元車庫・工学部構内超高压実験室・総合研究棟Ⅱなどに分散している点も、GRCの研究教育活動、及びPRIUSの効率的・機能的運用において解決すべき大きな課題である。

GRCでは、大型科研費や概算要求等により、特徴ある超高压装置や先端的微小領域分析装置等が充実しており、その水準は世界的にもトップレベルにある。しかし、これらの装置の維持には、超硬合金アンビルなど的高額消耗品や、修理費・管理費等の維持費等は多額の経費を要する。PRIUSの採択により、共共拠点に対する文科省からの重点支援により運営費とプロジェクト経費が交付され、これらの経費の一部に充てられている。共共拠点に対して措置される経費は、本来は学外の共同利用を主な対象としているが、PRIUSでは学内からの利用者の共同利用も積極的に受け入れており、学内他分野の先端研究推進においても重要な貢献をしていることを付記しておきたい。

GRCは設立時に比べて教員や研究員等のスタッフが大きく増加し、またそれに伴い指導学生数も増加している。またこの間、GCOEや大型科研費、またWPIサテライト等の外部資金を獲得し、間接経費等を通じた財政面での貢献とともに、愛媛大学で初めて共共拠点に認定され、研究面での重要な顔として先端的研究活動や人材育成活動を推進している。これらの外部資金面の貢献や新たな特徴ある大型装置の導入、また共共拠点化に伴う学内外からの利用者の急増にもかかわらずGRC管理スペースは設立時からあまり変化しておらず、全学的な戦略に基づくスペースの再配分が求められる。

IV センターの活動評価

GRCは平成13年4月、地球深部に関連する科学の総合的推進を目的とした研究組織として発足した。設置後10年を経た平成23年3月には、次の10年に向けた在り方検討委員会により評価を受けるとともに、GRCの共共拠点化などを骨子とした提言をいただいた。令和3年3月にはGRC設置後20年を経過するが、この間、GRCは前回の在り方検討委員会の提言を受けて組織や活動内容を見直し、本報告書の「II 学術研究の組織、活動実績等」にその成果を記載するとともに、「III センターの現状と課題」において現状の分析と課題を提示している。本在り方検討委員会では、GRCのこれまでの活動を、特にGRC二期の10年に焦点を当てて以下の項目に沿って評価し、その結果をGRCの今後の更なる発展に繋げたいと考えている。なお、評価指数は、3段階評価(A. 優れている, B. 良好である, C. 劣っている)とし、括弧内に、学外有識者2名を含む、在り方検討委員会委員11名による評価結果数を記した。

1. 教育活動の実施状況

GRC教員は、限られた数の中で、理学部を中心とした学部学生、理工学研究科の大学院生の教育を担当している。また平成17年度に研究者育成の目的で設置された「スーパーサイエンス特別コース」において重要な役割を果たすと同時に、平成19年度に博士後期課程の外国人特別コースとして設置された「地球深部物質学特別コース」、及びこれを引き継いだ「先端科学特別コース」において指導にあたってきた。GRC二期の10年間でGRC専任教員が主指導を行ってきた卒業論文等の件数は、予定分も含めて、卒業論文152、修士論文43、博士論文18と、少ない教員数にもかかわらず高い成果をあげている。GRCでは、PD研究員も重要な育成対象として位置づけており、二期において採用されたPD研究員は33名にのぼる。これらのPD研究員はその後、大学教員48%、公設研究機関等の常勤の研究員12%、他機関等のPD研究員12%と、大部分が研究教育職に就職しており、GRCにおける研究者を中心とした人材育成活動の質の高さを裏付けるものといえる。

GRC二期においては、共共拠点としての認定がなされ、国内外との共同研究が促進された一方で、共同利用訪問者の応対や技術指導等において業務の負担が増加している。GRC教員はその役割分担に基づき、理工学研究科専任の教員に比べて1、2回生の学部授業負担に関しては配慮がなされているが、3回生以上においてはほぼ同程度の授業負担を行っている。他大学の共共拠点の多くが学部教育にほとんど関与していないことは対照的に、GRC教員は教育面においても重要な役割を担い多大な成果を挙げている。このことはGRC教員が指導する学生が、国内外の学会で学生優秀発表賞・ポスター賞等を多数獲得している(21件の受賞)ことにも顕れており、他の共共拠点に比べて教育面においても重要な貢献を行っているといえよう。

GRC第二期から引き継ぐ課題として、優秀な学生を幅広く集めるための一層の努力と仕組みが必要である。地球科学系にとらわれず、物理・化学・数学等の分野からも学生を集めることが望ましいが、「スーパーサイエンス特別コース」が廃止された現在においては、平成31年度の理学部改組に伴う「課題挑戦プログラム」や、高大連携プログラムに基づく附属高校での特別授業等への積極的な関与がその一助となると思われる。一方で、他部局においても同様であるが、この間のGRCにおける博士課程学生数の減少が懸念される。近く予定されている理工学研究科改組後の大学院教育における貢献は勿論であるが、一方で評価委員の多くが指摘しているように、大

