

# 高電圧パルス印加による菌類伸長の研究

山形県立山形工業高等学校

武田 涼, 藤田 慧

## 1. 研究背景

本校の校長先生は、機会あるたびにSDGsの話をしてくださる。私たちは、世界の人口増加が食料やエネルギー問題に大きく関わってくることを知った。日本では人口減少が問題になっているのに、世界では人口増加が問題になっている。1950年に25億人だった人口は、2019年には77億人になっていて、70年の間に3倍以上になっている。私たちが生まれた2002年(63億人)から見ても、1.24倍になっている。そして、国連では2050年には97億人、2100年には109億人に達すると予測されている。当然、食料やエネルギーは今のままでは足りなくなるはずである。そこで、わたしたちは、これまで学習してきた電気の知識や技術を生かして、「2. 飢餓をなくそう」について貢献できないか考えてみた。

本校では、課題研究というものがある。

その中で、先輩方が研究していた本テーマを掘り下げ、データをとることにより、このテーマが実現可能なものになるかどうか研究してみることにした。本研究では、栽培が容易で環境を整えやすいため、シイタケ(森465号)の原木を用いて研究する。

また、この現象については、プルタルコス(ギリシア人著述家 46年から48年頃~127年頃)が著作「倫理論集(モラリア)」のなかで、「松露というキノコは雷が鳴ると生える、また、眠っている人には雷は落ちない」ということについて論じている。約1900年前からこの現象が確認されている。

## 2. 現状分析と課題

シイタケの原木栽培には大変な時間を要する。植菌から、仮伏せ、本伏せを経て最初の収穫まで約1年半かかる。そして、次の収穫まで、まだ1年を要する。菌床栽培は、原木栽培ほどではないものの、やはり植菌から最初の収穫まで3か月以上、次の収穫まで1ヵ月を要する。この期間を高電圧パルスを印加することにより短縮できないか研究する。

## 3. 高電圧パルス発生装置について

(1) らいぞう 型番: GM100

先端の球電極から約100[kV]の火花を発生させ、菌床へ簡単に電気刺激を与えることが出来るキノコ増産装置である。

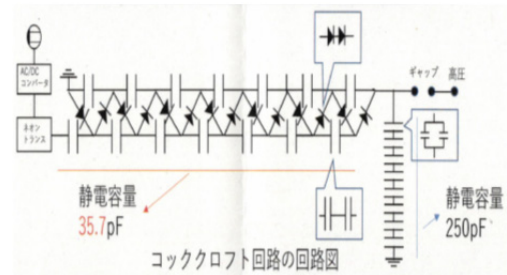


図1 自作電源の構成

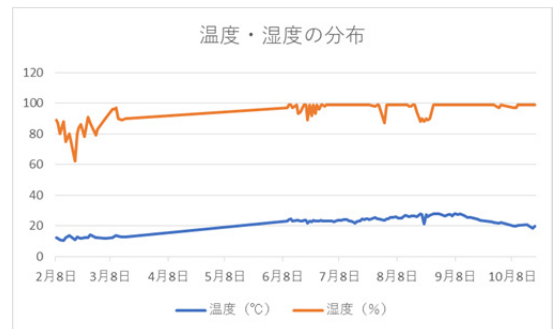


図2 栽培環境の温度・湿度の分布

## (2) 自作電源

10[kV]を出力できる。

自作電源の構成

- 1) AC/DCコンバータ: スイッチング電源 ES シリーズ ESS100-48  
AC(交流電圧)をDC(直流電圧)に変換する機器
- 2) インバータネオントランス: CR-N16  
ネオン管を点灯させるために使用する変圧器
- 3) コッククロフト・ウォルトン回路  
低圧の交流電圧もしくはパルス直流電圧を入力として、高圧の直流電圧を生成する電気回路

## 4. 実験方法

(1) 原木の管理 図2のグラフのように室内の温度を調整・記録した。

(2) 原木を12時間から24時間かけて全体が浸かるように沈める。

(3) 電圧の印加 「control1」と「control2」と「無し」

表1 水へ沈下前と沈下後の質量

	6月9日浸水前(kg)	6月10日浸水後(kg)
らいぞう1赤	1.7	1.8
らいぞう2赤	1.7	2.0
らいぞう1灰	2.7	3.6
らいぞう2灰	3.8	4.4
われわれ1	2.0	2.7
われわれ2	1.7	2.0
われわれ3	1.8	2.1
自作	3.8	4.3
control1	1.7	2.00
control2	1.5	1.8
無し	3.1	4.6



図3 電圧印加の様子

は電圧を印加させずに、「自作」と「われわれ1」「われわれ2」「われわれ3」は自分たちが作った自作電源を使い、電圧を印加する。「らいぞう1赤」「らいぞう2赤」と「らいぞう1灰」「らいぞう2灰」は、らいぞうを用いて電圧を印加する。

## 5. 実験結果

実験結果については、表2 (図4~図7) に示す。

## 6. 収量調査

収量調査では、シイタケの重量と笠の直径(最も長いところ)を測定し、記録する。





収量をまとめたものを以下に示す。

- ・「われわれ1」は合計 135.2g, 「われわれ2」は合計 190.9g, 「われわれ3」は合計 175.6g 採ることができた。

らいぞうを用いて電圧を印加した「らいぞう1赤」は合計 388.6g, 「らいぞう2赤」は合計 157.4g 採れた。自作電源の電気を当てた原木より約200g多くキノコが生えたことがわかる。らいぞうは自作電源よりも大きな電圧が印加できる。そのため、大きな電圧を印加したほうが多くのキノコが生えるのではないかと考えた。

「control1」は合計 304.6g, 「control2」は合計 248.2g 採れた。

表2 経過報告

2020/6/9 16:00	
	図4 浸水後の原木
2020/6/12 12:00	らいぞう1赤とらいぞう2赤, われわれ2, われわれ3と control2 は, シイタケが生え始めた
	
	図5 6/12のシイタケ
2020/6/15	
	図6 6/15のシイタケ
	
	図7 収量調査の様子

## 7. 考察

なぜ「らいぞう1灰」「らいぞう2灰」と「自作」と「無し」の子実体が生えてこなかったのか理由を調べてみた。調べてみたところインターネットには理由が記載されていた。ひとつは「刺激不足」の可能性である。もう一つは、原木に、シイタケ菌が蔓延していない可能性である。本来であれば原木に強い刺激を与えるには、シイタケ菌が呼吸できないように、原木を完全に水にしずめる必要がある。私たちの実験でも完全に沈めるようにしたが、原木を水に

表3 収量調査 (われわれ 1.2.3)

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	われわれ			
	1			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月7日	41	79.0	7.1	8
2月8日	30.2	20.7	5.1	4
2月12日	33	4.0	4.0	1
6月30日	28.4	31.5	6.3	5

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	われわれ			
	2			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月9日	41	20.4	15.2	2
2月12日	40.8	104.8	17.4	6
6月15日	39	65.7	6.0	12

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	われわれ			
	3			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月12日	68	38.7	38.7	1
6月15日	41.7	136.9	7.2	20

表4 収量調査 (らいぞう)

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	らいぞう赤			
	1			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月7日	38.3	60.3	20.1	3
2月8日	38.3	28.8	9.6	3
2月9日	32.8	44.8	6.4	7
2月12日	40	6.6	0.6	1
2月18日	69	37.5	37.5	1
2月25日	60	31.2	31.2	1
3月1日	66	29.1	29.1	1
3月5日	86	40.2	40.2	1
6月15日	52	110.1	9.1	12

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	らいぞう赤			
	2			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
6月15日	52.4	157.4	10.5	16

