

日中科学技術

No. 172
2020. 3. 20

発行所 一般社団法人 日中科学技術交流協会

〒103-0003 東京都中央区日本橋横山町 3-1 横山町ダイカンプラザ 302 号

E-mail : jstca2019@gmail.com

URL : <http://jstc.in.coocan.jp/> 電話 : 090 (7629) 6260

人生 100 年時代の教訓

原子力安全技術センター特別顧問 井上育英会理事長 数土 幸夫



日本人の平均寿命は、私が生まれた昭和 20 年頃までは、皆さんもご存知のように約 50 歳で長年停滞していました。その後、年月の経過と

共に直線的に伸び、令和元年の厚生労働省の発表によれば男性 81.25 歳、女性 87.32 歳となり、正に「人生 100 年時代」に突入したと考えられています。寿命がこの約 75 年の間にこのように格段に長くなった理由はいろいろ考えられます。戦争が無く平和な時代が続いたことや、環境や衛生、食糧事情が格段に向上し、乳幼児だけでなく国民全体が元気に成育できたことなどが考えられます。筆者は定年を既に迎え、年齢も 70 歳を超えていることもあり、この人生 100 年時代にあって健康に留意しつつ、今後どのように対処していくべきかに大きな関心を持っています。人生 100 年の後半四半世紀を、些かでも社会に貢献しつつ、如何に有意義に過ごすかが大切と考えています。

明治の先人が、人生をどう生きるべきかに関して、注目すべき言葉を残しています。東大安田講堂や日比谷公会堂を寄付した明治の安田財閥創立者の安田善次郎は、遺訓として「50 歳、60 歳は、鼻タレ小僧、男盛りは 80 歳、90 歳」を残しています。また、同じく、500 社に上る会社を設立したといわれる、

今度発行が予定されている新一万円札に載る渋沢栄一は、名言として「40 歳、50 歳は鼻タレ小僧、60 歳、70 歳が男盛り。90 歳でお迎えが来たら 100 歳まで待てと押し返せ。」と言っています。明治維新の時代、既にこのような認識を持っていたことに大変驚かされます。当時は、定年という考えが無かったでしょうから、事情は今と違っていますが、80 歳、90 歳を超えても当然頑張るんだ、社会に貢献するのだという心意気には感服させられます。大変勇気付けられ、参考となる言葉であります。

振り返って自分の場合を考えてみますと、これまで些かなりとも関わってきた科学技術交流や育英事業、安全・防災、環境とエネルギー問題等に、引き続き関係して行くことは極めて意義のあることと考えています。今後を考えますと、何れも重要な課題です。その観点から、当協会が推進されている日中科学技術交流事業は、開始から今年で既に 43 年になり、その社会的意義は極めて高いものがあります。これまで事業の推進に貢献されてきた役員および関係者のご努力に、深く敬意を表するものであります。「継続は力なり」であり、その成果には目を見張るものがあります。会員として、本当に誇らしく感ずる成果であります。

ところで、最近の世の中の状況を振り返ってみますと、今述べましたように環境の飛躍的向上による超高齢者社会に突入するとともに、昨年は久々の改元が行われ、平成から

令和への新時代に入ったという高揚感がありました。しかし一方で、長期の異常高温、集中豪雨、突風、更には台風 15 号、19 号による環境破壊がありました。今年は、オリンピック・パラリンピック東京 2020 の開催、習近平中国主席の国賓訪日、米国次期大統領選挙などいろいろ重要なイベントが予定されており、新しい展開が大いに期待できる状況にありました。

しかしこの 1 月、誰も夢想だにしなかった重大な事態が中国武漢市で発生しました。これまで人類が経験した SARS や MERS を遙かに超える新型コロナウイルス (COVID-19) です。この影響は、皆さん既に認識されているように、生半可なものではありません。中国では、この時期は春節で、民族大移動といってよい程の延べ 30 億人に上るといわれる里帰り旅行があり、近年では日本、東南アジア、韓国などへの海外旅行が大々的に行われており、社会的影響には計り知れないものがあります。問題は、治療薬がまだないことで、特に高齢者には厳しい病気の拡散を如何に抑制するか、また国内外に拡散した国ではどう対

応すべきか等、極めて困難な解決すべき問題が山積しています。経済面でも世界的な問題となってきています。中国には、日本からの進出企業も多く、世界の部品供給基地となっており、工場の閉鎖によるサプライチェーンの分断や、周辺諸国への中国旅行客の激減など、世界的に計り知れない影響があります。

夢想だにしなかった今回の COVID-19 の様な課題が今後もいろいろと発生し、人生 100 年時代の安寧を脅かすことが懸念されます。国や自治体、地域だけでなく、企業や個人としての BCP (Business Continuing Plan) が今後問われることとなります。高齢者だけでなく国民が一丸となって種々の課題を試練と考え、積極的に、かつ的確に対処していくことが極めて肝要です。その観点から、今回の事例の終息方策の経験が、人生 100 年時代の今後に想定される種々の課題の解決に貴重な教訓を与えるものと考えます。

以上
(協会会員)

