

東京大学大学院理学系研究
科地球惑星科学専攻

年次報告

2020（令和2）年度

目次

1 地球惑星科学専攻の沿革と現状	
1.1 地球惑星科学専攻の歴史	1
1.2 地球惑星科学専攻の所在地	1
1.3 学部卒業生数	2
1.4 大学院修了者数（学位取得者数）	2
2 教員、職員および研究員	
2.1 基幹教員	3
2.2 宇宙惑星科学機構教員	3
2.3 職員	4
2.4 特任助教、研究員	4
2.5 名誉教授	5
2.6 学部・大学院教育に参加する関連研究機関の教員	5
2.7 人事異動	8
3 学部学生・大学院生および研究生	
3.1 地球惑星物理学科	9
3.2 地球惑星環境学科	9
3.3 地球惑星科学専攻	10
3.4 学位論文題目	12
3.5 進路・就職先	16
4 講義	
4.1 地球惑星物理学科	17
4.2 地球惑星環境学科	18
4.3 大学院	20
4.4 教養学部前期課程	23
5 研究活動	
5.1 大気海洋科学講座	24
5.2 宇宙惑星科学講座	28
5.3 球惑星システム科学講座	34
5.4 固体地球科学講座	38
5.5 地球生命圏科学講座	42
6 論文および出版物	
6.1 大気海洋科学講座	50
6.2 宇宙惑星科学講座	52
6.3 地球惑星システム科学講座	57
6.4 固体地球科学講座	59
6.5 地球生命圏科学講座	62

7 主要な学会発表	
7.1 大気海洋科学講座	67
7.2 宇宙惑星科学講座	67
7.3 地球惑星システム科学講座	68
7.4 固体地球科学講座	69
7.5 地球生命圏科学講座	70
8 社会貢献・普及活動	
8.1 他大学での集中講義・セミナー	71
8.2 一般向け講演会	71
8.3 メディア等	72
9 その他の活動	
9.1 学内委員（専攻役務をのぞく）	75
9.2 学会・学術誌	76
9.3 行政・その他	78
9.4 専攻役務分担	80
9.5 受賞	80
9.6 外部資金受入状況	81

※ 本報告書は、宇宙惑星科学機構専任教員の年次報告を兼ねる。

1 地球惑星科学専攻の沿革と現状

1.1 地球惑星科学専攻の歴史

本専攻は、長年にわたり我が国の地球科学の発展を研究教育両面で主導してきた地球惑星物理学、地質学、鉱物学及び地理学の4専攻の統合・再編により、平成12（2000）年4月地球惑星科学の総合的研究教育組織として理学系研究科に創設された。地球惑星科学専攻は、学部教育課程として理学部に地球惑星物理学科と地球惑星環境学科（旧地学科）の2学科を有する。

地球惑星科学専攻の母体となった地球惑星物理学、地質学、鉱物学及び地理学の4専攻は、平成4（1992）年及び5（1993）年の大学院重点化（研究教育の重点を学部（学科）から大学院（専攻）へ転換する組織改革）に伴い、それまで大学院の教育課程にすぎなかった各専攻が、地球惑星物理学科あるいは旧地学科に代わって研究教育組織の主体に改組されたものである。以下では、地球惑星物理学科及び地球惑星環境学科の沿革を概説する。

地球惑星環境学科の元となる地質学科は、明治10（1877）年東京大学創立時に理学部を構成する8学科の一つとして設置された。その後、明治40（1907）年に地質学科から分離する形で鉱物学科が設置された。また、大正8（1919）年には理学部に地理学科が新設された。戦後、昭和24（1949）年に国立学校設置法が公布され、新制東京大学の理学部を構成する5学科の一つとして、地質学、鉱物学及び地理学の3課程からなる地学科が設置された。その後、平成18（2006）年4月には、時代の要請を考慮した結果、地球惑星環境学科に改組された。

地球惑星物理学科の元となる地震学科は、明治26（1893）年に物理学科に設置された地震学講座が関東大震災直後の大正12（1923）年12月に学科として独立したものである。その後、地震学科は物理学科に設置されていた気象学講座を加えて昭和16（1941）年に地球物理学科に改組され、昭和17（1942）年に海洋学講座及び測地学講座が新設された。昭和24（1949）年国立学校設置法公布後の理学部においては、物理学、天文学及び地球物理学の3課程から成る物理学科が設置された。その後、昭和33（1958）年に地球物理観測所が、同39（1964）年には地球物理研究施設が設置された。昭和42（1967）年、物理学科の拡充改組に伴い、同学科を構成する三つの課程は物理学科、天文学及び地球物理学科となった。昭和53（1978）年に地殻化学実験施設が設置された。平成3（1991）年には地球物理学科と地球物理研究施設が改組されて地球惑星物理学科が誕生するとともに、気候システム研究センターが設立された。

1.2 地球惑星科学専攻の所在地

地球惑星科学専攻は、本郷キャンパス内にある理学系研究科・理学部1号館、理学部4号館と浅野地区の理学部3号館に以下の部屋を所有している。

理学系研究科・理学部1号館（地下1－2階、1階、3階、5－8階、12階）

事務室、技術職員室、講義室（5室）、セミナー室（7室）、教員室（49室）、大学院生室（22室）、学部学生室（4室）、実験室（52室）、会議室（5室）、計算機室（6室）、試料室（2室）、資料室、観測準備室、観測機械室、談話室（2室）、顕微鏡室（3室）、飼育室（1室）、サーバー室（2室）、秘書室（2室）

理学部3号館（地下1階、2階、3階）

実験室（10室）、学部計算機室、試作室

理学部4号館（地下1階、5階）

教員室（2室）、学部実習室、学部計算機室、計算機室、実験室（4室）、図書保管庫（2室）、顕微鏡室（1室）、サーバー室（1室）

1.3 学部卒業生数

	地球惑星物理学科	地球惑星環境学科
平成 22 年度	29	16
平成 23 年度	38	18
平成 24 年度	27	18
平成 25 年度	22	21
平成 26 年度	31	19
平成 27 年度	33	14
平成 28 年度	32	24
平成 29 年度	35	20
平成 30 年度	31	19
平成 31 年度 / 令和元年度	32	18
令和2年度	31	18

1.4 大学院修了者数（学位取得者数）

	修士課程	博士課程	
		博士課程	論文博士
平成 22 年度	63	16	3
平成 23 年度	77	17	4
平成 24 年度	83	19	2
平成 25 年度	70	17	0
平成 26 年度	68	25	0
平成 27 年度	58	20	0
平成 28 年度	71	23	2
平成 29 年度	65	23	0
平成 30 年度	68	25	1
平成 31 年度 / 令和元年度	81	25	1
令和2年度	83	17	0

2 教員、職員および研究員

(ただし 令和2年4月1日時点)

2.1 基幹教員

教授	井出 哲	(いで さとし)
教授	WALLIS Simon	(ウォリス サイモン)
教授	遠藤 一佳	(えんどう かずよし)
教授	小澤 一仁	(おざわ かずひと)
教授	狩野 彰宏	(かの あきひろ)
教授	茅根 創	(かやね はじめ)
教授	小暮 敏博	(こぐれ としひろ)
教授	後藤 和久	(ごとう かずひさ)
教授	佐藤 薫	(さとう かおる)
教授	杉田 精司	(すぎた せいじ)
教授	関 華奈子	(せき かなこ)
教授	高橋 嘉夫	(たかはし よしお)
教授	田近 英一	(たちか えいいち)
教授	日比谷 紀之	(ひびや としゆき)
教授	廣瀬 敬	(ひろせ けい)
教授	星野 真弘	(ほしの まさひろ)
教授	升本 順夫	(ますもと ゆきお)
准教授	天野 孝伸	(あまの たかのぶ)
准教授	安藤 亮輔	(あんどう りょうすけ)
准教授	飯塚 毅	(いづか つよし)
准教授	池田 昌之	(いけだ まさゆき)
准教授	生駒 大洋	(いこま まさひろ)
准教授	板井 啓明	(いたい たかあき)
准教授	笠原 慧	(かさハラ さとし)
准教授	河合 研志	(かわい けんじ)
准教授	小池 真	(こいけ まこと)
准教授	鈴木 庸平	(すずき ようへい)
准教授	瀧川 晶	(たきがわ あき)
准教授	田中 愛幸	(たなか よしゆき)
准教授	東塚 知己	(とうづか ともき)
准教授	比屋根 肇	(ひやごん はじめ)
准教授	平沢 達矢	(ひらさわ たつや)
准教授	三浦 裕亮	(みうら ひろあき)
准教授	諸田 智克	(もろだ ともかつ)
准教授	横山 央明	(よこやま たかあき)
助教	大平 豊	(おおひら ゆたか)
助教	荻原 成騎	(おぎはら しげのり)
助教	河原 創	(かわはら はじめ)
助教	桂華 邦裕	(けいか くにひろ)
助教	高麗 正史	(こうま まさし)
助教	櫻庭 中	(さくらば あたる)

助教	佐藤 雅彦	(さとう まさひこ)
助教	砂村 倫成	(すなむら みちなり)
助教	高橋 聡	(たかはし さとし)
助教	長 勇一郎	(ちょう ゆういちろう)
助教	永治 方敬	(ながや たかよし)
助教	茂木 信宏	(もてき のぶひろ)

2.2 宇宙惑星科学機構教員

教授	橘 省吾	(たちばな しょうご)
----	------	-------------

2.3 職員

係長	大杉 俊男
係長	西村 純子
主任	河村 静佳
技術専門員	吉田 英人
一般技術職員	栗栖 晋二
技術専門職員	酒井 隆
技術専門職員	市村 康治
技術専門職員	小林 明浩

2.4 特任助教、研究員

特任助教

桑山 靖弘	齋藤 諒介
福井 暁彦	

日本学術振興会特別研究員

加藤 大和	藤 亜希子
山本 和弘	

特任研究員

井上 紗綾子	奥村 大河
ONG CHIA RUI	柿崎 喜宏
川内 紀代恵	北村 成寿
幸塚 麻里子	佐藤 侑人
菅 大暉	鈴木 裕輝
孫 静	高橋 杏
高橋 直子	田川 翔
田中 雅人	QIN Haibo
TSETSGEE SOLONGO	永井 平
中山 陽史	吉田 淳

吉屋 一美
LAW KING FAI FARLEY

LEGRAND Julien
Romanet, Pierre

2.5 名誉教授

佐藤 久	地形学	(昭和55年退官)
小嶋 稔	地球年代学	(平成3年退官)
床次 正安	鉱物学	(平成6年退官)
熊澤 峰夫	地球惑星内部物理学	(平成6年退官)
久城 育夫	岩石学	(平成7年退官)
武田 弘	鉱物学	(平成7年退官)
松野 太郎	気象学	(平成7年退官)
國分 征	超高層大気物理学	(平成8年退官)
島崎 英彦	鉱床学	(平成12年退官)
小川 利紘	大気化学	(平成13年退官)
濱野 洋三	地球惑星ダイナミクス	(平成19年退職)
松浦 充宏	地震物理学	(平成21年退職)
松本 良	堆積学	(平成24年退職)
棚部 一成	古生物学	(平成24年退職)
山形 俊男	気候力学	(平成24年退職)
浦辺 徹郎	化学地質学	(平成25年退職)
宮本 正道	固体惑星物質科学	(平成25年退職)
近藤 豊	グローバルな大気物理化学・大気環境科学	(平成27年退職)
杉浦 直治	惑星科学・隕石学	(平成27年退職)
木村 学	プレートテクトニクス・構造地質学	(平成28年退職)
村上 隆	環境鉱物学	(平成28年退職)
GELLER Robert James	地震学	(平成29年退職)
永原 裕子	惑星科学	(平成29年退職)
多田 隆治	地球システム変動学	(令和元年退職)

(注) 理学系研究科・理学部として推薦した本専攻に関する名誉教授のリスト。旧地球惑星物理学専攻(地球物理学専攻)、旧地質学専攻、旧鉱物学専攻、旧地理学専攻関係を含む。ただし、ご逝去された方々を除く。

2.6 学部・大学院教育に参加する関連研究機関の教員

大気海洋研究所

教授	阿部 彩子	(あべ あやこ)
教授	沖野 郷子	(おきの きょうこ)
教授	川幡 穂高	(かわはた ほだか)
教授	木本 昌秀	(きもと まさひで)
教授	佐藤 正樹	(さとう まさき)
教授	佐野 有司	(さの ゆうじ)
教授	高薮 緑	(たかやぶ ゆかり)

教授	羽角 博康	(はすみ ひろやす)
教授	安田 一郎	(やすだ いちろう)
教授	横山 祐典	(よこやま ゆうすけ)
教授	渡部 雅浩	(わたなべ まさひろ)
准教授	伊賀 啓太	(いが けいた)
准教授	岡 顕	(おか あきら)
准教授	岡 英太郎	(おか えいたろう)
准教授	黒田 潤一郎	(くろだ じゅんいちろう)
准教授	白井 厚太郎	(しらい こうたろう)
准教授	鈴木 健太郎	(すずき けんたろう)
准教授	朴 進午	(ぱく じんお)
准教授	宮川 知己	(みやかわ ともき)
准教授	山口 飛鳥	(やまぐち あすか)
准教授	吉森 正和	(よしもり まさかず)

地震研究所

教授	新谷 昌人	(あらや あきと)
教授	岩森 光	(いわもり ひかる)
教授	上嶋 誠	(うえしま まこと)
教授	大湊 隆雄	(おおみなと たかお)
教授	小原 一成	(おばら かずしげ)
教授	加藤 愛太郎	(かとう あいたろう)
教授	加藤 尚之	(かとう なおゆき)
教授	川勝 均	(かわかつ ひとし)
教授	木下 正高	(きのした まさたか)
教授	瀨瀬 一起	(こうけつ かずき)
教授	小屋口 剛博	(こやぐち たけひろ)
教授	佐竹 健治	(さたけ けんじ)
教授	佐藤 比呂志	(さとう ひろし)
教授	塩原 肇	(しおばら はじめ)
教授	篠原 雅尚	(しのはら まさなお)
教授	清水 久芳	(しみず ひさよし)
教授	武井 康子	(たけい やすこ)
教授	田中 宏幸	(たなか ひろゆき)
教授	古村 孝志	(ふるむら たかし)
教授	森田 裕一	(もりた ゆういち)
教授	山野 誠	(やまの まこと)
教授	吉田 真吾	(よしだ しんご)
教授(兼)	中井 俊一	(なかい しゅんいち)
准教授	青木 陽介	(あおき ようすけ)
准教授	石山 達也	(いしやま たつや)
准教授	市原 美恵	(いちはら みえ)
准教授	今西 祐一	(いまにし ゆういち)
准教授	加納 靖之	(かのう やすゆき)
准教授	亀 伸樹	(かめ のぶき)
准教授	鈴木 雄治郎	(すずき ゆうじろう)

准教授	竹内 希	(たけうち のぞむ)
准教授	中谷 正生	(なかたに まさお)
准教授	西田 究	(にしだ きわむ)
准教授	馬場 聖至	(ばば きよし)
准教授	平賀 岳彦	(ひらが たけひこ)
准教授	前野 深	(まえの ふかし)
准教授	望月 公廣	(もちづき きみひろ)
准教授	安田 敦	(やすだ あつし)
准教授	綿田 辰吾	(わただ しんご)

先端科学技術センター

教授	中村 尚	(なかむら ひさし)
准教授	小坂 優	(こさか ゆう)

地殻化学実験施設

教授(兼)	鍵 裕之	(かぎ ひろゆき)
教授(兼)	平田 岳史	(ひらた たかふみ)
准教授(兼)	森 俊哉	(もり としや)

物理学専攻

教授(兼)	常行 真司	(つねゆき しんじ)
-------	-------	------------

新領域創成科学研究科

教授(兼)	今村 剛	(いまむら たけし)
教授(兼)	須貝 俊彦	(すがい としひこ)
教授(兼)	山室 真澄	(やまむろ ますみ)
教授(兼)	吉川 一朗	(よしかわ いちろう)
准教授(兼)	芦 寿一郎	(あし じゅいちろう)
講師(兼)	吉岡 和夫	(よしおか かずお)

総合文化研究科広域科学専攻

教授(兼)	磯崎 行雄	(いそざき ゆきお)
教授(兼)	小宮 剛	(こみや つよし)
准教授(兼)	小河 正基	(おがわ まさき)

工学系研究科

教授(兼)	宮本 英昭	(みやもと ひであき)
-------	-------	-------------

空間情報科学研究センター

教授(兼)	小口 高	(おぐち たかし)
-------	------	-----------

総合研究博物館

教授 三河内 岳 (みこうち たかし)
 准教授 佐々木 猛智 (ささき たけのり)

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所

教授(委) 白井 寛裕 (うすい ともひろ)
 教授(委) 齋藤 義文 (さいとう よしふみ)
 教授(委) 藤本 正樹 (ふじもと まさき)
 准教授(委) 篠原 育 (しのはら いく)
 准教授(委) 清水 敏文 (しみず としふみ)

高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所

教授(委) 船守 展正 (ふなもり のぶまさ)

産業技術総合研究所

教授(委) 宍倉 正展 (ししくら まさのぶ)

海洋研究開発機構

教授(委) 勝又 勝郎 (かつまた かつろう)
 准教授(委) 渋谷 岳造 (しぶや たかぞう)

国立天文台

教授(委) 竝木 則行 (なみき のりゆき)

国立科学博物館

准教授(委) 對比地 孝亘 (ついひじ たかのぶ)

2.7 人事異動

令和2年4月1日	平沢 達矢	准教授	採用
令和2年4月1日	大杉 俊男	係長	配置換 理学系総務課総務系施設チームから
令和2年11月1日	奥村 大河	助教	採用
令和3年2月16日	伊地知 敬	助教	採用
令和3年3月31日	生駒 大洋	准教授	退職 国立天文台教授へ
令和3年3月31日	小澤 一仁	教授	定年退職
令和3年3月31日	比屋根 肇	准教授	定年退職
令和3年3月31日	吉田 英人	技術専門員	定年退職
令和3年3月31日	酒井 隆	技術専門職員	定年退職

3 学部学生・大学院生および研究生

3.1 地球惑星物理学科

3年

愛敬	雄太	阿隅	杏珠	石橋	凌一	稲田	真子
井上	和輝	江成	徹平	尾崎	智紀	梶山	侑里名
久下	貴嗣	栗田	直季	合田	和司	越田	勇氣
齋藤	成利	阪本	昂平	佐久間	大我	高田	大成
高野	将大	田村	優樹人	田屋	大輝	富岡	蒼生
富永	憲亮	橋本	恵一	日向	輝	船橋	郁地
古市	圭佑	牧	梨乃	正本	義宗	松嶋	亮弥
宮嶋	拓光	宮本	烈	森川	莞地	山崎	朝

4年

森	雄平	芝田	力	青石	賢太	幾田	凧
石崎	梨理	井上	祐希	大久保	裕太	大鶴	啓介
近江	泰吉郎	奥内	健太	笠見	京平	柏村	周平
黒須	玲	小山	裕幸	嵯峨	知樹	坂井	郁哉
佐藤	祐希	佐藤	嶺	佐藤	瞭	嶋田	遼太
中村	航也	縄	隼佑	西岡	知輝	橋口	廉太郎
畑中	樹人	原口	泰雅	平松	祐一	廣木	颯太郎
古川	倫千	細谷	桂介	増田	勘次	森	晶輝
山嶋	真平						

3.2 地球惑星環境学科

3年

井村	春生	遠藤	拓斗	大音	周平	笹尾	克彦
佐藤	佑磨	清水	優希	周藤	俊雄	高橋	大
田中	啓資	長尾	亮佑	中島	宇一	中田	光紀
春田	悠祐	細井	星也	前原	誠也	村井	亮太
村尾	光太郎	森口	堯明	八坂	泰河	山川	隆良

4年

河村	拓哉	谷	遼太郎	池内	敦	萩原	洋平
村田	和樹	一丸	友美	伊藤	泰輔	今町	海斗
梅山	遼太	勝木	悠介	小山	雪乃丞	志村	蓮
杉野	公則	杉野	史弥	鈴木	泰典	根本	夏林
箱守	貴	平井	宏佑	広瀬	凜	松永	尚樹
山川	登	米原	大雅				

3.3 地球惑星科学専攻

修士課程 1 年

青木 美波	赤堀 愛香	新井 香春	飯田 達也
石川 光太	石水 浩喜	伊名波 翔	井上 虹子
岩中 達郎	植木 優	丑久保 裕太	宇野 友里花
海老澤 駿	海老原 樹	大須賀 啓士	大竹 和機
大谷 健人	大藪 良祐	沖山 太心	小倉 暁乃丞
加藤 凜太郎	河合 敬宏	菊地 柁斗	北原 翼
國吉 優太	国吉 秀鷹	櫛原 光良	栗田 誠矢
後藤 大貴	小長谷 莉未	小林 旺太郎	児山 真夕
坂井 彩織	坂入 祐地	寺境 太樹	柴田 勇吾
周 新宇	正畑 沙耶香	鈴木 充	曾根田 哲也
柚木 優介	高井 雄大	高野 洋輝	竹田 早英桂
田中 風羽	塚本 将史	堤 裕太郎	常岡 廉
DIBA Dieno	TAYLOR Kianu	寺田 雄亮	轟木 亮太郎
刀祢 晴菜	永井 はるか	夏井 文凜	難波 恒太
新沼 拓	西村 大樹	沼 倫加	長谷川 将弘
馬場 道人	東 秀星	樋口 雄紀	平田 佳織
平野 雄介	前田 拓也	増田 咲紀	増田 未希
松原 大樹	宮本 堯	村田 彬	村松 和紀
茂木 厚志	森 悠一郎	諸星 暁之	山崎 耕平
山本 一平	山本 直輝	于 凡	YANG JINGXUAN
横田 貴史	吉田 晶	レゲット 佳	渡邊 信吾

修士課程 2 年

青木 晋	青山 和弘	赤玉 裕匡	阿部 大樹
新井 瑞月	猪狩 一晟	池田 航	池端 耕輔
石原 湧樹	芋生 真子	上 翼	上田 剛士
梅宮 悠輔	江川 喜啓	大嶋 ちひろ	太田 成昭
奥井 晴香	甲斐 達也	梶谷 伊織	加藤 翔太
金田 龍一	菊地 健斗	楠 秀大	久住 空広
古知 武	後藤 優太	坂倉 孝太郎	坂本 龍之輔
櫻井 亮輔	佐々木 雄亮	志田 純哉	市東 力
島田 稜也	清水 祐輔	周 錦煜	末岡 優里
鈴木 瑛子	副島 祥吾	孫 岳	SUN YUCHEN
高宮 日南子	多田 誠之郎	谷 竜太	田村 一紗
寺田 真未子	寺西 毅洋	中川 賢人	中里 雅樹
中里 舞	長澤 真	中路 渚	中田 勝之
中野 智仁	中山 盛雄	並木 亮	西貝 拓朗
西村 晟八	西山 学	荷見 拓生	長谷川 菜々子
浜口 佑也	濱本 真沙希	原田 果穂	彦坂 晃太郎
久河 竜也	廣田 和也	福田 凱大	福場 俊和
別所 明彦	Perakhzhau Fiodar	増田 滉己	松木田 悠希
三木 あかり	水上 綾乃	水越 将敏	水野 樹
三ツ出 唯利	宮田 桃子	宮脇 稔勝	森 悠貴
門間 貴大	柳瀬 菜穂	山口 智弘	山口 周将

山名 祐輝	山本 晃立	湯本 航生	横尾 舜平
横谷 直人	横山 将汰	吉岡 純平	吉田 一悠

博士課程 1 年

安藤 大悟	石川 弘樹	岩橋 くるみ	太田 耕輔
岡 健太	奥田 花也	小澤 佳祐	上島 翔真
川島 彰悟	川島 桜也	木村 真博	児玉 真一
小林 真輝人	ザイ ソウ	坂田 遼弥	佐藤 英明
菅谷 峻	菅生 真	鈴木 雄大	高木 直史
高橋 玄	張 愛琦	中野 晋作	名取 幸花
樋口 太郎	福田 孔達	三武 司	山岡 健
山川 智嗣	山口 (福田) 瑛子	山崎 一哉	脇水 徳之
金 慧貞	KIM Nahyeon		

博士課程 2 年

池永 有弥	石城 陽太	伊藤 健吾	今村 翔子
岩切 友希	上田 裕尋	上田 拓	植村 堪介
榎本 葉月	小澤 創	加藤 拓馬	上林 海ちる
川野 由貴	佐久間 杏樹	神野 拓哉	鈴木 七海
高田 雅康	高野 雄紀	田辺 直也	戸田 賢希
滑川 拓	野田 夏実	馬場 慧	林 秀幸
堀田 陽香	洪 竟書	松田 拓朗	松本 廣直
丸山 純平	村田 孝学	山谷 里奈	蓬田 匠
渡辺 泰士	WALIA Nehpreet Kaur	WANG Yuchen	CHANG Ta-Wei
SEOW Marvin Xiang Ce			

博士課程 3 年

雨川 翔太	蘭 幸太郎	池口 (伊藤) 直毅	石山 尊浩
EOM JIWON	大野 鷹士	岡本 篤郎	小澤 麻由子
梶田 展人	木野 佳音	木村 将也	木村 皐史
黒田 伶奈	小新 大	小森 純希	柴田 翔
関澤 惲温	多田 賢弘	田畑 陽久	丹 秀也
長原 翔伍	中村 雄飛	長谷川 隆祥	東尾 奈々
福山 鴻	福與 直人	前田 歩	松岸 修平
南原 優一	安井 良輔	山河 和也	山口 優太
吉田 聡	依田 優大	米島 慎二	WANG Yikang
CHENG Chiu Tung			

研究生

谷部 功将

特別研究学生

小林 航大	HU LIANG	南館 健太
-------	----------	-------

3.4 学位論文題目

(a) 修士論文

	取得日	氏名	修士論文題目
1	R2.9.18	Perakhozhau Fiodar	Three-dimensional (3D) numerical simulations of volcanic jets in craters during explosive eruptions
2	R2.9.18	SUN YUCHEN	Development of a new method for stable carbon isotope measurement of individual amino acids and its potential application on marine food-web study
3	R3.3.19	阿部 大樹	熱進化を経験したCRコンドライト的隕石の鉱物学的研究: CRコンドライト母天体の熱進化の理解に向けて
4	R3.3.19	上 翼	Waveform inversion for 3 - D S - velocity structure in the D" region beneath Eurasia
5	R3.3.19	荷見 拓生	三次元球殻モデルによる月内部マンツルの対流安定性についての数値実験
6	R3.3.19	青山 和弘	顕生代を通じた陸上及び海洋起源の有機物埋没の変動と大気酸素濃度に対する影響
7	R3.3.19	新井 瑞月	超新星残骸逆行衝撃波での爆発直後1年間における宇宙線加速
8	R3.3.19	池田 航	富士山における雪崩監視手法の開発と実験
9	R3.3.19	池端 耕輔	台風の種および台風への生存率に関する気候特性の解析
10	R3.3.19	石原 湧樹	Geology and Geochemistry of Siliceous Rocks in the Eoarchean Nuvvuagittuq Supracrustal Belt: Estimation of Their Origin and Evidence for Life in Various Habitats
11	R3.3.19	梅宮 悠輔	東海地域の長期的スロースリップ発生域における地殻変動と重力変化に関するモデリング
12	R3.3.19	江川 喜啓	月面生成二次イオンと月表面組成との関係
13	R3.3.19	大嶋 ちひろ	海洋リソスフェア深部への熱供給プロセスの制約: クック諸島産かんらん岩捕獲岩の温度-圧力推定からのアプローチ
14	R3.3.19	太田 成昭	Roles of the signaling factor Wnt in the shell growth mechanisms in the pond snail <i>Lymnaea stagnalis</i>
15	R3.3.19	奥井 晴香	A study of dynamical variation in the middle atmosphere associated with a stratospheric sudden warming using a gravity-wave permitting general circulation model
16	R3.3.19	甲斐 達也	アルベーン波乱流加熱を考慮したコロナループ加熱シミュレーション
17	R3.3.19	梶谷 伊織	Speciation of sulfur in carbonates in a 4.1-billion-year-old Martian meteorite: new constraints on the conditions of water on ancient Mars
18	R3.3.19	加藤 翔太	Extraction of P-wave reflections of mantle discontinuities from ambient seismic noise beneath Japan
19	R3.3.19	菊地 健斗	短周期ガス惑星の高い重元素量の起源: 落下中の氷ペブルの昇華により水蒸気に富んだ原始惑星系円盤中のガス獲得
20	R3.3.19	楠 秀大	Contribution of the oceanic teleconnection to amplitude asymmetry of the Ningaloo Niño/Niña
21	R3.3.19	久住 空広	Possible mechanisms of interannual variations in surface mixed-layer temperature off Somalia in boreal summer
22	R3.3.19	古知 武	蒸発岩の硫黄同位体比を用いた中新世メッシニアン塩分危機における地中海の硫黄サイクル復元
23	R3.3.19	後藤 優太	東アジア域の線状降水帯の統計解析
24	R3.3.19	坂倉 孝太郎	Study of formation mechanisms of the molecular ion polar plume and its contribution to the ion escape from Mars
25	R3.3.19	坂本 龍之輔	微動の潮汐応答変化に基づく断層特性の制約
26	R3.3.19	櫻井 亮輔	Crystallization of amorphous Mg-Fe silicate dust: Implications for thermal processes in the early Solar System
27	R3.3.19	佐々木 雄亮	南大洋拡散型二重拡散領域における階段状構造の検出と鉛直熱輸送の評価

	取得日	氏名	修士論文題目
28	R3.3.19	志田 純哉	全球雲解像モデルを用いたエアロゾル・雲相互作用の研究
29	R3.3.19	市東 力	Behaviors of hydrogen in β -CrOOH and Fe _{0.9} Ni _{0.1} Hx at high pressure and high temperature
30	R3.3.19	島田 稜也	MMS衛星観測データを用いた地球磁気シースにおけるミラーモードの研究
31	R3.3.19	清水 祐輔	A novel in-situ ¹⁴ C extraction system for surface exposure dating to reconstruct the past Antarctic ice sheet
32	R3.3.19	末岡 優里	Development of life detection methods for return samples from Mars
33	R3.3.19	鈴木 瑛子	西グリーンランド南部イスア表成岩帯に産する黒色頁岩の地質学的・地球化学的研究とトルマリンのPb-Pb年代分析
34	R3.3.19	副島 祥吾	Estimates of volume change of metamorphic rocks and fluid flow in convergent margins: Development of a method based on deformed vein sets and evaluation of its applicability
35	R3.3.19	孫 岳	Characteristics of normal faults developing in the outer rise of the Japan Trench
36	R3.3.19	高宮 日南子	DPANN genome and ultra-small cells unveiled inside a deep-sea vent chimney
37	R3.3.19	多田 誠之郎	Evolutionary process toward endothermy in Dinosauria elucidated based on nasal structures
38	R3.3.19	谷 竜太	「ひので」観測による太陽周期にわたる極域磁場の振る舞い
39	R3.3.19	田村 一紗	放射光エックス線マイクロビームを用いた微細藻類の個体レベル微量元素分析法開発と富栄養湖試料への応用
40	R3.3.19	寺田 真未子	スマトラ島西岸付近で観測された降水帯の日周変動に関する数値的研究
41	R3.3.19	寺西 毅洋	同位体比分析に基づくエアロゾル中のカドミウムの環境動態に関する研究
42	R3.3.19	中川 賢人	ヨーロッパモノアラガイの左巻き系統における中枢神経系の構造及びRPeD1ニューロンの位置
43	R3.3.19	中里 舞	Asymmetry in Sea Surface Temperature Anomalies in the Eastern Pole of the Indian Ocean Dipole
44	R3.3.19	中里 雅樹	Elemental Analysis of Individual Nanometer-sized Particles by Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry
45	R3.3.19	長澤 真	Geochemical study on formation process and exploration of ion-adsorption rare earth deposit
46	R3.3.19	中路 渚	DNA barcoding of shelled marine gastropods in Wakayama using multiple barcode regions
47	R3.3.19	中田 勝之	彗星探査に向けたイオン質量分析器の設計
48	R3.3.19	中野 智仁	モンゴル中央部の石炭紀-ペルム紀付加体：微化石年代と碎屑性ジルコン年代に基づく海洋プレート層序の復元と付加体形成年代の推定
49	R3.3.19	中山 盛雄	Influence of a Midlatitude Oceanic Frontal Zone on the Baroclinic Annular Mode in the Southern Hemisphere
50	R3.3.19	並木 亮	布田川断層北東端における断層構造と応力状態推定：2016年熊本地震の破壊停止機構解明にむけて
51	R3.3.19	西貝 拓朗	無衝突垂直衝撃波遷移層における支配的なイオンスケール不安定性の上流パラメータ依存性
52	R3.3.19	西村 晟八	Research on the Observation of Jovian Io plasma Torus by Extreme Ultraviolet
53	R3.3.19	西山 学	Simulation of Seismic Wave Propagation on Asteroid Ryugu Induced by The Impact Experiment of The Hayabusa2 Mission: A New Insight into Surface Mass Movement on Rubble-pile Asteroid
54	R3.3.19	長谷川 菜々子	Iron stable isotope variation of marine organisms in the Northwest Pacific Ocean
55	R3.3.19	浜口 佑也	An Initiation Process of TD-type Disturbances under the Influence of Upper-level Troughs

	取得日	氏名	修士論文題目
56	R3.3.19	濱本 真沙希	Three phase-locked variations observed in the North Pacific interdecadal variability
57	R3.3.19	原田 果穂	南極氷床変動における大気と海洋の役割についての氷床モデル研究
58	R3.3.19	彦坂 晃太郎	Phase Relations in the Fe-Si-H Ternary System at High Pressures
59	R3.3.19	久河 竜也	境界積分方程式法による3次元動弾性シミュレーションの2018年北海道胆振東部地震への適用と高速化手法
60	R3.3.19	廣田 和也	氷期の急激な熱帯降水変動における風応力を介した大気海洋相互作用の役割
61	R3.3.19	福田 凱大	Mechanisms of coupling between ENSO and seasonal cycle in relevance to the tropical Pacific precipitation variability
62	R3.3.19	福場 俊和	広島県で発生した斜面崩壊の地形的特徴と降水量の解析
63	R3.3.19	別所 明彦	気候モデルを用いた複数の放射強制因子によるエネルギー収支変化の研究
64	R3.3.19	増田 滉己	Broadband slow earthquake signals in the deeper part of the Nankai subduction zone
65	R3.3.19	松木田 悠希	斜長石斑晶の化学組成から読み解く阿蘇カルデラ形成第三サイクルにおけるマグマだまりの進化
66	R3.3.19	三木 あかり	全球凍結イベント直後における鉄とリンの生物地球化学的擾乱と大気酸素濃度上昇に関する理論的研究
67	R3.3.19	水上 綾乃	Comparative morphology of eye muscle in vertebrates with discussion on their evolutionary changes associated with the invasion to the land
68	R3.3.19	水越 将敏	南極沿岸域における極端な対流圏界面の折れ込み現象の力学的解析
69	R3.3.19	水野 樹	噴出物の組織と粒子物性から推定されるプリニー式噴火の推移変化の要因 — 浅間火山天明噴火の例 —
70	R3.3.19	三ツ出 唯利	白金族元素に基づくカムチャッカ北部溶岩の生成プロセス
71	R3.3.19	宮脇 稔勝	海洋pH-アルカリ度計測法の開発とそれを用いたサンゴと海藻の有機・無機生産の見積もり
72	R3.3.19	森 悠貴	Study of proton escape from Mars based on observations by the MAVEN satellite
73	R3.3.19	門間 貴大	ひまわり8号赤外線観測データを用いた熱帯降水の海陸遷移領域の対流日変化と環境場についての研究
74	R3.3.19	柳瀬 菜穂	月極域探査LUPEXの質量分析に資するイオン源の開発
75	R3.3.19	山口 智弘	Quantitative analysis of shell morphology in Anadara (Mollusca: Bivalvia)
76	R3.3.19	山名 祐輝	本震直前の地震活動
77	R3.3.19	山本 晃立	偏西風付近で持続する渦における高・低気圧非対称性に関する解析的研究
78	R3.3.19	湯本 航生	Effects of weathering on C-type asteroids and implications on parent body materials inferred from spectral properties of Ryugu and Bennu
79	R3.3.19	横尾 舜平	Liquid immiscibility in the Fe-S-H system at high pressure
80	R3.3.19	横谷 直人	二次モーメントによる小中規模地震の震源過程の推定
81	R3.3.19	横山 将汰	Particle acceleration by sound waves generated from a shock wave propagating to a non-uniform medium
82	R3.3.19	吉岡 純平	Chronostratigraphy, Cyclostratigraphy, and Paleoenvironmental evolution of the Miocene Siliceous Sediments in the Japan Sea based on Mineralogical and Elemental Analyses
83	R3.3.19	周 錦煜	The link between volcanism and tectonics at back-arc rifting stage: analysis of three volcanic areas in the southern Okinawa Trough

(b) 博士論文

	取得日	種別	氏名	博士論文題目
1	R2.4.20	課程	安井 良輔	Roles of Rossby wave and gravity wave generation in the middle atmosphere in the interhemispheric coupling
2	R2.9.14	課程	石川 彰人	Proteomic analysis of shell matrix proteins in the pond snail <i>Lymnaea stagnalis</i>
3	R2.10.19	課程	谷部 功将	Grain boundary diffusion creep of olivine and its role in upper mantle rheology
4	R2.12.31	課程	黒田 伶奈	Dynamics in Jupiter's inner magnetosphere revealed by EUV spectroscopic observations
5	R3.3.19	課程	木村 皐史	Thermal state of the upper mantle and the origin of the ophiolite pulse in the Cambrian-Ordovician time
6	R3.3.19	課程	王 怡康	Study of solar chromospheric heating mechanism with numerical simulation
7	R3.3.19	課程	梶田 展人	The advancement of alkenone paleothermometry: applications to coastal, lake, and subaerially exposed sediments
8	R3.3.19	課程	木村 将也	Detection and Quantification of Pre-P Gravity Signals from the 2011 Tohoku-Oki Earthquake—Proposal of Pre-P Gravity Seismology through Observation and Theoretical Modeling—
9	R3.3.19	課程	小森 純希	History of the great Kanto earthquakes deduced from the Holocene marine terraces: Development and application of new quantitative methods for the geological and geomorphological analyses
10	R3.3.19	課程	柴田 翔	Role of Mean Motion Resonances in Planetesimal Accretion onto Proto-Gas Giant Planets
11	R3.3.19	課程	多田 賢弘	Australasian Tektite Event: Identification of the On-land Ejecta Deposit and its Distribution across Eastern Indochina
12	R3.3.19	課程	丹 秀也	Laboratory experiments and telescope observations toward understanding physicochemical properties of Europa's surface materials
13	R3.3.19	課程	福山 鴻	Nitrogen solubilities in the lower-mantle minerals: implications for the formation process of nitrogen reservoir in the deep Earth
14	R3.3.19	課程	福與 直人	Paleoenvironmental reconstruction using geochemical and rock magnetic analyses for carbonates obtained from the Kingdom of Tonga, South Pacific
15	R3.3.19	課程	前田 歩	Reassessment of paleotemperature proxies using modern foraminifera based on the specimens derived from controlled laboratory culture and field surveys
16	R3.3.19	課程	吉田 聡	Geology and geochemistry of carbonate rocks: Implications for composition of the Eoarchean seawater and secular variations of transitional element content in the seawater
17	R3.3.19	課程	Eom Jiwon	Study on water-rock interactions in oceanic spreading centers using isotope geochemistry

3.5 進路・就職先

(a) 学部卒業者

進学・就職先	地球惑星物理学科		地球惑星環境学科	
進学（本専攻）	24		14	
進学（その他）	5	東京大学大学院理学系研究科物理学専攻 東京大学大学院総合文化研究科 東京大学大学院新領域創成科学研究科 東京大学大学院工学系研究科 横浜市立大学医学部	1	東京大学大学院新領域創成科学研究科
大学、研究機関、官公庁、法人	1	気象庁	0	
その他	0		2	野村證券、baton

(b) 修士課程修了者

進学・就職先	内訳	
進学（本専攻）	30	
進学（その他）	2	東京大学大学院新領域創成科学研究科、大阪大学大学院理学研究科
教員	2	学校法人神戸学園
大学、研究機関、官公庁、法人	9	独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構、鉄道総合技術研究所、気象庁、宇宙航空研究開発機構、総務省、日本気象協会
その他	37	AGC(株)、(株)クボタ、(株)ニコン、キヤノン(株)、ソニー(株)、ダイキン工業(株)、日本製鉄(株)、三菱マテリアル(株)、三菱電機(株)、日本重化学工業(株)、J X 金属(株)、富士通(株)、富士電機(株)、(株)豊栄製作所、NTT、イーソル(株)、オンサイト(株)、(株)SALTO、プロメテックソフトウェア(株)、伊藤忠テクノソリューションズ(株)、(株)NTTデータ、(株)コーエーテクモホールディングス、東日本電信電話(株)、PwCコンサルティング合同会社、アクセントチュア(株)、シンプレクス(株)、テクノスデータサイエンスエンジニアリング(株)、日本総合研究所、(株)船井総合研究所、NHK、日本経済新聞社、住友商事(株)、(株)オープンハウス、楽天グループ(株)、(株)ゼンショーホールディングス、国際石油開発帝石(株)、国際航業(株)

(c) 博士課程修了者

進学・就職先	内訳	
大学、研究機関、官公庁、法人	13	九州大学応用力学研究所(学術研究員)、電力中央研究所(研究員)、東京大学先端科学技術研究センター(特任研究員)、東京大学総合文化研究科(研究員)、東京大学、宇宙航空研究開発機構(技術職)、国立極地研究所(学振PD)、南洋工科大学(リサーチフェロー)、チューリッヒ大学(ポストドク)、千葉工業大学地球学研究センター(研究員)、東京工業大学(研究員)、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター(学振PD)、産業技術総合研究所(学振PD)
その他	1	(株)クニエ(アナリスト)

4 講義

4.1 地球惑星物理学科

第2学年専門科目

科目番号	授業科目	担当教員	学期
0526002	地球惑星物理学基礎演習I	三浦 裕亮、河原 創、桂華 邦裕	A
0526003	地球惑星物理学基礎演習II	三浦 裕亮、櫻庭 中、大平 豊、高麗 正史	A
0526005	地球惑星物理学概論	升本 順夫、井出 哲、関 華奈子、生駒 大洋	A