学としての博士課程学生への経済的支援の強化も望まれるところである。なお GRC は、学生に加えて PD 研究員の指導においても高い実績があり、引き続き先端研究を通じた若手研究者育成への貢献が期待される。

(評価 A: 9, B: 2, C: 0)

2. 研究活動の実施状況

発足以来、GRC は Nature、Science、PNAS など、高インパクトジャーナルへの成果発表を行ってきた。第二期においても例えば IF>10 程度の特により高いインパクトファクターを有する総合科学誌・専門誌において計 34 編の論文を発表している。中でも、下部マントルにおける新含水鉱物 Phase H の発見 (*Nature Geo.*, 2014)、下部マントルの化学組成の制約 (*Nature Geo.*, 2015)、マントル流動の新モデルの提案 (*Science Adv.*, 2015)、透明ナノ多結晶ガーネットの合成 (*Nature Commun.*, 2016)、水素化鉄の中性子回折その場観察 (*Nature Commun.*, 2016)、稍深発地震の発生メカニズムの提案 (*Nature Geo.*, 2017)、水酸化鉄の新たな高压相の発見 (*Nature*, 2017)、MgO の超高压下での融点決定 (*Nature Commun.*, 2017)、下部マントル最上部における地殻物質の存在提案 (*Nature.*, 2019) などは、いずれも GRC 構成員が筆頭著者として発表した研究成果であり、特筆に値する。

一方、GRC 一期に発表されたナノ多結晶ダイヤモンド (ヒメダイヤ) は高品質化・大型化が進められ、GRC 二期においてその本格的な応用が開始された。この結果、新しい超高压装置・技術の開発に多大な貢献を行うとともに、地球科学・物理学・化学・材料科学などの多様な分野の研究者との共同研究において大きな成果があがっている。ヒメダイヤは、2012 年に共同研究先の住友電工から製品化されるとともに、GRC の共共拠点活動における重要な柱となる独自技術となっている。またこの成功を一つの契機として GRC に超高压材料科学部門を設置し、新たな学際的研究の展開を目指していることも高く評価される。

これらの研究成果や独自技術が高く評価され、GRC 一期においては「学術創成研究」や「特別推進研究」などの大型科研費や、GCOE に採択されているが、二期においても「新学術領域研究」、「基盤研究 S」、「基盤研究 A (5 件)」の領域代表・研究代表者を輩出するなど、引き続き多くの外部資金を獲得している。GRC 二期を通じて科研費獲得額は毎年直接経費で 1 億円程度であり、10 名余りの少人数の組織ながら愛媛大学の全部局の中でも常に上位にある。また、2012 年に採択された、東工大の世界トップレベル拠点 (WPI) プログラム「地球生命研究所」において、国内唯一のサテライトとして認定され、その資金によりこの間多数の PD 研究員を雇用している。

GRC 三期の方向性として、地球深部の動的挙動や進化に焦点を当てた研究や、惑星科学・材料科学等への展開を目指しているが、全国的な共共拠点化した GRC においては、特にコンピューター・分析装置の設置場所の確保や、共同利用者の居室を含めた施設の狭隘化の解消が重要な課題である。この点に関しては GRC 単独では対処困難であり、全学的な資源の再配分による一層の支援が求められる。GRC では学内からの共同利用も受け入れており、学内の様々な分野の研究者により主に分析装置などが利用されているが、今後も全学のデータサイエンスセンター等を含む他部局との一層の連携も重要な課題となろう。一方で、GRC では少数の教員で研究・教育に加えて、全国的な共同利用業務などの負担が増加しており、クロスアポイント制度を活用した活動の維持・発展も更に検討すべきであろう。なお、全学的に採用している教員定員管理に関するポイント制は、GRC のような少人数の組織に対しては馴染まない面があり、役割分担に応じたより柔

軟な対応が求められる。

(評価 A: 11, B: 0, C: 0)

3. 社会貢献の実施状況

GRC では地球科学の普及を目指して、県内の高校への出張講義、公開講座などを行っているほか、地元の中高生や様々な団体を対象に、公開実験を含む GRC のラボ見学ツアーを実施している。とりわけ平成 31 年 8 月の「こども霞ヶ関見学デー」では、文部科学省において親子を対象とした実演を行い、高圧科学の普及活動に取り組んだことは特筆に値する。また、愛媛県立科学博物館、佐賀県立宇宙科学館、文部科学省玄関等においてヒメダイヤの展示を行い、一般向けの科学普及活動にも大きく貢献している。

