



超電導国際標準化活動の現状

佐藤 謙 一

Present Status of International Standardization Activities for Superconductivity — by Ken-ichi Sato — This year celebrates the centennial anniversary of the discovery of superconductivity by Prof. Heike Kamerlingh Onnes in 1911. High-temperature superconductivity (HTS) was also discovered 25 years ago, and its actual implementation has just started. The International Electrotechnical Commission (IEC) has promoted the standardization of superconductivity since the foundation of Technical Committee 90 in 1989. This paper describes the present status of international efforts to standardize superconductivity and gives a future perspective on standardization.

Keywords: standards, superconductor, superconductivity, cable, wire

1. 緒 言

超電導とIECの歴史を見ると、興味深いことに気づく。それぞれの重要な出来事を年代順に並べてみると、以下のようになる。

- 1906年：IEC（国際電気標準会議）創設、
初代PresidentはLord Kelvin、
- 1908年：オランダ・ライデン大学のHeike Kamerlingh
Onnesがヘリウムの液化に成功、
- 1910年：日本、IECに加盟、
- 1911年：Heike Kamerlingh Onnesが超電導現象を発見、
- 1986年：IBM・チューリッヒのJ. G. BednorzとK. A.
Müllerが高温超電導発見、
- 1989年：IEC・総会においてTC90: Superconductivity
の設立、

とそれぞれの重要なイベントが重なり合っていることが判る。

2. 超電導国際標準化に関わる機関

超電導分野に関わる国際機関としては、国際規格の作成機関としてのIEC⁽¹⁾、また関連分野での技術的諸問題を検討している国際機関としては材料に関してはVersailles Project on Advanced Materials and Standards⁽²⁾ (VAMASと略称する) および電力システムについては国際大電力システム会議 (International Council on Large Electric Systems⁽³⁾、CIGREと略称する) がある。

2-1 IECの概要 スイスのジュネーブに本部を置く非政府機構である。正会員は60ヶ国で日本は日本工業標準調査会 (JISC) が会員である。年間の財政は1,960万SFr (約18億円) であり、その52%は各国の分担金で賄われている。2011年の日本分担金は88.4万SFr (分担金全体の

8.5%) で、日仏独英米の五ヶ国が同額を分担している。

IECの中では標準管理評議会 (Standardization Management Board: SMB) が具体的な規格に関する業務を扱い、そのもとで個々の規格開発は専門委員会 (Technical Committee: TC) が執り行う。現在、TCとして94、その下部組織として必要に応じ設置する分科委員会 (Subcommittee: SC) が80となっている。TC、SCともに幹事国が規格開発の活発な遂行が行われるよう責任を持って当たる。TCの議長は、幹事国の指名に基づきSMBが任命する。議長はTCの運営全般について責任を負い、幹事国以外の国からの任命が望ましい、とされている。

特定の作業、例えば、ビスマス系超電導線の室温引っぱり試験、といった規格開発には作業グループ (Working group: WG) がその任に当たる。新規に特定の作業を始める時は、新規作業項目提案 (New Work Item Proposal: NWIP) を行い、それぞれのTCにおいて積極的に規格開発に参加するParticipating Member (P-member) のうちの過半数の賛成と規格開発に賛同する国からの一定数の専門家の指名 (P-memberの数により決まる。TC90の場合は4カ国) を必要とする。TC90の場合では現在表1に示す13のWGが活動しており、参加者の延べ人員は約150名である。表2に各WGの現在のConvenor (WGの委員長) とWG参加人員を示す。

IECにおける国際規格 (International Standard: IS) の発行件数は、366~483件/年 (2006~2010) であり、NWIP発行件数は163~176件/年 (2006~2010) である。

表3に代表的な各国の幹事国引受け数、新規作業項目提案数をまとめる。日本はNWIP提案件数でトップクラスである。中国や韓国もNWIP提案数で見ると国際標準化活動に力を入れていることが分かる。

表1 TC90の作業グループ (WG)

