

地球をまるごと分析する！

地球・宇宙の成り立ちから現在、そして未来…

# 地球と宇宙の 化学事典

【編集】

日本地球化学会



- 物質や元素に着目する化学的観点から、地球および宇宙（惑星群）を解説。
- 約300項目を1～4頁の構成で、基礎からわかりやすく解説。  
地球環境の未来予測に必要な知見が満載。

A5判 472頁 定価12,600円（本体12,000円）  
ISBN 978-4-254-16057-4 C3544

 朝倉書店

## 本書の内容

地球をはじめ、太陽系の惑星群は宇宙の営みの中でどのように形成されたのか、これからどう進化していくのか、という壮大なテーマから、肉眼では見えない微生物が仲介する深海底の小さな生物コロニーの営みに至るまで、きわめて幅広い時間スケールと空間スケールで動き続ける森羅万象の不思議さには、われわれの興味を引きつけて止まないものがある。この不思議の世界を、化学的観点から、すなわち物質あるいは元素そのものの存在状態や循環過程から捉え、高度な分析化学的手法を駆使して、数々の謎をひとつひとつ解いていこうとするのが、「地球化学」あるいは「地球惑星化学」と呼ばれる学問分野である。(序文より抜粋)

## 代表編集委員

蒲生 俊敬 東京大学大気海洋研究所教授

海老原 充 首都大学東京大学院理工学研究科教授

## 執筆者 (五十音順 \*は編集委員)

赤木 右	九州大学	金谷 有剛	海洋研究開発機構	*橘 省吾	北海道大学	藤原 正智	北海道大学
赤田 尚史	環境科学技術研究所	兼保 直樹	産業技術総合研究所	田中 剛	名古屋大学名誉教授	古谷 研	東京大学
甘利 幸子	ワシントン大学	*蒲生 俊敬	東京大学	谷口 旭	東京農業大学	古谷 浩志	東京大学
荒井 朋子	千葉工業大学	川幡 穂高	東京大学	谷本 浩志	国立環境研究所	堀川 恵司	富山大学
荒尾 知人	農業環境技術研究所	河村 公隆	北海道大学	*田上英一郎	名古屋大学	本多 了	東京大学
飯塚 毅	東京大学	木多 紀子	ウイスコンシン大学	力石 嘉人	海洋研究開発機構	*益田 晴恵	大阪市立大学
五十嵐康人	気象研究所	木村 学	東京大学	千葉 仁	岡山大学	町田 敏暢	国立環境研究所
猪狩俊一郎	産業技術総合研究所	木村 純一	海洋研究開発機構	張 勁	富山大学	松枝 秀和	気象研究所
石塚 治	産業技術総合研究所	黒田潤一郎	海洋研究開発機構	津田 敦	東京大学	松本 潔	山梨大学
*石橋純一郎	九州大学	小池 勲夫	琉球大学	角皆 潤	名古屋大学	松本 拓也	国際原子力機関
石渡 良志	東京都立大学名誉教授	古賀 聖治	産業技術総合研究所	角皆 静男	北海道大学名誉教授	丸岡 照幸	筑波大学
伊藤 正一	北海道大学	小久保英一郎	国立天文台	角森 史昭	東京大学	丸茂 克美	産業技術総合研究所
伊藤 慎	千葉大学	小林 憲正	横浜国立大学	遠嶋 康德	国立環境研究所	三澤 啓司	国立極地研究所
稲生 圭哉	農業環境技術研究所	小宮 剛	東京大学	留岡 和重	神戸大学	溝田 智俊	岩手大学
稲垣 史生	海洋研究開発機構	三枝 信子	国立環境研究所	豊田 和弘	北海道大学	光延 聖	静岡県立大学
井上 源喜	大妻女子大学	齊藤 誠一	北海道大学	永井 尚生	日本大学	三戸彩絵子	地球環境産業技術研究機構
井上 麻衣	東京大学	斎藤 元治	産業技術総合研究所	*中井 俊一	東京大学	緑川 貴	長崎海洋气象台
伊庭 靖弘	北海道教育大学	才野 敏郎	海洋研究開発機構	長尾 敬介	東京大学	*南川 雅男	北海道大学