沈めるときには、全体が水に浸かっていたが、翌日水から引き上げるときには、重石がずれたのか、木の浮力によって原木数本半分ほど浮いてきてしまっていた。そのため、シイタケ菌が呼吸をすることができて、十分に刺激が与えられなかった。そのためキノコが生えてこなかったと考察した。そのほかに、十分に電圧が印加されていなかった可能性も考えられる。

## 8. 今後の研究

10月23日現在、原木に三回目の電圧をかけ、子実体(キ

表5 収量調査 (control)

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	control			
	1			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月8日	49	37.0	18.5	2
2月12日	42.5	95.9	13.7	8
3月5日	51.3	27.4	27.4	1
3月9日	61.5	55.0	22.5	2
3月11日	70	31.8	31.8	1
6月30日	34.4	57.5	7.2	9

収穫日付 (2020年)	森のキノコ楕木(森465号)			
	control			
	2			
	平均直径 [mm]	総重量 [g]	平均重量 [g]	個数 [個]
2月9日	45	32.0	16	2
2月12日	47.1	108.0	18.0	6
6月15日	51.3	108.2	12.0	10

ノコ)が発生するのを待っている。子実体の発生まで1週間から3週間かかるのだが、今回は2020年6月10日に電圧を印加したところ、2020年6月12日に子実体が発生した。

今回は、2020年10月12日に電圧を印加したが、子実体が発生していない。このことから前回に比べて今回は、発生時期が遅くなっていることがわかる。同じ原木を使っているため、原木に栄養がなくなっているため、もしくは、シイタケ菌が原木に蔓延していなかったため、子実体の発生時期が遅れていると考えられる。

上記に加え、今回は2018年4月3日に種駒を木に植え込んだシイタケの原木約30本を2020年10月11日12:00に水に沈め、2020年10月12日12:00に水から引き上げ、半分の約15本に電圧を印加した。その原木をヨロイ伏せして、子実体の発生を待っている状態である。

## 9. まとめ

まだ研究は続いている状態であるが、研究の途中段階では電圧を印加していない原木より、電圧を印加した原木のほうが、早くキノコが発生していることが分かった。さらに、原木に電圧を印加するにも、より大きな電圧を印加したほうが多くのキノコが発生していることがわかる。これからも継続して研究し、可能性を探っていきたい。

また、シイタケ以外のキノコにも電圧を印加させ、収穫量が増えるのか、さらに、より強い電圧をかけるとキノコの発生量が増えるのかなど研究していきたいと考えている。

実験結果から、おそらくキノコの原木に電気をかけると、キノコの発生が早くなり、SDGsの「2. 飢餓をなくそう」という問題点に活用できると考えた。方法としては、キノコを栽培している方々に、電圧を印加すると、キノコがより早く発生することを伝えたいので、キノコの原木に最適な

電圧を印加することのできる電気設備を作ることである。それによって、キノコの栽培を盛り上げていただきたいと考えている。

さらに、インターネットで、キノコには環境汚染浄化効果があると知った。そのため、SDGsの「2. 飢餓をなくそう」以外にも「11. 住み続けられる街づくりを」につながると考えた。

また、本研究では室内の温度と湿度を自分たちが毎日足を運んで計測を行った。自分たちの手で計測を行うと記入ミスや、忘れてしまうことがあったので、自動で温度と湿

度を記録してくれるような装置も同時に開発していきたい。

私たちの研究が少しでも社会に貢献して多くの人が救われることを願いたい。

---

## 文 献

---

- (1) 電気工事士.com : <https://koujishi.com/glossary/neontransformer/>
- (2) Wikipedia : <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%A1%E3%82%A4%E3%83%B3%E3%83%9A%E3%83%BC%E3%82%B8>
- (3) 高木浩一, 他 : 「高電圧パルスパワー工学」
- (4) ブルタルコス (柳沼重剛 編訳) : 食卓談集

## 研究グループ紹介

### 横浜国立大学 理工学部 数物・電子情報系学科 辻研究室

辻 隆男（横浜国立大学）

#### 1. はじめに

エネルギー・環境問題の解決に向けて、脱炭素化や再生可能エネルギーの普及拡大が世界的に進展している。日本でも、非効率石炭火力発電のフェードアウトや2050年時点でのカーボンニュートラル、また、ガソリン車の将来的な廃止などの方針が打ち出され、今後、太陽光発電や風力発電、電気自動車などの更なる普及拡大が期待される。これに応じて、電力を需要家に送り届けるための電力システムにも一層の高度化が求められる情勢となっている。

辻研究室は2007年に発足し、以降、電力システムの運用・制御・解析などに係る研究に従事してきた。本稿ではその概要と近況について述べる。

#### 2. 辻研究室の取り組み

当研究室における主要な研究課題は以下の通りである。

##### (1) 電力システムの需給運用

再生可能エネルギーの電源出力や需要の変動に対して、様々な技術的な要件を満たしながら最経済となるように電源を運用することが求められる。電気自動車や水電解装置など、電力・エネルギー利用の柔軟性を高める様々なリソースを最適に組み合わせる手法について検討を進めている。

##### (2) 電力システムの安定化制御

電力システムでは、電源脱落などの事故が発生したときにも広域的な大停電に至らないように、十分な安定化技術が必要となる。周波数・電力潮流・電圧・同期運転などの様々な側面から電力システムの安定化手法を検討し、ブラックアウトのような事象を極力回避できるような、安定なシステム構築を目指す。

##### (3) 配電システムの電圧制御

太陽光発電などの分散電源が連系した配電システムでは、電圧変動やフリッカなど、電力の品質に関わる諸問題が生じている。パワーエレクトロニクス機器の活用も交えながら、配電システムの電力品質を保持するための制御技術や、配電システムの設計手法を検討している。

##### (4) 電力システムの市場解析

従来から存在するエネルギーの取引市場に加え、近年では需給調整市場や容量市場など、様々なアンシラリーサービスを取り扱う市場の検討が進展し、開場に向けた議論や準備が進展しつつある。新しい市場のメカニズムがどのように現実の電力システムに影響を及ぼすか考慮しながら、マルチエージェント技術等を活用して市場シミュレーションを進めている。

以上の検討はいずれもC++, Python, MATLAB/Simulinkなどを用いた数値解析を主として進めている。電力システ



図1 次世代配電システムのシミュレータ

ムに関わる様々なデータを基に、将来の電力システムの高度化に向けて取り組んでいる。

#### 3. 研究室の近況

2020年12月時点で、当研究室は学生28名（博士課程後期（博士）6名、博士課程前期（修士）11名、学部生11名）および教員1名の体制で活動している。大変有難いことに海外からの留学生（中国、エジプト、セネガル、南スーダン、ウズベキスタン）も計8名在籍しており、国際色有る学修環境になっている。電力システムは、国や地域に応じて特色が異なるため、海外に目を向けた調査活動も重要である。留学生が在籍してくれていることは、海外事情も踏まえて議論を活性化するためにも非常に良いことだと感じている。

コロナ禍の影響で今年度は大幅に遠隔での活動が増えているが、従来は研究室において日々上述したような様々な研究課題に長い時間を費やしている。また、当研究室では配電システムの電圧制御に資する実験環境（図1）も有しており、必要に応じて実践を交えながら解析に取り組んでいる。得られた研究成果は電気学会の各種大会をはじめとした国内外の会議で発表し、それが学生諸君にとっての良いモチベーションになっている。従来は、週に一度は研究室の全員で集まりミーティングをする機会を設けていたが、現在は全員で会う機会はweb上でのミーティングに限定されてしまっている点は残念であるが、学生諸君の協力のおかげで無事に研究活動を継続できていることに感謝したい。