2019 年度中国人留学生研究奨励賞授賞式

2020 年 1 月 15 日 於：東京大学山上会館 副会長 藤崎博也



授賞式関係者の集合写真（2020 年 1 月 15 日、東京大学山上会館にて）

前列左より 藤崎博也副会長、景曉蓓(JING, XiaoBei)氏、雍 旭(YONG, Xu)氏、有山正孝会長、呉松一等書記官、林 昊昇(LING, Hao-Sheng)氏

後列左より 永崎隆雄業務執行理事、姜銀来先生、ドドビバ・ジョルジ先生、劉曉燕二等書記官、丸山茂夫先生、山脇道夫副会長、顧 帥氏、紺野大介業務執行理事

去る1月15日、当協会の2019年度中国人留学生研究奨励賞授与式が、来賓として中国大使館の呉松一等書記官と劉曉燕二等書記官をお迎えし、受賞者林昊昇氏の指導教員である東京大学の丸山茂夫先生、顧帥氏の指導教員である東京大学のドドビバ・ジョルジ先生、および景曉蓓氏と雍旭氏の指導教員である電気通信大学の姜銀来先生のご列席のもと東京大学山上会館で開催されました。

藤崎博也副会長が司会にあたり、まず有山正孝理事長のご挨拶と賞の趣旨説明があり、続いて以下の4名の方々に賞が授与されました。なお、景曉蓓氏と雍旭氏は、電気通信大学の同一の研究グループに所属しており、研究成果の一部は連名で発表されているため、2人で1件の受賞でした。

1. 林 昊昇 (LIN, Hao-Sheng)

1992. 8. 30 生まれ、湖南省長沙市出身
東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程3年

研究テーマ：新型有機太陽電池の研究開発
指導教員：東京大学大学院機械工学研究科丸山茂夫教授

2. 顧 帥 (GU, Shuai)

1990. 3. 29 生まれ、上海市出身
東京大学大学院工学系研究科システム創生学専攻博士課程2018年9月修了

現在、韓国地質資源研究員(KIGAM)博士研究員

研究テーマ：リサイクルのためのターゲット材からの金属の抽出

指導教員：東京大学大学院工学系研究科ドドビバ・ジョルジ准教授

3. 景 曉蓓 (JIN, XiaoBei)

1983. 7. 9 生まれ、四川省重慶市出身
電気通信大学大学院情報理工学研究科機械
知能システム学専攻 博士課程 2 年
指導教員：電気通信大学脳・医工学研究セ
ンター 横井浩史教授

雍 旭 (YONG, Xu)

1983. 12. 19 生まれ、遼寧省瀋陽市出身
電気通信大学大学院情報理工学研究科機械
知能システム学専攻 博士課程 2 年
指導教員：電気通信大学脳・医工学研究セ
ンター 姜 銀来准教授

景・雍両氏の研究テーマ：筋電義手のための
適応関節機構を有する五指ハンドの開発

引続き、中国大使館の呉 松一等書記官から祝辞をいただき、最後に受賞者を代表して林昊昇氏が謝辞を述べました。

なお、授賞式に続いて受賞者による研究報告が行われました。以下は (1) 有山理事長のご挨拶、(2) 各受賞者の感想、(3) 研究報告の概要 です。

(1) 有山正孝理事長のご挨拶

本日ここに日中科学技術交流協会 2019 年度中国人留学生研究奨励賞の授賞式を、中華人民共和国駐日本国大使館の呉松書記官および劉曉燕書記官、受賞者をご指導下さった先生方のご臨席の下に挙行できますことを嬉しく思います。まず受賞者の皆さんに、心からお祝いを申し上げます。また皆さんが留学生として一般の日本人学生と比べて何彼と不利な条件の下で良く刻苦勉強され、優れた研究業績を挙げられましたことに敬意を表します。

当協会が皆さんに差し上げる賞は、ノーベル賞のように広く世に知られた賞でもなく、副賞もその 3 桁下の金額のささやかなものですが、知る人の間では高い評価を得ているものと自負しております。受賞者の皆さんは今回の受賞を一つの弾みとして更に研鑽を積み、研究者として大成して世界を舞台に活躍していただきたいと願っております。

この機会に受賞者の皆さんに日中科学技術交流協会とこの研究奨励賞の由来についてお話ししておきたいと思っております。

日中科学技術交流協会が設立されたのは 1977 年 12 月ですが、その前に 1950 年代半ばからの長い準備期間がありました。

皆さまご承知の通り、日本と中国は数千年に上る文化交流の歴史を持っております。日本は多くのことを中国から学んで来ました。しかし 19 世紀末から日本は西欧の科学技術を吸収して急速な近代化に成功したため、はじめて中国から留学生を受け入れるようになりました。しかし 20 世紀前半、不幸な戦争の期間に留学生の受け入れはもとより文化交流も途絶してしまいました。

戦争終結後も日中間の国交は長らく正常化されませんでした。1950 年代の半ば、当時の日本学術会議の会員を中心とする日本の指導的な科学者の一部の人々が、日中間の学術交流の速やかな再開を願ひ多くの困難を克服し、中国科学院のご協力も得て交流の再開に成功したのです。この事業に関与された方々が、国交回復後の両国間の科学技術分野での交流の健全な発展を支援することを目的としてこの協会を設立されたのです。

