

# 電気の魔術師、発明王を打ち負かす

## 世界初の交流モーターを発明

テスラは、1856年、現在のクロアチアで、セルビア人司祭の家に生まれました。記憶力が抜群で、コガネ虫を駆動源に小型風車を動かした子どもは、長じて名門グラーツ工科大学に入学。ここで出会ったのが発電機とモーターでした。当時、この種の機器は交流を直流に変換する必要があり、作動すると火花が散り、大きなエネルギーを損失していました。「電流変換が不要な交流モーターであれば効率的なのに…」と考えた彼は頭の中で試作を始めます。

当時、電流・電圧が周期的に変わる「交流」は扱いにくいエネルギーで装置の小型化も難しく、電動機はすべて「直流」でしたが、テスラは、この弱点を克服すれば「交流」は電力の主役になれると考えたのです。

そして1882年2月、ブダペストの電話局で働きながら研究を続けていた彼は、公園を散歩中、交流を二つ以上組み合わせることで滑らかに回転する「誘導電動機(回転磁界)の原理」を考案。これに基づく二相交流モーターを設計すると話題になり、エジソン社の欧州法人(パリ)に電気技師として採用されました。



ました。しかし、近距離しか電気を送れない直流に対し、電圧を容易に変えられ送電ロスが少ない交流の優位性は明らかで、ウェスティングハウス社とテスラはナイアガラ水力発電所やシカゴ万博の受注競争で勝利。発明王に痛烈な打撃を与え、交流を電力の標準に押し上げたのです。

## 情報も電気も無線で世界中に送りたい

勢いを得たテスラは次々に研究領域を広げ、概念すらなかったラジオ放送、無線操縦の船、ネオン管、写真電送、電磁調理器、垂直離着陸機などを構想。その幾つかを試作し、「電気の魔術師」と呼ばれます。友人の作家マークトウェインは、電磁波の振動によるマッサージチェアを愛用したそうです。中でも人々の度肝を抜いたのが送電線が不要な無線によって、情報や電気を送る「世界システム」構想でした。これに感心した投資家モルガンから巨額の資金を得て、高さ60mのアンテナ塔や発電所を備えた研究施設の建設に着手します。

ところが完成目前の1901年、イタリアのマルコーニが簡易な仕組みで大西洋間の無線通信に成功し、テスラへの評価は一変。出資者たちは資金を引き揚げ、やがて研究所は閉鎖に追い込まれました。

長身でハンサムながら病的な潔癖症や独言癖。生涯独身でホテル住まいを通し、鳩を愛した孤高の天才は、第二次大戦さなかの1943年、86歳で世を去りました。彼が発明した送電システムや交流モーター、構想した数々の電気機器は21世紀の必需となっています。



## エジソンとの「電流戦争」を制す

交流モーターを完成させたものの価値が分かる社員が存在せず、テスラはエジソン社長に評価を仰ぐため渡米・面談すると、本社の電気技師に任命されます。しかし、二人は「水と油」でした。交流式を優位とする理論家のテスラと、すでに世界各国で直流による送電事業を進め、電球も販売していた実験主義者エジソンとの溝は深く、テスラは1年で退社して研究所を設立します。

そこへ手を差し延べたのが実業家ウェスティングハウスでした。彼はテスラに巨額の特許・使用料を支払い「交流革命」を起こそうとしたのです。こうして名高い「電流戦争」が勃発。エジソンは交流を危険な電気と印象づけるため、交流発電機で動物を感電死させたり電気椅子に採用させる凄まじいネガティブ・キャンペーンを展開し



二相交流モーター ラジオ ラジコンボート

【参考資料】「知られざる天才ニコラ・テスラ:エジソンが恐れた発明家」(新戸 雅章 著、平凡社新書)、電流戦争(ウイキペディア)、フランケンシュタインの誘惑「ゆがめられた天才 幻の世界システム」(NHK)ほか

