特集 —— 30周年記念 ——

世界の高圧力科学コミュニティーと AIRAPT

High-Pressure Science Community in the World and the Role of AIRAPT

入船 徹男

Tetsuo IRIFUNE

Current status and activities of organizations relevant to high-pressure science and technology, including HP-GRC, EHPRG, and ACHPR, in the world have been reviewed in the light of the author's personal experience, with some emphasis on those in the Asia region. The roles of AIRAPT and possible contributions of JSHPST to this international association have also been discussed.

[AIRAPT, HP-GRC, EHPRG, ACHPR, JSHPST]

1. はじめに

2011 年から 2015 年まで、2 期 4 年に渡り AIRAPT (International Association for the Advancement of High Pressure Science and Technology) 会長をお引き受けした。AIRAPT は本学会と分野の構成が似ており、近年は物理学と地球科学が基幹的な分野となっていることも共通している。これらに加え、化学、材料科学、生命科学、食品科学、惑星科学、などの多様な分野の研究者が参加する、学際的な組織である点でも共通点が多い。会員はそれぞれの分野の「伝統と文化」を背負っているため、運営が難しい面もあるが、高圧力という共通の技術に基づく新しい科学の学際的な発展において、ともに長期間にわたり重要な役割を果たしてきた。AIRAPT はこのような学際性に加えて、会員それぞれの国の伝統と文化も考慮せねばならず、一層運営が難しい面がある。上記の会長期間中は、北米、ヨーロッパ、アジアにおける高圧力関連の会議や評議員会に出席する機会も多くあり、それぞれの特徴と現状を理解するとともに、中心となる運営組織等の実態も知ることができた。本稿では、各地域の高圧力科学と関連組織の特徴について概観するとともに

に、AIRAPT の現状について紹介する。なお、本稿で取り上げた組織は、いずれも高圧力に関連する幅広い分野をカバーするものであり、個別分野の国際的な組織・会議には言及しない。

もとより全ての国や地域の状況をカバーすることは困難であり、本稿で述べるのは比較的長い歴史をもつこれらの国際的組織の、最近の状況の一端に過ぎないことをお断りしたい。また、それぞれの組織に関して公表されている情報は極めて限られており、著者の経験に基づく思い込みや、限られた情報に基づく不正確な表現がある可能性が否めない点も、ご容赦いただければ幸いである。なお、本学会とも関連の深いアジア地域、とりわけ中国に関しては、主な研究機関の現状についても、著者の知る範囲で触れさせていただいた。

2023 年の AIRAPT は日本で開催されることが、2019 年のリオデジャネイロでの総会で正式に決定された。本稿が、第 60 回高圧討論会開催と同時に設立 30 年を迎えた本学会の、今後の方向性と国際連携を検討する際の一助となるとともに、AIRAPT-2023 に向けた取り組みに何らかの貢献できれば幸いである。

2. 世界の高圧力科学コミュニティー

2.1 北米

2.1.1 ゴードン高圧力会議(HP-GRC)

米国を中心とした高圧力科学の会議としては、ゴードン会議(GRC)の一つである **Research at High Pressure(HP-GRC)** が、毎年 150–200 人規模の会合を組織している。主に物理、化学、材料科学を中心とした研究者が集まるが、毎年異なる主要テーマを設定して、より幅広い分野の参加者を集める工夫もしている。1955 年に開始され、高圧討論会とほぼ同じ長さの歴史を有するが、後述するように **AIRAPT** は HP-GRC のヨーロッパ版として開始された経緯がある。

HP-GRC は隔年で開催されているが、大学の寮などの宿舎に参加者全員が泊まり込み（近年はニューハンプシャー州の **Holderness School** で開催されている）、1 会場で集中的な会議が行われる。それぞれの講演に対して討論の時間が別に設けてあり、講演者と聴衆の質疑応答が重視される。若手の育成にも力を入れており、GRC の直前の 1~2 日間は、招待講演者による若手向けのセミナー (**Gordon Research Seminar, GRS**) が開催される。

会議以外のイベントも色々と準備されており、老若男女問わず参加できるサッカーはその重要な一つである。以前は「kbar チーム」対「GPa チーム」の試合であったが、最近では時代の流れに合わせて「GPa チーム」と「TPa チーム」の対戦になったと聞いている (Fig. 1)。会議中に若手を対象とした **Jamieson** 賞の授賞式が行われるが、この賞の受賞者は **AIRAPT** でも 2 年ごとに選ばれており、結果