今須 良一	東京大学	坂口 綾	広島大学	中口 譲	近畿大学	三部 賢治	東京大学
入野 智久	北海道大学	坂口 有人	海洋研究開発機構	永島 一秀	ハワイ大学	宮崎 淳一	海洋研究開発機構
*岩森 光	東京工業大学	佐川 拓也	愛媛大学	中島 典之	東京大学	村山 雅史	高知大学
上田 晃	富山大学	左近 樹	東京大学	永田 武	東京大学	森 俊敏	東京大学
*植松 光夫	東京大学	佐々木 晶	国立天文台	中塚 俊	名古屋大学	森川 祐一	産業技術総合研究所
臼井 朗	高知大学	佐藤 文衛	東京工業大学	永原 裕子	東京大学	森下 祐一	産業技術総合研究所
内田 悦生	早稲田大学	佐野 有司	東京大学	中村 俊夫	名古屋大学	八木 一行	農業環境技術研究所
鷓野伊津志	九州大学	佐脇 貴幸	産業技術総合研究所	中村 智樹	東北大学	安田 敦	東京大学
浦辺 徹郎	東京大学	鹿園 直建	慶應義塾大学名誉教授	中村 仁美	東京工業大学	柳澤 文孝	山形大学
*海老原 充	首都大学東京	*篠原 宏志	産業技術総合研究所	中本 泰史	東京工業大学	数田ひかる	大阪大学
大井 健太郎	産業技術総合研究所	篠原 雅尚	東京大学	中山 典子	東京工業大学	山岸 明彦	東京薬科大学
大木 淳之	北海道大学	島田 允堯	九州大学名誉教授	奈良岡 浩	九州大学	山口 亮	国立極地研究所
大河内直彦	海洋研究開発機構	下田 玄	産業技術総合研究所	西川 雅高	国立環境研究所	山口 耕生	東邦大学
大貫 敏彦	日本原子力研究開発機構	白井厚太郎	東京大学	野上 健治	東京工業大学	山口 紀子	農業環境技術研究所
大野 剛	学習院大学	杉田 精司	東京大学	野口 高明	茨城大学	山本 綱志	名古屋大学
大場 武	東海大学	鈴木祐一郎	産業技術総合研究所	野津 憲治	東京大学名誉教授	山本 民次	広島大学
大原 利真	国立環境研究所	鈴木 和博	名古屋大学	はしもとじょーじ	岡山大学	山本 啓之	海洋研究開発機構
岡村 慶	高知大学	鈴木 德行	北海道大学	橋本 伸哉	日本大学	山本 正伸	北海道大学
小川 浩史	東京大学	*鈴木 勝彦	海洋研究開発機構	長谷川 精	北海道大学	横内 陽子	国立環境研究所
沖野 郷子	東京大学	宗林 由樹	京都大学	畠山 史郎	東京農工大学	横山 哲也	東京工業大学
長田 和雄	名古屋大学	高澤 栄一	新潟大学	羽生 毅	海洋研究開発機構	横山 祐典	東京大学
乙坂 重嘉	日本原子力研究開発機構	高田 秀重	東京農工大学	原 圭一郎	福岡大学	吉田 英一	名古屋大学
小畑 元	東京大学	高野 淑識	海洋研究開発機構	原田 尚美	海洋研究開発機構	芳野 極	岡山大学
海保 邦夫	東北大学	*高橋 嘉夫	広島大学	坂東 博	大阪府立大学	米田 成一	国立科学博物館
鍵 裕之	東京大学	高橋 正征	東京大学名誉教授	日高 洋	広島大学	渡邊 剛	北海道大学
掛川 武	東北大学	高松武次郎	前 茨城大学	平賀 岳彦	東京大学	渡辺 寧	産業技術総合研究所
風早 康平	産業技術総合研究所	瀧川 晶	東京大学	*平田 岳史	京都大学	渡辺 豊	北海道大学
梶井 克純	京都大学	竹川 暢之	東京大学	平原 靖大	名古屋大学		
梶野 敏貴	国立天文台	竹村 俊彦	九州大学	深畑 幸俊	京都大学		
加藤 泰浩	東京大学	田副 博文	弘前大学	藤村 彰夫	宇宙航空研究開発機構		
加藤 義久	東海大学	田近 英一	東京大学	藤本光一郎	東京学芸大学		