（2020年12月24日受付）

## 2020 CIGRE e-Session(オンラインパリ大会)報告 — 開会式, ワークショップ, 研究委員会 —

日本 CIGRE 国内委員会

2020年に開催予定のCIGRE(Conseil International des Grands Réseaux Électriques, 国際大電力システム会議, <http://www.cigre.org/>)パリ大会は, COVID-19感染拡大の影響により, e-SessionとしてGoToWebinarを使ったオンライン形式で8月24日から9月3日の間で開催された。以下に開会式, ワークショップ, 研究委員会(Study Committee; 以下SC)で討論された内容の概要を紹介する。

### 1. 開会式

開会式はパリ時間8:30(日本時間15:30)に, Rob Stephen会長の開会宣言で幕を開けた。Stephen会長から, COVID-19パンデミックによってe-Session開催となった経緯が述べられた。同会長は本e-Sessionで退任されることから, 任期中に行ったロゴ刷新などのブランディング戦略, 技術誌Electraのデジタル化などの成果について振り返った。

続いてAnne Olhoff氏(国連環境計画UNEP)から「Emissions Gap Report 2019」と題した基調講演があり, パリ協定を遵守するための温室効果ガスGHG(Green House Gas)エミッション削減などに関する国連の取り組みについて報告があった。また, 電流の単位「アンペア」の語源となっているAndré-Marie Ampère氏による電流発見200周年を記念したアニメPVが紹介された(e-Sessionイベントとして「Ampère2020」も開催された)。

最後に, CIGRE活動の功績を称え授賞式が行われ, 会長から名誉会員10名, TCアワード16名, フェロー5名, CIGREメダル2名に各賞が授与された。今回から新設された若手技術者への貢献を称えるNGN(Next Generation Network)アワードに5名が選ばれた。なお, 本e-Sessionから新会長にMichel Augonnet氏(仏, 前財務担当副会長), 新財務担当副会長にMichael Heyeck氏(米, 前米国国内委員会委員長)が就任した。

(中部電力 中地 芳紀)

### 2. ワークショップ

今回のe-Sessionでは例年のパリ大会よりも多い計5件のワークショップが開催され, 多数の聴講者を集めた。

#### (1) 大外乱(SC C2/C5)

SC C2とSC C5合同で8月24日午後開催され, 150~200名程度がリアルタイムで参加した。

大外乱事案としては, ①2019年8月9日の英国における周波数低下事象(落雷による系統事故に端を発し, 合計約2.7GWの電源が脱落。周波数は48.8Hzまで低下。近年の

慣性力減少が急激な周波数低下の一因と考えられており, インバータベースの電源に対する適切な認識を持つことが今後の課題。), ②2019年9月7日に欧州で発生した前日市場の分断事象(市場参加者の注文データ破損が起因となりEPEXから市場結合システムへのデータ伝送に問題が生じ, 中西欧州市場が欧州統合市場から分断。), ③2019年6月16日に発生したアルゼンチンのブラックアウト(送電線事故後, 系統安定化装置の不動作により系統分離が発生。各分離系統は周波数異常により系統が崩壊。需要家の協力もあり, 事象発生後約15時間で復旧。), ④2018年9月6日に発生した北海道のブラックアウト, ⑤米国のシェールガスの急増(2013年頃のシェールガス革命により価格競争力が向上したガス火力が急増するとともに石炭火力は減少, エネルギー価格が低下し市場参加者の収益構造にも大きく影響。), ⑥2018年8月25日に発生したオーストラリアの系統分離(連系線の雷事故に端を発し, 連系喪失により3つの分離系統が発生。一次調整力の減少が潜在的な要因と考えられており, 周波数制御に関する課題に関し現在検討中。), ⑦ドイツにおける大規模なインバランスの発生(2019年6月6日と12日は低気圧の急速な通過による再エネ予測誤差が主要因であるが, 6月25日は当日市場価格がインバランス価格を大きく超過した結果, 同時同量のインセンティブが失われたことが原因。対応として, 適切なインセンティブを与えるためインバランス価格算定方法見直し等を実施。)の7件の発表が行われた。

今回のワークショップでは, 「系統の外乱」と「市場の外乱」が単独で発生するのではなく, 相互に影響を及ぼす事例が多く見られた。

(中部電力パワーグリッド 菅原 健一, 平野 大悟)

#### (2) HVDCグリッド技術フォーラム(SC A3/B4)

2016年1月より活動開始し, 2020年9月で完了を迎え

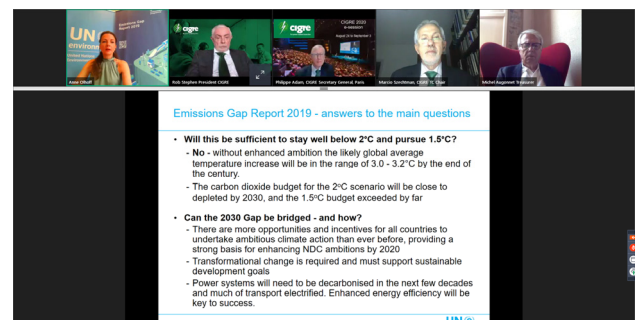


図1 開会式の様子(CIGRE本部役員とAnne氏)

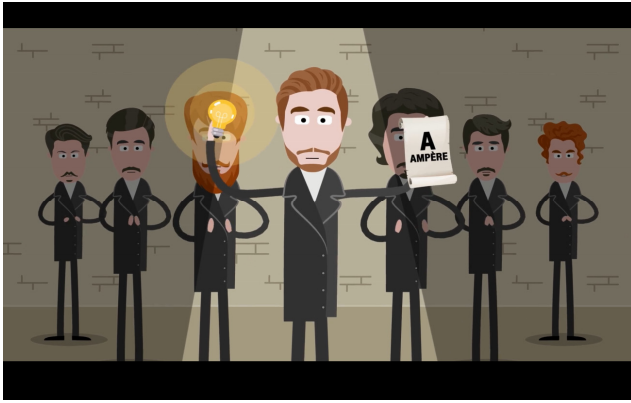


図2 Ampère2020 で紹介されたアニメ PV

た欧州委員会の HVDC に関する研究プロジェクト PROMOTioN と CIGRE の共催で 8 月 24 日に開催され、多端子送電実現のための下記研究項目についての報告が行われた。

**HVDC 開閉機器：**HVDC 遮断器技術、および HVDC GIS 技術の開発動向と実証試験結果等が報告された。三種類の遮断方式（他励発振方式、VSC アシスト型自励発振方式、機械・半導体ハイブリッド方式）での遮断試験や、HVDC GIS の長期 DC 課電試験の良好な結果、および SF6 代替ガス GIS 用部分放電監視システムの開発事例が報告された。

**HVDC グリッド保護：**遮断時間 10ms 以下レベルの非常に高速な系統保護が要求される HVDC グリッドの保護方式として、非選択 (Non-selective)、完全選択 (Fully selective)、部分選択 (Partially selective) の各方式に対し、マルチベンダーを想定した二種類の保護リレー (IED: Intelligent Electronic Device) 実機を用いて、リアルタイムシミュレータでの実証試験を行い、いずれも各保護方式に対応できる性能を有する結果を得られたことが報告された。

**HVDC グリッドと洋上風力発電所の制御：**風力発電が接続している HVDC グリッドの制御や運用を検討するため、多端子 HVDC ネットワークモデルでの試験や、洋上風力発電所ブラックスタートのリアルタイムシミュレーション結果等が報告された。

**HVDC グリッド開発：**HVDC グリッド実現のための遮断器、GIS、保護制御技術が実用レベルに到達できた旨総括され、現在検討されている多端子 HVDC プロジェクトとして、2024 年運転開始予定の英国 CMS (Caithness-Moray-Shetland) プロジェクトや、欧州の洋上風力間連系計画「Eurobar (European Offshore Busbar Concept)」の概要が紹介された。