## 地熱発電の未利用熱水を効率的に活用 出光大分地熱(株) 滝上バイナリー発電所

社会で役立つ放射線10 祝いの場へ輪ぎくを  
 イオンビーム照射による新品種で需要開拓

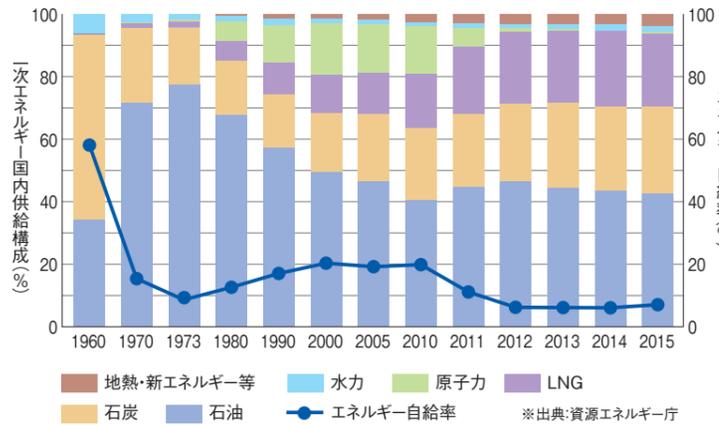
# 特集 これでスッキリ! 目からウロコの原子力& エネルギー問題

これは  
 な〜に?  
 詳しくは4ページを  
 ご覧ください

資源小国の日本が  
繁栄できたのは  
大胆にエネルギーを  
シフトしたから

1960年頃のエネルギー源は、水力発電と国内炭の火力発電が主役で、エネルギー自給率は58%もありました。そして石油が安く輸入できるようになると主役を交代させ、70年代初めには発電の73%を石油火力が占め、自給率は15%台に低下。二度の石油ショックで輸入制限と価格高騰に見舞われると「脱石油・脱中東」を掲げて原子力・天然ガスにシフトします。このように日本は大胆にエネルギーを転換して電源のベストミックスを追求しながら繁栄してきたのです。いま、脱原発の風潮が高まっていますが、資源小国の日本が成長していくには、安易にエネルギーの選択肢を狭めるべきではありません。原子力も再生可能エネルギーも、天然ガス・石炭・石油もすべて重要と認識すべきです。

◆日本の一次エネルギー国内供給構成・自給率の推移



## 原子力は、新型炉に置き換え 廃炉ビジネスも確立して再構築を

日本で新型の原子炉はわずか4基(柏崎刈羽6・7号機、浜岡5号機、志賀2号機、[建設中/大間・島根3号機])ですが、新たな建設が難しい現状で、原発の危険性を最小化するなら、古い原子炉を新型に置き換える(リプレース)ことが合理的です。同時に、使用済み燃料の再処理や最終処分などのバックエンド対策を前進させるべきです。これは世界的な課題で、これを解決できなければ原子力は2050年頃までの過渡的なエネルギーにとどまり、「原発のたたみ方(出口戦略)」を考えておく必要があります。バックエンド対策の一つとして、使用済み燃料の中間貯蔵は発電所内で行い、相当額の保管料を電気の受益者が支払う構図が望ましいと考えます。そして、廃炉をネガティブに捉えるのではなく、経験と知見を深めることで「廃炉ビジネス」の道が開けます。当面、日本で30基、世界で150基程度のニーズがあり、廃炉への前向きな取り組みは原発が立地する地元経済にも寄与できるでしょう。



稼働中の川内原子力発電所(鹿児島県) 廃炉作業中の福島第一原子力発電所3号機 提供:朝日新聞社

# 特集 これでスッキリ! 原子力&エネルギー問題

複雑で難しそうな原子力発電やエネルギー問題を橋川先生がズバリ一刀両断! 何が問題で、どうすれば解決の糸口が見つかるのか、その核心に迫りました。



東京理科大学  
経営学研究所教授  
きかわ たけお  
橋川 武郎 氏

東京大学大学院経済学研究科単位取得退学。経済学博士。東京大学社会科学研究所教授、一橋大学大学院商学研究科教授、東京理科大学大学院イノベーション研究科教授を経て現職。専門は日本経営史、エネルギー産業論、著書多数。総合資源エネルギー調査会委員などを務める。

◆原子力施設 新規規制基準適合性審査状況

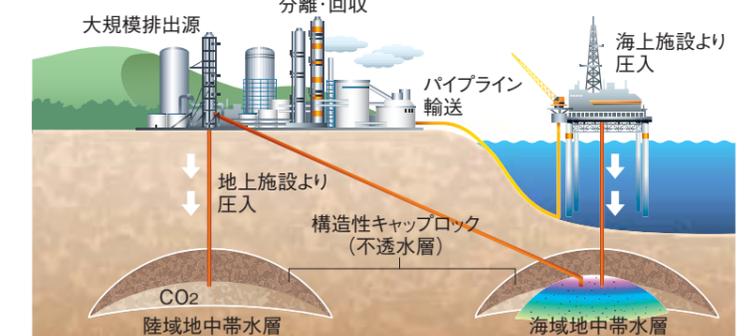


2030年に  
目指すべき  
現実的・発展的な  
電源構成は...