# 内容目次

## 1. 地球史

- ・生体有機物
- ・バイオマーカー（生物指標分子）
- ・真核生物
- ・真正細菌
- ・古細菌
- ・独立栄養生物と従属栄養生物
- ・地球史と鉱床形成
- ・地層
- ・付加体
- ・地質境界
- ・化石
- ・火山活動と地球環境変動
- ・タービタイト
- ・年代測定
- ・CHIME年代測定法
- ・気体質量分析計
- ・編年鉄鉱層
- ・地球史の中でのチャート
- ・古土壌と大気進化
- ・生命の起源、進化、分布
- ・生命存在の可能性
- ・地球の太古代
- ・隕石衝突と生物大量絶滅
- ・深部地下生物圏
- ・カンブリア大爆発
- ・大気中酸素濃度進化
- 【コラム】海の誕生と消滅
- 【コラム】たんぼぼ計画
- ・ウイルスと生物地球化学
- ・有機物の立体異性
- ・食物連鎖とアミノ酸の安定同位体比
- ・有機化合物の安定同位体比

## 2. 古環境

- ・海底堆積物
- ・腐植有機物
- ・土壌有機物
- ・水期・間水期変動
- ・急激な気候変化
- ・エルニーニョ・ENSOサイクル
- ・古環境プロキシ
- ・堆積過程の化学変化
- ・年代指標
- ・古塩分指標
- ・古水温の復元
- ・古大気CO<sub>2</sub>分圧の復元
- ・気候変化と陸上植物の遷移
- ・炭酸塩の溶解と炭素循環史
- ・古土壌
- ・14C年代測定
- ・窒素循環
- ・樹木年輪
- ・古食性復元のための化石骨同位体分析
- ・陸源碎屑物の堆積記録
- ・氷床コアと大気成分の変動
- ・海底堆積物コアによる生物生産の復元
- ・海洋科学掘削と展望
- ・テフラによる火山活動履歴
- ・貝殻とサンゴ成長履歴と環境の季節変動

- ・海洋無酸素化イベント
- ・微化石
- ・堆積年代
- ・湖底堆積物
- ・加速器質量分析

## 3. 海洋

- ・海水の化学組成
- ・海水の塩分
- ・海水の物理化学的性質
- ・海洋の物質循環
- ・化学トレーサー
- ・海水の年齢
- ・溶存気体
- ・栄養塩
- ・微量元素
- ・希土類元素
- ・海洋の生物ポンプ
- ・海洋酸性化
- ・海底熱水活動
- ・鉄仮説
- ・酸素極小層
- ・海洋表面のマイクロレイヤ
- ・海洋化学観測機器
- ・水中有機物
- ・粒子態有機物
- ・溶存有機物
- ・親生元素（親生物元素）
- ・一次生産
- ・プランクトン
- ・食物連鎖
- ・生態系
- ・有機錯体
- ・統合作用
- ・化学合成生態系
- ・海洋観測船・潜水船
- ・現場自動化学分析
- ・リモートセンシング
- ・サンゴの地球化学
- ・CCDと炭酸塩溶解
- ・バイオミネラリゼーション
- ・海洋地殻内流体
- ・海洋の希ガスと同位体比
- ・海洋の放射性核種
- ・海洋における沈降粒子
- ・メイラード反応

## 4. 海洋以外の水

- ・水の物理化学的性質
- ・水の起源と安定同位体
- ・水の年代測定
- ・水循環
- ・雲水の組成
- ・降水水の組成
- ・陸水
- ・湖沼水の成層と水質
- ・汽水域の水質と生物活動
- ・河口の水域環境の特徴
- ・地下水の水質形成機構
- ・化学的風化作用
- ・土壌形成作用
- ・ミネラルウォーター
- ・地下水流動と同位体系
- ・深層部地下水
- ・化石水
- ・温泉の定義
- ・鉱物の飽和度
- ・湯の花（温泉沈殿物）
- ・地滑りと地下水