GRC 二期においてはヒメダイヤが共同研究先から平成 24 年に商品化され、同時にその年の日刊工業新聞 10 大新製品賞の一つに選ばれている。これが重要な契機となり企業との共同研究も加速され、この間の共同研究・委託研究は計 14 件にのぼっている。また、企業における超高压合成法の普及にも多大な貢献をしており、この結果住友電工(株)、京セラ(株)において大型超高压合成装置が導入されるとともに、GRC 卒業生が研究開発において重要な役割を果たしている。このような実績を背景として、GRC に超高压材料科学部門が設置されたが、今後は更に積極的・組織的な産学連携活動への寄与も期待される。

一方で GRC の主要な目的は、地球科学を中心とする基礎科学分野における先端的研究の推進であり、研究成果の一般への発信や研究コミュニティにおける共有が、GRC の社会貢献面において最重要であることは言を俟たない。GRC 教員は、二期において国際学会の会長や国内の関連学会の会長・役員を輩出しており、研究コミュニティに対して多大な貢献を行っている。また、地球科学関連の最大の学会である日本地球惑星科学連合や、日本高圧力学会が主催するセミナーにおいて、高校生や幅広い分野の研究者・学生に対して実演・講演を行い、研究成果の普及にも努めている。一方 GRC の性格上、地域貢献を方向性として打ち出すことは難しい面もあるが、世界をリードする研究成果を発信すること自体が重要な地域貢献であり、引き続き高い研究成果をあげるとともにその地域への発信が期待される。

(評価 A: 11, B: 0, C: 0)

4. 国際交流等の実施状況

GRC はアジア・欧米の 10 の研究機関と国際交流協定を締結し、共同研究や留学生・若手研究者の受け入れ等を通じた国際交流を積極的に行っている。こうした海外の拠点から GRC 二期において 1 か月以上 GRC に長期滞在した研究者は延べ 39 名、訪れた研究者は 249 名と活発な国際交流活動が展開されている。この間、日本学術振興会の 2 国間共同研究事業も日米、日露、日独の間で採択されており、海外の拠点との重点的な共同研究を推進した。2012 年度に共共拠点 PRIUS として認定されたが、この間の年間の共同研究数約 100 件程度のうち、海外との共同研究が年間 30~40 件と 3 割余りを占めており、国際性の高い拠点活動を進めている。

また二期においては、GRC から国際高圧学会 (AIRAPT) 会長を日本人として初めて輩出するなど、国際交流において多大な貢献をしている。このような GRC の国際的な研究コミュニティにおける役割に基づき、2023 年には AIRAPT 総会が松山で開催されることが決定している。また一期の終盤に GRC が中心として立ち上げた、アジアにおける高圧地球科学の連携拠点

TANDEM は、日本、中国、韓国、台湾、オーストラリアの 26 研究拠点を組織し、この間松山において 2 回、武漢において 2 回国際シンポジウムを開催し、活発な国際交流を展開している。これ以外にも、GRC 教員が領域代表を務める新学術領域研究が主催する、核-マントル相互作用に関する国際シンポジウムや、ヒメダイヤの応用に関する国際シンポを松山で開催するなど、地球深部科学分野や超高压科学分野の国際的な研究交流において重要な役割を果たしてきた。

GRC 二期の最終年となる令和 2 年度は、予期せぬコロナ禍のために、海外との人の往来を伴う人材交流は事実上不可能となった。しかしこのような状況下においても、例えばヒメダイヤを提供しての共同研究や、代理実験による試料の送付による共同研究など、拠点としての活動を継続する試みに取り組んでいる。また高压装置を遠隔制御可能なシステムの構築(学長特別表彰受賞)なども進めているが、今後のポストコロナの国際的な研究活動・人材交流の新たな様式を見据え、海外からも参加可能なリモート実験・オンライン会議環境の一層の整備や、研究支援体制の強化が必要であろう。

(評価 A:11, B: 0, C: 0)

5. 広報活動等の実施状況

GRC では設置直後からホームページによる情報発信とともに、年 3 回ニュースレターを紙媒体で発行しており、すでに 58 号を数えている。後者は英語による記事も多く含んでおり、国内外の研究機関や個人あてに送付されており、GRC の重要な情報発信源となっている。前者のホームページについては、前回の在り方委員会の指摘に基づき体裁・内容を完全に新しくし、コンテンツの充実と管理・更新体制の整備を進め、英語版も含めて情報のリアルタイムな発信を行っている。

GRC の活動は愛媛大学ミュージアムの「地球深部」の常設展示を行うとともに、二期においては複数の他の科学館や、文科省玄関等にヒメダイヤなどを長期間展示することにより一般向けに研究成果の発信を行っている。また重要な研究成果に対しては積極的なプレスリリースを行っており(二期においては 43 回)、新聞・テレビ・インターネット配信など多くのマスメディアにより取りあげられている。また市民向けの公開講座の開催や、「こども霞ヶ関見学デー」での実演、絵本を含む一般向け書籍の発行により、地域住民を含む幅広い層への情報発信にも取り組んだ。