専門科目

科目番号	授業科目	担当教員	学年	学期
0526021	気象学	佐藤 薫	4	S
0526022	海洋物理学	日比谷 紀之	4	S
0526023	大気海洋系物理学	東塚 知己、三浦 裕亮	4	A
0526027	地震物理学	井出 哲	4	S
0526034	弾性体力学	竹内 希	3・4	S
0526037	地球流体力学 I	伊賀 啓太	3・4	S
0526038	地球流体力学 II	升本 順夫	3・4	A
0526065	大気海洋物質科学	小池 真、安田 一郎	3・4	A
0526066	宇宙空間物理学 I	星野 真弘	3・4	S
0526070	宇宙空間物理学 II	横山 央明	3・4	A
0526072	地球力学	田中 愛幸	3・4	A
0526073	地球惑星物理学演習	三浦 裕亮、東塚 知己、天野 孝伸、櫻庭 中	3・4	S
0526074	地球惑星物理学実験	小池真、笠原慧、中谷正生、小澤一仁、比屋根肇、一瀬建日、杉田精司、加藤愛太郎、平賀岳彦、武井康子、新谷昌人、高森昭光、西田究、佐藤雅彦、廣瀬敬、橘省吾、長勇一郎、桑山靖弘、桑原正輝、武多昭道、仲内悠祐	3・4	通年
0526075	地球惑星化学実験	小池真、笠原慧、中谷正生、小澤一仁、比屋根肇、一瀬建日、杉田精司、加藤愛太郎、平賀岳彦、武井康子、新谷昌人、高森昭光、西田究、佐藤雅彦、廣瀬敬、橘省吾、長勇一郎、桑山靖弘、桑原正輝、武多昭道、仲内悠祐	3・4	通年
0526076	地球惑星物理学特別演習	全教員	4	S
0526077	地球惑星物理学特別研究	全教員	4	A
0526079	地球惑星内部物質科学	廣瀬 敬、船守 展正	4	S
0526080	地球電磁気学	清水 久芳、上嶋 誠、馬場 聖至	3・4	A
0526081	弾性波動論	河合 研志	3・4	A
0526082	地球内部ダイナミクス	岩森 光、市原 美恵	4	A
0526084	地球物理数値解析	升本 順夫、竹内 希、横山 央明	4	S
0526085	地球物理データ解析	井出 哲、小坂 優	4	A
0526086	比較惑星学基礎論	杉田 精司、笠原 慧、生駒 大洋	4	S

科目番号	授業科目	担当教員	学年	学期
0526087	地球惑星システム学基礎論	生駒 大洋	4	S
0526090	地球惑星物理学観測実習	田中 愛幸、日比谷 紀之、升本 順夫、佐藤 薫、井出 哲、田中 祐希、高麗 正史、森 俊哉、吉川 一朗、吉岡 和夫、山野 誠、西山 竜一、河合 研志	3・4	通年
0526092	惑星大気学	関 華奈子、今村 剛	4	S
0526094	地球惑星物理学基礎演習Ⅲ	河合 研志、高麗 正史、桜庭 中	3・4	S
0526095	地球惑星物理学基礎演習Ⅳ	生駒 大洋、大平 豊、福井 暁彦	3・4	S
0526801	研究倫理	高橋 嘉夫	3・4	通年

4.2 地球惑星環境学科

第2学年専門科目

科目番号	授業科目	担当教員	学期
0528001	地球環境学	茅根 創、板井 啓明、吉森 正和	A
0528002	地球システム進化学	田近 英一、廣瀬 敬、遠藤 一佳	A
0528003	地球惑星物質科学	三河内 岳、小澤 一仁	A
0528005	地球惑星環境学基礎演習Ⅰ	田近 英一	A
0528006	地域論	永田 淳嗣、松原 宏、梶田 真	A
0528072	固体地球惑星科学概論	飯塚 毅、櫻庭 中、沖野 郷子	A
0528073	層序地質学	後藤 和久、小宮 剛、サイモン ウォリス、狩野 彰宏	A
0528074	自然地理学	須貝 俊彦、茅根 創、小口 高、阿部 彩子	A

専門科目

科目番号	授業科目	担当教員	学年	学期
0528020	大気海洋循環学	中村 尚、升本 順夫	3・4	S
0528021	地球生命進化学	平沢 達矢	3・4	S
0528022	地球惑星物理化学	橋 省吾	3・4	S
0528023	固体地球科学	廣瀬 敬、井出 哲	3・4	S
0528025	地球生命進化学実習	佐々木 猛智、平沢 達矢	3・4	通年
0528026	地形・地質調査法および実習	狩野 彰宏、山口 飛鳥、須貝 俊彦、茅根 創、高橋 聡、池田 昌之	3・4	S
0528027	造岩鉱物光学実習	橋 省吾、三河内 岳	3・4	S
0528028	地球惑星環境学基礎演習Ⅱ	田近 英一、小澤 一仁、茂木 信宏	3・4	S
0528029	地球惑星環境学野外巡検Ⅰ	鈴木 庸平、後藤 和久	3・4	通年
0528030	地球環境化学	高橋 嘉夫、川幡 穂高、板井 啓明	3・4	S
0528031	地球生命科学	遠藤 一佳、高野 淑識、鈴木 庸平	3・4	A
0528032	地球物質循環学	田近 英一、小川 浩史	3・4	A
0528034	地球環境化学実習	鈴木 庸平、高橋 嘉夫、砂村 倫成、板井 啓明、荻原 成騎	3・4	通年

科目番号	授業科目	担当教員	学年	学期
0528035	結晶学	小暮 敏博	3・4	A
0528037	地球惑星環境学特別研究	全教員	4	A
0528038	地球惑星環境学野外調査 I	狩野 彰宏、高橋 聡、山口 飛鳥、池田 昌之	3・4	S
0528039	地球惑星環境学野外調査 II	須貝 俊彦、茅根 創、後藤 和久	3・4	S
0528040	地球惑星環境学野外調査 III	飯塚 毅、鈴木 雄治郎、前野 深、サイモン ウォリス、佐藤 雅彦	3・4	S
0528041	地球惑星環境学実習	高橋 聡、茅根 創、須貝 俊彦、荻原 成騎、飯塚 毅、サイモン ウォリス、狩野 彰宏、前野 深、佐藤 雅彦	3・4	A
0528043	地球惑星環境学演習	全教員	4	S
0528045	生物多様性科学および実習	鈴木 庸平、砂村 倫成、荻原 成騎、高野 淑識、遠藤 一佳、佐々木 猛智	3・4	A
0528046	地球生態学および実習	茅根 創、佐々木 猛智	3・4	S
0528047	地球惑星物理化学演習	永治 方敬、小澤 一仁	3・4	A
0528048	岩石組織学実習 I	サイモン ウォリス、永治 方敬	3・4	S
0528049	岩石組織学実習 II	荻原 成騎、高橋 聡、狩野 彰宏	3・4	S
0528050	人間・環境システム学	須貝 俊彦、茅根 創、穴澤 活郎、小口 高	3・4	A
0528055	古気候・古海洋学	横山 祐典、田近 英一	4	S
0528056	堆積学	狩野 彰宏、小宮 剛、後藤 和久	4	S
0528058	構造地質学	サイモン ウォリス、山口 飛鳥	3・4	A
0528059	地形学	須貝 俊彦、小口 高	4	S
0528060	火山・マグマ学	小屋口 剛博、飯塚 毅	4	S
0528061	結晶学実習	小暮 敏博、三河内 岳、小松 一生	3・4	A
0528062	地球史学	田近 英一、黒田 潤一郎	4	S
0528063	古生物学	遠藤 一佳、平沢 達矢	4	S
0528065	惑星地質学	宮本 英昭、竝木 則行	4	S
0528066	水圏環境学	山室 真澄	3・4	S
0528067	博物館資料保存論	朽津 信明	3・4	S
0528068	リモートセンシング・GIS および実習	小口 高、河原 創、飯塚 浩太郎	3・4	A
0528069	宇宙惑星物質進化学	比屋根 肇、杉田 精司	3・4	A
0528070	資源地質学	川幡 穂高、高橋 嘉夫、鈴木 庸平	3・4	A
0528075	宇宙地球化学	高橋 嘉夫、飯塚 毅、板井 啓明	3・4	A
0528076	気候システム学	阿部 彩子、鈴木 健太郎、岡 顕、渡部 雅浩、高藪 縁	3・4	A
0528077	固体機器分析学	小暮 敏博、高橋 嘉夫、鍵 裕之、平田 岳史	3・4	S
0528078	先端鉱物学	小暮 敏博、鍵 裕之、三河内 岳、鈴木 庸平	4	S
0528801	研究倫理	高橋 嘉夫	3・4	通年
0528079	地球惑星環境学国際研修 I	横山 祐典	3・4	A
0528080	地球惑星環境学国際研修 II	横山 祐典、飯塚 毅	3・4	A

4.3 大学院

科目番号	授業科目	担当教員	学期
35616-0001	時系列データ解析	望月 公廣、青木 陽介、馬場 聖至	A
35616-0002	地球物理データ解析	井出 哲、小坂 優	A
35616-0003	地球物理数学	篠原 雅尚、山野 誠	S
35616-0004	地球物理数値解析	升本 順夫、横山 央明、竹内 希	S
35616-0005	弾性体力学	竹内 希	S
35616-0006	地球力学	田中 愛幸	A
35616-0007	地球流体力学 I	伊賀 啓太	S
35616-0008	地球流体力学 II	升本 順夫	A
35616-0009	地球惑星内部物質科学	廣瀬 敬、船守 展正	S
35616-0012	惑星大気学	関 華奈子、今村 剛	S
35616-0014	比較惑星学基礎論	杉田 精司、笠原 慧、生駒 大洋	S
35616-0015	地球惑星システム学基礎論	生駒 大洋	S
35616-0022	地球史学	田近 英一、黒田 潤一郎	S
35616-0023	固体地球科学	廣瀬 敬、井出 哲	S
35616-0024	宇宙地球化学	高橋 嘉夫、板井 啓明、飯塚 毅	A
35616-0025	固体機器分析学	小暮 敏博、鍵 裕之、平田 岳史、高橋 嘉夫	S
35616-1001	大気物理学I	鈴木 健太郎、三浦 裕亮	S
35616-1003	海洋物理学I	日比谷 紀之、丹羽 淑博	A
35616-1004	海洋物理学II	岡 英太郎	S
35616-1005	気候力学I	升本 順夫、東塚 知己	A
35616-1007	大気海洋物質科学I	小池 真	S
35616-1008	宇宙プラズマ物理学I	天野 孝伸	A
35616-1009	磁気圏物理学I	関 華奈子	S
35616-1022	地震波動論I	西田 究、綿田 辰吾	S
35616-1023	地球内部構造論	上嶋 誠、竹内 希、平賀 岳彦	A
35616-1025	地球電磁気学	清水 久芳、上嶋 誠、馬場 聖至	A
35616-1026	マグマ学	岩森 光	A
35616-1027	火山学基礎論	大湊 隆雄、前野 深、鈴木 雄治郎	S
35616-1028	変動帯テクトニクス	木下 正高、石山 達也、佐藤 比呂志	S
35616-1029	地球レオロジー	武井 康子、平賀 岳彦	S
35616-1030	海洋底ダイナミクス	沖野 郷子、木下 正高	A
35616-1031	地形形成進化学	田中 愛幸	A
35616-1033	地震物理学	井出 哲	S

科目番号	授業科目	担当教員	学期
35616-1034	地震発生物理学	亀 伸樹、吉田 真吾	A
35616-1037	回折結晶学	小暮 敏博	A
35616-1040	生命圏環境形成論	川幡 穂高	A
35616-1041	生命圏物質解析学	小暮 敏博	A
35616-1043	進化古生物学	佐々木 猛智、平沢 達矢	A
35616-1053	大気海洋循環学	中村 尚、升本 順夫	S
35616-1057	古気候・古海洋学	横山 祐典、田近 英一	S
35616-1060	地球惑星環境進化学	田近 英一	S
35616-1062	地震波動論II	古村 孝志、加藤 愛太郎	A
35616-1063	固体地球観測論	青木 陽介、塩原 肇、森田 裕一、山野 誠、上嶋 誠、新谷 昌人	S
35616-1064	地球生命進化学	平沢 達矢	S
35616-1065	地球生命科学	遠藤 一佳、鈴木 庸平、高野 淑識	A
35616-1066	地球環境化学	高橋 嘉夫、板井 啓明、川幡 穂高	S
35616-1071	地球内部ダイナミクス	岩森 光、市原 美恵	A
35616-1072	惑星系形成論	生駒 大洋	S
35616-1074	気候システム学	阿部 彩子、渡部 雅浩、岡 顕、鈴木 健太郎、高藪 縁	A
35616-1075	資源地質学	川幡 穂高、鈴木 庸平、高橋 嘉夫	A
35616-2014	惑星探査学II	吉川 一朗、吉岡 和夫、今村 剛	A
35616-2015	比較惑星学I	杉田 精司、諸田 智克	A
35616-2017	宇宙惑星物質科学I	三河内 岳	A
35616-2025	地理情報学	小口 高	A
35616-2059	気候変動予測論I	木本 昌秀	S
35616-2065	地球惑星環境学国際研修 I	横山 祐典	A
35616-2066	地球惑星環境学国際研修 II	横山 祐典、飯塚 毅	A
35616-3004	大気海洋科学特論IV	林 祥介	A
35616-3005	宇宙惑星科学特論I	篠原 育	S 1
35616-3006	宇宙惑星科学特論II	藤本 正樹	A
35616-3007	宇宙惑星科学特論III	奥住 聡	通年
35616-3008	宇宙惑星科学特論IV	横山 央明	S 1
35616-2046	地球惑星システム科学特論VI	岡田 誠	A
35616-3018	地球生命圏科学特論II	藪田 ひかる	A
35616-3020	地球生命圏科学特論IV	尾上 哲治	A
35616-4002	地球観測実習	青木 陽介、前野 深、塩原 肇、森田 裕一、山野 誠、上嶋 誠、望月 公廣	通年

科目番号	授業科目	担当教員	学期
35616-4004	機器分析実習I	飯塚 毅、狩野 彰宏、小澤 一仁、荻原 成騎、小暮 敏博、横山 祐典、鈴木 庸平、鍵 裕之	S
35616-4014	科学英語演習 (地球惑星科学)	板井 啓明	通年
35616-4016	宇宙地球フロンティア特別演習 II	廣瀬 敬	A
35616-5001	地球惑星科学論文講読I	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-5003	地球惑星科学コロキウムI	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-5005	地球惑星科学特別研究I	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-5006	地球惑星科学特別研究II	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-5007	地球惑星科学論文講読II	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-5008	地球惑星科学コロキウムII	地球惑星科学専攻各教員	通年
35616-6001	海洋問題演習 I	升本 順夫	通年
35616-6002	海洋基礎科学	日比谷 紀之、鈴木 英之、芦 寿一郎、遠藤 一佳、茅根 創、吉田 学、丹羽 淑博、砂村 倫成、鈴木 庸平、黒川 大輔、篠原 雅尚、小川 浩史、宮島 利宏、永田 俊	A

4.4 教養学部前期課程基礎科目（初年次ゼミナール）、総合科目、 主題科目（学術フロンティア講義）

初年次ゼミナール

講義科目	担当教員	学期
宇宙・惑星・地球物理学の進め方	笠原 慧、東塚 知己	S
地球の環境と生物	板井 啓明、砂村 倫成	S

総合科目

講義科目	担当教員	学期
物理で理解する地球惑星学	○橘 省吾、井出 哲、横山 央明、三浦 裕亮	S
地球惑星科学・環境科学の面白さ	○高橋嘉夫、廣瀬 敬、狩野彰宏、遠藤一佳	A

主題科目

講義科目	担当教員	学期
地球惑星科学のフロンティア	○生駒 大洋、諸田 智克、今村 剛、笠原 慧、杉田 精司、 関 華奈子、田近 英一、橘 省吾、三河内 岳、宮本 英昭、吉岡 和夫	A

○は代表教員

5 研究活動

5.1 大気海洋科学講座

1. 大型大気レーダー国際共同観測データと高解像大気大循環モデルの融合による大気階層構造の解明

2番目の研究課題において主導している国際協同観測(ICSOM)で捉えた成層圏突然昇温に伴う全球的な中間圏重力波の変調を解釈するために、①スパースな衛星観測データを用いて地上から高度105kmまでの全球グリッドデータを作る4次元アンサンブル変換カルマンフィルター法によるデータ同化研究、②これを初期値として与えることによる重力波解像大気大循環モデルによる現実大気の再現研究を進めてきたが、今年度はついに①を完成させることができた。このデータ同化システム(JAGUAR-DAS)による全球推定値は半日程度の短周期成分まで現実的に再現されていることが、データ同化に用いていないレーダー観測データで確認できた。②については2018年12月～2019年1月に生じた成層圏突然昇温の事例研究を行った。中間圏上部で数日継続する強い逆転層の存在や、成層圏界面ジャンプ現象が起きていることが確認され、それらの生成メカニズムは重力波とロスビー波のもたらす波強制の共働によることを明らかにできた。特に中間圏で力学的不安定により発生するロスビー波が重要であることを突き止めた。天気予報などに使われる大気大循環モデルはサブグリッドスケールの重力波の運動量輸送効果を表現するために、パラメタリゼーションの方法が使われている。なかでも対流やジェット・前線システム等から発生する非地形性重力波は、非線形性が高く複数の発生源が同時に存在することも多いため記述が困難で、表現のあいまいさが大きな問題となっている。そこで、機械学習を使って重力波の統計的ダウンスケーリングの研究を行った。手始めに大規模場を与え、日高山脈から発生する地形性重力波の再現を試みたところ、波の振幅や位相線の方向、運動量フラックスの値など現実的な場を得ることができた。この研究は米国地球物理学連合の機関誌EOSでResearch Spotlightとして取り上げられるなど注目された。

2. 南極大気精密観測から探る全球大気システム

本研究は、南極地域観測第IX期計画重点研究観測「南極から迫る地球システム変動」のサブテーマ1（研究代表者）として行っている。毎月グループミーティングを開き、南極のレーダー運用の確認、新観測手法の検討等を行っている。2015年10月から開始したPANSYレーダーのフルシステム連続観測を今年度も継続して行った。また、中間圏物質循環の駆動に寄与する重力波を捉える、大型大気レーダー観測網による国際協同観測（ICSOM）を主導し、今年度も含め6回成功した。2021年1月は、赤道成層圏準2年周期振動の位相、ENSO指数のいずれも突然昇温が起きにくい年であったが、大規模な突然昇温が起これ、貴重な事例のデータが取得できた。また、南極では稀な成層圏突然昇温が起こった2019年8～9月の事例について、前年度に発表した乱流強度推定法を用いて中間圏の乱流強度を推定し、突然昇温後の変動を解析した。乱流強度は突然昇温後に大きく弱体化しており、突然昇温によって変化した大規模水平風による重力波鉛直伝播の変化によって解釈できることを示した（高麗正史氏との共同研究）。さらに、ノンストップで行った2015年10月から1年間の観測データを用いて重力波の間欠性に関する研究を行った。運動量フラックスだけでなく鉛直風バリエーションもきれいなログノーマル分布をすること、間欠性は年間を通して対流圏で強く成層圏で弱いこと、対流圏の強い気象イベントが成層圏に突き抜けるときには、成層圏も間欠性が強まるなどの結果を得た。

3. 先進的気球観測による南極域における大気重力波の確率的振る舞いの解明

本課題は、南極でのスーパープレッシャー（SP）気球観測により、下部成層圏大気重力波の運動量フラックスの水平分布・確率密度分布を取得し、南極昭和基地大型大気レーダー（PANSY）で得られる運動量フラックスの時間高度断面と組み合わせることで、南極域における大気重力波による運動量輸送の3次元の描像を得ることを目的としている。2020年度はスーパープレッシャー気球観測で使用する気球および搭載測器の開発・試験を行った。気球については、観測で使用するものと同サイズの試作気球を用いたガス充填作業の訓練を2021年2月16日に国立極地研究所観測倉庫で、気球の耐圧・気密試験を2021年3月22-24日に大気航空宇宙実験場で実施した。搭載測器については、メーカー側と協力してソフトウェアの開発を行い、試作機を2機製作した。これらの詳細を記述した査読付き論文（和文）2編を出版した。南極での気球飛揚に必要な手続きについて、国立極地研究所南極観測センターや宇宙科学研究所からの協力を得て関係省庁（環境省、国交省）との調整を行った。上記とともに、放球方法の検討、飛行中のフライトコントロールとQLシステム、取得データの解析システムに関する検討を進めている。PANSYデータと最新の大気再解析データ（ERA5）を用いて夏季対流圏・下部成層圏における慣性重力波の事例解析を行った。この事例については、

ERA5の鉛直風がPANSYと比べて重力波振幅を過小評価していることが分かった。また、2で行った重力波の間欠性に関する研究成果は、先行研究で行われた冬季成層圏だけでなく、対流圏や夏季成層圏の観測も重要であることを意味する。

4. 高精度な全球気候モデル構築に向けたインドネシア多島海における潮汐混合の定量化

今年度は、インドネシア技術評価応用庁(BPPT)の研究船 Baruna Jaya IVを使用し、インドネシア多島海西部海域(スラウェシ海、マカッサル海峡周辺海域)のビトゥンからマカッサルまでを結ぶ測線上に設定した29地点において、海面から海底直上までの乱流集中観測を実施した。インドネシア多島海を対象とした数値シミュレーションによって存在が予測されていた「乱流ホットスポット」を中心に、深海乱流計(VMP-5500/VMP-X)を投入することで、長年謎とされてきたインドネシア多島海西部海域における潮汐混合強度を定量的に把握した。すでに昨年度に実施したインドネシア東部海域での観測の結果とあわせると、インドネシア多島海全域における「乱流ホットスポット」でのデータを取得できたことになる。

また、上記の乱流観測にあわせて、電気伝導度・温度・水温計(CTD)、および、吊下型音響ドップラー流速計(LADCP)による観測を同時に行うことで、この潮汐混合によってインドネシア通過流(ITF)の水塊特性が変成していく実態と、その鍵となる海域を見出すことができた。さらに、数値モデルで強い潮汐混合とその時間変動が予測されている海峡部において、潮汐混合をはじめ、ITF、潮汐流、密度成層、鉛直シアーなど各物理パラメータの25時間にわたる時系列観測を実施し、潮汐混合を支配する物理機構の解明に繋がるデータの取得に成功した。あわせて、ITFの出口にあたる南東部熱帯インド洋において2018年12月の白鳳丸航海で実施した観測結果の総合的な解析も進めた。

5. 民間航空機を利用した迅速かつ高精度な津波予報システムの開発

我が国は世界でも有数の地震発生数の多い国であるが、地震に伴って引き起こされる津波に関して高精度な予測が行われているとは言い難い。現行の予報システムは、津波を引き起こす地殻変動の特定を前提としているため、地殻の変動が広範囲におよぶ巨大地震の場合、それによって引き起こされるメガ津波の予報精度は極めて低くなってしまふ。将来予想される巨大地震に伴って発生するメガ津波に備えるためにも、震源モデルに頼らない迅速かつ高精度な津波予報の開発は必要不可欠である。

この目的のため、本研究では、南海トラフ域など近未来に予想されるメガ津波の発生域上を広くカバーしながら昼夜を問わず飛行している民間航空機の存在に着目する。今年度は、昨年度に引き続き、民間航空機によって観測された津波初期波形を利用した津波迅速予報の開発に向けて一連の数値実験を実施した。特に、仮想航空機による津波初期波の観測範囲や観測継続時間を様々に変えたとき、津波予報の精度にどのような影響が及ぼされるかに注目した。また、本研究結果の適用によりその予報システムの実現を目指している九州西方沖の気象津波「あびき」についても研究を進めた。2010年3月に長崎湾や枕崎湾とともに全振幅1mを超える水位振動をもたらした事例について、理想化された大気擾乱を駆動力として海洋応答を再現し、「あびき」の発生に伴って東シナ海で励起される海洋波の特徴や、この入射波に対する九州西岸の各湾における応答を調べることで、気象津波の増幅機構を明らかにした。

6. 月と海底凹凸地形が織りなす深海乱流ホットスポットの実態解明 – 高精度な深層海洋大循環像の構築に向けて –

深層海洋大循環は、極域での強い冷却により重くなって沈降した海水が、各大洋域の乱流混合域において表層から下方に伝えられた熱により温められて湧昇することで維持されている。この深海乱流混合のエネルギー源は「潮流と海底凹凸地形との相互作用で生じる内部潮汐波」と「風擾乱によって表層に励起される近慣性波」と考えられてきたが、現在では風擾乱の寄与は否定されつつあり、毎秒約2千万トン沈み込むとされる深・底層水を全て表層に湧昇させるだけの乱流混合のエネルギー源は見つかっていない。本研究では、顕著な海嶺・海山の頂上付近で著しく増幅された潮流とそこに存在する水平高波数の海底凹凸地形との相互作用により励起された内部風下波が、従来考えられてきた内部潮汐波と比べて、はるかに多くの潮汐エネルギーをより鉛直上方まで供給することができるという、従来全く見逃されてきた事実に着目する。

今年度は、海底凹凸地形の詳細情報が存在する伊豆-小笠原海嶺を対象に、潮流の著しい増幅により

Excursion Parameter = $kH U/\omega \gg 1$ (U :潮流の振幅、 kH :海底凹凸地形の水平波数、 ω :潮汐周波数)が期待される頂上付近の海底凹凸地形において、大潮-小潮にまたがる大規模な乱流観測を行った。この乱流観測には、研究室が所有している投下

式乱流計VMP-Xを使用し、海底凹凸地形上での乱流散逸率の鉛直分布を把握するとともに、観測船附属のCTDとそれに取付けたLADCPを用いて密度成層や水平流速の情報を得た。さらに、実際の海底凹凸地形や潮流の時間変化など、乱流観測時の状況に合わせた高解像度の数値シミュレーションを行い、その結果のフィードバックを通じて乱流混合過程の背後にある物理機構を明らかにするとともに、海底凹凸地形の水平波数、潮流の振幅、密度成層強度などに依存する内部風下波起源の乱流パラメタリゼーションの式を構築した。

7. 深海底凹凸地形上に形成される乱流ホットスポットの定量化 – 高精度な深層海洋大循環像の構築に向けて –

約1500年の歳月をかけて全地球を巡る深層海洋大循環は、低緯度から高緯度への熱輸送を通じて長期気候をコントロールする重要な物理過程であるが、その実態は未だ謎に包まれている。地球上で最も時空間スケールの大きな現象であるが故に、その実態把握は数値モデルに頼るしかないが、皮肉にも数値実験の結果は「表層からの熱(浮力)を下方に伝え、深層水を温めて鉛直に引き上げる役割」を担う深層乱流混合というマイクロな現象にコントロールされてしまう。特に、現段階で残されている最も切実な不確定要素は、強い潮流との相互作用を通じて海底凹凸地形から鉛直上方に広がる乱流ホットスポットの実態である。

今年度は、この乱流ホットスポットの鉛直スケールを決定する物理機構を理論的に考察し、その結果に基づいて海底凹凸地形上における既存の乱流パラメタリゼーションの改訂を行った。その結果によれば、特に強い潮流下において、水平波数の大きな海底凹凸地形上では、従来考えられてきた内部潮汐波ではなく、鉛直群速度のより大きな内部風下波が励起される。この内部風下波の鉛直伝播に伴って形成される乱流ホットスポットの鉛直スケールは、上方に存在するGarrett-Munkの平衡内部波場に入射していく内部風下波の鉛直方向の「平均自由行程」で近似され、海底上における潮流の振幅の二乗に比例して著しく増加していくことがわかった。この結果は、潮汐流が増幅される海嶺や海山の頂上付近に水平波数の大きな海底凹凸地形が存在する場合、このような内部風下波の発生に伴って主密度躍層にまで到達するような鉛直方向に広がった乱流混合域が形成され、深層海洋循環に多大な影響をもたらす可能性があることを示している。

8. 東部インド洋湧昇域における物理・化学・生物学的特性の統合的解明

東部インド洋における物理・化学・生物学的特性の統合的解明を目指し、2018年11-12月にベンガル湾、赤道域、および南東部熱帯域において実施した白鳳丸観測調査結果の解析を継続して行った。2018年11月の観測時には東部熱帯インド洋で負の海面水温偏差が顕著で、正のインド洋ダイポールモード傾向が見られたにもかかわらず、東経88度測線の赤道付近では秋のWirtkiジェットと考えられる強い東向き流が観測された。一方、通常は植物プランクトンが少ない海域ではあるが、観測時には海面付近で周辺海域よりも高いクロロフィル濃度が観測された。この原因として、下層からの栄養塩の取り込みではなく、西からの栄養塩かクロロフィルそのものの移流の影響が大きいことが示唆された。

9. 海洋内の渦擾乱と平均流とのエネルギー交換過程

南極周極流域における海洋内部の渦擾乱と平均的な流れ場との相互作用の空間非一様性について、エネルギー輸送の観点から調べた。これまで南極周極流域ではどの海域でも渦の影響が強いものと考えられていたが、高解像度海洋モデルの現実的な結果を解析したところ、顕著な海底地形が存在する下流側の5カ所で渦擾乱の活動が活発であること、この海域においては傾圧不安定を通じた擾乱場へのエネルギー輸送が大きいことが明らかになった。

10. 西部アラビア海ソマリ沖海域における海面水温の経年機構の研究

夏季アジアモンスーンの変動に強く影響を及ぼすアラビア海西部の海面水温変動について、観測データや高解像度海洋循環モデルの結果の解析とともに、領域数値モデルを用いた感度実験を併用して、その詳細の解明を進めている。これまで、インドの夏季モンスーンに伴う降水量に影響を与えていると指摘されているアラビア海西部のソマリ沖海域における海面水温の経年変動が、局所的なモンスーンの変動と、アラビア海中東部で冬から春にかけて励起される高気圧性のロスビー波の侵入によってもたらされていることを指摘した。今年度は、ロスビー波の影響を定量的に示すため、領域海洋モデルを用いた感度実験を行った。その結果、高気圧性偏差を示すロスビー波の侵入により春季に

ソマリ沿岸の亜表層に正の水温偏差が励起され、5月後半から発達する季節的な沿岸湧昇過程により表層混合層へと取り込まれることでソマリ沿岸の表層水温偏差を形成していることが分かった。さらに通常より弱いモンスーンの影響による効果も加わり、ソマリ沖沿岸湧昇域に現れる普段よりも暖かい海水が東方へと移流されるため、アラビア海西部の海域において海面水温の正偏差が励起されていることが分かった。また、アラビア海西部の対象海域平均の水温偏差に対して、このロスビー波の影響は、局所的なモンスーンの影響と同程度の寄与を示すことが明らかとなった。

11. 雲・エアロゾルを介した中緯度大気海洋相互作用

本計画研究の目的は、西部北太平洋などの下層雲の変動を、海表面温度（SST）を含む気象場および海洋からのエアロゾル供給などの観点から、他の海域の下層雲との対比を含めて明らかにすることである。観測研究では、2022年夏の航空機観測・船舶観測で用いるためのエアロゾル観測装置を開発・整備した。特に自己参照干渉法を用いた複素散乱振幅測定法（SPES法）の理論的枠組みの一般化に成功するなどの成果が得られた。また海洋地球研究船「みらい」にて2021年2-3月に西部北太平洋におけるエアロゾル微物理パラメータと海塩由来塩素の同時計測を実施した。現在までに得られた洋上・離島での観測値を解析し、アジア太平洋地域のデータ整理に着手した。数値モデル研究では、海上下層雲と気候モデルにおけるそのパラメタリゼーションについて、専門外の研究者・学生のために基礎知識をレビュー論文としてわかりやすくまとめた。下層雲が亜熱帯高気圧にどのように影響するかを調査し、従来言われてきた下層雲の雲頂冷却が亜熱帯高気圧を強化するという説は、最新のモデルでは支持されないことを示した。気象庁の現業で使用される予定の次期季節予報モデルにおける層積雲スキームの改良により、海面水温と下向き短波放射の関係（フィードバック）が大きく改善されることを示した。また数値気候モデルMIROCにおいて、サブ格子スケールの雲の変動を考慮した補正を降雨過程に導入し、その放射影響を評価した。その結果、世界のモデルに共通する系統誤差の一部を軽減することができた。さらに、全球気候-エアロゾルモデルCAM-ATRASを用いて、東アジア域における人為起源エアロゾルとその放出量の近年（2008年から2016年までの変化）および将来（2030年と2050年まで）の変化が、北太平洋域の雲の放射収支に大きな影響を及ぼすことを示した。

12. YMC観測と気象・気候モデルを複合的に利用した海洋大陸上のMJO変質過程の解明

海洋研究開発機構が主導的役割を果たしている国際研究プロジェクトYMC（Years of Maritime Continent）において研究観測船「みらい」により海上観測と陸上観測が連動した集中観測が行われた。本観測では、研究分担者・横井がPIを務めた。観測データの整備を進め、スマトラ島西岸の降水の伝播現象を解析する一方で、数値シミュレーションを用いた要因分析を行った。その結果、当初はライン状降水の海側への伝播の有無は背景風に依存すると考えていたが、季節内振動（MJO）の位相や赤道波が強く影響していることが分かった。理化学研究所を中心として開発を進めている雲解像モデルSCALEを用いた再現実験とプロセス研究を行った。また、海洋大陸をまたぐ東西海面水温傾度が大きいほどMJOの東進速度が遅くなるという、従来想定されていた仮説に反する解析結果を得て、論文として投稿した。

全球雲解像モデルNICAM（Nonhydrostatic Icosahedral Atmosphere Model）によるMJOのシミュレーションを改良するべく雲微物理過程の改良を終え、高解像度での長期積分の共同研究に貢献した。さらには、力学コアを改良するための水平離散化研究を完了し、次の段階としてポアソンソルバーの準備としてマルチグリッド構造の延長補間・制限補間の並列化を実施した。

13. 海洋再出現過程に関する研究

前年の冬に生じた冬季海面水温偏差が夏季に一度消滅し、次の冬季で再出現するプロセスを冬季海面水温偏差再出現過程という。このメカニズムは従来、「中緯度海洋の海洋表層の混合層は季節変化に伴う変動が顕著であり、夏季混合層の下に取り残され、秋季から冬季にかけて混合層が再び厚くなるのに伴い、エントレインメントを通じて前年の冬と整合的な海面水温偏差が再出現する」と考えられてきたが、北太平洋の一部の海域で風応力偏差に伴う南北移流行偏差や海面熱フラックス偏差が重要な役割を果たしうることが指摘された。また、海洋再出現過程は中緯度の冬から冬への水温偏差維持機構として考えられることから、太平洋十年規模振動において重要な役割を果たしていると考えられているが、その定量的な理解を目指した研究は少ない。そこで、本研究では、鉛直プロセスが水平プロセスに比べて重要に働くと考えられる北太平洋中・東部における海洋再出現過程のメカニズムの理解を目指すとともに、北太平洋十年規模振動との定量的な理解を目指した。北太平洋中・東部の水平解像度 $1/4^{\circ} \times 1/4^{\circ}$ 、鉛直40レベルの

領域海洋モデルを用いた経年変動積分を行い、観測データとの比較を行ったところ、水温偏差や混合層厚偏差の再現性が高いものであると確かめられた。このモデルの水温変化式の各項をオンラインで保存しているため、完全に閉じる熱収支解析を行うことができ、今後より詳細な冬季海面水温偏差再出現過程のメカニズムを検証することや太平洋十年規模振動との関わりを定量的に議論することができると期待される。

14. 乱流混合がUTLS付近の物質分布・熱収支に果たす役割について

本年度は、南極の大型大気レーダーによって推定された乱流エネルギー散逸率に基づいて、極域冬季中間圏エコーに基づく中間圏の乱流パラメータの年々変動についての研究を実施した。

研究代表者はこれまで、大型大気レーダー観測に基づく乱流エネルギー散逸率の推定を行い、対流圏・下部成層圏(高度1.5 km~20 km)、及び中間圏(高度50~80 km)のエネルギー散逸率の季節・高度変化を明らかにしてきた。今回、2019年9月に南半球で発生した成層圏突然昇温に伴う、中間圏のエネルギー散逸率、及び、極域中間圏冬季エコーの変動を調査した。昇温発生後に冬季エコーの出現頻度は著しく低下し、また、昇温発生後のエネルギー散逸率は、昇温発生前及び、昇温が発生していない年と比べて、有意に小さいことが判明した。冬季エコーの出現には強いエネルギー散逸率が必要であり、突然昇温に伴うエネルギー散逸率の低下により、冬季エコーの出現頻度が低下したと考えられる。次に、乱流エネルギー散逸率が低下した要因を考察した。中間圏の乱流生成の主要因は大気重力波の砕波であり、成層圏の昇温に伴い重力波の鉛直伝播特性が変調されたことが、エネルギー散逸率の低下を説明すると考えられる。それを検証するために、重力波の砕波条件を表す「臨界円」に基づく重力波伝播特性の診断手法を考案し、今回の事例に適用した。その結果、突然昇温の発生に伴い、重力波が伝播しにくい背景風速場となっていることが、明瞭に示された。

15. 二重拡散対流による貫入現象が南極底層水の輸送に果たす役割の解明

南極海では、近年の地球温暖化の影響が顕在化している。それに伴って、深層海洋大循環の大動脈である、南極大陸沿岸から世界大洋の底層に広がった南極底層水にも変化がもたらされつつある。しかしながら、南極沿岸で形成された底層水が外洋域へどのように広がっていくのか、という将来の深海環境の変化を把握する上で重要な問題が未解明のまま残されている。本研究では、南極沿岸と外洋の移行域で観測された二重拡散対流に伴う南極底層水の貫入現象に着目し、その形成メカニズム、および、それが南極底層水の遷移過程に果たす役割を理論や数値実験によって調べていく。

5.2 宇宙惑星科学講座

1. 宇宙誕生後最初に加速した宇宙線の加速機構とその影響の解明

初期宇宙での宇宙線による磁場生成機構について理論的に調べた。初代星が超新星爆発した後の超新星残骸で、宇宙線が加速される。この初代宇宙線による赤方偏移 $z \sim 20$ の宇宙における磁場生成機構を4つ新たに発見した。

初代宇宙線が広がって系での一般化されたオームの法則を導出した。宇宙線がない系では、存在しない新しい項が加わることを示した。宇宙線電流を打ち消すために生じる電子の帰還電流によって生じる電子の流れが非一様なとき、電磁場が自然に生成されることを発見した。また、第一原理プラズマ粒子シミュレーションによって、発見した新しい磁場生成機構を再現することに成功した。

宇宙線電流を打ち消すために生じる電子の帰還電流によって生じる電子の流れは、電子の密度分布を変えずに圧力分布だけを変えること、それによってピアンバッテリー機構が働き磁場が生成されることを発見した。また、多流体プラズマシミュレーションによって、発見した新しい磁場生成機構を再現することに成功した。

宇宙線電流を打ち消すために生じる電子の帰還電流によって生じる電子の流れは、陽子とのクーロン相互作用により散逸し、電子プラズマは加熱される。その結果、ピアンバッテリー機構が働き磁場が生成されることを発見した。

初期に磁場がない部分電離プラズマ中を伝搬する無衝突衝撃波中の磁場生成機構について調べ、電荷交換反応によって、陽子プラズマのみが実質加速されることになり、電子と陽子との間で相対速度が生成され、磁場が作られることを発見した。また、電荷交換反応によって生じる陽子ビームが電子の帰還電流を誘導するため、上記のその他の磁場生成機構も働くことを示した。

2. 太陽系天体着陸探査における元素・同位体分析に向けた計測システムの構築

本研究では、2020年代の惑星着陸探査に向けて小型軽量の質量分析システムを開発している。惑星の起源と進化を探るうえで、惑星の元素組成や同位体比は極めて重要な情報である。このため、惑星探査において元素分析は最重要観測項目の一つとなっている。ところが、固体物質の「その場・多点」質量分析は、複雑な機構のロボティックアームの実装が想定されるなど、工学的ハードルの高さゆえに日本の探査機での実施が困難であった。そこで本研究では、サンプルハンドリング機構無しで固体物質の元素分析が可能で、シンプルで小型軽量の質量分析システムを開発している。この技術が成功すれば、日本の中型・小型・超小型探査機による、月・火星および小天体の固体物質分析の現実性は飛躍的に増し、多種多様な惑星科学ミッションの可能性が広がる。2020年度は、(1) 質量分析器、(2) 宇宙機搭載用真空バルブ、(3) 宇宙機搭載用超小型真空ポンプ、(4) 岩石サンプルからの脱ガスのための赤外レーザー、の4点について制御・動作試験を実施する計画であった。(1)~(4)のそれぞれについて、同一の小型真空槽に取り付けた状態で、マスペクトルの取得、バルブの開閉動作試験（ドライバを新規製作）、ポンプの動作試験と取り付け指向性の把握、レーザー強度の確認、など一連の作業を実施した。これにより、上記の各要素を組み合わせた一つのパッケージとして今後の探査に用いるための初期結果を得ることができた。

3. 氷天体探査のための次世代理学測器の基礎開発

氷天体探査において、表層から昇華して宇宙空間に放出される、H₂Oをはじめとするイオンの疎組成分析を目的として、イオン質量分析器の開発を実施している。2020年度は、イオン質量分析器のオプティクスについて、イオン軌道をトレースする数値計算を用いて詳細設計を行った。さらに、加工業者と議論しつつ構造強度や組み上げ精度に注意しながら図面を完成させ、製造を実施した。

4. 地球惑星超高層大気の中性粒子分布・力学機構の実証解明を実現する直接観測の基盤構築

地球惑星超高層大気の中性粒子分布・力学機構の実証解明に向け、中性粒子をイオン化したうえで高分解能の質量分析(M/dM > 50)を実現する分析器を開発している。本研究で開発を進めることにした「オービトラップ型質量分析器」については、時間収束させた多数(>1,000個)のイオンをオービトラップ部に導入し、周波数スペクトルを取得する実験を開始した。今後、導入サンプルガスに対応する質量の信号ピークを検出するため、信号・雑音比を高めるべく、(1)時間収束させるイオンの数を増加させるためのオプティクス改良、(2)雑音低減のためのフィルタ追加などを実施予定である。

5. 磁気リコネクションでのイオンと電子のエネルギー分配機構の物理

磁気リコネクションは、太陽フレアや磁気圏サブストームなど様々な宇宙プラズマ中で磁気エネルギーを運動・熱エネルギーに変換する機構として重要である。また磁気リコネクションによる磁場エネルギーの散逸によって、系全体としては、イオンの方が電子よりも選択的に加熱されることが知られている。無衝突プラズマ系でのエネルギー分配は重要な未解決問題であり、これまでの研究では必ずしも理論的にエネルギー分配を記述することができていない。本研究では、無衝突プラズマ系でのエネルギー分配の問題を、粒子シミュレーションと磁気圏での衛星観測を用いて、磁気リコネクション過程に注目して研究を行った。特に、磁気フラックに閉じ込められる粒子に着目して、磁気フラックスのプラズマ密度と温度（速度分布関数の2次のモーメント）の関係を調べた。その結果、磁力線が繋ぎ替わった後は、イオンも電子もほぼ断熱過程として記述できるが、磁力線が繋ぎ替わっている最中では、磁場の拡散による非断熱過程が支配的となり、イオンが電子よりも選択的に加熱されることを明らかにした。