的に毎年選出されることになっている。

2.1.2 米国高圧地球物質科学コンソーシアム (COMPRES)

HP-GRC が技術としては DAC や衝撃圧が中心、また参加者はどちらかという物理寄りの感があるのに対し、マルチアンビル装置（以下 MA）や放射光利用にも重点を置いている高圧地球科学を中心としたコンソーシアム組織として、**COMPRES** (2002-)がある。**COMPRES** はその前身である、ニューヨーク州立大を中核とした **CHiPR** (1991–2002) から数えると、30 年近い歴史をもつ。

COMPRES も、HP-GRC と同程度の人数を組織した会議を毎年開催しているが、放射光等の共用ビームラインの運用も重要な検討課題としている。また基本的には研究機関等の組織の集合体であり、米国中心に約 60 の正式な構成機関を有するとともに、同程度の数の海外研究機関が、海外連携会員 (**Foreign Affiliates**) として組織されている。

COMPRES は、HP-GRC 同様に若手の育成にも力を入れており、やはり 150 名程度の数の参加者が、同じ場所に泊まり込んで会議を行う点でも共通点がある。ただし、**COMPRES** はリゾート地のホテルで会議が開くことが多く (Fig. 2)、これは HP-GRC が手弁当 (+ 寄付) で運営されるのに対して、**COMPRES** が NSF (National Science Foundation: アメリカ国立科学財団) の支援を受けていることと関係しているのかもしれない。実際、**COMPRES** のほうはやや「政治的な」会合の側面も強く、放射光等の共用ビームラインや大型装置の利用に関する

Fig. 1. “TPa team” at the HP-GRC, 2016 (courtesy of James S. Schilling).

Fig. 2. Venue for the COMPRESS annual meeting in Colorado Springs, 2015.

会合も開かれている。また HP-GRC に比べて会則も整備されており、組織としての実体と運営がより明確である。

これら 2 つの北米での高圧力科学の代表的な組織は、それぞれ性格や分野もやや異なるが、いずれも若手の育成を重要な課題と位置づけている。また、数日間同じ宿に泊まり込み、単一の会場での集中的な研究発表や質疑応答を重視している。若手とシニア層の間の交流も活発で、これらの点は本学会・討論会も参考にすべき面も多いように思う。

2.2 ヨーロッパ

2.2.1 ヨーロッパ高圧力会議(EHPRG)

ヨーロッパの高圧力科学の中核を担う組織は、1963 年に英国で初会合が行われた EHPRG であろう。近年では 200–300 人規模の会合を各国持ち回りで毎年開催しており、開催地が魅力的なためか日本からのリピーターも少なくない(Fig. 3)。分野は物理寄りの感があるが、化学、地球科学、材料科学に加え、生物・食品科学なども重要な分野を形成しており、本学会に非常に近い構成となっている。一方で、女性研究者が活躍しているのも EHPRG の一つの特徴で、Women Under High Pressure と称する女性研究者のグループが存在し、様々な活動を行っていることも興味深い。

EHPRG は、英語が共通言語化しているヨーロッパの研究コミュニティならではの、多様なバックグラウンドを持つ国の研究者の間で活発な議論が行われており、とりわけ過去 20 年ほどのアクティビティは目覚ましいものがある。特に ESRF を始

Fig. 3. Excursion at the EHPRG-53rd/AIRAPT-26th conference in Madrid, 2015.

め、DESY, SOLEIL, DIAMOND 等々、多くの放射光実験施設を活用した多様で独創的な高圧力技術の開発と、それに基づく新しい科学研究が推進されており、その中核として EHPRG が果たしている役割は大きい。

EHPRG は、HP-GRC と同様に AIRAPT と強く連携している。これら欧州と北米の代表的な高圧力科学分野の組織の Chair は、後述する AIRAPT 評議員会の職務上のメンバー(Ex-officio member)として参加することになっている。一方、アジアからは、このような形での AIRAPT 評議員会メンバー枠はない。また、高圧力科学分野の国際誌 High Pressure Research 誌は、AIRAPT と EHPRG が主体となって Taylor & Francis から出版されている。