二期の新たな取り組みとして、動画を使った情報発信を行っている。世界最大の地球科学分野での国際的学会であるアメリカ地球物理連合(AGU)の要請に応じ、英語による GRC 紹介動画を作製し、これを日本の研究機関のからは初めて AGU 大会中の展示(AGU-TV)において紹介した。また、国立大学共共拠点協議会のセミナーシリーズ「知の拠点【すぐわかアカデミア。】」に対して、ヒメダイヤ関連の動画を提供し一般向けに公開したが、これまでに公開されている 18 拠点の動画の中で突出して高い視聴数を獲得している。更に日本地球惑星科学連合大会のセミナーシリーズ用に、GRC ラボツアーを含む紹介動画を作製し、2020 年に開催された同学会と AGU の合同大会において発表した。これらの動画は、いずれも YouTube においても公開され、GRC の概要や研究成果の国内外への発信において重要な役割を果たしている。

前回の在り方委員会では、設立 10 年目の GRC の知名度があまり高くないことに対する改善の指摘をいただいたが、上記の取り組みを経て GRC の国内外及び地域における知名度は各段に上がっている。このことは新聞各紙の報道において、特に地方版では見出しに「GRC」という言葉が使われることが増えていることや、国際会議等においても「GRC」で通じることが多くなっていることから裏付けられる。一方、よりリアルタイムな情報発信とその拡散のためには、上記

の YouTube を含むソーシャルメディアを活用した広報活動が有効であると考えられる。GRC 三期の広報面での課題として、その方法や体制を検討するとともに、これを通じた中高校生や大学生を中心とした若い世代への情報発信を積極的・組織的に進める必要があるだろう。

(評価 A: 11, B: 0, C: 0)

6. 全体評価

GRC 二期においては共共拠点として認定され、我が国を代表する地球深部科学・超高压科学分野の拠点として国際的にも認知されている。他の拠点に比べて少人数の教員組織でありながら、独自のヒメダイヤの開発・応用や、実験分野と数値計算分野の協同により独創的な研究成果をあげている。この結果として大型科研費など多くの外部資金を獲得しており、愛媛大学の先端研究面での顔として、設立時の目標を大幅に上回る成果をあげている。このような GRC の高い研究活動を支援するためにも、全学的な役割分担の観点から教員定員・スペースの再配分の検討が求められる。

今後は、研究面では地球の進化やダイナミクスなどの、動的地球深部科学分野の重点的な研究推進と、惑星科学・材料科学分野への展開を目指した新たな学際的研究の推進が期待される。また GRC の研究成果と研究資源を活かした特色ある教育においても、引き続き貢献が期待される。一方で、地球科学に限らず物理・化学・数学等の強い基礎を持つ学生を惹きつけることが重要であり、そのための広報活動や教育活動における一層の努力が求められる。

一期・二期においては、センター長を務める教員の強いリーダーシップが GRC を国際的な研究拠点に成長させたが、三期の早い時期に次の体制へと移行することが重要である。このためにはセンター長に集中していた業務の分散とともに、次のリーダーを支える支援体制の組織化が必要である。GRC では適度に教員の入れ替わりがあり、それに伴い新たな研究の展開が可能になるとともに、組織の活性化が図られてきた。また異動した教員がネットワークを形成し、外部から GRC の研究活動や拠点活動を支えている面もある。今後もこのような新陳代謝は重要であるが、一方で核になる教員を長期にわたり引き留める方策も必要であり、GRC が更に魅力ある研究教育拠点として発展することが望まれる。

(評価 A: 11, B: 0, C: 0)

V センターの今後の在り方

1. 学術研究活動

GRC 設立当初は、超高压実験・放射光実験に基づく地球深部物質の高温高压下での相関係や密度・弾性的性質の決定、及びこれらの実験データと地震波トモグラフィや第一原理計算などの数値シミュレーションを組み合わせ、地球深部の不連続面や不均質構造といった、主にマントルを対象とした地球の静的構造の解明が研究の中心であった。GRC 二期においては、高压下での変形実験に基づくレオロジー分野や、流体力学に基づくマントルダイナミクス計算分野の教員の採用を経て、また大型超高压変形装置の導入や技術開発を行うことにより、地球の動的挙動を解明するための基盤が整った。加えてこの時期においては、GRC 教員を領域代表者とした新学術領域研究「核-マントル相互作用」の採択により、地球の中心部である核とマントルの物質科学的研究とともに、その進化過程の解明を、地球化学者など他分野の研究者との連携により推進する機運が高まった。