6. 爆発的に成長する非線形磁気リコネクション

無衝突系での磁気リコネクションの発達時における線形成長率は、アルフベン速度がプラズマシートを伝播する時間と、ジャイロ半径とプラズマシートの厚みの比の関数で書き表せるが、ジャイロ半径がプラズマシートの厚さに比べて小さい場合は、その比の2分の3乗で線形成長率が小さくなることが知られていた。宇宙空間では、ジャイロ半径はプラズマシートに比べて小さいと考えられるので、爆発的な磁気リコネクション現象のオンセット問題として未解決であった。今回ジャイロ半径がプラズマシートの厚みに比べて小さい系での大規模数値シミュレーションを行うことで、初期の非線形段階で爆発的に発達するモードが存在することを明らかにした。これは、線形段階でX型の磁力

線の繋ぎ変えが始まると、その繋ぎ替わった磁場によるローレンツ力で磁気リコネクションの電気抵抗が大きくなる効果と、プラズマシートがイオンジャイロ半径程度まで急激に薄くなる効果の相乗作用で説明できることを解明した。

7. 氷天体探査のための次世代理学測器の基礎開発

高感度撮像装置、焦点自動調節機構、質量分析計の3つのコンポーネントの開発を進めるとともに、月永久影内の氷堆積物の観測成立性の検討と月極域周回衛星の打上げ機会の調査を行った。高感度撮像装置については、ベースとなる「はやぶさ2」の光学航法カメラを基礎にして、集光力を大幅に向上させたフィルターホイール付き光学系を設計し、試作機まで完成させた。焦点自動調節機構については、制御性能はサーボモーターに比べて劣るが軽量性に優れるステッピングモーターを用いたシステムについて、制御誤差特性（装置の癖）を反映した最適化を行うことによって迅速な動作と高い精度・安定性を達成するソフトウェアを開発した。このソフトはパイソンコードで実装し、試作機の実証実験ができる状況まで至った。質量分析計については、従来型に比べて一桁高い感度を有するトップハット型の粒子計測装置の詳細設計を完了し、試作機まで完成させた。これにより、電化交換に使われるフォイルの素材選択と評価実験ができる状況にまで至った。また、月永久影内の観測成立性の検討のために、月周回衛星「かぐや」の質量分析装置PACEの月面由来のイオンの質量計測結果の見直しとTCによって得られた月永久影内の地形計測結果の見直しを行った。また、小惑星探査機はやぶさ2で得た画像データの処理システムの見直しを行い、歪曲補正、感度補正、センサー温度への依存性補正、白キズ除去など一連の処理を行うパイプラインの改良を実施した。

8. プラズマ分布関数データの2成分フィッティング解析による磁気圏尾部プラズマ輸送と加熱に関する統計解析

地球磁気圏尾部にはプラズマシートと呼ばれる高温域が形成されており、そのプラズマは1keV以上の温度を持つ。そのプラズマの起源は太陽風と地球電離圏であり、ともに数100 eV以下である。この低温プラズマがプラズマシートに輸送される際、磁気圏プラズマは無衝突プラズマのため、電磁波動・擾乱により混合するまでは2温度プラズマとなる。本研究では、MMS衛星の水素イオン観測データから各成分の温度と密度を抽出するフィッティング解析を多量データに対して実施し、高温プラズマに加えて低温プラズマのグローバル特性を調査した。高温プラズマの特性はDungey輸送サイクルで説明できるが、低温プラズマは近地球と遠尾部で特性が異なることが分かった。重要な成果は、(1) 低温プラズマの大部分は高温プラズマシートの境界域で加熱される（高温プラズマと混合する）、(2) 近尾部の低温プラズマの大部分は電離圏起源である、の2点である。

9. 複数衛星観測と粒子追跡計算を用いた地球磁気圏近尾部での酸素イオン高圧化現象の研究

爆発的な宇宙嵐が発生すると、地球大気から流出した酸素イオンがエネルギーを得て(加速や加熱を受けて)、磁気圏全体のダイナミクスに大きく影響を与える。このプロセスには、大規模な磁気圏磁場構造の変化(磁場双極子化)が重要な役割を担っていると考えられているが、酸素のような重い粒子の描像は未解明な点が多い。磁気圏尾部を中心に飛翔する複数衛星のデータ解析とグローバル磁気流体モデル内での粒子追跡計算を組み合わせることで、「磁場双極子化に伴う酸素イオンの選択的な高圧化」のメカニズムを明らかにする。また、主要イオン種である水素イオンと酸素イオンに加えて、異なる質量や電荷を持つイオンの振る舞いにも着目することで、「内部磁気圏酸素圧の増強に影響を与える磁場双極子化の時間空間スケールの定量的評価」にチャレンジする。

本年度は主にあらせ衛星を用いて、複数の磁気嵐期間中について、速度分布関数の変化を異なる領域で比較し、効率的にエネルギーを取得している領域を調査した。あらせ衛星の観測範囲では地球から最も離れた領域に当たる、地球半径の5倍から7倍において、重いイオンが選択的にエネルギーを得ていることが分かった。この領域はグローバルな(空間的に大規模な)磁場双極子化が発生する、引き延ばされた尾部的な磁場構造と双極子磁場との遷移領域であり、先行の理論およびモデリング研究から提唱される高エネルギー化と整合的である。

10. 直接観測に基づく衝撃波電子加速の実証的理論モデルの確立

地球バウショックで電子加速が顕著に見られたイベントについて詳細な観測データ解析を行い、理論モデルとの定

量的な比較を行った。その結果、ホイッスラー波は電子の散乱を説明するのに十分な強度を持つこと、被加速電子のべき指数は理論予測と整合的であること、電子フラックスの指数関数的増大から見積もられた電子の散乱強度と電子エネルギースペクトルのカットオフの関係が理論の予測とよく一致すること、が確かめられた。このことから、本研究で提唱している新たな理論モデルによって地球バウショックにおける電子加速過程が矛盾なく説明できると結論付けた。さらに、この理論モデルが予言する加速の最大エネルギーと衝撃波速度の依存性を用いることによって、超新星残骸衝撃波のように光速の~1%に達する速い衝撃波においては、電子を相対論的エネルギーまで加速できることが分かった。相対論的エネルギーに到達した電子はフェルミ加速によってさらなる加速を受ける。これはすなわち、同一のメカニズムで地球バウショックの1- 10 keV程度の電子加速と超新星残骸衝撃波における相対論的電子の加速を統一的に説明できることを意味する。また、この結果を受けてモデルの更なる精密化に取り組み、幅広いエネルギー範囲で空間依存性まで含めた電子のエネルギースペクトルを再現可能な数値計算コードを開発した。

11. 水惑星表面の氷・含水鉱物・塩の計測を目指した小型レーザー発光分光装置の宇宙機開発

月面や小惑星、氷衛星の表面において水や含水鉱物、および塩を検出し定量するレーザー誘起プラズマ分光分析技術を開発することを目指して研究を行った。具体的には、以下の三点に注力して開発を行った。

(1) 宇宙実績を持つCMOSセンサを用いた宇宙用小型可視分光器の設計検討

宇宙品の製作に高い実績を持つ光学メーカーのご支援を受け、400-800 nmの可視光領域を1 nm FWHMよりも高い波長分解能で分析するグリズム分光器の設計検討を行った。分光器のセンサーとして宇宙実績のあるCMOSセンサを用いることを念頭に、センサ単体での評価実験を行った。その結果、計測目的にかなうダイナミックレンジと線形性、ノイズレベルを持つことが明らかになった。

(2) 焦点調整機構付き望遠鏡部の試作: レーザーの焦点を距離1~2 mに合わせてプラズマを発生させ、プラズマ発光を集めて分光器に導く、焦点調節機能付きの光学系の試作を行った。レーザーの焦点調整のためにはレンズの一部を前後に動かす駆動部が必要となるが、これは宇宙用小型ステッピングモータの回転をリードネジとナットによって直進運動に変換する機構によって実現した。この装置を駆動してスペクトルを得るソフトウェアを製作した。

(3) 宇宙用装置の設計検討: 上記の分光計、カメラ、宇宙実績を持つレーザー等を組み合わせた時に実現するレーザー誘起プラズマ分光装置の形状や寸法、重量、仕様について検討し、宇宙用装置設計のベースラインを得た。

12. 火星衛星着陸探査用ラマン分光装置の開発

JAXAの火星衛星探査機MMXは、フォボスに着陸するローバを搭載する。このローバにはラマン分光計(RAX)が搭載され、フォボス表面の鉱物同定を行う。RAXは日本・ドイツ・スペインの共同開発機器であり、日本はラマン散乱励起用のレーザを集光する光学系と、その集光位置を調整する駆動機構を開発している。本研究では、2024年の打ち上げに向け、宇宙機搭載用試験を行う試作機(エンジニアリングモデル)の製造を行った。

13. はやぶさ2探査機の得た画像に基づく小惑星リュウグウの表面年代推定

はやぶさ2探査機が小惑星リュウグウで得たクレーターの統計分布から、リュウグウの表面年代を推定する研究が行なった。リュウグウの東半球と西半球では年代が異なる可能性や、リュウグウの赤道はおおよそ3000万年の年代を持つ可能性、およびリュウグウが約700万年前に地球近傍軌道に入ったことが明らかになった。

14. 月初期における火成活動史解明に向けたマグマ組成の調査

月のマグマオーシャンの固化とその後起こったマンツルの再溶融に至る、月初期の熱進化については未だに解明されていない。本研究は近年発見された、太古の時代のマグマ貫入の痕跡と考えられる線状の重力異常(LGA)に着目し、貫入岩路頭の探索とマグマ組成の調査から、月の冥王代とも言える時代の火成活動の復元を目指すものである。昨年度は、これまで行ってきた貫入岩路頭の探索のための解析領域選定とデータ収集・整備が完了した。それらのデータを用いて、昨年度まで進めてきた3箇所の解析に加えて、さらに4カ所の線状重力異常に対して、線状重力異常を作った月初期のマグマ貫入イベントの後に形成されたと考えられるクレータ周辺で貫入岩路頭の探索を行った。貫入岩探索のために、前年に開発した、スペクトルデー

タから玄武岩質岩石を同定するための手法を適用した。具体的には、アポロサンプルのスペクトルデータベース(RELAB)にもとづいて、月面に存在する岩相のなかで玄武岩のみが持つスペクトル特徴を玄武岩指標として抽出するものである。その結果、今回解析したすべての領域で高FeO領域が小面積で発見されたものの、玄武岩物質と判定されるものは発見されなかった。4箇所の線状重力異常で、重力異常から推定される貫入岩の深さと大クレータの掘削深さは前者がやや深いと見積もられることから、大クレータの掘削で貫入岩が露出しなかった可能性が考えられる。

15. はやぶさ2データを用いた小惑星表層進化研究

炭素質小惑星は形成直後の地球に水と有機物を運んだ候補天体であることから、炭素質小惑星の地球軌道近傍への軌道進化過程とその間の物質変成過程を理解することは重要である。2019年2月22日(日本時間)に実施した小惑星リュウグウの試料採取を目的とした1回目のタッチダウンの反動により、リュウグウ表面の多くの岩石と岩石表面やその隙間に隠れていた大量の赤黒い微粒子が舞い上がったことが観測された。クレータとの層序学的な関係から、赤黒い物質はリュウグウの表層数メートルの厚さで全球的に存在していること、それらは過去のある短い期間にリュウグウ表面物質が、太陽に焼かれることで変質してつくられたことが分かった。この結果は、リュウグウが一時的に現在よりも太陽に接近する軌道にいた可能性を示唆している。タッチダウンで観測された赤黒い微粒子は、この太陽接近の際に変質をうけた物質が破碎されたものであると考えられる。着陸地点の表面には赤黒い物質だけでなく、変質をうける以前の青白い物質も存在していることから、変質をうけていない物質と変質をうけた物質の両方の物質が採取されたと期待される。この研究は、リュウグウが緩く堆積した流動し易いラブルパイル構造であることと、リュウグウの公転軌道の太陽距離が短期間に変動し得ることを示しており、惑星形成や地球に水や有機物をもたらす過程での力学進化の理解につながる重要な成果である。

16. 地球と火星の比較に基づく惑星電磁気圏環境に固有磁場強度が与える影響に関する研究

惑星周辺の宇宙環境(電磁気圏環境)は、惑星の固有磁場強度によって大きく異なる。本研究では、地球と火星の比較に基づいて、この固有磁場強度が変化したときに、電磁気圏環境や大気流出量がどのように変化するのかを調べた。その結果、地球からの大気流出がよりおこりやすい磁気嵐のタイプがコロナ質量放出由来のものであること、磁気嵐時には頻繁に低高度電離圏から効率よく大気流出が起こっていることなどがわかった。また、火星からの低エネルギーイオン流出を引き起こすメカニズムを明らかにするとともに、惑星の固有磁場が大気流出量に与える影響を制御しているのは、太陽風動圧と固有磁場の磁気圧の大小関係であることを明らかにした。

生命生存可能性をもつ(ハビタブルな)惑星の成立条件の理解に不可欠な、惑星の大気組成や表層環境を推定するために、固有磁場強度により大気流出がどのように変化するのか、確度ある推定を可能にすることが求められている。本研究の意義の一つは、最も研究の進んでいる地球電磁気圏研究で実績のある数値実験と観測データの比較解析手法を最新の火星探査データに応用することで、地球と火星の直接的な比較研究を可能にし、固有磁場強度を変数として惑星周辺の電磁気圏環境と大気流出の変化の様子を調べる手法を開拓した点にある。今後、火星から地球サイズの惑星が大気を保持しハビタブル環境を持つ条件の研究等に応用が期待される。

17. International study of responses of atmospheric escape from Mars against extreme solar events

火星は約40億年前には海をたたえたハビタブルな環境を持ち、その後の進化の過程でそれを失ったと考えられている。惑星表層環境を規定する重要な要素である水や二酸化炭素などの揮発性物質の進化を理解するためには、太陽活動に伴って宇宙への大気の散逸がどのように変動するか、を理解することが必須である。本研究は、太陽風から惑星の電離圏までをシームレスにシミュレーション可能な独自の数値実験モデルを軸に、米国NASAの火星探査機MAVENチームとの密接な国際共同研究を実施することにより、火星からの大気散逸が過去の太陽で頻発したと考えられている極端な太陽変動にどのように応答するか、の解明を目指している。特に、MAVEN Participating Scientistとしての国際連携を更に発展させ、MAVEN計画の科学責任者、副責任者の研究協力を得て各観測機器との共同研究の調整・実施するとともに、国際共同チームにより観測と数値実験の比較データ解析共同研究を推進し、国際共同研究を強化する計画である。

研究計画第3年度である令和2年度には、MAVENの科学チームで主導的な役割を果たしている研究協力者の所属機

関への若手研究者の派遣等を計画していたが、新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大に伴い、海外渡航を伴う全ての研究活動を延期した。海外の研究協力者との共同研究はオンラインツールを用いて限定的ではあるが継続し、火星誘導磁気圏におけるイオン高速流や超高層大気での大気波動等について、MAVEN衛星データ解析等に基づく研究結果を論文として出版するなど、研究を進めた。今年度実施できなかった国際交流研究については、来年度以降にコロナ禍の状況を鑑みながら、安全性にも留意して実施する予定である。

18. 初期太陽系Al-Mg年代学の再検討

コンドルールに対する新たなアルミニウム-マグネシウム (Al-Mg) 年代データを得るため、始原的なLコンドライトである Northwest Africa (NWA)7936隕石から新たにコンドルールを切り出し、鉬物分離を試みた。しかしながら、保有している隕石チップからは直径数ミリメートル以上の大きなコンドルールが回収できず、鉬物分離後に回収された試料は、誘導結合プラズマ質量分析 (ICP-MS) に必要な量に達しなかった。そのため、残された研究期間を考慮して、新たな分析は今後の研究にゆだね、今回は、既に得られたデータの詳細な吟味と、既に公表されている関連論文のレビュー・検証を通じて、初期太陽系におけるアルミニウム26 (^{26}Al) の分布 ($^{26}\text{Al}/^{27}\text{Al}$ 比の均一性・不均一性) に関する現時点における知見の正確な評価をおこない、今後の研究の進展に資することとした。本研究での分析結果によると、このL3コンドライト中のコンドルールのMg同位体比 ($^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$) は地球のMg同位体比と比べて非常に低い値 (-10から-20 ppm) を持つ。この結果から推定される太陽系の初生 ($^{26}\text{Mg}/^{24}\text{Mg}$) 比は、太陽系内での ^{26}Al の壊変による ^{26}Mg の増加を考慮すれば、この値よりもずっと低くなければならない。これは、 ^{26}Al 分布の「均一性」を仮定した場合の太陽系初生値 (-38 ppm) と整合的である。一方、 ^{26}Al 分布の「不均一性」を示唆する論文が公表されているが、不均一であると結論するには慎重な吟味を要する。なぜなら、論文で用いられている難揮発性包有物 (CAIs) の鉛-鉛絶対年代に不自然なばらつきがあり、CAIのデータの取扱い如何によっては結論が変わり得るからである。コンドルールのPb-Pb年代データはまだ不足しており、最終的な結論を得るには、複数のラボによる今後の検証を必要とする。本年度は、他に、太陽宇宙線の影響が示唆されるCAIについて、Al-Mg年代データを含む論文 (共著) を公表した。

19. 太陽型から地球型への星間ダストの変身

「太陽型ダスト」から「地球型ダスト」への星間ダストの変身を担った太陽系最初期の化学過程 (地球型ダストの誕生) に注目し、太陽系最初期のケイ酸塩・酸化物ダストとガス (H_2O , CO) との酸素同位体交換反応の速度やメカニズムを実験で決定し、酸素同位体交換に必要な原始惑星系円盤の物理化学条件を定量的に決定することをめざす。非晶質フォーステライトと CO ガスとの酸素同位体交換実験をおこない、二次イオン質量分析計による酸素同位体分析により、同位体交換速度が H_2O ガスとの交換に比べて小さいことがわかった。交換速度が小さい原因は、非晶質ケイ酸塩中での拡散ではなく、表面での同位体交換反応が H_2O と CO で異なり、 CO の交換効率が低いためであることが明らかとなった。また、鉄の入った系での酸素同位体交換を解明する前段階として、合成した非晶質Fe-Mgケイ酸塩について、結晶化実験をおこない、 FeO の入った非晶質かんらん石は非晶質フォーステライトに比べて、結晶化速度が大きいことや活性化エネルギーが小さいことを明らかにした。これらの実験事実について、構造への FeO 成分の固溶による粘性低下による可能性を議論した。

20. 太陽系形成時の化学環境の解明

地球外有機物の精密分析と再現実験により、太陽系形成時の初期化学状態を解明する。小惑星起源の隕石、彗星起源と考えられる惑星間塵、また、「はやぶさ2」が2020年末に持ち帰るC型小惑星リュウグウ試料中の有機物の総合分析をおこない、元素 (炭素、水素、酸素、窒素、硫黄) ・同位体組成、分子構造などを決定する。これらの有機物は原始太陽系円盤形成時につくられた後、原始太陽系円盤や小天体で熱や光、水によって変質し、現在の化学状態になっている。地球外有機物と共存する鉬物から、それらの有機物が経験した変質過程を推定し、変質前の太陽系最初期有機物の化学状態 (元素組成、分子構造、同位体、物性) を制約する。星間氷への光照射を模擬した光化学反応有機物形成実験、および原始惑星系円盤や小天体条件での有機物やケイ酸塩の変質実験をおこない、太陽系最初期有機物ならびにその形成と変化を再現する条件 (特に有機物の材料となる分子種とそれらの存在比。これらは惑星系形成領域の観測で多様性があることが知られている) を明らかにする。2020年度は、「はやぶさ2」カプセル回収から試料確認まで無事に遂行し、また、2021年度から始まるリュウグウ試料分析に向けた準備作業をおこなった。また、光化学反応実験については、有機物の生成効率を上げるため、新たな光化学反応装置の設計をおこなった。既存の装置をベースに、マイク

ロ波放電重水素ランプを用い、氷への紫外線フラックスを上げ、試料作成に要する時間を短縮することをめざす。四重極型質量分析のイオン化法を電子衝撃から、光イオン化に変更し、分子の分解を抑制し、氷から放出される分子の特定を容易にする。

21. 隕石中の難揮発性包有物の形成速度論に基づく太陽系最初期の物理化学環境解析

太陽系形成の最初期に内側太陽系で高温ガスからの固体凝縮プロセスや加熱による固体溶融プロセスがあったことは、始源的隕石中の難揮発性包有物 (CAI や AOA) の存在から明らかである。惑星材料物質が経験したこの高温プロセスは、原始星や原始惑星系円盤の天文観測でも観測されておらず、その物理化学環境はいまだにはっきりとしない。本研究では、難揮発性包有物の同位体岩石学・鋳物学的研究に、室内実験による難揮発性包有物の再現実験を組み合わせ、太陽系最初期の高温プロセスの物理化学環境を定量的に制約する。蒸発による元素分別がある開放系での CAI 結晶化挙動から、CAI 形成場の水素圧力を制約することを目的におこなっている低水素圧下での CAI 模擬物質の溶融・結晶化実験では、新たな出発組成による実験を開始した他、二次イオン質量分析計によるマグネシウムの同位体分析により、蒸発、拡散、結晶化過程を同位体岩石学の視点から議論した。水素圧を変えた実験から、メリライトリムをもつ type B CAI の形成水素圧が 10^{-4} bar 以上、リムをもたない type B CAI の形成水素圧が 10^{-6} bar 以下、両者の境界が 10^{-5} bar 程度であることが明らかとなった。また、CAI 形成場のガス化学組成の制約を目的に type B CAI メルトと一酸化炭素ガスとの酸素同位体交換実験を開始した。H₂O ガスとの酸素同位体交換反応に比べて、反応速度が遅い可能性を示した。

5.3 地球惑星システム科学講座

1. サンゴ礁海岸保全モデルの開発

熱帯・亜熱帯のサンゴ礁海岸を保全するための水理モデルは、サンゴ礁縁での砕波という乱流過程を含むため、これまでのモデルの適用が難しい。さらにサンゴ礁の形成や砂礫の供給は生物過程、ビーチロックの固化は化学過程であり、これらの過程を組み込んだモデルの構築が必要である。近年、海岸開発や地球温暖化によってサンゴ礁生態系が破壊され、海岸や島々が水没してしまうことが危惧されている。しかしながら、サンゴ礁の生態系の保全と海岸の保全をつなぐモデルがないため、物理的な水理モデルだけにに基づく海岸保全は、サンゴ礁に特徴的な砂礫供給メカニズムと水理条件を阻害してしまい、自然の海岸保全能力を損ねてしまう恐れもある。

こうした点をふまえて本研究では、野外調査、水槽実験とシミュレーションによって、サンゴと有孔虫の砂礫供給を波浪などの環境条件によって見積もる砂礫供給モデルと、サンゴ礁縁の砕波によってつくられるサンゴ礁内の波・流れ共存場を再現する水理計算モデルを構築し、これとサンゴ砂礫供給モデルを連動したサンゴ砂礫移動堆積モデルを開発した。さらに堆積した砂礫の固化メカニズムを明らかにした。

このモデルは、サンゴ礁海岸の保全策に適用することができる。さらにサンゴ礁とその砂礫だけからなる遠隔離島海岸や、海面上昇によって水没の危機にある太平洋の島嶼国、環礁国に適用することができる。

2. 海洋生態系の酸性化応答評価のための微量連続炭酸系計測システムの開発

本課題の目標は、小型・省電力で、長期に安定的に微量・連続試料のアルカリ度をフロー系で計測するシステムを開発することである。開発するシステムの目標性能は、以下の通りである。1) 精度・確度は、滴定と同等の ($2000\mu\text{mol kg}^{-1}$ に対して) $2\mu\text{mol kg}^{-1}$ 。2) 1mL min^{-1} のフロー中で酸を加え、応答時間5分以内 (試料量にして 5mL) で計測する。3) ブイに搭載して1ヶ月自動運転する。消費電力は 40W 以下、重量は 5kg 以下。4) pH (± 0.002 、 CO_2 ($\pm 2\mu\text{atm}$)、全炭酸 ($\pm 2\mu\text{mol kg}^{-1}$) と組み合わせ、海洋の炭酸系と群集代謝を精密に決定する。

上記目標性能を達成するために、以下の開発項目の解決をはかる必要がある。A) 微量計測：微小電極の開発。マイクロポンプの導入。B) 省電力・小型化。C) 安定計測：電極の安定性を高める。ドリフト対策。D) 実海域への適用：電源ユニット。ブイシステム。E) 標準海水の作成・維持：2次標準試料の作成・維持。

3. 海洋生態系に対する海洋酸性化の影響評価・緩和・適応

本研究の目的は、サンゴ・海藻の共役効果による酸性化緩和策を実証して、モデル化することである。沖縄県恩納村では、地先のサンゴ礁でサンゴと海藻類の養殖・生産を行って、互いの生産を上げている。光合成で生産された海藻

は、海産物として陸揚げされるから、その場には光合成の効果だけが残る。酸性化緩和策における、生産された有機物除去の課題は、生産された海藻の生産として、経済的な価値に変わる。恩納村におけるサンゴと海藻の生産は、海洋の炭酸系を介した共役効果である。恩納村漁協は経験的に両者の生産が共役していることを知っているが、本研究はこれを生物地球化学的に実証・評価する。実証と評価は我々が開発した現場型のpH-アルカリ度計を用いて計測する、実証のための物理化学モデルは、米国のハワイにおいて構築されたものを適用する。本研究は米国とフランスの研究者と共同で行い、それぞれの地域（米国のハワイ、フランスのレユニオンとマヨット）のサンゴ礁において、同様の効果が認められるかを検証し、さらに海藻の水産物としての経済効果を見積もる。共役とその経済効果の検証に基づいて、サンゴと海藻の生産という経済効果を伴う、海洋酸性化の緩和策を「恩納村モデル」として、米仏のサンゴ礁とトンガのサンゴ礁に適用し、世界に発信する。

4. 環境水中のナノ・マイクロ粒子の実時間測定法の開発と応用

前年度に引き続き、物性・粒径・数濃度の同時定量が可能な粒子分析法である「複素散乱振幅の測定技術」の開発・改良を行った。複素散乱振幅とは粒子による散乱波の振幅と位相シフトを表す複素パラメータである。複素散乱振幅測定は、前処理を介さずかつ非破壊・非接触で粒子の物性（複素屈折率）の同定が可能であるため、大気・海洋・雪水中の粒子状物質（有機物粒子・生物粒子・金属粒子・微細気泡など）の広域的・長期的な動態調査への応用が期待される。流体中の単一粒子の複素散乱振幅のインライン測定技術は、自己参照干渉法(Self-reference interferometry)という新たな干渉光学系の発明によって実現可能となったが、測定の誤差解析と最適化のプロトコルは未確立であった。本年度は、自己参照干渉法を用いた複素散乱振幅測定法の原理を記述する理論式群を従来研究よりも大幅に一般化し、その結果を用いて、設計段階および運転中に複素散乱振幅の測定誤差や測定分解能を予測・制御することを可能にし、ビームパラメータと測定粒径範囲の関係を明らかにした。具体的には、流路幅が有限であることにより光軸上の粒子座標が分布を持つことによる干渉信号への影響を予測できるようにし、さらに、実際のビームウエスト径/粒径の条件下で、ガウシアンビーム波を平面波で近似することによる系統誤差を理論的に評価する方法を開発した。粒径範囲0.2 μm -5 μm のポリスチレン粒子・シリカ粒子を用いて、実際の装置の複素散乱振幅測定性能を評価した。

5. 地質時代境界事変のペースメーカーとしての天文周期

顕生代過去5.6億年は化石の絶滅や出現から100の地質時代(階)に区分されるが、階境界の原因論については議論が続いている。階境界の8割が地球軌道離心率の100万周期の極大や極小に対応する事を見出したが、日射変化としてより顕著な2万年から数100万年の地軸傾動や離心率変動と時代境界の関係は不明であった。そこで欧州浅海層及び本邦深海層の地質時代境界からモンスーンを反映する陸域風化度や海洋酸化還元度を推定し、化石記録と比較することで、地球軌道変化が地球環境や生態系へ与えた影響を解明する。本年度は浅海層や深海層の地質時代境界を対象とした微化石層序や化学分析を行い、本研究目的である日射変化としてより顕著な4万年から数100万年の地軸傾動や離心率変動と時代境界の関係を検討した。日射の影響の増幅機構の仮説として、陸域湿潤化による植生拡大が水循環を加速し、さらに湿潤化する湿潤フィードバックが働いた可能性や、海洋貧酸素化により堆積物中のリンが溶出し、さらに栄養塩が増加してさらに貧酸素になる貧酸素フィードバックが働いた可能性もある。これらの影響の長期的蓄積は、炭素循環を介して気候や生態系へも影響しうる。そのため、欧米及び本邦の浅海層と深海層において地質調査を行い、岩相変化から生物生産や風成塵堆積速度、底棲生物活動を検討すると共に、それらの周期解析によりミランコビッチサイクルの影響の検出を試みた。三畳紀から白亜紀の深海層から放射虫などの微化石の抽出および同定を行い、古環境記録との比較から環境変化の生態系への影響を検討した。現在、これらを制約として物質循環モデルにより地球表層で日射の影響を増幅したメカニズムについて検討すると共に、化石記録と比較することで、地球軌道変化が地球環境や生態系へ与えた影響を検討している。

6. 史上最大の大量絶滅事件と海洋無酸素事変を境に変化した海水化学組成の実態解明

令和2年度は、研究環境の整備、野外調査試料採取、堆積岩サンプルを用いた鉄化学種の分析、論文の投稿を行った。研究環境を整備するために、代表者が保管している遠洋環境を記録した堆積岩の試料をリスト化、再度ラベリングした。このことにより、今後の分析対象サンプルの選別と国内外の研究機関への輸送が効率化する。

京都府福知山周辺に位置する兎原セクション（ペルム紀-三畳紀境界）と足谷セクション（前期三畳紀）を対象に野外調査を行った。限られた時間内ではあったが、層序の観察と無酸素海洋を記録する黒色粘土岩層の分布について成

果が得られた。また、神奈川県立生命の星・地球博物館において、同館に保管されているペルム紀-三畳紀境界を記録する炭酸塩岩コア試料を観察し、一部を分割採取した。

ニュージーランド北島より採取したワイヘケセクション（ペルム紀-三畳紀境界層）のサンプルを粉末化し、希塩酸処理による鉄元素溶解処理を行った。得られた溶液を分光光度計で分析し、二価鉄と三価鉄の濃度を測定した。このデータを基に、黄鉄鉱の酸化による鉄元素（loosely crystallised Fe）の濃度を定量評価した。また、同セクションから得た岩石切断研磨面と薄片の観察により黄鉄鉱の酸化された箇所がある傾向を確かめた。ワイヘケセクションの地球化学分析結果をまとめ、論文を作成した。国内の研究者、英国リーズ大学グループとオンライン会議による議論を重ね、内容を改訂した。完成した原稿を国際誌Global and Planetary Changeに投稿した。

7. 初期地球における大気-海洋-生態系相互作用による地球システム進化に関する理論的研究

地球史初期の還元的な大気条件において形成され得る「炭化水素のもや」に注目し、もやの形成が当時の地球環境および大気組成、それらの変遷についてどのように影響していたのかを理論的に明らかにすることを試みた。これまで開発を続けてきた太古代前期の無酸素条件における大気光化学-海洋微生物生態系-炭素循環結合モデルを改良して検討を行った結果、酸素発生型光合成生物が出現した太古代後期の微好気的な地球環境条件における気候および生物活動の応答を明らかにすることに成功した。さらに炭化水素のもやが形成する大気条件における海洋微生物生態系の挙動およびそれに伴う大気光化学反応系の応答を詳細に解析し、そのような条件における海洋微生物の基礎生産が電子供与体（水素、一酸化炭素）の大気における生成率の変化を介して安定化されることを明らかにした。この安定化作用はとりわけ酸素発生型光合成生物の出現後の微好気的条件下で強くはたらき、もやが形成されても環境を安定に保てること分かった。これらのモデルから得られる平衡状態における大気の鉛直構造の計算結果をもとに、大気の鉛直構造を簡易的に考慮した地球システムモデルの開発も進めた。このような理論モデルはこれまでなく、今後は酸素濃度の上昇過程や炭化水素のもやの形成などの太古代後期～原生代における大気環境の変遷と海洋微生物生態系の共進化といった時間発展問題への展開を検討する。

8. 顕生代における植物の陸上進出と大気酸素濃度変動への影響

顕生代（約5億4100万年前～現在）における陸上植物の出現と進化は、それまで海洋でのみ生産されてきた有機物の堆積物への埋没作用に加えて、陸上においても有機物が生産されて埋没するようになったことで、顕生代を通じた大気酸素濃度の収支や変動に大きな影響を与えてきたはずである。しかし、従来の酸素濃度進化推定に用いられてきた炭素・硫黄循環結合モデルでは、陸上及び海洋を区別した有機物埋没フラックスの復元はされておらず、その影響を評価できなかった。そこで、陸上淡水環境と富酸素海洋環境における堆積物中の有機炭素と黄鉄鉱硫黄の比（C/S比）の違いを利用して、モデルから推定される全球的な有機炭素と黄鉄鉱硫黄の埋没フラックスの比から有機炭素埋没フラックスの陸上起源と海洋起源の分離を行い、それらの時代変化と大気酸素濃度変動への影響について調べた。不確定性の大きいモデルパラメータや初期値等の影響はモンテカルロ計算で考慮した。その結果、陸上起源の有機物埋没フラックスは、陸上植物の出現からだいぶ遅れて、シルル紀～デボン紀における維管束植物の出現や最古の森林の発達ともなって、ようやく有意な割合を占めるようになったことが分かった。また、石炭が多産する石炭紀後半からペルム紀前半において地球全体の有機物埋没の大半を占めるほど大きくなる一方、大量絶滅が生じたデボン紀末のフラニアン期／ファメニアン期境界（F/F境界）やペルム紀／三畳紀境界（P/T境界）において極端に低下する、といった特徴的な変動が示された。一方、海洋起源有機物の埋没フラックスに関しては、大規模で長期間にわたる海洋無酸素イベント（OAE）が発生したF/F境界やP/T境界で有意に増加していたように見える。顕生代における大気酸素濃度は、カンブリア紀～オルドビス紀は海洋起源有機物の埋没フラックスの影響下で変動していたが、シルル紀～デボン紀及び石炭紀～ペルム紀にかけては陸上起源有機物の埋没フラックスが支配的となり、それ以降は陸上及び海洋起源有機物の埋没フラックスの影響で変動してきたことがわかった。

9. オーストラリア・アジアテクトイイベント：衝突地点・様式・規模の解明

東南アジアからオーストラリアに分布することが以前からよく知られていたオーストラリア・アジアテクトイの起原と考えられる約80万年前の大規模衝突イベントの実態解明に迫るため、天体衝突によって放出された衝突起源物質の堆積層（イジェクタ）を特定し、その層厚分布から衝突地点の推定を試みた。昨年度は新型コロナウイルスの影響で海外調査を実施することができなかったものの、これまでの調査によって採取した岩石試料を分析し、インドシナ半

島陸上においてこの衝突イベント起源のイジェクタ層を初めて特定し、同様のイジェクタ層がインドシナ半島広域に分布していることを明らかにした。また、タイ・ベトナム・カンボジア・ラオスの20地点で行った野外調査で取得した試料に基づき、テクタイトを含む角礫層とそれを覆うシルト～砂層といった共通した層序が側方に連続して広く分布していることを明らかにした。とりわけ、イジェクタと考えられる角礫層の層厚はラオス南西部に向かって増大し、最大9 mを越える厚い角礫層を発見した。この層厚分布から衝突地点がラオス南西部Bolaven Plateau付近であることを明らかにした。そのほか、層状テクタイトの産状を詳細に分析し、それが衝突地点近傍に落下したと急冷メルト物質が地表面に落下した衝撃で破砕されたものであることを示した。

10. 高分散コロナグラフによる系外惑星大気の探索

近年、太陽系外惑星の生命探査に向けた動きは急速な進展を見せている。これをさらに推し進め、地球サイズの岩石惑星にて水や酸素を検出するためには、次世代大型望遠鏡における直接撮像装置が必要である。その試験機でもある、すばる望遠鏡にて開発している分子検出プロジェクトREACHを用い、世界で初めての手法で直接撮像系外惑星の大気科学を行い、生命探査への手法の実証を行う。REACHは大気検出で実績のある高分散分光にコロナグラフを組み合わせたHDCといわれる手法を実現する装置である。REACHを用いHDCをサイエンスベースで行い、惑星大気の熱化学平衡からの破れや自転や惑星風の検出などを測定することをめざす。本年度は、この観測装置「REACH」の科学観測を開始した。また、ホットジュピターにおいて、いくつかの新しい分子を検出した。

11. 系外惑星マッピングの手法

宇宙からの直接撮像が可能になる将来、どのように地球型惑星のキャラクタリゼーションを行うことができるかはアストロバイオロジーの主要な課題の一つである。私は、以前、光度変動に逆問題を適用することで惑星表面の二次元分布を推定できるSpin-Orbit Tomographyを提唱した。本年度は、機械学習技術をSpin-Orbit Tomographyに応用することでその適用範囲を大幅に拡張することに成功した。

12. Exo JASMINE

公募型小型衛星JASMINEを利用した系外惑星探査計画Exo JASMINEを主導している。本年度は、検出器のシミュレーションやExo JASMINEチームでのサイエンス検討等を行い、2028年打ち上げにむけたさらなる準備をおこなった。またTESS衛星でのdipper探査等、現在のデータでのサイエンス創出を行った。

14. 実験・分析・分析から探る星周ダストの形成・変化・変質

星間・星周ダストの形成を理解するために、任意の組成のガスの凝縮を模擬し、高温から低温まで基盤温度を制御できる実験をおこなうことを目指している。本年度は、電子銃加熱を用いることで広くガス組成をコントロールすることを可能にした電子銃加熱式の真空装置(MBE装置)をあらたに設計・製作した。最大で4元のガス源を設置できる設計とし、まずは単純な系での実験をおこなうため、2つの電子銃ガス源を備え、MgOおよびSiO₂をガス源とした凝縮実験をおこなうことができる装置を製作した。基盤は冷却可能にし、まずは100°Cから液体窒素条件までで実験をおこなう準備を整えた。装置製作の遅れにより、性能試験は次年度とする。誘導熱プラズマ(ITP)装置は、高温の熱プラズマ中で出発試料を蒸発させ、急冷させてナノ粒子を凝縮させることができ、出発試料の組成が比較的任意にコントロールできる特徴をもつ。ITP装置(JEOL TP-40020NPS)を用いて、Al-Ca-Mg-Fe-Ni-Si-O-S系で組成を変化させての凝縮実験を進め、凝縮物の結晶構造をX線回折装置(XRD)および透過型電子顕微鏡で分析した。成果の一部は国内外の学会で発表した。なお、代表者の異動に伴い、ITP装置は京都大学から東京大学に移設し、現在立ち上げの準備を進めている。

5.4 固体地球科学講座

1. 世界の沈み込み帯における低速&高速地震のダイナミクスの解明

南海沈み込み帯のテクトニック微動から合成低周波地震を作成し、マッチドフィルター解析によって100万個オーダーのイベントを抽出した。これをスタックすることで、震源から100秒から10ヘルツまで連続的なシグナルが出ていることを証明し、スロー地震が地震学観測帯域では広帯域現象であることを解明した。

巨大地震のすべり分布と余震の分布を統一的に推定する手法を開発し、世界の四大巨大地震に当てはめた。余震がすべり領域の端に起こることが確認されたが、統計的な有意性の証明には至らなかった。

四国室戸沖の光ファイバーケーブルを使った分散型音響計測 (DAS) 実験データから、1000mの深海底を潮汐に駆動されつつ移動している海流の存在を検出した。通常の地震も含め極めて広帯域でシグナルを分析できる可能性を示した。

脆性・塑性遷移領域のレオロジーの不均質構造に温度依存性を考慮した物理モデルを構築し、観測により見出されていたスロー地震発生様式の深さ依存性を説明した。また断層面の非平面性と速度と状態変数に依存する摩擦則の効果を検討することで、遅れ破壊による余震発生の統計則の数値モデルによる再現に成功した。

スロー地震の1つである微動が潮汐応力によって誘発される過程を間隙流体の存在を考慮して物理的にモデル化した。モデルと観測値を比較した結果、微動が誘発される様式が流体によるダイラタンシーにより大きく変動することが分かった。

2. 低速変形から高速すべりまでの地球科学的モデル構築

南海トラフ・日本海溝において発生するスロー地震について、微動の地震波エネルギーレート、超低周波地震の地震モーメントレートを推定した。またサイズの小さな微動まで検出する手法を開発し、特に継続期間の長い活動についてサイズ分布の変化を調べた。これらのイベントのパラメータの地域性や時間変化について、二次元PCA震源モデルなどを用いて変化の原因を調べたメカニズムを考察した。またスロー地震が周波数帯域4桁に渡る超広帯域現象であることを波形重合解析によって証明した。ニュージーランド・ヒ克蘭ギ海溝沿いで発生する群発地震とスロースリップイベント (SSE) の活動を、地震活動統計モデル (ETASモデル) とGNSS座標時系列データを用いて精査し、この観察を説明する新しい群発地震誘発メカニズムを提案した。

大規模岩石すべり実験において、断層面にガウジを残して繰り返し実験すると、断層面不均質が増加し、プレスリップなしに高速破壊が生じることを明らかにした。トンガ海溝沈み込み帯において、2009年のM8.0浅部アウトラーズ地震直後の異常な地震活動変化を抽出した。また破壊伝播方向が反転する地震や、同時多発的に破壊する地震といった特殊な地震について解析を行った。

熱伝導率の温度・物質依存性が東北地方沈み込み帯の温度構造に与える影響を物理モデリングによって調べた。現実的な熱伝導率を考慮することで海洋地殻内の温度が数十度、また流体放出場所も深さ方向に最大10 km程度変化することが明らかになった。脆性塑性不均質断層モデルを、温度依存性を導入し、発生様式の特異な深さ依存性を説明した。