2.3 アジアとその他の国々

我が国が、世界の高圧力科学研究と技術開発を牽引してきた主要国の一つであることは疑いない。会員 500 名あまりを擁し、毎年 300 名を越える参加者のもと、これほど活発な高圧力の科学と技術に関する討論会を毎年開催している国は、世界のどこにもないといえよう。

一方で、多くの他の科学分野と同様に、高圧力科学分野においても、中国が急速にその存在感を増している。とりわけいくつかの国家重点研究施設を中心に、急速に設備導入や人材育成が進んでいる。国内での独自の研究や、人材育成面ではやや弱い印象があったが、近年は留学生・博士研究員等の帰国が促進され、研究・教育の質も急速に向上している。中国国内の研究者の組織化も進んでおり、高圧討論会に近い規模の国内会議も隔年で開催されている。以下、中国における代表的な高圧力科学の拠点に関して、著者の知る最近の事情、特に最近急速に導入が進められている MA を中心とした状況に関して述べるとともに、アジアの国際的高圧力科学会議である ACHPR の現状について紹介する。

2.3.1 吉林大学(長春)

吉林大学は、物理と化学の両方の分野で、超高圧力科学に関連した拠点を有している。とりわけ前者に関連の深い超硬材料研究所においては、DAC と MA 両方の設備が整備されている。中国製の 4 軸プレス(いわゆる「China press」)とともに、複数の 1,000 トンプレス駆動の Walker-type MA をドイツの Max Voggenreiter 社から導入し、また最近では

Fig. 4. 60,000-ton press at Jilin University (courtesy of Zhaodong Liu).

独自に6万トンプレスも建造されているが(Fig. 4), これについてはどのような使われ方をするのか不明である。なお、後述する HPSTAR の吉林拠点は同大学に置かれ、これらの装置を活用する予定のようである。

2.3.2 燕山大学 (秦皇島)

北京の北東、河北省の秦皇島にある燕山大学も、材料科学分野の強力な拠点となっている。とりわけ近年では MA を用いた直接変換法により、ナノ双晶 cBN やナノ双晶ダイヤモンドの合成を報告し、これらが従来のナノ多結晶体よりさらに高い硬度を有していると報告している。これらの結果に対しては、硬度測定法の問題点や理論面から疑問も呈されているが、このグループでは Max Voggenreiter 社製の大型6軸加圧 MA も導入しており、今後も強力な研究拠点として発展する可能性が高い。

2.3.3 HPSTAR (北京)

米国カーネギー研の H.K. Mao 博士を中心として、2013 年に上海において設立された HPSTAR は、最近北京にその本拠地を移し、米国等からの多くの若手研究者を受け入れて急速に存在感を増している。中国財務省からの強力な財政的支援のもと、DAC 関係の装置はもとより、最近では Max Voggenreiter 社から川井型 MA も導入し、中国のカーネギー研を目指すとするコンセプトのもとスタッフや設備の

Fig. 5. 5,000-ton press at China University of Geoscience, Wuhan (courtesy of Junfeng Zhang).

整備を進めている。一方で HPSTAR の経済的基盤の不透明性や、財源が異なる既存の大学や研究所等との関係における問題点も指摘されており、中国の高圧力科学コミュニティの中でどの程度受け入れられるのか不明な点も残る。

2.3.4 中国地質大学 (武漢)

中国地質大学は北京と武漢にあるが、特に後者は高圧地球科学分野での大きな拠点として近年大きく成長している。変形実験や地球化学が強いが、米国の Rockland 社製の 1,000 トン Walker-type MA を導入して超高压地球科学の研究も進めている。2019 年末には Max Voggenreiter 社製の 5,000 トン川井型 MA (+大型 D-DIA) 装置を導入した(Fig. 5)。同時に、郊外の新キャンパスに新しい建物が完成し、地球科学分野を中心とした強力なグループを形成しつつある。

2.3.5 四川大学 (成都)

四川大学分子原子物理研究所には、数台の China press や衝撃実験装置があり、前者を2段加圧方式の川井型として用いることにより、20 GPa 程度までの超高压合成も行っている。特に焼結ダイヤモンドの合成において、日本から導入した技術に独自の工夫を加えた研究を進めている。超高压合成物質の産業利用にも熱心であり、関連企業と強い連携のもと、焼結ダイヤモンドなどの合成・開発を行っている。

2.3.6 アジアのその他の研究機関

中国では上記の他にも、北京大学に複数の高圧力関係の研究室があるとともに、中国科学院の複数の分野の研究所が北京・広州等の地域において、高圧力関連科学の研究をすすめている。また台湾にも、台北のアカデミアシニカ、台南の成功大学などに高圧力科学の拠点がある。