- ・自然由来地下水汚染
- ・海底湧水

## 5. 地表・大気

- ・成層圏大気の組成
- ・対流圏大気の組成
- ・温室効果気体
- ・二酸化炭素
- ・オゾン
- ・窒素化合物
- ・ハロゲン化合物
- ・光化学反応
- ・不均一反応
- ・エアロゾルの組成
- ・黄砂エアロゾル
- ・海塩エアロゾル
- ・ブラックカーボン
- ・硫酸塩エアロゾル
- ・有機エアロゾル
- ・大気エアロゾルの生成・消滅
- ・酸性雨・霧
- ・大気の放射能
- ・大気への物質放出
- ・大気中の物質輸送
- ・大気物質の沈着
- ・極域の大気化学
- ・陸上植生
- ・大気と陸の物質循環
- ・大気と海洋の物質循環
- ・衛星による大気環境観測
- ・化学天気予報
- ・大気組成と気候変化
- ・大気組成の進化

## 6. 地殻

- ・マグマ中揮発性物質と噴火
- 【コラム】化学的噴火予知
- ・火山ガス
- ・火山ガス災害
- ・温泉・熱水の起源と分類
- ・地震に伴う地球化学現象
- ・沈み込み帯の物質循環とスラブ流体
- ・固体地球の構造：地殻-マントル-コア
- ・地殻の構造
- ・地殻の組成
- ・大陸地殻の形成と年代
- ・海洋地殻の形成と年代
- 【コラム】地球最古の岩石・鉱物
- ・地殻物質のリサイクルリング
- ・地殻変動
- ・地殻熱流量と地球の熱源
- 【コラム】天然原子炉
- ・地殻の風化作用と元素循環
- ・大気・水圏との物理的相互作用
- ・生命圏との相互作用
- ・大陸棚
- 【コラム】地殻流体
- 【コラム】超大陸
- ・レーザーアブレーション-ICP質量分析計

## 7. マントル・コア

- ・マントルの構造
- ・地球内部の鉱物
- ・マントルの化学組成

- ・マントル捕獲岩
- ・マントルの化学的不均質性
- ・マントルの進化
- ・地球内の物質移動
- ・初期地球の化学分化
- ・コア
- ・マントルとコアの分化
- ・マグマ形成時の元素の挙動
- ・マントル中の流体と元素の挙動
- ・マントル内での元素拡散
- 【コラム】深部の隠されたリザーバー
- ・マントルと地殻の分化
- ・マントルと大気の関係
- ・マントルの酸化還元状態
- ・マグマとは何か
- ・中性子回折

## 8. 資源・エネルギー

- ・鉱床の起源と分類
- ・レアメタル資源
- ・砂鉄
- ・セメント工業
- ・熱水性鉱床
- ・熱水変質作用
- ・流体包有物の温度測定
- ・鉱物と熱水の間のイオン交換反応
- ・石油（の地球化学）
- ・石炭（の地球化学）
- ・天然ガス（の地球化学）
- ・メタンハイドレート
- ・海底熱水硫化物鉱床の開発
- ・マンガング塊・マンガンクラスト
- 【コラム】海水からのウラン、リチウムの回収
- 【コラム】商品としての「海洋深層水」
- ・地球化学図

## 9. 地球外物質

- ・ゴールドシュミットの元素分類
- ・消滅核種
- ・コンドライト
- ・エコンドライト
- ・始原的エコンドライト
- ・鉄隕石・隕鉄
- ・石鉄隕石
- ・隕石
- ・月隕石
- ・火星隕石
- ・宇宙塵
- ・宇宙球粒
- ・元素合成モデル
- ・宇宙年代学
- ・太陽系形成論
- ・小惑星
- ・凝縮モデル
- ・太陽系の元素存在度
- 【コラム】惑星探査
- ・彗星
- ・宇宙線
- ・太陽系の年齢
- 【コラム】太陽系の年齢
- ・同位体異常

- ・同位体分別
- ・希土類元素
- ・白金族元素
- ・コンドリュール
- ・CAI
- ・プレソーラー粒子
- 【コラム】スターダスト計画
- ・元素分別
- 【コラム】同位体顕微鏡
- ・同位体存在度
- ・元素の宇宙化学的分類
- ・惑星
- ・衛星
- ・惑星大気
- ・太陽系外惑星
- ・巨大衝突
- ・衝突クレーター
- ・分子雲
- ・原始惑星系円盤
- ・恒星の進化
- ・超新星
- ・銀河の化学進化
- ・星周・星間ダスト
- ・素粒子
- ・太陽風
- ・希ガス元素
- ・宇宙の年齢
- ・ピンクパン
- ・星間有機物
- ・隕石有機物
- 【コラム】アストロバイオロジー
- ・中性子放射化分析
- ・二次イオン質量分析法
- ・表面電離型質量分析法
- 【コラム】惑星物質資料受け入れ設備のグリーン化対応