WG	名 称
1	用語
2	NbTi超電導線の臨界電流測定法
3	酸化物超電導線の臨界電流測定法
4	Cu/NbTiとNb ₃ Sn超電導線の残留抵抗比測定法
5	複合超電導線の引っ張り試験方法と電磁機械的特性
6	複合超電導線のマトリックス比測定法
7	Nb ₃ Sn超電導線の臨界電流測定法
8	電氣的特性測定方法
9	超電導線の交流損失測定方法
10	超電導バルクの捕捉磁場測定法
11	複合超電導線の臨界温度測定方法
12	電流リード
13	実用的超電導線の一般的特性

表2 TC90のWG構成

WG	Convenor		Member
1	松下照男 (JP)	L. Cooley (US)	8
2	L. F. Goodrich (US)	長村光造 (JP)	9
3	西島元 (JP)	—	15
4	D. H. Kim (KR)	松下照男 (JP)	5
5	長村光造 (JP)	H. S. Shin (KR)	13
6	新富孝和 (JP)	—	4
7	J. Parrell (US)	西島元 (JP)	10
8	幸坂紳 (JP)	S. Y. Lee (KR)	17
9	E. W. Collings (US)	船木和夫 (JP)	10
10	村上雅人 (JP)	—	8
11	中尾公一 (JP)	K. W. Lee (KR)	10
12	三戸利行 (JP)	—	8
13	長村光造 (JP)	—	7

表3 IECにおける各国の幹事国引受け数 (2011年2月時点) および新規作業項目提案数 (2008-2010)

国	幹事国引受け数			新規作業項目提案			
	TC	SC	計	'08	'09	'10	計
Germany	18	16	34	27	19	22	68
France	8	16	24	13	1	14	28
U.S.A.	13	11	24	32	10	29	71
U.K.	11	8	19	9	4	6	19
Japan	7	8	15	28	23	21	72
Italy	7	6	13	6	3	12	21
Sweden	3	3	6	5	2	—	7
China	4	1	5	21	18	12	51
Spain	2	2	4	—	—	—	—
Switzerland	2	2	4	2	4	6	12
Canada	3	0	3	2	5	1	8
Rep. of Korea	2	1	3	12	22	21	55

表4 VAMAS-TWA16の現状

WG		名 称
WG-1: Wire and tape	WG1-1	Bending strain effect
	WG1-2	Tc
	WG1-3	Irreversibility field
	WG1-4	AC loss
WG-2: Bulk	WG2-1	Trapped field
WG-3: Thin film	WG3-1	Surface resistance
WG-4: Mechanical property	WG4-1	BSCCO Mechanical property
	WG4-2	Nb ₃ Sn Tensile test

TC90で国際規格として発行されたものの中ではVAMASで技術的諸問題が検討され、その結果を受けて国際規格として完成されたものが半数を占めている。国際規格として作成準備を始める前段階で学術的な検討が十分行われている必要があること、また国際的にも仕事の重複を避けて効率的に規格作成をする必要があることからIECとしては規格開発の初期段階から他機関とのリエゾン関係を作ることを推奨している。

VAMAS-TWA16の議長は日本の物質・材料研究機構の北口仁ユニット長である。VAMAS-TWA16では現在4つのWGを運営しており、VAMAS非参加国も含め15カ国、約100名の研究者が参加している⁽⁴⁾。VAMAS-TWA16のWG活動の現状を表4にまとめる。

2-3 CIGREの概要 IECの設立後に技術開発の進展が著しい送変電分野での技術的諸問題を議論するための非営利の民間団体としてフランスのJean T. Laspierre氏によって1921年に設立された。個人ベースでの討議を基本としており、団体会員、教育機関会員、個人会員の併せて

2-2 VAMASの概要 1982年のフランスでのヴェルサイユサミットで経済再活性化に重要な役割を果たす科学技術の振興と国際協力を促すため作業部会の設置が合意され、先進材料と標準化の準備的研究 (Pre-standardization) に係わる国際的な活動がスタートしVAMASは1986年から活動している。

当初はTechnical Working Area (TWA) 6として、超電導材料と低温用構造材料を受け持つグループを形成していたが1993年にTWA16として超電導材料を専門に扱うこととなった。VAMASは、IEC/TC90が設立された1989年から正式なリエゾン団体としてIECに登録されている。