3. 定常的リソスフェア-アセノスフェア境界領域の支配要因

地球の表面を覆うリソスフェアとその直下のアセノスフェアの境界(LAB)は、地球内部からの熱放出と物質輸送を支配してきた領域である。地震波観測によって、現在の海洋下LABは、古い海洋プレートでは上限深度60-80kmに達することがわかってきた。LABの深度が上限に達するのは、古いプレートからの熱流量とアセノスフェアの対流による熱流束が釣り合い定常状態になっているためであると考えられる。本研究では、この定常的熱流束均衡が上部マン托ルの熱状態とマン托ル物質の熔融条件によって決まるという仮説「定常的LAB仮説」を複数地域でLAB近傍の物質から、LAB深度、それより深部の地温勾配、深部マン托ルのTp、水を含めた化学組成、それらの時間空間変化を解釈し、定常的情報を抽出した上で、地震学的情報もあわせて、この仮説を検証する。これまで研究対象としてきたモロッコ、東北日本、コロラド高原・リオグランデリフト産のマン托ルカンラン岩ゼノリスについて上記情報の抽出をさらに進めた結果、新たに、以下の二つの重要な発見があった。コロラド高原産ゼノリスは、ザクロ石を含むため60 km以深に直接由来すると考えられてきたが、ザクロ石の粗粒反応縁より、マグマに取り込まれる以前にザクロ石が不安定となっていたことが示唆される。その条件を詳細な反応縁の解析によって検討した結果、マン托ル物質は、ざくろ石安定領域からスピネル安定領域を経て斜長石安定領域 (25 km以浅) まで断熱的に上昇したことが判明した。

一方で、リオグランデリフト産ゼノリスは、スピネルを含み25-60 kmに直接由来すると考えられていたが、ゼノリスを切断する脈の詳細な解析により斜長石が広く産することがわかり、既に明らかとなっている加熱過程とあわせて、この地域ではマンツルの加熱を伴う上昇が起きていたことがわかった。以上は、典型的なLABの非正常性を有している。

4. 深部スロー地震発生と沈み込み帯の応力・温度分布に関する研究

沈み込み帯を含めた大断層における応力分布はテクトニクス分野における大きな未解決問題である。本研究では、西南日本に分布する沈み込み型変成岩類の微細組織を用いて古応力を推定する研究を開始した。今後、沈み込み帯の熱モデリングと岩石が経験した圧力温度の推定の組み合わせを用いて沈み込み帯における応力推定とその分布制約を試みる。

5. EBSDの新展開によって拓く断層岩の微細組織学

断層岩の微細組織を可視化する有効な手立が見つかっていない。そのため、スロー地震の発生メカニズムをミクロスケールの変形様式から理解することが困難な現状がある。本研究は、この空白を埋めるために、材料科学分野との共同研究によって新しい後方散乱電子回折法（EBSD）手法を地球科学分野に導入することを目指す。具体的な成果として既存のEBSD装置が広域マッピングができるようにアップグレードし、蛇紋岩について新手法を適応してみた。従来のやり方より鮮明な組織図を入手できた。

6. 高圧液体の挙動と初期地球進化

今年度は、高圧高温下における含水シリケートガラスと金属鉄の融解実験を行い、コア形成時に、金属とシリケート（コアとマンツル）間で水素がどう分配されたかを明らかにすることができた。さらに、地球の集積とコア形成を同時に扱ったモデルをたて、シリケート側（マンツル+地殻+海）に現在存在する水の量を残す場合、コアには3000から6000 ppmの水素が含まれているはずであることを突き止めた。地球外核の密度が液体純鉄よりもおよそ8%小さいことはよく知られている。上記の水素量はコアの密度低下の3割から6割を説明する。つまり、水素は地球コアの主要な軽元素である可能性が高い。今回得られたモデルは、同時に、地球以外の地球型（岩石）惑星・衛星でも、その質量が地球の10%を超えると、その金属コアに水素が大量に溶け込んでいる可能性が高いことも明らかになった。また、ケイ素は鉄合金中で最も高い不純物抵抗を示すことから、Fe-Si合金の熱伝導率は地球コアのその最低値を示すとされる。そこで、Fe-Si合金の電気抵抗率・熱伝導率の温度依存性を、内部抵抗加熱式のダイヤモンドセル装置を用いて、精密に測定することに成功した。その結果、地球コアの熱伝導率はその最上部において79 W/m/Kであり、今回の精密測定の結果も、コアの高い熱伝導率を支持する。従って、内核誕生以前のコアの対流は、熱的な浮力ではなく、化学的な浮力によって駆動されてきた可能性が高いことが明らかになった。その他、下部マンツルの主要鉱物、ブリッジマナイトやポストペロフスカイトの熱伝導率についても重要な成果が得られた。

7. CMB直下のP波速度構造推定及びその起源の解明～地震波形インバージョンの応用

外核最上部の構造推定に用いる地震波のフェーズはマンツル中の不均質構造の影響を含んでいるため、外核最上部の構造推定を行う際にはマンツルの不均質構造とのトレードオフを厳密に考慮することが望ましい。本年度、私たちは外核最上部の構造推定に向けて、マンツル中の不均質構造を適切に考慮するために、マンツル遷移層の3次元S波速度構造推定を行った。震央距離10~30度のS波トリプリケーションデータを用いてマンツル遷移層を含む深さ約300~800 kmの領域の3次元S波速度構造推定を行った。中米下のマンツル遷移層を推定対象として南米の地震、北米の稠密アレイ観測網のデータを用いた。大量のデータ(数万の地震波形記録)を用いて安定してインバージョンを行うため、特に震源・観測点補正方法、データの重み付け、逆問題の最適手法の改善を行った。その結果水平200 km鉛直50 kmの高い解像度でS波速度異常を解像し、この地域の複雑な海洋プレートの沈み込み様式の理解に貢献した(Borgeaud et al. 2019)。

8. 測地データを用いたプレート境界ダイナミクスの研究

プレート境界で観測される地殻変動や重力変化データを用いて、様々な時空間スケールの現象（潮汐、スロースリ

ップ、地震時変動、粘弾性変形、地震間変動、巨大地震の繰り返しが形成する地形等)の解明を目指している。研究手法として、理論モデリングに加え重力観測も独自に行っている。

2020年度は、巨大地震に伴う地震時地殻変動・重力変化のモデルにおいて3次元的な弾性定数の不均質構造を取り込んだ理論を開発した。また、南海トラフにおける絶対重力計による高精度重力観測を継続し、観測された重力変化が、スロースリップ域で流体移動が起きていると仮定した我々のモデルと矛盾しないことを確認した。大学院生とともに、石垣島地方気象台に設置した可搬型重力計による連続観測データの取得を継続し、スロースリップに伴う重力変化を捉えるためのノイズ補正手法の開発を行っている。修士研究として、2001-2005年に発生した東海地方の長期的スロースリップ中の重力変化、地殻変動に対して、茂木モデルを加えたインバージョンを行い、地質学的にあり得るような量の流体の移動を仮定すると双方のデータを説明できることが分かった。別の修士研究として、微動の潮汐応答の物理モデリングを間隙弾性体で定式化し、スロースリップ中の潮汐応答の観測結果から臨界すべり距離等を制約できることを示した。

9. 光格子時計の相対論的測地応用

2018年11月より始まった科学技術振興機構事業「クラウド光格子時計による時空間情報基盤の構築」の「相対論的測地応用グループ」の代表として、地震・火山減災のための光格子時計ネットワークによる国土環境監視技術の開発を継続している。光格子時計を用いて重力ポテンシャルの相対論的な変化を検出し、重力場のモデリングと組み合わせることで、GNSSよりも短い計測時間で地殻変動を検出することが可能になる。2020年度は、理研一本郷一厚木に設置された光格子時計間の静的な重力ポテンシャル差を求めめるために実施した水準、重力測量等の結果の不確かさを評価し、標高差に換算して概ね2cm程度以内で重力ポテンシャル差を見積もれたことが分かった。

10. ニュージーランドにおける巨大地震発生シミュレーターの高度化と性能評価

これまでの研究によって、2016年カイコウラ地震本震の破壊伝播過程の大局的な再現については成功しているが、10数枚におよぶ断層の個々の破壊過程については、未解明の問題が残されている。その中でも大きな問題となっていた、今年度は、最も活動性の高いホープ断層が、2016年のイベントではホープ断層はほとんど破壊せず、それに並走する別の断層が破壊した問題について、動的破壊シミュレーションによりパラメタスタディを行うことで、背後にある物理的な支配要因を検討した。ホープ断層の応力蓄積率を0%から100%の間で変化させて破壊過程に与える影響をシミュレーションにより調べた。その結果、応力蓄積率が概ね70%のところを境にして、それより小さなところではホープ断層が破壊しないのに対して、それより大きなところでは破壊することが分かった。この挙動は、物理的にはある敷居値を境に系の状態が安定状態(破壊しない状態)から不安定状態(破壊が生じる状態)へと変化する、ホップ分岐として理解できる。得られたシミュレーション結果は、地質学的調査に基づく地震発生履歴の推定結果とも調和的である。これはホープ断層が破壊しなかったのは前回の地震からまだ時間が十分に経過しておらず応力蓄積率が低かったことが原因であるとの仮説を指示するとともに、臨界的な応力蓄積率が70%程度であることも定量的に示したことになる。

また、臨時地震観測網のデータを用いて、マルボロ断層帯での微動震源の網羅的な検知と震源位置の決定を行い、カタログ化した。その結果、従来の定常観測網でおぼろげに捉えられていた微動減のクラスタの状況が詳細に明らかとなり、震源が横ずれ断層系と対応しているようであること、間欠的な発生特性を持つこと、2016年カイコウラ地震の後に加速したこと等が明らかとなった。

11. 超大規模シミュレーションで再現する大地震の動的破壊過程

高速領域分割法(FDPM)に基づく動的破壊伝播シミュレーションを用いた物理モデルの高度化として、2016年カイコウラ地震(ニュージーランド)地震について、破壊過程の複雑性を理解することを目的として、初期条件への鋭敏性を検討するためのパラメタスタディを行った。また、準動的地震シーケンスシミュレーションコードに、高効率なH行列法の汎用ライブラリであるHACApKを実装した。さらに本手法を用いて断層形状の複雑性を考慮したモデルにより余震の発生過程をシミュレートすることに初めて成功し、国際誌で発表した(Ozawa and Ando, 2020, JGR)。この成果は、本震と余震との大きな時空間スケールの違いと余震の数の多さの数値的な取り扱いの困難さを、大規模並列計算と高効率なHACApKの実装により乗り越えたことにより達成されたものである。また本コードの計算結果は、南カリフォルニア地震センターの実施する国際的なコード評価プログラムに投稿し精度検証された。

さらにH行列法をこれまでの静的問題から動的問題への適用を可能とするFDP=H行列のアルゴリズム開発を行い、3次元動弾性問題に対するグリーン関数の近似精度と計算・資源効率化の関係を系統的に調べた。その結果、本手法がこれまで確認されていた2次元動弾性問題のみならず3次元動弾性問題にも有効であることを示す結果を得た。また、この成果をベースとして、3次元動弾性波動問題を計算するアルゴリズムとHACApKの拡張部分を設計し、実装に着手した。

12. アメリカ西部変成コアコンプレックスの大陸地殻強度マッピング

大陸地殻の異なる深度で変形した天然の岩石試料を用いて変形構成則を構築することによって地球表層部の岩石強度プロファイルを明らかにすることを目的とした。主に岩石学・構造地質学的研究手法によって変形岩石試料の微細組織から変形時の各条件の推定を実施した。分析・解析した岩石試料セットは、アメリカ・ネバダ州の変成コアコンプレックスと三重県松坂地域の中央構造線から採取された変形した天然の花崗岩類である。2019年度まで測定・分析を実施してきた変成コアコンプレックスに加えて、2020年度は中央構造線の岩石試料の分析を重点的に進めた。岩石試料中の鉱物の変形メカニズムを推定するために必要な構成鉱物の結晶方位データは、2019年度に引き続き2020年度EBSD測定から収集された。これらの岩石中の結晶方位データに加えて、2019年度までに温度推定のために鉱物の化学組成データ(EPMA測定による構成鉱物の主要元素組成及びNanoSIMSによる石英中のチタン含有量の鉱物化学組成)が得られている。今後本研究課題によって得られたこれらデータセットに加え、すでに報告されている天然の花崗岩類の公表データとの比較・統合から大陸地殻構成岩類の変形時の各条件を推定することで、天然試料から地球表層部の岩石強度プロファイルの解明に重要な変形構成則の構築とそれらの公表を行う予定である。このほか実験的手法に加え、四国三波川帯及び関東三波川帯釜伏山周辺、九州・長崎変成岩類、アメリカ・カリフォルニア州ジェードコープ周辺、及びギリシャ・シロス島の野外調査と天然岩石試料の分析を実施し、沈み込み帯の上部マントル及びプレート境界を構成する岩石類に関して、岩石強度推定に貢献する結果が得られた。

13. 沈み込み帯ウェッジマントルにおけるアンチゴライト蛇紋岩の構造推定

沈み込み帯において沈み込むプレートの上方に位置するくさび形の上部マントル(wedge mantle, WMと呼ばれる)では、沈み込むプレートからWMに供給される水を含む流体によって含水することで、蛇紋石の一種であるアンチゴライト(antigorite, Atg)と呼ばれる含水鉱物が形成し、WMで広く分布することが予想される。そのため、含水化したWMの構造や物理的特性の理解には、WMでのAtgやAtgを含む岩石の特性や構造を明らかにすることが重要となる。これまで変形実験や天然の岩石試料中の観察・分析から、Atgの結晶軸はWMで強く配列する一方で、その結晶軸の配列パターンは複数種類存在している可能性が指摘されている。2020年度国内の複数地域において野外調査を実施し、天然のAtgを含む蛇紋岩試料を採取した。これら採取試料の室内分析を開始し、Atgの結晶方位測定を行っている。また国外で採取されたAtgを含む岩石試料の提供を受け、これらの結晶方位測定・分析を実施した。これらの異なる地域の岩石試料中のAtgの結晶軸の配列パターンを明らかにし、複数種類のパターンとそれらが見られる地域の地質・岩石情報を比較、コンパイルすることで異なる配列パターンが形成される成因を解明できる可能性がある。2021年度以降これらの国内外の複数地域からの採取試料の測定・分析と比較を継続して実施することで、複数種類存在するAtgの結晶軸の配列パターンの成因を明らかにする予定である。

14. 離溶磁鉄鉱の磁氣的性質に基づく火星磁場強度の推定

本研究では、斜長石中に含まれる離溶磁鉄鉱の磁氣的性質を用いて、形成初期における火星の磁場強度を推定する事を目的とした。研究期間内においては以下の内容を実施した。(1) 道志ハンレイ岩体・オマーンオフィオライト・ダールズ複合斑レイ岩体の岩石試料を単結晶まで破碎し、実体顕微鏡を用いて斜長石単結晶を採取、塩酸処理をして結晶表面に付着する鉱物片等を取り除いた後に各種の測定を行なった。交番磁場勾配磁力計を用いた斜長石単結晶試料の磁気ヒステリシス測定を行い、斜長石単結晶中に含まれる磁鉄鉱量を計算した。磁気測定に用いた斜長石試料を樹脂埋め・研磨した後に、電子顕微鏡を用いて斜長石中の鉄含有量を測定し、さらに、X線吸収微細構造測定によって斜長石中の鉄価数や配位環境の情報を得た。これらの測定により、斜長石単結晶中に含まれる磁鉄鉱含有量と鉄化学種の間係を得ることに成功した。(2) 各種実験装置(超電導磁力計、熱消磁装置、交流消磁装置)の設置・立上げ作業を行い、同装置を用いて斜長石試料の残留磁化着磁・段階消磁測定を行い、斜長石中の離溶磁鉄鉱の残留磁化獲得効率の計測を行なった。(3) Rhyolite-MELTSソフトウェアを用いてマグマ中から晶出する斜長石組成の計算を行い、その結果と項目1

で得られた斜長石中の磁鉄鉱含有量と鉄化学種の間係を用いて、火星地殻における斜長石中の磁鉄鉱量の見積もりを行った。斜長石中の離溶磁鉄鉱含有量および項目3で得られた離溶磁鉄鉱の残留磁化獲得効率の値から火星地殻の残留磁化獲得効率の見積もりを行い、人工衛星の観測値から得られている残留磁化強度の情報を用いて形成初期における火星磁場強度の推定を行った。

15. 超高压下における液体鉄の密度決定

地球の中心には固体金属の内核、その外側の液体金属の外核があり、ともに超高压高温下にある。従来より、液体鉄の密度は観測される外核のそれよりもおよそ10%大きいとされてきた。しかし、過去に高压下で行われた液体鉄の測定は衝撃圧縮実験によるものであり、誤差が大きいとされてきた。外核の密度が液体鉄よりもかなり小さいということは、外核には鉄に加えて軽い元素（水素や酸素など）が大量に含まれていることを意味している。この軽元素の種類や量を特定することにより、地球の成り立ち、具体的には地球を作った材料物質や、コアがマントルから分離した時の状態を知ることができる。しかしそれには、純鉄との密度差を正確に理解する必要がある。本研究では、レーザー加熱式ダイヤモンドセルを使った、静的圧縮法による超高压高温実験により、超高压高温下における液体鉄のX線回折データを測定した。さらにこれまでとは全く異なるアプローチの分析手法を開発することにより、超高压下における液体鉄の密度の精密決定に成功した。また、SPring-8のビームラインBL43LXUにおけるX線非弾性測定結果と合わせることで液体金属コアの全領域にわたる温度圧力条件での液体鉄の密度を明らかにした。今回得られた超高压下の液体鉄の密度は、地球の外核の密度に比べて約8%大きいことがわかった。内核の密度のことまで考えると、従来有力な不純物とされてきた酸素ではこの密度差を説明することができないため、水素など他の軽元素の存在が示唆され、コアの化学組成の見積もりに向けた重要な一歩である。

5.5 地球生命圏科学講座

1. 貝殻らせん成長メカニズムの解明：進化発生古生物学創成に向けて

本年度は以下の4つの項目の研究を主に行った。(1)成体殻と幼生殻に含まれる貝殻基質タンパク質(SMP)の系統学的比較、(2)Wnt促進剤を用いたWnt遺伝子の貝殻形成への関与の分析、(3)マイクロインジェクションによるクサイロアオガイ (*Nipponacmea fuscoviridis*) 胚への遺伝子導入の技術開発、(4) *L. stagnalis*の貝殻基質タンパク質(SMP)遺伝子の発現非対称性を利用した貝殻形成で重要なSMPの同定。(1)では二枚貝類のカキ (*Crassostrea gigas*) とアコヤガイ (*Pinctada fucata*) のそれぞれの成体殻と幼生殻に共通して含まれる3種類のSMPの系統学的比較を行った。その結果、軟体動物殻体に普遍的に含まれていることからこれまで古い起源(カンブリア紀)を持つと考えられていた炭酸脱水酵素ドメインを含むSMP(CA-SMPs)が、これら2種の種分化後というかなり最近になってから成体殻と幼生殻でそれぞれ独立にSMPとして進化したことを明らかにした。(2)では貝殻が形成されるトロコフォア期やベリジャー期に胚をWnt促進剤で処理することで生じる形態変異(貝殻がらせんに巻かず、小型で傘型の貝殻になる)が貝殻のら環拡大率の変化に起因すること、すなわちWntが貝殻成長におけるら環拡大率の制御に関与している可能性が高いことを明らかにした。(3)では、当初実験材料として想定していたヨーロッパモノアラガイ (*Lymnaea stagnalis*) の胚への遺伝子導入が極めて困難であることから、今年度新規に研究を開始した。すでに胚への顕微注入によりローダミン色素が胚に取り込まれることを確認した。(4)では、*L. stagnalis*の右巻系統と左巻系統の貝殻プロテオームの比較を行うための右巻系統と左巻系統の交雑実験を行った。

2. エディアカラの海での気候激変と動物進化の因果関係の解明

本研究は「全球凍結後の層状化海洋でのエサの増加が多細胞動物の進化を促した」という独自の仮説を検証するために、海綿・刺胞動物由来の痕跡を含む世界各地のクリオゲニア～エディアカラ系堆積岩を対象に多項目の分析を行うものである。

本年度はコロナの影響で海外調査を実施することはできなかったが、これまでオーストラリアとモロッコで採集した試料をもとに、詳細な組織観察と同位体分析を行った。オーストラリアからの試料では2つの成果があった。1つの目はスターチアン全球凍結前に堆積した蒸発性炭酸塩の鉱物組成と同位体を分析結果から、当時の海洋に隣接する場所で大規模なアルカリ水塊が発達していたことを明らかにした。もしこの水塊が日本海程度のサイズを持っていたならば、大気中の二酸化炭素を2割程度低下することになり、それにより全球凍結につながる寒冷化が起き

たとも考えられる。2つ目は、スターチアン全球凍結後の堆積物に含まれる「化石様粒子」を再検討したところである。この粒子には海綿動物特有の直径0.1mm程度の水管構造が認められるとされていたが、独自に行った3D構造解析からはそのような水管構造は確認できなかった。その代わりに、棘皮動物に見られる0.01mmサイズの細かい空隙があることがわかった。今後はこの空隙の特徴を詳細に調査し、「化石様粒子」の起源を論じていく予定である。

モロッコでは中期エディアカラ紀のカスキエス氷期に堆積した熱水成炭酸塩岩についての分析を行った。薄片観察により鉄酸化細菌がつくる構造に加えて海面骨片を類似した構造が確認された。すなわち、この熱水環境は大型動物の生息になっていたと思われる。全球凍結時にも同様の環境が存在したならば「生命の避難場所」として有力であると示唆される。

3. 放射性セシウム担体物質の諸特性に基づくその定量法の開発と汚染土等への適用

福島原発事故で放出された放射セシウム (RCs) の担体物質には、RCsを収着・固定した鉱物粒子と、破損した原子炉直接飛散した放射性ガラス微粒子 (CsMP) があるが、この2種類の存在比やその地域依存性などは未だ推測の域を出ない。本研究では、RCs担体物質の諸特性を詳細に調べ、その違いをもとに試料中のRCs担体物質の存在比を定量的に見積もる手法の確立を目指す。本年度は温塩酸処理 (100 mM、90°C、24時間) により、植物組織や農業資材 (不織布) の放射能へのCsMPの寄与が定量的に見積もれることを示し、これを論文として公表した。またCsMPの溶解速度がpHや共存するアルカリイオンにどのように依存するかをほぼ明らかにした。一方この手法を汚染土壌に適用した場合、一度温塩酸に溶出したRCsが土壌中の鉱物粒子に再吸着され、RCsの正確な定量化の支障となることが示唆された。次年度にこの問題の解決策を見いだす実験を実施していく予定である。また本年度より福島県飯舘村の表層土壌に含まれる粘土鉱物の種類及び性状を調べる研究を開始した。土壌中にはイライトやカオリナイト-ハロイサイトなどが多く見られたが、XRDにおいて約1.4 nmのピークを示す鉱物は、このピークの加熱温度依存性より二八面体型で層間に局所的にAl水酸化物層が形成されたHIV (Hydroxyl-Intercalated Vermiculite) であると考えられた。この鉱物粒子をTEM内で観察すると、組成として鉄が含まれ、その電子回折パターンは混合層鉱物の特徴を示した。また茨城県の土壌からも同様な鉱物粒子が検出されたため、このHIVは風成塵起源あるいは風成塵に含まれる鉱物が風化して形成された可能性が考えられる。今後この鉱物やイライトのCs吸着特性や酸処理による構造変化を明らかにしていく。

4. 日本海溝沿いの古津波履歴の解明

日本海溝沿いの沿岸部を対象として、以下の4段階の手順により調査研究に取り組む。①津波で堆積物が形成され、かつ高潮・高波では土砂堆積が起きないと考えられる地域を数値計算により事前探索し、地中レーダで地下構造を確認したうえで調査地点を決定する、②粒度・珪藻等の諸分析に加え、高潮・高波計算に基づき土砂分布限界を推定し、それを大幅に超えて分布する堆積物を津波堆積物として定量的に認定する、③高解像度放射性炭素年代測定を実施し、ベイジ理論を用いて統計的に優位な広域年代対比を行う、④津波土砂移動計算を行い波源及び沿岸部での津波浸水範囲・浸水高を推定する。本年度は、昨年度までに採取済みの日本海溝沿い各地の試料等を用いて各種分析を行うことで津波堆積物認定を行い、さらに放射性炭素年代測定により形成年代の推定を行った。また、津波数値計算により津波堆積物の数値的認定を行うとともに、津波規模を行った。また、これまでの研究の取りまとめも行った。まず、千葉県銚子市で行った調査結果に基づき、日本海溝南部における過去約3000年間の古津波履歴について査読付き国際原著論文として取りまとめた。また、2021年東北地方太平洋沖地震津波から10周年を迎えるにあたり、地質学的研究を踏まえた津波防災のあり方について、査読付き国際総説論文として取りまとめ出版した。青森県八戸市で行った古津波調査の結果についても、取りまとめを行っている。

5. レアアースのイオン吸着型鉱床の生成規制因子：スリランカでの気候帯や深度依存性から

今年度は、スリランカで得られた試料の希土類元素 (REE) 濃度が低かったため、高感度にREEの化学種を分析するために、高エネルギー領域でのXRF-XAFS法の開発を行った。SPring-8のBL37XUに導入された、40 keV以上のX線を100 nm程度まで集光できるKirkpatrick-Baez (K-B) mirrorを用いて作成したマイクロビームを用いて、REEのXRFマッピング・XAFS・局所定量分析を行った。この手法によってK吸収端・K線を利用したREEの分析に着目することで、L吸収端利用では主要元素の妨害を受けるREEの局所分布・化学種解析が可能になると共に、同じ試料に対して10 keV以下のK吸収端・K線 (鉄など) の分析が可能になった。このような広いエネルギー範囲を利用する場合、注意すべき点

がある。20 keV以上のX線の利用では高次光の影響はないが、20 keV以下のX線をSPring-8でのマイクロ/ナノXRF/XAFSに利用する場合、高次光の除去が必要となる。高次光除去にはX線ミラーを利用する 경우가多いが、20 keV以下と以上で高次光除去ミラーを抜き差しするとKBミラーに入るX線の位置が動くので、マイクロ/ナノX線と同じセットアップで利用できなくなる。さらにBL37XUでの37.7 keV以上および13 keV以下のX線の分光には、それぞれSi(111)面とSi(511)面は利用できない。そこで本研究では、40 keV以下と以上でそれぞれSi(111)の1次光および3次光を利用し、20 keV以下での高次光除去にはミラーを使用せず、二結晶のdetune（結晶の平行性への依存性が1次光と3次光で異なることを利用）で対応する手法を考案した。こうした工夫により、同じセットアップを用いて幅広いエネルギー範囲でのマイクロ/ナノXRF-XAFS実験を実現した。

6. ルビジウムの分子地球化学：分子レベルの物理化学的普遍性が生む多様な地球惑星科学

分子地球化学の重要な役割の1つに、元素の性質や化学反応特性に基づいて、化学種が変化する反応に着目することで新しい同位体ツールを開発することがある。これまで、ルビジウムイオン (Rb⁺) や他のアルカリ金属イオンは反応性が非常に低いという認識がされており、水-岩石相互作用におけるルビジウム (Rb) の同位体分別に関する研究は行われていない。しかし、層状珪酸塩との相互作用を考えると、アルカリ金属の反応性は低いとは言えない。実際に、広域X線吸収微細構造 (EXAFS) の分析から、セシウム (Cs) は2:1型層状珪酸塩 (パーミキュライト、モンモリロナイト、イライト) に内圏錯体として吸着されることが分かっている。この特異的な吸着構造はCsのイオン半径に起因すると考えられているため、Csとイオン半径に近いRbも層状珪酸塩上で内圏錯体を形成すると予測した。今年度は、天然環境でのRb同位体の分別現象を確認するために、河川水の溶存態および懸濁粒子のサンプリングを利根川で実施し、それらの試料についてもEXAFSでRbの存在状態を解析すると共に、MC-ICP-MSで $\delta 87/85\text{Rb}$ を測定した。化学反応性が低いRbにおいて地球表層で同位体分別が生じるのは、内圏錯体を形成する吸着反応のみとみなせるため、河川系でのRb同位体分別に着目した。実際に利根川の $\delta 87/85\text{Rb}$ は溶存態-懸濁粒子間で分別され、この同位体分別はイライトとパーミキュライトの室内実験系で観察された同位体分別と一致した。河川中の懸濁粒子は河口域でその大半が除去され、高い $\delta 87/85\text{Rb}$ 比を持つ河川水が海洋に流入し、海水中で新たな吸着反応を受けると考えられる。その結果、海水と海洋堆積物の $\delta 87/85\text{Rb}$ は、河川系と海洋系の両方における層状珪酸塩への吸着反応を考慮することで説明できる。

7. 超伝導転移端検出器を用いた高感度XAFS法による環境中の放射性核種の挙動解析

これまで蛍光XAFS測定では、エネルギー分解能のあるケイ素やゲルマニウムを素子に用いた半導体検出器 (SDD、SSD) で種々の元素のXRFや散乱X線を分離して検出し、高感度な分析を実現してきた。しかし、これらの検出器のエネルギー分解能は100-200 eV以上あり、多元素を含む環境・宇宙地球科学試料では元素間の干渉などで目的元素を検出できない例が多くあった。その場合、我々は分光結晶を用いて目的のXRFを分離する蛍光分光法を本課題でも実施してきたが、この方法は分光結晶の調整に多大な時間を要し、また対象元素を自由に選ぶことはできない。この点、TESは2-15 keVの範囲で極めて高い分解能 (6 keVで5 eV程度) でX線を同時計測でき、殆どの系で相互の干渉なく特定の元素のXRFを検出できる強力な検出器である。そのためTESは、環境・宇宙地球科学試料やそれ以外の様々な分野でのXAFS法の適用範囲を大きく拡大できる検出器であり、今後、放射光施設への常設などが大いに期待される。そこで、TESを用いた蛍光XAFS実験をSPring-8 BL37XUで行った。TESとしてNIST製の240素子 (X線吸収体はビスマス) の検出器を用いた。TESはビームタイムの10日前から冷却試験を行い、TESの環境および性能評価試験をリモートで実施し、ビームタイムの開始に合わせて極低温 (~70 mK) で計測を開始した。総計数率の上限が2000 cps程度であるため、試料に入射するX線の強度を調整し、検出器に入るXRF・散乱X線強度をその制限以下に抑えた。XAFS測定に当たっては、~2 keV以上のX線パルスを素子ごとに保存し、波形に最適化フィルタをかけて各パルスのX線エネルギーを決め、各エネルギー当たりの単位時間当たりのパルス数を得た。今年度はこの検出器特性を明らかにするために、その基本的な特性評価を行った。

8. 先端的XAFS法と同位体分析を用いたエアロゾル中の有害元素の起源および動態の解明

亜鉛 (Zn) は、沸点が低く加熱時に気化しやすいため、エアロゾル中に最も多く存在する遷移金属である一方、過剰摂取による有害性や海洋プランクトンの制限因子であることなどから、大気中の亜鉛の挙動は重要な研究対象である。亜鉛の発生源としては、精錬所や自動車などからの排ガスや摩耗したタイヤ起源の粒子などがあり、これらは異

なる化学種をとる可能性が高い。このようなことから、Zn化学種とZn同位体比は、大気中の亜鉛の起源、輸送途中で受ける化学プロセス、沈着後の挙動などに重要な情報を含むと期待される。そこで本研究では、粒径別に採取されたエアロゾルについて、X線吸収微細構造 (XAFS) による化学種解析とZn同位体比測定により、大気中の亜鉛の起源と挙動を詳細に考察する。このうち今年度は主に化学種に基づく検討を進めた。エアロゾル試料は、つくば市 (季節別) 及び広島県呉市の休山トンネル内でアンダーセンタイプエアサンプラーを用いて粒径別に採取した。KEK-Photon Factory及びSPring-8でZn K吸収端XAFS測定を行い、化学種の同定を行った。つくばで採取された試料について、2.5 μm 以下の粒径では、シュウ酸亜鉛と硫酸亜鉛が主要な化学種であった。硫酸亜鉛は特に1 μm 付近に多く、液滴内での反応(droplet mode)により、大気中で二次的に生成したと考えられる。シュウ酸亜鉛は、より粒径が小さな領域に多く、droplet modeや粒子表面での反応により生成されたと考えられる。一方2.5 μm 以上の粒径では、塩化亜鉛と硫化亜鉛が主要な亜鉛化学種であった。塩化亜鉛について、製錬所等での燃焼過程で気化・生成されること、これが凝集して2-3 μm 程度の粒子を形成することが分かっている。また硫化亜鉛はタイヤの摩耗に由来し、気化を経ないため、粒径の大きな領域に多かった。

9. 北西太平洋魚類を指標とした水銀安定同位体比の三次元分布解析

水銀安定同位体比は、魚介を介したヒトへの慢性暴露が懸念される水銀について、その起源解析や、魚介の生態情報解析に有効と考えられている。本課題は前年度以前から継続され、とくに北西太平洋地域のカツオ中水銀濃度が他の環太平洋地域と比較して高いこと、その原因がアジア地域からの水銀エミッションの増加によるHg0の沈着量と空間的によく一致することが、大気海洋結合モデルとの比較研究から示唆された。現在各国の研究者と共同で執筆した論文が査読中である。

10. 北西太平洋海洋生物における鉄安定同位体比のバリエーションとその変動要因

外洋の生物生産の制限因子となる鉄について、藻類に吸収されたのちの生食連鎖を介した移行について定量的に評価する手法を確立するため、鉄安定同位体比の分析法を確立し、北西太平洋で採取された各種海洋生物の網羅分析に応用した。その結果、大型の生物ほど低い同位体比を示すものの、栄養段階との関係は単調ではなく、種差の影響がより大きいことから、代謝過程と安定同位体比の関係精査が重要であることが示された。

11. 放射光X線マイクロビームを用いたプランクトン中微量元素の分析法開発

水圏生態系の微量元素循環を考える上で、低次生態系生物に対する分析手法の開発は重要である。本研究では、個体別プランクトンの微量元素分析法開発を目的に、高エネルギー加速器研究機構・photon factoryにおいて、淡水性プランクトン各種の微量元素の局所分布を蛍光X線分析法により解析した。複数の湖沼における分析結果から、珪藻中Mn, Fe, Zn, Cu濃度が周囲の湖水における遊離態濃度と調和機に変化すること、種間での吸収量の差は限定的であること、種内での差はより小さいこと、水中細胞密度の増加は細胞中金属濃度の減少をもたらすこと、が明らかになった。

12. 湖沼中水銀濃度の規制要因に関する比較湖沼学的研究

水銀は大気からガス態として陸上に沈着するが、湖沼においては水銀がDOMやPOMとの錯体として存在すると予想されることから、生産性が高い湖沼は水銀の生物ポンプが強く働き、水銀濃度が高くなると仮説を立てた。富士五湖および霞ヶ浦・牛久沼・手賀沼での観測を実施し、総水銀濃度、DOC, POC, FDOMの解析から、富栄養湖ほど水銀濃度が高いこと、DOCと良い相関を示すことが明らかになった。

13. 湖沼中リン濃度の規制要因に関する比較湖沼学的研究

東日本に分布する11の湖沼を対象に、リン濃度の深度分布や季節変動を解析し、その規制要因について考察した。その結果、湖沼中の総P濃度は、後背地の岩石の影響、湖沼の深度、湖沼の形状、滞留時間などに依存して変化することが示された。また、深水層酸素欠損を各湖沼において算出し、TPレベルとの関係性を得るとともに、今後の気候変動に伴う酸素消費速度の経時解析に寄与する基礎データを提供した。

14. メタンをエネルギー源とした微生物生態系の地質環境への影響評価

高レベル放射性廃棄物やTRU廃棄物の地層処分において、地質環境の調査は地表からの掘削による概要調査を経て、地下坑道からの掘削による精密調査が想定される。瑞浪と幌延の地下坑道からの掘削調査により、地質環境の形成に微生物が重要な役割を果たすことが明らかになりつつある。特に、メタンをエネルギー源とした地下微生物の重要性を提案者の最近の研究で明らかにしており、メタン酸化微生物が地質環境の形成に与える影響を評価することを目的とする。

地質環境に生息するメタン酸化微生物は、硝酸、鉄、硫酸等の多様な酸化剤を用いて代謝することが常圧条件下の試験により明らかになっている。しかし、処分が想定される高压条件下でのメタン酸化微生物が用いる酸化剤の種類と酸化剤ごとのメタン消費速度については評価が行われていない。本研究での最終目標として、地下環境を模擬した室内高压試験により、酸化剤の利用選択性と代謝速度の評価と共に、メタン酸化微生物と放射性核種の相互作用やTRU廃棄物中の硝酸等による影響での増殖可能性についても評価した。

15. 隔離施設内における火星生命簡易検出技術の開発

火星からの帰還試料に適用可能な簡便かつ安全な不活化処理を開発するため、正にチャージするCaCO₃で負にチャージする微生物細胞を包むことによる不活性化効果を検討した。その結果、大腸菌およびバクテリオファージT4の懸濁液中で5MのCaCl₂およびNaHCO₃を反応させてCaCO₃結晶を沈殿することで不活性化できることが示された。また、CaCO₃の形成過程で用いる5 MのCaCl₂中に1分間インキュベートするだけでも大腸菌およびファージを不活性化できることが判明した。次に、簡易生命検出手法を確立するため、大腸菌細胞をDNA染色し、CaCO₃処理を行った後に蛍光顕微鏡観察を行い、CaCO₃結晶粒子中への大腸菌細胞の包埋状況を調べた。その結果、CaCO₃結晶粒子中に大腸菌細胞の蛍光発色が確認でき、CaCO₃処理による微生物細胞の封じ込め効果、および紫外線を照射することにより、微生物細胞の可視化が可能であることが判明した。さらに、局所での有機物分析への樹脂からの干渉を防ぐため、CaCO₃をタブレット状に形成後に樹脂埋めすることで、樹脂の影響を低減できることが赤外分光法による測定で判明した。

16. 酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解を駆動する微生物から紐解く元素循環

地球表層環境に普遍的に存在するナノサイズの酸化鉄鉱物は、重金属やヒ素など様々な元素を吸着する作用があるため、環境中の元素循環を理解するための鍵となる物質である。この酸化鉄ナノ鉱物は、主に微生物の働きによって生成・溶解されると考えられている。しかしながら、その生成・溶解を駆動する微生物についての知見は、「ごく一部の」培養種の研究に基づいた極めて限定的なものである。本研究では、「多種多様な未培養微生物が酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解を駆動し、地球表層環境における様々な元素の挙動・循環を支配している」という作業仮説の検証を通じて、それらの未培養微生物を分離培養により同定し、地球表層環境における「酸化鉄ナノ鉱物の生成・溶解プロセスの実態」と「微生物-酸化鉄ナノ鉱物-多元素の相互作用」を解明することを目的とする(図1)。本研究によって得られる成果は、自然界の元素循環に対する新たな視点を提示するものであり、さらには資源枯渇や環境汚染問題解決へ向けた応用バイオ技術の飛躍的な発展に貢献する可能性を秘めている。

17. 生体分子を用いた黄鉄鉱ナノ粒子の合成法の開発と応用

黄鉄鉱のナノ粒子は優秀な電子のエネルギーバンドギャップを持つことから、蓄電池や太陽光発電に利用できる材料として注目されている。また、希少な元素を必要としないことから環境に負荷をかけず安価に大量に製造が可能と思われている。本研究では黄鉄鉱ナノ粒子を簡便に大量に合成することで、太陽光発電のデバイスに应用することを目的としている。黄鉄鉱ナノ粒子を合成したという報告は数多いが、再現性および安定性の面から実用化は困難であった。応募者らはウロコフネタマガイが硫化鉄の殻と鱗の中に多くの黄鉄鉱ナノ粒子が含まれることに着目し、黄鉄鉱ナノ粒子を生成する機構が生体内にあると考えた。その結果、黄鉄鉱ナノ粒子と相互作用する分子としてミオグロビンを同定し、市販のウマ由来のミオグロビンをを用いて水系の溶液で非常に効率よく粒径の揃った黄鉄鉱ナノ粒子を合成することに成功した。本研究では市販のミオグロビンではなく、ウロコフネタマガイ由来のミオグロビンを組み換え体タンパク質として準備し、より粒径の小さい黄鉄鉱ナノ粒子を、高効率で大量に合成する手法を検討し、太陽光発電のデバイス開発に応用する。

18. 地下環境におけるマグネタイト生成機構の解明とそれらの重金属元素との相互作用研究

本研究は、地下環境において生物由来ナノ鉱物粒子の一つであるマグネタイトを生成する微生物の分布とその生成メカニズムについて、微生物のゲノム解析手法、培養法、電子顕微鏡観察、結晶構造解析手法を組み合わせる。その結果に基づき、放射性廃棄物地層処分の性能評価を行う上で未解決な課題である、地下環境における微生物代謝や微生物由来のナノ鉱物粒子が放射性物質の移行挙動に及ぼす影響について現象モデルを構築し、性能評価の信頼性向上に貢献することを最終目標とする。

19. 局所ゲノム・鉱物解析による深部岩石環境に生息する極小原核生物の生態解明

深海や地底に代表される深部環境に生息する原核生物は、光合成生物の影響を受けづらいため、地球初期生命や地球外生命との関連性から重要視される。深部花崗岩では、細胞とゲノムのサイズが小さな難培養性原核生物が優占する。しかし、岩石内部での極小原核生物の存在量や分布、代謝については不明である。本研究では、岩石内部に生息する原核生物の空間的分布と細胞サイズを可視化し、細胞周辺の鉱物を解析する方法を組み合わせ、極小原核生物と鉱物との関係性を明らかにする。極小原核生物と鉱物との関係を明らかにした局所部を対象に、ゲノム解析、培養を行い、岩石内部の極小原核生物の活性や代謝様式の特定を目指す。

20. 化石DNAのゲノム情報から復元する急激な地球温暖化の海洋生態系への影響

急激に進行する地球温暖化は貧酸素水塊の増加を伴うと予測され、海洋生態系に大きな影響を及ぼすことが危惧されている。過去の気候変動が海洋生態系にどのような影響を与えたか？を理解することは、地球温暖化に対する海洋生態系の応答を予測する上で、重要である。約1万年前の急激な温暖化で日本海の高層付近が貧酸素状態となり、暗色の葉理層が形成したことが知られている。本研究では、1万年前に日本海で堆積した暗色の葉理層を対象に、DNA解析技術を駆使した生態系復元を行うことで、急激な温暖化の影響を受けやすい生物相を明らかにすると共に、微化石記録との比較や全ゲノム増幅法の適用性を検討し海洋生態系の復元法の確立を目指す。