(電源開発送変電ネットワーク 古川 裕之 / 三菱電機 吉田 大輔)

(3) EMT-type ツールを用いた自励式変換器との相互作用評価 (SC B4)

8 月 24 日午前に開催され、交流系統に連系された自励式変換器との相互作用の評価などについて WG B4.70, B4.81 などから紹介があった。

交流系統に連系される自励式変換器の増加に伴い、変換器・同期発電機・交流系統に接続している他の機器との間における相互作用の発生リスクが高まってきており、EMT-type ツールを使用して、これら相互作用の現象や解析などに関する紹介があった。また、2010 年代になってから、自励式変換器と交流系統間の相互作用による高調波共振といった新たな問題が顕在化し始めてきており、高調波共振発生の評価や、直流多端子送電の安定運転評価など、相互作用に関する新たな課題への検討が必要となってきた。その他、自励式変換器を用いた世界初のマルチベンダーによる HVDC 連系 (HVDC 連系 2 ルートの並列運転による石油・ガス採掘のためのプラットホームへの電力供給) に関して、HVDC システム間の電力配分などの協調運転、ベンダーが異なることによる秘密保持のための環境整備、試験時に考慮すべき事項などについて発表があった。

(電源開発送変電ネットワーク 古川 裕之)

(4) 系統の強さ (SC C4)

8 月 24 日に開催された。テーマは「系統の強さ (System strength)」で、「過剰な数の羊と不十分な数の羊飼いについての物語」という洒落の効いた副題が付けられていた。風力や太陽光発電など出力が天候に依存して変動する再エネ電源が普及拡大し、調整力を担う同期発電機の相対的な割合が低下すると、系統の安定度、電力品質、防護力なども低下してしまう。このワークショップでは、オーストラリアの Halley 氏および Badrzadeh 氏、アイルランドの Escudero 氏、米国の Isaacs 氏、他の専門家により、系統の強さと慣性の関係、再エネ電源の大量導入により生じうる技術的問題、そのような系統で生じる現象のシミュレーションツール、モデルおよび計算例、幾つかの国々 (アイルランド、オーストラリア、北米) がこれまでに経験した事例とそれらの分析結果、系統の強さを保ちあるいは高めるための既存技術 (同期コンデンサなど) や期待されている解決策 (グリッド形成インバータなど) 等について講演が行われた。各国は、高い再エネ導入率を目標に掲げており、その導入率は年々高まっている。このため系統の強さを担保する実用的な技術の開発や導入は今後益々重要になってくる。このワークショップでの発表内容は参考になることが多く、価値が高いと感じられた。

(同志社大学 馬場 吉弘)

(5) End to End 電力システム (SC C6)

8 月 24 日に「エネルギーの転換とマーケットの移行をもたらすエンドツーエンドシステム」(関連 SC C1, C2, C5, D2) が開催され、電力系統技術、ICT、分散型エネルギーリソース (DER) の運用、市場等に焦点をあてた講演とパネルディスカッションが行われた。

前半は、電力系統技術、デジタル化、規制等の面で総合的にエネルギー転換に対応する観点から、①電力系統における DER の技術的影響と電力品質、レジリエンス、再エネ利用の向上を図るテクノロジー、②経済的な DER 統合の価格シグナル、③DER の監視制御に関わる ICT およびサ

イバーセキュリティの標準化、④インドにおけるスマートグリッド技術による送配電会社の経営改革等に関わる講演が4件行われた。

後半は、系統運用にレジリエンスを活用する観点から、⑤DERによるレジリエンスの提供、⑥ノルウェーの需給調整およびレジリエンス市場に関わるパイロットプロジェクト、⑦フランスの電力系統における電気自動車大量導入の評価等に関わる講演が3件行われた。

(関西電力送配電 松浦 康雄)

### 3. 研究委員会 (SC: Study Committee)

CIGREの技術的な活動は、16のSCを基盤として実施される。これらのSCは、本稿最終頁の図5に記載のとおり、A系列(3SC):機器、B系列(5SC):サブシステム、C系列(6SC):システム、D系列(2SC):サポート技術の4つに大別される。

今回のe-Sessionにおける論文討議は、従来のパリ大会での発表形式とは異なり、音声付きppt動画で発表され、発表後にリアルタイムでの質疑応答が行われた。各SCの論文討議・チュートリアル等の内容を以下に紹介する。

#### (1) SC A1 (回転機)

8月25、26日に論文討議が実施され、優先課題1「再生可能エネルギー源と既存の発電機電動機の共存」が2編、優先課題2「電気機械の資産管理」が13編、優先課題3「最新の開発」で12編、計27編の論文が紹介された。

論文の傾向として、複数の優先課題に属するテーマがあり優先課題と件数が一致しないが、回転機共通技術である絶縁が部分放電モニタによる劣化評価関係3編を含み計6編、同期調相機運転を含む変動する再エネ対応が5編、モニタリングや保守関係が4編と、回転機本体の技術開発が飽和しつつある現状において、寿命管理や調相機などの最近の市場ニーズを表すものとなっている。なお、新技術のアドバイザーグループ(AG)では、5年ほど前から風力発電を加えたが今回は関連する論文は無かった。

8月26日にチュートリアルが実施され、ブラジルのJ. Rocha氏がWG A1.42の成果をSPECIFICATION vs VALUE of new hydro-generators – A cause and consequence trade-offとのタイトルで発表を行った。

SC定例会議は8月28日に実施され、約50名が参加した。委員長Nico氏より、各WGの活動内容紹介が行われた。この1年間に10WGが終了し、新たに3WGが登録され、現在活動中のWGは22となっている。

昨年のインド・デリー大会で2021年9月に京都大会、2023年にロシア大会を開催することが確認されていたが、2021年にパリで100周年記念大会が開催されることから、京都大会を2023年、ロシア大会を2025年に変更することが確認された。今回のe-Sessionにて委員長の南アフリカのN. Smit氏が6年の任期を終了、後任にスイスのK. Mayer氏が就任した。

(日立三菱水力 名倉 理)

#### (2) SC A2 (変圧器とリアクトル)

8月31日、9月1日に論文討議が実施され、全41編が発表された。4~5編毎に参加者からの質問(口頭およびチャット)を受け、一般の学会発表と同様に執筆者が対応した。

優先課題1「分散した再生エネルギー資源の統合を可能にする変圧器技術」:採択論文は11編(うち日本1編)で、再生エネルギー導入による潮流影響の対応として、変圧器負荷変化の評価、巻線温度解析評価および、潮流調整用機器(位相調整、無負荷電力調整)が報告された。また、風力発電・洋上プラットフォームに適用する大容量乾式変圧器(水冷化)、海底設置変圧器の技術進歩が報告された。

優先課題2「絶縁設計と試験の進歩」:採択論文は7編で、外部からの侵入VFTおよび、DC電圧に対する信頼性向上と、FRAでの巻線状態評価技術が報告された。

優先課題3「変圧器の信頼性の向上」:採択論文は23編(うち日本1編)で、使用者およびメーカーより、機器監視、寿命・リスク評価、現地補修、リスク評価を踏まえた変圧器仕様検討等、種々の技術トピックが報告された。また、エステル機器の運転実績および、昨今では種々の絶縁液体媒体が適用されていることから、それらと固体材料との適合性評価が報告された。

SC定例会議は、9月24日にオンラインで開催され参加登録者数は、レギュラーメンバー・配電レギュラーメンバー計59名(日本からの参加3名)の他、計114名が参加し、14WGの活動状況と今年度中の発行予定4件を含む9件の技術報告書が報告された。2021年はスロベニアのリュブリャナにて、コロキウムおよび定例会議が開催される。

(東芝エネルギーシステムズ 山田 慎)

