

「グローバルCOEプログラム」(平成21年度採択拠点)事業結果報告書

概要

機関名	東京工業大学	機関番号	12608	拠点番号	K03
1. 機関の代表者 (学長)	(ふりがなくローマ字) MISHIMA YOSHINAO (氏名) 三島 良直				
2. 申請分野	K<学際、複合、新領域>				
3. 拠点のプログラム名称 (英訳名)	地球から地球たちへ: 生命を宿す惑星の総合科学 From the Earth to "Earths": Interdisciplinary study on habitable planets				
研究分野及びキーワード	<研究分野: 地球惑星科学>(惑星形成・進化)(地球史)(地殻・マントル・核)(理論天文学)(ゲノム多様性)				
4. 専攻等名	大学院理工学研究科 地球惑星科学専攻、化学専攻、大学院生命理工学研究科 生命情報専攻、生体システム専攻、大学院総合理工学研究科 環境理工学創造専攻、化学環境学専攻(H23年4月1日追加)、地球生命研究所(H25年4月1日追加)				
5. 連携先機関名 (他の大学等と連携した取組の場合)	東京大学 大学院理学系研究科地球惑星科学専攻、大学院総合文化研究科広域科学専攻、海洋研究所(H22年4月1日大気海洋研究所に改組)、気候システム研究センター(H22年4月1日大気海洋研究所に改組)				
6. 事業推進担当者	計 33 名 ※他の大学等と連携した取組の場合: 拠点となる大学に所属する事業推進担当者の割合 [64%]				
ふりがなくローマ字 氏名(年齢)	所属部局(専攻)・職名	現在の専門・学位	役割分担		
(拠点リーダー) IDA SHIGERU 井田 茂	地球生命研究所・教授(2013/4/1所属変更)	惑星物理学・理学博士	全体統括(運営委員)・天文班統括		
FUJIMOTO MASAKI 藤本 正樹	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・連携教授(JAXA)	宇宙プラズマ物理学・理学博士	運営委員・研究推進担当・天文班		
KUROKAWA KEN 黒川 顕	地球生命研究所・教授(2013/4/1所属変更)	ゲノム科学・博士(薬学)	運営委員・研究推進担当・生命班		
TAKAHASHI EIICHI 高橋 栄一	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・教授	実験岩石学・理学博士	運営委員・若手人材育成担当(教育主任) ・地球内部班		
YOSHIDA NAOHIRO 吉田 尚弘	大学院総合理工学研究科・化学環境学専攻・教授(2010/12/1所属変更) 地球生命研究所・教授(2013/4/1所属変更)	環境化学・理学博士	運営委員・国際化担当・大気-気候班統括		
OHTA HIROYUKI 太田 啓之	大学院生命理工学研究科・生体システム専攻・教授	植物生化学・農学博士	運営委員・若手人材育成担当(教育主任) ・生命班統括		
HIROSE KEI 廣瀬 敬	地球生命研究所・教授・所長(2013/1/1所属変更)	実験岩石学・博士(理学)	運営委員・国際化担当・地球内部班統括		
MARUYAMA SHIGENORI 丸山 茂徳	地球生命研究所・教授(2013/4/1所属変更)	地質学・理学博士	研究推進担当・地球史班統括		
TSUNAKAWA HIDEO 綱川 秀夫	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・教授	地球電磁気学・理学博士	庶務担当・地球内部班		
NAKAMOTO TAISHI 中本 泰史	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・准教授	天体物理学・博士(理学)	広報担当・天文班		
YOKOYAMA TETSUYA 横山 哲也	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・准教授	宇宙地球化学・博士(学術)	国際化担当・地球史班		
KITAMURA YOSHIMI 北村 良実	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・連携准教授(JAXA)	観測天文学・理学博士	若手人材育成担当・天文班		
SHIBUTA KAZUHIKO 渋谷 一彦	大学院理工学研究科・化学専攻・教授(2013/3/31定年退職)	大気物理化学・理学博士	若手人材育成担当・大気-気候班		
MASUDA SHINJI 増田 真二	大学院生命理工学研究科・生体システム専攻・准教授	植物生化学・博士(理学)	庶務担当・生命班		
ITAMORI HITAKARU 岩森 光	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・教授(2009/8/16所属変更)(2013/9/30辞退)	地球物質科学・理学博士	研究推進担当・地球内部班		
