

電気技術史

The History of Electrical Engineering

Newsletter

平成 19 年 5 月 11 日発行

(社) 電気学会 電気技術史技術委員会 http://www.iee.or.jp/fms/tech_a/ahee/index.html

CONTENTS

- ・交流・直流論争
～初期の電力技術の発達～
坂本幸治 P.1
- 交直論争から学ぶ事 荒川文生 P.3
- ・書評二件 松本栄寿 P.4
- ・企業ロゴの歴史(6)
東京電燈～東京電力、社章の変遷
狩野雄一 P.5
- ・“みんなで考える技術リテラシー”
公開座談会報告 鈴木 浩 P.5
- ・INFORMATION P.6

交流・直流論争 ～初期の電力技術の発達～

東京電力(株)電気の史料館 坂本幸治

我々が今日享受している電化生活は交流電力によって支えられている。では、その技術が確立するまで、どのような変遷をたどってきたのであろうか。

エジソンがロンドンとニューヨークで電気事業を開始し、電球が暗夜を照らし始めたのが 1882 年。しかし、エジソンの電力システムは直流方式のため、長距離送電には不向きであった。

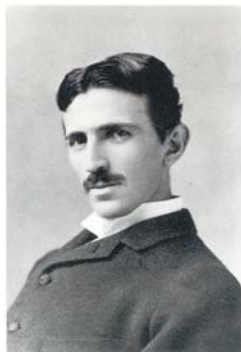
そこで登場するのが交流システムである。誘導電動機、変圧器、三相 3 線式結線といった交流の技術が次々と確立。動力利用や長距離送電が可能となり、急速に電力ネットワークが拡大していった。

本稿では、電気の史料館（横浜市鶴見区）で開催中の企画展から、初期の交流技術の発達について紹介する。

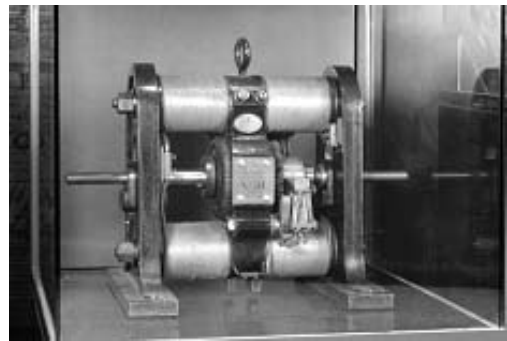
1. テスラの二相交流モータ

ニコラ・テスラは、オーストリアのグラーツにある工科大学で物理を学んでいたとき「グラムの機械」の実演を見た。この直流モータが回転する際に整流子とブラシとの間で火花が飛ぶのを見て直感する。「火花が飛ぶのはモータが直流で駆動しているからだ。では、交流で駆動するモータを作ればいいじゃないか」。

テスラは全身全霊をかけてこの問題に取りかかった。啓示が訪れたのは 5 年後の 1882 年であった。公園を散歩中に突然、回転磁界の原理を思いついたのである。



ニコラ・テスラ
(1856-1943)



グラムの機械(ヘンリーフォード博物館所蔵貸与展示品)



テスラの二相交流モータ(ドイツ博物館所蔵貸与展示品)

二つの交流を互いに四分の一周期ずつずらして固定電磁石に与えると回転磁界が発生し、電磁石を回すのと同じ効果を得ることができる。1887 年、テスラは最初の実用的なモータ（二相交流モータ）を完成する。このモータを三相以上に発展させ、発電機などの関連技術と合わせて体系化したのがテスラの多相交流システムである。

テスラはアメリカへ渡り、エジソンの工場に入ることにした。彼に交流の優位性を説き、交流の実用化を進めようとしたのである。

しかしながらエジソンは、頑迷なまでに直流の信奉者であった。テスラはエジソンに失望し、工場をわずか9ヶ月で辞めてしまう。ここでテスラの交流システムに着目したのがジョージ・ウェスティングハウスだった。彼はテスラの特許を高額で買い取ることにした。その後、テスラはエジソンと激しい交直論争を展開していくことになる。

2. テスラとエジソンの誹謗中傷戦「交直論争」

エジソンの直流システムでは、出力 100V 程度の発電機が供給できるエリアは半径数 km の範囲にとどまった。したがって、各地に増える需要に対応するため、需要地の近傍にそれぞれ発電所を建設していった。