その初期に積極的活動をしておられた野上茂吉郎先生という東大教授で原子核理論の研究をしておいでになった方が亡くなられた際にご遺族から協会にご寄付を頂きました。当時の役員の先生方がこの寄付金を最も有効に活用する方法を種々検討された結果、これを基に寄付を募って基金を設け、それにより 1987 年からこの研究奨励賞が設けられたのです。受賞者の累計は今年受賞される皆さんを加えて 149 名に達します。

以上の説明でご理解いただけたと思いますが、この賞は日中間の科学技術交流の再興と発展に尽力された先人たちの心のこもった賞なのです。この先人の意思を大切に私どもも微力を尽しておりますが、受賞者の皆さんにもこの経緯を知っていただき、願わくは将来、日中間の科学技術交流に協力していただければさいわいと思っています。

2019年度中国人留学生研究奨励賞を受賞して

林 昊昇・顧 師・景 曉蓓・雍 旭

(1) 林 昊昇 (LIN, Hao-sheng)



日本文化に最初触れ合ったのは、物心ついた頃にアニメーションを見たときから始まりました。現在の研究と直接関係ありませんが、私の成長には随所に影響を及ぼしています。日本のアニメは、ストーリー展開から制作プロセスに至るまで、アニメーターが細かいところに細心の注意を払っています。自分の成長につれて、アニメーション以外のものにも目を向け始め、周りの人々が日本の製品を高く評価し、称賛するのをよく耳にしました。それ以来、いつか日本に留学することができれば、そこで技術そのものを学ぶのみならず、技術に優れている上に更に磨きをかけていくその姿勢までを身につけることを夢見ていました。

2016年夏、東京大学特任教授の松尾豊先生は、中国科学技術大学化学科に教授として招かれました。当時、自分がちょうど化学科で有機化学マスター在学中で、これを機に、松尾教授の最初の中国人学生になりました。また、在学中の間、松尾先生は私の研究のあらゆる面で指導してくださり、なお、東京大学と北京大学が共同で開催したサマーキャンプに参加するために、北京大学までにも連れて頂きました。さらに、現在の先生丸山茂夫教授を紹介してくださいました。そのお蔭で、私は日本での博士課程の研究をスタートしました。

2017年9月に、私は無事東京大学丸山茂夫研究室にて博士課程に入り、学業に励む日々でした。入学当初私は本当に幸せでしたが、しかし、すぐ自分にとって最も暗黒時代が到来するとは夢にも思いませんでした。来日して最初の1ヶ月、街の利便性と清潔さは非常に快適に感じましたが、ただ、

拙い日本語は本当に日常の不便をもたらしました。さらに、親友もいなく独り身の自分が実に孤独で無力感を感じる毎日を過ごし、時には諦めて帰国しようとの念頭すら頭によぎりました。日本語を学び、この街に慣れるのに約半年かかりました。まさに先生達のおかげで、日本での生活にいち早く不慣れを感じなくなったと言わざるを得ません。先生はこの私如き生活上困っている問題の解決方法を見つけ出してくださり、しばしば電話にて私を慰めて、なお、時間さえあれば山に連れて行って頂きました。私の日本語スキルが向上するにつれて、日本人学生との共同研究に着手しました。そのような共同研究を通じて、お互い意見交換し、助け合ったことを実り、過去2年間で11の学術論文を発表し、グローバルレポートに8回ほど参加させて頂きました。

今後博士号を取得したら、さらなる研究を行い、新しいフラーレン材料の開発に着手し、それをできた暁月に製品産業化したと思っている次第です。また、同時に、光電子デバイスのさらなる研究が行われ、フラーレンのフレキシブル太陽電池と透明な太陽電池を実現させたいです。将来、いずれ私も先生方のような教師になり、次世代の養成に携わり、日本の科学界との深いパイプを確立し、両国間でより多くの技術的な交流を行い、産業化を促進できることを願っています。

最後に、将来日本で勉強する予定の中国人学生には、できるだけ日本語を事前に学習することをお勧めします。インストラクターや先生方は手伝ってくださいますが、言葉の理解によって引き起こされる不便さは研究や学習に無駄な時間を生じかねません。もう一つのポイントは、日本人クラスメートとより多くコミュニケーションをとり、お互い良いところを学び合うべきです。研究の真面目さと日本人学生の学業に打ち込む態度は非常に学ぶ価値があるかと思う

ます。

私は日本の習慣や文化、環境等の様々なことに慣れ、心地よく過ごすことが出来ています。そして、これからも日本で科学に関する研究を続けることを希望しています。たとえ、ここから離れて中国に戻らなければいけない時が来たとしても、その時には日中の科学と文化の交流に少ないながらも自らの力を捧げたいと思います。

(2) 顧 帥 (GU, Shuai)



