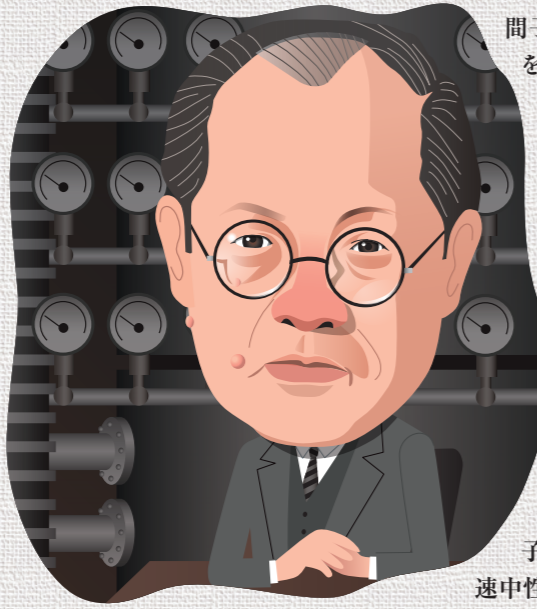


日本の「原子物理学の父」であり、親方でもあった

電動機の研究から物理学の世界へ

仁科芳雄は、1890年(明治23年)に岡山県の旧家に生まれました。幼少から神童と呼ばれ、1914年に東京帝国大学に進学。電気工学を専攻し、1918年、大学院に進む傍ら設立間もない理化学研究所(理研)に採用されました。電動機研究者として理研に入所したものの、仁科はその原理を追求する中で物理学への関心を高め、長岡半太郎のもとで物理学の薫陶を受けます。長岡は世界に先がけて「原子模型」を発表した原子物理学の第一人者で、仁科は研究員を3年半務めた後、欧州への留学を勧められます。



問子が崩壊してできるミューオンの存在を確かめました。

さらに、粒子を高速で原子核に衝突させて、その内部を調べるため、サイクロトロン(加速器)の国産化に着手。企業から資金や部材を調達し、1937年に磁極直径26インチの「理研1号」を完成させたのです。これにより放射線核種の性質を詳しく調べることが可能になり、「新同位元素ウラン237」と「ウラン235の対称核分裂」を発見する偉業を成し遂げます。前者はウランより重い元素を生じた世界初の実験で、後者は原子爆弾や高速炉の原理となっている高速中性子によって核分裂が起きることの世界初の実証となりました。まさに、日本の原子力研究の端緒と言って過言ではありません。

ニールス・ボーアとの出会い

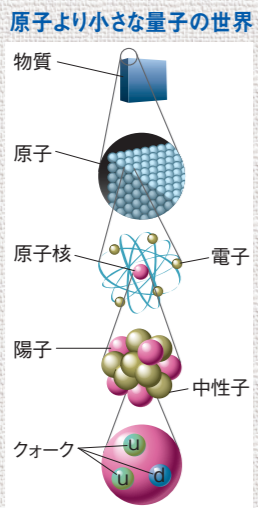


仁科は英国やドイツの研究機関で修行する中で、1923年春、ノーベル賞を受賞して間もない37歳の理論物理学者ニールス・ボーアと出会い、量子力学という

ボーアはアインシュタインと双璧を成すとされた天才物理学者

新たな領域を知り興味を掻き立てられます。

ボーアは、ラザフォードの原子模型の理論的な矛盾を



原子より小さな粒子やエネルギーの概念(量子力学)を持ち込んだ天才です。彼はコペンハーゲン大学に研究所を開いて学派を形成していました。仁科が入所を願い出ると、ボーアは奨学金の手配までして仁科を受け入れました。

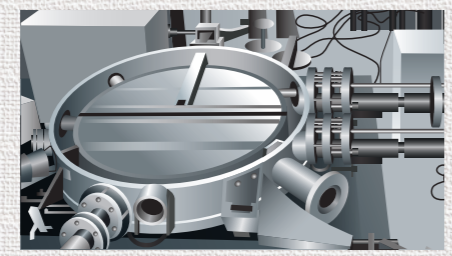
仁科が驚いたのは研究室の自由闊達さでした。国籍も年齢も異なる研究員たちが区別なく議論しながら共同で実験し理論を練り上げるのです。仁科は5年余を過ごす間

に、同僚とともに光子が電子とぶつかって散乱する際の有効断面積を求める難問に挑み、「クライン-仁科の公式」を導き出しました。

国産初のサイクロトロンを建設

理研に戻った仁科は東京帝大で博士号を取得し、1931年に研究室を立ち上げました。奇しくも、この年に米国でサイクロトロン(核粒子加速器)が発明され、翌年には英国で中性子が発見されるなどビッグニュースが相次ぎます。こうした中で、仁科研究室は最先端の原子物理学の拠点として、朝永振一郎をはじめ気鋭の学者が集いました。仁科は自由闊達に議論する雰囲気を楽しみ、研究者からは「親方」と呼ばれ慕われました。