原理上、長距離を送電するためには、電圧を高くする必要がある。高電圧にした分、電流を抑えることで、送電線で発生するジュール熱、すなわち電力損失を少なくできるからである。交流派の主張は、直流では電圧を変えるのは難しく、交流では変圧器で容易に変えることができるという、技術的問題に関するものがあった。

一方の直流派は、既に自らが投資してきた設備が無駄になってしまうという、経営的問題に直面することになった。そこで、直流派陣営は、ネガティブ・キャンペーンを繰り広げることになる。ある日、多数のジャーナリストたちが、エジソンの研究所に集められ、すさまじいショーを鑑賞させられる。交流システムでネコやイヌを感電死させたのだ。エジソンはジャーナリストたちの前で交流の高電圧の危険性を指摘し「電気殺人だ」と叫んだ。発明王エジソンの常軌を逸した行動といえる。このデモはたびたび行われ、やがてウマやウシにエスカレートしていった。また、ニューヨークの刑務所にウェスティングハウス社の交流発電機が設置され電気処刑が行われると、すかさず「ウェスティングハウスされた」と喧伝した。

この交直論争は 10 年にも及ぶが、1896 年、テスラの二相交流システムがナイアガラ瀑布発電所に採用され長距離送電に成功したことで、交流陣営の勝利で終わることになる。

3. ツペルノウスキーらの変圧器

交流電力の送電や配電に不可欠なのが変圧器である。

その変圧器の基本形を確立したのが、ハンガリーのガンツ社である。ブダペストで創業したガンツ社は、1878 年に電気機械の製作をはじめ、1879 年に白熱電球が発明されるやその将来性を見込んで、発電機と配電方式の研究に着手した。

その中心となったのがカール・ツペルノウスキーである。彼はデリー、ブラッシーら同僚とともにイタリアの万国博覧会に出品されていたフランス人ゴラルドと英国人ギブスによる直列式変圧器（当時は

二次発電機と呼ばれた）を改良し、並列に使う方式を考案する。

ツペルノウスキーらは同時に、鉄心の構造を閉磁路式にすることで、損失が減ることも指摘している。彼らは 1885 年に特許を出願し、そのなかで初めて **transform**（変圧する）という用語を使用した。この方式は同年ブダペストで開催されたハンガリー博覧会の照明に採用され、全欧の注目を集めた。実用変圧器の世界初適用である。



デリー、ブラッシー、ツペルノウスキー



ガンツ社の変圧器（ハンガリー電気技術博物館所蔵賞与展示品）

4. ドブロウォルスキーの三相交流

現在の三相交流システムを確立したのが、ドイツ AEG 社の技術者ドリヴォ・ドブロウォルスキーである。

ドブロウォルスキーは、二相交流が得た回転磁界の研究を発展させ、1889 年に三相交流誘導電動機と三相交流変圧器の製作に成功。翌 1890 年には、三相 3 線式送電の結線方式をあみ出し、長距離送電を可能にした。

そして 1891 年、フランクフルトで行われる万国電気博覧会で交流送電実験が行われることになった。

当時、交直論争に加えて二相か三相かの議論も加わり、世界の注目がこの地に注がれた。ドブロウォルスキーは後年、「もし、この実験に失敗していれば、事態はすべて単相交流採用の道に向かったに違いない」と回想している。

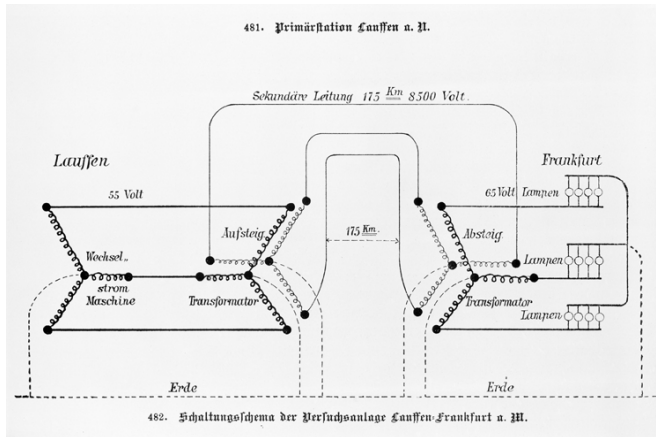
さて、博覧会が終わる直前の 1891 年 8 月、ネッカー川の瀑布を利用して三相交流発電機（75kW）で発電された 55V の電圧を 8500V に昇圧。175km 離れた博覧会場に送電し、そこで 65V、200 馬力の三相交流電動機を回転することに成功した。送電効率は 70%。これには電気関係者も驚愕した。世界が絶賛したのは言うまでもない。