日本は常に世界最先端の技術力の一つであり、多くのノーベル賞受賞者を育ててきました。中国で学部課程を始めたとき、私はいつも日本に留学したいと思っていました。幸いな

ことに、修士号を取得した後、ようやくこの機会を得ました。日本で3年間勉強して生活した後、この機会を与えてくれたことに感謝しています。この経験が私の将来の軌跡に大きな影響を与えたからです。

2018年9月に、東京大学工学部工学部研究科システム創成学専攻で博士号を取得しました。東京大学は100年の歴史を持つ大学として、古典的なキャンパスと深い文化的雰囲気があり、私を魅了しました。おそらくこの気質に影響されて、私の心は落ち着き、学術研究に投資することができます。しかし、私は日本語が苦手なので、日常生活で多くの困難に直面しました。幸いなことに、藤田豊久教授と研究室の全員は非常に友好的であり、人生と学問の両方で私に多くの暖かい助けを与えてくれました。彼らのおかげで、私は日本語に堪能でなくても学業を完了しました。

東京大学で博士号を取得した後、私は特別研究員として韓国地質資源研究院に行きました。日本で過ごした3年間のおかげで、さまざまな課題に直面しながら、この新しく馴染みのない国で勉強し、仕事を続けることができました。同時に、日本と韓国での研究と生活の経験から、将来の科学研究において、私が自分自身を、さまざまな機関、分野、国を結び付け、科学と文化を

交換する絆として利用できることを願っています。

私の経験を通して、日本で勉強したい他の学生や既に日本で勉強したことがある学生にいくつかの提案を提供できることを願っています。まず、日本に留学することは私にとって非常に貴重な経験です。私の視野を広げるのに役立っただけでなく、日本人の生活、勉強、仕事のやり方を理解させてくれたので、より深く、問題を別の視点から見させてくれました。この概念は科学研究でも非常に重要だと思います。自分の分野で一生懸命勉強する必要がありますが、時には自分の小さな環境の限界を超えて、同じことを他の観点から見ると、革新的なアイデアを提供し、同様の効果をもたらすことがあります。第二に、留学するとき、人は必然的に孤独と困難を抱えることとなりますが、人と人とのコミュニケーションと理解は常に人に持続する力を与えます。ですから、日本で出会って助けてくれた人たちに特に感謝しています。近い将来、より多くの学生に機会と支援を提供するためのコミュニケーションの架け橋が確立されることを願っています。

(3) 景曉蓓 (JIN, XiaoBei)

雍 旭 (YONG, Xu)



この度、日中科学技術交流協会より、2019年度中国人留学生研究奨励賞を頂き、誠にありがとうございます。

中国の諺で「千里の目を窮めんと欲すれば、更に上る一層の楼」という言葉があります。最初日本への留学する初心もそう思って、修士に進学し、学習とともに教養の高めや視野の開けを目標としていました。当時は日本で修士号を取得後博士課程に入り、こんな素晴らしい賞までいただけるとは全く思えなかったです。修士の段階から

現在の博士課程までを通じて、今の自分が成り立つには、家族の支え、先生方のご指導と同窓のご助力が欠かせないと思います。皆様に心より深く感謝申し上げます。

それに、もう一つの諺「初心を忘れず」を引用したいです。今まで歩んできた留学の道には、数え切れないほどの困難もありました。異文化の理解、子育てと学業の両立など、決して容易とは言えません。しかし、私達は如何なる困難があっても、避け

ずに敢えて直面し合って行きます。何故ならば、自分が選んだ道は信念を持って動揺せずに進んでいけば、きっと日々だんだん最終の目標へと近づいて行きます。

それに、まだ日本で留学中、あるいはこれから日本へと留学しようと考えている皆様に、一言を捧げたいと思います。「最初の本心を忘れず、動揺せず、少しずつでも構いませんが、目標に向かって充実した毎日を過ごしましょう」。

2019 年度中国人留学生研究奨励賞受賞者の 研究報告の概要

2020 年 1 月 15 日 於 東京大学山上会館 1 階 食堂個室 No. 4

授賞式に引き続き、同日 14 時から、今回の受賞者による研究報告会が行われました。以下はその概要です。

I. 新型有機太陽電池の研究開発

林 昊昇(東京大学)

人類社会の急速な発展に伴い、そのエネルギー消費量は爆発的に増え続けており、環境問題及びエネルギー問題は喫緊の課題となっている。持続可能エネルギーの代表格であるシリコン太陽電池はすでに商業化され、20%を超える変換効率を実現しているが、その生産コストは高く、生産過程で発生する環境汚染も無視できないレベルであり、リサイクルの難しさなど問題が多い。シリコン太陽電池と比べて、ペロブスカイト太陽電池のコストは十分の程度で、その変換効率は 23%に達している (Figure 1)。さらに、ペロブスカイト太陽電池の重量はシリコン太陽電池の 500 分の 1 程度で、かつ柔軟に曲げられる特性も有しており、ウェアラブルデバイス及び IOT 設備などに利用できる理想的な次世代のエネルギー源として注目されている。しかしながら、ペロブスカイト太陽電池には**安定性が低く、**