#### (3) SC A3 (送変電・配電機器)

8月26、27日に論文討議が実施され、送変電・配電機器に関する論文45編が発表された。日本からは「低損失な直流CBおよび直流GIS機器」、「多頻度開閉用途の遮断器の使用実態と保守の取組」の2編が発表された。

優先課題1「送変電・配電機器の将来の開発」:SF6代替ガス開閉機器、高電圧真空遮断器、HVDC開閉機器、限流器、高電圧遮断器の性能等に関する19編の論文が発表された。

優先課題2「送変電・配電機器の寿命管理」:送変電・配電機器の信頼性調査、大直流分減衰時定数条件下での遮断器のディレーティング評価、多頻度開閉用開閉機器の保守、絶縁物の経年劣化評価、開閉極位相制御によるストレス緩和、状態監視・診断方法、高経年機器の運用等に関する23編の論文が発表された。

優先課題3「分散型再生可能エネルギーの発電と蓄電が送変電・配電機器に与える影響」:クリーンエア絶縁と真空バルブを用いたGIS、高速操作装置、開閉極位相制御に関して3編の論文が発表された。

SC定例会議は8月25日、9月1日の2日間にわたって開催された。本部委員長交代に伴い、認識される課題が3D(Decentralization(分散化)、Decarbonization(脱炭素化)、



Digitalization (デジタル化) を軸に整理され、2022 年のパリ大会優先議題については上記「3D」を大テーマとして、HVDC 等の系統変化に対応した機器、過酷な自然環境、SF6 ガス代替技術、ライフサイクルマネジメント、デジタル技術、感染症拡大影響等のキーワードが設定された。また、今後の活動として、SC レベルで各国に対しアンケート調査が進められている第 4 回 変電機器の信頼性調査について、データ処理・分析のための新 WG 設立が提案された。

(三菱電機 吉田 大輔)

#### (4) SC B1 (絶縁ケーブル)

8 月 31 日と 9 月 1 日に論文討議が実施され、計 4 セッション、平均で 130 名/セッションの参加があり、ピーク時点では 170 名近い参加があった。以下に概要を紹介する。

**優先議題 1「将来のケーブルシステム」**: 11 編の発表があり、ベルギードイツ国際連系線では、IEC に規定のない直流 320kV 線路の異常時に発生する共振振幅について、波形を模擬した特殊試験で検証したとの興味深い報告があった。本件は CIGRE JWG B4/B1/C4 でも取り扱われているテーマである。日本からは NEDO DC500kV プロジェクト開発を紹介した。欧州メーカーからも浮体式風力発電に適したケーブル遮水層の開発等の発表があり、再エネ、直流連系開発が一つのブームとなっている。

**優先議題 2「既設システムの動向」**: 20 編の発表があり、工事技術の紹介や建設に伴うトラブルシュートの発表が多く、世界各地から発表があった。環境規制に対応するため、HDD (水平ドリリング) 工法と管路布設との組み合わせが世界各地の都市部で一般的になってきている。ギリシャの深海海底ケーブルでは、軽量の合成ファイバー外装により、従来の 40%に重量を減らしたエコケーブルが実現され、960m 水深相当の布設を可能とした。「より遠く、深く、軽く」がテーマといえる。

**優先議題 3「Asset Management Resilience」**: 一見奇妙なタイトルであるが、監視システムの提案である。以前に比べて実に発表数が増え、様々なシステムを含む 13 編の発表があった。研究室を飛び出し、まさに使われようとしているところであるが、ステークホルダーが多様化した結果、事故が増え、監視システムの出番が増えているということなのかもしれない。

(住友電工工業 眞尾 晶二)

#### (5) SC B2 (架空送電線)

8 月 27 日に開催された SC 定例会議において、前任の山川氏の後任として、倉成がレギュラーメンバーとして承認された。また、2023 年 SC B2 仙台大会の計画についてプレゼンテーションを行い、1997 年仙台大会の参加者から、仙台への好意的な印象が発言されるなど開催への期待感が感じられた。

8 月 25 日に開催されたチュートリアルでは、高温低弛度電線についての世界の技術動向が紹介された。論文討議は、9 月 2、3 日で行われた。

**優先議題 1「持続可能性を高めるためのメンテナンス」**:

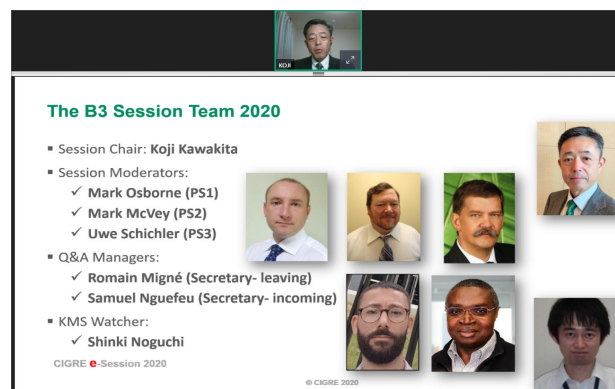


図 3 SC B3 セッションの様子 (座長: 川北本部委員長)

アセットマネジメント (リスクマネジメント含む)、送電線保守への AI の活用、モニタリング、ドローンによる架空送電線の検査などに関する 18 編の論文が報告された。このうち日本からは、環境推定マップ・腐食速度マップを用いた送電用鉄塔の保全高度化に関する報告を行った。

**優先議題 2「架空送電線の性能向上」**: ダイナミックラインレーティング (DLR) と送電線監視技術、高温低弛度電線、革新的な鉄塔設計、送電容量損失の低減、活線作業などに関する 23 編の論文が報告された。

**優先議題 3「資源と設計の考慮」**: 架空送電線への持続可能な開発目標 (SDGs, LCA) の考慮、支持物のコンパクト化、送電線保守・建設へのロボットの活用、送電線から発生する電磁界、可聴ノイズへの対策などに関する 10 編の論文が報告された。次回は 2021 年 6 月スロベニアのリュブリヤナで開催される。

(東北電力ネットワーク 倉成 祐幸)

#### (6) SC B3 (変電所と電気設備)

9 月 2、3 日に論文討議が実施された。計 4 セッションで構成され、各セッション 200 名以上の専門家が参加し、全セッションを通じて、200 件もの質問やコメント (ライブが 125 件、CIGRE 専用 Web スペース活用が 75 件) が飛び交い、活発な質疑応答が展開されるなど、大変盛況であった。以下の 3 つの優先議題に関して投稿された論文は全 46 編 (うち日本 2 編) で、若手発表枠では各優先議題に 1 編ずつ、計 3 編の発表があり、うち優先議題 1 に関して日本から 1 編の発表があった。

**優先議題 1「設計と技術」**: 変電所設計と保守、フィールド経験、HVDC、SF6 代替ガス機器、洋上風力への GIS の適用等を中心に発表された。質問やコメントの半分以上が優先議題 1 に集中しており、なかでも SF6 代替技術に関する報告や質問が多く、関心が高いことを実感した。日本からは耐震設計最適化および若手発表枠で「SF6 ガス代替技術に求める 7 つの要件」を提案し注目を集めた。

**優先議題 2「変電所管理の最適化」**: 各国のアセットマネジメント、スコアリングやヘルスインデックスを用いた設備更新最適化の事例紹介があり、今後は各手法の特徴を踏まえた戦略的な資産運用高度化が進むと思われる。

優先議題 3「インテリジェンスの統合」: IoT, VR, BIM 等を活用した変電所デジタル化の事例について発表され、日本からも 1 編、取組み状況を報告した。これまでの開発・検証段階から既に実用化が進んでいるものも多く、実用性能評価の段階に移行している傾向が感じられた。