技術的にシンプルで経済的に有利な三相交流方式



ドブロウォルスキー
(1862-1919)

の発明によって、長距離送電が可能となり、電力は社会生活にしっかり根を下ろすことになる。



フランクフルト博覧会 三相3線式送電結線図

5. 現在のネットワークで使われる直流

発電と配電、そして利用の領域までも事業化したエジソンの功績は大きい。しかし、直流にこだわり行き詰まったエジソン社は1892年に合併し、GE社となる。さらに96年、ナイアガラ瀑布発電所からの長距離送電が多相交流によって成功。ここに、交直論争は終結する。

なお、交流を主とする現在の電力ネットワークにおいても、直流が完全に消え去ったわけではない。わが国では、北海道と本州を海底ケーブルで連系する設備や、東西の交流ネットワーク(50Hzと60Hz)を連系する設備等には、直流が使われている。

直流と交流、それぞれの特長を生かしながら、使い分けているのである。

本稿に関して電気の史料館では、企画展「電気は人なり ～電気事業に生命を賭けた男たち」を開催中である。詳細は本ニューズレター最終頁のINFORMATIONを参照。

交直論争から学ぶ事

(株)地球技術研究所 荒川 文生

交流と直流とでは、どちらが優れた技術か？この答えは、答える人の置かれた状況や技術の使い方などに拠って多様になる。科学が哲学的に真理を追究し、技術が現実的に有効性を競うのであれば、一般的に言って、技術の優劣はその時代と場所における社会的判断による。今風に言えば、顧客が決めるのである。例えば、エディソンが成功した理由のひとつは、発電機と電灯とを技術的にシステムとして顧客のニーズに応じて社会システムに組み込んだことにあるが、そのシステムの構成と拡大に当時の直流技術が適応できなくなる事を見抜けなかったことが、交流との競争に負けた原因のひとつである¹⁾。

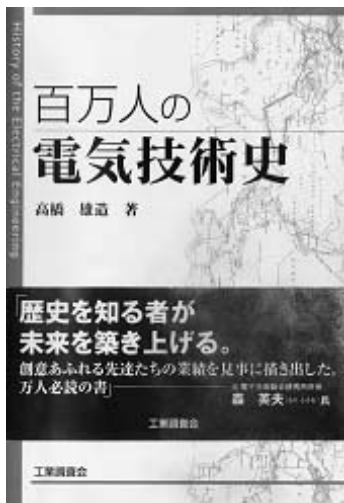
しかし、技術者としての見方は、社会から遊離してはならないものの、それに引きずられてはならない。つまり、技術者として、技術の本質からの判断を確りと持っていることが、技術者のアイデンティティを確立する所以である。この見方からすると、直流も交流も電気エネルギーの輸送媒体と言う意味で、本質的に同一である。現実には、大規模電力システムでも家庭用電気機器や情報通信端末機器などに於いても、エネルギーと情報の輸送に、様々な周波数の交流と(周波数が零または無限大の交流である)直流が、夫々の特性を発揮しつつ活用されている。いまや、「交流と直流とでは、どちらが優れた技術か？」等を問う時代ではない。

いっぽう、交流と直流との競争の中で、電力システム技術が発展してきた事は、注目し値する。競争は人間の諸活動に於ける活力の源泉となるいっぽうで、社会的に勝者と敗者とを生み、人間生活のみならず人間性すらも損なう危険性をもつ。犯罪人の処刑に交流を使うことで直流の優位性を示そうとする事の非人間性には、誰でも目を背けたくなるであろう。逆に、悪平等が蔓延する社会に発展はない。技術的にも、「遅れた部分に次なる技術革新の要因がある」との説が、Reverse Salient(逆突出的)という言葉を用いて、「電力の歴史」の著者として有名なThomas P. Hughesに拠って、技術史に学ぶべき内容のひとつとして主張されている²⁾。

このように、技術の本質に立ち返りつつ人間性豊かな技術の発展を図るうえでは、科学的・社会的に多様な検討が肝要であり、かつ、これは不断に日常生活の中で実践する事を求められている作業である。その作業は、企業の現場でも行われており、検討結果の如何によっては、原子力や宇宙技術の開発に見るように、社会の安全と安心との兼ね合いで技術者の倫理すら問われかねない。そこでは社会的にある種のバイアスがかけられていることもあり得るので、より公正且つ自由な環境の中で、この作業が行われる事が望ましい。ここに事実と合理性に基づく議論の大切さを尊重する学会の役割が存在する。さらに、その事実として、技術史研究の成果として示される史実が極めて重要且つ有効であることは論をまたない。