HONGOU YUICHI 本郷 裕一	大学院生命理工学研究科・生体システム専攻・准教授(2009/9/1追加)	微生物生態学・博士(理学)	国際化担当・生命班		
UENO YUICHIRO 上野 雄一郎	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・准教授(2010/11/1追加)	生物地球化学・博士(理学)	研究推進担当・大気-気候班		
SATOU BUNEI 佐藤 文衛	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・准教授(2010/11/1追加)	恒星天文学・博士(理学)	研究国際化担当・天文班		
NAGASAWA MAKIKO 長沢 真樹子	大学院理工学研究科・広域理学講座・准教授(2010/11/1追加)	理論天文学・惑星物理学・博士(理学)	若手人材育成担当・天文班		
OGAWA YASUO 小川 康雄	火山流体研究センター・教授(2010/11/1追加)	固体地球物理学・理学博士	若手人材育成担当・地球内部班		
AIZAWA YASUNORI 相澤 康則	バイオ研究基盤支援総合センター・講師(2010/11/1追加)	ゲノム科学・博士(薬学)	若手人材育成担当・生命班		
MAKINO JUNICHIRO 牧野 淳一郎	地球生命研究所・教授(2011/7/1追加)(2013/4/1所属変更)	計算天文学・学術博士	研究推進担当・天文班		
TSUKA KAN 田中 寛	資源化学研究所・生物資源部門・教授(2011/8/1追加)	進化細胞生物学・農学博士	研究推進担当・生命班		
KAWAMURA KATSUYUKI 河村 雄行	大学院理工学研究科・地球惑星科学専攻・教授(2011/4/1辞退)	鉱物物性学・理学博士	若手人材育成担当・地球内部班		
MORI KENICHIRO 森 健一郎	大学院総合理工学研究科・知能システム科学専攻・連携教授(2011/4/1辞退)	脳科学・理学博士	広報担当・内部レビュー		
NAGAHARA HIROKO 永原 裕子	東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・教授	惑星物質科学・理学博士	東大側統括(運営委員)・若手人材育成担当(教育主任)・天文班		
IKEUCHI MASAHIKO 池内 昌彦	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・教授	植物生化学・理学博士	運営委員・若手人材育成担当(教育主任) ・生命班		
KOMIYA TSUYOSHI 小宮 剛	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・准教授(2009/11/1所属変更)	地質学・博士(理学)	運営委員・庶務担当・地球史班		
ABE YUTAKA 阿部 豊	東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・准教授	惑星進化科学・理学博士	若手人材育成担当・地球内部班		
YOKOYAMA YUSUKE 横山 祐典	東京大学大気海洋研究所・准教授	気候変動学・Ph.D.	庶務担当・大気-気候班		
ISOZAKI YUKIO 磯崎 行雄	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・教授	地質学・理学博士	広報担当・地球史班		
SATO NAOKI 佐藤 直樹	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・教授	植物ゲノム科学・理学博士	国際化担当・生命班		
ABE AYAKO 阿部 彩子	東京大学大気海洋研究所・准教授	気候変動学・Ph.D.	国際化担当・大気-気候班		
MASUDA TATSURU 増田 建	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・准教授(2010/11/1追加)	植物分化生物学・博士(理学)	研究推進担当・生命班		
WADA HAJIME 和田 元	東京大学大学院総合文化研究科・広域科学専攻・教授(2010/11/1追加)	植物生化学・理学博士	国際化担当・生命班		
LIJUKA TSUYOSHI 飯塚 毅	東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・講師(2011/10/1追加)	惑星地球化学・博士(理学)	研究推進担当・地球史班		
IKOMA MASAHIRO 生駒 大洋	東京大学大学院理学系研究科・地球惑星科学専攻・准教授(2012/3/1追加)	惑星物理学・博士(理学)	研究推進担当・天文班		