政府は次の「エネルギー基本計画」を検討中ですが、そこでは30年~50年先を見据えた視点が不可欠です。再エネは技術・制度の改革で現行計画よりも増加でき、天然ガスは既に基幹的な供給機能を担っていることから構成比を高めるべきです。石炭火力はCO2排出削減の切り札として海外への技術移転を強化し国内の構成比は引き下げます。そして、原子力はリプレースと廃炉技術のビジネス化を進めつつ依存度を減らします。これが目指すべき現実的かつ発展的なエネルギーミックスと私は考えています。

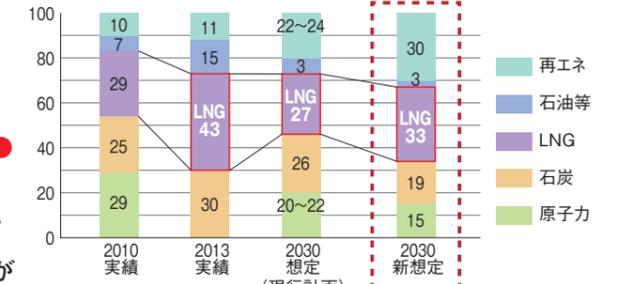
## 石炭は高度利用によって CO2排出削減の切り札になる

◆CO2回収・貯留技術



石炭火力はCO2排出の元凶のように入れ、国際エネルギー機関の2035年予測ではアジアのCO2排出量の45%を石炭火力が占めるそうです。しかし、低コストの石炭火力の拡充は世界的な潮流で、また視点を変えれば、排出量が多いからこそ燃焼効率を上げれば劇的な削減効果を生み出せます。例えば、石炭を燃やしてつくる蒸気を高温・高圧化して発電する「超々臨界圧石炭火力」では発電効率が43%に向上し、石炭のガス化と排熱利用で2種類のタービンを回す「石炭ガス化複合発電」は2020年代半ばに発電効率50%程度が期待できます。さらに国際エネルギー機関もCO2削減効果が高いと評価する「CO2回収・貯留」技術と組み合わせれば削減効果が高められます。こうした先進技術を新興国の石炭火力に展開すれば、一定のCO2削減量を自国分として相殺でき(二国間クレジット)、国際貢献しつつ日本のCO2排出量も大幅に削減できます。

◆日本の電源構成の変化 (橋川案)



※出典:METI 長期エネルギー需給見通しを基に作成

中部地方を中心に、エネルギーの安定供給や次世代に向けた先端研究に関わる施設をシープレス編集部が訪問し、その取り組みをご紹介します。



ナビゲーターの横田です

## 日本一の温泉県は、地熱資源の宝庫

大分県は火山活動の恵みである源泉数・湧出量が日本一の温泉県。中でも中西部に位置する九重町は、地熱資源の宝庫で、町内には日本一の出力を誇る九州電力の八丁原地熱発電所や滝上地熱発電所があり、出光大分地熱(株)の「滝上バイナリー発電所」も同町にあります。滝上事業所長の田丸さんから次のように解説いただきました。



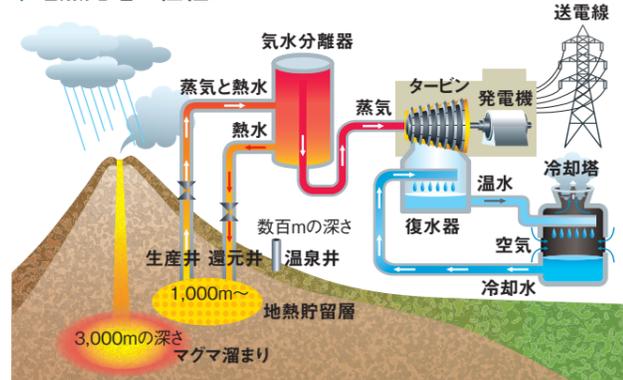
出光大分地熱(株) 滝上事業所長 田丸和博さん

「火山国である日本の地熱資源量は世界3位ながらエネルギー事情や法規制によって開発が滞り、発電設備容量は世界10位で、発電電力は日本全体の0.3%にとどまっています。地熱発電所は火山帯や地熱地帯の分布から九州と東北地方に集中しています。当社は、滝上地域の地熱開発のため九州電力と出光興産が共同で事業調査を進める過程で、出光興産の子会社として1993年に設立されました。そして、96年に営業運転を開始した九州電力滝上地熱発電所(出力2万7,500kW、約9,000世帯相当に供給)では、当社が地下から200℃以上の熱水と蒸気を汲み上げて蒸気を分離・供給し、発電部門を担う九州電力がその蒸気でタービンを回しています」