ヒステリシスがあるという問題点が挙げられる。

ペロブスカイト太陽電池に無機電子輸送材料(例えば TiO_2 , SnO_2)を用いることで高い効率が実現しているが、無機材料に由来したヒステリシスにより高い変換効率を有効に利用できていなかった。一方で、フラレンはその特異な分子構造により優れた電子輸送性能が期待できる。電子輸送層にフラレン誘導体を用いることでヒステリシスを解消し、ペロブスカイト太陽電池の効率を高めることを目指した。我々の研究グループは様々なフラレン誘導体を合成し、化学修飾されたフラレン分子をペロブスカイト太陽電池へ適用することで、ペロブスカイト層と電子輸送層の間のスムーズな電子輸送が可能になり、効率改善およびヒステリシスの解消が可能と考えた。そのペロブスカイト太陽電池の基礎研究の一つとして、フラレン陽イオンの特性研究が非常に重要な分野になっている。フラレン陽イオンの独特の優越性、例えば反応効率が強く、反応の温度条件が比較的に低い、選択性が高いなどの特性は、高性能太陽電池への応用が期待されている。但し、フラレンイオンは、その自身の強い電気的マイナスイオン性質で、陽イオンの研究が難しく、太陽電池開発の足枷になっていた。私は東京大学丸山研究室で、フラレン陽イオンの特性を詳細に行うことで、フラレン陽イオンの中間体を利用し、分子間の高効率の官能化学反応を実現させることに成功した。

今までの研究経過及び得られた結果

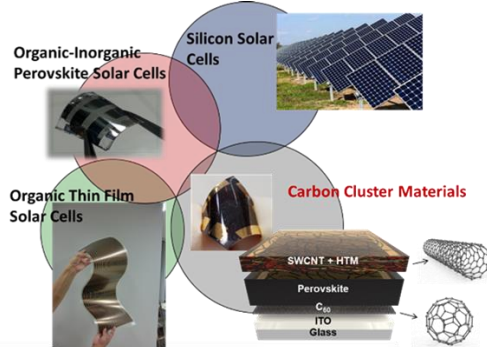


Figure 1. Solar cells and their structure.

1. アミノ基を有するフラーレン誘導体の合成及び応用

特異な低い LUMO 準位をもつフラーレンカチオン中間体は、アニオン性試薬との反応において他のフラーレン活性中間体と異なる性質を示す。具体的には、フラーレンアニオン及びフリーラジカルを利用して活性アミノ基を含んだフラーレン誘導体を合成する際、保護基が必要であり、脱保護をする必要がある。そこで我々の研究グループはフラーレンカチオン中間体とホウ酸エステルとの反応を利用して、アミノ基を有するフラーレン誘導体を合成した。それらをペロブスカイト太陽電池に応用したところ、エネルギー変換効率を向上することに成功した。これはペロブスカイト電池にアミノ基を有するフラーレン誘導体を応用した最初の例である (Figure 2)。

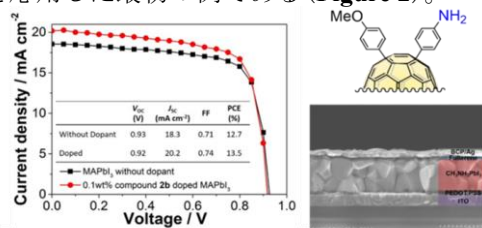


Figure 2. Amino fullerene derivative and its device performance.

2. スピンコーティングによる高効率フラーレン電子輸送層の形成

ペロブスカイト電池において C_{60} は電子輸送層に利用されている。しかしながら、フラーレンを蒸着することでしか良好なエネルギー変換効率 (16.7%) は得られていない。コストのかかる蒸着ステップをスピンコートに代替することは、実用化にあたり重要である。そこで我々の研究グループは AFM、TEM を使って電子輸送層に全面的な分析を行い、結晶性の低い C_{60} が高い変換効率を与えるキーポイントであることを発見した。単純に C_{60} をスピンコーティングした場合、結晶性の高い電子輸送層が形成され、エネルギー変換効率は低下した。一方で、最適化された混合比率で C_{60}/C_{70} をスピンコーティングすることにより結晶性の低い電子輸送層の形成に成功し、変換効率は 16.7% となった。さらに、真空乾燥させることでスピンコーティングした際に含まれる溶媒分子を除却することで、変換効率を 18% にまで向上させた (Figure 3)。

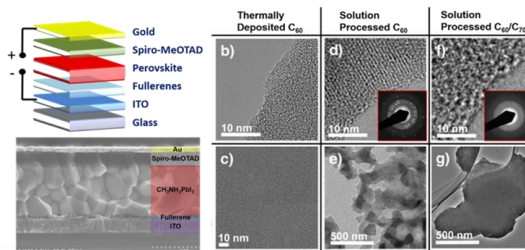


Figure 3. TEM observation of surface morphology for different method fabricated fullerene layers.