親方の剛腕は、今日というビッグサイエンスの扉を押し開けます。1935年に大阪帝国大学の湯川秀樹が、核子間の相互作用を媒介する「パイ中間子」の存在を予言すると、仁科は世界最大の霧箱を建造して宇宙から飛来する荷電粒子の飛跡を検出。パイ中



26インチの理研1号サイクロトロン

戦後の試練と後継者たちの活躍

次に構想したのは、世界最大(60インチ、200トン)のサイクロトロン「理研2号」の建設でした。仁科は発明者のローレンスの協力を得て、主要ユニットの電磁石を米国から取り寄せるなどして1944年に完成させますが、戦局の悪化で本格的な実験を始める前に終戦を迎えます。そして、占領軍(GHQ)によって「理研2号」は解体され、東京湾に破棄されてしまうのです。仁科は「軍用ではなく、生物学・医学・化学・冶金学で使う中性子や放射性物質を製造する装置だ」と抵抗しましたが叶いませんでした。

その後、仁科は理研の所長となり、1948年に理研が解散して(株)科学研究所が発足すると初代社長に就任します。しかし、この頃から体調を崩す事が多くなり、1951年1月に60年の生涯を終えました。

仁科の功績を記念し、原子物理学とその応用分野で顕著な業績を上げた科学者に授与される「仁科記念賞」が創設されたのは4年後のことです。歴代の受賞者からは、江崎玲於奈、小柴昌俊、小林誠、益川敏英、中村修二、梶田隆章の6氏がノーベル賞を受賞しています。

放射線出前教室・出張授業を実施します。お気軽にお問い合わせください。詳しくはHPをご覧ください。

中部原子力懇談会

〒460-0008 名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6F
TEL:052-223-6616 FAX:052-231-7279
<https://www.chugenkon.org>

ホームページから本誌の定期送付のお申し込みが可能です。

この印刷物に使用している用紙は、森を元気にするための間伐と間伐材の有効活用に使われます。



この冊子は地球環境保護のため、植物性大豆インクを使用し、有害な廃液の発生が少ない水なし印刷をしています。



特集1 気候危機のいま 改めて原子力発電を検証する

原子力なしで 人類は生き残れるのか

特集2 パンデミック vs 世界のエネルギー

IEA「2020年版 世界エネルギー・レビュー」に見るパンデミックの影響

特集3 先端科学の眼で正体をあばく ウイルス vs 顕微鏡

これは な〜に?

詳しくは5ページをご覧ください

vol. 118

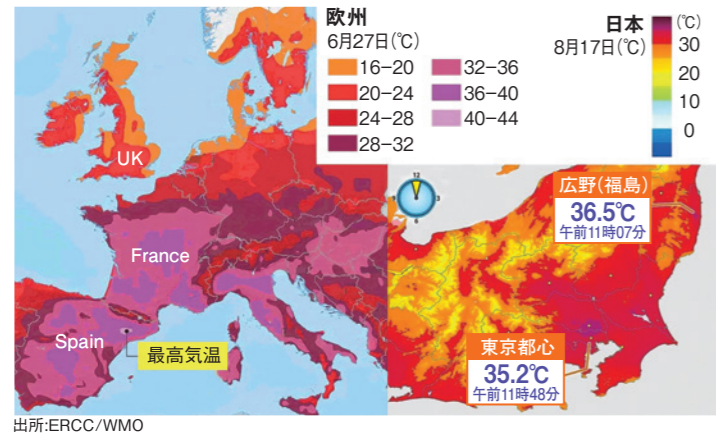
2020年7月発行(年3回刊)

発行/中部原子力懇談会
名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6F

気候はもはや「変動」どころか「危機的」状況

2019年も世界各地で記録的な猛暑、大規模な森林火災、超大型ハリケーンやスーパー台風、干ばつや大洪水が増発し甚大な被害をもたらしました。国連のグレーテス事務総長は「近年の状況は、もはや“気候変動”といった生やさしいものではなく“気候危機”というべき非常事態」と発言しています。また、地球を一つの生命体と捉えるガイア理論で知られる米国のJ.ラブロック博士をはじめ著名な科学者たちは「地球は危機的な状況にあり、原子力発電所を動かすことによる安全面でのリスクより、動かさないことによる温暖化リスク(地球上の全生命に及ぼすリスク)の方がはるかに大きい」というメッセージを発信しています。

◆2019年も猛暑(欧州も日本も)

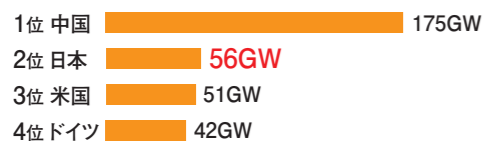


再生可能エネルギーの主力化は正しい道筋か

CO2排出を抑えるため多くの国が再生可能エネルギー(以下、再エネ)普及に注力してきました。代表格である太陽光の発電設備容量(発電能力)は、1位が中国の175GW(ギガワット=100万キロワット)、2位が日本の56GW、3位が米国の51GW、4位がドイツの42GWです(2017年実績)。原子力発電所1基の出力を1GWで換算すると、日本は原発56基分の大規模電源を導入したことになります。