## 地熱発電とバイナリー発電の仕組み

地熱発電は、地中深くの岩盤に閉じ込められた地下水がマグマの熱で温められた熱水を井戸から取り出し(生産井)、蒸気と水に分離し(気水分離器)、その蒸気でタービンを回します。蒸気を取り出した後の熱水と蒸気は、資源を枯渇させないように再び地下に戻します(還元井)。火力発電に例えるなら、燃

### ◆地熱発電の仕組み



# 地熱発電の未利用熱水を効率的に活用

出光大分地熱株式会社

# 滝上バイナリー発電所

(大分県玖珠郡九重町)

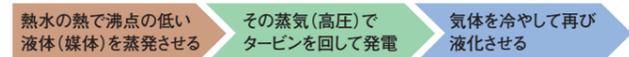
地熱発電は資源枯渇やCO<sub>2</sub>排出の心配がなく、昼夜・季節を問わず安定した発電量を得られます。この資源をバイナリーという方法で有効活用している発電所を訪問しました。



緑豊かな高原に立地する滝上バイナリー発電所

料はマグマ、温められた岩盤はボイラーに相当し、昼夜・季節を問わず安定して蒸気を取り出して発電でき、CO<sub>2</sub>も出しません。

一方、バイナリー発電は、従来の地熱発電に適さない中低温の水や蒸気を熱源に、低い温度で沸騰する媒体(炭化水素、代替フロン、アンモニアなど)を気化させ、その蒸気でタービンを回す発電方式です。熱源と媒体の2つ(binary)の熱サイクルを利用することから「バイナリー発電」と呼ばれ、アメリカやニュージーランドで普及し、日本では温泉を利用した小型のバイナリー発電(温泉発電)が普及しつつあります。



出光大分地熱は、蒸気を取り出した後に地下に戻す還元熱水が130℃もあることに着目。これを熱源にバイナリー発電を行えば、短期間で効率的に発電量を増加でき、資源の有効活用もできると考えました。こうして2013年に「滝上バイナリー発電所」の建設計画が具体化し、2017年3月に営業運転(出力5,050kW、約1,700世帯相当)を開始。日本初の還元熱水を利用した商用バイナリー発電所となりました。