(機関名: 東京工業大学

拠点のプログラム名称: 地球から地球たちへ: 生命を宿す惑星の総合科学)

機関（連携先機関）名	東京工業大学（東京大学）
拠点のプログラム名称	地球から地球たちへ：生命を宿す惑星の総合科学
中核となる専攻等名	大学院理工学研究科 地球惑星科学専攻
事業推進担当者	（拠点リーダー）井田 茂・教授 外 32 名

〔拠点形成の目的〕

○地球惑星科学から天文学、生命科学に結ぶ学際研究の推進 — 新たな世界観の創成に向けて

近年の天文観測による多数の太陽系外の地球型惑星の発見は、我々の地球（the Earth）以外にも宇宙には生命が存在可能な（ハビタブルな）多様な惑星、地球たち（“Earths”）、が遍在することを示す。本拠点は、生命進化に視点をおいて地球史45億年を実証・多角的に解説し、「地球」の徹底・総合的理解をもとに、「地球たち」で生命が様々なレベルに進化するための惑星条件を探求し、最終的には、惑星-生命の一般性・多様性の科学的理解および宇宙という俯瞰的視点を持つ、新たな地球-生命の科学的理解にもとづく世界観の創成を目指す。

○先端研究参加をベースとした人材育成 — アカデミックマイスター教育

日本の大学研究室の「信頼関係にもとづいたチームによる人材育成」は世界でもユニークなものであり、若手自身が先端研究に参加する中で実行力を獲得するものである。本拠点は、この旧来の垂直方向の関係性に学際性・国際性を重視した特別教育コースの提供や東工大・東大連携という水平方向の連結を強化し、「アカデミックマイスター教育」と呼ぶ日本オリジナルの現代的教育へ発展させる。その中で、新たな地球-生命の世界観を持ち、学際的・国際的視野で活躍する次世代研究者のみならず、科学リテラシのもとに地球規模の問題の解決に取り組む人材など、社会の広い分野で活躍しうる人材を育成する。

〔拠点形成計画及び達成状況の概要〕

○ハビタブルプラネット国際教育研究機構/特別教育コース [<http://www.gcoe-earths.org/institute/>]

東工大・東大にまたがるバーチャルな教育研究機構を設立し、毎年、RAの博士学生30~50人に対し、学際性、実行力、国際性の涵養を目指した、特別教育コースを実施した。

① 国際性：「アカデミックマイスター教育」により、学生の研究を早い段階で世界水準に持ち上げることを第一とした。そのための準備として、英語クラスや国際講義を提供し、海外渡航費補助も行い、学生の一定の国際化に成功した。一方で、プログラム開始以来続いた予算削減のため、長期派遣は制約され、当初計画にあった国際室の設立、PD研究員ローテーション制度の実施、滞在型ワークショップの開催等を断念した。

② 東工大・東大連携：現代の急速な学問の広がりや変化に対応した分野開拓のためには、異なる専攻・大学の学生を含む研究者が実際に顔を合わせて刺激しあうことが有効と考え、キャンパス間の至便アクセスを活用した、東工大・東大連携による人材育成を実行した。定常的な学生セミナー、実質的な共同研究指導も実現した。東工大・東大間の単位互換制度も本GCOE期間中に確立した。この単位互換制度が先鞭となり、日本の国立10大学大学院理学研究科等学生交流推進プログラム（STEP10）へ発展した。

○若手と開拓する先端学際研究の実施

博士学生、若手研究者の研究環境整備に加え、事業推進担当者が各専門分野の世界最先端で活躍して学際研究を積極的に拓きつつ、下記の学際的、総合的テーマを中心にすえ、その中で若手人材の育成を図った。

① メタ・個別ゲノム解析により地球環境と生命進化の関係を遺伝子の角度から解明する。特に太古代の熱水噴出孔のモダンアナログとして陸上の温泉をターゲットにし、その環境に住む微生物の解析をした。