しかし実際は、夜に発電できず、1年のうち晴天の確率が約50%、1日で太陽が強く照るのは約6時間ですから、太陽光発電が稼働できるのは最大出力の12.5%(設備利用率)で、日本の太陽光発電の実力は原発7基分なのです。

◆中国、日本、米国、ドイツが太陽光の発電能力大国



- 2017年、日本の太陽光の発電能力は56GWで世界第2位
- 1GWは100万kWで、原子力発電所1基分の発電能力に相当
- 日本の太陽光発電は、保有する原発54基を上回る電源になった

CO2 脱原発のドイツと事実上の脱原発の日本のエネルギー政策はCO2削減の負け組

「脱原発」を掲げ、再エネと火力発電で代替した国は、CO2を削減できませんでした。代表例がドイツで、手厚い補助金によって再エネの占有率が40%に達した一方で、CO2排出量の多い褐炭による火力発電への依存から脱却でき

特集1 気候危機のいま 改めて原子力発電を検証する 人類は生き残れるのか

さらに、11月に公表された国連開発計画(UNEP)の年次報告書で、2018年の世界の温室効果ガス排出量は、二酸化炭素(CO2)換算で553億トンと過去最高に達し、「今のペースで温室効果ガスの排出が続けば、今世紀末の気温が産業革命前と比べて最大3.9°C上昇し“破壊的な影響”が生じる」と警告しています。



※この記事は、2019年11月に開催した情勢講演会をもとにシープレス編集部が再構成しました。文中のデータは、講演会当時のものです。

東京工業大学 奈良林 直氏 特任教授

東京工業大学理工学研究所原子核工学修士課程修了。専門は原子炉工学。東芝に入社し原子力の安全性に関する研究に従事。同社の電力・産業システム技術開発センター主幹などを務め、2007年に北海道大学院教授に就任。同大学院名誉教授・特任教授を経て現職。日本機械学会・日本原子力学会・日本保全学会フェロー、2018年1月ISOE Outstanding Professor of The Year Award 受賞

温暖化抑止に不可欠な原子力発電を使いこなす

人類の持続可能性を考える上で象徴的な出来事があります。一つは、スウェーデンの環境活動家グレタ・トゥーンベリさん(16歳)が9月に開催された国連気候行動サミットに出席し、地球温暖化に本気で取り組まない大人たちに抗議しました。彼女は「危機的な状況にある現実を直視して対策の強化を」と訴えています。

もう一つは、脱原発を目指したものの原発維持へと政策変更したスウェーデンの世界屈指の教育研究機関であるウプサラ大学の教授たちが、私ども東京工業大学を訪れ、小型原子炉の共同開発を持ち込んできたことです。その背景には、スウェーデンは1月に猛烈な暴風雪に見舞われて送電線が寸断されて大停電に見舞われました。そこで、送電線がダウンしても熱・電気を供給できるよう小型原子炉を分散配置する構想が浮上したのです。こうした動きは日本でも参考にすべきです。