中国に加え、インド、韓国、タイ、シンガポール等も、少なからぬ数の高圧力科学研究者を擁している。また、アジアと呼ぶには微妙であるが、ロシアはモスクワやノボシビルスクの大学・研究所を中心に、伝統的に高圧力科学が盛んである。さらに、オーストラリアも、かつての勢いはないがオーストラリア国立大学や、オーストラリア放射光施設などを中心に活発な研究活動をすすめている。

2.3.7 アジア高圧力会議(ACHPR)

アジアにおいても、EHPRGのような組織づくりを目指す動きがある。日中高圧会議として2000年に開始されたアジア高圧会議(ACHPR)は、我が国ではこれまで奈良(2004年)と松江(2010年)で開催されている(Table 1)。原則的に2年に1回程度開催されているが、明確な決まりはなく、物理分野を中心として、100-200名程度の参加者のもと主に日本と中国で開催されてきた。

2015年にバンコクで開かれたACHPR-7の組織委員会(Fig. 6)において、今後はアジアのより多くの国で開催しようとの合意がなされた。また、その場でACHPRの“Adviser”として、HPSTARのMao博士と著者が指名された。その後第8回はAIRAPTと共催で2017年に北京、やや変則的に

Fig. 6. Executive committee meeting of ACHPR-7 in Bangkok, 2015.

2018年に第9回がシンガポールで開催され、次回のACHPR-10は韓国の済州島で2021年10月に開催予定である。また、正式には決定していないが、ACHPR-11は、AIRAPTとの共催で日本において開催される可能性が強い。

ACHPRはHP-GRCおよびEHPRGと同様の、アジアにおけるこれらに対応する国際組織を目指すべきであると思われる。しかし、アジアにおいては、当面日本と中国がこの分野における2大勢力であり続けると予想され、それぞれが国内において独自の学会活動を展開している点で、北米・欧州とは少し事情が異なる。また、近年は大きく改善されたとはいえ、日・中をはじめアジア地域における研究者の英語によるコミュニケーション力は、欧州に比べて平均的に劣っており、国際化の一つの障害になっていると思われる。ACHPRがEHPRGのように運用されるには、このように様々な課題があるが、本学会としてACHPRに対してどのような立場をとるか、今後検討が必要であろう。

Table 1. Years and locations for ACHPR.

	Year	City	Country
1 st	2000	Dunhuang	China
2 nd	2004	Nara	Japan
3 rd	2006	Changchun	China
4 th	2008	Seoul	Korea
5 th	2010	Matsue	Japan
6 th	2012	Beijing	China
7 th	2015	Bangkok	Thailand
8 th	2017	Beijing	China
9 th	2018	Singapore	Singapore
10 th	2021	Jeju	Korea

3. AIRAPTの現状と日本高圧力学会

AIRAPTは、主に米国で行われていたHP-GRCをヨーロッパで実施してはどうかという提案に基づき、1965年にフランスで開始された(Table 2)。このような経緯から、最初の数回はヨーロッパで開催されたが、1974年には京都大学の大杉 治郎 先生を実行委員長として、初めて欧米以外で開催された。これ以降、主に欧・米・アジアの三地域で2年ごと

Table 2. Years and locations for AIRAPT.

	Year	City	Country
1 st	1965	Le Creusot	France
2 nd	1968	Schloss Elmau	Germany
3 rd	1970	Aviemore	U.K.
4 th	1972	Bellevue	France
5 th	1974	Kyoto	Japan
6 th	1975	Moscow	Russia
7 th	1977	Boulder	U.S.A.
8 th	1979	Le Creusot	France
9 th	1981	Uppsala	Sweden
10 th	1983	Albany	U.S.A.
11 th	1985	Amsterdam	Nederland
12 th	1987	Kiev	Russia
13 th	1989	Paderborn	Germany
14 th	1991	Bangalore	India
15 th	1993	Colorado Springs	U.S.A
16 th	1995	Warsaw	Poland
17 th	1997	Kyoto	Japan
18 th	1999	Honolulu	U.S.A.
19 th	2001	Beijing	China
20 th	2003	Bordeaux	France
21 st	2005	Karlsruhe	Germany
22 nd	2007	Catania	Italy
23 rd	2009	Tokyo	Japan
24 th	2011	Mumbai	India
25 th	2013	Seattle	U.S.A.
26 th	2015	Madrid	Spain
27 th	2017	Beijing	China
28 th	2019	Rio de Janeiro	Brazil
29 th	2021	Edinburgh	U.K.
30 th	2023	Matsuyama	Japan