- 1) 高橋雄造：『百万人の電気技術史』工業調査会，pp. 121, 2006
- 2) Thomas P. Hughes：『技術的体系の社会的構成』(The Social Construction of Technological Systems); MIT Press, 1989

高橋雄造:『百万人の電気技術史』、工業調査会(2007)
ISBN:4-7693-1258-X, ¥2800



本書は、1600年のギルバートの磁石論から1989年のベルリンの壁崩壊までの「電気技術史年表」を制作して、それを基に本文で解説してゆく構成をとっている。

「古代からの電気と磁気」「近代電気学のはじめ・静電気の時代」「電池の発明から動電気の時代へ」「発電機と電動機」「電信と電話・電気の大規模応用」「電灯と電力技術時代」「電気技術の世界の形成と拡大」「20世紀の社会と市民生活における電気・蓄音機からラジオ、テレビまで」「半導体とコンピュータ」の章立てである。

19世紀から20世紀にかけての、動電気の時代の電気技術の変貌の流れを理解するには大変役立つ内容であり、欧米にも類書は少ない。

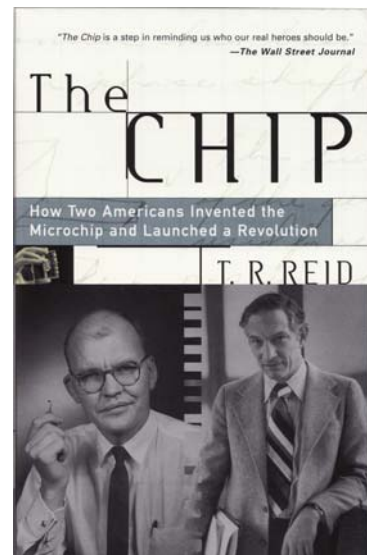
第7章で社会制度の歴史として、学会、ジャーナル、学校、国際条約、会社をとりあげ、発明、発見の歴史だけでなく電気技術の全体像を明らかにしようとした点はユニークである。また、参考文献が章ごとにまとめられていて研究者には便利である。

最後の第9章の「半導体とコンピュータ」については、ENIACの登場、トランジスタの発明以来半世紀を経過した現在、より深い歴史研究と解説が待ち望まれる。

著者は電気技術史研究会の創設にかかわった研究者である。一口に電気技術といっても電力・送電・鉄道・放送・照明・家電・通信・エレクトロニクス・計測・回路・コンポーネントと範囲はひろい。すべてを一冊の書籍でカバーすることは難しい。

これまでの研究会でも多岐にわたる参加者から、それぞれの分野の歴史研究の発表がなされている。それらの成果から、自らの手で幾つもの電気技術史の研究書が生まれて行くことを期待したい。

T.R.REID; "The CHIP:How Two Americans Invented the Microchip and Launched Revolution",
Random House, (2001), ISBN:0-375-75828-3, \$10.17



本書はキルビー(Jack Kilby, 1923-2005)とノイス(Robrt Noyce, 1927-1990)、二人の発明家が競ったモノリシックIC物語である。二人はそれぞれテキサスインスツメント社(TI)とフェアチャイルド社(FC)の技術者で、モノリシック特許の先取権をめぐる争った。

1950年代当時、技術の世界では「接続の問題」または「数の恐怖」と呼ばれる難問が持ち上がっていた。トランジスタの発明以来、どんな複雑なコンピュータ、システムでも紙の上では構成できるが、素子相互間を結ぶ接続点の数が巨大になり、技術的にも経済的にもモノとしては実現できないだろうとの悲観論であった。それをなんとか解決しようとしてきた回答がモノリシックICである。つまり一つの半導体チップ上に、外部の接続点なしに複雑な回路を作り上げる手法である。

キルビーが複数の素子をチップ内に作る着想を得たのは1958年の夏、ノイスが複数の素子をシリコン表面で接続するアイデアを思いついたのは1959年であり、モノリシックとしても二つの発明は全く違っていた。