VAMASの参加国は、現在、オーストラリア、ブラジル、カナダ、台湾、フランス、ドイツ、インド、イタリア、日本、メキシコ、南アフリカ、韓国、英国、米国、ECである。

6,400に近い会員数を数える。CIGREでの実際の検討は研究委員会（Study Committee: SC）の中で行われている。

現在のSCの中で超電導分野と関係が出てくると考えられるのは、A3：高電圧機器、B2：絶縁ケーブル、D1：材料と新技術、の三つである。

これらのSCでは合意された調査項目に対してWGを設立し、3-5年のスケジュールで該当分野の調査研究を行い、調査レポートを発行して活動を終え、必要があれば次ステップの調査研究へと移行する。

例えば現在は、WG A3.23: Application and feasibility of fault current limiters in power systems、WG B1.31: Testing of superconducting cable systems、WG D1.38: Emerging test techniques common to high temperature superconducting (HTS) power applications、などが活動をしている。

CIGREそのものは規格作成の場ではなく現状調査や技術問題を討議する場である。従って、IECから見るとVAMASと同様、標準化の準備的研究を行ってもらおう場と言える。

3. 超電導国際標準化の現状

1989年に設立されて以来、TC90では用語（IEC 60050-815）を皮切りに現在までに15件のIEC規格を発行してきた。主に特性測定方法を中心とし、金属系超電導線、高温超電導線、薄膜を用いるエレクトロニクス特性の測定評価方法である。2010年には機器・部品レベルの電流リードの

試験評価方法についての国際規格を発行した。

この5年ほどのトピックスとしては、以下の諸点をあげることが出来る。

- (1) 時代の要請に従って、「正確さ」「精度」の表現から、「不確かさ」へと変更することを決めたこと、
- (2) 国際規格作成の必要性やタイミングなどを世界の研究者の意識にあわせるため、主な国際学術会議と並行して超電導標準化パネルを開催し、討論の場を設けてきたこと、
- (3) ほぼ2年毎に開催するTC90総会に先立ってミニシンポジウムを開催し、総会参加者の議論の場を十分取るようにしたこと、
- (4) 機器・部品レベルの標準化を技術の進展に併せてIEC内部の製品を扱うTCとの連携を図ってきたこと、
- (5) 外部の連携すべき関連団体として、VAMASにプラスしてCIGREとの連携を模索してきたこと、等である。

上記の一例として超電導ケーブルの標準化への取組を述べる。IECの中には、TC20: Electric cablesが既に存在し、従来の電力ケーブルの標準化を担当してきた。世界の超電導ケーブルの開発が進展し、実際の電力網での評価試験が欧米やアジアでも実施され、実用化への取り組みが始まろうとしている中で国際標準化を考えると、TC90だけではなくTC20との連携を考えて共同歩調を取ることがスムーズに国際規格作成へとつながると考えられる。表5には現在の主な超電導ケーブルのプロジェクトを示す。そこで

表5 主な超電導ケーブルのプロジェクト (◎：DI-BSCCO)

Area	Project	Voltage kV	Current kA	Length m	Site	Wire		Stage		Note
						Bi	Y	R&D	Demo	
Japan	TEPCO/SEI	66	1	100	Lab	◎		●		Finished
	Chubu (DC)	20	2	200	Lab	◎		●		In operation
	ISTEC	66/275	5/3	15/30	Lab		●	●		Plan
	Yokohama	66	3	250	Grid	◎			●	Plan to Grid
USA	Albany	34.5	0.8	350	Grid	◎	●		●	Finished
	Ohio	13.2	3	200	Grid	●			●	In operation
	LIPA	138	2.4	600	Grid	●			●	In operation
	Hydra	13.8	4	200	Grid		●		●	Plan
EU	Denmark	30	0.2	30	Grid	●			●	Finished
	Amsterdam	50	3	6000	Grid				●	Plan
	VNIIEP	20	1.4	200	Grid	◎			●	Plan to Grid
China	Yunnan	35	2	33.5	Grid	●			●	In operation
	Lanzhu	10.5	1.5	75	Factory	●			●	Super substation
	IEE/CAS (DC)	1.3	10	380	Factory	◎			●	Plan to install
Korea	KEPCO	22.9	1.25	100	Lab	◎		●		In operation
	DAPAS1	22.9	1.25	100	Lab	●		●		In operation
	DAPAS2	154	3.75	30	Lab	●		●		Plan
	GENI	22.9	1.25	410	Grid		●		●	Plan to Grid

