

ようこそ
私の研究室へ 57

山田幾也



“超高压合成法”で新物質を合成し、秘められた機能を見つけ出す
10万気圧以上の超高压で、常識を覆す新たな物質を合成します。

PROFILE

山田幾也 (やまだ・いくや)

愛媛大学 大学院理工学研究科 助教

2006年京都大学大学院理学研究科化学専攻博士後期課程修了。理学博士。京都大学化学研究所研究機関研究員、パリ第6大学博士研究員を経て、08年から現職。地中深くなどの超高压環境では一般的な、高压に強い結晶構造である「ペロブスカイト構造」をもつ遷移金属化合物を中心に、高压合成法を用いた新物質探索と結晶構

造・基礎物性評価を行っている。08年からJST 戦略的創造研究推進事業 TRiP研究課題「イオン交換法・超高压合成法による新奇遷移金属化合物の探索」研究者。11年からJST 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「新物質科学と元素戦略」研究領域 研究課題「新規異常高圧物質における革新的機能の開発」研究者兼任。

温度を下げると膨張する
常識外れの鉄化合物を合成

「新物質合成のポイントの1つは“圧力”です。高い圧力をかけると原子同士が密にまとまり、通常の圧力では実現できない構造が安定して得られるのです」

例としてわかりやすいのはダイヤモンドだ。地球内部の超高压状態で結晶構造が変化することで、あの美しい輝きと高い硬度をもった鉱物が生まれる。そのような超高压を人工的に再現すれば、鉛筆の芯となる黒鉛(炭素が主成分)からでも人工ダイヤモンドを合成することができる。山田幾也さんは、そんな高压合成のもつ可能性に着目し、誰も挑んだことのない“超高压”の世界で、新物質の合成に取り組んでいるのだ。

「従来の装置では、10万気圧以上の高压は難しいとされてきました。しかしそれは物質科学の分野に限った話で、地球科学の研究

分野では、それ以上の“超高压”を実現する技術が確立していたのです」

多くの研究者がその事実気づきながら、異分野間にそびえる壁を越えられずにいたのだ。そうしたなか、臆せずに先陣を切ったのが山田さんだった。2008年に愛媛大学に赴任すると、同大学地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)の門を叩く。ねらいは同センターにある世界最高峰の「Kawai型高压発生装置」にあった。幸いにも関係者の理解と協力を得て、従来の物質科学の限界を超える10～20万気圧という超高压下での物質合成に取り組んだ。そして、11年には、JSTのTRiPの研究課題で高压合成した鉄の化合物が、「温度を下げると膨張する」という常識外れの性質をもつことを見いだしたのだ。半導体などの精密機器の製造では、わずかな熱膨張も精度を妨げる要因となりかねない。当初目的とした高温超伝導体の新物質の合成こそならなかったものの、今回の発見は、温