3. 炭素五員環フラーレン誘導体の合成とペロブスカイト太陽電池への応用

炭素のみで構成された五員環を有するフラーレンを合成するにあたり、我々の研究グループは“インダノフラーレン”と命名した下記の 3 つの特異な性質が期待される分子を設計した (Figure 4)

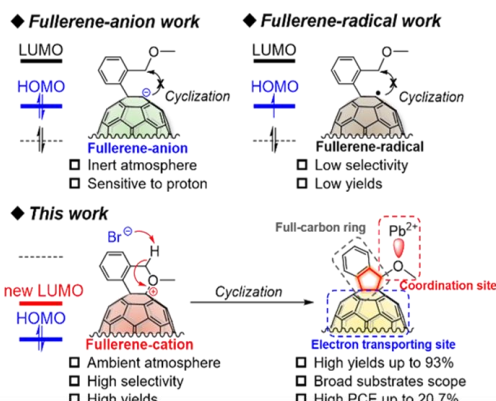


Figure 4. Concept of this work.

1) 炭素のみで構成された五員環は分子の極性が低いため熱的な安定性を向上することができる。2) 酸素の孤立電子対が鉛に配位することで接触が良くなり、より良い電子輸送膜を形成することでデバイスを安定化させることができる。3) 最小限の置換基を導入することで分子配列を制御し、高い電子輸送能を実現する。合成ステップとして以下の経路が提案できる：①グリニャール試薬や有機リチウム試薬を用いてアリアル基および水素を導入し、それを脱プロトンすることでフラーレンアニオンを発生させる；②酸化剤 (例えば I_2 、NBS) で対応するフラーレンアニオンを酸化し、フラーレンラジカルを経由して安定なフラーレン二量体を作り出す；③フラーレン二量体を加熱することで二量体をホモリシスに開裂し、フリーラジカルを発生させる；④価の銅試薬を用いて酸化し、フラーレンカチオン中間体を作り出す；⑤分子内環化反応により、新規の炭素五員環フラーレン誘導体を作り出す。このように段階的に反応を行うことで様々な炭素五員環を有するフラーレン誘

導体が効率的に合成できると考えた。

合成した一連の五員環フラーレン誘導体を電子輸送層としてペロブスカイト太陽電池に応用し、そのエネルギー変換効率を測定する。C₆₀、PCBM(三員環)及び MIF(六員環)誘導体との比較を行い、五員環フラーレン誘導体の優位性を示す (Figure 5)。また、赤外スペクトル、蛍光スペクトルを用いて、パッシベーションを評価する。さらに、TEM、AFM などを用いてその表面形状を観察し、五員環フラーレン材料のモルフォロジーについても検討を行う。

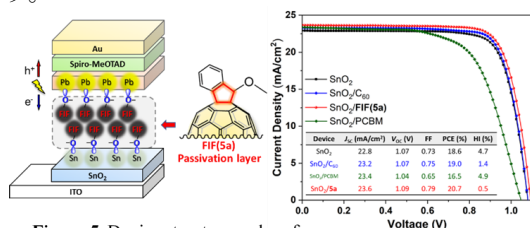


Figure 5. Device structure and performance.

今後は新型透明の有機ペロブスカイト太陽電池の開発に着手する予定である。一般的に、太陽エネルギーに対する感光物質の吸収を増やすため、暗色系（不透明）の太陽エネルギー電池が多い。それは使っている材料の感光性能として、赤外線と紫外線を吸収する能力が可視光より弱く、高い光電変換効率を得られないからである。私は、強い共役構造の分子を合成することで、より多くの電子グループを載荷し、その吸収ピークを赤外域に選択的にシフトし、透明な太陽エネルギー電池を制作することを目指している。私たちはこの一、二年の研究で、モノリシック効率約 10% 程度の透明太陽エネルギー電池を試作し、後続の工業化にその理論的根拠と基礎的データを提供することを目指している。

II. リサイクルのためのターゲット材 (ITO, IGZO, CIGS) からの金属の抽出 顧 帥 (東京大学)

世界のエネルギー危機に対処するために、再生可能エネルギー源、特に太陽エネルギーが有望なエネルギー源として広く研究され、その中で太陽電池のリサイクルが重要であることを述べる。インジウムやガリウムなどの希少金属は、太陽電池の製造に利用されており、太陽電池を利用するためには、これらの希少金属を適切にリサイクルする必要があることを述べる。

本論文は、各種太陽電池の生産に利用された使用済みのターゲット材料から金属元素を

物理および化学処理をして金属元素をリサイクルすることを目指している。すなわち、使用済みのインジウム-スズ酸化物 (ITO)、インジウム-ガリウム-亜鉛酸化物 (IGZO) および銅-インジウム-ガリウム-セレン (CIGS) 化合物のターゲット材料のリサイクルを行う。太陽電池産業の急速な発展に伴い、インジウムとガリウムの推定需要成長率はそれぞれ 15% と 15-20% と推定されている。産地が偏る金属鉱床と世界中のインジウムとガリウム含有鉱石の品位の低下から、鉱石からインジウムとガリウムを分離して回収するだけでは需要を満たせない。本研究ではインジウムおよびガリウムを、使用済みターゲット材料から、通常ボーキサイト残渣から回収できる量のそれぞれ 29 倍および 10 倍濃縮し、品位は、最大 2,900 ppm のインジウムおよび 530 ppm のガリウムをそれぞれ回収する。従来、使用済みターゲット材料のリサイクル手法として、主に溶媒抽出法と高温の乾式製錬技術が使用されてきた。溶媒抽出法は、通常、膨大な量の水および有機試薬を消費し、さらに二次廃棄物を生成する。高温の乾式製錬技術は大量のエネルギーを消費し、複雑な設定を必要とする。したがって、環境に優しいリサイクル手法が必要となっている。