◆地球温暖化による主要リスク



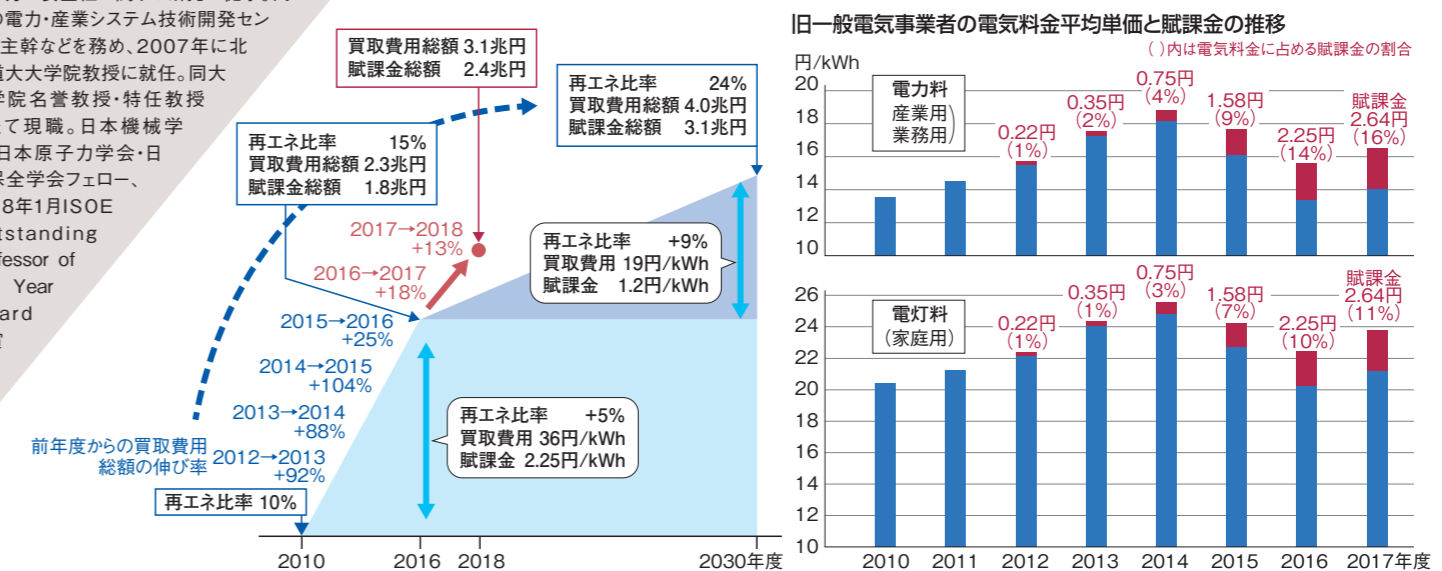
出所:全国地球温暖化防止活動推進センター

CO2排出量が増加しました。同時に再エネ普及のために手厚い買取制度を導入し、年々上昇する賦課金の電気料金に占める割合は増加しました。つまりCO2排出抑制と経済成長のバランスをとるべきエネルギー政策においては「ドイツも日本も負け組」なのです。

日本における2017年度の発電量を電源別にみると、巨額の資金が投入されて広く普及した太陽光発電と、再稼働している原子力発電による実績に大差はなく、原子力発電がいかに効率的にCO2削減に寄与できる電源であるかを知ることができます。実際、原子力発電所が稼働したことで2018年度のCO2排出量は減りました。ですからCO2排出削減の切り札は、原発の安全対策をしっかり行って使いこなすことです。また、同様に脱原発を掲げた韓国では2018年に猛暑の中で停電が多発し、台湾でも大規模停電が発生して市民から大きな批判を浴びました。

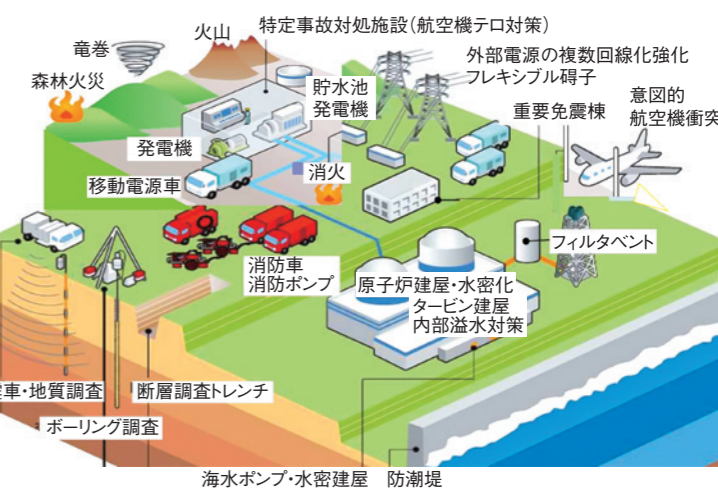
◆2018年度の再エネ買取費用は3.1兆円

- 2018年度の買取費用総額は3.1兆円、賦課金(国民負担)は2.4兆円となっている
- 電気料金に占める賦課金の割合は、産業用・業務用で16%、家庭用で11%に増大している



日本では福島第一原発事故以来、再稼働から放射性廃棄物の処理に至るまで停滞していますが、グレタさんのようにCO2の排出削減こそ人類が生き延びるための喫緊の課題と認識し、原子力発電がその切り札であることを理解して、安全対策を十分に施したうえで効率的なエネルギー源を使いこなすことが重要です。

◆福島の事故を教訓に大幅に強化された安全対策(新規制基準)



パンデミック Vs 世界のエネルギー

IEA「2020年版 世界エネルギー・レビュー」に見るパンデミックの影響

2020年のエネルギー需要は戦後最大の減少に

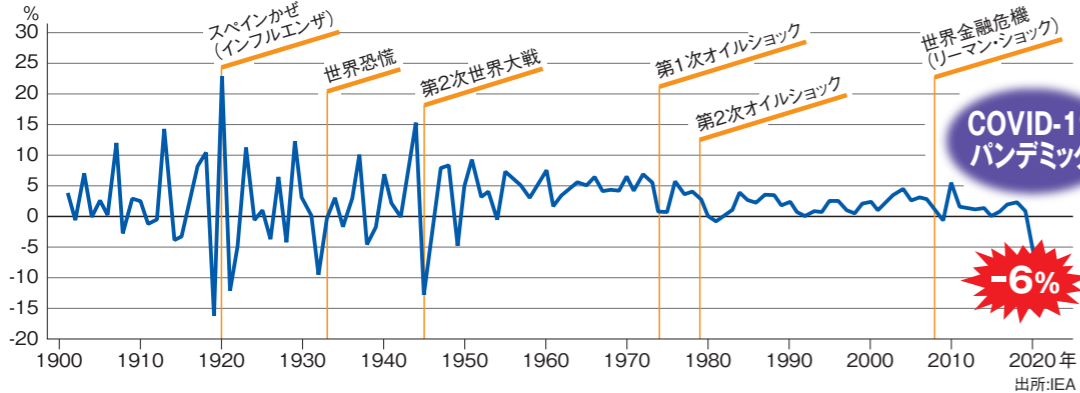
4月30日、国際エネルギー機関(IEA)は「2020年版 世界のエネルギー・レビュー」を公表し、新型コロナウイルス(COVID-19)によるパンデミック(感染爆発)が、世界のエネルギー需要とCO2排出量に及ぼす影響について明らかにしました。これは今年3月までに集計したデータに基づき、第1四半期(1~3月)に及ぼした影響と、2020年通年の影響を予測したものです。