このような背景をもとに、GRC 三期における GRC の研究面での重点的課題として、マントルやプレートのダイナミクスと、それに関連した深発地震や超深部マグマの発生などの地球深部の動的挙動を明らかにするとともに、マグマオーシャンの固化に伴う元素分配挙動とマントルの化学的不均質の成因、内核の異方性と構造非等方性の起源などの解明により、地球深部の化学進化を明らかにすることなどが挙げられる。このためには超高压下での変形・破壊実験や、それに伴う微小地震（アコースティックエミッション=AE）測定、マグマの構造と物性変化の測定、超高压下での岩石とマグマ及び金属鉄間での元素分配などの実験に加え、実験に指針と解釈を与える第一原理計算法のレオロジーの性質や元素分配予測への拡張と、流体力学計算に基づく、より現実的なパラメーターや座標系を用いた数値シミュレーションが重要になると考えられる。

一方で、はやぶさ2による小惑星からのサンプルリターンの成功や、今後各国で予定されている月や火星からのサンプルリターンや多様な観測の進展に鑑み、GRC としても惑星深部科学の推進を念頭においた研究活動の本格的開始も展望する必要がある。惑星探査の重要なキーワードは水を中心とした揮発性元素であるが、GRC 二期においてマントル深部の含水鉱物の安定性や水素の挙動に関して多大な成果を挙げてきた実績がある。従って GRC の強みやこれまでの蓄積を生かして、水の挙動を一つの切り口として惑星科学への展開を目指すのも一つの方策であろう。また巨大惑星やスーパーアースの内部構造や運動の解明のため、TPa 圧力領域の超高压実験技術開発や数値計算技術の開発も重要な課題となる。

GRC 二期においては、ヒメダイヤの超高压科学への本格的応用と製品化において多大な成果をあげるとともに、新たに「透明ナノセラミックス」の開発にも成功した。これらは GRC の大型超高压装置と高度な実験技術を材料科学分野に応用した成果であり、GRC 三期においてもこのような学際的研究を展開することは重要である。このためには、GRC 二期において設置された超高压材料科学部門の教員との連携体制や、PRIUS における共同利用・共同研究体制を活用し、学内及び国内外の多様な分野の研究者との学際的共同研究の一層の推進を図る必要がある。

2. 人材育成

GRC 教員は、世界トップレベルの研究水準を維持・発展させるとともに、GRC 二期からは共共拠点活動を推進する一方で、理学部や工学部、及びスーパーサイエンス特別コースにおける学部教育、また理工学研究科における大学院教育にも従事している。これらに加えて、地球深部物質学特別コース・先端科学特別コースの博士課程学生や PD 研究員に対する指導、更には高大連携教育や一般向け教育など、様々な教育活動に貢献している。GRC の最も重要な役割は愛媛大学における特色ある先端研究の推進であるが、今後も国際的な視点から、研究者・技術者などの人材育成においても重要な役割を果たすことが期待される。

なお、従来 GRC 教員は主に理学部地球科学科を中心とした学生教育を担当してきたが、優秀な人材の獲得を目指すためには、教育担当の裾野を広げることも必要である。すなわち、評価委員からも指摘されているように、先端的な実験および数値計算を基礎とする得意分野の知識を人材育成に生かすため、地球科学以外のバックグラウンドを有する学生を受け入れる方策が望まれる。その一つの手段として、平成 31 年度に行われた理学部改組に伴う「課題挑戦プログラム」を有効活用することが重要であるが、愛媛大学としても GRC をはじめとする先端研究センターの特徴を活かした、研究者養成を念頭に置いた特別コース設置の検討も必要であろう。また、愛媛大学では理工学研究科を含む大学院改組が予定されており、新たな専攻・コースにおける物理・化学・数学等の基礎学力を有する学生への教育への関与も必要である。一方で、博士課程学生の減少の問題は GRC だけでは解決困難であり、愛媛大学として、その目標・計画に応じた積極的な経済的支援を行うことが求められる。

GRC では、一期・二期を通じて多数の PD 研究員に対して指導を行い、その多くが国内外で研究者として活躍している。我が国においては個別分野の研究力とは無関係に、優秀な学生がいわゆる旧帝大をはじめとする「研究大学」や「指定国立大学」を目指す傾向は否定できない。一方で PD 研究員は、純粋に研究力の高い教員の存在や研究環境の良さを求める傾向が強く、研究人材の育成として重要な対象となる。GRC としては学部・大学院教育に加えて、GRC 三期においても PD 研究員を重要な育成対象として位置づけた教育活動を進めることが重要であろう。

3. 組織

前回の在り方検討委員会の提言に伴う部門名称変更の結果、現在 GRC では研究組織として 5 つの部門、即ち「超高压合成部門」、「物性測定部門」、「数値計算部門」、「量子ビーム応用部門」、「超高压材料科学部門」に教員や PD 研究員が配置されている。また、愛媛大学先端研究・学術推進機構の「教育研究高度化支援室」に所属するリサーチアドミニストレーターとラボマネージャーのうち、それぞれ 1 名が、主に GRC を中心とした先端研究センターのソフト・ハード面における研究と教育関連業務の支援にあたっている。事務組織としては愛媛大学研究支援部研究支援課研究拠点第二チームの事務職員 2 名が、実質的に GRC/PRIUS 担当となっており、また愛媛大学工学部等技術部所属の技術専門職員 1 名が、GRC において技術支援業務等に従事している。この他数名の事務補佐員・研究支援員・技術補佐員が、非常勤職員として主に事務及び技術的業務の補佐・支援にあたっている。