滝上バイナリー発電所の冷却塔

## 地熱発電の総合熱効率を15%向上

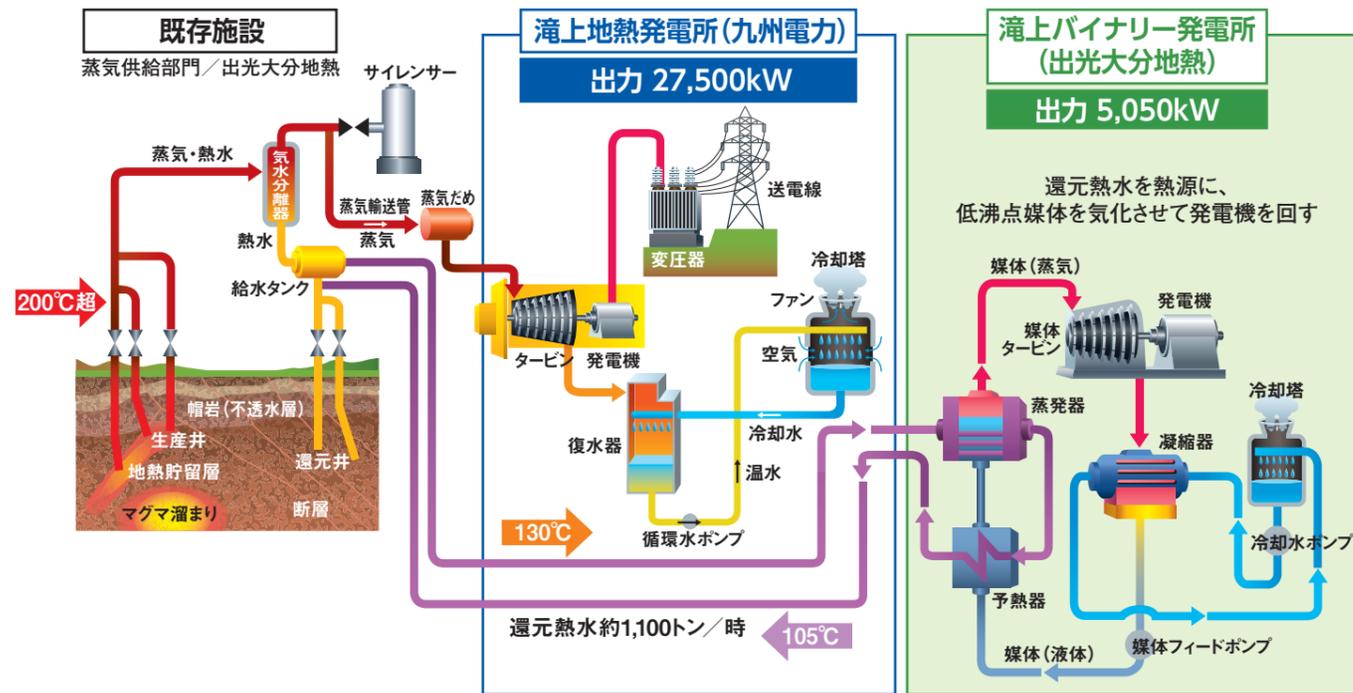
滝上バイナリー発電所は、約1km離れた滝上地熱発電所の還元井から地下に戻す前の熱水1,100t/時をパイプで引き込み、これを熱源に低沸点媒体(不燃性の新代替フロン)を気化させ、その蒸気でタービンを回し発電しています。これにより発電量を増やしただけでなく、滝上地熱発電所と滝上バイナリー発電所を合わせた



防音パネルで覆われた冷却塔の前で

- 地熱発電の未利用熱水を活用した国内商用第1号
- 平成29年度新エネ大賞 経済産業大臣賞
- 滝上地熱発電エリア全体の熱効率15%向上
- 地熱発電+バイナリー発電で約1万700世帯に電力供給

### ◆還元熱水を活用したバイナリー発電



総合熱効率を約15%向上させました。そして、発電した電気は、全量を固定価格買取制度によって九州電力や出光興産グループの新電力会社に売電しています。

出光大分地熱の新方式は地熱発電やバイナリー発電の可能性を広げた事例として高く評価され、平成29年度の「新エネ大賞」(主催:新エネルギー財団)で最高ランクである経済産業大臣賞を受賞しました。

## 連続運転を支える定期点検

滝上バイナリー発電所の設備利用率は平均80%を維持していますが、安定稼働を支えるご苦労を田丸さんに尋ねると「定期点検時のパイプ洗浄が大変です。熱水にはシリカ(二酸化ケイ素)が含まれ、高温・高圧の地下では熱水に溶けていますが、温度低下によりシリカが析出してパイプに付着します。血管が老廃物の付着で細くなって血流が滞ると

同じような現象です。そこで専用のドリルや高圧水洗浄機で析出したシリカを取り除きます」とのことでした。

国はエネルギー基本計画の中で、地熱発電を安定供給が可能なベースロード電源と位置づけ、2030年までに現在の0.3%から1%へ高める目標を掲げています。克服すべき課題として10年以上の長い開発期間や建設コスト、地熱帯と重なる国立公園の環境規制や温泉地との共生などが指摘されていますが、滝上バイナリー発電所の取り組みは、こうした課題克服に向けた新たな一歩と感じました。



地熱発電所もバイナリー発電所も、熱水や蒸気を送るため多種多様なパイプが使われ、その機能維持が発電効率を左右する

表紙の写真はコレ!