通年の影響については未曾有の事態だけに不確実性があるとしながらも、現段階で世界全体のエネルギー需要は前年比で6%減少すると見えています。この数値は2008年に起きたリーマン・ショックのインパクトより7倍も大きく、第2次世界大戦以降で最大の減少幅となります。

主な要因は、WHO(世界保健機構)が3月11日にパンデミックと認定した前後から世界各地で実施された大規模な都市・国境封鎖などの移動制限によって経済・社会活動が停滞し、産業全般および陸海空の輸送によるエネルギー需要が激減し、その影響が長引くためです。

IMF(国際通貨基金)も4月14日に発表した2020年の世界経済の成長率予測を年初予想の前年比3%増から3%減へ大幅に下方修正し(6月24日に4.9%減に再修正)、1930年代におきた世界恐慌以来の危機と位置付けています。

◆1900年~2020年(予測)世界の一次エネルギー需要変化率



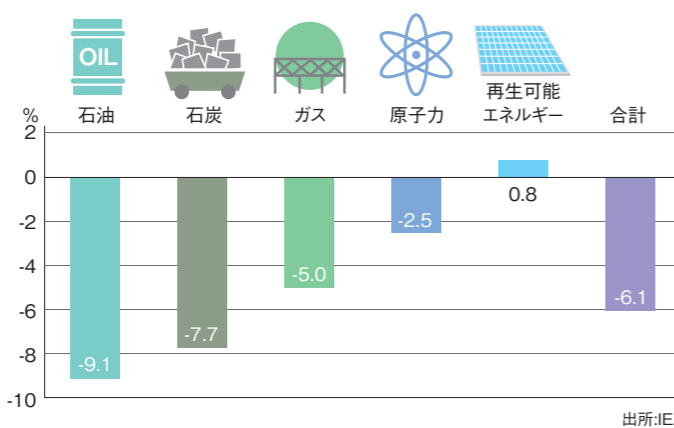
再エネ以外すべてのエネルギー需要が大幅減少

IEAでは、パンデミック以降の経済回復の足取りは緩やかで、エネルギー需要の落ち込みは米国9%、欧州連合11%減少と見込んでいます。落ち込みの度合いは感染防止対策の期間と厳格さに比例し、4月初旬のような大規模な移動制限が1ヵ月続くごとに世界の年間エネルギー需要は約1.5%ずつ減少するとしています。

そして、2020年のエネルギー別の影響を次のように分析・予測しています。

- 石油需要 / 9%、つまり平均900万バレル/日減少し、世界の石油消費は2012年のレベルになる。
- 石炭需要 / 年間の電力需要が約5%減少するため、石炭需要は8%減少する。中国における石炭需要の回復が、他の地域の大幅な減少を一部相殺する。
- ガス需要 / 電力および産業利用の需要減少で、第1四半期よりも年間を通じた落ち込みがはるかに大きい。

◆2020年の一次エネルギー需要の変化予測(2019年比)



- 原子力発電需要 / 電力需要の減少に応じて減少する。
- 再生可能エネルギー需要 / 低廉な運転コストと多くの電力システムへの優先接続のため増加する見込み。最近の設備容量の増加や新規プロジェクトの発電開始なども寄与する。
- 電力需要 / 5%減少する。地域によっては10%減少する。



■主な出来事

- 12月 ●中国・武漢市で原因不明の肺炎
- 1月 ●新型コロナウイルスを確認
●中国・武漢市を封鎖
●日本で初の感染者
- 2月 ●感染が欧州へ拡大
●横浜港のクルーズ船で集団感染
- 3月 ●WHOパンデミックと認定
●米国が国家非常事態宣言
●世界各地で都市封鎖や移動制限が拡大
●東京五輪・パラリンピック延期決定
- 4月 ●日本でも緊急事態宣言
●IMF世界の経済成長率予測が大恐慌以来の減少と発表
●感染者300万人、死者20万人突破
●原油の先物価格が在庫増で史上初のマイナス価格
- 5月 ●各国で移動制限の緩和開始
●感染者500万人、死者30万人突破
- 6月 ●感染者1,000万人、死者50万人突破