21. 微生物を指標とした堆積岩中の水みち調査手法の開発

堆積岩における主要な水みちは、岩盤中の割れ目であると考えられるが、非常にゆっくりとした地下水流動系では基質部もまた、水みちとして重要になる可能性がある。そこでは、地下水は基質部全体を均等に流れるのではなく、空隙の連結部などを選択的に流れると考えられる。基質部における地下水の移動は、岩盤中の物質移行に対して大きな遅延効果をもたらすため、基質部の寄与を評価する手法開発が重要である。そこで、本研究では、岩盤中の地下水流動に対する基質部の寄与の評価手法の開発を目的として、堆積岩における微生物を指標とした基質部の地下水移動経路の評価手法の開発に取り組む。同時に、地下水の水質の形成に寄与する鉱物の抽出に取り組む。

微生物活動には水を介した電子の流れが必要であるため、岩石中の微生物が存在する箇所には物質移動を伴う地下水が存在する。この関係性に着目することで、岩石中の水みちを抽出することができる。抽出された水みちに存在する鉱物は、周囲の地下水との相互作用により形成されていると考えられる。一方で、微生物の存在しない領域は現在の環境における水みちとは限られない。このため、岩石を構成する全ての鉱物が周囲の地下水の水質の形成に寄与していると考えられることは、誤った結論を導く可能性がある。微生物を指標とすることで、この可能性を排除することができる。

東京大学は、微生物を指標とした岩盤中の地下水の水みちを抽出する手法を、結晶質岩の割れ目に対して適用した実績を有する。国立研究開発法人日本原子力機構（以下、原子力機構）は、幌延深地層研究計画において得られた堆積岩のコア試料を有している。両機関が連携することで、微生物を指標とした岩盤中の地下水の水みちを抽出する手法を、世界で初めて堆積岩の基質部に適用することが可能になる。

22. 恐竜-鳥類移行進化における鳥類特有の前肢（翼）筋骨格系の獲得機序の解明

本研究は、鳥類特有の前肢筋骨格系がどのように進化してきたかを進化発生学および古生物学の両アプローチから解き明かすことを目指している。前年度に引き続き、進化発生学アプローチとして、細胞レベルでの組織学的観察および遺伝子発現解析を進めるとともに、ニワトリ胚を用いた発生擾乱実験(移植実験)を開始した。前年度までに前翼

膜筋は前肢前縁部（橈骨側）の真皮直下で発生することを認めていたが、今年度の解析により、その部位の真皮は他の部位と比べて肥厚する特徴があることが分かり、その現象についてアリゲーター胚やスッポン胚における発生と比較を進めている。また、遊泳性への適応として前肢の肘より遠位に筋をほとんど持たないペンギン（ケーブペンギン）胚を入手し、特に筋分化が生じる前に筋前駆細胞がどのように分布し腱前駆細胞と相互作用するのかについて、各前駆細胞のマーカ―遺伝子発現解析をもとに観察を進めた。これは当初の計画になかった研究だが、現生鳥類が共有する筋骨格系発生パターンを把握するために大きく寄与するものと考えられる。古生物学アプローチとしては、今年度は新型コロナウイルス感染拡大のため海外渡航が制限され、実物標本の観察・計測を行うことはできなかったが、記載論文等の写真からデータを集めることに注力した。特に、前翼膜筋の存在により死後も肘関節が一定の範囲の角度に保たれるとの理論的予測から、関節した状態で化石化した中生代獣脚類骨格に注目し、写真から角度データを集めた。現時点では、系統図上で比較した際に、鳥類に近縁なタクサでは関節角度が狭い範囲に収まるのに対し、基盤的なタクサでは死後の関節角度の自由度が高いとの予察の結果が集まりつつあるが、より広くデータを集めて統計的に検証する必要がある。

23. 脊椎動物の筋骨格系の形態進化に見る制約と方向性

発生における筋-骨格結合樹立過程とその進化上の変異性について、いくつか進展があった。脊椎動物前肢に関して、進化における変化の方向性、制約と発生擾乱の結果としての変異がとりうるパターンについて、それぞれ化石記録、発生学実験および先天異常のデータを集めて比較を行った。その中で、進化（化石記録）上は観察される変化パターンの多くは発生擾乱の結果としても認められるが、一部は進化系列にしか見られない変化方向性であることが分かってきた。これは、発生上の揺らぎと進化的傾向の関連を解明するためには、進化過程で発生のロバストネスが変化した可能性を考慮に入れるべきであることを示唆する。

オーストラリアハイギョの胸鰭の発生過程をシンクロトロン放射光X線マイクロCTを駆使して解析した（2021年度論文受理）。

デボン紀化石魚類パレオスポンディルスの形態解析を進めた。

24. 岐阜県福地層群から産出する前期デボン紀魚類化石の分類学的研究

国立科学博物館所蔵の福地層群魚類化石をシンクロトロン放射光X線マイクロCTで撮影、形態解析を行った。また、現地でフィールド調査を行った。

25. 房総半島南部に分布する沸石類の成因に関する研究

房総半島に分布する後期鮮新世白浜層中から、特殊な産状を示す沸石群を見出した。これらの沸石群は、これまでに報告のない産状であり、薄片観察、回折X線分析、EPMA分析、炭酸塩炭素酸素同位体組成分析を行った。熱履歴の解明のため泥岩のバイオマーカ―分析を行った。

輝沸石とネコ石の共存を白間津南方海岸に分布SH凝灰岩中の軽石中に見出した。軽石層は変質を被り、輝沸石とネコ石が形成されている。輝沸石の空隙を埋める形でネコ石の放射状結晶が観察される。ネコ石は、スカルンや石灰岩の風化鉱物であり、続成作用で形成された例はない。SH凝灰岩層中の層厚2 cmの白色細粒凝灰岩がエリオン沸石化していることを発見した。我が国におけるエリオン沸石の報告は、晶洞鉱物としての記載がほとんどであり、ガラス質凝灰岩層全体がエリオン沸石化している凝灰岩層は知られていない。また、野島崎灯台下の地域では、偽礫となっている泥岩が方沸石化されており、見かけ上、方沸石ノジュールとなっている。これまでの研究で、沸石続成分帯における方沸石ノジュールの存在は大きな謎であり、形成環境の推定、生成メカニズムの解明を行っている。

房総半島白浜層における沸石の鉱物組み合わせは、先行研究で明らかにされた堆積岩中の沸石組み合わせとは大きく異なる。この地域の沸石は、これまで知られていない成因を持つ可能性がある。

26. 福島原発事故により放出された放射性微粒子の環境動態解明に向けた溶解特性評価

2011年3月に発生した福島原発事故において、放射性セシウムを含む数ミクロン以下の微粒子（CsMP）が破損した原子炉から環境中に放出された。珪酸塩ガラスを主成分とするCsMPのような微粒子の発生は過去の原発事故では

報告例がなく、その環境動態は不明であった。これまでCsMP自身を用いてその溶解特性が調べられてきたが、土壌等の環境試料から微小なCsMPを採取する作業は煩雑であり、CsMPを多量に集めることは困難である。そのため、これまで溶解実験に供されたCsMPの数は限られており、得られた溶解速度には大きな誤差が含まれるという問題があった。そこで本研究では、CsMP模擬ガラスを合成し、それを用いた溶解実験によりCsMPの溶解特性の詳細を解明することを目的とした。これにより、様々な条件下でのCsMPの溶解特性が精度良く決定でき、環境中でのCsMPの動態をより高い精度で予測することが可能となる。

本年度はCsMPの組成を模擬したガラスの合成を実施した。CsMPと同様な組成を持つよう出発物質を調合してペレット状に成形し、リング状のレニウム製ワイヤー上に載せてガスバーナーで炙って固着させた。これを水素と二酸化炭素の混合ガスによって還元雰囲気にした電気炉にて1400°Cで熔融した後、空冷することでガラスを得た。得られたガラスを分析した結果、全体が非晶質で構成されており、組成は概ね目標組成に近いガラスであることが確認できた。またガラス中のFeはほぼ2価で構成されており、CsMPを模擬するに足るガラスの合成が実現した。

次年度に向けて合成ガラスの溶解実験にも着手しており、海水での溶解速度が純水に比べて速いことを確認している。こうした溶解実験を進めることで、CsMPの溶解特性を詳細に明らかにできる見通しが得られた。

27. 深海微小生物相のメタゲノム解析によるモニタリング法の開発

深海の生物多様性や環境に関して、低コストで実施できる簡便なモニタリング法を構築し、海洋保護区（沖合海底自然環境保全地域）の指定やモニタリングの生物情報等の取得に資することを目標に、本年度は、シルトや泥など沿岸性の泥質からなる釧路沖や三陸沖でのKS20-18,15航海、および火山砕破物やサンゴ片を含む伊豆小笠原背弧の西七島海嶺沖合海底自然環境保全地域と中マリアナ海嶺・西マリアナ海嶺北部沖合海底自然環境保全地域でのKM20-10航海に参加し、堆積物および海底面付近の海水を採取した。少量の堆積物量(0.25g以下)での多様性評価手法の確立に向け、土壌や堆積物に用いられるビーズ破砕法による市販のDNA抽出キット4種の比較を行った。

沿岸泥質の堆積物では微生物量も多く、DNA抽出キットによる抽出効率の差は認められたものの、既存の市販抽出キットにより解析可能なDNA量が得られた。一方で、外洋域の火山砕破物やサンゴ片からなる堆積物試料では、市販の抽出キットの抽出プロトコルの改良が必要であった。沿岸性泥質堆積物試料のアルファ多様性解析からは、多様性評価の上でのPCRエラーが疑われ、同じ試料を用いた複数回の解析が多様性評価の上では必須であることが示された。また、堆積物試料では、試料採取点毎の出現種の違いがJS1グループ、Nitrosopumilus、CFBグループ、植物プランクトンで見出された。陸からの距離を反映する植物プランクトン組成とCFBグループの出現パターンから、CFBグループは植物プランクトン種の違いによる有機物組成に対応し、JS1やNitrosopumilusは堆積物水深に対応していると考えられる。

6 論文および出版物

6.1 大気海洋科学講座

原著論文

1. Amemiya, A. & Sato, K. (2020), Characterizing quasi-biweekly variability of the Asian monsoon anticyclone using potential vorticity and large-scale geopotential field, *Atmos. Chem. Phys.*, 20(22), 13857-13876, doi:10.5194/acp-20-13857-2020
2. Beal, L. M., J. Vialard, M.K. Roxy, J. Li, M. Andres, H. Annamalai, M. Feng, W. Han, R. Hood, T. Lee, M. Lengaigne, R. Lumpkin, Y. Masumoto, M.J. McPhaden, M. Ravichandran, T. Shinoda, B.M. Sloyan, P.G. Strutton, A.C. Subramanian, T. Tozuka, C.C. Ummenhofer, A.S. Unnikrishnan, J. Wiggert, L. Yu, L. Cheng, D.G. Desbruyères, and V. Parvathi (2020), A roadmap to IndOOS-2: Better observations of the rapidly-warming Indian Ocean. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 101 (11), E1891–E1913, doi: doi:10.1175/BAMS-D-19-0209.1.
3. de Lavergne, C., Vic, C., Madec, G., Roquet, F., Waterhouse, A. F., Whalen, C. B., Cuypers, Y., Bouruet-Aubertot, P., Ferron, B., and Hibiya, T. (2020), A parameterization of local and remote tidal mixing, *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 12, 1-25, doi:10.1002/essoar.10502171.1.
4. Du, Y., Zhang, Y., Zhang, L.-Y., Tozuka, T., Ng, B., and Cai, W. (2020), Thermocline warming induced extreme Indian Ocean Dipole in 2019. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL090079, doi:10.1029/2020GL090079
5. Goto-Azuma, K., Homma, T., Saruya, T., Nakazawa, F., Komuro, Y., Nagatsuka, N., Motohiro Hirabayashi, M., Kondo, Y., Koike, M., Aoki, T., Greve, R., and Okuno, J. (2021), Studies on the variability of the Greenland Ice Sheet and climate, *Polar Science*, 27, 100557, doi:10.1016/j.polar.2020.100557
6. Iskandar, I., W. Mardiansyah, D.O. Lestari, and Y. Masumoto (2020), What did determine the warming trend in the Indonesian sea?, *Prog. Earth Planet Sci.*, 7, Article number: 20, doi:10.1186/s40645-020-00334-2.
7. Kodama, C., Ohno, T., Seiki, T., Yashiro, H., Noda, A. T., Nakano, M., Yamada, Y., Roh, W., Satoh, M., Nitta, T., Goto, D., Miura, H., Nasuno, T., Miyakawa, T., Chen, Y.-W., & Sugi, M. (2021) The Nonhydrostatic ICosahedral Atmospheric Model for CMIP6 HighResMIP simulations (NICAM16-S): experimental design, model description, and impacts of model updates, *Geosci. Model Dev.*, 14, 795–820, <https://doi.org/10.5194/gmd-14-795-2021>
8. Kohma, M., Sato, K., Nishimura, K., Tsutsumi, M., & Sato, T. (2020), A statistical analysis of the energy dissipation rate estimated from the PMWE spectral width in the Antarctic, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125(16), doi:10.1029/2020JD032745
9. Koike, M., Goto-Azuma, K., Kondo, Y., Matsui, H., Mori, T., Moteki, N., Ohata, S., Okamoto, H., Oshima, N., Sato, K., Takano, T., Tobo, Y., Ukita, J., and Yoshida, A. (2021), Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project, *Polar Science*, 27, 100621, doi:10.1016/j.polar.2020.100621
10. Koshin, D., Sato, K., Miyazaki, K., & Watanabe, S. (2020), An ensemble Kalman filter data assimilation system for the whole neutral atmosphere, *Geosci. Model Dev.*, 13(7), 3145–3177, doi:10.5194/gmd-13-3145-2020
11. Kusunoki, H., Kido, S., and Tozuka, T. (2020), Contribution of oceanic wave propagation from the tropical Pacific to asymmetry of the Ningaloo Niño/Niña. *Climate Dynamics*, 54, 4865-4875, doi:10.1007/s00382-020-05268-5
12. Matsugishi, S., Miura, H., Nasuno, T., & Satoh, M. (2020) Impact of latent heat flux modifications on the reproduction of a Madden–Julian Oscillation event during the 2015 pre-YMC campaign using a global cloud-system-resolving model. *Sci. Online Lett. Atmos.*, 16A, 12–18, doi:10.2151/sola.16A-003
13. Matsuoka, D., Watanabe, S., Sato, K., Kawazoe, S., Yu, W., & Easterbrook, S. (2020), Application of deep learning to estimate atmospheric gravity wave parameters in reanalysis data sets, *Geophys. Res. Lett.*, 47(19), doi:10.1029/2020GL089436
14. Minamihara, Y., Sato, K., & Tsutsumi, M. (2020), Intermittency of gravity waves in the Antarctic troposphere and lower stratosphere revealed by the PANSY radar observation, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125(15), doi:10.1029/2020JD032543
15. Mori, T., Kondo, Y., Ohata, S., Zhao, Y., Sinha, P. R., Oshima, N., Matsui, H., Moteki, N., and Koike, M. (2020), Seasonal variation of wet deposition of black carbon in Arctic Alaska, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125, e2019D032240, doi:10.1029/2019JD032240
16. Murata, K., Kido, S., and Tozuka, T. (2020), Role of reemergence in the central North Pacific revealed by a mixed layer heat budget analysis. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088194, doi:10.1029/2020GL088194

17. Nagai, T., and Hibiya, T. (2020) , Combined effects of tidal mixing in narrow straits and the Ekman transport on the sea surface temperature cooling in the southern Indonesian Seas, *J. Geophys. Res.*, 125, doi:10.1029/2020JC016314.
18. Nagai, T., Hibiya, T., and Syamsudin, F. (2021), Direct estimates of turbulent mixing in the Indonesian Archipelago and its role in the transformation of the Indonesian Throughflow waters, *Geophys. Res. Lett.*, 48, doi:10.1029/2020GL091731.
19. Nishimura, K., Kohma, M., Sato, K., & Sato, T. (2020), Spectral Observation Theory and Beam De-Broadening Algorithm for Atmospheric Radar, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 58(10), 6767-6775, doi: 10.1109/TGRS.2020.2970200
20. Okui, H. & Sato, K. (2020), Characteristics and sources of gravity waves in the summer stratosphere based on long-term and high-resolution radiosonde observations, *SOLA*, 16, 64-69, doi:10.2151/sola.2020-011
21. Ong, C. R., Miura, H., and Koike, M. (2021), The Terminal Velocity of Axisymmetric Cloud and Rain Drops Evaluated by the Immersed Boundary Method. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 78, 1129-1146, doi:10.1175/JAS-D-20-0161.1
22. Purwandana, A., Cuypers, Y., Bouruet-Aubertot, P., Nagai, T., Hibiya, T., and Atmadipoera, A. S. (2020), Historical CTD dataset and associated processed dissipation rate using an improved Thorpe method in the Indonesian seas, *Data in Brief*, 30, doi:10.1016/j.dib.2020.105519.
23. Sasaki, H., S. Kida, R. Furue, H. Aiki, N. Komori, Y. Masumoto, T. Miyama, M. Nonaka, Y. Sasai, and B. Taguchi (2020), A global eddying hindcast ocean simulation with OFES2, *Geosci. Model Dev.*, 13, 3319–3336, doi:10.5194/gmd-13-3319-2020.
24. Tanuma, N., and Tozuka, T. (2020), Influences of the Interdecadal Pacific Oscillation on the locally amplified Ningaloo Niño. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088712, doi:10.1029/2020GL088712
25. Wing, A. A., Stauffer, C. L., Becker, T., Reed, K. A., Ahn, M.-S., Arnold, N. P., Bony, S., Branson, M., Bryan, G. H., Chaboureaud, J. P., Roode, S. R., Gayatri, K., Hohenegger, C., Hu, I-K., Jansson, F., Jones, T. R., Khairoutdinov, M., Kim, D., Martin, Z. K., Matsugishi, S., Medeiros, B., Miura, H., Moon, Y., Müller, S. K., Ohno, T., Popp, M., Prabhakaran, T., Randall, D., Rios-Berrios, R., Rochetin, N., Roehrig, R., Romps, D. M., Ruppert, J. H., Satoh, M., Silvers, L. G., Singh, M. S., Stevens, B., Tomassini, L., Heerwaarden, C. C., Wang, S., Zhao, M. (2020) Clouds and Convective Self - Aggregation in a Multi - Model Ensemble of Radiative - Convective Equilibrium Simulations. *J. Adv. Model. Earth Syst.*, 12, doi:10.1029/2020ms002138
26. Yanase, T., Nishizawa, S., Miura, H., Takemi, T., & Tomita, H. (2020) New Critical Length for the Onset of Self - Aggregation of Moist Convection. *Geophys. Res. Lett.*, 47, doi:10.1029/2020GL088763.
27. Yasuda, I., Masuda, S., Nishioka, J., Guo, X., Harada, N., Ito, S., Hibiya, T., and Hasumi, H. (2021), Ocean mixing processes (OMIX): impact on biogeochemistry, climate and ecosystem, *J. Oceanogr.*, 77, doi:10.1007/s10872-020-00578-y.
28. Yoshida, A., Moteki, N., Ohata, S., Mori, T., Koike, M., Kondo, Y., Matsui, H., Oshima, N., Takami, A., and Kita, K. (2020), Abundances and microphysical properties of light-absorbing iron oxide and black carbon aerosols over East Asia and the Arctic, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 125, e2019JD032301, doi:10.1029/2019JD032301
29. Zhang, L.-Y., Du, Y., Cai, W., Chen, Z., Tozuka, T., and Yu, J.-Y. (2020), Triggering the Indian Ocean Dipole from the Southern Hemisphere. *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL088648, doi:10.1029/2020GL088648
30. 富川喜弘, 佐藤薫, 斎藤芳隆, 村田功, 平沢尚彦, 高麗正史, 中篠恭一, 秋田大輔, 松尾卓摩, 藤原正智, 吉田理人 (2020), 南極域における大気重力波のスーパープレッシャー気球観測計画 (LODEWAVE : LOnG-Duration balloon Experiment of gravity WAVE over Antarctica), 宇宙航空研究開発機構研究開発報告: 大気球研究報告, JAXA-RR-20-009, 19-33, doi:10.20637/00047383

著書

1. Beal, L. et al. (2020), A roadmap to IndOOS-2: Better observations of the rapidly-warming Indian Ocean. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101, E1891-E1913, doi:10.1175/BAMS-D-19-0209.1
2. Taufiqurrahman, E., A. J. Wahyudi, and Y. Masumoto (2020), The Indonesian Throughflow and its Impact on Biogeochemistry in the Indonesian Seas, *ASEAN Journal on Science & Technology for Development*, 37 (1), doi:10.29037/ajstd.596.
3. Tozuka, T., Feng, M., Han, W., Kido, S., and Zhang, L. (2021), The Ningaloo Nino/Nina: Mechanisms, relation with other climate modes and impacts. In "Tropical and Extratropical Air-Sea Interactions: Modes of Climate Variations", Elsevier, 207-219, doi:10.1016/B978-0-12-818156-0.00006-X

6.2 宇宙惑星科学講座

原著論文

1. Arakawa M., Saiki T., Wada K., Ogawa K., Kadono T., Shirai K., Sawada H., Ishibashi K., Honda R., Sakatani N., Iijima Y., Okamoto C., Yano H., Takagi Y., Hayakawa M., Michel P., Jutzi M., Shimaki Y., Kimura S., Mimasu Y., Toda T., Imamura H., Nakazawa S., Hayakawa H., Sugita S., Morota T., Kameda S., Tatsumi E., Cho Y., Yoshioka K., Yokota Y., Matsuoka M., Yamada M., Kouyama T., Honda C., Tsuda Y., Watanabe S., Yoshikawa M., Tanaka S., Terui F., Kikuchi S., Yamaguchi T., Ogawa N., Ono G., Yoshikawa K., Takahashi T., Takei Y., Fujii A., Takeuchi H., Yamamoto Y., Okada T., Hirose C., Hosoda S., Mori O., Shimada T., Soldini S., Tsukizaki R., Iwata T., Ozaki M., Abe M., Namiki N., Kitazato K., Tachibana S., Ikeda H., Hirata N., Hirata N., Noguchi R. and Miura A. (2020) An artificial impact on the asteroid 162173 Ryugu formed a crater in the gravity-dominated regime. *Science* 368, 67-71. doi.org/10.1126/science.aaz1701
2. Baumjohann, W., A. Matsuoka, Y. Narita, W. Magnes, D. Heyner, K.-H. Glassmeier, R. Nakamura, D. Fischer, F. Plaschke, M. Volwerk, T. Li Zhang, H.-U. Auster, I. Richter, A. Balogh, C. M. Carr, M. Dougherty, T. S. Horbury, H. Tsunakawa, M. Matsushima, M. Shinohara, H. Shibuya, T. Nakagawa, M. Hoshino, Y. Tanaka, B. J. Anderson, C. T. Russell, U. Motschmann, F. Takahashi, A. Fujimoto, The BepiColombo–Mio Magnetometer en Route to Mercury, *Space Sci Rev* 216, 125, <https://doi.org/10.1007/s11214-020-00754-y> (2020)
3. Bohdan, A., Pohl, M., Niemiec, J., Morris, P. J., Matsumoto, Y., Amano, T., & Hoshino, M. (2020). Kinetic simulation of nonrelativistic perpendicular shocks of young supernova remnants. IV. Electron heating. *Astrophys. J.*, 904(1), 12. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/abbc19>
4. Bohdan, A., Pohl, M., Niemiec, J., Morris, P. J., Matsumoto, Y., Amano, T., et al. (2021). Magnetic Field Amplification by the Weibel Instability at Planetary and Astrophysical Shocks with High Mach Number. *Phys. Rev. Lett.*, 126(9), 095101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.126.095101>
5. Bohdan, A., Pohl, M., Niemiec, J., Vafin, S., Matsumoto, Y., Amano, T., & Hoshino, M. (2020). Kinetic simulations of nonrelativistic perpendicular shocks of young supernova remnants. III. Magnetic reconnection. *Astrophys. J.*, 893(1), 6. <https://doi.org/10.3847/1538-4357/ab7cd6>
6. Dandouras I., Blanc M., Fossati L., Gerasimov M., Guenther E. W., Kislyakova K. G., Lammer H., Lin Y., Marty B., Mazelle C., Rugheimer S., Scherf M., Sotin C., Sproß L. Tachibana S., Wurz P. and Yamauchi M. (2020) Future missions related to the determination of the elemental and isotopic composition of Earth, Moon and the terrestrial planets. *Space Sci. Rev.* 216, 121. doi.org/10.1007/s11214-020-00736-0
7. DellaGiustina, D. N., K. N. Burke, K. J. Walsh, P. H. Smith, D. R. Golish, E. B. Bierhaus, R.-L. Ballouz, T. L. Becker, H. Campins, E. Tatsumi, K. Yumoto, S. Sugita, J. D. Prasanna Deshapriya, E. A. Cloutis, B. E. Clark, A. R. Hendrix, A. Sen, M. M. Al Asad, M. G. Daly, D. M. Applin, C. Avdellidou, M. A. Barucci, K. J. Becker, C. A. Bennett, W. F. Bottke, J. I. Brodbeck, H. C. Connolly, M. Delbo, J. de Leon, C. Y. Drouet d'Aubigny, K. L. Edmundson, S. Fornasier, V. E. Hamilton, P. H. Hasselmann, C. W. Hergenrother, E. S. Howell, E. R. Jawin, H. H. Kaplan, L. Le Corre, L. F. Lim, J. Y. Li, P. Michel, J. L. Molaro, M. C. Nolan, J. Nolau, M. Pajola, A. Parkinson, M. Popescu, N. A. Porter, B. Rizk, J. L. Rizos, A. J. Ryan, B. Rozitis, N. K. Shultz, A. A. Simon, D. Trang, R. B. Van Auken, C. W. V. Wolner, and D. S. Lauretta (2020) Variations in color and reflectance on the surface of asteroid (101955) Bennu, *Science*, 370, eabc3660
8. Fukuda K., Hiyagon H., Fujiya W., Kagoshima T., Itano K., Iizuka T., Kita N. T. and Sano Y. (2021) Irradiation origin of ^{10}Be in the solar nebula: Evidence from Li-Be-B and Al-Mg isotope systematics, and REE abundances of CAIs from Yamato-81020 CO3.05 chondrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta.* 293, 187-204. 10.1016/j.gca.2020.10.011.
9. Grott, M. J. Biele, P. Michel, S. Sugita, S. Schröder, N. Sakatani, W. Neumann, S. Kameda, T. Michikami, and C. Honda (2020) Macroporosity and Grain Density of Rubble Pile Asteroid (162173) Ryugu, *J. Geophys. Res. Journal of Geophysical Research: Planets*, 125, e2020JE006519. <http://dx.doi.org/10.1029/2020JE006519>
10. Hirabayashi, M., R. Nakano, E. Tatsumi, K. J. Walsh, O. S. Barnouin, P. Michel, C. M. Hartzell, D. T. Britt, S. Sugita, S. Watanabe, W. F. Bottke, D. J. Scheeres, R.-L. Ballouz, Y. Cho, T. Morota, E. S. Howell, and D. S. Lauretta (2020), Spin-driven evolution of asteroids' top-shapes at fast and slow spins seen from (101955) Bennu and (162173) Ryugu, *Icarus*, 352, 113946, doi:10.1016/j.icarus.2020.113946
11. Hoshino, M., Stabilization of Magnetic Reconnection in the Relativistic Current Sheet, *The Astrophysical Journal* 900 (1), 66, <https://orcid.org/0000-0002-1818-9927> (2020)
12. Inaba, Y., K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Otsuka, A. Oksanen, A. Shinbori, A. Y. Gololobov, Y. Miyoshi, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, S. Yokota, S. Kasahara, K. Keika, T. Hori, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, Y. Kasaba, F. Tuchiya, M. Shoji, I. Shinohara, and C. Stolle, "Plasma and field observations in the magnetospheric source region of a stable auroral red (SAR) arc by the Arase satellite on 28 March 2017", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JA028068, 2020.

13. Inaba, Y., K. Shiokawa, S. Oyama, Y. Otsuka, M. Connors, I. Schofield, Y. Miyoshi, S. Imajo, Atsuki Shinbori, A. Gololobov, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, K. Asamura, S. Yokota, S. Kasahara, K. Keika, T. Hori, A. Matsuoka, Y. Kasahara, A. Kumamoto, S. Matsuda, Y. Kasaba, F. Tsuchiya, M. Shoji, M. Kitahara, S. Nakamura, I. Shinohara, H.E. Spence, G. D. Reeves, R. J. Macdowall, C. W. Smith, J. R. Wygant, J. W. Bonnell, "Multi-event Analysis of Plasma and Field Variations in Source of Stable Auroral Red (SAR) Arcs in Inner Magnetosphere during Non-storm-time Substorms", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JA029081, 2021.
14. Jikei, T., & Amano, T. (2021). A non-local fluid closure for modeling cyclotron resonance in collisionless magnetized plasmas. *Phys. Plasmas*, 28(4), 042105. <https://doi.org/10.1063/5.0045335>
15. Kadono, T., M. Arakawa, R. Honda, K. Ishibashi, K. Ogawa, N. Sakatani, H. Sawada, Y. Shimaki, K. Shirai, S. Sugita, and K. Wada (2020), Impact Experiment on Asteroid (162173) Ryugu: Structure beneath the Impact Point Revealed by In Situ Observations of the Ejecta Curtain, *Astrophys. J. Lett.*, 899, L22 (6pp)
16. Kameda, S., Y. Yokota, T. Kouyama, E. Tatsumi, M. Ishida, T. Morota, R. Honda, N. Sakatani, M. Yamada, M. Matsuoka, H. Suzuki, Y. Cho, M. Hayakawa, C. Honda, H. Sawada, K. Yoshioka, K. Ogawa, S. Sugita (2021), Improved method of hydrous mineral detection by latitudinal distribution of 0.7- μm surface reflectance absorption on the asteroid Ryugu, *Icarus*, 360, 114348, doi:10.1016/j.icarus.2021.114348.
17. Kamijima, S. F., Ohira, Y., & Yamazaki, R. (2020), Fast Particle Acceleration at Perpendicular Shocks with Uniform Upstream Magnetic Field and Strong Downstream Turbulence, *The Astrophysical Journal*, Volume 897, id.116, doi:10.3847/1538-4357/ab959a
18. Kawahara H., Masuda K., Kotani T., Tada S., Kataza H., Ikari S., Aohama H., Hosonuma T., Mikuriya W., Ikoma M., Kasahara S., Sako S., Sugita S., Tatsumi E., Yoshioka K. (2020) LOTUS: Wide-field monitoring nanosatellite for finding long-period transiting planets, *Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering*, 11443, 1144316
19. Kazama, Y., H. Kojima, Y. Miyoshi, Y. Kasahara, S. Kasahara, H. Usui, B.-J. Wang, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, T.-F. Chang, K. Asamura, Y. Kasaba, S. Matsuda, M. Shoji, A. Matsuoka, M. Teramoto, T. Takashima, and I. Shinohara, "Extremely Collimated Electron Beams in the High Latitude Magnetosphere Observed by Arase", *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2020GL090522, 2021.
20. Kikuchi S., Watanabe S., Saiki T., Yabuta H., Sugita S., Morota T., Hirata N., Hirata N., Michikami T., Honda C., Yokota Y., Honda R., Sakatani N., Okada T., Shimaki Y., Matsumoto K., Noguchi R., Takei Y., Terui F., Ogawa N., Yoshikawa K., Ono G., Mimasu Y., Sawada H., Ikeda H., Hirose C., Takahashi T., Fujii A., Yamaguchi T., Ishihara Y., Nakamura T., Kitazato K., Wada K., Tachibana S., Tatsumi E., Matsuoka M., Senshu H., Kameda S., Kouyama T., Yamada M., Shirai K., Cho Y., Ogawa K., Yamamoto Y., Miura A., Iwata T., Namiki N., Hayakawa M., Abe M., Tanaka S., Yoshikawa M., Nakazawa S. and Tsuda Y. (2020) Hayabusa2 landing site selection: Surface topography of Ryugu and touchdown safety. *Space Sci. Rev.* 216, 116. doi.org/10.1007/s11214-020-00737-z
21. Kikuchi, S., F. Terui, N. Ogawa, T. Saiki, G. Ono, K. Yoshikawa, Y. Takei, Y. Mimasu, H. Ikeda, H. Sawada, S. Van Wal, S. Sugita, S. Watanabe, Y. Tsuda (2020), Design and reconstruction of the Hayabusa2 precision landing on Ryugu, *J. Spacecraft and Rockets*, 1-28,
22. Kitamura, N., Omura, Y., Nakamura, S., Amano, T., Boardsen, S. A., Ahmadi, N., et al. (2020). Observations of the source region of whistler mode waves in magnetosheath mirror structures. *J. Geophys. Res.*, 125(5). <https://doi.org/10.1029/2019JA027488>
23. Kitamura, N., Shoji, M., Nakamura, S., Kitahara, M., Amano, T., Omura, Y., et al. (2021). Energy Transfer Between Hot Protons and Electromagnetic Ion Cyclotron Waves in Compressional Pc5 Ultra - low Frequency Waves. *J. Geophys. Res.*, 126(5), e2020JA028912. <https://doi.org/10.1029/2020ja028912>
24. Kitazato, K., R. E. Milliken, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, S. Matsuura, Y. Takagi, T. Nakamura, T. Hiroi, M. Matsuoka, L. Riu, Y. Nakauchi, K. Tsumura, T. Arai, H. Senshu, N. Hirata, M. A. Barucci, R. Brunetto, C. Pilorget, F. Poulet, J.-P. Bibring, D. L. Domingue, F. Vilas, D. Takir, E. Palomba, A. Galiano, D. Perna, T. Osawa, M. Komatsu, A. Nakato, T. Arai, N. Takato, T. Matsunaga, M. Arakawa, T. Saiki, K. Wada, T. Kadono, H. Imamura, H. Yano, K. Shirai, M. Hayakawa, C. Okamoto, H. Sawada, K. Ogawa, Y. Iijima, S. Sugita, R. Honda, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, Y. Cho, K. Yoshioka, Y. Yokota, N. Sakatani, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, N. Namiki, T. Mizuno, K. Matsumoto, H. Noda, Y. Ishihara, R. Yamada, K. Yamamoto, F. Yoshida, S. Abe, A. Higuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, R. Noguchi, A. Miura, N. Hirata, S. Tachibana, H. Yabuta, M. Ishiguro, H. Ikeda, H. Takeuchi, T. Shimada, O. Mori, S. Hosoda, R. Tsukizaki, S. Soldini, M. Ozaki, F. Terui, N. Ogawa, Y. Mimasu, G. Ono, K. Yoshikawa, C. Hirose, A. Fujii, T. Takahashi, S. Kikuchi, Y. Takei, T. Yamaguchi, S. Nakazawa, S. Tanaka, M. Yoshikawa, S. Watanabe, and Y. Tsuda (2021), Thermally altered subsurface material of asteroid (162173) Ryugu, *Nature Astronomy*, 5, 246-250, doi:10.1038/s41550-020-01271-2.
25. Kouyama, T., E. Tatsumi, Y. Yokota, K. Yumoto, M. Yamada, R. Honda, S. Kameda, H. Suzuki, N. Sakatani, M. Hayakawa, T. Morota, M. Matsuoka, Y. Cho, C. Honda, H. Sawada, K. Yoshioka, S. Sugita (2021), Post-arrival calibration of Hayabusa2's optical navigation cameras (ONCs): Severe effects from touchdown events, *Icarus*, 360,

- 114353, doi:10.1016/j.icarus.2021.114353.
26. Ligorini, A., Niemiec, J., Kobzar, O., Iwamoto, M., Bohdan, A., Pohl, M., et al. (2021). Mildly relativistic magnetized shocks in electron–ion plasmas – I. Electromagnetic shock structure. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 501(4), 4837–4849. <https://doi.org/10.1093/mnras/staa3901>
 27. Ligorini, A., Niemiec, J., Kobzar, O., Iwamoto, M., Bohdan, A., Pohl, M., et al. (2021). Mildly relativistic magnetized shocks in electron–ion plasmas – II. Particle acceleration and heating. *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 502(4), 5065–5074. <https://doi.org/10.1093/mnras/stab220>
 28. Mendybaev R. A., Kamibayashi M., Teng F.-Z., Savage P. S., Georg R. B., Richter F. M. and Tachibana S. (2020) Experiments quantifying elemental and isotopic fractionations during evaporation of CAI-like melts in low-pressure hydrogen and in vacuum: Constraints on thermal processing of CAIs in the protoplanetary disk. *Geochim. Cosmochim. Acta* doi.org/10.1016/j.gca.2020.09.005.
 29. Milillo, A., M. Fujimoto, G. Murakami, J. Benkhoff, J. Zender, S. Aizawa, M. Dósa, L. Griton, D. Heyner, G. Ho, S.M. Imber, X. Jia, T. Karlsson, R.M. Killen, M. Laurenza, S.T. Lindsay, S. McKenna-Lawlor, A. Mura, J.M. Raines, D.A. Rothery, N. André, W. Baumjohann, A. Berezhnoy, P.A. Bourdin, E.J. Bunce, F. Califano, J. Deca, S. de la Fuente, C. Dong, C. Grava, S. Fatemi, P. Henri, S. L. Ivanovski, B.V. Jackson, M. James, E. Kallio, Y. Kasaba, E. Kilpua, M. Kobayashi, B. Langlais, F. Leblanc, C. Lhotka, V. Mangano, A. Martindale, S. Massetti, A. Masters, M. Morooka, Y. Narita, J.S. Oliveira, D. Odstrcil, S. Orsini, M.G. Pelizzo, C. Plainaki, F. Plaschke, F. Sahraoui, K. Seki, J.A. Slavin, R. Vainio, P. Wurz, S. Barabash, C.M. Carr, D. Delcourt, K.-H. Glassmeier, M. Grande, M. Hirahara, J. Huovelin, O. Korablev, H. Kojima, H. Lichtenegger, S. Livi, A. Matsuoka, R. Moissl, M. Moncuquet, K. Muinonen, E. Quémerais, Y. Saito, S. Yagitani, I. Yoshikawa, J.-E. Wahlund, Investigating Mercury’s environment with the two-spacecraft BepiColombo mission, has been accepted for publication, *Space Science Reviews*, 216:93, doi:10.1007/s11214-020-00712-8, 2020.
 30. Miura, Y. N., M. Okuno, Y. Cho, K. Yoshioka, and S. Sugita (2020), Ne-Ar separation using a permeable membrane to measure Ne isotopes for future planetary explorations, *Planet Space Sci*, 193, doi:10.1016/j.pss.2020.105046.
 31. Miyashita, Y., Seki, K., Sakaguchi, K., Hiraki, Y., Nosé, M., Machida, S., et al., On the transition between the inner and outer plasma sheet in the Earth’s magnetotail, *J. Geophys. Res.*, 125, e2019JA027561, doi:10.1029/2019JA027561, 2020.
 32. Morota, T., S. Sugita, Y. Cho, M. Kanamaru, E. Tatsumi, N. Sakatani, R. Honda, N. Hirata, H. Kikuchi, M. Yamada, Y. Yokota, S. Kameda, M. Matsuoka, H. Sawada, C. Honda, T. Kouyama, K. Ogawa, H. Suzuki, K. Yoshioka, M. Hayakawa, N. Hirata, M. Hirabayashi, H. Miyamoto, T. Michikami, T. Hiroi, R. Hemmi, O. S. Barnouin, C. M. Ernst, K. Kitazato, T. Nakamura, L. Riu, H. Senshu, H. Kobayashi, S. Sasaki, G. Komatsu, N. Tanabe, Y. Fujii, T. Irie, M. Suemitsu, N. Takaki, C. Sugimoto, K. Yumoto, M. Ishida, H. Kato, K. Moroi, D. Domingue, P. Michel, C. Pilorget, T. Iwata, M. Abe, M. Ohtake, Y. Nakauchi, K. Tsumura, H. Yabuta, Y. Ishihara, R. Noguchi, K. Matsumoto, A. Miura, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa, H. Ikeda, K. Wada, T. Mizuno, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, H. Yano, M. Ozaki, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, T. Okada, Y. Shimaki, K. Shirai, Y. Iijima, H. Noda, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, S. Nakazawa, F. Terui, S. Tanaka, M. Yoshikawa, T. Saiki, S. Watanabe, and Y. Tsuda (2020), Sample collection from asteroid (162173) Ryugu by Hayabusa2: Implications for surface evolution, *Science*, 368, 654–659, doi:10.1126/science.aaz6306.
 33. Nakagawa, H., A. Yamazaki, K. Enya, N. Fujishiro, N. Terada, and K. Seki, New design for stray-light reduction to a Martian ionospheric imager, *Applied Optics*, 59(32), 9937–9943, doi:10.1364/AO.401523, 2020.
 34. Nakagawa, H., N. Terada, S. K. Jain, N. M. Schneider, F. Montmessin, R. V. Yelle, F. Y. Jang, L. Verdier, S. L. England, K. Seki, H. Fujiwara, T. Imamura, N. Yoshida, T. Kuroda, K. Terada, H. Groller, J. Deighan, and B. M. Jakosky, Vertical propagation of wave perturbations in the middle atmosphere on Mars by MAVEN/IUVS, *J. Geophys. Res.:Planets*, 125, e2020JE006481, doi:10.1029/2020JE006481, 2020.
 35. Nakano H., Hirakawa N., Matsubara Y., Yamashita S., Okuchi T., Asahina K., Tanaka R., Suzuki N., Naraoka H., Takano Y., Tachibana S., Hama T., Oba Y., Kimura Y., Watanabe N. and Kouchi A. (2020) Precometary organic matter: A hidden reservoir of water inside the snow line. *Sci. Rep.* 10, 7755 (13 pp). doi.org/10.1038/s41598-020-64815-6
 36. Nakano, S., T. Hori, K. Seki, and N. Nishitani, A framework for estimating spherical vector fields using localized basis functions and its application to SuperDARN data processing, *Earth Planets Space*, 72(1):46, doi:10.1186/s40623-020-01168-4, 2020.
 37. Narita, Y., Roberts, O. W., Vörös, Z., and Hoshino, M., Transport ratios of the kinetic Alfvén mode in space plasmas, *Frontiers in Physics* (2020)
 38. Nishiyama, G., T. Kawamura, N. Namiki, B. Fernando, K. Leng, K. Onodera, S. Sugita, T. Saiki, H. Imamura, Y. Takagi, H. Yano, M. Hayakawa, C. Okamoto, H. Sawada, Y. Tsuda, K. Ogawa, S. Nakazawa, Y. Iijima (2021), Simulation of Seismic Wave Propagation on Asteroid Ryugu Induced by The Impact Experiment of The