上記のうち研究組織に関しては、「超高压合成部門」と「物性測定部門」は、研究内容や実験技

術の点で一部重なる点があり、これら両部門の教員が合同でミーティング・セミナー等を行っている。このような現状に鑑み、また部門内での共同研究を更に活性化させ、実験系部門の研究の新たな展開を図るためにも、この両部門を統合して例えば「実験系地球科学部門」とすることが望ましい。また GCOE 採択時に設置された「量子ビーム応用部門」は、プログラム終了後所属教員が不在の状況が続いている。上記実験系部門の多くの教員が、放射光実験等の量子ビーム応用に関しても研究教育業務を行っていることを考慮すると、量子ビーム応用部門を上記実験系部門と統合しても実質的に問題ないと思われる。

以上を勘案して、また名称の互いの整合性を考慮すると、GRC 三期の研究組織として例えば「実験系地球科学部門」、「数値系地球科学部門」、「超高压材料科学部門」の3部門に整理することが望ましい。なお、GRC 二期の終盤の平成 31 年度に設置された超高压材料科学部門では、GRC 専任教員は措置されておらず、理工学研究科所属の理学系および工学系教員各 2 名が兼任教員として業務にあたっている。この分野の新たな発展のためには、材料科学分野等を専門とする専任教員の措置が望まれるところである。

GRC 一期・二期においては、GRC 設置を主導した教員がセンター長を務め、この結果 GCOE 採択、共共拠点化、WPI サテライト化などを経て GRC が大きく発展するとともに、文科省からの重点的な予算配分や、大型科研費の獲得においても多大な成果をあげた。GRC 三期においては早晩センター長の交代が必要となるが、センター長業務を可能な限り分散するとともに、これまでのセンター長業務の蓄積を継承し、発展させるための仕組みづくりが必要である。このための一つの方策として、GRC に副センター長を置き、センター長の補佐・代理を務める体制をつくるとともに、センター長業務の分担と継承のための新たな支援体制の確立が求められる。

GRC 運営に関する重要事項は運営委員会で審議することになっているが、日常的な運営に関する事項は月に 1 回程度開催している GRC 教員会議において実質的に決定している。10 名余りの少人数の教員組織としては、このような直接民主主義的な体制で活動を進めることが重要であるが、一方で人事などの重要事項や急な決定を要する事項に関しては、教授による不定期な会合により原案を検討している。GRC 三期においても GRC 教員会議で日常的な運営に関する事項を検討・決定すべきであると思われるが、センター長の負担を減らすためには、GCOE 採択時に採用していた「執行部会」のような体制を設けることも検討に値するであろう。

4. 共同利用・共同研究拠点活動

GRC 二期に認定された PRIUS は、当初の予想（年間 40-50 件）の 2 倍程度の共同利用・共同研究を採択し、これまでに受けた全国的な拠点の期末評価・中間評価でいずれも A 評価と高い評価を受けている。研究面では学際的研究が大きく促進され、共同利用・共同研究のほぼ半数近くが地球科学以外の物理・化学・材料科学等の分野からの申請である。また、国際的な共同研究も大きく進展し、約 3 割程度が海外からの申請である。この結果、例えば GRC における二期終盤の国際共著論文の割合は、50%程度と極めて高い水準となっている。

共共拠点関係の概算要求は、文科省研究振興局学術機関課が窓口となっており、大学に対する高等教育局大学法人支援課による予算とは別枠で、拠点の基盤的経費とプロジェクト経費が措置されている。後者のプロジェクト経費は競争的資金的な側面もあるが、これら 2 つの別枠の特別

経費は、GRC/PRIUSにおける各種大型装置の維持・高度化や、共同研究活動の推進において、また大学全体の予算獲得においても非常に重要である。更に、共共拠点を擁すること自体、当該分野で国内を代表する研究拠点を有していることが文科省に認知されていることを意味し、愛媛大学における特色ある研究面での評価に対する重要な指標となると考えられる。

これらのことを勘案すると、GRC 三期においても PRIUS が認定されることは GRC にとっても、また愛媛大学においても重要である。一方で、共共拠点は法人の中期目標中期計画期間中に中間評価と期末評価を受け、他の多くの大規模拠点と同じ土俵で評価される。大規模拠点に比べて教育負担が大きい GRC においては、先端研究の推進と人材育成活動に加えての共共拠点活動業務は大きな負担となっている。とりわけポイント制に基づく教員数の削減や、共同研究活動の推進に伴うスペースの狭隘化は、拠点活動の継続において深刻な問題になっており、愛媛大学における共共拠点の存在の重要性に鑑み、資源の再配分に基づくこのような状況の改善が強く望まれるところである。