8 月 25 日に開催された SC 定例会議では、過去 1 年間に発刊された 4 つの技術報告書の紹介、2021 年パリ大会の概要および 2022 年パリ大会の優先議題に関する議論等が行われた。2022 年パリ大会の優先議題として、変電所における「クリーンエネルギー構造転換の影響」「サステナブルマネジメント」「インテリジェンスの統合」等が主な課題として提案された。また、これまでの貢献に対する 4 つの賞の受賞者紹介があり、日本からは CIGRE Distinguished Member 2020 に 3 名(横田氏、笹森氏、下村氏)が表彰された。

8 月 26 日のチュートリアルでは、既発行の“変電所の安全作業ガイドライン”について主査より紹介された。約 150 名の技術者が参加し、大変盛況であった。

(東京電力パワーグリッド 塚尾 茂之)

#### (7) SC B4 (直流システムとパワーエレクトロニクス)

8 月 31 日、9 月 1 日に論文討議が実施された。4 つのセッションに分かれ、全 53 編(うち NGN 2 編)の発表があり、174 の質問があった。日本からは「新北海道本州間連系設備の系統連系試験」が発表された。

優先議題 1「HVDC システムとその適用」: ヨーロッパにおける将来の洋上風力グリッド計画、風力発電の多端子直流送電、低短絡容量交流系統に連系する HVDC 計画、自励式変換器の STATCOM 試験、HVDC システム障害事例など 39 編の論文が発表された。

優先議題 2「配電システムにおける直流およびパワーエレクトロニクス」: 直流配電ネットワークのシステム設計・機器・制御方式、配電ネットワークへのパワーエレクトロニクスの適用など 4 編の論文が発表された。

優先議題 3「FACTS」: 弱小系統への STATCOM の適用、SVC 試運転中に測定した各種データの評価など 8 編の論文が発表された。

SC 定例会議は、8 月 28 日に開催され、69 名が参加した。2022 年パリ大会の優先議題(「HVDC システムとその適用」, 「配電システムのための直流」, 「FACTS とパワーエレクトロニクス」)の紹介、AG.WG からの活動状況報告、今後の会議予定(2021 年シンポジウム スロベニア)、新 WG の提案などがあり、委員長が Mohamed Rashwan 氏から Joanne Hu 氏へ交代する旨の連絡があった。その他、チュートリアル“*Inverters in Weak/Isolated Grids—Operational Aspects*”が 9 月 3 日に開催された。

(電源開発送変電ネットワーク 古川 裕之)

#### (8) SC B5 (系統保護と自動化)

設定された 2 つの優先議題に対して 29 編(うち日本 2 編)の論文が提出され、8 月 27~28 日に発表があった。

優先議題 1「保護と自動化分野における人的課題」: 14 カ国 17 編の論文が採択され、NGN からの発表 1 編を加えた

18 編の発表があった。ヒューマンエラー事例の紹介や分析のほか、仕様検討・設計・試験・運用・保守面における各国のヒューマンエラー防止対策やリスク分析手法に関して幅広く意見交換された。

特に、IEC61850 準拠のフルデジタル変電所を構築・運用するにあたって直面する新しいヒューマンエラーリスクに関して多くの事例とそれに基づく知見が示され、仕様や作業手順の標準化や作業者の技能管理の重要性などに関して具体的な提案が出された。

優先議題 2「保護制御に係る通信ネットワーク(各国の経験と課題)」: 14 カ国 23 編(日本 2 編)の論文が採択され、21 編の発表があった。さまざまな通信ネットワークの構築事例が共有されたが、なかでも IEC61850 ベースのデジタル電気所におけるネットワーク設計について多くの構築事例が紹介され、通信ネットワークの設計方法や試験方法等に関して活発な意見交換がされた。

効率的かつ低コストでデジタル変電所を構築するには標準化が必要であることや、ネットワークの冗長性の確保、ロバストなエンジニアリング設計プロセスの必要性、最適化されたアーキテクチャ、サイバーセキュリティの影響の考慮、試験コンポーネントとの接続を考慮したシステム設計が重要であることが示された。

日本からは「リング型伝送路向け高性能通信装置の開発と大規模系統安定化システムへの適用」と題した論文にて、系統安定化装置の通信装置や伝送路の削減事例を紹介するとともに、「IEC61850 を適用した過負荷保護リレーシステムについて」と題した論文にて、GOOSE 伝送を用いてシステム構築費用を低減させた事例を紹介した。

8 月 26 日に開催された SC 定例会議では、2022 年パリ大会の優先議題の仮決定(2 件)、新設 WG(3 件)等が審議された。

(関西電力 榎本 和宏)

#### (9) SC C1 (系統計画と経済)

9 月 3 日に、エネルギーシナリオ等の将来不確実性の下での系統計画や投資意思決定の最適化をテーマとした WG の活動が紹介され、議論が行われた。8 月 31 日および 9 月 1 日に、3 つの優先議題毎に、論文討議が行われた。

優先課題 1「電力系統のレジリエンスプランニング」: 30 編(うち日本 1 編)の論文が採択された。各国におけるレジリエンスを加味した系統計画として、再生可能エネルギー、直流送電、蓄電池、水害等のキーワードを冠した系統計画事例が紹介された。日本からは、「電力系統レジリエンスの改善を目的とした基幹系統計画」と題して、既存設備を最大限活用した系統構成見直しによるレジリエンス改善の事例を紹介した。

優先課題 2「効率的な脱炭素化実現のための電力セクターシナジー効果」: 11 編の論文が採択された。各国における脱炭素化を目指した取り組みとして、電気自動車、電化の系統影響、電力市場、確率論的シナリオ設定、TSO-DSO 間の協調等のキーワードを冠した検討事例が紹介された。

優先課題 3「送電系統計画における分散電源リソース」：20 編（うち日本 1 編）の論文が採択された。各国における分散電源リソースに係る取り組みとして、再生可能エネルギー大量導入、スマートメーターデータ、直流送電、慣性力低下、発電機軸ねじれ、島嶼と本土連系等のキーワードを冠した検討事例が紹介された。日本から「再生可能エネルギーの系統連系円滑化スキーム」と題して、電源接続案件募集プロセスと日本版コネクト&マネージ (N-1 電制) により再生可能エネルギー 70 万 kW 超の系統連系を円滑化させた事例を紹介した。

（東京電力パワーグリッド 八巻 康一郎）

#### (10) SC C2 (系統運用と制御)

8 月 27, 28 日に論文討議が実施された。3 つの優先議題に対して 83 編（うち日本 3 編）の論文が採択され、各 7 分の発表および 2 分の質疑応答があった。

優先議題 1「将来の系統運用に必要な能力」：38 編の発表があった。再エネ増大や負荷特性の変化に伴う系統運用の複雑化等を背景として、再エネの予測技術、運用者の意思決定支援ツール、AI・デジタル技術の活用、実系統での応動に基づく安定性の評価、広域的な監視・制御技術、低慣性系統における高速周波数制御など、最新の運用技術に関する様々な取り組みの紹介や提案があった。日本からは、運用面における調整力コスト低減に向け、広域メリットオーダーに基づく需給バランス調整を行うためのシステムに関する発表を行った。

優先議題 2「系統運用のインターフェース：観測性と制御性の改善」：14 編の発表があった。国境を跨いだ運用者間の協調に関する取り組み、分散型リソースの導入拡大下における TSO と DSO の協調運用、データ連携のあり方、制御所ツールへの要求仕様等について提案・発表があった。

優先議題 3「再生可能エネルギー増加に向けた系統運用のチャレンジ」(C6 とのジョイント)：30 編の論文発表があった。分散型リソース導入拡大に伴うエネルギービジネスの環境変化を踏まえ、アグリゲータを通じた新たなグリッドサービスや、信頼性・柔軟性・レジリエンスの改善に向けた様々な取り組みの提案・発表があった。日本から VPP 実証事業を通じて得られた知見等に基づき、需給調整・系統安定化サービスに向けた取り組みや、周波数調整に向けた取り組みについて発表を行った。