② 生命が誕生し初期進化をした初期地球表面環境を、惑星形成論および地球化学的解析により推定した。

③ 真核藻類が陸上化して植物へと進化する過程を、ゲノム解析により明らかにした。

④ 太陽系外的大型地球型惑星（スーパーアース）の形成と進化に関し、惑星形成論及び超高压実験による実証的データのもとに探索した。

⑤ 地球史の実証的重点解説を20億年前及び6億年前について重点的に行い、6億年前の生物のカンブリア爆発の前後における地球表層環境の変動を解明した。

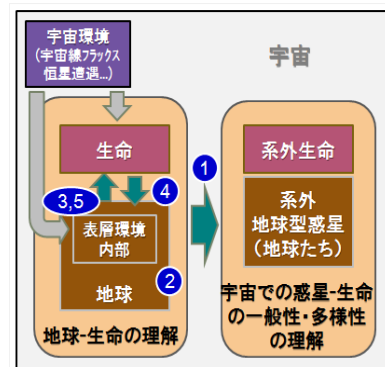
これらの研究は若手を中心に着実に進み、Nature, Science などの総合誌や一流専門誌に発表した。

○推進体制

東工大・東大4キャンパスの運営委員が月一回実際に集まり、現状を検討して方針を立て、特任准教授が中心となって教育プログラムの実際の運営を行った。アドバイザーの特任教授は教育研究機構長を兼任するとともに、内部レビューを行った。

○パブリック・アウトリーチの推進

本拠点では新しい地球-生命の理解にもとづく世界観の創成を目指しており、他分野や一般コミュニティへの発信も重要である。教育コースの日本科学未来館コミュニケーター研修に多くの学生が参加し、大学祭のサイエンスカフェなどの学生企画イベントも計画・実施し、インターネット配信も実施した。



6-1. 国際的に卓越した拠点形成としての成果

国際的に卓越した教育研究拠点の形成という観点に照らしてアピールできる成果について具体的かつ明確、簡潔に記入してください。

「地球から地球たちへ」

地球は太陽をめぐる惑星の一つだと示した地動説、太陽と同じような数千億個の恒星で構成された天の川銀河の発見、宇宙大規模構造に代表される無数の銀河群の発見など、天文学の歴史は人類の住む場所を特別なものから多数の中の一員へと相対化する歴史であり、そのつど人類の世界観は刷新されてきた。急速に進展する太陽系外の惑星の観測は、惑星系の姿は多様でありながら、地球型惑星が遍在していることを示している。一方で、恒星や銀河に比べ、惑星や生命は遙かに複雑なシステムであり、天文学的手法のみでは解き明かすことはできない。自然科学における次の大きな課題の一つは、宇宙における生命進化の一般性・多様性の探求であり、それらが実現する惑星の探求である。すなわち、地球惑星科学と生命科学、天文学の横断的分野結合により、

地球(the Earth)の徹底的理解を宇宙に存在する多数の地球たち(Earths)に拡張することである。それはさらなる世界観の変革につながるはずである。本拠点では、地球惑星科学を中心に据え、天文学、生命科学を結ぶ統合的な学問の創成を目指し、多極からなる連携を進めつつ、学際・複合科学を切りひらく次世代研究者や、広い視野のもと今日的な地球規模の問題解決など社会の広い分野で活躍する若手人材の育成を図った。



アカデミックマイスター教育

国際化とは英語を話すことではなく、国際的競争力を持つことであり、そのためには世界トップ水準の研究成果を継続的に生産することであると考える。また、GCOEにおいては、特に博士学生や若手研究者がその研究推進の中心にいななければならない。本拠点で選択した若手育成ポリシーは、教授・准教授から助教、研究員、学生までの様々な階層からなるメンバー間の信頼関係に基づく密接な指導という日本独特の教育法を、現代版に発展させることであった。欧米研究社会ではとれない日本オリジナルの仕組みであるからこそ、国際的競争力を持ち得る。

本拠点では、旧来の講座制教育における垂直方向の関係だけでなく、特別教育コースの提供や東工大・東大の連携という水平方向の連結強化によって、旧来の講座制教育にあった閉鎖性を払拭したチーム体制で学生を支援し、先端研究に巻き込んで成長を促すという現代的アレンジを推し進めた（“アカデミックマイスター教育”）。その結果、博士学生や若い研究員が Nature や Science といった総合誌をはじめとして、それぞれの分野の一流国際誌に多数の論文を発表し、地球惑星科学分野においては、若手が活躍する場として世界的に見えるものになった。この研究面の高いアクティビティは、世界トップレベル研究拠点(WPI)「地球生命研究所(ELSI)」に引き継がれている。