使用済み ITO, IGZO および CIGS ターゲット材料の紹介である。それぞれの特性、リサイクル方法、材料の評価を行い、なぜこれらの材料のリサイクルが必要かを述べる。さらに、効果的な分離方法および評価について述べる。

使用済み ITO (酸化インジウムスズ) ターゲット材料のリサイクルプロセスを調査する。ITO は、透明電極用コーティング材料としてディスプレイに広く使用されており、ターゲット材料の 85% がスパッタリングプロセスで廃棄物となっている。本研究では、ITO ターゲットからインジウムとスズを分離回収する新手法を提案する。ITO をまず濃塩酸で溶解させた後、浸出液を蒸留して塩酸を再利用し、インジウムおよびスズイオンを結晶化させる。次に、得られた結晶を塩化チオニル溶液に混合して還流し、結晶水を除去する。混合物を分離することにより、無水塩化インジウム、四塩化スズ、塩化チオニルを一回の操作で分離することができた。さらに、塩化チオニルを回収して再使用することができる。塩化インジウムの実収率は 99.6% で品位は約 99.8%、四塩化スズは実収率 98.0% で品位は約 99.7%

で回収された。これまでに報告されている実収率と品位より高い値が得られた。本プロセスで使用される試薬はほとんどすべてを再利用することができ、ITO ターゲットを環境に配慮して効率的にリサイクルする手法と考えられる。

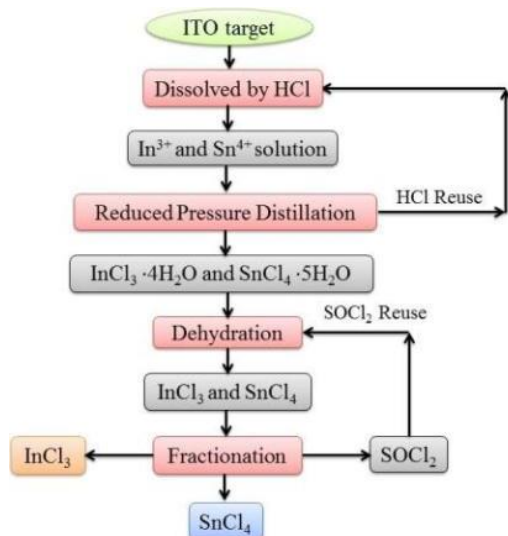


Figure 1 Illustration of the green approach to separate In and Sn from the spent ITO target.

使用済 IGZO (インジウム、ガリウム、亜鉛、酸素から構成されるアモルファス半導体) ターゲット材料のリサイクル手法を検討する。IGZO は、半導体、タッチパネル、ディスプレイなどに広く使用されている半導体材料である。本研究では、インジウム、ガリウム、亜鉛を溶媒抽出 (SX) により、使用済み IGZO ターゲットから回収する。本プロセスは、浸出、高濃度の酸中での溶媒抽出、ストリッピング、低濃度の酸中での再抽出、再ストリッピング、続いてガリウムとインジウムと亜鉛粉のセメンテーション法から構成される。浸出液中のインジウムおよびガリウムから大部分の亜鉛を分離するために、抽出剤としてトリイソブチルリン酸 (T-iso-BP) を使用した。浸出液をさらに調整することなく直接利用可能で、膨大な水量消費を回避した。次いで、充填された有機溶液を pH=2 の塩酸水溶液でストリップし、大部分のインジウムおよびガリウムを有機相から水相に移動させることができた。抽出およびストリッピング工程は、浸出液を多量の水で希釈することなく、浸出液 (8 mol/L 塩酸水溶液) から pH=2 の塩酸水溶液へインジ

ウムおよびガリウムイオンの移動を可能にした。次いで、ストリップした溶液をジ- (2-エチルヘキシル) リン酸 (D2EHPA) で抽出して、ガリウムとインジウムを分離する最適抽出条件およびストリッピング条件を検討した。実際の使用済み IGZO ターゲットから品位 98.3% のインジウムが実収率 97.8%、品位 99.6% のガリウムが実収率 96.2% で分離回収することができた。

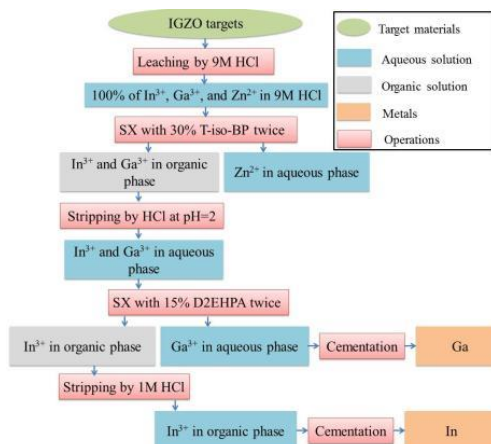


Figure 2 Illustration of the green approach to separate In and Ga from the spent IGZO target.