## 輪ぎくの用途を広げる新品種を

「あの花は、な〜に?」「見たことないわ」。2017年12月、愛知県で開催された「フィギュアスケート グランプリファイナル愛知名古屋大会」で、入賞者にメダルとともに贈られたビクトリーブーケ(右の写真)に多くの人が目を留めました。丁字状の純白の花びらが氷を連想させ、それが輪ぎくの新品種と知ると人々は驚きました。葬儀や仏壇に供える輪ぎくとは全く違う華やかさは、ブライダルやフラワーアレンジメントに似合いそう。まさに、それこそが新品種開発の狙いでした。

始まりは今から13年前、輪ぎくの品種改良を行っている愛知県農業総合試験場(愛知農総試)の東三河農業研究所(花き研究室)では、様々な輪ぎくを交配させながら革新への糸口を探っていました。愛知県は全国一の輪ぎく生産県で、田原市・稲沢市・西尾市などで盛んに栽培されています。用途は主に葬儀や仏花用ですが、近年は葬儀スタイルの変化とともに需要が減少していました。そこで、祝い事やブーケなどに適した新品種を開発し、新たな需要を開拓しようとしていたのです。



新品種の元になった「かがり弁」系統(左)と新品種の花弁(右)

そんな折、試験場の温室で、外側の花弁の先端に複数の突起がある「かがり弁」を持った淡いピンク色の系統が見つかりました。「これにイオンビームを照射して変異を誘発させ、改良していけば高い付加価値の輪ぎくを開発できるのでは」。そう考えた研究員は、鹿児島県の輪ぎく「新神」の開発でも実績のある量子科学技術研究開発機構※(当時は日本原子力研究開発機構)の高崎量子応用研究所(高崎研)に相談を持ちかけました。

※2016年に放射線医学研究所と日本原子力研究開発機構の量子ビーム部門・核融合部門が再編統合されて発足。

## イオンビームの照射制御で変異の出現を調整

イオンビームは、炭素・ヘリウム・鉄・アルゴンなど様々な原子をイオン化し、電気力を使って加速したもので、がん治



グランプリファイナル愛知大会のビクトリーブーケに採用された新品種「かがり弁白」※品種名は未定

※ブーケ製作:名古屋生花小売商業協同組合

療の研究や医薬品の合成、人工衛星の太陽電池の寿命測定、植物の品種改良など幅広く活用されています。中でも高崎研のイオン照射研究施設(TIARA)のサイクロトロン(右ページ)は、国内初の物質・材料、生命科学専用の照射施設で、ビームの安定供給やイオン種の短時間切り替えなど高度な運転技術を駆使して数多くの実績を上げています。

### ◆イオンビームを加速する仕組み



こうして愛知農総試と高崎研は、2010年から共同研究をスタートしました。まず生物学研究室が「かがり弁」系統

### ◆かがり弁輪ぎくの開発プロセス



TIARAのサイクロトロン前で、長谷 純宏さん(放射線生物応用研究部 上級研究員・左)と野澤 樹さん(研究企画室・右)

の腋芽(葉の付け根の生長点)500本を準備して、高崎研がイオンビームの種類や線量を変えながら照射し、これを生物学研究室が温室栽培して、花色やかがり弁の発現程度が異なる1,850株から、照射第一世代の有望4系統を選抜。より洗練された色や形を得るため、4系統に2回目のイオンビームを照射し、得られた2,430株の中から色や形の優れた「かがり弁白」と「かがり弁赤紫」を選抜しました。高崎研の長谷さんは、イオンビームの特徴を次のように解説します。「イオンビームは、色や形をピンポイントで改良する品種改良が得意なのです。特にTIARAのサイクロトロンからのイオンビームは効率よく変異を起こすことができるので多様な変異体を作ることができます」。

一方、花き研究室は、イオンビーム照射で得た有望株と弱

いかがり弁を発現する黄色輪ぎく系統を交配させて「かがり弁黄」を開発しました。花としての商品価値や用途の汎用性を高めるには、3色を用意することが望まれていたのです。

