

## サイクロトロン IEC 規格化に対する住友重機械の取り組み

### SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES' EFFORTS TOWARD IEC STANDARDIZATION OF CYCLOTRONS

筒井裕士<sup>#</sup>, 立川敏樹, 江原悠太, 井上淳一, 川間哲雄, 盛田琢造

Hiroshi Tsutsui<sup>#</sup>, Toshiki Tachikawa, Yuta Ebara, Junichi Inoue, Tetsuo Kawama, Takuzo Morita

Sumitomo Heavy Industries, Ltd.

#### Abstract

There is a movement towards international standardization of particle accelerator systems, mainly led by China, and Sumitomo Heavy Industries has been participating in standardization of cyclotron system. So far, the IEC standard (IEC 63175:2021) for 10 – 30 MeV high-intensity H<sup>-</sup> cyclotrons has been completed, and TC45/WG20 is currently discussing the draft standard (IEC 63507/CD) for 200-400 MeV superconducting proton cyclotrons. The same TC45/WG20 has also begun discussion on draft standard (PNW 45-970) for electron linear accelerators for radiation processing. We report on the ongoing status of cyclotron system standardization process at IEC TC45/WG20.

#### 1. はじめに

最近、中国主導での加速器の国際標準化の動きがあり、住友重機械は提案されたサイクロトロンシステムの IEC 規格化に参加してきている。これまでのところ 10 MeV 以上 30 MeV 未満の大強度陽子サイクロトロン IEC 規格(IEC 63175:2021)が発行され、現在は TC45/WG20 において、200 - 400 MeV の超電導陽子サイクロトロンに関する規格案(IEC 63507/CD)の審議をしている。同じ WG20 で放射線加工用電子線形加速器に関する規格案(PNW 45-970)の審議も始まっている。IEC/TC45/WG20 でのサイクロトロンシステムの規格作成の現状や住友重機械の取り組みについて報告する。

#### 2. 加速器システムの ISO/IEC 規格化

国際規格を制定している団体として、国際標準化機構(International Organization for Standardization, ISO)や国際電気標準会議(International Electrotechnical Commission, IEC)があり、IEC は電気・電子に関する国際規格を作成している。

IEC 規格化のフローについては日本産業標準調査会(JISC)のウェブページ[1]に要領よくまとめられている。規格化の典型的なフローは以下の通りである。国際規格の新規提案(NP 提案)があると、担当する専門委員会(TC)ないし分科委員会(SC)の P メンバー(Participating member, 国単位)が賛成、反対、棄権のいずれかを投票し、賛成多数であると承認される。担当 TC/SC の P メンバーが指定したエキスパート達からなる作業グループ(WG)もしくはプロジェクトチーム(PT)内で、作業原案(WD)が作成される。WG/PT 内で合意が得られた後、委員会原案(CD)として TC/SC に回付される。P メンバーもしくは O メンバー(Observing member, 国単位)の国内委員会(NC)から CD に対して出されたコメントが審議され、TC/SC の P メンバーの合意の後に投票用委員会原案(CDV)として、すべての NC に回付される。各国 NC による検討と投票により承認されると最終国際規格案(FDIS)

として作成され、すべての NC に回付され承認されると国際規格(IS)として発行される。CDV に専門的な変更が加わらない場合は FDIS 投票が省略される。

加速器に関連する TC/SC、WG には以下などがある。

- IEC/TC45/WG20  
TC45: 原子力計装専門委員会  
WG20: 荷電粒子加速器
- IEC/TC62/SC62C/WG1  
TC62: 医用電気機器専門委員会  
SC62C: 放射線治療、核医学機器及び線量計分科委員会  
WG1: 放射線治療システムの計画、実施、情報管理
- ISO/TC85/SC2/WG23  
TC85: 原子力エネルギー、原子力技術、放射線防護専門委員会  
SC2: 放射線防護分科委員会  
WG23: 電離放射線防護のための遮蔽と閉じ込めシステム