- Hayabusa2 Mission: Limited Mass Transport by Low Yield Strength of Porous Regolith, *J. Geophys. Res.*, DOI: 10.1029/2020JE006594
39. Noda, H., H. Senshu, K. Matsumoto, N. Namiki, T. Mizuno, S. Sugita, S. Abe, H. Araki, K. Asari, Y. Cho, A. Fujii, M. Hayakawa, A. Higuchi, N. Hirata, N. Hirata, C. Honda, R. Honda, Y. Ishihara, S. Kameda, S. Kikuchi, T. Kouyama, M. Matsuoka, Y. Mimasu, T. Morota, S. Nakazawa, K. Ogawa, N. Ogawa, G. Ono, S. Oshigami, T. Saiki, N. Sakatani, S. Sasaki, H. Sawada, M. Shizugami, H. Suzuki, T. Takahashi, Y. Takei, S. Tanaka, E. Tatsumi, F. Terui, Y. Tsuda, S. Tsuruta, S. Watanabe, M. Yamada, R. Yamada, T. Yamaguchi, K. Yamamoto, Y. Yokota, F. Yoshida, K. Yoshioka, M. Yoshikawa, K. Yoshioka (2021), Alignment determination of the Hayabusa2 laser altimeter (LIDAR), *Earth, Planes, and Space*, 73, 21, doi:10.1186/s40623-020-01342-8.
 40. Noguchi, R., N. Hirata, Y. Shimaki, N. Nishikawa, S. Tanaka, T. Sugiyama, T. Morota, S. Sugita, Y. Cho, R. Honda, E. Tatsumi, K. Yoshioka, H. Sawada, Y. Yokota, N. Sakatani, M. Hayakawa, M. Matsuoka, M. Yamada, T. Kouyama, H. Suzuki, C. Honda, K. Ogawa, M. Kanamaru, S. Watanabe (2021), Crater depth-to-diameter ratios on asteroid 162173 Ryugu, *Icarus*, 354, 114016, doi:10.1016/j.icarus.2020.114016.
 41. Oba Y., Takano Y., Naraoka H., Furukawa Y., Glavin D. P., Dworkin J. P. and Tachibana S. (2020) Extraterrestrial hexamethylenetetramine in meteorites—a precursor of prebiotic chemistry in the inner solar system. *Nature Communications* 11, 6243. doi.org/10.1038/s41467-020-20038-x
 42. Ohira, Y. (2020), Magnetic Field Generation by an Inhomogeneous Return Current, *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 896, id.L12, doi:10.3847/2041-8213/ab963d
 43. Okada T., Fukuhara T., Tanaka S., Taguchi M., Arai T., Senshu H., Sakatani N., Shimaki Y., Demura H., Ogawa Y., Suko K., Sekiguchi T., Kouyama T., Takita J., Matsunaga T., Imamura T., Wada T., Hasegawa S., Helbert J., Müller T. G., Hagermann A., Biele J., Grott M., Hamm M., Delbo M., Hirata N., Hirata N., Yamamoto Y., Sugita S., Namiki N., Kitazato K., Arakawa M., Tachibana S., Ikeda H., Ishiguro M., Wada K., Honda C., Honda R., Ishihara Y., Matsumoto K., Matsuoka M., Michikami T., Miura A., Morota T., Noda H., Noguchi R., Ogawa K., Shirai K., Tatsumi E., Yabuta H., Yokota Y., Yamada M., Abe M., Hayakawa M., Iwata T., Ozaki M., Yano H., Hosoda S., Mori O., Sawada H., Shimada T., Takeuchi H., Tsukizaki R., Fujii A., Hirose C., Kikuchi S., Mimasu Y., Ogawa N., Ono G., Takahashi T., Takei Y., Yamaguchi T., Yoshikawa K., Terui F., Saiki T., Nakazawa S., Yoshikawa M., Watanabe S. and Tsuda Y. (2020) Highly porous nature of a primitive asteroid revealed by thermal imaging. *Nature* 579, 518-525. doi.org/10.1038/s41586-020-2102-6
 44. Orsini, S., S.A. Livi, H. Lichtenegger, S. Barabash, A. Milillo, E. De Angelis, M. Phillips, G. Laky, M. Wieser, A. Olivieri, C. Plainaki, G. Ho, R.M. Killen, J.A. Slavin, P. Wurz, J.-J. Berthelier, I. Dandouras, E. Kallio, S. McKenna-Lawlor, S. Szalai, K. Torkar, O. Vaisberg, F. Allegrini, I.A. Dalgis, C. Dong, C.P. Escoubet, S. Fatemi, M. Franz, S. Ivanovski, N. Krupp, H. Lammer, François Leblanc, V. Mangano, A. Mura, H. Nilsson, J.M. Raines, R. Rispoli, M. Sarantos, H.T. Smith, K. Szego, A. Aronica, F. Camozzi, A.M. Di Lellis, G. Fremuth, F. Giner, R. Gurnee, J. Hayes, H. Jeszenszky, F. Tominetti, B. Trantham, J. Balaz, W. Baumjohann, D. Brienza, U. Bührke, M.D. Bush, M. Cantatore, S. Cibella, L. Colasanti, G. Cremonese, L. Cremonesi, M. D'Alessandro, D. Delcourt, M. Delva, M. Desai, M. Fama, M. Ferris, H. Fischer, A. Gaggero, D. Gamborino, P. Garnier, W.C. Gibson, R. Goldstein, M. Grande, V. Grishin, D. Haggerty, M. Holmström, I. Horvath, K.-C. Hsieh, A. Jacques, R.E. Johnson, A. Kazakov, K. Kecskemety, H. Krüger, C. Kürbisch, F. Lazzarotto, Frederic Leblanc, M. Leichtfried, R. Leoni, A. Loose, D. Maschietti, S. Massetti, F. Mattioli, G. Miller, D. Moissenko, A. Morbidini, R. Noschese, F. Nuccilli, C. Nunez, N. Paschalidis, S. Persyn, D. Piazza, M. Oja, J. Ryno, W. Schmidt, J.A. Scheer, A. Shestakov, S. Shuvalov, K. Seki, S. Selci, K. Smith, R. Sordini, J. Svensson, L. Szalai, D. Toubanc, C. Urdiales, A. Varsani, N. Vertolli, R. Wallner, P. Wahlstroem, P. Wilson, and S. Zampieri, *SERENA: Particle Instrument Suite for Determining the Sun-Mercury Interaction from BepiColombo*, *Space Sci. Rev.*, 217:11, doi:10.1007/s11214-020-00787-3, 2021.
 45. Otto, K.A., K.D. Matz, S. Schröder, R. Parekh, K. Krohn, R. Honda, S. Kameda, R. Jaumann, N. Schmitz, K. Stephan, S. Sugita, T.-M. Ho, A. Koncz, F. Trauthan, Y. Cho, M. Hayakawa, C. Honda, T. Kouyama, M. Matsuoka, T. Morota, S. Mottola, K. Ogawa, F. Preusker, N. Sakatani, H. Sawada, F. Scholten, H. Suzuki, E. Tatsumi, M. Yamada, Y. Yokota, K. Yoshioka (2020), Surface roughness of asteroid (162173) Ryugu and comet 67P/Churyumov-Gerasimenko inferred from in-situ observations, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 500, 3178-3193, doi.org/10.1093/mnras/staa3314.
 46. Riu, L., C. Pilorget, R. Milliken, K. Kitazato, T. Nakamura, Y. Cho, M. Matsuoka, S. Sugita, M. Abe, S. Matsuura, M. Ohtake, T. Iwata, E. Tatsumi, S. Kameda, and N. Sakatani (2021), Spectral characterization of the craters of Ryugu as observed by the NIRS3 instrument on-board Hayabusa2, *Icarus*, 360, 114353.
 47. Saiki T., Mimasu Y., Takei Y., Yamada M., Sawada H., Ogawa K., Ogawa N., Takeuchi H., Miura A., Shimaki Y., Wada K., Honda R., Yokota Y., Shirai K., Sano N., Ohtsuka H., Ono G., Yoshikawa K., Kikuchi S., Hirose C., Yamamoto Y., Iwata T., Arakawa M., Sugita S., Tanaka S., Terui F., Yoshikawa M., Nakazawa S., Watanabe S.-I., Tsuda Y. (2020), Motion reconstruction of the small carry-on impactor aboard Hayabusa2, *Astrodynamics*, 4, 289-308.

48. Saiki, T., Y. Takei, Y. Mimasu, H. Sawada, N. Ogawa, G. Ono, K. Yoshikawa, F. Terui, M. Arakawa, S. Sugita, S. Watanabe, M. Yoshikawa, S. Nakazawa, and Y. Tsuda (2020), Hayabusa2's kinetic impact experiment: Operational planning and results, *Acta Astronautica*,
49. Saito, S., S. Kurita, Y. Miyoshi, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kasahara, S. Matsuda, M. Shoji, S. Nakamura, A. Matsuoka, S. Imajo, I. Shinohara, "Data-driven simulation of rapid flux enhancement of energetic electrons with an upper-band whistler burst", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JA028979, 2021.
50. Sakai, S., K. Seki, N. Terada, H. Shinagawa, R. Sakata, T. Tanaka, and Y. Ebihara, Effects of the IMF direction on atmospheric escape from a Mars-like planet under weak intrinsic magnetic field conditions, *J. Geophys. Res.*, 126, doi:10.1029/2020JA028485, 2021.
51. Shimaki, Y., H. Senshu, N. Sakatani, T. Okada, T. Fukuhara, S. Tanaka, M. Taguchi, T. Arai, H. Demura, Y. Ogawa, K. Suko, T. Sekiguchi, T. Kouyama, S. Hasegawa, J. Takita, T. Matsunaga, T. Imamura, T. Wada, K. Kitazato, N. Hirata, N. Hirata, R. Noguchi, S. Sugita, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, H. Takeuchi, Y. Yamamoto, M. Yamada, K. Shirai, Y. Iijima, K. Ogawa, S. Nakazawa, F. Terui, T. Saiki, M. Yoshikawa, Y. Tsuda, S. Watanabe, Thermophysical properties of the surface of asteroid 162173 Ryugu: Infrared observations and thermal inertia mapping, *Icarus* 348 (2020) 113835, pp.1-15.
52. Shiokawa, K., M. Nose, S. Imajo, Y. Tanaka, Y. Miyoshi, K. Hosokawa, M. Connors, M. Engebretson, Y. Kazama, S.-Y. Wang, S. W. Y. Tam, Tzu-Fang Chang, Bo-Jhou Wang, K. Asamura, S. Kasahara, S. Yokota, T. Hori, K. Keika, Y. Kasaba, M. Shoji, Y. Kasahara, A. Matsuoka and I. Shinohara, "Arase observation of the source region of auroral arcs and diffuse auroras in the inner magnetosphere", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2019JA027310, 2020.
53. Silva, T., K. Schoeffer, J. Vieira, M. Hoshino, R. A. Fonseca, and L. O. Silva, Anisotropic heating and magnetic field generation due to Raman scattering in laser-plasma interactions, *Physical Review Research*, 2 (2), <https://doi.org/10.1103/PhysRevResearch.2.023080> (2020)
54. Sugo, S., O. Kawashima, S. Kasahara, K. Asamura, R. Nomura, Y. Miyoshi, Y. Ogawa, K. Hosokawa, T. Mitani, T. Namekawa, T. Sakanoi, M. Fukizawa, N. Yagi, Y. Fedorenko, A. Nikitenko, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, C. Koehler, "Energy-resolved detection of precipitating electrons of 30-100 keV by a sounding rocket associated with dayside chorus", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JA028477, 2021.
55. Suzuki, A. et al. (2021), Experimental study concerning the oblique impact of low- and high-density projectiles on sedimentary rocks, *Plant. Sp. Sci.*, 195, 105141.
56. Suzuki, H., Bamba, A., Yamazaki, R., & Ohira, Y. (2020), Study on the escape timescale of high-energy particles from supernova remnants through thermal X-ray properties, *Publications of the Astronomical Society of Japan*, Volume 72, Issue 5, id.72, doi:10.1093/pasj/psaa061
57. Takada, M., Seki, K., Ogawa, Y., Keika, K., Kasahara, S., Yokota, S., T. Hori, K. Asamura, Y. Miyoshi, and I. Shinohara, Low-altitude ion upflow observed by EISCAT and its effects on supply of molecular ions in the ring current detected by Arase (ERG). *J. Geophys. Res.*, 126, e2020JA028951. doi:10.1029/2020JA028951, 2021.
58. Takano Y., Yamada K., Okamoto C., Sawada H., Okazaki R., Sakamoto K., Kebukawa Y., Kiryu K., Shibuya T., Igisu M., Yano H., Tachibana S. and Hayabusa2 project team (2020) Chemical assessment of the explosive chamber in the projector system of Hayabusa2 for asteroid sampling. *Earth Planet. Space* 72, 97. doi.org/10.1186/s40623-020-01217-y
59. Tatsumi, E., C. Sugimoto, L. Riu, S. Sugita, T. Nakamura, T. Hiroi, T. Morota, M. Popescu, T. Michikami, K. Kitazato, M. Matsuoka, S. Kameda, R. Honda, M. Yamada, N. Sakatani, T. Kouyama, Y. Yokota, C. Honda, H. Suzuki, Y. Cho, K. Ogawa, M. Hayakawa, H. Sawada, K. Yoshioka, C. Pilorget, M. Ishida, D. Domingue, N. Hirata, S. Sasaki, J. de León, M. A. Barucci, P. Michel, M. Suemitsu, T. Saiki, S. Tanaka, F. Terui, S. Nakazawa, S. Kikuchi, T. Yamaguchi, N. Ogawa, G. Ono, Y. Mimasu, K. Yoshikawa, T. Takahashi, Y. Takei, A. Fujii, Y. Yamamoto, T. Okada, C. Hirose, S. Hosoda, O. Mori, T. Shimada, S. Soldini, R. Tsukizaki, T. Mizuno, T. Iwata, H. Yano, M. Ozaki, M. Abe, M. Ohtake, N. Namiki, S. Tachibana, M. Arakawa, H. Ikeda, M. Ishiguro, K. Wada, H. Yabuta, H. Takeuchi, Y. Shimaki, K. Shirai, N. Hirata, Y. Iijima, Y. Tsuda, S. Watanabe, M. Yoshikawa (2020), Collisional history of Ryugu's parent body from bright surface boulders, *Nature Astronomy*, 5, 39-45, doi:10.1038/s41550-020-1179-z.
60. Tatsumi, E., D. Domingue, S. Schroeder, Y. Yokota, D. Kuroda, M. Ishiguro, S. Hasegawa, T. Hiroi, R. Honda, R. Hemmi, L. Le Corre, N. Sakatani, T. Morota, M. Yamada, S. Kameda, T. Koyama, H. Suzuki, Y. Cho, K. Yoshioka, M. Matsuoka, C. Honda, M. Hayakawa, N. Hirata, N. Hirata, Y. Yamamoto, F. Vilas, N. Takato, M. Yoshikawa, M. Abe, and S. Sugita (2020), Global photometric properties of (162173) Ryugu, *Astronomy & Astrophysics*, 639, A83, doi:10.1051/0004-6361/201937096.
61. Terada, K., T. Morota, M. Kato (2020), Asteroid shower on the Earth–Moon system immediately before the Cryogenian period revealed by KAGUYA, *Nature Communications*, 11, 3453, doi:10.1038/s41467-020-17115-6.

62. Thomas, N., K. Shiokawa, Y. Miyoshi, Y. Kasahara, I. Shinohara, A. Kumamoto, F. Tsuchiya, A. Matsuoka, S. Kasahara, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, K. Asamura, S.-Y. Wang, Y. Kazama, S. W.-Y. Tam, T.-F. Chang, B.-J. Wang, J. Wygant, A. Breneman, G. Reeves, "Investigation of small-scale electron density irregularities observed by the Arase and Van Allen Probes satellites inside and outside the plasmasphere", *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JA027917, 2021.
63. Totorica, S.R., M. Hoshino, T. Able, and F. Fiuza, Nonthermal electron and ion acceleration by magnetic reconnection in large laser-driven plasma, *Physics of Plasmas*, 27, 112111 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0021169>
64. Usui T., Bajo K., Fujiya, W., Furukawa Y., Koike M., Miura Y. N., Sugahara H., Tachibana S., Takano Y. and Kuramoto K. (2020) The importance of Phobos sample return for understanding the Mars-moon system. *Space Sci. Rev.* 216, 49 (18 pp). doi.org/10.1007/s11214-020-00668-9
65. Yamakawa, T., Seki, K., Amano, T., Takahashi, N., & Miyoshi, Y. (2020). Excitation of internally driven ULF waves by the drift-bounce resonance with ring current ions based on the drift-kinetic simulation. *J. Geophys. Res.*, 125(11), e2020JA028231. <https://doi.org/10.1029/2020ja028231>
66. Yokoyama, S. L., & Ohira, Y. (2020), Particle Acceleration in a Shock Wave Propagating to an Inhomogeneous Medium, *The Astrophysical Journal*, Volume 897, id.50, doi:10.3847/1538-4357/ab93c3

会議抄録

1. Keika, K. (2021), A brief review of plasma transport and energization in the magnetosphere of magnetized planets, *Proceedings of Symposium on Planetary Science 2021*.

総説

1. Hantao Ji, A Alt, S Antiochos, S Baalrud, S Bale, PM Bellan, M Begelman, A Beresnyak, EG Blackman, D Brennan, M Brown, J Buechner, J Burch, P Cassak, L-J Chen, Y Chen, A Chien, D Craig, J Dahlin, W Daughton, E DeLuca, CF Dong, S Dorfman, J Drake, F Ebrahimi, J Egedal, R Ergun, G Eyink, Y Fan, G Fiksel, C Forest, W Fox, D Froula, K Fujimoto, L Gao, K Genestreti, S Gibson, M Goldstein, F Guo, M Hesse, M Hoshino, Q Hu, Y-M Huang, J Jara-Almonte, H Karimabadi, J Klimchuk, M Kunz, K Kusano, A Lazarian, A Le, H Li, X Li, Y Lin, M Linton, Y-H Liu, W Liu, D Longcope, N Loureiro, Q-M Lu, ZW Ma, WH Matthaeus, D Meyerhofer, F Mozer, T Munsat, NA Murphy, P Nilson, Y Ono, M Opher, H Park, S Parker, M Petropoulou, T Phan, S Prager, M Rempel, C Ren, Y Ren, R Rosner, V Roytershteyn, J Sarff, A Savcheva, D Schaffner, K Schoeffier, E Scime, M Shay, M Sitnov, A Stanier, J TenBarge, T Tharp, D Uzdensky, A Vaivads, M Velli, E Vishniac, H Wang, G Werner, C Xiao, M Yamada, T Yokoyama, J Yoo, S Zenitani, E Zweibel, "Major scientific challenges and opportunities in understanding magnetic reconnection and related explosive phenomena in self-organizing plasmas," in *White Paper for Plasma 2020 Decadal Survey*.
2. Retinò, A, Y Khotyaintsev, O Le Contel, MF Marcucci, F Plaschke, A Vaivads, V Angelopoulos, P Blasi, J Burch, J De Keyser, M Dunlop, L Dai, J Eastwood, H Fu, S Haaland, M Hoshino, A Johlander, L Kepko, H Kucharek, G Lapenta, B Lavraud, O Malandraki, W Matthaeus, K McWilliams, A Petrukovich, J-L Pinçon, Y Saito, L Sorriso-Valvo, R Vainio, B Wimmer-Schweingruber, *Particle Energization in Space Plasmas: Towards a Multi-Point, Multi-Scale Plasma Observatory*, ESA-Report, <https://orfeo.kbr.be/handle/internal/7356> (2020)

著書

1. 関華奈子, 「地球・惑星・生命」, 日本地球惑星科学連合編, 東京大学出版会, 2020年6月 (3章を担当)

6.3 地球惑星システム科学講座

原著論文

1. Adachi, K., Oshima, N., Ohata, S., Yoshida, A., Moteki, N., & Koike, M. (2021), Compositions and mixing states of aerosol particles by aircraft observations in the Arctic springtime, 2018. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 21(5), 3607-3626.
2. BÔLE, M., Ikeda, M., BAUMGARTNER, P. O., BOUVIER, A. S., & KUKOČ, D. (2020), SIMS analysis of Si isotope for radiolarian test in Mesozoic bedded chert, Inuyama, central Japan. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*. 71, 331-353.

3. BÔLE, M., Ikeda, M., BAUMGARTNER, P. O., BOUVIER, A. S., & KUKOČ, D. (2020), Oxygen isotope analysis of Mesozoic radiolarites using SIMS. *Bulletin of the Geological Survey of Japan*, 71, 355-393.
4. Davidsson, B.J.R., Birch, S., Blake, G.A., Bodewits, D., Dworkin, J.P., Glavin, D.P., Furukawa, Y., Lunine, J.I., Mitchell, J.L., Nguyen, A.N., Squyres, S., Takigawa, A., Vincent, J.-B. and Zacny, K. (2021), Airfall on Comet 67P/Churyumov–Gerasimenko. *Icarus* 354, 114004, doi: 10.1016/j.icarus.2020.114004
5. Del Piero, N., Sylvain Rigaud, Satoshi Takahashi, Simon W. Poulton, & Rossana Martini, (2020), Unravelling the paleoecology of flat clams: New insights from an Upper Triassic halobiid bivalve. *Glob. Planet. Change* 190, 103195.
6. Ikeda, M., and Tada R., (2020). Reconstruction of the chaotic behaviour of the Solar System from geologic records. *Earth and Planetary Science Letters*, 537, 161-168
7. Ikeda, M., Ozaki, K., Legrand, J., (2020), Impact of 10-Myr scale monsoon dynamics on Mesozoic climate and ecosystems. *Scientific Reports*, 10. 11984. 10.1038/s41598-020-68542-w
8. Ishizuka, Kawahara, Nugurho, Kawashima, Hirano, & Tamura, (2021), Neutral metals in the atmosphere of HD149026b *Astronomical Journal*, 161, 153
9. Kleypas, J., Allemand, D., Anthony, K., Baker, A.C., Beck, M., Hale, L.Z., Hilmi, N., Hoegh-Guldberg, O., Hughes, T., Kaufman, L., Kayanne, H., Magnan, A.K., Mcleod, E., Mumby, P., Palumbi, S., Richmond, R.H., Rinkevich, B., Steneck, R.S., Voolstra, C.R., Wachenfeld, D., & Gattuso, J.-P. (2021), Designing a blueprint for coral reef survival. *Biological Conservation* 257 doi: 10.1016/j.biocon.2021.109107
10. Koike, M., Goto-Azuma, K., Kondo, Y., Matsui, H., Mori, T., Moteki, N., ... & Yoshida, A. (2020), Studies on Arctic aerosols and clouds during the ArCS project. *Polar Science*, 100621
11. Matsui, H., & Moteki, N. (2020), High sensitivity of Arctic black carbon radiative effects to subgrid vertical velocity in aerosol activation. *Geophysical Research Letters*, 47(16), e2020GL088978
12. Mori, T., Kondo, Y., Ohata, S., Goto - Azuma, K., Fukuda, K., Ogawa - Tsukagawa, Y., ... & Aas, W. (2021), Seasonal Variation of Wet Deposition of Black Carbon at Ny - Ålesund, Svalbard. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, e2020JD034110.
13. Mori, T., Kondo, Y., Ohata, S., Zhao, Y., Sinha, P. R., Oshima, N., Matsui, H., Moteki, N., & Koike, M. (2020), Seasonal variation of wet deposition of black carbon in Arctic Alaska. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(16), e2019JD032240.
14. Muto, S., Satoshi Takahashi, Satoshi Yamakita, & Tetsuji Onoue, (2020), Scarcity of chert in upper Lower Triassic Panthalassic deep-sea successions of Japan records elevated clastic inputs rather than depressed biogenic silica burial flux following the end-Permian extinction. *Glob. Planet. Change* 195, 103330.
15. Nugroho, Kawahara, Gibson et al. (2021), First Detection of Hydroxyl Radical Emission from an Exoplanet Atmosphere: High-dispersion Characterization of WASP-33b using Subaru/IRD, *Astrophysical Journal Letters*, 910, 9
16. Ohata, S., Mori, T., Kondo, Y., Sharma, S., Hyvärinen, A., Andrews, E., Tunved, P., Asmi, E., Backman, J., Servomaa, H., Verber, D., Koike, M., Kanaya, Y., Yoshida, A., Moteki, N., Zhao, Y., Matsushita, J., & Oshima, N. (2020), Estimates of mass absorption cross sections of black carbon for filter-based absorption photometers in the Arctic. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 1-38.
17. Tada, T., Tada, R., Chansom, P., Songtham, M., Carling, P., & Tajika, E. (2020), In-situ Occurrence of Muong Nong-type Australasian Tektite Fragments from the Quaternary Deposits near Huai Om, North-Eastern Thailand, *Progress in Earth and Planetary Science*, 7:66; <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00378-4>
18. Takegawa, N., Seto, T., Moteki, N., Koike, M., Oshima, N., Adachi, K., ... & Kondo, Y. (2020), Enhanced new particle formation above the marine boundary layer over the Yellow Sea: Potential impacts on cloud condensation nuclei. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(9), e2019JD031448.
19. Tobo, Y., Uetake, J., Matsui, H., Moteki, N., Uji, Y., Iwamoto, Y., ... & Misumi, R. (2020), Seasonal trends of atmospheric ice nucleating particles over Tokyo. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(23), e2020JD033658.
20. Yamamoto, S., Kayanne, H., Fujita, N., Sato, Y., Kurihara, H., Harii, S., Hemmi, A., & Dickson, A.G. (2021), Development of an automated transportable continuous system to measure the total alkalinity of seawater. *Talanta*, 221, 121666; doi: 10.1016/j.talanta.2020.121666
21. Yoshida, A., Moteki, N., Ohata, S., Mori, T., Koike, M., Kondo, Y., ... & Kita, K. (2020), Abundances and microphysical properties of light - absorbing iron oxide and black carbon aerosols over East Asia and the Arctic. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 125(15), e2019JD032301.

22. Yoshizawa, K., Satoshi Takahashi, Shun Muto, Takanobu Tsuihiji, & Masayuki Ehira, (2020), Oceanic water redox conditions of the region between Tethys and Panthalassa during the late Early Triassic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 567, 110143.
23. 瀧川 晶 (2020), 紀元前太陽系を探る：質量放出星から太陽系への物質進化, 日本惑星科学会誌遊星人 29, 4-13, doi: 10.14909/yuseijin.29.1_4

総説

1. 茅根 創 (2020), フィールドワークの安全リテラシー, *地理*, 65-9, 18-23.
2. 茅根 創 (2020), 保全から操作 (介入) へ 欧米のサンゴ礁回復理念の最近の転換, *日本サンゴ礁学会ニュースレター*, no87, p9.

著書

1. 茅根 創 (2020), 地球温暖化により激甚化する気象災害, 田中智志 編著『温暖化に挑む海洋教育－呼応的かつ活動的に』, 東信堂, 第2章第2節, pp.43-55.
2. 中村征夫 写真・文, 茅根 創 監修 (2020), 『中村征夫の写真絵本 サンゴと生きる』, 大空出版, 44p.
3. 田近英一 (2020), 激しく変化してきた地球環境の進化史, 「地球・惑星・生命」 (日本地球惑星科学連合編) (編集, 分担執筆), 東京大学出版会, 264p.
4. 田近英一 (2020), 全球凍結と多細胞動物の起原, 「動物の事典」 (末光隆志他編) (分担執筆), 朝倉書店, 760p.

特許

1. 前田 勇司, 琴浦 毅, 佐貫 宏, 茅根 創, 田島芳満 (2020), サンゴ礁堆積による陸化方法, そのための透過構造物および構造体, 特許第6688156号 (登録日: 2020年4月7日), 日本

6.4 固体地球科学講座

原著論文

1. Aoki, T., Ozawa, K., Bodinier, J.-L., Boudier, F. and Sato, Y., (2020), Thermal and decompression history of the Lanzo Massif, northern Italy: Implications for the thermal structure near the lithosphere–asthenosphere boundary. *Lithos*, 372-373 (2020) 105661
2. Chang, T., and S. Ide(2020), Toward comparable relative locations between the mainshock slip and aftershocks via empirical approaches. *Earth Planets Space* 72(78), 1-16, doi:10.1186/s40623-020-01203-4
3. Fukuda K., Hiyagon H., Fujiya W., Kagoshima T., Itano K., Iizuka T., Kita N.T. & Sano Y. (2021) Irradiation origin of ^{10}Be in the solar nebula: Evidence from Li-Be-B and Al-Mg isotope systematics, and REE abundances of CAIs from Yamato-81020 CO3.05 chondrite. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 293, 187–204
4. Guild, M., Till, C. B., Mizukami, T. & Wallis, S. R. 2020 (Sept). Petrogenesis of the Higashi-Akaishi ultramafic body: implications for lower crustal foundering and mantle wedge processes. *Journal of Petrology* 61, ega089
5. Hayashi, T., Yamanaka, T., Hikasa, Y., Sato, M., Kuwahara, Y., & Ohno, M. (2020), Latest Pliocene glaciation amplified by the Atlantic meridional overturning circulation, *Communications Earth & Environment*, 1, 25, doi:10.1038/s43247-020-00023-4
6. Helffrich, G., Hirose, K., Nomura, R., Thermodynamical modeling of liquid Fe-Si-Mg-O: molten magnesium silicate release from the core, *Geophysical Research Letters*, 47, e2020GL089218 (2020). <https://doi.org/10.1029/2020GL089218>
7. Ide, S., E. Araki, and H. Matsumoto(2021), Very broadband strain-rate measurements along a submarine fiber-optic cable off Cape Muroto, Nankai subduction zone, Japan, *Earth, Planets and Space*, 73(63), 1-10, doi:10.1186/s40623-021-01385-5
8. Inoue, H., Suehiro S., Ohta, K., Hirose, K., Ohishi, Y., Resistivity saturation of hcp Fe-Si alloys in an internally-heated diamond anvil cell: a key to assess the Earth's core conductivity, *Earth and Planetary Science Letters*, 543, 116357, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116357>

9. Itano K., Ueki K., Iizuka T. & Kuwatani T. (2020) Geochemical discrimination of monazite source rock based on machine learning techniques and multinomial logistic regression analysis. *Geosciences* 10, 63; doi:10.3390/geosciences10020063
10. Izumi K., Suzuki K., Kemp D. B. & Iizuka T. (2020) Detrital zircon geochronology of Palaeogeographic and tectonic setting of the Lower Jurassic (Pliensbachian-Toarcian) Nishinakayama Formation, Toyora Group, SW Japan. *Geological Journal* 55, 862–874
11. Kato, C., Umemoto, K., Ohta, K., Tagawa, S., Hirose, K., Ohishi, Y., Stability of fcc phase FeH to 137 GPa, *American Mineralogist*, 105, 917–921, 2020. <https://doi.org/10.2138/am-2020-7153>
12. Kimura, T., Ozawa, K., Kuritani, T., Iizuka, T., and Nakagawa, M., (2020), Thermal state of the upper mantle and the origin of the Cambrian-Ordovician ophiolite pulse: Constraints from ultramafic dikes of the Hayachine-Miyamori ophiolite. *American Mineralogist*, 105, 1778-1801
13. Kinoshita D, Nakajima Y, Kuwayama Y, Hirose K, Iwamoto A, Ishikawa D, Baron AQR (2020) Sound velocity of liquid Fe-P at high pressure. *Phys Status Solidi B Basic Res*, 257:2000171, doi:10.1002/pssb.202000171
14. Koike M., Sano Y., Takahata N., Iizuka T., Ono H., & Mikouchi T. (2020) Evidence for early asteroidal collisions prior to 4.15 Ga from basaltic eucrite phosphate U–Pb chronology. *Earth and Planetary Science Letters* 549, 116497.
15. Komori, J., R. Ando and M. Shishikura, 2020, Cluster Analysis of Marine Terraces and Quantitative Seismotectonic Interpretation of the Boso Peninsula, Central Japan, *J. Geophys. Res.*, 125, e2019JB019211, <https://doi.org/10.1029/2019JB019211>
16. Kouketsu, Y., Sadamoto, K., Umeda, H., Kawahara, H., Nagaya, T., Taguchi, T., Mori, H., Wallis, S., & Enami, M. (2020), Thermal structure in subducted units from continental Moho depths in a paleo subduction zone, the Asemigawa region of the Sanbagawa metamorphic belt, SW Japan. *Journal of Metamorphic Geology*, 39, 727–749
17. Kuwayama, Y., Morard, G., Nakajima, Y., Hirose, K., Baron, A. Q. R., Kawaguchi, S., Tsuchiya, T., Ishikawa, D., Hirao, N., Ohishi, Y., Equation of state of liquid iron under extreme conditions, *Physical Review Letters*, 124, 165701, 2020. doi: 10.1103/PhysRevLett.124.165701
18. Masuda, K., S. Ide, K. Ohta and T. Matsuzawa (2020), Bridging the gap between low-frequency and very-low-frequency earthquakes, *Earth Planets Space*, 72(47), 1-9, doi:10.1186/s40623-020-01172-8
19. Mindaleva, D., Uno, M., Higashino, F., Nagaya, T., Okamoto, A., & Tsuchiya, N. (2020), Rapid fluid infiltration and permeability enhancement during middle-lower crustal fracturing: Evidence from amphibolite-granulite-facies fluid-rock reaction zones, Sør Rondane Mountains, East Antarctica. *Lithos*, 372–373, 105521, doi: 10.1016/j.lithos.2020.105521
20. Misawa, A., Sato, M., Furuyama, S., Chang, J., Inoue, T., & Arai, K. (2020), Embryonic rifting zone revealed by a high-density survey on the southern margin of the southern Okinawa Trough, *Geophys. Res. Lett.*, 47, e2020GL090161, doi:10.1029/2020GL090161
21. Nagaya, T., Okamoto, A., Oyanagi, R., Seto, Y., Miyake, A., Uno, M., Muto, J., & Wallis, S. R. (2020), Crystallographic preferred orientation of talc determined by an improved EBSD procedure for sheet silicates: Implications for anisotropy at the slab–mantle interface due to Si-metasomatism. *American Mineralogist*, 105, 873–893
22. Nakajima, Y., Araki, S., Kinoshita, D., Hirose, K., Tateno, S., Kawaguchi, S. I., Hirao, N. (2020), New pressure-induced phase transition to Co₂Si-type Fe₂P, *American Mineralogist*, 105, 1752–1755; http://www.minsocam.org/MSA/AMmin/AM_Preprints/7574NakajimaPreprint.pdf
23. Nakajima, Y., Kawaguchi, S. I., Hirose, K., Tateno, S., Kuwayama, Y., Sinmyo, R., Ozawa, H., Tsutsui, S., Uchiyama, H., Baron, A. Q. R., Silicon-depleted present-day Earth's outer core revealed by sound velocity measurements of liquid Fe–Si alloy, *Journal of Geophysical Research*, 125, e2020JB019399, 2020. <https://doi.org/10.1029/2020JB019399>
24. Nishi M, Kuwayama Y, Hatakeyama T, Kawaguchi S, Hirao N, Ohishi Y, Irifune T (2020) Chemical reaction between metallic iron and a limited water supply under pressure: implications for water behavior at the core-mantle boundary, *Geophys Res Lett*, 47, e2020GL089616, doi: 10.1029/2020GL089616
25. Nishida, K., Shibasaki, Y., Terasaki, H., Higo, Y., Suzuki, A., Funamori, N., Hirose, K., Effect of sulfur on sound velocity of liquid iron under Martian core conditions, *Nature Communications*, 11, 1954, 2020. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15755-2>
26. Oda, H., Kawai, J., Usui, A., Yamamoto, Y., Noguchi, A., Miyagi, I., Miyamoto, M., Fujihira, J., & Sato, M. (2020), Development of scanning SQUID microscope system and its applications on geological samples: A case study on marine ferromanganese crust, *J. Phys.: Conf. Ser.*, 1590, 012037, doi:10.1088/1742-6596/1590/1/012037
27. Ohta, K., Hirose, K., The thermal conductivity of the Earth's core and implications for its thermal and compositional evolution, *National Science Review*, 8, nwaa303 (2021). doi:10.1093/nsr/nwaa303

28. Ohtaki, T., S. Tanaka, S. Kaneshima, W. Siripunvaraporn, S. Boonchaisuk, S. Noisagool, K. Kawai, T. Kim, Y. Suzuki, Y. Ishihara, K. Miyakawa, N. Takeuchi, Seismic velocity structure of the upper inner core in the north polar region, *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, 311, 106636, doi:10.1016/j.pepi.2020.106636
29. Okuda, H., I. Katayama, H. Sakuma, K. Kawai, Effect of normal stress on the frictional behavior of brucite: application to slow earthquakes at the subduction plate interface in the mantle wedge, *Solid Earth*, 12, 171-186, doi:10.5194/se-12-171-2021
30. Okuda, Y., Kimura, S., Ohta, K., Park, Y., Wakamatsu, T., Mashino, I., Hirose, K., A cylindrical SiC heater for an externally heated diamond anvil cell to 1500 K, *Review of Scientific Instruments*, 92, 015119 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0036551>
31. Okuda, Y., Ohta, K., Hasegawa, A., Yagi, T., Hirose, K., Kawaguchi, S., Ohishi, Y., Comparable thermal conductivity of Fe-bearing post-perovskite and bridgmanite in the Earth's lowermost mantle, *Earth and Planetary Science Letters*, 547, 116466 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2020.116466>
32. Okuda, Y., Ohta, K., Sinmyo, R., Hirose, K., Ohishi, Y., Anomalous compressibility in (Fe,Al)-bearing bridgmanite: implications for the spin state of iron, *Physics and Chemistry of Minerals*, 47, 40 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00269-020-01109-3>
33. Ozawa K, Hirose K, Kuwayama Y, Takahashi Y (2021) The pressure-induced local structural change around tungsten in silicate glass, *Geochem Perspect Lett*, 18:6–10, doi: 10.7185/geochemlet.2116
34. Ozawa, S. and R. Ando, 2020, Mainshock and Aftershock Sequence Simulation in Geometrically Complex Fault Zones, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2020JB020865.
35. Park, Y., Yonemitsu, K., Hirose, K., Kuwayama, Y., Azuma, S., Ohta, K. (2021) Viscosity of Earth's inner core constrained by Fe–Ni interdiffusion in Fe–Si alloy in an internal-resistive-heated diamond anvil cell. *Earth and Planetary Science Letters*, accepted
36. Romanet, P., D. Sato, and R. Ando (2020), Curvature, a mechanical link between the geometrical complexities of a fault: application to bends, kinks and rough faults, *Geophysical Journal International*, 223(1), 211–232, doi:10.1093/gji/ggaa308
37. Sakaguchi, I., Kouketsu, Y., Michibayashi, K. & Wallis, S. R. 2020 (June). Attenuated total reflection infrared (ATR-IR) spectroscopy of antigorite, chrysotile and lizardite. *Journal of Mineralogical and Petrological Sciences* 115, 303–312.
38. Sakuma, H., K. Kawai, T. Kogure, Interlayer energy of pyrophyllite: Implications for macroscopic friction, *American Mineralogist*, 105, 1204–1211, doi:10.2138/am-2020-7333
39. Sato, D., P. Romanet, R. Ando, 2020, Paradox of Modeling Curved Faults Revisited with General Non-Hypersingular Stress Green's Functions, *Geophys. J. Int.*, ggaa172, <https://doi.org/10.1093/gji/ggaa172>
40. Sato, M., Kurosawa, K., Kato, S., Ushioda, M., & Hasegawa, S. (2021), Shock remanent magnetization intensity and stability distributions of single-domain titanomagnetite-bearing basalt sample under the pressure range of 0.1 to 10 GPa, *Geophys. Res. Lett.*, 48, e2021GL092716, doi:10.1029/2021GL092716
41. Simyo, R., Nakajima, Y., Kuwayama, Y. (2021) Recent progress in the high-pressure experiments on the composition of the core, *Core-Mantle Coevolution: A Multidisciplinary approach* (Ed. Tsuchiya, T.) (American Geophysical Union) accepted.
42. Suzuki K., Iizuka T., Kitajima K., Hattori K., Hirata T., Anma R. & Sawaki Y. (2020) Hf-O isotope systematics of zircons from the Taitao granitoids: Implications for slab-melting material. *Lithos* 372–373, 105665.
43. Suzuki, Y., K. Kawai, R. J. Geller, S. Tanaka, W. Siripunvaraporn, S. Boonchaisuk, S. Noisagool, Y. Ishihara, T. Kim, High-resolution 3-D S-velocity structure in the D'' region at the western margin of the Pacific LLSVP: Evidence for small-scale plumes and paleoslabs, *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 307, 106544, doi:10.1016/2020.106544
44. Takamasa A., Suzuki K., Fukami Y., Iizuka T., Tejada M.L.G., Fujisaki W., Orihashi Y. & Matsumoto T. (2020) Improved method for highly precise and accurate 182W/184W isotope measurements by multiple collector inductively coupled plasma mass spectrometry and application for terrestrial samples. *Geochemical Journal* 54, 117–127
45. Toh, A., W.J. Chen, N. Takeuchi, D.S. Dreger, W.C. Chi, and S. Ide(2020),Influence of a Subducted Oceanic Ridge on theDistribution of Shallow VLFs in the NankaiTrough as Revealed by Moment TensorInversion and Cluster Analysis, *Geophysical Research Letters*, 47(15), doi:10.1029/2020GL087244

総説

1. Fujiwara, O., K. Goto, R. Ando and E. Garrett, 2020, Paleotsunami research along the Nankai Trough and Ryukyu Trench subduction zones: Current achievements and future challenges, *Earth-Science Rev.*, <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2020.103333>
2. Wallis, S. R., Maeno, F. and Toda, S. 2021 (Jan). Japan and the Korean Peninsula. In: Alderton, D., Elias, S. (eds.) *Encyclopedia of Geology*, 2nd Edition, v. 4, pp. 526–543, United Kingdom, Academic Press.
3. 宮原伐折羅, 田中愛幸 (2020), 光格子時計の測地的活用の意義と展望, *電子情報通信学会誌*, vol. 103, No. 4, pp. 388-391
4. 佐藤侑人・小澤一仁, (2020), 一ノ目湯産スピネルかんらん岩捕獲岩を用いた島弧域リソスフェア-アセノスフェア境界領域の復元 (Reconstruction of lithosphere-asthenosphere boundary zone using spinel peridotite xenoliths from Ichinomegata maar). *新地球*, 1, 14-20.
5. 秋澤紀克・小澤一仁・芳川雅子, (2021), マントルの圧力-温度-変形-時間経路の解説: 幌満かんらん岩体研究の現状と新提案, *地質学雑誌*, 127, 269–291.
6. 小澤一仁・佐藤侑人・木村皐史・田上創・Hassan Eman Saad Abdelsalam, (2020), モホロビッチ不連続面 (Moho) とリソスフェア-アセノスフェア境界 (LAB) の一致 (MohoLAB) : 大陸地殻の進化を支配する重要な境界 (MohoLAB, the critical boundary for the evolution of continental crust). *新地球*, 1, 3-13
7. 木村皐史・小澤一仁, (2020), カンブリア-オルドビス紀のオフィオライトパルスの成因と上部マントルの熱状態 (Origin of the Cambrian-Ordovician ophiolite pulse and its relevance to the thermal state of the upper mantle). *新地球*, 1, 21-26.