停泊中のクルーズ船で集団感染
写真提供:読売新聞社



東京五輪・パラリンピックは1年延期



新幹線は乗車率0%の車両も

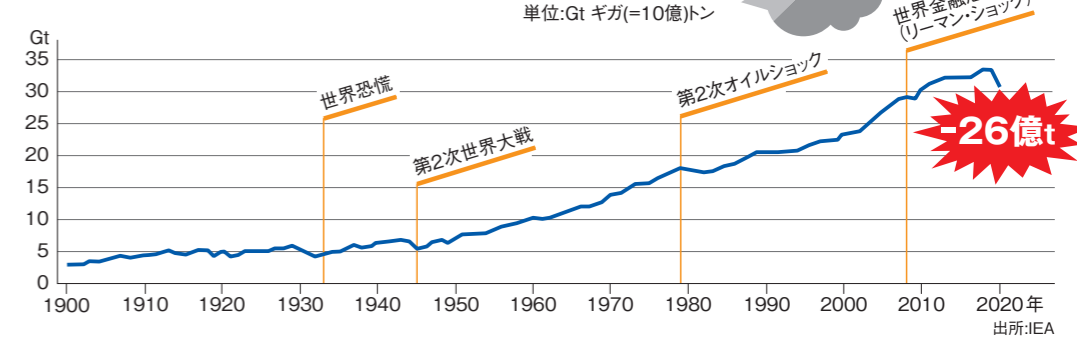


人もまばらな東京駅前

世界のCO2排出量は歴史的な8%減少

パンデミックによる世界経済の停滞によって、地球温暖化の要因とされるCO2排出量は8%(約26億トン)減少し、10年前の水準になると見込まれています。これは対前年比としては過去最大の減少で、リーマン・ショックによって2009年に4億トン減少した時の6倍を超え、第2次世界大戦以降の減少量を合計した2倍に相当します。

◆エネルギー関連のCO2排出量推移 1900年~2020年(予測)



世界の電源構成で存在感を増す低炭素電源

2020年の世界全体の電力需要は5%減少し、1930年代の世界恐慌以来の最大の減少幅となると予測しています。同時にIEAは、都市・国の封鎖の影響を受けることなく発電する再生可能エネルギー(風力・太陽光・水力)が相対的にシェアを高め、原子力発電とともに「低炭素電源」としての存在感を高めていることに注目しています。

低炭素電源(再生可能エネルギー+原子力)による発電量は、2019年に初めて石炭火力を追い越した後2020年もリードを広げ、世界の全発電量の40%に到達し、石炭火力を6%ポイント上回る見込みです。中でも風力と太陽光発電の発電量は、2019年と2020年初めに完成した大型プロジェクトによって増大し続けます。

石炭とガス火力の電力需要はその影響を受け、電力需要全体の低下と再生可能エネルギーによる発電量の増加によって、ますます圧縮されるというのです。この結果、世界の電源構成におけるガスと石炭の合計シェアは、2020年に3%ポイント低下し、2001年以来初の低下になると予測しています。

再認識された社会システム維持に不可欠な電力の安定供給

IEAは、今回のパンデミックで、感染症に立ち向かう医療、在宅勤務などのビジネス、外出制限下での日常生活が電力の安定供給に支えられていることが明確に示されたと指摘。そして、これを当然のことと考えるのではなく、電力の安定供給を維持するには多くの投資と賢明な政策が必要であり、社会システムを大災害のダメージから迅速に回復できるエネルギーシステムの構築が、以前よりさらに重要になると強調しています。さらに、今回のパンデミックのように国全体が封鎖される事態では、電力消費量が減少し電力系統から柔軟性のある主要電源が取り除かれ、不安定な電源である風力や太陽光の供給割合が大きくなることから、電力の安定供給に支障が生じないよう十分注意する必要がありますと指摘しています。

一方、日本の電力各社は、電力の安定供給を維持するための事業継続計画(BCP)に基づき、新型コロナウイルス対策本部を設置し、発電所や給電指令所ではマスク着用や手指消毒を徹底するとともに、感染者が発生した場合の緊急対応手順を確認・更新しています。また、テレワーク・時差出勤・テレビ会議などを活用して接触機会の極小化に努めるなど要員の健康管理を強化し、必要に応じて電気料金の支払い期日の延期や自宅学習用の動画コンテンツを配信するなど社会的支援にも力を注いでいます。