2008年からTC20との話し合いを始め、連携してCIGREに準備的研究を依頼した。これにより、前項で紹介したWG B1.38が設立され、超電導ケーブルシステムの試験方法に関する準備的研究がスタートされた。この動きをまとめて図1に示す。2012年には、TC20/TC90の共同プロジェクトチームによりIECとしての国際規格作成への歩みがすすめられる予定である。

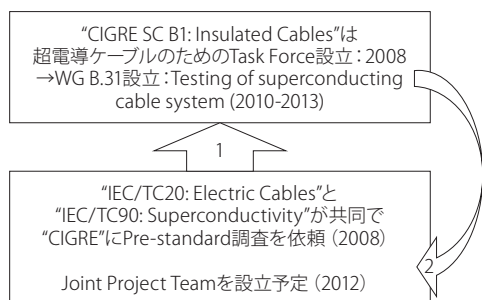


図1 超電導ケーブルの国際規格へ向けての動き

4. 今後の展望

超電導分野での動きの中では、金属系超電導線を用いた医療用MRI、分析機器であるNMR、加速器などでの超電導機器が不可欠の技術として長年の実使用に貢献してきた。今後はさらに高温超電導線を用いた電力ケーブル、運輸機器、モータ、製造現場での高磁場マグネットなどに実用化が迫ってきている。またセンサとしてこれまでの技術では不可能なセンシングが超電導を用いて可能となってきた。

このように今までのユーザとは異なる幅広い人々に超電導機器が使われる時代になってきた。表6には、代表的な五つの分野における超電導応用製品を示す。

超電導分野における国際標準化活動はその時々に応じたアイテムを国際規格として作業を進めてきたので、システムの発想によって全体が構成できているとは言い難い面があることは免れない。

IECの中では個々の規格作成をまず考えるのではなく、「システムアプローチ」という方向性が2010年に打ち出さ

表6 超電導応用分野

分野	具体例
電力分野	電力ケーブル（交流、直流）、限流器、変圧器、SMES
運輸分野	マグレブ、船舶用モータ、超電導電気自動車
ユビキタス	データセンター直流給電、マイクロ波フィルター
生産分野	超電導磁気式ビレットヒータ、B-Hカーブトレーサー、Si単結晶引き上げ装置
医療と分析	MRI, NMR

れ、全体像を把握しながら規格を見て行こうとの方針も打ちだされている。

上記のような超電導分野での幅広い応用製品開発の動向、国際標準化の進め方の中でのIECの動向を考えると、今後は今まで超電導分野にはなじみのない人にも理解しやすく使いやすい規格の作成、全体像を理解しやすい規格体系の再構築が必要と考えられる。2011年に発足したWG13はその初めてのケースとして、上記の方向性を踏まえた「実用超電導線の一般特性」と題したアプローチを始めている。

5. 結 言

我が国では欧米に比べて国際標準化活動への取組が遅れているという一般的な認識があるが、超電導分野では日本が新規作業項目の大多数を提案してリードしてきている。これは経済産業省を始め、関係者の皆様の今まで御支援・御指導があつてのものである。この場を借りて社内外の関係者の皆様に深く感謝いたします。

参 考 文 献

- (1) <http://www.iec.ch/>
- (2) <http://www.vamas.org/>
- (3) <http://www.cigre.org/>
- (4) 北口仁、西島元：私信

執 筆 者

佐藤 謙一：フェロー
 材料技術研究開発本部
 超電導担当技師長
 工学博士
 超電導線と超電導機器の開発に従事