トランジスタは1947年の発明の9年後、1956年にノーベル賞を受賞したのが、ICを対象としたノーベル賞は、1958年の発明から42年後の2000年によく実現し、キルビーが受賞した。ノーベル賞は受賞発表時の生存者にしか与えられない。ノイスは1990年にこの世を去っていたから、一部のアメリカ人がノーベル賞委員会が億万長者のノイスを対象者にするのをさけて、彼の死後までのぼしたと非難したほど遅かった。

技術史の書籍の構成には、とくに決まった形式があるわけではない。しかし、人物について深く語っているせいか、本書は読んで面白い。

企業ロゴの歴史(6)

東京電燈～東京電力、社章の変遷

東京電力(株) 電気の史料館 狩野 雄一

1883(明治16)年、日本で最初の電灯会社・東京電燈が設立された。これが現在の東京電力の前身に相当する。その後東京電燈は順調に発展し、5大電力の一角を形成するに至るが、電力国家管理の実施に際して、1939(昭和14)年に設立された日本発送電に主要設備を現物出資させられ、さらに1942年に設立した関東配電の母体とされ、解散を余儀なくされた。

第2次大戦後の電気事業再編成により9電力体制が発足した際に、関東配電の全部と日本発送電の一部を引き継ぎ、東京電力が設立された。

以下では東京電力だけではなく、その前身である東京電燈と、日本発送電・関東配電も含めて社章を紹介する。

【東京電燈】

図1は東京電燈の社章で、三相交流発電機の形状を図案化したものと思われる。これがいつ頃から使われ始めたか、東京電燈の社史にも社章制定に関する記載がなく、定かでない。現在迄に確認出来たところでは、1905、6(明治38、9)年頃のものとして『東京電燈開業五十年史』に掲載されている営業案内が、このマークの最も古い使用例であり、社章の制定がそれ以前であることは推測出来る。



図1 東京電燈社章

【日本発送電】

日本発送電の社章は、1938年11月27日に東京と大阪の有力紙に募集広告を掲載して一般公募し、26,424通の中から選ばれた作品に若干の修正を加え

て制定された(図2)。デザインは、稲妻を中心に日本発送電の「日」の字をかたどったもので、『日本発送電社史』は「後に他の電力関係の会社の社章がこれに類似して来た所を見ても優れた作品」であったと自画自賛している。

【関東配電】

関東配電の社章も一般公募作品から選ばれた。新聞広告・チラシの配布により募集し、5,683名、10,133点の応募作品の中から選ばれた図案から、図3の社章が制定された。

【東京電力】

1951(昭和26)年の東京電力発足時の社章は、東京電力に帰属する日本発送電と関東配電の社員を対象に募集され、3,057点の応募作品の中から、東京電力の「T」と稲妻をかたどった図案を採用し図4の社章を制定した。

1987(昭和62)年、東京電力はCI(コーポレート・アイデンティティ)活動の一環としてシンボルマークなどのデザインを一新し、新しい企業像を象徴するものとして図5のマークを新たに定めた。これが現在も使われているマークで、マークの円は、柔軟な心、環境との調和、未来への広がり表現したものである。



図2 日本発送電社章



図3 関東配電社章



図4 東京電力社章

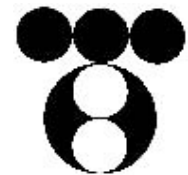


図5 東京電力の新しいシンボルマーク

“みんなで考える技術リテラシー”公開座談会報告

GE エナジー 鈴木 浩

平成18年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進：日本人が身につけるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」主催の公開座談会が、2007年3月31日(土)午後、科学技術館で開催された。小林信一教授(筑波大学)の司会、パネラーは、秋元礼子氏(早稲田大学理工学部)、永島絹代氏(大多喜町立老川小学校教諭)、古田ゆかり氏(リビング・サイエンス・ラボ)と女性の中で著者一人が男性という組み合わせであった。

技術とのかかわりに関連した意見として、修理現場を「危ないから」の一言で遠ざけると技術は危ないものと認識されてしまう、耐震、強度も専門用語ではなくなり、リスクマネジメント概念の理解も必要になってきた。また、走れば走るほど空気がきれいになる車、というようなニーズ側からのブレイクスルーや、これからの技術の発展についての意見が

あった。著者からは、全米工学アカデミーの技術リテラシーを構成する3軸(Knowledge, Capability, Way of Thinking & Acting)の紹介を行なった。

次に、文部科学省科学技術教育部 高安礼士氏が、日本工学アカデミーの故桜井宏氏のまとめた報告を紹介した。

「どの程度技術を理解しておくべきか」という問いかけには、技術を何のために使うのか、ということから考えるべきであり、その中に、トレードオフというような概念も含まれ得る、人類の敵、だけど、私の味方という技術もある、等の意見があった。