電子線

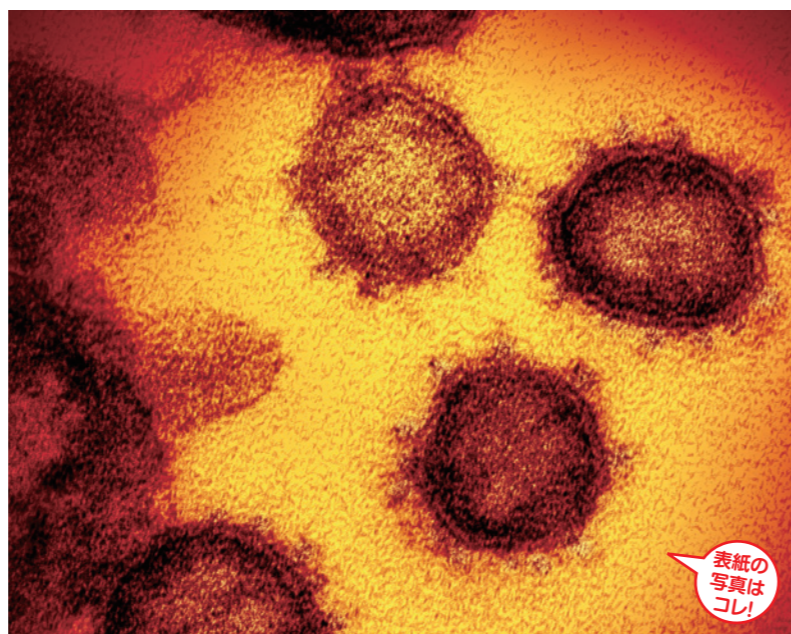
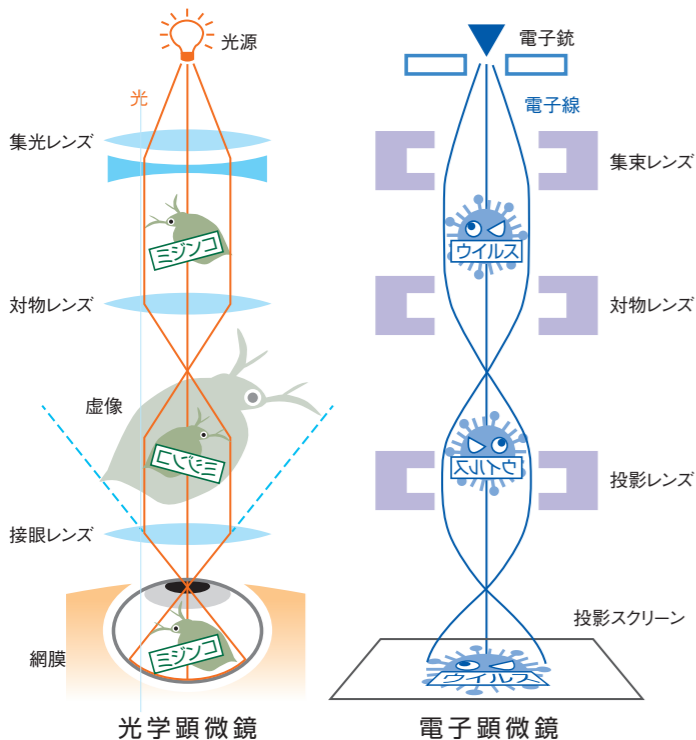
見えなかった敵の姿を捉える電子のレンズ

1918年～20年に大流行した「スペイン風邪」では約5億人が感染し、死者は4,000～5,000万人に達しました。しかし、病理学者も微生物学者も病原体を特定できませんでした。

その正体がA型インフルエンザウイルスと判明したのは、ずっと後年になってからです。微小なものを観察するには顕微鏡が不可欠ですが、波長の長い光に依存する光学顕微鏡では、どれほど高精度のレンズを組み合わせても0.2マイクロメートル(0.0002ミリ)程度までしか見えません。それは光の波長による解像度(分解能)に限界があり、焦点を絞り込んでも像がぼやけてしまうのです。多くのウイルスの大きさは0.1マイクロメートル以下のため、当時の人々は細菌より小さなものは観察できませんでした。

しかし、それから5年ほど後、光と同様に波の性質をもつ「電子」が、光よりはるかに短い波長を実現でき、レンズが光を屈折させて曲がるように、磁界や電界によって電子線を曲げればレンズと同じ作用を持つことが分かりました。この理論をもとに1932年にドイツで「電子顕微鏡」が開発されます。その後、試料の検査手法や装置の技術革新とともに電子顕微鏡の拡大能力は飛躍的に高まり、光学顕微鏡の約2,000倍に対し、現代の電子顕微鏡は約100万倍まで拡大でき、ウイルスはもちろん分子や原子まで観察できるようになりました。

◆光学顕微鏡と電子顕微鏡



新型コロナウイルス(COVID-19)の電子顕微鏡写真

表紙の写真はコレ!