著書

1. 田中愛幸 (分担翻訳) (2020), *ジオダイナミクス 原著第3版*, 632pp, 共立出版

6.5 地球生命圏科学講座

原著論文

1. Amekawa, S., Kashiwagi, K., Hori, M., Sone, T., Kato, H., Okumura, T., Yu, T.L., Shen, C.C. & Kano, A. (2021). Stalagmite evidence for East Asian winter monsoon variability and 18 O-depleted surface water in the Japan Sea during the last glacial period. *Progress in Earth and Planetary Science*, 8(1), 1-15.
2. Collins, G. S., Patel, N., Davison, T. M., Rae, A. S. P., Morgan, J. V., Gulick, S. P. S., & IODP-ICDP Expedition 364 Science Party (including Goto, K.), (2020), A steeply-inclined trajectory for the Chicxulub impact. *Nature Communications*, 11, 1480. <https://doi.org/10.1038/s41467-020-15269-x>
3. Fujita, R., Goto, K., Iryu, Y., & Abe, T., (2020), Millennial paleotsunami history at Minna Island, southern Ryukyu Islands, Japan. *Progress in Earth and Planetary Science*, 7:53 <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00365-9>.
4. Gankhurel, B., K. Fukushima, A. Akehi, Y. Takahashi, X. Zhao, and K. Kawasaki (2020), Comparison of Chemical Speciation of Lead, Arsenic, and Cadmium in Contaminated Soils from a Historical Mining Site: Implications for Different Mobilities of Heavy Metals, *ACS Earth and Space Chemistry*, 4, 1064-1077.
5. Goderis, S., Sato, H., Ferrière, L., Schmitz, B., Burney, D., Kaskes, P., Vellekoop, J., Wittmann, A., Schulz, T., Chernonozhkin, S., Claeys, P., de Graaff, S. J., Déhais, T., de Winter, N. J., Elfman, M., Feignon, J-G., Ishikawa, A., Koeberl, C., Kristiansson, P., Neal, C. R., Owens, J. D., Schmieder, M., Sinnesael, M., Vanhaecke, F., Van Malderen, S. J. M., Bralower, T. J., Gulick, S. P. S., Kring, D. A., Lowery, C. M., Morgan, J. V., Smit, J., Whalen, M. T., & the IODP-ICDP Expedition 364 Scientists (including Goto, K.), (2021), Globally distributed iridium layer preserved within the Chicxulub impact structure. *Science Advances*, 7, eabe3647. DOI:10.1126/sciadv.abe3647
6. Hao, W., T. Kashiwabara, R. Jin, Y. Takahashi, M. Gingras, D. S. Alessi, and K.O. Konhauser (2020), Clay minerals as a source of cadmium to estuaries, *Scientific Reports*, 10, 10417, doi:10.1038/s41598-020-67279-w.
7. Higaki, S., Y. Kurihara, and Y. Takahashi (2020), Discovery of Radiocesium-bearing Particles in Masks Worn by Members of the Public in Fukushima in Spring 2013, *Health Physics*, 118, 656-663.
8. Iijima, M., T. Okumura, T. Kogure, and M. Suzuki, (2021) Microstructure and mineral components of the outer dentin of Chimaera phantasma tooth plates. *Anatomical Record*. DOI:<https://doi.org/10.1002/ar.24606>.
9. Ishikawa, A., Shimizu, K., Isowa, Y., Takeuchi, T., Zhao, R., Kito, K., Fujie, M., Satoh, N., & Endo, K. (2020) Functional shell matrix proteins tentatively identified by asymmetric snail shell morphology. *Sci. Rep.*, 10, 9768,

<https://doi.org/10.1038/s41598-020-66021-w>

10. Kato, H., Amekawa, S., Hori, M., Shen, C. C., Kuwahara, Y., Senda, R., & Kano, A. (2021). Influences of temperature and the meteoric water $\delta^{18}\text{O}$ value on a stalagmite record in the last deglacial to middle Holocene period from southwestern Japan. *Quaternary Science Reviews*, 253, 106746.
11. Kitajima, T., K. Fukushi, M. Yoda, Y. Takeichi, and Y. Takahashi (2020), Simple, reproducible synthesis of pure monohydrocalcite with low MG content, *Minerals*, 10, 346, doi:10.3390/min10040346.
12. Kogure, T. (2020), "Visualization of clay minerals at the atomic scale". Cambridge University Press: 19 October 2020, DOI:10.1246/cl.190581.
13. Kouduka, M., Sueoka, Y., Suzuki, Y. (2020) Planetary Protection, Sample Return, and the Inactivation of Martian Microorganisms. *Journal of Astrobiology and Space Science Research*, 10.37720/jassr.07202020.
14. Kring, D. A., Tikoo, S. M., Schmieder, M., Riller, U., Rebolledo-Vieyra, M., Simpson, S. L., Osinski, G. R., Gattacceca, J., Wittmann, A., Verhagen, C. M., Cockell, C. S., Coolen, M. J. L., Longstaffe, F. J., Gulick, S. P. S., Morgan, J. V., Bralower, T. J., Chenot, E., Christeson, G. L., Claeys, P., Ferrière, L., Gebhardt, C., Goto, K., Green, S. L., Jones, H., Lofi, J., Lowery, C. M., Ocampo-Torres, R., Perez-Cruz, L., Pickersgill, A. E., Poelchau, M. H., Rae, A. S. P., Rasmussen, C., Sato, H., Smit, J., Tomioka, N., Urrutia-Fucugauchi, J., Whalen, M. T., Xiao, L., & Yamaguchi, K. E., (2020), Probing the hydrothermal system of the Chicxulub Impact Crater. *Science Advance*, 6, eaaz3053. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz3053>
15. Li, L., & Endo, K. (2020) Phylogenetic positions of "pico-sized" radiolarians from middle layer waters of the tropical Pacific. *Prog. Earth and Planet. Sci.*, 7, 70, <https://doi.org/10.1186/s40645-020-00384-6>
16. Minamidate, K., Goto, K., Watanabe, M., Roeber, V., Toguchi, K., Sannoh, M., Nakashima, Y., & Kan, H., (2020), Millennial scale maximum intensities of typhoon and storm wave in the northwestern Pacific Ocean inferred from storm deposited reef boulders. *Scientific Reports*. 10, 7218. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64100-6>
17. Mitsunobu, S., T. Hiruta, J. Fukudo, Y. Narahashi, N. Hamamura, N. Matsue, Y. Takahashi, A new method for direct observation of microscale multielemental behavior in waterlogged soil: μXRF - μXAFS combined live soil imaging chamber (LOACH), *Geoderma* 373 (2020) art. no. 114415, doi:10.1016/j.geoderma.2020.114415.
18. Miura, H., Ishimaru, T., Ito, Y., Kurihara, Y., Otosaka, S., Sakaguchi, A., Misumi, K., Tsumune, D., Kubo, A., Higaki, S., Kanda, and J., Takahashi, Y. (2021), First isolation and analysis of caesium-bearing microparticles from marine samples in the Pacific coastal area near Fukushima Prefecture, *Scientific Reports*, 11, 5664, doi:10.1038/s41598-021-85085-w.
19. Miura, H., Kurihara, Y., Yamamoto, M., Sakaguchi, A., Yamaguchi, N., Sekizawa, O., Nitta, K., Higaki, S., Tsumune, D., Itai, T. & Takahashi, Y. (2020), Characterization of two types of cesium-bearing microparticles emitted from the Fukushima accident via multiple synchrotron radiation analyses, *Scientific Reports*, 10, 11421, doi:10.1038/s41598-020-68318-2.
20. Miyajima, Y., Saito, A., Kagi, H., Yokoyama, T., Takahashi, and Y., Hirata, T. (2021), Incorporation of U, Pb and Rare Earth Elements in Calcite through Crystallisation from Amorphous Calcium Carbonate: Simple Preparation of Reference Materials for Microanalysis, *Geostandards and Geoanalytical Research*, 45, 189-205.
21. Mukai, H., Kon, Y., Sanematsu, K., Takahashi, Y. & Ito, M. (2020), Microscopic analyses of weathered granite in ion-adsorption rare earth deposit of Jianxi Province, China, *Scientific Reports*, 10, 20194, doi:10.1038/s41598-020-76981-8.
22. Munemoto, T., T. Solongo, A. Okuyama, K. Fukushi, A. Yunden, T. Batbold, O. Altansukh, Y. Takahashi, H. Iwai, and S. Nagao (2020), Rare earth element distributions in rivers and sediments from the Erdenet Cu-Mo mining area, Mongolia, *Applied Geochemistry*, 123, 104800, doi:10.1016/j.apgeochem.2020.104800.
23. Nagasawa, M., H.-B. Qin, A. Yamaguchi, and Y. Takahashi (2020), Local structure of rare earth elements (REE) in marine ferromanganese oxides by extended x-ray absorption fine structure and its comparison with REE in ion-adsorption type deposits, *Chemistry Letters*, 49, 909-911.
24. Nakada, R., T. Usui, M. Ushioda, and Y. Takahashi (2020), Vanadium micro-XANES determination of oxygen fugacity in olivine-hosted glass inclusion and groundmass glasses of martian primitive shergottite Yamato 980459, *American Mineralogist*, 105, 1695-1703.
25. Nakamura, N., H. Kayanne, Y. Takahashi, M. Sunamura, G. Hosoi, and H. Yamano (2020), Anthropogenic Anoxic History of the Tuvalu Atoll Recorded as Annual Black Bands in Coral, *Scientific Reports*, 10, 7338, doi:10.1038/s41598-020-63578-4.
26. Noguchi, T., M. Takase, R. Matsumoto, Y. Kebukawa, H. Suga, M. Kondo, Y. Takahashi, Y. Takeichi, and H. Yabuta (2020), Another protocol to make sulfur embedded ultrathin sections of extraterrestrial small samples, *Life*, 10, 1-13.
27. Okumura, T., Yamaguchi, N., & Kogure, T. (2020), Distinction between radiocesium (RCs)-bearing

- microparticles and RCs-sorbing minerals derived from the Fukushima nuclear accident using acid treatment, *Chem. Lett.*, 49(11), 1294–1297. doi:10.1246/cl.200374
28. Pourret, O., K. Suzuki, Y. Takahashi, D. L. Whitney, S. Jacobsen, and G. Gehrels (2020), Our study is published, but the journey is not finished!, *Elements*, 16, 229-230
 29. Qin, H.-B., J.-M. Zhu, D. Tan, W.-P. Xu, D.-X. Liang, and Y. Takahashi (2021), Microscale Investigation into Selenium Distribution and Speciation in Se - Rich Soils from Enshi, China, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 106, 40-43
 30. Qin, H.-B., S. Yang, M. Tanaka, K. Sanematsu, C. Arcilla, and Y. Takahashi (2021), Scandium immobilization by goethite: Surface adsorption versus structural incorporation, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 294, 255-272.
 31. Qin, H.-B., S. Yang, M. Tanaka, K. Sanematsu, C. Arcilla, and Y. Takahashi (2020), Chemical speciation of scandium and yttrium in laterites: New insights into the control of their partitioning behaviors, *Chemical Geology*, 552, 119771, doi:10.1016/j.chemgeo.2020.119771.
 32. Quade, J., Leary, R., Dettinger, M. P., Orme, D., Krupa, A., DeCelles, P.G., Kano, A., Kato, H., Waldrip, R., Huang, W., Kapp, P. (2020). Resetting Southern Tibet: The serious challenge of obtaining primary records of Paleoaerometry. *Global and Planetary Change*, 103194. doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103194
 33. Sakamoto, M., Itai, T., Marumoto, K., Marumoto, M., Kodamatani, H., Tomiyasu, T., Nagasaka, H., Mori, K., Poulain, A.J., Domingo, J., Horvat, M., & Matsuyama, A. (2020). Mercury speciation in preserved historical sludge: potential risk from sludge contained within reclaimed land of Minamata Bay, Japan. *Environmental Research*, 180. 168068.
 34. Sakuma, H., K. Kawai, and T. Kogure, (2020) Interlayer energy of pyrophyllite: Implications for macroscopic friction. *American Mineralogist*, 105, 1204–1211. DOI:10.2138/am-2020-7333
 35. Schulte, F. M., Wittmann, A., Jung, S., Morgan, J. V., Gulick, S. P. S., Kring, D. A., Grieve, R. A. F. Osinski, G. R., Riller, U., & IODP-ICDP Expedition 364 Science Party (including Goto, K.), (2021), Ocean resurge-induced impact melt dynamics on the peak-ring of the Chicxulub impact structure, Mexico. *International Journal of Earth Sciences*, <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02008-w>
 36. Shichijo, K., T. Takatsuji, Z. Abishev, D. Uzbekov, N. Chaizhunusova, D. Shabdarbaeva, D. Niino, M. Kurisu, Y. Takahashi, V. Stepanenko, A. Azhimkhanov, and M. Hoshi (2020), Impact of local high doses of radiation by neutron activated manganese dioxide powder in rat lungs: Protracted pathologic damage initiated by internal exposure, *Biomedicine*, 8, 171, doi:10.3390/BIOMEDICINES8060171
 37. Shiraishi, F., Morikawa, A., Kuroshima, K., Amekawa, S., Yu, T. L., Shen, C.C., Kakizaki, Y., Kano, A., Asada, J. & Bahniuk, A. M. (2020). Genesis and diagenesis of travertine, Futamata hot spring, Japan. *Sedimentary Geology*, 405, 105706
 38. Shiraishi, F., T. Omori, N. Tomioka, S. Motai, H. Suga, Y. Takahashi, Characteristics of CaCO₃ nucleated around cyanobacteria: Implications for calcification process, *Geochimica et Cosmochimica Acta* 28 (2020) 55-69
 39. Sugiura, Y., T. Tomura, T. Ishidera, R. Doi, P. C. M. Francisco, H. Shiwaku, T. Kobayashi, D. Matsumura, Y. Takahashi, and Y. Tachi (2020), Sorption behavior of selenide on montmorillonite, *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 324, 615-622.
 40. Sun, J., Y. Takahashi, W. H. J. Strosnider, T. Kogure, B. Wang, P. Wu, L. Zhu, & Z. Dong (2021), Identification and quantification of contributions to karst groundwater using a triple stable isotope labeling and mass balance model, *Chemosphere*, 263, 127946, doi:10.1016/j.chemosphere.2020.127946.
 41. Suzuki, Y., Yamashita, S., Kouduka, M., Ao, Y., Mukai, H., Mitsunobu, S., Kagi, H., D'Hondt, S., Inagaki, F., Morono, Y., Hoshino, H., Tomioka, N., Ito, M. (2020) Deep microbial proliferation at the basalt interface in 33.5-104 million-year-old oceanic crust. *Communications Biology*, DOI: 10.1038/s42003-020-0860-1.
 42. Takahashi, Y., A. Sakaguchi, Q. Fan, K. Tanaka, H. Miura, and Y. Kurihara (2020), Difference in the Solid-Water Distributions of Radiocesium in Rivers in Fukushima and Chernobyl, *Behavior of Radionuclides in the Environment I Function of Particles in Aquatic System*, 115-150.
 43. Tan, S., Sekine, Y., Shibuya, T., Miyamoto, C., and Takahashi, Y. (2021), The role of hydrothermal sulfate reduction in the sulfur cycles within Europa: Laboratory experiments on sulfate reduction at 100 Mpa, *Icarus*, 357, 114222, doi:10.1016/j.icarus.2020.114222.
 44. Tanaka, K., Kanasashi, T., Takenaka, C., and Takahashi, Y. (2021), Speciation of cesium in tree tissues and its implication for uptake and translocation of radiocesium in tree bodies, *Science of the Total Environment*, 755, 142598, doi:10.1016/j.scitotenv.2020.142598.
 45. Tokunaga, K., Takahashi, Y., Tanaka, K., and Kozai, N. (2021), Effective removal of iodate by coprecipitation with barite: Behavior and mechanism, *Chemosphere*, 266, 129104, doi:10.1016/j.chemosphere.2020.129104.
 46. Watanabe, M., Yoshii, T., Roeber, V., Goto, K., & Imamura, F., (2020), Data of boulder transport experiment in super-large wave flume. *Journal of Sedimentological Society of Japan*, 79, 15-25.

47. Whalen, M. T., Gulick, S. P. S., Lowery, C. M., Bralower, T. J., Morgan, J. V., Grice, K., Schaefer, B., Smit, J., Ormo, J., Wittmann, A., Kring, D. A., Lyons, S., Goderis, S., & the IODP-ICDP Expedition 364 Scientists (including Goto, K.), (2020), Winding down the Chicxulub impact: The transition between impact and normal marine sedimentation near ground zero. *Marine Geology*, 430, 106368.
48. Yamada, M., Fujino, S., Chiba, T., Goto, K., & Goff, J. (2020), Redeposition of volcanoclastic sediments by a tsunami 4600 years ago at Kushima City, southeastern Kyushu, Japan. *Sedimentology*, 67, 1354-1372.
49. Yamada, S., Ichinohe, Y., Tatsuno, H., Hayakawa, R., Suda, H., Ohashi, T., Ishisaki, Y., Uruga, T., Sekizawa, O., Nitta, K., Takahashi, Y., Itai, T., Suga, H., Nagasawa, M., Tanaka, M., Kurisu, M., Hashimoto, T., Bennett, D., Denison, E., Doriese, W. B., Durkin, M., Fowler, J., O'Neil, G., Morgan, K., Schmidt, D., Swetz, D., Ullom, J., Vale, L., Okada, S., Okumura, T., Azuma, T., Tamagawa, T., Isobe, T., Kohjiro, S., Noda, H., Tanaka, K., Taguchi, A., Imai, Y., Sato, K., Hayashi, T., Kashiwabara, T. and Sakata, K. (2021), Broadband high-energy resolution hard x-ray spectroscopy using transition edge sensors at SPring-8, *Review of Scientific Instruments*, 92, 013103, doi:10.1063/5.0020642.
50. Zhao, R., Takeuchi, T., Koyanagi, R., Villar-Briones, A., Yamada, L., Sawada, H., Ishikawa, A., Shunsuke Iwanaga, S., Nagai, K., Satoh, N., Che, Y., & Endo, K. (2020), Phylogenetic comparisons reveal mosaic histories of larval and adult shell matrix protein deployment in pteriomorph bivalves. *Sci.Rep.*, 10, 22140, <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79330-x>
51. 荻原成騎 (2020), 天然ゼオライトの産状と成因, *資源地質* 70(2), 89-99

会議抄録

1. Umino, S., Moore, G. F., Boston, B., Coggon, R., Crispini, L., D'Hondt, S., Garcia, M. O., Hanyu, T., Klein, F., Seama, N., Teagle, D. A. H., Tominaga, M., Yamashita, M., Harris, M., Ildefonse, B., Katayama, I., Kusano, Y., Suzuki, Y., Trembath-Reichert, E., Yamada, Y., Abe, N., Xiao, N., Inagaki, F. (2021) Workshop report: Exploring deep oceanic crust off Hawai'i, *Scientific Drilling*, 29, 69-82, <https://doi.org/10.5194/sd-29-69-2021>.

総説

1. Fujiwara, O., Goto, K., Ando, R., & Garrett, E., (2020), Paleotsunami research along the Nankai Trough and Ryukyu Trench subduction zones -Current achievements and future challenges. *Earth-Science Reviews*, 210, 103333.
2. Goto, K., Ishizawa, T., Ebina, Y., Imamura, F., Sato, S., & Udo, K., (2021), Ten years after the 2011 Tohoku-oki earthquake and tsunami: Geological and environmental effects and implications for disaster policy changes. *Earth-Science Reviews*, 212, 103417.
3. Paris, R., Goto, K., Goff, J., & Yanagisawa, H., (2020), Advances in the study of mega-tsunamis in the geological record. *Earth-Science Reviews*, 210, 103381.
4. Suzuki, Y. (2020) HUNTING MINERAL-CENTERED LIFE FROM THE DEEP ROCKY BIOSPHERE. *Elements* 16:808.
5. 奥村大河 (2021), 福島第一原発事故により放出された放射性セシウム含有微粒子の内部構造と物理化学的性質, *地球化学*, 55(1), 31-40. doi:10.14934/chikyukagaku.55.31

著書

1. Hirasawa, T., and S. Kuratani. 2021. Evolution of skeletal tissues. L. Nuño de la Rosa and G. B. Müller (eds.), *Evolutionary Developmental Biology - A Reference Guide*. Springer Nature, Cham, Switzerland. Doi:10.1007/978-3-319-32979-6_190
2. Sato, T., Nakamura, N., Goto, K., Yamada, M., Kumagai, Y., Nagahama, H., & Minoura, K., (2020), Palaeomagnetic dating of coarse clasts. In: *Geological Records of Tsunamis and Other Extreme Waves*, 777-793, Elsevier
3. Watanabe, M., Goto, K., & Imamura, F., (2020), Reconstruction of transport modes and flow parameters from coastal boulders. In: *Geological Records of Tsunamis and Other Extreme Waves*, 617-639, Elsevier.
4. 栗原雄一・高橋嘉夫, 不溶性Cs粒子中のウランおよびセシウムの同位体比の測定と放出源推定の可能性, 『科学』11月号, 岩波書店, 1035-1040/1056pp.
5. 高橋嘉夫・福士圭介・田中雅人・柏原輝彦・関根康人・板井啓明, 分子地球化学, 名古屋大学出版会, 444 pp.
6. 高橋嘉夫, 令和元年度版『原子力白書』, 原子力委員会, 1ページ/423pp.

7 主要な学会発表

7.1 大気海洋科学講座

1. Hibiya, T.: A new parameterization of tidal mixing enhanced over rough seafloor topography, Japan Geoscience Union-American Geophysical Union Joint Meeting 2020, Virtual Meeting, 2020.7.16
2. Hung Ching-Shu, & Miura, H., Gravity wave response to convective heating and its importance to understanding the weak temperature gradient approximation and its limitation, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, 2020.7.12
3. Jinno, T., & Miura, H., Theoretical and Statistical Analysis of Deep Convection Based on Canonical Ensemble Framework, American Geophysical Union 2020 Fall Meeting, online, 2020.12.10
4. Kohma, M., K. Sato, K. Nishimura, and M. Tsutsumi, A statistical analysis of the turbulent parameters of the PMWE observed by the PANSY radar at Syowa Station (69S, 40E) in the Antarctic, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, Online, 2020.7.14
5. Kohma, M., K. Sato, K. Nishimura, and M. Tsutsumi, Time variations of PMWE and turbulent energy dissipation rate after SSW in the Southern Hemisphere in 2019, AGU Fall Meeting 2020, Online, 2020.12.9
6. Matsuura, H., K. Uehara, S. Kida, and T. Hibiya: The decreasing trend of M2 tidal amplitude observed along northwestern Kyushu, Japan Geoscience Union-American Geophysical Union Joint Meeting 2020, Virtual Meeting, 2020.7.14
7. Ong C. R., Koike, M., Hashino, T., and Miura, H., Performance of MPS-SCALE LES Model Calculations of Arctic Mixed-Phase Clouds, 日本気象学会2020年度秋季大会, オンライン, 2020.10.28-30.
8. Sato, K., Dynamical characteristics of the middle atmosphere associated with the Antarctic sudden stratospheric warming in 2019 (招待講演), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, 2020.7.16
9. Sato, K., The climatology of the Brewer-Dobson circulation and the contribution of gravity waves (招待講演), 43rd COSPAR Scientific Assembly, online, 2021.1.29
10. Tozuka, T., Ocean-atmosphere interactions in mid- and low-latitudes (special lecture), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, Online, 2020.7.15
11. Y. Masumoto, Upwelling off Sumatra and Java and its role in climate systems, International Conference on the Ocean and Earth Sciences, Online Meeting (Host: LIPI, Indonesia), 2020.11.18 (Invited)
12. Yanagimachi, T., and T. Hibiya: A theoretical and observational study of the vertical decay scale of tidal mixing over rough seafloor topography, Japan Geoscience Union-American Geophysical Union Joint Meeting 2020, Virtual Meeting, 2020.7.16
13. 奥井晴香, 高解像度ハイトップ大気大循環モデルを用いた成層圏突然昇温時の全中層大気の力学変動の研究 (松野賞受賞), 日本気象学会2020年度秋季大会, オンライン, 2020.10.30
14. 吉田淳, 茂木信宏, 大畑祥, 森樹大, 小池真, 近藤豊, 松井仁志, 大島長, 高見昭憲, 北和之, 航空機を用いた東アジアおよび北極域における黒色炭素と酸化鉄エアロゾルの動態研究, 日本地球惑星連合2020年大会, オンライン, 2020.7.12-16
15. 久住空広・升本順夫, アラビア海西部のソマリア沖海域における夏季SST変動への年周期ロスビー波の影響, 日本海洋学会 2020年度秋季大会, オンライン開催, 2020.11.28
16. 松田拓朗・升本順夫, 南インド洋におけるモード水の変性メカニズム, 日本海洋学会 2020年度秋季大会, オンライン開催, 2020.11.29
17. 南原優一, PANSYレーダーが捉えた極域対流圏・下部成層圏の Kelvin-Helmholtz 不安定構造 (松野賞受賞), 日本気象学会2020年度秋季大会, オンライン, 2020.10.29
18. 高橋暢宏, 小池真, 大型研究「航空機観測による気候・地球システム科学研究の推進」について, 日本地球惑星連合2020年大会, オンライン, 2020.7.12-16

7.2 宇宙惑星科学講座

1. Amano, T. et al., MMS Observation of Nonthermal Electron Acceleration Associated with High-Frequency Whistler Waves at Earth's Bow Shock, VERSIM 2020 workshopM.

2. Hoshino, M., Energy partition of ion and electron during magnetic reconnection, VERSIM2020, Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University (November 16-20, 2020, online)
3. Hoshino, M., PIC simulations of particle acceleration and heating mechanism in accretion flows, Black Hole Astrophysics with VLBI: Multi-wavelength and multi-messenger era, Institute of Cosmic Ray Research, the University of Tokyo (January 18-20, 2021, online)
4. Kasahara, S., S. Yokota, K. Asamura, Y. Saito, M. Hirahara, T. Mitani, and T. Takashima, "In-situ particle measurements in planetary exploration", ISAS planetary exploration workshop, Oral (invited (Keynote)), Sagami-hara, 9-11 September 2020.
5. Kasahara, S., Y. Miyoshi, S. Kurita, S. Yokota, K. Keika, T. Hori, Y. Kasahara, S. Matsuda, A. Kumamoto, A. Matsuoka, K. Seki, I. Shinohara, "Strong diffusion of energetic electrons by equatorial chorus waves in the midnight-to-dawn sector", VLF/ELF Remote Sensing of Ionospheres and Magnetospheres Workshop, Oral (invited), Virtual, 17 Nov. 2020.
6. Keika, K., On Plasma Transport and Energization in the Magnetospheres of Magnetized Planets, Symposium on Planetary Sciences, Online, February 19, 2021
7. Keika, K., S. Kasahara, S. Yokota, M. Hoshino, K. Seki, T. Amano, L. M. Kistler, M. Nosé, Y. Miyoshi, T. Hori, I. Shinohara, A. Matsuoka, M. Teramoto, and Y. Ebihara, Observational study on preferential energization of low-charge-state heavy ions in the near-Earth magnetotail, SGEPS 2020 Fall Meeting online, November 4, 2020
8. Morota, T., et al. Surface evolution of carbonaceous asteroid Ryugu revealed from touchdown operation of Hayabusa2 (Invited), JpGU - AGU Joint Meeting 2020, Virtual meeting, 2020.7.
9. Ohira, Y., Cosmic rays acceleration in supernova remnants (Invited talk), CRPHYS2020, Kyoto, 2020.12.9
10. Ohira, Y., Origin of the first cosmic rays (Invited talk), Asia-Pacific Conference on Plasma Physics, Remote e-conference, 2020.10.26
11. Sugita, S. (2020) Hayabusa missions, International Space Station Institute Colloquium series "The Game changers", July 30, Online hosted from Bern Switzerland (Invited)
12. Sugita, S., R. Honda, T. Morota, S. Kameda, E. Tatsumi, S. Tachibana, K. Kitazato, T. Okada, N. Namiki, M. Arakawa, P. Michel, D. Domingue, S. Tanaka, M. Yoshikawa, S. Watanabe, and Y. Tsuda (2020), Mission Status of Hayabusa2, Science Highlights, and Outlook for Sample Analyses, EPSC2020-995 (Invited)
13. Tachibana, S., et al. (2021) Hayabusa2 Reentry Capsule Retrieval and Sample Container Opening Operations. LPSC 51, online, 2021.3.18
14. 大平豊, 最高エネルギー宇宙線理論レビュー (招待講演), CRCタウンミーティング, オンライン, 2020.9.18
15. 橘省吾, 澤田弘崇, 岡崎隆司, 高野淑識, 三浦弥生, 坂本佳奈子, 矢野創, 安部正真, 矢田達, 中藤亜衣子, 与賀田佳澄, はやぶさ2 キュレーションチーム (2021) 「はやぶさ2」が持ち帰ったもの (速報), 宇宙科学シンポジウム, オンライン, 2021.1.7
16. 長勇一郎, 湯本航生, 小倉暁乃丞, 亀田真吾, 白井寛裕, Ute Boettger, Conor Ryan, Maximilian Buder, Till Hagelschuer, Selene Routley, Enrico Dietz, Emanuel Kopp, Heinz-W. Huebers, Andoni Moral, Fernando Rull, MMX ローバ搭載用ラマン分光計 RAX のエンジニアリングモデル開発状況, 日本惑星科学会秋季講演会, 2020.11.14
17. 天野孝伸, 衝撃波電子加速におけるホイッスラー波の役割, 第37回 プラズマ・核融合学会 年会
18. 比屋根肇, 同位体地球化学・宇宙化学の驚異的な進歩をふりかえって (招待講演), 日本質量分析学会 同位体比部会, 2020.11.25

7.3 地球惑星システム科学講座

1. Bôle M, Ikeda M, Baumgartner PO, Hori RS & Bouvier A-S, SIMS Analysis of Si Isotope for Radiolarian Test in Mesozoic Bedded Chert, Inuyama, Central Japan, Goldschmidt 2020 Hawaii Online, 2020.06.26
2. Kayanne, H., S. Yamamoto, N. Fujita, Y. Sato, T. Asakai, K. Nozaki, H. Kurihara, A. Hemmi and A.G. Dickson, Development of autonomous continuous pH-alkalinity analyzer deployable to BGC-Argo float, JpGU-AGU Joint Meeting 2020:Virtual, 2020.06.26.
3. Tada, T., Tada, R., Carling, P. A., Songtham, W., Chansom, P., Kogure, T., Chang, Y., and Tajika, E., Identification of Ejecta Deposit formed by Australasian Tektite Event based on Discovery of Shocked Quartz and in situ Tektite Fragments in North Eastern Thailand, JpGU-AGU Joint Meeting 2020: Virtual, Online, 2020.7.14.
4. Takigawa, A., The Life Cycle of Dust in the Galaxy (JpGU-AGU Joint Meeting 2020 Plenary Lecture), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, online, 2020.07.13.

5. Watanabe, Y., Tajika, E., Ozaki, K., and Hong, P.K., Consequence of Hydrocarbon Haze Formation on Global Carbon Cycle under Anoxic and Mildly Oxidized Environment, Goldschmidt 2020, Honolulu, Hawaii, 2020.6.26.
6. 茅根 創, 大学におけるフィールドワークの安全管理, 日本人類学会第54回研究大会 (早稲田大学・オンライン), 2020年5月30日
7. 赤堀 愛香, 渡辺 泰士, 田近 英一, 太古代地球環境におけるメタン生成フィードバック (優秀発表賞受賞講演), 第6回地球環境史学会年会, Online, 2020.11.7.
8. 瀧川 晶, 先太陽系粒子の形成と進化 ~宇宙化学・鉱物学・天文学の境界~, JpGU-AGU Joint Meeting 2020, オンライン, 2020.07.14. (招待講演)
9. 茂木 信宏, サブミクロン・スーパーミクロン粒子の複素散乱振幅測定手法, エアロゾル・雲・降水の相互作用に関する研究集会, 国立極地研究所, 2021.2.16

7.4 固体地球科学講座

1. Hasegawa, M, et al. Liquidus Phase Relations and Solid-Liquid Partitioning in the Fe-Si-C System Under Core Pressures, JpGU 2020
2. Ide, S., M. Sáez, S. Ruiz, H. Sugioka, and M. Miller, Tectonic tremors in southern Chile, observed in three space-time windows, JpGU-AGU Joint meeting 2020, 2020.7.14
3. Ide, S., What can we observe with DAS? 2020 Jan. JAMSTEC Muroto submarine cable experiment, Slow Earthquakes WS 2020 Virtual, 2020.9.16
4. K. Ozawa, C. J. Garrido, K. Hidas, J.-L. Bodinier, T. Aoki, F. Boudier, Olivine-plagioclase assemblage in orogenic peridotites: Proxy for the extent of lithosphere thinning and asthenosphere shallowing. JpGU2019, On Line, iPoster, 2020.7.16
5. K. Ozawa, C. J. Garrido, K. Hidas, J.-L. Bodinier, T. Aoki, F. Boudier, Plagioclase peridotite or olivine-plagioclase assemblage in orogenic peridotites: its implications on high-temperature decompression of the subcontinental lithosphere-asthenosphere boundary zone. EGU General Assembly 2020 On Line, Vienna, Austria, 2020.5.6
6. Kuwayama, Y., Equation of state of liquid iron under extreme conditions (招待講演・国際学会), 日本地球惑星科学連合大会, オンライン, 2020
7. Nagaya, T., Wallis, S. R. et al. Brucite as a major phase in the shallow mantle wedge, (S-MP40), JpGU 27 May 2020
8. Romanet, P., A. A. Florent, and S. Ide, The 2016 Mw 7.8 Kaikoura earthquake and its relationship to tremors(invited speaker), EGU General Assembly 2020(online), 2020.5.4
9. Sato, M., Yamamoto, Y., Nishioka, T., Kodama, K., Mochiduki, N., Ushioda, M., Nakada, R., Tsunakawa, H., Constraints on the Source of the Martian Magnetic Anomalies Inferred From Relaxation Time of Remanent Magnetization (Invited talk), JpGU-AGU Joint Meeting, Virtual, 2020.7.14
10. Soejima, S. & Wallis, S. R. A New Method for Quantitative Estimation of Volume Change in Metamorphic Rocks Using Deformed Mineral Vein Sets (V041-04), AGU 2020, 17 Dec., 2020
11. Tanaka, Y., Relativistic geodesy using optical lattice clock and its application to seismological and volcanological studies, International Workshop on Forefront Optical Lattice Clocks: from Curiosity-Driven Research to Real-World Applications, 伊藤謝恩ホール (東京大学本郷キャンパス), 2020.12.3
12. Trishit Ruj, Kenji Kawai, Timings of Martian Wrinkle Rides, a global investigation, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2020年7月
13. Tsutsumi, Y. et al., Metal-silicate partitioning of carbon, JpGU 2020
14. Wallis, S. R. & Ishii, K. 2020. High- and Low-stress Subduction Zones Recognized in the Rock Record (T055-03), AGU 2020, 16 Dec., 2020
15. Wallis, S. R. U018 - AGU-JpGU-EGU-GSA-ESA Great Debate - Future of Earth and space science societies: New roles and responsibilities in a COVID and post-COVID world (Pannelist), AGU 2020, 16 Dec., 2020.
16. 桑山靖弘, 高圧高温での溶融鉄 高圧技術と欠損データ復元による密度・音速決定 (依頼講演), 第34回日本放射光学学会年会, オンライン, 2021
17. 永井はるか, 佐藤雅彦, 加藤千恵, 小澤一仁, Preliminary paleomagnetic study on single plagioclase crystals separated from the anorthositic dike in the Doshi gabbroic body, JpGU-AGU Joint Meeting, Virtual, 2020.7.14
18. 河合 研志, Borgeaud Anselme, 鈴木 裕輝, グラー ロバート, Imaging subducted slabs in the mantle through inversion of seismic waveforms, 日本地球惑星科学連合大会, 幕張メッセ, 千葉, 2020年7月14日
19. 田中愛幸, 光格子時計による相対論的測地とその地震学・火山学的应用. 理研シンポジウム: 第8回「光量子工学研究」, 理化学研究所, 2021.3.9

7.5 地球生命圏科学講座

1. Sugaya, R., M. Sato, T. Kogure, Mineralogical Characterization on Acicular Magnetite Exsolved in Plagioclase, The 19th International Conference on Textures of Materials(ICOTOM19) Virtual Conference, JAPAN (Fully-online conference, March 1 to 48, 2021). (Poster P.)
2. Suzuki, Y., New strategies for extraterrestrial life exploration compatible to planetary protection (招待講演), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, Online Meeting, 2020.7.16
3. Takahashi, G., S. Inoué, Y. Suzuki, M. Sunamura, T. Kogure, Berthierine Found in Deep-Underground Granite, The 4th Asian Clay Conference 2020 (Fully-online conference, June 8, 2020). (Poster P.)
4. Takahashi, Y., Carbon XANES library of the heat-treated and impacted IOM stimulant applied to the extraterrestrial organic matter, AGU Fall Meeting 2020, online, 2020.12.1-7
5. 荻原成騎, ハーキマーダイヤモンドの産状と鉱山開発の時代背景, 宝石学会(日本), 講演会, 2021, 3, 21
6. Suzuki, Y., (招待講演), Exploring Deep Oceanic Crust off Hawaii: Online workshop for IODP 951-Full proposal development, Online Workshop, 2020.7.12
7. Suzuki, Y., In situ and Laboratory High-Pressure Cultivations of Deep Microbiome at Two Japanese Underground Facilities (Keynote Speaker), GOLDSCMIDT Virtual 2020, Online Conference, 2020.6.23
8. Suzuki, Y., Life's emergence and common ancestor approached from rock-hosted life on terrestrial planets (西田賞受賞講演), JpGU-AGU Joint Meeting 2020, Online Meeting, 2020.7.12
9. Suzuki, Y., Microbial Uranium Immobilization: Could it give a solution for controlling radionuclide dispersal for Fukushima Daichi Nuclear Disaster? (招待講演), OPTICS & PHOTONICS International Congress 2020 Laser Solutions for Space and Earth 2020, パシフィコ横浜, 2020.4.22
10. 田村一紗, 板井啓明, 放射光X線マイクロビームを用いたナノプランクトンの個体別微量元素分析法の開発, 2020年日本プランクトン学会・日本ベントス学会 合同大会 (オンライン, 2020, 9)
11. 奥村大河, 三河内岳, 酒井陽一, 高山努, 小暮敏博, 放射性Cs含有微粒子 (CsMP) を模した珪酸塩ガラスの合成とその性質, 第22回「環境放射能」研究会, オンライン, 2021.3.11
12. 奥村大河, 山口紀子, 三河内岳, 酒井陽一, 高山努, 小暮敏博, 放射性Cs含有微粒子の物理化学的性質とそれに基づく模擬ガラスの合成, 「福島原発事故で放出された放射性物質の多面的分析」専門研究会, オンライン, 2020.12.24
13. 奥村大河, 山口紀子, 小暮敏博, 福島原発事故に由来する放射性セシウム担体物質の新しい判別法, 日本原子力学会 2020年秋の大会 (Zoom, 2020.9.16) (口頭)
14. 奥村大河, 山口紀子, 小暮敏博, 福島原発事故に由来する放射性セシウム担体物質の新しい判別法, 日本原子力学会2020年秋の大会, オンライン, 2020.9.16
15. 高橋嘉夫・孫 静・浜本貴史・佐々木隆之, Fe(II)を含むスメクタイトによるU(VI)のU(IV)への還元, 日本地球惑星科学連合2020年大会 JpGU-AGU Joint Meeting 2020 Virtual Meeting, オンライン開催, 2020.7.12-16
16. 狩野彰宏, 石筍酸素同位体の意味, 地球惑星科学連合大会 (オンライン) (招待)
17. 清水啓介, 岩本しほり, 竹内猛, 遠藤一佳, 鈴木道生, 貝殻基質タンパク質EGF-likeの機能と進化シナリオ, 第15回バイオミネラルリゼーションワークショップ, オンライン, 2020.11.13
18. 太田成昭, 清水啓介, 石川彰人, 遠藤一佳, シグナル伝達因子による巻貝の貝殻成長メカニズムの解明, 第15回バイオミネラルリゼーションワークショップ, オンライン, 2020.11.13
19. 長谷川菜々子, 板井啓明, 高橋嘉夫, 名取幸花, 栗栖美菜子, 国末達也, 田辺信介, 微量元素濃度と鉄安定同位体 isoscapeを用いた沿岸性・外洋性海棲哺乳類の生態解析, 日本地球化学会年会 (オンライン, 2020.11)

8 社会貢献・普及活動

8.1 他大学での集中講義・セミナー

1. 佐藤 薫, 流体地球物理学特論, 神戸大学大学院理学研究科, 2020.12.8-10 (集中講義)
2. 日比谷 紀之, 北里大学 理学特別講義, 月が導く深海の流れ ~地球を巡る深層海流の謎への挑戦~, 北里大学, 2020.10.27-10.28 (集中講義)
3. 日比谷 紀之, 海洋アライアンス 教養学部・学部フロンティア講義「海研究のフロンティア」, 月が導く深海の流れ ~地球を巡る海洋大循環の謎を解く~, 東京大学 海洋アライアンス, 2020.10.31 (セミナー)
4. 升本 順夫, 熱帯域の気候変動と大気海洋相互作用, 新潟大学, 2021.1.21-1.22 (集中講義)
5. 杉田 精司, Remote-sensing observation results of asteroid Ryugu, comparison with Bennu, and outlook for returned sample analysis (Department Colloquium), University of Colorado, 2020.10.12 (セミナー)
6. 天野 孝伸, 大気海洋環境システム学特別講義第一, 九州大学, 2020.11.11-13 (集中講義)
7. 橘 省吾, 金沢大学先魁プロジェクト・サクラサイエンスプログラム特別講演会・「はやぶさ2」地球帰還!, 金沢大学, 2021.1.18 (特別講義)
8. Shogo Tachibana, 金沢大学先魁プロジェクト・サクラサイエンスプログラム特別講演会・Hayabusa2 - What will the samples from asteroid Ryugu tell us?, 金沢大学, 2021.1.18 (特別講義)
9. 茅根 創, 進化生態学特殊講義C, 琉球大学, 2020/12/14 (集中講義)
10. 桑山 靖弘, Density and sound velocity of liquid Fe at high pressure: Implications for the composition of the Earth's core (28985 Seminarreihe: Experimentelle Geochemie und Geophysik Sommersemester 2021), Bayerisches Geoinstitut, University of Bayreuth, 2021.5.10 (セミナー)
11. 高橋 嘉夫, 放射化学特論, 大阪大学, 2020/10/1-2021/3/31 (特別講義)
12. 高橋 嘉夫, 環境化学最前線(入門), 東京工業大学, 2020/10/1-2021/3/31 (特別講義)
13. 高橋 嘉夫, 兵庫県立三田祥雲館高等学校, 2020/9/17 (特別講義)
14. 鈴木庸平, 新型コロナ時代の学問のすゝめ -地球微生物学編- (概念構築), 慶應義塾大学先端生命科学研究所, 2020.6.23 (特別講義)