学際研究

学際研究の推進は容易ではない。本拠点では、先行プロジェクトの21COE「地球」の経験を踏まえ、以下の学際研究推進の戦略をとった。

1. GCOEという枠組みを利用して、野心的な学際研究を推進する。
2. 上記1.の学際研究に博士学生や若手研究者を巻き込み、中心に据えることで育成しながら、若手の力を借りてまとめあげる。
3. 野心的研究にチャレンジしつつも、学生・若手研究者のキャリアパスを考え、別途、堅実なテーマも用意して、二段構えにする。

本拠点は研究と若手教育が一体になり、宇宙から地球、生命という広い分野をカバーし、日本のお家芸である地球史解読、超高压実験、惑星形成論を組み込んだ世界的にユニークな研究を実現した。原始地球モデル、超アルカリ温泉水での新種微生物発見、還元的大気を導く初期地球モデル、藻類の陸上植物化のゲノム解析、スーパーアースの内部構造と進化モデルなど、多くの学際研究が結実した。

「グローバルCOEプログラム」（平成21年度採択拠点）事後評価結果

機 関 名	東京工業大学	拠点番号	K03
申請分野	学際、複合、新領域		
拠点プログラム名称	地球から地球たちへ		
中核となる専攻等名	大学院理工学研究科地球惑星科学専攻		
事業推進担当者	(拠点リーダー名) 井田 茂		外 32 名

◇グローバルCOEプログラム委員会における評価（公表用）

（総括評価）

設定された目的は十分達成された。

（コメント）

大学の将来構想と組織的な支援については、大学としての新たな将来構想を策定し、学長を中心とした全学を横断するマネジメント体制の下で組織的な支援を行った。特に、構想の一つである「世界トップレベルにある研究領域の集中推進」に基づき、本プログラムに対し、首尾一貫した拠点形成マネジメントを行っており、学内資源配分などにおいて優先的支援を行ったことは評価できる。

拠点形成全体については、地球惑星科学、天文学、環境科学、そして生命科学に及ぶ広い分野を連携させ、国際的に高く評価される研究成果をあげている。ワークショップなどを開催し、「アカデミックマイスター教育」も用いて若手研究者を育成したことにより、拠点形成は実現できた。世界トップレベル研究拠点プログラム（WPI）「地球生命研究所」が採択されたことは、今後の拠点継続につながるが、学際研究のための教育体制の構築には更なる努力が求められる。

人材育成面については、若手研究者による学際分野の論文発表に示されるように、彼らを本プログラムの活動の中心に位置づけることにより育成に成功している。今後は地球惑星科学と生命科学の連携を更に推し進めることも必要であろう。

研究活動面については、事業推進担当の教員による研究成果に留まらず、彼らの指導する大学院学生（5年平均で各年65名程度）の研究論文として、年平均で約35編もの論文が出されたことは高く評価できる。なお、生命科学系の研究には、挑戦的ではあるがまだ成果発表に至っていないものもあり、今後の論文発表に期待したい。また、当初の計画にあった項目について確認したところ、高精度同位体計測による大気組成などの解明については顕著な成果をあげたものの、地球システムの総合的理解に関わる大気海洋と地球内部のリンク、および地球と宇宙環境変動のリンクに関してはまだ取り組み始めたばかりであると判断されることから、今後の成果に期待したい。

中間評価結果による留意事項への対応については、東京大学との連携、キャリアパス開拓への助成に配慮し、基本的な対応を行ったと考えられる。更に具体的な方策を立てるとともに、「アカデミックマイスター教育」の継続が鍵となるであろう。

今後の展望については、WPI「地球生命研究所」による学際的な研究の継続と発展が可能であろう。教育体制の面では、東京大学との単位互換制度に留まっており、大学間で相互に学生の研究指導を行う具体的な計画が求められる。

総括評価については、地球惑星科学と生命科学を結ぶフロンティア研究の推進に成功するとともに、複数指導制を導入するなどの方策を通じ、東京工業大学と東京大学を結ぶことによって若手研究者の育成を行っており、研究推進と研究指導については、高く評価できる。将来の展望としては、学際分野に関わる教育体制の構築について、更なる努力が必要である。