このうち IEC/TC45 は 1959 年に設立され、原子力計装に関する規格を審議している。国内では、日本電気計測器工業会(JEMIMA)が、JISC より審議団体事務局を委託され、TC45 国内委員会を組織している[2]。

IEC/TC62 は 1968 年に設立され、医療に使用される電気機器に関わる規格を審議している。国内では、日本画像医療システム工業会(JIRA)が SC62C の審議団体を担当している。IEC/SC62C/WG1 では放射線治療用システムの標準化作業が進んでいて、例えば軽イオンによる放射線治療システムや、中性子捕捉療法システムなどは日本人のプロジェクトリーダーのもと審議されており、弊社も参加している。ただし、IEC/SC62C ではこれまでのところシンクロトロン、サイクロトロンなどの放射線治療用の加速器そのものに関する標準化作業は行なわれていなかった。

放射線治療に限らない粒子加速器の国際規格化については、産業用非破壊検査装置-電子線形加速器(IEC 62976:2017/AMD1:2021)が 2014 年から TC45 で審議され 2017 年に発行され、2021 年に改訂されている。

<sup>#</sup>hiroshi.tsutsui@shi-g.com

2018 年以降、中国 CIAE が IEC/TC45 にサイクロトロンシステムの規格提案を 2 件出しており、サイクロトロンを製造している弊社も審議に参加した。以下に弊社が参加した審議の概略を述べる。

### 3. 10 - 30 MeV 大強度陽子サイクロトロン

2018 年 6 月に中国 CIAE から IEC/TC45 に 10-20 MeV の大強度固定エネルギー陽子サイクロトロンの NP 提案があった。CIAE は CYCIAE-14 という 14 MeV の装置を開発しており、関連する中国国内規格(GB/T 34127-2017)の国際規格化を目指したものである。8 月に投票があり、P メンバー 12 か国中 11 か国の賛成で 10 月に NP 提案が承認された。

この規格案は TC45 の PT 63175 で審議されたが、エキスパートとして参加したのは、中国、ロシア、イギリス、ドイツ、ベルギー、アメリカ、カナダ、韓国、日本の 9 ヶ国から、延べ 25 人であった。関連するサイクロトロンを販売しているメーカーからは、ベルギーの IBA と日本の弊社から 3-4 名ずつ参加したが、GE、SIEMENS などは不参加だった。CIAE とメーカー以外では韓国 IBS、TRIUMF などの大学・研究機関の加速器研究者が数名、原子力関連など加速器以外の研究者が数名参加していた。最初に開かれた 2019 年 4 月のバリ会議ではこの規格を作成する意味についてメーカーからのコメントがあり激論が交わされたりしたが、数回の会議の後、11 か国の P メンバーによる投票で 2021 年 10 月に FDIS が承認され、11 月に 10 MeV から 30 MeV 未満の固定エネルギー陽子サイクロトロンの規格(IEC 63175:2021)が発行されている。Figure 1 は 2019 年の中国での中間会合の集合写真。



Figure 1: Group photo at the IEC/TC45 PT 63175 intermediate meeting in 2019.

### 4. 200 - 400 MeV 超電導陽子サイクロトロン

CIAE が開発した 230 MeV 超電導陽子サイクロトロン CYCIAE-230 と、関連する中国国内規格(GB/T 41985-2022) を基に、200-400 MeV 超電導陽子サイクロトロンの NP 提案が 2023 年 2 月にあった。3 月に投票があり、P メンバー 11 か国中 9 か国の賛成で 5 月に承認された。荷電粒子加速器に関する新しい作業グループ IEC/TC45/WG20 が 6 月にでき、そこで審議されることになった。弊社も対象装置を開発販売しているので、8 月に弊社から 2 名が WG20 にエキスパート登録した。

9 月に作業原案 IEC 63570/WD が中国より IEC

collaboration platform を通してエキスパートに送付され、それに対するコメントを 2 週間の期限で求められた。社内の関係者でコメントを作成し返信した。