8.2 一般向け講演会

1. 佐藤 薫, 南極の千本アンテナで探るグローバルな気候結合, 大阪府高等学校地学教育研究会70周年記念式典, 2020.12.5
2. 升本 順夫, 気候変動現象の多様性とこれからの気候変動予測, 公開シンポジウム「国連の持続可能な海洋科学の10年 -One Oceanの行動に向けて」, 2020.11.6
3. 星野 真弘, 東京大学理学部紹介, 東京大学オープンキャンパス, 2020.9.21
4. 杉田 精司, 「はやぶさ2」の初期成果と太陽系研究の新展開, 第55期駿台天文講座, 2020.9.19
5. 杉田 精司, 「はやぶさ2」の最新成果, 神山天文台開設10周年シンポジウム, 2020.10.17
6. 杉田 精司, 探査機はやぶさ2が明かした小惑星リュウグウの姿, 東京大学理学部臨時公開講演会, 2021.2.23
7. 杉田 精司, はやぶさ2の最新成果, 高校生のための東京大学オープンキャンパス, 2021.1.6-19
8. 桂華 邦裕, プラズマと電磁場で観る太陽系, 第32回東京大学理学部公開講演会「理学が導く系外惑星の旅」, 2020.12.9
9. 諸田 智克, 宇宙と生命 ~はやぶさ2からのメッセージ~, NHK文化センター 名古屋教室スズケン市民講座, 2020.9.27
10. 諸田 智克, はやぶさ2と小惑星のお話, 東京大学理学部ホームカミングデイ2020, 2020.10.17
11. 諸田 智克, はやぶさ2の軌跡, 岐阜県瑞浪市サイエンスワールド科学講演会, 2020.11.27
12. 諸田 智克, はやぶさ2の最新成果, 名古屋大学地球環境科学サイエンスカフェ, 2020.12.19

13. 諸田 智克, はやぶさ2の成果, 中央区立郷土天文館講演会, 2021.2.14
14. 諸田 智克, リュウグウ表面へのタッチダウンまでの道のり, 東京大学理学部臨時公開講演会Online「はやぶさ2」がリュウグウで見たもの、持ち帰ったもの, 2021.2.23
15. 茅根 創, ～サンゴ礁が伝える、海の「いま」～, 東京大学海洋教育研究センター 海×東大 オンライン・トーク (オンライン), 2020.07.03
16. 茅根 創, 災害リスク予測ツールとしてのデジタル空間とその課題, 「デジタル空間社会連携研究機構」～デジタルで異分野をつなぎ新しい社会を創造する～キックオフシンポジウム (オンライン), 2021.01.14
17. 茅根 創, 次世代型半導体 (ISFET) pHセンサーの開発, 第17回食料生産技術研究会 (オンライン), 2021.03.11
18. 田近 英一, Earth, Planets and Life, 惑星環境と生命の共進化, Astrobiology Seminar ONLINE, 2020.7.2
19. 田近 英一, 地球環境と生命の共進化を探る～暗い太陽のパラドックスと全球凍結イベント～, 2020年東京大学理学部オープンキャンパス講演会, 2020.9.21
20. 田近 英一, ハビタブル惑星地球の進化, 三鷹ネットワーク大学推進機構オンライン天文講座, 2020.10.18
21. 田近 英一, 地球史上最大級の環境変動～全球凍結イベントと大酸化イベント～, 地学オリンピック日本委員会地球科学普及講演会「地球をぶらり2020」, 2020.11.15
22. 田近 英一, ハビタブルゾーンとハビタブル惑星, 三鷹ネットワーク大学「太陽系ウォークはとまらない!」, 2020.11.18
23. 井出 哲, 地震の予測はなぜ難しいのか, 東京大学五月祭企画講演会, 2020.9.21
24. 河合 研志, 地球内部の進化を探るー核とマンツルの境界から, かわさき市民アカデミー・新しい科学の世界, 2021.1.19
25. 永治 方敬, Thermal structure of subduction zones: modeling and the rock record, JpGU-AGU Joint Meeting 2020・公開討論セッション, 2020.7.15
26. 後藤 和久, 東日本大震災後の古津波堆積物研究の現状と将来展望, 日本学術会議主催学術フォーラム・第11回防災学術連携シンポジウム「東日本大震災からの十年とこれから」～58学会、防災学術連携体の活動～, 2021.1.14
27. 後藤 和久, 恐竜絶滅の謎に迫る!, 企画展「となりの恐竜展」, 静岡科学館る・く・る, 2021.1.17
28. 後藤 和久, 琉球海溝沿いの古地震・古津波, 地震学会一般公開セミナー 島弧のジオダイナミクスー琉球弧における地震研究の発展, 2021.2.18
29. 後藤 和久, 琉球列島の古津波履歴, 大気海洋研究所共同利用研究集会 琉球弧ダイナミクスの新展開: 島弧ダイナミクスの理解への新たな切り口, 2021.3.4
30. 高橋 嘉夫, HERFD-XANES によるセシウムやバリウムのソフト性の評価と天然試料中の化学結合状態解析, 第58回 SPring-8 先端利用技術ワークショップ「X線発光分光の高分解能化が拓く電子状態研究の現状と将来展望」, 2021.3.23
31. 鈴木 庸平, 国際火星サンプルリターンに向けた惑星保護の検討状況, 2021年 惑星保護ワークショップ, 2021.3.24
32. 鈴木 庸平, ふくしまHOPE311ディスカッション, 福の島から未来を作るシンポジウム, 2021.3.6
33. 鈴木 庸平, 隔離施設内における火星生命簡易検出技術の開発, 第9回宇宙における生命ワークショップ, 2021.2.25
34. 鈴木 庸平, なぜ微生物は地下の岩が大好きなのか?: 地下深部研究からパラダイムシフト, J-Desk マントル掘削WGセミナー, 2021.1.18
35. 鈴木 庸平, 地震発生に関わる微生物プロセスの解明, ICDP掘削提案促進ワークショップ, 2020.11.6
36. 鈴木 庸平, 探査機と宇宙飛行士による簡便な火星サンプルリターン技術の創出, ISAS Planetary Exploration Workshop 2020, 2020.9.9

8.3 メディア等

1. 佐藤 薫, Modeling Gravity Waves with Machine Learning, Eos (Science News by AGU), 2021.3.16
2. 日比谷 紀之, 東大講義 オンラインでー都城泉ヶ丘付中生が体験ー, 宮崎日日新聞, 2020.12.8
3. 杉田 精司, 小惑星「リュウグウ」水星の内側通る軌道回っていた可能性, NHK総合, 2020.5.8
4. 杉田 精司, 小惑星「リュウグウ」かつて水星より内側に, NHKBS1, 2020.5.8
5. 杉田 精司, かつて太陽近くを周回 小惑星りゅうぐう, 時事通信, 2020.5.8
6. 杉田 精司, りゅうぐう、灼熱の星だった? =かつて水星より太陽接近かーはやぶさ2観測, 共同通信, 2020.5.8
7. 杉田 精司, リュウグウ 日焼けした? 「はやぶさ2」痕跡観測 一時期 太陽接近の可能性, 読売新聞, 2020.5.8

8. 杉田 精司, リュウグウ「日焼け」してた JAXA、東京大など 30 万年以上前、太陽に大接近か、毎日新聞, 2020.5.8
9. 杉田 精司, リュウグウは太陽に近かった?, 朝日新聞, 2020.5.8
10. 杉田 精司, 「りゅうぐう」に太陽接近の痕跡、小惑星の軌道変化か。、日本経済新聞, 2020.5.8
11. 杉田 精司, はやぶさ2 観測 30 万年以上前 りゅうぐう 太陽近く周回か、産経新聞, 2020.5.8
12. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう かつて太陽近く周回 はやぶさ2 観測, 東京新聞, 2020.5.8
13. 杉田 精司, リュウグウの変遷 予測 JAXA 「はやぶさ2」画像から, 日刊工業新聞, 2020.5.8
14. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう 一時太陽近くを周回 JAXA など発表 800 万〜30 万年前か, 岩手日報, 2020.5.9
15. 杉田 精司, かつては灼熱の星?, 静岡新聞, 2020.5.9
16. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう 一時太陽近くを周回 JAXA など発表 800 万〜30 万年前か, 岩手日報, 2020.5.9
17. 杉田 精司, 過去に太陽寄り軌道回る 小惑星りゅうぐう JAXA チーム分析 「はやぶさ2」観測で判明, 山陽新聞, 2020.5.9
18. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう軌道、昔は太陽近く回ってた/JAXA などチーム、はやぶさ2 観測で判明, 南日本新聞, 2020.5.9
19. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう 太陽の近くを かつて周回か, 神戸新聞, 2020.5.9
20. 杉田 精司, 30 万年前の「日焼け」跡 りゅうぐう 太陽近くを周回か, 西日本新聞, 2020.5.11
21. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐうの過去の軌道 今より太陽近くを周回 はやぶさ2 の観測で判明, 秋田魁新報, 2020.5.11
22. 杉田 精司, りゅうぐう、昔は太陽寄り はやぶさ2 観測 30 万年前まで地球の内側か, 岐阜新聞, 2020.5.11
23. 杉田 精司, 小惑星りゅうぐう*過去 太陽近く周回か* JAXA など*はやぶさ2 で観測, 北海道新聞, 2020.5.12
24. 杉田 精司, Ryugu may have skirted close to the Sun., Sky&Telescope (米国), 2020.5.8
25. 杉田 精司, 小惑星「りゅうぐう」、別タイプの小惑星衝突で誕生か, 日経新聞, 2020.9.22
26. 杉田 精司, 異なる小惑星のかけらか りゅうぐう表面の明るい岩—JAXA など, 時事通信, 2020.9.22
27. 杉田 精司, 「りゅうぐう」別の小惑星衝突か はやぶさ2, FNNプライムオンライン, 2020.9.22
28. 杉田 精司, リュウグウ、成分異なる2 惑星が衝突し誕生か… JAXA ・東大チーム, 読売新聞, 2020.9.22
29. 杉田 精司, Seeking surprises in comets and asteroids, Knowable Magazine (Annual Reviews社 米国), 2020.10.16
30. 杉田 精司, “米版はやぶさ”着陸 NASA探査機小惑星、岩石採取か, 静岡新聞, 2020.10.21
31. 杉田 精司, 米国版はやぶさ着陸成功 家政付近の小惑星 岩石採取か, 東京新聞, 2020.10.21
32. 諸田 智克, 小惑星「りゅうぐう」、太陽接近の証拠, 日本経済新聞, 2020.5.8
33. 諸田 智克, はやぶさ2 の舞台裏「りゅうぐうの牙」自己成長力がかいくぐる, 産経新聞, 2020.12.04
34. 諸田 智克, はやぶさ2 着陸地点決定に貢献した専門家の「古典的な手法」, 毎日新聞, 2021.1.6
35. 橋 省吾, はやぶさ2、惑星起源解明へ, 日本経済新聞, 2021.3.12
36. S. Tachibana, B. Marty, Avec Mars, une nouvelle ère pour la recherche d'échantillons extraterrestres, The Conversation, 2021.2.20
37. S. Tachibana, B. Marty, Robotic field geologists will bring more samples from space!, EAG (European Association of Geochemistry) blog, 2021.1.21
38. 橋 省吾, はやぶさ2 コロナ下のカプセル回収の「舞台裏」橋省吾・東大教授ルポ・下, 毎日新聞, 2021.1.15
39. 橋 省吾, はやぶさ2 コロナ下のカプセル回収の「舞台裏」橋省吾・東大教授ルポ・中, 毎日新聞, 2021.1.14
40. 橋 省吾, はやぶさ2 コロナ下のカプセル回収の「舞台裏」橋省吾・東大教授ルポ・上, 毎日新聞, 2021.1.13
41. S. Tachibana, Japan's Journey to an Asteroid Ends With a Hunt in Australia's Outback, New York Times, 2021.1.7
42. 橋 省吾, はやぶさ2回収、物質から出続ける気体 何が分かる? 太陽系の謎ひもとく期待, 毎日新聞, 2020.12.27
43. 橋 省吾, 「はやぶさ2」カプセルに目標の50倍試料...初代より「圧倒的に多い」, 読売新聞, 2020.12.18
44. 橋 省吾, 「はやぶさ2」カプセルに多量の黒い砂りゅうぐう"玉手箱"にお宝ザクザク, スポーツニッポン, 2020.12.16

45. 橘 省吾, JAXAが会見、はやぶさ2カプセルには「数mmサイズのサンプルがどっさり」、マイナビニュース, 2020.12.15
46. S. Tachibana, Asteroid Dust from Hayabusa2 Could Solve a Mystery of Planet Creation, Scientific American, 2020.12.7
47. 橘 省吾, はやぶさ2、カプセル帰還「生命の起源」玉手箱』, 毎日新聞, 2020.12.7
48. 橘 省吾, はやぶさ2の「玉手箱」で何が分かる? 宇宙大国アメリカをしのぎ「お家芸」に, 毎日新聞, 2020.12.6
49. 橘 省吾, ガスさえ逃さない...リュウグウの「お宝」カプセル開封に向けた綿密な計画とは, 毎日新聞, 2020.12.6
50. 橘 省吾, はやぶさ2が持ち帰る「お宝」生命の起源知る手掛かりか, 産経新聞, 2020.12.6
51. 橘 省吾, りゅうぐうの「お宝」に期待 46億年前の有機物探す, 東京新聞, 2020.11.22
52. 橘 省吾, サイエンス Report「はやぶさ2」支えた綿密訓練, 読売新聞, 2020.11.22
53. S. Tachibana, Japan Prepares for Hayabusa2's Daring Return to Earth, Scientific American, 2020.7.23
54. 中村 修子, 茅根 創, ツバルのサンゴが記録していたサンゴ礁劣化の歴史 サンゴ骨格年輪に黒色バンドとして記録された無酸素環境, 国立環境研究所 環境展望台, 2020.5.25; 日本の研究.com, 2020.5.28; 経済レポート専門ニュース, 2020.5.30; Sankei. Biz, excite news, 2020.6.1; 朝日新聞デジタル, 2020.6.1; 財経新聞, 2020.6.1
55. 池田 昌之, 大量絶滅ビッグファイブ・コズミックフロント, NHK, 2020.5.12; 同, 2020.5.19
56. 池田 昌之, 地球の軌道変化 恐竜にも影響, 静岡新聞, 2020.8.6
57. 井出 哲, サイエンスZERO 3.11から10年「地震学者たちが挑んだ“超巨大地震”」, NHK, 2021.3.7
58. ウォリス サイモン, NHK World-Japan Ground Detective Series Part 1, 2020/12/17
59. ウォリス サイモン, NHK World-Japan Ground Detective Series Part 2, 2021/01/06
60. 廣瀬 敬, アド街ック天国, テレビ東京, 2020.7.25
61. 廣瀬 敬, 西田圭佑, 火星コア物質の音速測定に成功, 日経, 2020.5.13
62. 廣瀬 敬, 桑山康弘, 100万気圧4000度の極限条件下で液体鉄の密度の精密測定に成功, 日経, 2020.4.23
63. 後藤 和久, 日本経済新聞 (オンライン), 巨大津波の予測どこまで? 堆積物調査の成果と課題. 2021.1.18
64. 後藤 和久, 読売新聞夕刊, 「隕石落下 宇宙進出を加速」, 2021.3.11
65. 鈴木 庸平, 東日本大震災10年 小さな微生物の大きな力とは?, 又吉直樹のへウレーカ!, NHK Eテレ, 2021.3.10
66. 鈴木 庸平, ミガケ好奇心! 火星のなぞに迫る?, 週間まるわかりニュース, NHK総合, 2021.3.6
67. 鈴木 庸平, NASAの火星探査車「パーシビアランス」の着陸に関するニュース, おはよう日本, NHKニュース7, NHK総合, 2021.2.19
68. 鈴木 庸平, Cracking the Mysterious Primitive Organisms, Science View, NHK WORLD-JAPAN, 2021.2.17
69. 鈴木 庸平, 暗黒生態系研究の最前線に差し込む光, 理学部ニュース, 東京大学理学系研究科HP, 2021.1.20
70. 鈴木 庸平, 未知の生物想定 火星などのサンプル分析で新手法, おはよう日本, NHK総合, 2020.8.31
71. 鈴木 庸平, 深海は“巣ごもり生物”の楽園!?, 又吉直樹のへウレーカ!, NHK Eテレ, 2020.7.8
72. 鈴木 庸平, Inside Deep Undersea Rocks, Life Thrives Without the Sun, Quantamagazine, 2020.5.13
73. 鈴木 庸平, 「常識覆す成果」海底地下の岩石1cm3あたりに100億細胞の微生物 - 亀裂の粘土に濃集する有機物が密集の鍵-, プレスリリース, 2020.4.2
74. 鈴木 庸平, Microbiology: Deep-sea volcanic rock teems with microbial life, Nature (Research highlights), 2020.4.2
75. 鈴木 庸平, Life found in rocks beneath the ocean floor give scientists hope of finding life on Mars, CNN, 2020.4.2
76. 鈴木 庸平, Bizarre life-forms found thriving in ancient rocks beneath the seafloor, NATIONAL GEOGRAPHIC, 2020.4.2
77. 鈴木 庸平, プレスリリースに関する記事, 朝日新聞, 静岡新聞, 毎日新聞, 読売新聞2020.4.2
78. 奥村 大河, 放射性セシウムの判定・定量化に成功 東京大学・農研機構, 農業協同組合新聞, 2020.10.22

9 その他の活動

9.1 学内委員(専攻役務を除く)

1. 佐藤 薫, 東京大学, 総長特任補佐
2. 日比谷 紀之, 東京大学, 学部前期課程部会PEAK制度検討委員会 委員; 大気海洋研究所協議会 委員
3. 関 華奈子, 東京大学大学院理学系研究科, 国際交流委員会 委員; 男女共同参画推進委員会 委員
4. 橘 省吾, 東京大学, TAO運営諮問委員会 委員
5. 橘 省吾, 東京大学大学院理学系研究科附属宇宙惑星科学機構, 運営委員会 委員
6. 橘 省吾, 東京大学宇宙理工学連携研究機構, 運営委員会 委員
7. 星野 真弘, 東京大学大学院理学系研究科, 研究科長・学部長; 関係委員会(企画室会議, 学術運営・教育推進委員会, 研究科教育会議, 学生支援室運営委員会, 防災委員会, 生物情報科学科協議会, 附属植物園運営委員会, 附属臨海実験所運営委員会, 附属スペクトル化学研究センター運営委員会, 附属地殻化学実験施設運営委員会, 附属天文学教育研究センター運営委員会, 附属原子核科学研究センター運営委員会, 附属ビックバン宇宙国際研究センター運営委員会, 宇宙惑星科学機構運営委員会, 知の物理学研究センター運営委員会) 委員
8. 星野 真弘, 東京大学附置研協議会(地震研究所協議会, 宇宙線研究所協議会, 物性研究所協議会) 委員
9. 星野 真弘, 東京大学連携機構 関係委員会(生物普遍性連携研究機構 運営委員会, 数理・情報教育研究センター 統括運営委員会, 次世代ニュートリノ科学連携研究機構 協議会, マイクロ・ナノ多機能デバイス連携研究機構 運営委員会, 海洋アライアンス連携研究機構評議会) 委員
10. 星野 真弘, 一般財団法人東京大学運動会 評議員
11. 星野 真弘, 東京大学全学委員会(科所長会議, 教育研究評議会, 総長選考会議, 入試監理委員会, 教育運営委員会, 評価委員会, 奨学金返還免除候補者選考委員会, 予算委員会, 総長室総括委員会, 国際高等研究所運営委員会, 伊藤国際学術研究センター運営委員会, 未来社会協創推進本部, 大学総合教育研究センター運営委員会, 素粒子物理国際研究センター運営委員会) 委員
12. 比屋根 肇, 大学院理学系研究科, 環境安全管理室 委員
13. 茅根 創, 東京大学大学院理学系研究科, 技術委員会, 委員・機器分析・実習系長
14. 茅根 創, 東京大学環境安全本部 フィールドワーク事故災害対策検討ワーキンググループ 委員
15. 茅根 創, 東京大学総合研究博物館, 運営委員会 委員; 地理資料部門長
16. 茅根 創, 東京大学教育学系研究科, 海洋教育センター, 副センター長
17. 茅根 創, 東京大学空間情報科学センター, 運営委員会 委員
18. 池田昌之, 東京大学大学院理学系研究科, 理学部ニュース編集委員会 委員
19. 田近英一, 東京大学, 予算委員会企画調整分科会 委員; 教育運営委員会後期教養科目運営委員会 委員
20. 田近英一, 東京大学大学院理学系研究科・理学部, GSCファカルティ委員会 委員; 教務委員会 オブザーバー
21. ウォリス サイモン, フォトンサイエンス卓越大学院 運営委員
22. ウォリス サイモン, 全学グローバルキャンパス推進本部運営会 委員
23. 河合 研志, 東京大学大学院理学系研究科, 広報委員会 委員
24. 板井 啓明, 東京大学 プロアクティブ環境学国際卓越大学院プログラム運営委員会
25. 板井 啓明, 日本・アジアに関する教育研究ネットワーク運営委員会
26. 遠藤 一佳, 東京大学理学系研究科, 生物情報科学科協議会, 委員
27. 遠藤 一佳, 東京大学, 総合研究博物館地史古生物部門, 部門主任
28. 砂村 倫成, 東京大学大学院理学系研究科, オープンキャンパス委員
29. 高橋 嘉夫, 総合研究博物館, タンデム加速器研究 運営委員

9.2 学会・学術誌

1. 小池 真, 日本気象学会, 学術運営委員会 委員; 学術運営委員会 航空機観測検討部会 副部長; 理事
2. 三浦 裕亮, 日本地球惑星科学連合, 代議員; PEPS編集委員会, 委員
3. 三浦 裕亮, American Meteorological Society, Monthly Weather Review, Assistant Editor
4. 三浦 裕亮, 日本気象学会, 山本賞候補者選考委員会 委員; 気象集誌編集委員会 委員
5. 佐藤 薫, 日本気象学会, 理事長
6. 佐藤 薫, 日本地球惑星科学連合, 大気水圏科学セクション バイスプレジデント; 代議員
7. 升本 順夫, 日本海洋学会, 評議員; 防災学術連携委員; 論文賞選考委員会 委員長
8. 東塚 知己, 日本海洋学会, 評議員
9. 東塚 知己, Journal of Oceanography, Editor
10. 東塚 知己, 日本地球惑星科学連合, 代議員; 大気水圏科学セクション バイスプレジデント
11. 東塚 知己, American Meteorological Society, Journal of Climate, Associate Editor
12. 東塚 知己, Frontiers in Atmospheric Science, Review Editor
13. 日比谷 紀之, 日本海洋学会, 監査; 評議員; 三賞選考委員会 委員; 沿岸海洋研究会委員会 委員
14. 日比谷 紀之, 日本海洋政策学会 常設委員会委員 (総務委員会委員)
15. 日比谷 紀之, 日本地球惑星科学連合, 代議員; 総務担当理事; 日本地球惑星科学連合学術賞 (三宅賞) 審査委員会 委員
16. 日比谷 紀之, The International Association for the Physical Science of the Oceans (IAPSO: 国際海洋物理科学協会) Executive Committee Member (執行委員)
17. 日比谷 紀之, Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR: 国際海洋科学委員会) Working Group 160: Analysing ocean turbulence observations to quantify mixing (ATOMIX) Full Member (正規メンバー)
18. 日比谷 紀之, Frontiers in Marine Science, Associate Editor of the Physical Oceanography section
19. 笠原 慧, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 将来構想検討WG 委員
20. 桂華 邦裕, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 学生発表賞事務局員
21. 桂華 邦裕, Earth, Planets and Space誌, Editor
22. 関 華奈子, 日本地球惑星科学連合, 宇宙惑星科学セクション バイスプレジデント; 代議員 (宇宙惑星科学セクション選出); グローバル戦略委員会 委員
23. 関 華奈子, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 地球型惑星圏環境分科会 代表世話人
24. 橘 省吾, European Association of Geochemistry, H.C. Urey Award Committee, Member
25. 橘 省吾, 日本地球惑星科学連合, 宇宙惑星科学セクションサイエンスボード メンバー; JGL編集委員 編集幹事; グローバル戦略委員会 委員; 広報普及委員会 委員
26. 橘 省吾, 日本鉱物科学会, Elements 編集委員会 委員
27. 橘 省吾, 日本地球化学会, Geochemical Journal, Associate Editor
28. 長 勇一郎, 日本惑星科学会, 学会誌 編集委員
29. 諸田 智克, 日本地球惑星科学連合, 学生賞小委員会 委員
30. 諸田 智克, 日本惑星科学会, 運営委員会 委員; 総務専門委員会 委員; 編集専門委員 委員; 学会賞選考委員会 委員
31. 星野 真弘, Physical Review Letters (米国物理学会), 編集委員
32. 天野 孝伸, 地球電磁気・地球惑星圏学会, 運営委員会 委員
33. 茅根 創, 太平洋諸島学会, 理事
34. 高橋 聡, 地球環境史学会, 評議委員; 行事係
35. 瀧川 晶, 日本地球惑星科学連合, 宇宙惑星科学セクション プログラム委員
36. 瀧川 晶, 日本惑星科学会, 編集専門委員; 編集幹事; 広報専門委員
37. 田近 英一, 日本地球惑星科学連合, 会長; 理事; 代議員; 宇宙惑星科学セクション サイエンスボード; 広報普及委員会 委員長; 広報普及委員会・JGL編集委員会 委員長; ジャーナル企画経営委員会 委員; 大会運営委員会 委員; 30周年記念事業タスクフォース 委員長; ジオエシックスWG 委員

38. 田近 英一, 日本惑星科学会, 運営委員会 委員; 対外協力・連携専門委員会 委員長
39. 田近 英一, 生命の起原および進化学会, 運営委員会 委員
40. ウォリス サイモン, 日本地球惑星科学連合 (JpGU), 副会長; 国際戦略委員会 委員長
41. ウォリス サイモン, 日本地質学会, 執行理事; 学術・国際交流担当
42. ウォリス サイモン, Open Science, Royal Society, 編集委員会委員
43. ウォリス サイモン, Progress in Earth and Planetary Science, JpGU, 編集委員会委員
44. 田中 愛幸, 日本測地学会, 評議員; 会計委員会 委員長; 海外渡航助成金審査委員会 委員
45. 田中 愛幸, 国際測地学協会, 全地球測地観測システム (GGOS) サイエンスパネル委員; インターコミッション理論研究グループ (変形と重力の時間変動) チェア; プロジェクト「時計による相対論的測地学」委員
46. 田中 愛幸, Earth Planets and Space誌 編集委員
47. 安藤 亮輔, 日本地震学会, 代議員; 表彰委員会 委員長
48. 永治 方敬, 国際地球化学連合, 第17回岩石-水相互作用国際会議組織委員会 委員
49. 永治 方敬, 変成岩などシンポジウム, 変成岩などシンポジウム2021 組織委員
50. 廣瀬 敬, Physics of the Earth and Planetary Interiors, Editor
51. 板井 啓明, 一般社団法人日本地球化学会, 理事; 総務幹事
52. 遠藤 一佳, 日本古生物学会, 評議員; 常務委員
53. 遠藤 一佳, 日本地球惑星科学連合, 代議員; 地球生命科学セクション・プレジデント
54. 遠藤 一佳, 日本進化学会, 代議員
55. 狩野 彰宏, 日本地質学会, 執行理事; 運営委員; Island Arc 編集委員長
56. 狩野 彰宏, 石油技術協会, 理事; 探鉱技術委員
57. 狩野 彰宏, Sedimentary Geology誌, Advisory Board Member
58. 小暮 敏博, Clay Mineral Society (米国粘土鉱物学会) 評議員
59. 小暮 敏博, 日本粘土学会, 会長兼代表理事
60. 小暮 敏博, 日本鉱物科学会, 監事
61. 後藤 和久, 日本地質学会, 理事; 各賞選考委員会 委員; 地質災害委員会 副委員長
62. 後藤 和久, 日本地球掘削科学コンソーシアム ICDP 部会 執行委員
63. 後藤 和久, 東京地学協会, 表彰委員会 委員
64. 後藤 和久, 土木学会東北支部, 津波評価に関する技術検討会 委員
65. 後藤 和久, 土木学会, 原子力土木委員会津波評価部会 委員
66. 後藤 和久, 地球惑星科学連合, 地球人間圏科学セクション ボードメンバー
67. 後藤 和久, 日本堆積学会, 論文賞選考委員会 委員
68. 後藤 和久, 地質学雑誌特集号 ゲストエディター
69. 後藤 和久, AOGS Publication Committee
70. 後藤 和久, Associate Editor "Island Arc", Wiley
71. 後藤 和久, Editor "Progress in Earth and Planetary Science", Springer
72. 後藤 和久, Editorial Board "Marine Geology", Elsevier
73. 後藤 和久, Earth-Science Reviews (Special issue), Lead Guest Editor
74. 砂村 倫成, Microbes & Environment誌, 編集幹事・Managing Editor
75. 高橋 嘉夫, 日本地球化学会, Geochemical Journal副編集委員長
76. 高橋 嘉夫, 日本放射光学会, 評議委員会
77. 平沢達矢, 日本発生生物学会 Development, Growth & Differentiation, Editor

9.3 行政・その他

1. 小池 真, 日本学術会議, iLEAPS小委員会 委員
2. 小池 真, JAXA, 雲・エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) 委員会 委員
3. 高麗 正史, JAXA, 雲・エアロゾル放射ミッション (EarthCARE) 委員会 委員
4. 佐藤 薫, 日本学術会議, 連携会員
5. 佐藤 薫, 国立極地研究所, 客員教授
6. 佐藤 薫, 文部科学省, 科学技術・学術審議会臨時委員
7. 佐藤 薫, 国土交通省, 交通政策審議会 委員; 社会資本整備審議会 委員
8. 佐藤 薫, 気象庁, 気象研究所評議委員会委員
9. 佐藤 薫, WCRP (世界気候研究計画) / SPARC (成層圏・対流圏過程とその気候での役割), Gravity waves, activity leader
10. 升本 順夫, 日本学術会議, 特任連携会員; 地球惑星科学委員会SCOR分科会IIOE-2小委員会委員; 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP・DIVERSITAS合同分科会 CLIVAR小委員会委員
11. 升本 順夫, 海洋研究開発機構, IOC協力推進委員会 海洋観測・気候変動国内専門部会 委員
12. 升本 順夫, 気象庁, 異常気象分析検討委員
13. 升本 順夫, IOC/SCOR/GOOS IIOE-2, Science Theme 2 Co-chair
14. 升本 順夫, 九州大学応用力学研究所, 応用力学共同研究拠点共同利用・共同研究委員会及び同専門部会委員
15. 升本 順夫, 日本ユネスコ国内委員会, 自然科学小委員会調査委員
16. 東塚 知己, 日本学術会議, 環境学委員会・地球惑星科学委員会合同 IGBP・WCRP・DIVERSITAS 合同分科会 CLIVAR 小委員会 委員; 地球惑星科学委員会 SCOR分科会 IIOE-2小委員会 委員
17. 日比谷 紀之, 日本学術会議, 連携会員; 地球惑星科学委員SCOR分科会 副委員長; IUGG分科会IAPSO小委員会委員長
18. 日比谷 紀之, 東京海洋大学, 海洋科学部附属練習船 神鷹丸共同利用運営協議会 学外委員
19. 日比谷 紀之, 海上保安庁, 政策アドバイザー
20. 日比谷 紀之, 日本海洋科学振興財団, 理事
21. 日比谷 紀之, 九州大学応用力学研究所および共同利用・共同研究拠点, 外部評価委員会委員
22. 日比谷 紀之, 山田科学振興財団, 2021年度海外研究助成審査委員
23. 天野 孝伸, 京都大学生存圏研究所, 電波科学計算機実験(KDK) 全国共同利用専門委員会 委員
24. 天野 孝伸, 日本学術会議, 電気電子工学委員会URSI分科会 プラズマ波動小委員会 委員
25. 笠原 慧, 宇宙科学研究所, 将来フレームワーク検討委員会 委員; Comet Interceptor所内検討チーム チーム員
26. 笠原 慧, ESA-JAXA共同Comet Interceptorミッション 宇宙科学研究所WG 主査
27. 桂華 邦裕, 国立極地研究所, EISCAT特別実験審査部会 委員
28. 杉田 精司, 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所, 運営協議会・委員; 理学委員会・委員
29. 関 華奈子, 日本学術会議, 連携会員; 地球惑星科学委員会 委員; 地球・惑星圏分科会 委員; 地球惑星科学人材育成分科会 委員
30. 関 華奈子, ISSI (International Space Science Institute), Science Committee Member
31. 関 華奈子, 名古屋大学宇宙地球環境研究所, 共同利用・共同研究委員会 委員; 総合解析専門委員会 委員長
32. 関 華奈子, 内閣府, 宇宙政策委員会・宇宙科学探査小委員会 委員
33. 関 華奈子, 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所, 宇宙理学委員会 委員; 国際宇宙探査専門委員会 委員; 周回・探査技術実証による火星宇宙天気・気候・水環境探査 (MACO) 計画ワーキンググループ 主査
34. 橘 省吾, JAXA, Hayabusa2 Sample Allocation Committee, Member
35. 星野 真弘, 大阪大学レーザーエネルギー学研究センター, 共同利用専門委員
36. 星野 真弘, 名古屋大学宇宙地球環境研究所, 運営協議会 委員
37. 星野 真弘, 学術会議SCOSTEPS, 小委員会 委員
38. 星野 真弘, 独立行政法人大学改革支援・学位授与機構, 国立大学教育研究評価委員会 専門委員
39. 茅根 創, 国土交通省, サンゴ礁海岸保全研究会 委員

40. 茅根 創, 防衛省, 普天間飛行場代替施設建設事業に係る環境監視等委員会 委員
41. 茅根 創, 沖縄総合事務局, サンゴ礁海岸の保全・形成促進調査研究会 委員長
42. 茅根 創, (財)みなと総合研究財団(国土交通省委託), 特定離島港湾施設整備に係る環境配慮検討会 委員
43. 茅根 創, (社)水産土木建設技術センター(水産庁委託), サンゴ増養殖技術検討委員会 委員長
44. 茅根 創, 沖縄県竹富町教育委員会, 竹富町海洋教育推進委員会 委員
45. 茅根 創, 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構, NEDO技術委員
46. 茅根 創, 参議院, 国際経済・外交に関する調査会 参考人
47. 田近 英一, 日本学術会議, 会員; 選考委員会 理学・工学選考分科会 委員; 第三部理工系学協会の活動と学術情報に関する分科会 幹事
48. 田近 英一, 日本学術会議, 地球惑星科学委員会 副委員長; 企画分科会 副委員長; 地球・惑星圏分科会 委員長; 社会貢献分科会 幹事; 人材育成分科会 委員; 国際連携分科会 委員
49. 田近 英一, 日本学術振興会, 専門委員
50. 田近 英一, 自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター, 運営委員会 委員
51. 田近 英一, 宇宙航空研究開発機構, 宇宙科学評議会 評議委員; 地球観測に関する科学アドバイザー委員会 委員
52. 田近 英一, 東京大学出版会, 企画委員会 委員
53. 田近 英一, 東京書籍, 高校地学基礎教科書アドバイザー
54. 田近 英一, 井上科学振興財団, 選考委員会 委員
55. ウォリス サイモン, JAMSTEC, 海域地震発生帯研究開発部会の評価・助言委員会 委員
56. ウォリス サイモン, 文科省, 海洋開発機構部会 委員
57. ウォリス サイモン, 産業技術総合研究所, 評価委員会 委員
58. ウォリス サイモン, 全日本科学教育振興委員会 委員
59. 田中 愛幸, 日本学術会議, 地球惑星科学委員会IUGG分科会IAG小委員会 委員
60. 河合 研志, 公益社団法人 東京地学協会編集委員会, 編集委員
61. 廣瀬 敬, 東工大地球生命研究所, 所長
62. 板井 啓明, 独立行政法人環境再生保全機構, 環境研究総合推進費
63. 遠藤 一佳, 日本学術会議, IPA小委員会 委員
64. 遠藤 一佳, 遺伝学普及会, 編集委員会 委員
65. 遠藤 一佳, 自然環境科学センター絶滅のおそれのある海洋生物の選定委員会, 委員
66. 後藤 和久, 岩手県津波防災技術専門委員会小委員会委員
67. 後藤 和久, 文部科学省地震調査委員会・津波評価部会, 委員
68. 後藤 和久, 地震予知総合研究振興会, 津波の地質痕跡評価ワーキンググループ委員, 南海トラフ～琉球海溝の地震・津波に関する研究会委員
69. 鈴木 庸平, JAXA, 安全審査委員会 惑星保護審査部会 委員
70. 鈴木 庸平, COSPAR, 火星帰還試料安全審査方針策定ワーキング 委員
71. 砂村 倫成, 海洋研究開発機構, 海洋研究課題審査部会・部会員
72. 高橋 嘉夫, 日本学術振興会, 特別研究員等審査会委員

9.4 専攻役務分担

- 専攻長 井出 哲
- 副専攻長 田近 英一
- 学科長（地球惑星物理学科） 井出 哲
- 学科長（地球惑星環境学科） 田近 英一

委員会名	委員長	委員
専攻教務	正：ウォリス サイモン 副：日比谷 紀之	東塚・笠原・横山・生駒・瀧川・田中・飯塚・板井・平沢 【地震研】望月（正）・市原・西田 【大気海洋研】伊賀・鈴木 【先端研】小坂・中村 【宇宙研】白井・篠原
学科教務（地球惑星物理）	正：杉田 精司 副：三浦 裕亮	横山・生駒・瀧川・田中（愛）・井出（学科長）
学科教務（地球惑星環境）	正：杉田 精司 副：後藤 和久	橘・飯塚・池田・鈴木・砂村・高橋（聡）・田近（学科長）
会計	関 華奈子	小池・田近・ウォリス・荻原
図書	遠藤 一佳	高麗・天野・茅根・佐藤（雅）・荻原
部屋	升本 順夫	橘・廣瀬・小暮
広報	河合 研志	高麗・小池・諸田・大平・高橋（聡）・河原・桜庭・鈴木・砂村・栗栖
技術	茅根 創	
ネットワーク	安藤 亮輔 （代：三浦 裕亮）	桂華・河原・砂村・栗栖
科学機器	飯塚 毅	小池・長・茅根・小暮・鈴木・吉田・市村・小林
自動車	池田 昌之	
安全管理	比屋根 肇	小池・茅根・廣瀬・狩野・小林

9.5 受賞

教職員

賞の名称	氏名	受賞理由	授与団体	受賞年月
文部科学大臣表彰 科学技術賞（研究部門）	日比谷 紀之	深層海洋循環の高精度化に向けた深海乱流の研究	文部科学省	2020年4月
Association of Asia Pacific Physical Societies, Division of Plasma Physics, Young Researcher Award	大平 豊	For his pioneering contributions to our understanding of collisionless shocks in partially ionized plasmas and to providing insights into the escape mechanism of cosmic rays from astrophysical accelerators.	Association of Asia Pacific Physical Societies	2020年10月
文部科学大臣表彰 若手科学者賞	笠原 慧	非熱的粒子の直接観測に基づくジオスペースプラズマの研究	文部科学省	2020年4月
SGEPSS (Society of Geomagnetism and Earth, Planetary, and Space Sciences) 論文賞	笠原 慧	Medium-Energy Particle experiments - electron analyzer (MEP-e) for the Exploration of energization and Radiation in Geospace (ERG) mission	地球電磁気・地球惑星圏学会 (SGEPSS)	2020年11月
奨励賞	奥村 大河	環境放射能の除染に関する学術研究	環境放射能とその除染・中間貯蔵および環境再生のための学会	2021年1月
奨励賞	奥村 大河	福島原発事故により環境中に放出された放射性微粒子の構造とその諸特性の解明	環境放射能除染学会	2021年1月
西田賞	鈴木 庸平	ダーク・バイオフィアにおける生物と無機物との相互作用の解明	日本地球惑星連合	2020年7月

学生（基幹講座大学院生）

賞の名称	氏名	授与団体	受賞年月
松野賞	南原 優一	日本気象学	2020年11月
松野賞	奥井 晴香	日本気象学	2020年11月
理学系研究科 研究奨励賞（修士）	奥井 晴香	東京大学	2021年3月
理学系研究科 研究奨励賞（博士）	木村 皐史	東京大学	2021年3月
理学系研究科 研究奨励賞（修士）	長澤 真	東京大学	2021年3月
理学系研究科 研究奨励賞（博士）	多田 賢弘	東京大学	2021年3月
第6回地球環境史学会 年会 優秀発表賞	赤堀 愛香	地球環境史学会	2020年11月
Best Poster Award	菅谷 峻	The 19th International Conference on Textures of Materials	2021年3月
Student Award Certification	高橋 玄	The 4th Asian Clay Conference	2020年6月

9.6 外部資金受入状況

	種別	件数	総額（千円）
科学研究費補助金	新学術領域研究（研究領域提案型）	6	76,900
	学術変革領域研究(A)	1	40,700
	学術変革領域研究(B)	3	22,300
	特別推進研究	1	47,600
	基盤研究(A)	10	92,400
	基盤研究(B)	16	54,300
	基盤研究(C)	7	9,188
	挑戦的研究（萌芽）	3	6,800
	若手研究(A)	1	1,600
	若手研究	11	15,200
	国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）	5	16,100
	研究成果公開促進費	1	2,200
	特別研究員奨励費（基幹講座）	16	16,260
	分担者配分	56	72,414
委託費（政府系）	14	82,619	
共同研究	11	19,017	
受託研究員等	22	112,195	
奨学寄附金	24	11,375	