共共拠点ではその制度上、学内からの共同利用・共同研究数は、拠点評価において参考程度の扱いになっている。一方で PRIUS では、学内からの申請も積極的に受け入れており、1割程度が学内の教員等との共同研究である。共同利用も超高压装置に限らず、GRC の各種分析装置を利用した様々な分野の教員や大学院生等に活用されている。実際このような GRC/PRIUS の方針により、学内の PRIUS ヘルパーユーザーを核に「超高压材料科学研究ユニット」が組織され、愛媛大学における特色ある学際的研究の推進において重要な役割を果たしていることは、GRC の学内研究活性化への貢献の一つとして特筆すべきであろう。今後とも学内の共同利用・共同研究にも資することは、愛媛大学における学際的研究の推進に対する貢献という点で重要であると考えられる。

一方、GRC は、「学術創成研究」・「特定領域研究（計画）」、およびこれに引き続く「特別推進研究」、「新学術領域研究」、「基盤研究 S」などの大型科研費や、GCOE などを通じて、SPring-8 を始めとした放射光施設において、関連ビームライン設置の装置の維持管理や高度化に、重要な役割を果たしてきた。PRIUS 認定時には、13 の国内学会やグループから、GRC の共共拠点化に対する要望書をいただいたが、平成 31 年度の国際共共拠点への応募に際しては、これを大きく上回る計 26 の国内外の学協会等から要望書が提出された。残念ながら国際共共拠点化には至らなかったが、地球科学や高压科学などの幅広いコミュニティーから GRC/PRIUS に対する大きな期待が寄せられており、学界における貢献という点でも引き続き共共拠点活動の推進が求められる。