SC 定例会議は 8 月 26 日に開催され、2022 年パリ大会の優先議題等について意見交換を行った。

（中部電力パワーグリッド 平野 大悟）

#### (11) SC C3 (系統の環境性能)

論文討議では、以下の 3 つの優先課題に対し 24 編（うち日本 2 編）の論文投稿があった。

優先課題 1「国連の持続可能な発展目標 (SDGs)」：8 編の論文発表があった。各国の電気事業者における SDGs への対応 (4 編)、各国の電気事業者における環境対応 (4 編)、SDGs への対応に関する世界規模でのアンケート調査 (1 編：日本) であった。日本の発表論文が C3 の最優秀論文賞を授

賞し、CSE (Cigre Science and Engineering) に掲載されることとなった。

優先課題 2「エネルギー移行の環境への影響」：9 編の論文発表があった。分散電源、非 SF6 ガス、デジタルトランスフォーメーションなど電気事業における多様な変化と環境への影響について、CO<sub>2</sub> 排出、生物多様性、生態系と健康への影響について、それぞれの評価が報告された。

優先課題 3「野生生物と電気インフラの関係」：7 編の論文発表があった。内容は、鳥類の保護 (5 編)、鳥害の抑制 (1 編：日本)、水生生物保護 (1 編) であり、鳥類保護に対する関心が高かった。残念ながら、優先課題 2 と 3 は、接続トラブルによりセッションは中止となった。

SC 定例会議では、各 WG.AG の活動状況が報告され、新設 WG、次回パリ大会での優先課題について議論した。チュートリアルでは、「電磁界の責任ある管理」と題し、住民の反対運動や小児白血病に対する科学的不確実性に対するプレコーシヨンの管理、欧州での職業ばく露規制動向の紹介があった。

（電力中央研究所 中園 聡）

#### (12) SC C4 (電力系統の技術性能)

8 月 25, 26 日に論文討議が実施された。

優先議題 1「先端的手法、モデル、ツールによる系統技術性能の向上」では 27 編、優先議題 2「系統事象から得た教訓に基づく次世代グリッドのモデリング」では 9 編、および優先議題 3「進化し続けるグリッドの性能向上のための電、電力品質、絶縁協調の評価法とモデル」では 21 編、計 57 編の論文が発表された。日本から、低圧配電線における 2~9 kHz 高調波の発生要因の分析と関連する JIS 標準仕様書に関する論文が東京電力 PG 吉永氏から発表された。また、風力発電設備における落雷検出装置の性能評価法等に関する論文が中部大学山本教授から発表された。各セッションでは質疑応答時間が設けられ、活発な討議が行われた。

8 月 27 日にはチュートリアルが開催された。講師は、EPRI Haddadi 研究員とモントリオール理工科大学 Mahseredjian 教授で、彼らが中心になってまとめられた技術報告 TB736「過渡現象シミュレーションのための電力系統のテストケース」の内容について講演された。同教授は、世界的に利用されている過渡現象シミュレータ EMTP-RV の主開発者である。同チュートリアルでは、ウインドファームを含む 3 つの送電系統モデルと風力、太陽光、エネルギー貯蔵ユニットなどの分散電源を含む配電系統モデルが紹介され、それぞれの計算例が示された。過渡現象解析では、系統の各構成要素の MHz にまで至る周波数範囲で妥当なモデルが必要となり、その分、入力データは複雑化し量も膨大となる。これらのシミュレーションに必要なデータセットはウェブ公開されている。再エネの導入量が年々増加している電力系統において、過渡現象解析の重要性は益々高まっている。その精度の確認等が可能なテストケースやベンチマークの存在は、シミュレータの開発者にとってもユーザにとっても有用である。

（同志社大学 馬場 吉弘）

### (13) SC C5 (電力市場と規制)

9月2, 3日に論文討議が実施された。

優先議題1「変わりゆく市場の性質とアンシラリーの要件」(論文21編, 発表19編, うち日本1編): 再エネ等の非同期機が増加するなか, 信頼度維持やアンシラリーサービス確保のため, 適切な報酬を与える市場商品設計や, 連系線利用におけるエネルギーと調整力の最適な配分, 蓄電池やDRの有用性等が報告された。日本から容量市場及び需給調整市場の設計と先行する海外市場との比較を報告した。

優先議題2「変わりゆく規制と基準の役割」(14編): 不確実性が伴う長期的な発電・流通設備への投資や経年設備更新を誘導するための規制や市場の在り方, 再エネ導入の政策目標を達成するためのアンシラリー市場他の電力市場改革等が報告された。

優先議題3「発電投資とネットワーク投資の協調のための市場設計」(論文・発表13編, うち日本1編): 連系線潮流を精緻に管理することによる容量割当ての最適化, 混雑管理手法の見直しや長期的な価格シグナルの必要性, DSOによるフレキシビリティの調達やTSOとの連携に関する実証等が報告された。日本からは, 日本版コネクと&マネージによる既存系統の活用や費用便益評価に基づく系統増強を通じコスト低減を目指す取組みを紹介した。

9月3日のチュートリアルでは, 需給変動に対応するフレキシビリティの必要性が増すなか, 水力や蓄電池, DR等がリソースとして期待されること, バランシング市場への参入障壁低減やTSO・DSO間の協調の重要性等が示された。

8月28日のSC定例会議では, 本部動向やWGの活動状況, 今後のイベント(2022年京都シンポジウムを含む)が共有されたほか, 次回パリ大会の優先議題等が議論された。

(中部電力パワーグリッド 菅原 健一)

### (14) SC C6 (配電系統と分散電源)

8月24日にチュートリアル, 8月26日にSC定例会議, 8月27日, 28日に論文討議が開催された。チュートリアルでは, 各国のスマートメーターの導入状況, スマートメーターデータのユースケース, 必要な要素技術・システム構成等が紹介された。論文討議では, 2つの優先議題とSC C2合同の1つの優先議題に対して, 合計74編の論文(うち日本1編)の提出があり, 活発な議論が行われた。

優先議題1「分散型エネルギーリソース(DER)を統合した先進的な配電システムのデザイン」: 再生可能エネルギーの不確実性の管理, インテリジェントロードの活用, 電力系統管理の革新的なソリューションとマルチエネルギーシステムの実現について議論された。

優先議題2「配電系統のための実現技術とソリューション」: DERの有効活用, マイクログリッドのエネルギーマネジメント, DERアグリゲーションのプラットフォーム, 遠隔地や島嶼部のオフグリッドについて議論された。

優先議題3「DER増加に伴う系統運用課題(SC C2/C6合同)」: 系統運用へのDERのサービス提供, アグリゲータの役割, DER大量導入時の系統運用に必要なツールと技術に



図4 SC C6 チュートリアルの様子(WG 主査: 松浦氏)

ついて議論された。

SC定例会議では, TC会議, AG, WGの活動状況の報告があった。2022年パリ大会の優先議題が提案され, 優先議題1「エネルギー転換と脱炭素化のための解決策と経験」, 優先議題2「アクティブ配電系統の革新的な計画と運用」, 優先議題3「配電系統のレジリエンス, 信頼性, エネルギーセキュリティを高めるDERアグリゲーション」となった。

(関西電力送配電 松浦 康雄)

### (15) SC D1 (電力用材料と先進試験技術)

SC D1には他SCとの共同/関連WGが多い特徴がある(2020年9月現在で, 6AG(絶縁ガスのAGが9月1日より復活), 26WG(うちSC A2との共同が2WG, B1と共同が3WG, B3と共同が1WG, B1とB3の共同が1WG)。