## 10. 環境（人間活動）

- ・人為活動による大気組成変化
  - ・化石燃料起源炭素の大気への滞留
  - ・CO<sub>2</sub>地下貯留
  - ・人工物質の散布による水質汚濁
  - ・海洋汚染
  - ・富栄養化
  - ・水質浄化
  - ・水質環境基準
  - ・環境ホルモン（外因性内分泌攪乱化学物質）
  - ・有機金属化合物
  - ・スベシエーション
  - ・X線吸収微細構造
  - ・地下水障害と水質
  - ・土壌汚染
  - ・宇宙放射線
  - ・バイオレメディエーション
  - ・環境放射能
  - ・放射性廃棄物地層処分
  - ・ナチュラアナログ
  - ・アスベスト
- ### 付録
- ・年表
  - ・マントル・地殻の化学組成表
  - ・ゴールドシュミットによる元素の地球化学的分類
  - ・太陽系の元素存在度
  - ・海中の元素分布周期表

海洋観測船・潜水船

research vessel and submersible

海洋の化学的研究には、海洋における計測や試料採取が不可欠である。そこで、船で現場海域まで行き、計測機器を海中に降下し、試料採取を行う必要が生じる。このような海洋調査に用いる船舶のことを、海洋観測船または海洋調査船と呼ぶ。わが国では、(独)海洋研究開発機構が、「白鳳丸」(3991 t)、「淡青丸」(610 t)、「みらい」(8687 t)、「かいはり」(3350 t)、「よこすか」(4439 t)、「なつしま」(1739 t)、「かいいい」(4517 t)などを運航している。このうち「白鳳丸」(図1)と「淡青丸」は特に学術研究船と呼ばれ、文部科学省の定める共同利用・共同研究拠点である東京大学大気海洋研究所が窓口となって、全国の海洋研究者・大学院学生によるボトムアップ研究に活用されている。一方、「よこすか」、「なつしま」、および「かいいい」は、後で述べる潜水船の支援母船として建造された船舶で、潜水船を用いる深海研究に威力を発揮している。また水産系の学部・大学院を持ついくつかの大学では練習船・実習船を運航しており(北海道大学の「おしよる丸」(1792 t)、東海大学の「望星丸」(2174 t)など)、これらの船舶も海洋観測船の範疇に含めることができ



図1 学術研究船 白鳳丸

場実験、試料採取などを行う研究には、十分な耐圧能力を持った潜水船が用いられる。わが国では海洋研究開発機構が、無索・有人型潜水調査船(耐圧殻内に人が乗船する)として「しんかい6500」を、有索・無人探査機(ROV: remote operated vehicle)として「かいはり7000 II」「3000 m級ハイパードルフィン」を運航している。これらは高画質ビデオカメラによって映像データを取得し、ロボットアーム(マニピュレーター)を用いてさまざまな作業を深海底で行うことができる。また、近年では、無索・無人の水中自律型ロボット(AUV: autonomous underwater vehicle)の開発と海洋研究への応用も進められている。

観測船は持ち前の機動力を生かして、短期間のうちに広範な海域にわたり大型機器を用いた観測を展開できるが、ごく局所的な海底面を詳しく調べることには不向きである。一方、潜水船は長距離を移動するこ

読者対象

- 地球科学、天文学宇宙科学、環境科学の学生・研究者
- 高校教師、および地球環境に関心のある一般の人々

●公共図書館・大学図書館

[2012年8月刊]

きりとり線

【お申し込み書】この申し込み書にご記入のうえ、最寄りの書店にご注文下さい。

地球と宇宙の化学事典

A5判 472頁 定価12,600円(本体12,000円)  
ISBN 978-4-254-16057-4 C3544

冊

取扱書店

●お名前 公費 / 私費

●ご住所(〒 )TEL

朝倉書店

〒162-8707 東京都新宿区新小川町6-29 / 振替00160-9-8673  
電話 03-3260-7631 / FAX 03-3260-0180  
http://www.asakura.co.jp eigyo@asakura.co.jp