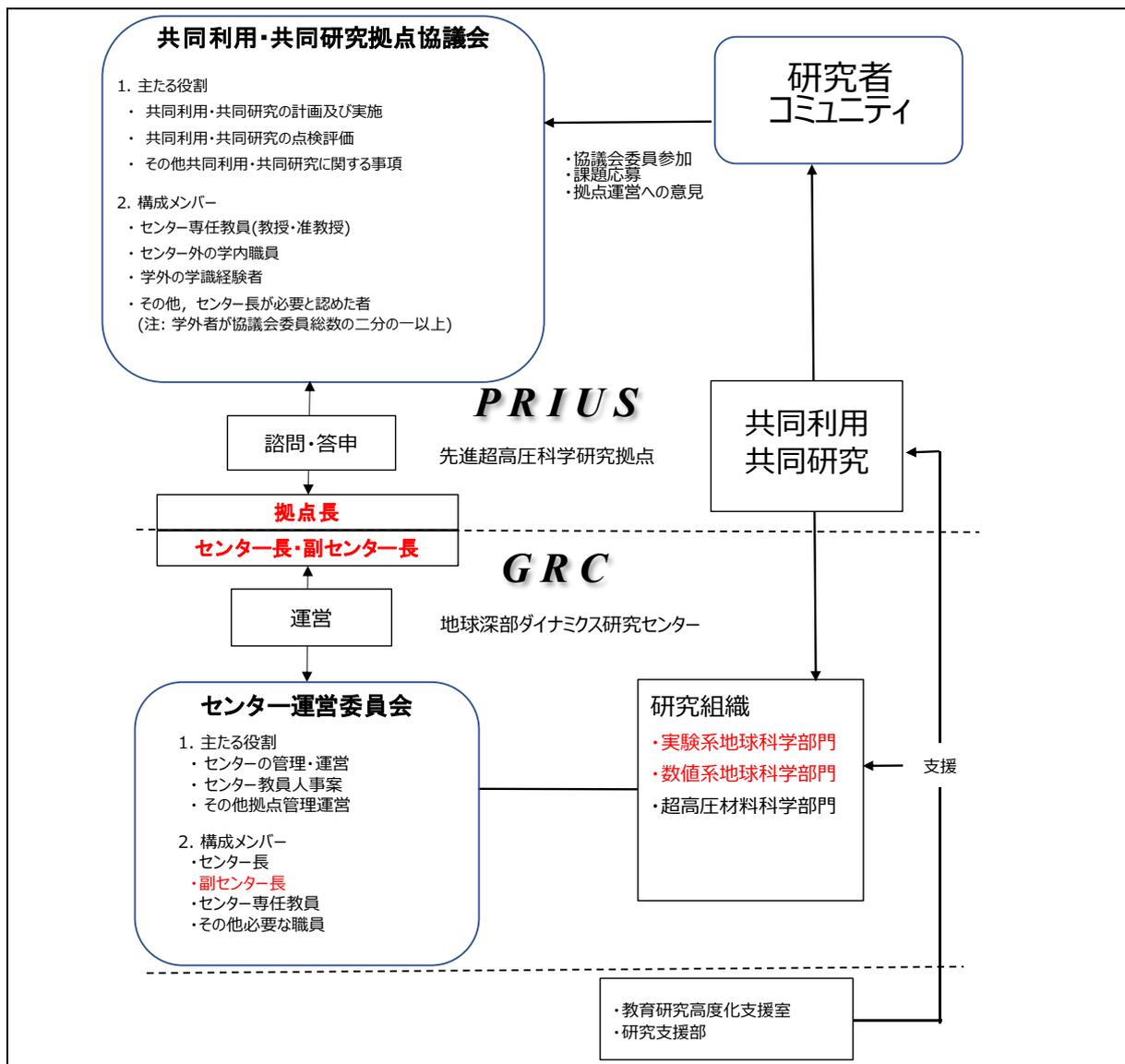


図 7. GRC 三期における GRC と PRIUS の組織図

5. 最後に

GRC は、GCOE の成功をもとに、全国的にもユニークな超高压科学研究を実施できる場として全国共同利用・共同研究拠点に認定され、独創的な研究成果を生み出すことで愛媛大学のみならず日本全体の研究活動の活性化に貢献してきた。人材育成においても、大学院生から中堅研究者に至るまでの幅広い世代の研究者が目覚ましい成果をあげて次のステージへとステップアップする支援を行ってきた。令和 4 年度からは第四中期目標中期計画期間に突入するが、この期間においても GRC が研究に於いて光り輝くためには、大学からの支援もさることながら、GRC 自身が今後目指すべき方向性を GRC 全構成員で共有することが必須であろう。これまでの活動及び保有する設備を活用して、GRC が地球深部科学及び超高压科学の国際的拠点としてさらに高く飛翔することを期待してやまない。

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会要項

令和元年10月9日
学 長 裁 定

(設置)

第1 愛媛大学に、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会（以下「委員会」という。）を置く。

(業務)

第2 委員会は、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター（以下「地球深部ダイナミクス研究センター」という。）の活動評価及び今後の当該センターの組織、活動等の在り方について検討を行い、その結果を報告書にとりまとめて提言する。

(組織)

第3 委員会は、次の各号に掲げる委員をもって組織する。

- (1) 学術を担当する理事
- (2) 理工学研究科理学系長
- (3) 理工学研究科工学系長
- (4) 地球深部ダイナミクス研究センター長
- (5) 地球深部ダイナミクス研究センターから推薦された当該センターの専任教授 若干人
- (6) 先進超高压科学研究拠点協議会議長
- (7) 先端研究・学術推進機構の地球深部ダイナミクス研究センターを除くセンター長のうち、学長が指名する者 若干人
- (8) 学外の学識経験者 若干人
- (9) その他学長が必要と認めた者

(委員長)

第4 委員会に委員長を置き、第3第1号の委員をもって充てる。

- 2 委員長は、委員会を招集し、その議長となる。
- 3 委員長に事故があるときは、委員長があらかじめ指名する委員がその職務を代行する。

(議事)

第5 委員会は、委員の過半数が出席しなければ議事を開くことができない。

- 2 議事は、出席した委員の過半数をもって決し、可否同数のときは、議長の決するところによる。

(事務)

第6 委員会に関する事務は、研究支援部において処理する。

(雑則)

第7 この要項に定めるもののほか、委員会の運営に関し必要な事項は、委員会が定める。

附 則

- 1 この要項は、令和元年10月9日から施行する。
- 2 この要項は、地球深部ダイナミクス研究センターの在り方の検討が終了した日にその効力を失う。

愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター在り方検討委員会委員名簿

*委員会要項第3条(組織)関係

	氏名	所属・職名	摘要	備考
1	宇野 英満	理事(学術・環境担当)	第1号委員・委員長	
2	平野 幹	理工学研究科理学系長	第2号委員	
3	高橋 寛	理工学研究科工学系長	第3号委員	
4	入船 徹男	地球深部ダイナミクス研究センター長	第4号委員	
5	土屋 卓久	地球深部ダイナミクス研究センター・教授	第5号委員	
6	亀山 真典	地球深部ダイナミクス研究センター・教授	第5号委員	~R2.3.31
7	西原 遊	地球深部ダイナミクス研究センター・教授	第5号委員	R2.10.1~
8	大藤 弘明	先進超高压科学研究拠点協議会議長	第6号委員	~R2.3.31
9	亀山 真典	先進超高压科学研究拠点協議会議長	第6号委員	R2.4.1~
10	田辺 信介	沿岸環境科学研究センター長	第7号委員	~R2.3.31
11	郭 新宇	沿岸環境科学研究センター長	第7号委員	R2.4.1~
12	鍵 裕之	東京大学大学院理学系研究科 附属地殻化学実験施設・教授	第8号委員	
13	金嶋 聰	九州大学大学院理学研究院 地球惑星科学部門・教授	第8号委員	
14	八尋 秀典	理事(財務・人事マネジメント担当)	第9号委員	