2020年パリ大会における優先議題と論文数は, 優先議題1「試験, 監視, 診断」(23編, 9/2終日), 優先議題2「絶縁材料の機能特性と劣化」(12編, 9/3前半), 優先議題3「先進コンポーネントによる絶縁システム」(9編, 9/3後半), であった。日本から優先議題3の詳細議題例として挙げられていた「3Dプリンティングによる材料開発」と合致するテーマとして, 3D Printed Solid Insulator: Possibilities and Challengesが名古屋大学栗本准教授から発表された。近年の傾向としてDCに関する検討が増えており, 優先議題1で4編, 優先議題2で3編, 優先議題3で2編の発表があった。また低環境負荷という観点ではSF6代替ガスであるFガス関連で2編, 天然エステル油関連で2編(4件とも優先議題2)の発表があった。これらに先立ち, 8月27日にはチュートリアルとして“Mechanical properties of insulation materials and conductors for power transformers”が講演された。

2022年パリ大会では, 優先議題1「試験, 監視, 診断(未標準/複合電圧による試験と実績, DC/インバータ/インパルスストレス下の部分放電計測, 試験/監視/診断システムへの要求事項)」, 優先議題2「電気材料(電気/機械/熱ストレス下の劣化(パワーエレクトロニクス/半導体へのサイクル負荷, 高温, コンパクト化, 腐食, 放射による劣化など)), 絶縁材料の機能特性と検証試験, 電池材料と充電機器」, 優先議題3「計測技術を支えるシミュレーションツール(新しいマルチフィジカルシミュレーション手法の開発/適用, 絶縁機器/システムのためのデジタルツイ

ン、物理モデルとセンサ)」となった。

(電力中央研究所 高橋 紹大)

#### (16) SC D2 (情報システムと電力通信)

8月25、26日に論文討議が実施され、各国から100名以上が参加した。3つの優先議題に対して57編の論文(うち日本から2編)が発表され、これらの論文に対する質問がCIGRE専用Webページ上に事前にアップされ、活発な議論が行われた。

**優先議題1「新たな情報通信技術が電気事業者に与える影響」:** 電気事業のデジタル化、ビッグデータやAIを用いたアプリケーションの活用に関する論文が28編提出された。日本から、電気事業者で活用されている4つの事例について報告を行った。

**優先議題2「電気事業変革における新たなサイバーセキュリティの課題」:** 電力システム上でICT活用範囲の拡大に伴うサイバーセキュリティの課題に関する論文が14編提出された。論文では革新的技術を扱ったものや、今後の電力ネットワークに必要とされるサイバーセキュリティの考え方が示された。これら技術の発展には、電気事業者による幅広いテストや実装経験が欠かせないと結論付けられた。

**優先議題3「パケット交換通信技術を使用した運用効率の向上」:** 電気事業者のレガシー回線からの移行先として選択されているIP/MPLSやMPLS-TPなどのパケット交換通信技術に関する論文が15編提出された。日本からはIP通信技術を保安用通信ネットワークへ適用して、回線運用の効率化や信頼性向上を図った4つの事例を報告した。

8月27日に開催されたSC定例会議では、2022年4月開催予定の京都シンポジウムを紹介した。次回のSC定例会議は2021年8月にパリで開催される予定である。

(東北電力ネットワーク 伊藤 篤)

#### 4. あとがき

今回はCOVID-19の影響により、通常のパリ国際会議場での開催は取り止め、初の試みとなるオンライン形式のe-Session開催となった。パリ本部ではリモートワークの中で会議形式や参加登録の変更などの処理に多忙を極めた。一部の参加登録者には連絡遅延など不手際があったものの、予想を超える2,500名以上の参加があり大盛況に終わった。日本からの参加者は世界第2位の180名で、我が国のCIGREに対する関心の高さと世界への存在感を示した。参加者各位にはこの場を借りて厚く御礼を申し上げたい。

昨今の太陽光発電や風力発電など再生可能エネルギーの大量導入は世界の潮流であり、技術課題や解決策に対する議論が真最中である。また、国際連系プロジェクトの進展、AIやICT・IoT技術の活用など、電力業界を取り巻く環境は今後も大きく変化し、さらに加速することが想像される。このようなグローバルな課題の対処方法や最新技術の適用実績などの情報交換の場として、CIGREの存在意義・使命は益々増大するであろう。これら背景を踏まえ、日本CIGRE国内委員会(<http://www.cigre.jp/>)としても、より一層CIGRE活動の活発化を推し進めていく所存である。

最後に、CIGREでは創立100周年記念大会が、2021年8月20~25日にパリ国際会議場で開催される予定である。また、定例の次回(第49回)CIGREパリ大会も、翌年2022年8月21~26日に同会議場で開催される予定である。今回から各国にあった論文数上限が撤廃されたこともあり、数多くの論文投稿を期待する。さらに同年4月には、京都でシンポジウムも予定しており、2021年以降のイベントが目白押しである。各イベントはCOVID-19の収束が前提ではあるが、是非とも数多くの参加をお願いしたい。

(中部電力 中地 芳紀)

(2020年11月27日受付)

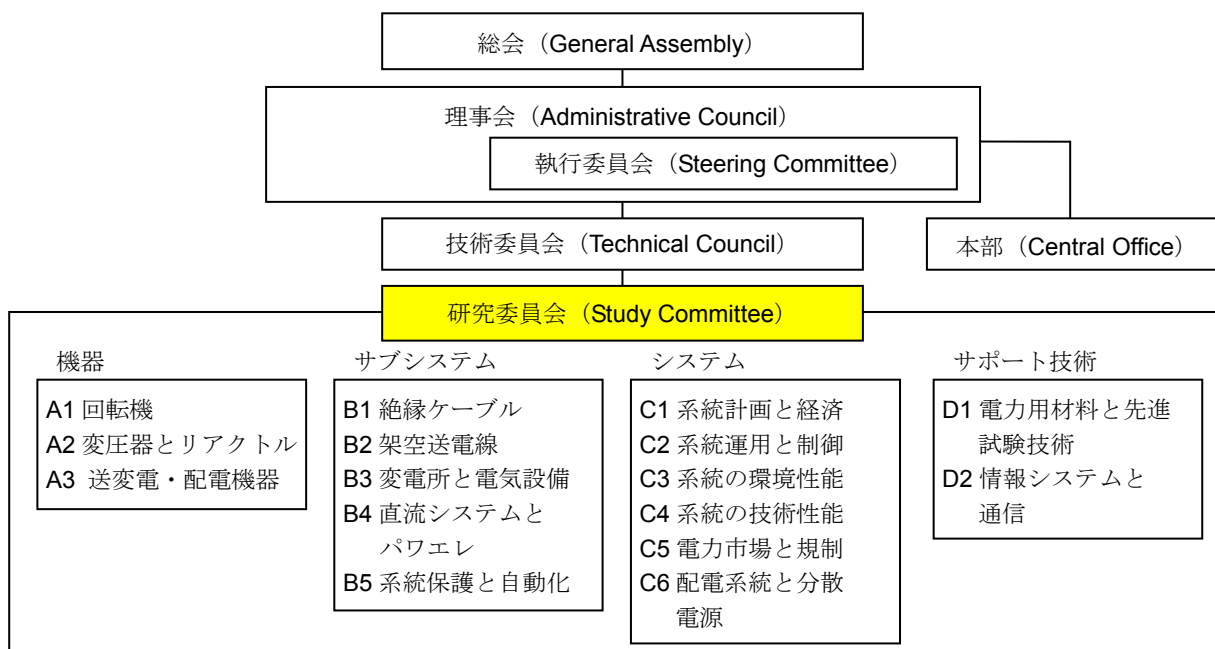


図5 CIGREの組織