に開催される，幅広い高圧力科学・技術分野の国際会議となっている。この間，日本では1997年（京都，実行委員長 福長 脩 先生），2009年（東京，実行委員長 八木 健彦 先生）に開催されている。

AIRAPT には会則 (Constitution) と，運用上の細則 (By-law) が定められているが，実態にあわない内容も多く，また会議の議事録も受け継がれていないため，かなりいい加減な運営がなされていた。また，それに伴う様々な問題が噴出しており，とりわけ私が会長に選出されたムンバイの会議は混乱を極めた。

ムンバイでの評議員会 (Executive Committee Meeting) では，過去の議事録も資料もなく口頭でのやりとりのみで，しかも古い建物のエアコンからの雑音が大きく，会話が十分に聞き取れないという状態であった。また，ビザの取得が困難であった中国からの参加者がゼロであるとともに，欧米からの参加者も少なく，出席者の多くが開催地のインド人という異常な状況のもと，総会の議事をすすめることを余儀なくされた。

そこで，ムンバイ以降の評議員会・総会では，きちんと議事録をつくり，AIRAPT ホームページに公開することとした。また，運営を規則に照らして厳密に行うとともに，実態にあわない会則や細則の改定を進めてきた。幹事 (Officer) の間では比較的容易に一致点を見いだせたが，評議員会では様々な意見がでて取りまとめるのに苦労した。なんとか総会に提案に持ち込んでも，その場の雰囲気ですぐに否決されることも少なからずあった。

著者はこの間，HP-GRC, EHPRG, ACHPR にもなるべく顔を出し，またそれらの運営にも関わる中，役員相互の意思疎通が進んだ。その結果 2015 年のマドリード (Fig. 7)，2017 年の北京での評議員会・

Fig. 7. Group photo at the EHPRG-53rd/AIRAPT-26th conference in Madrid, 2015.

総会では、会則と細則の一部改定も比較的スムーズに進み、正常化の道筋をつけることができたと考えている。

この間検討された重要な課題の1つは、AIRAPT会員の定義が、2年ごとに行われるAIRAPT会議の参加をもって会員とするとされていた（登録料の一部に会費20ユーロが含まれる）点である。この規則のために、ムンバイでの総会時（およびそれ以降の2年間）のAIRAPT会員は、多くがインド人ということになってしまった。このような事態を解消するために、必ずしもAIRAPT会議に参加しなくても、上記の会費を振り込むことにより会員資格が得られるように会則を変更するとともに、会員名簿の整備を進めることとした。

また、この間数回の評議員会・総会において議論されたにもかかわらず、合意が得られなかったもう1つの案件は、ブリッジマン賞の受賞候補者の制限に関する細則についてであった。ムンバイの総会で、幹事・評議員は同賞候補者となれないとする案が、十分な議論のないまま決定されてしまった。幹事・評議員は高い研究業績をあげている人も多く、彼らが候補者になれないのは不合理ではないかと修正案を出したが、続く2度の総会でいずれも小差で否決された。

この間の経験を通じ、改めて本学会など日本の学会はきちんと運営されていることを実感した。この点で、AIRAPT運営における本学会をはじめとしたアジアの存在感が薄いことは大変残念である。AIRAPTとの関係を強化することは、日本及びアジアの高圧力の科学と技術を、国際的により正当に評価してもらうためにも重要であると思われる。2019年の本学会総会において、幹事会に「AIRAPT委員」を設けることを提案し承認されたが、これを機会に本学会とAIRAPTのより緊密な連携が進めば幸いである。

4. おわりに

前回の東京大会以来すでに10年あまりが経過し、そろそろ日本も名乗りを上げるべきと考え、本年のリオデジャネイロの総会で松山を開催候補地として提案いただいた。この結果2021年のエジンバラに続き、2023年の日本開催が決定した。この機会に改めて日本の高圧力の科学と技術の先進性と独創性を示すとともに、本学会の一層の国際化を進め、アジア・世界における存在感を増すことを期待したい。

© 2020 日本高圧力学会