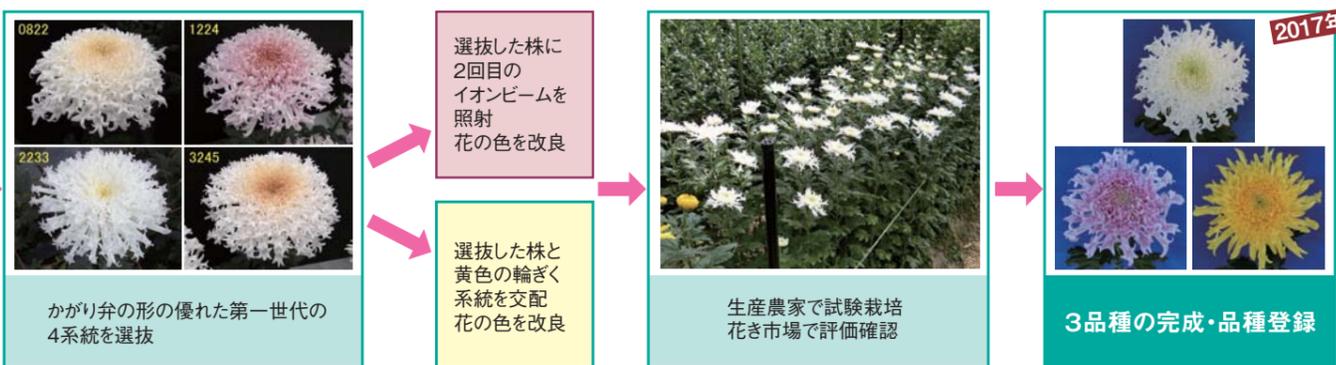
こうして完成した「白・赤紫・黄」の新品種を輪ぎくの生産農家で試験栽培を行い、一般的な輪ぎくと同様の栽培が可能で、花き市場での事前評価でも上々の結果を得ました。こうして2017年11月に品種登録の出願にこぎつけ、12月には、グランプリファイナルの会場で華々しくデビューしたのです。

## 12月から販売開始、2020年には年産5万本へ

開発から13年の歳月をかけて完成した、かがり弁輪ぎくの新品種開発は、外部審査員も交えた「愛知農業総合試験場における2017年の十大成果」の第一位に選ばれました。そして、将来の愛知県産ギクの看板商品に育てようと商標登録も申請し、2020年には年間5万本の出荷を見込んでいます。

現在、愛知県内の生産農家で、今年12月の販売開始を目指して株の増殖が行われています。この品種は12月から3月にかけて美しいかがり弁になり、他の輪ぎくと同じように2週間以上観賞できるため、ブライダルをはじめクリスマス・正月・バレンタインデーなど冬の年中行事を飾る新しい顔になることを期待されています。

人々に認知され、愛されることで、将来は新たな色が加わるかもしれません。その時は、きっと高崎研のイオンビームの出番となることでしょう。



【参考資料】愛知農総試研報48「イオンビーム照射による新規花弁型キク突然変異系統の作出」、ネット農業あいち(平成29年12月15日)珍しい花弁形状のきく新品種開発と開花調整方法(長谷川徹)

What's Up?

## そこが知りたい! 浜岡原子力発電所のいま

ここにフォーカス! 3社が協力して安全技術の向上に取り組み

中部電力・北陸電力・東京電力の3社は、原子力発電の安全向上にかかる相互技術協力を行う協定を締結しています。これに基づき、2018年1月24日~26日、3社の運転部門関係者による浜岡原子力発電所での「現場ウォークダウン」を実施しました。これは設備の状況や人の振る舞いなどを現場で確認し、その

結果を踏まえて必要な改善を行う一連の作業です。

今回は、発電所の運転管理や技術の向上を目的に、運転管理・現場管理・教育訓練のテーマごとに各社の状況を相互に確認し、現場での取り組みを実際に見たうえで、知見の共有や意見交換を行いました。



非常用ディーゼル発電機の現場確認



発電機の部品取り替え訓練

## 今後の行事予定 詳細・参加希望については、当会ホームページまたはTEL052-223-6616までお問い合わせください。

開催日	場所	演題	講師
平成30年9月21日(金) 14:00~16:00(13:30開場)	名古屋商工会議所 2階ホール	放射線のリスクと放射線防護の考え方 ~福島事故を経験して~	かい みちあき 甲斐 倫明氏 【大分県立看護科学大学 教授】 ※7月中旬受付開始
平成30年11月2日(金) 15:00~17:00(14:30開場)	名古屋商工会議所 2階ホール	福島第一原子力発電所の廃炉について(仮題)	やまもと あきお 山本 章夫氏 【名古屋大学大学院 教授】 ※9月中旬受付開始
平成30年11月23日(祝・金) 14:00~16:00(13:30開場)	掛川グランドホテル シャングリラスイート	測って伝える ~物理学者 早野龍五から見る福島7年~(仮題)	はやの りゅうご 早野 龍五氏 【東京大学 名誉教授】 ※9月中旬受付開始

■ 情勢講演会【本部開催】 主催:中部原子力懇話会 本部 参加費無料