技術リテラシーに関して、リテラシーを「たしなみ」と訳してみると良い、一般の人は、付き合っていく技術の選び方を知っておけばよいのではないかと、統計のトリック、「お得感」(これを知っていると得)などの考えが重要ではないか、などの意見があった。

最後に、会場を交えての総合討議が行なわれた。出席者は45名であった。

INFORMATION

1. 電気の史料館 企画展開催

電気の史料館では、企画展「電気は人なり ～電気事業に生命を賭けた男たち」を開催中です。本ニューズレター巻頭で紹介した貴重な史料も展示しています。会期は本年 11 月 4 日まで。



所在地：横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1
交通：JR 川崎駅西口より無料送迎バス運行
開館：9 時 30 分～17 時 30 分
休館：月曜(祝日の場合は翌日)
入館料：大人 300 円
電話：045-613-2400
ホームページ：
<http://www.tepco.co.jp/shiryokan/index-j.html>

2. 第 44 回電気技術史研究会

〔委員長〕原島文雄(東京電機大学)
〔幹事〕高橋正雄(東芝)、福井千尋(日立製作所)
〔幹事補佐〕圓岡才明(東芝)、戸田明男(三菱電機)
日時 平成 19 年 5 月 11 日(金)13:00～17:00
場所 東京電力 電気の史料館(横浜市鶴見区江ヶ崎町 4-1、TEL:045-613-2400、交通:① JR 川崎駅よりバスで約 15 分、無料送迎バス(時間、発着場所注意)、路線バス(200 円)「電気の史料館入口」下車徒歩 5 分、② JR 川崎駅西口よりタクシーで約 12 分(1100 円程度、JR 新川崎駅よりタクシーで約 8 分(800 円程度)、③ 駐車場あり、詳しくは「電気の史料館」<http://www.tepco.co.jp/shiryokan/guide-j.html> を参照ください)
共催 映像情報メディア学会、照明学会、情報処理学会、電子情報通信学会
テーマ 戦後電気技術史および電気技術史一般
座長 滝沢國治(成蹊大学)

HEE-07-7 電気技術史とオーラルヒストリー

永田宇征(国立科学博物館)

HEE-07-8 磁気記録研究の軌跡 ―横のものを縦にする―～岩崎名誉員聞き取り調査から～
山田昭彦(コンピュータシステム&メディア研究所)
永田宇征(国立科学博物館)

HEE-07-9 長期的視野に基づく電力系統発展の礎～長澤名誉員聞き取り調査から～
高木 勲、小枝啓一(中部電力)

HEE-07-10 系統は芸術なり ―関根名誉員聞き取り調査から―

荒川文生(地球技術研究所)

出野市郎(JR 東日本)

HEE-07-11 送電系統の発展を支えた現場感覚 ―成松啓二名誉員の功績―

花田敏城、丸岡善郎、世森啓之(関西電力)

HEE-07-12 世界に先駆けて開発された国鉄列車座席予約システム MARS-1/MARS-101 について
山田昭彦(コンピュータシステム&メディア研究所)

3. 第 45 回電気技術史研究会(講演募集中)

日時 平成 19 年 9 月 6 日(木)
(電気学会東京支部連合研究会)

場所 東京電機大学

共催 映像情報メディア学会、照明学会、情報処理学会、電子情報通信学会

テーマ 電気技術史一般

講演申込締切 平成 19 年 7 月 6 日

講演申込先 社団法人 電気学会 事業サービス課

4. 国際会議の案内(参加者募集)

Conference title: The 2007 IEEE Conference on the History of Electric Power

Date: Friday 3 August - Sunday 5 August 2007

Location: New Jersey Institute of Technology in Newark, New Jersey, home to the Edward Weston, close to the Edison National Historic Site

Sponsor: The IEEE History Committee and the IEEE History Center

Conference papers: All aspects of electric power and its applications from the 19th century to the present

Contact: Frederik Nebeker, IEEE History Center

電気技術史 第 43 号

発行者 (社)電気学会 電気技術史技術委員会
委員長 原島文雄
編集人 News Letter 編集委員会
松本榮寿、鈴木浩、滝沢國治、奥田治雄
〒102-0076 東京都千代田区五番町 6-2
HOMAT HORIZON ビル 8F
発行日 平成 19 年 5 月 11 日
禁無断掲載 Copy right: 発行者