10 月に TC45 カイロ大会(WEB 開催)で WG20 の会議が開かれた。エキスパートの構成はほぼ同じであったが、イタリア INFN のサイクロトロン研究者も参加していた。Varian と Mevion は不参加だった。審議では主にベルギー IBA からこの規格が社会的に必要なのかといった本質的なコメントがあったが、5-6 時間ほどかけてベルギーのコメントを 20 項目程度審議したところで中断した。審議の中で IBA が開発している超電導シンクロサイクロトロン(S2C2)や  $H_2^+$  加速(C400)は規格のスコープから外すことになった。

12 月に IEC 63507/CD が送付されコメントが求められた。社内関係者で協議してコメント集を作成し 2024 年 2 月に TC45 国内委員会に提出した。TC45 国内委員会事務局がチェックし NC として TC45 に送付した。

2024 年 5 月に中国西安で TC45 の中間会合が開かれ WG20 は 5/21,22 の 2 日間審議した。メーカーとしては弊社からは新たにエキスパート登録したものを合わせて 3 名が現地参加したが、IBA は不参加だった。すべてのコメントが審議されたが、変更点が多く有り、弊社にいくつかの宿題が出された。次回は 2025 年 6 月に米国での会議が予定されている。

### 5. 規格文書の構成

弊社が対応したサイクロトロンの規格文書の構成は、1 スコープ、2 参照規格、3 用語と定義、4 サイクロトロンの構成と動作環境、5 技術的要件、6 試験方法、7 検査規則、8 標識、梱包、輸送、保管および付属書類、となっている。

このうち 1 スコープは規格の目的、装置の用途、荷電粒子の種類、エネルギーの範囲、ビーム電流、外部入射か内部イオン源にするのかなどの選択肢があるが、現状は、規格提案者の意向によってほぼ決まっている。装置を製造している研究機関や各メーカーの思惑もあり、サイクロトロンの分類としていびつなものになりつつある。

4、5、6、7、8 は技術的な部分で、機械、電気、物理設計、超電導、などの専門知識が必要となる。これまでの規格案には、提案者が自身で開発した装置の要件がそのまま書かれていて一般的な条件に昇華されていないことが多々あり、その修正の説得に難儀することもある。加速器の研究所から公平な立場の方がエキスパートになっていただいて合理的な要件を作っていただいた方が良いのかもしれない。

### 6. 今後の展開

現在 TC45/WG20 では超電導サイクロトロンの規格以外に放射線加工用電子線形加速器の審議も始まっている。また、TC45/WG20 では荷電粒子加速器に関する新しい提案を強く募集している[3]。2024 年 5 月の会議で中国の国有会社 Nuctech による貨物車輛検査用線形加速器システムのプレゼンがあったので、数か月後に NP 提案される可能性が高い。また、中国 CIAE は開発している装置の国内規格を作り、その国際規格化を目指している[3]。サイクロトロン、線形加速器に関してそれぞれ数件、

順次提案される可能性がある。

規格化は一般に新規参入者に有利に働くことが多いため、現状、既存加速器メーカーの多くが加速器の規格化の必要性に異論をもっており、IBA や弊社のように規格の範囲に自社製品が入らないようにするか自社製品が準拠できるようにする、といった消極的な対応となっている。しかしながら規格化は、インターフェースの標準化、システムの性能要件の合意形成、先人の経験を取り入れた各種検査の標準化、やり方によっては SDGs 達成など、社会にメリットをもたらす。今後様々な加速器の規格が出来ていくことが予想される。日本としても、産業界と大学・研究機関、学会、関係省庁が連携して、明快で合

理的な加速器規格を開発していくのが大局的には望ましい。

## 参考文献

- [1] 日本産業標準調査会:国際標準化(ISO/IEC)-ISO 規格の制定手順,  
<https://www.jisc.go.jp/international/iso-prcs.html>
- [2] 放射線防護機器における IEC TC45 の EMC 規格動向と国内対応(月刊 EMC),  
<https://cend.jp/user/headline/20191002-2.html>
- [3] T. Zhang, "Consideration of IEC Standard Development for Accelerator and WG Working Plan", presentation at IEC TC45 WG20 meeting on Oct. 23, 2023.