電子顕微鏡ならナノメートルの世界も観察できる

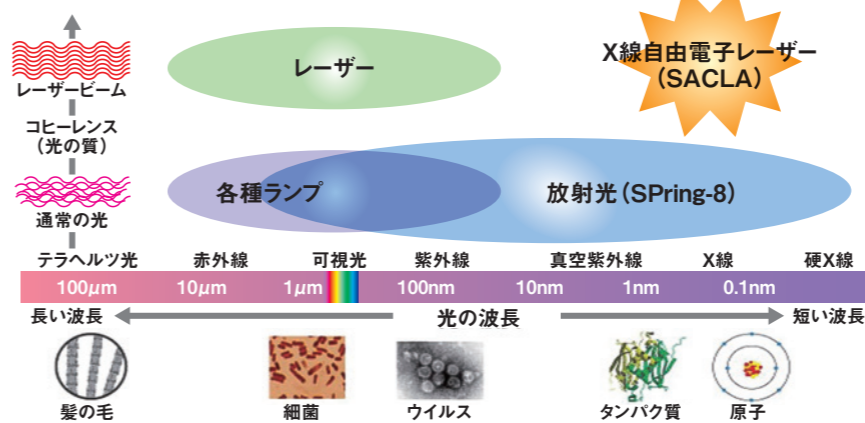
検査技術 電子顕微鏡で初めて コロナウイルスを画像化した女性

新型コロナウイルスの大流行によって、その業績が再評価されている女性があります。それがスコットランド人のジュン・アルメイダ(1930～2007年)です。彼女は英国の風邪研究所からウイルスの識別依頼を受け、1964年にヒトに感染する未知のウイルスを電子顕微鏡で初めて画像化しました。2年後、彼女と同僚の科学者たちは、周囲を突起に囲まれたウイルスの特徴が、太陽の周りに現れる光冠(コロナ)に似ていることから「コロナウイルス」と名付けました。

アルメイダは専門の高等教育を受けた人ではありません。経済的な理由で大学に進学せず病理検査技師の道へ進み、英国の病院で顕微鏡による識別や診断技術を習得。その後、カナダのがん研究所で、電子顕微鏡の検査技師として腕を磨き、新たな検査技法を開発して論文も発表しますが評価されませんでした。研究者ではなく技師として歩んだ経歴が影響したようです。

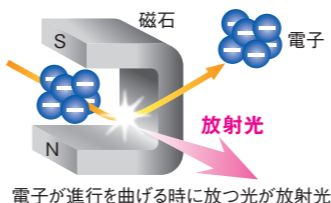
しかし、彼女が開発したウイルス感染で生成された抗体を用いてウイルスを特定する「免疫電子顕微鏡法」は臨床診断に革命を起こし、数多くのウイルス発見に貢献しました。その業績は、半世紀余を経た今、あらためて脚光を浴びています。

◆21世紀に誕生したスーパー顕微鏡



放射光 放射光で原子や分子を探るスーパー顕微鏡

日本には原子や分子の世界をより深く探求するために開発された「巨大な顕微鏡」があります。それが兵庫県の播磨科学公園都市にある大型放射光施設「SPring-8(スプリングエイト)」とX線自由電子レーザー施設「SACLA(サクラ)」です。(シープレス108号で掲載)



SPring-8がつくり出す「放射光」は、電子をほぼ光速まで加速し、磁石で進行方向を曲げた時に発生する細く強力な電磁波で、可視光線のほか電波や赤外線、X線なども含まれています。中でも波長の短いX線は、原子や分子レベルの超微細なものの観察に適しています。

世界最大の放射光源SPring-8の光は、とても明るく指向性が高いため、大学や研究所などの実験用X線源では暗くて見えない分子構造が、SPring-8では鮮明に観察できます。こ

の性能から1997年の稼働開始以来、のべ26万人以上の研究者に利用され、生命科学・物質科学・化学・地球科学・環境科学・医学・産業などの発展に役立っています。

X線自由レーザー 強力なX線自由レーザーで 生きたたんぱく質を画像化

SPring-8が高エネルギーの光をじっくり当てて止まっているものを細かく観察できるのに対し、2012年に稼働を開始したSACLAは、100兆分の1秒という短時間に明るいX線

を放ち、動いたり形を変えたりするものを一瞬で写す「X線自由電子レーザー施設」です。

カメラでは被写体が速く動いても、シャッタースピードがそれ以上に速ければ止まって見えます。SACLAの発光時間は、物質中で原子が振動する時間より短いので、写真を撮るように原子が止まった状態で観察できるのです。

新薬の開発では、膜タンパク質(細胞膜に附着して様々な働きをするタンパク質分子)の構造解析が重要です。SPring-8ではタンパク質を結晶化して(細胞は死滅)観察しますが、SACLAではその必要がなく、生きたタンパク質の状態を画像化できます。強力なX線レーザーで細胞は壊れますが、超スピード撮影ではその直前の動いている状態を記録できるのです。この新しい光によって、アルツハイマーやエイズなど難病の早期診断や治療法の開発、植物の光合成の解明など様々な分野の研究促進に活用されています。

これらの施設を運営する「理化学研究所放射光科学研究センター」では、新型コロナウイルス感染症の分析や克服に向けた研究を緊急課題と位置付け、優先的に対応する方針を打ち出しており、治療薬の開発等への貢献が期待されます。



今後の行事予定

今年度も各種講演会を計画しておりますが、個別の講演会の開催については新型コロナウイルス感染症対策の状況を注視しながら判断してまいります。講演会の開催が確定した際には、詳細をホームページでご案内いたします。

お詫びと訂正

前号「偉人たちの横顔17 寺田寅彦」の記事で、「吾輩は猫である」に登場する理学士「水島寒月」を誤って「水島観月」と表記してしまいました。誤りを読者の方からご指摘いただき、ありがとうございました。謹んでお詫びするとともに訂正させていただきます。