度を変化させても伸び縮みしない「ゼロ熱膨張材料」の開発への応用が期待できるものだ。

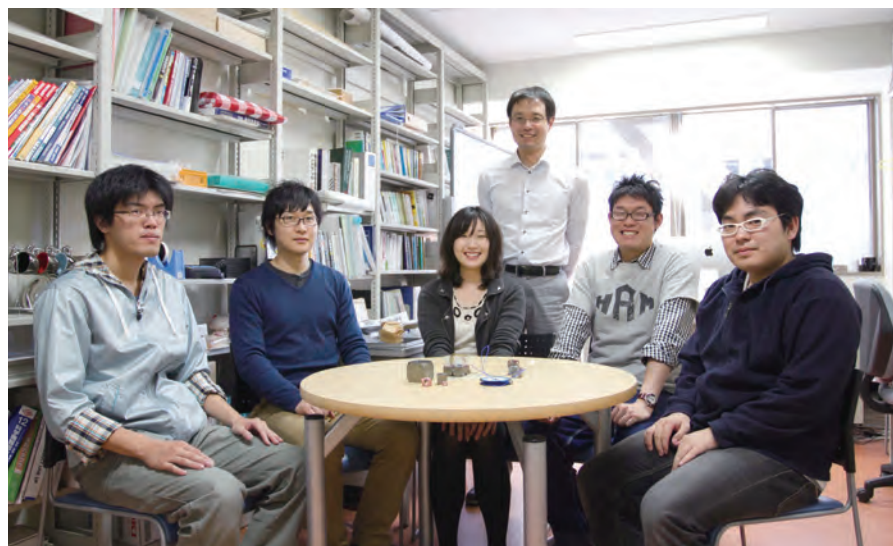
人生の一大転機となった
師の誘いと妻の言葉

「小学生のとき、父親が買ってきた超伝導のマンガを読んだのです。宙に浮いた磁石を見て衝撃を受けました。今考えると、それが研究者の道に進むきっかけでした」



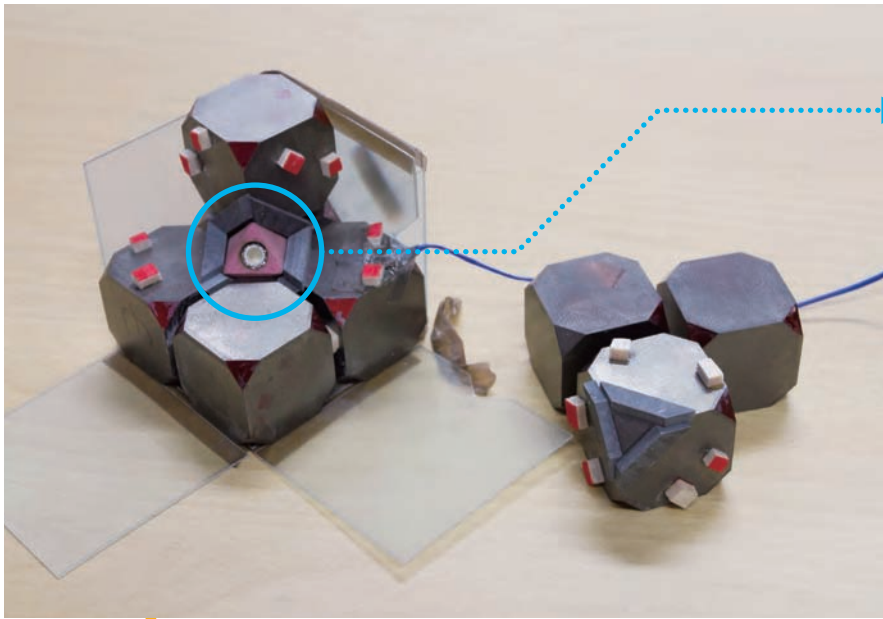
化学部員だった高校時代には、文化祭で、かつてマンガで見たように、超伝導体を使って磁石を浮かせて見せようと思いついた。本を読み、電気炉さえ購入すれば超伝導体を作れると知ったが、化学部では予算がなかったので物理部の顧問の先生を口説いて購入し、超伝導体を作ることができた。文化祭当日は、肝心の超伝導体を紛失してお披露目できないという、ホロ苦い思い出は残ったが、物質科学の魅力を体感できた。

京都大学工学部に進み、超伝導物質を利用した放射線検出器の設計にたずさわったが、物質を利用するのではなく「自分の手で新しい物質を合成したい」との思いが高まった。そんな時、高い圧力をかけることで超伝導体を合成する方法を知って、衝撃を受けた。大学院では「ぜひともこの研究をしたい」と思い、学部を越えて京都大学化学研究所の高野幹夫教授の研究室へと飛び込んだ。新しい超伝導体の合成という大きな成果も出し、いよいよ充実した研究生生活にまい進するはずが、逆に、研究生生活の目標を見失ってしまう。予備校のバイトで生活費を得ていたこともあり、学位を取ったら研究をやめようと思っていた。そんな時、高野教授から意外な誘いを受ける。パリに研究者として渡ってみたいか



研究室のメンバーと。「自分が作り出した物質だからこそ、新しい性質を見つけ出そうと、意欲がわきます」

●超高压合成法による新物質の探索



金色の粒が合成させたい物質の成分を包んだカプセル。これをピンク色の酸化マグネシウム(MgO)八面体に仕込み、銀色のタングステンカーバイド8つで囲む。外側から超高压をかけると、八面体は潰れ、カプセルも原型をとめていないが、そこに新物質が生きている可能性がある。



従来よりも体積比約10倍のビッグサイズでの実験も計画。新物質の多面的な評価が可能になる。



山田さんが使用している、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)の超高压高温発生装置 ORANGE-2000。2000トンの力を加えられる。

というのだ。

「自分のような不真面目な学生になぜと思いながら、一度は断りました。ところが、当時まだ結婚前だった妻に食事をしながら話したら、即座に『どうして断ったの？ 行くべきよ!』と強く言われたのです。口に出すことはなかったのですが、予備校のバイトにはまっている私を歯がゆく思っていたのですね。その言葉に私もハッとして、すぐに教授に電話をしました」

1年間の準備期間を経てパリに留学。環境の違いから思うような研究ができず、日本にいる時よりも苦しい日々を過ごしたが、研究者の道をあきらめようとはしなかった。海外にいたながらも、JST提供の研究者人材データベース「JREC-IN」を通じて愛媛大学の求人を知り、ここならKawai型高压発生装置を用いて従来の物質科学の限界を超える新物質を合成できる、と考えて応募した。見事に採用され、現在に続く道が切り開かれたのだ。



かつての自分のような不真面目な学生がいたら…

「あのと、どうして高野先生が自分のような者にパリ行きのお話をもってきたのか、不思議でなりません。当時の私はほんとうに不真面目で

目で、期待されるような学生像からはほど遠かったのですから」

山田さんはその後、何度か高野さんに、自分に声を掛けてくれた理由を尋ねたが、微笑むばかりで答えてはくれなかったという。自分が学生を指導する立場になった今でも、その理由はわからない。しかし、山田さんの胸には1つの確かな思いが芽生えている。

「かつての私のような不真面目な学生がいなくても、外の世界に触れる機会にはできるだけ与えたいと思っています。実験室にこもっているばかりではつまらない。私の場合、苦勞もしましたが、海外に行ったことはやはり刺激になりました。そんな経験は必ずや将来、生きてくると思いますから」



GRCに新しく導入されたBOTCHAN-6000。この装置なら、左の写真のビッグサイズでの実験も可能だ。

研究の概要

「ペロブスカイト構造」をもつ遷移金属酸化物を中心に、高压合成法を用いた新物質探索と結晶構造・基礎物性評価を行っている。ペロブスカイト構造は、化学式[ABO₃]で表される複合金属酸化物の結晶構造で、Aには主にアルカリ金属やアルカリ土類金属、希土類などのイオンサイズが大きい金属イオン、Bには主に遷移金属イオンが入り、A、Bの元素を置き換えることで物性が大



カプセルの準備や合成された物質の評価などは、GRCではなく理学部本館内の研究室で行われる。

きく変化する。この構造は高压条件においても安定なため、高压合成法との相性がよいとされているが、物質科学分野の高压合成で広く用いられている「DIA型高压合成装置」では一般に10万気圧以上の圧力発生は難しく、超高压を用いた新物質探索の研究例は少ない。そこで、愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センター(GRC)の「Kawai型高压発生装置」を用いて、10~20万気圧、1000~1500℃の超高压・高温下での物質合成を行うことで、未知の物性を備えた物質の実現を目指している。