使用済 CIGS (CuIn_{1-x}Ga_xSe₂ 化合物半導体) ターゲット材料のリサイクル手法を検討する。CIGS 太陽電池は変換効率が高く、長期信頼性があり、次世代太陽電池の有力候補と位置づけられている。本研究では、消費された CIGS ターゲットから銅、インジウム、ガリウム、およびセレンを分離して回収するための新しいアプローチを提案する。CIGS の浸出溶液は、セレンと銅を回収するために、まず 2 段階の電着プロセスを行う。次に、得られた溶液を蒸留して塩酸を再循環させ、インジウムおよび塩化ガリウムイオンを結晶化させた後、塩化チオニル (SOC12) を還流することによって水和物を脱水する。その後、無水 InCl₃ は、濾過することによって GaCl₃ から分離することができた。GaCl₃ は蒸留により SOC12 から分離することもできる。インジウムの実収率は約 99.99% で品位 99.99%、ガリウムの実収率は 99.98% で品位 99.99% であった。実収率と品位の両方ともこれまでの報告よりも良い結果が得られた。元素の電位差と脱水の性質を十分に活かすことで、分離プロセスが可能となった。環境を考慮した方法であり、使用済

みの CIGS を効率的リサイクルできる実用的な方法と考えられる。

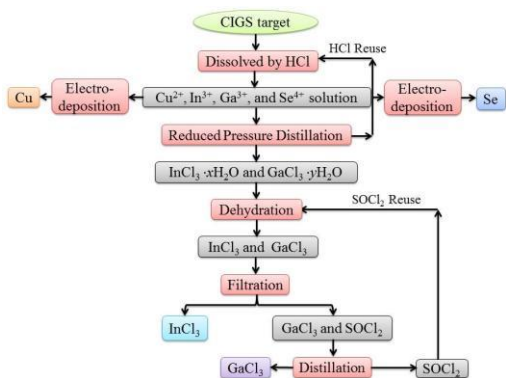


Figure 3 Illustration of the DEDD approach to separate In, Ga, Cu, and Se from spent CIGS target.

結論は、これらのリサイクル手法のまとめを示し、本リサイクル手法は、スケールアップが可能で、高効率であり、金属材料を経済的にリサイクルすることを述べた。

III. 筋電義手のための適応関節機構を有する五指ハンドの開発

景曉蓓(Jing Xiaobei)・雍旭(Yong Xu)

人間の手は多様な動作を行うことができる巧みさが富む非常に重要な器官である。しかし、事故などの原因で手を失い、仕事や生活に大きな支障が生じるなどをした上肢欠損を持つ人に対し、欠損した腕の運動機能を代替する技術として筋電義手が期待されている。日本内閣府の調査により、上肢切断者が現在約 10 万人存在しているとされる中、片側切断者が約 80% は装飾義手を使用されている。一方、発展途上国においてさらに大きい割合を占めている。人口大国の中国では約 930 万人が義肢を求めているが、義肢の市場占有率は僅か 9.5% である。それに対して、筋電義手の開発目標は日常生活におけるさまざまな動作を実現することであり、それには多自由度の筋電義手が理想的であるが、問題点として、多数のアクチュエータによる重量化やメンテナンスの困難性などの問題がある。それに対して、簡便に使用でき、且つ軽量化された日常の頻出動作だけを実現させる低自由度筋電義手の研究は現在が盛んでいる。

それに、実用化に向ける低自由度筋電義手を開発する際には、軽量化の要望も含め、可

能な限り多数の動作を実現することが望ましい。しかしながら、既存の低自由度筋電義手には、二種類の方向性があり、一つは実現可能な動作数を削減して軽量化めざす方向と、もう一つは多くの動作数を内包させ、重量化になりがちな方向に進行している。

本研究の目的は、動作数と重量の間にバランスを取り、義手全体の重量を 370g 以下に制限し、違和感のない外見はもちろん、空間的にもアクチュエータを全部グローブの中に収めるという制約条件のもと、三つのアクチュエータによる多次元劣駆動を用いて日常生活により多くの動作パターンを実現させる筋電義手を開発する。

1. 主な研究手法

A. 人の手による動作パターン分類の考案:

人の手の把握動作が応用場面や使用頻度などによって数多くの分類を挙げられる。Cutkosky の分類によって、手の把握動作を 16 パターン分類した。しかしながら、これらの分類は把持対象とする物体の形による分類(棒状、球状、盤状)である。物体のサイズに関する分類の記述は言及していない。事実上には、人が物体を把持する際に形状とサイズの大きさによって総合的に判断し、自分の手の把持姿勢を決定する(図1)。ゆえに、前者の形状分類の理論に基づいて、さらなるサイズの要素を考慮し、運動モデルを立ち上げ、類似の動作が把持サイズの変化によって臨界姿勢を見つけ、設計の臨界条件として用いる。これによって、動作パターンを設計可能な段階に入り、さらなる各動作パターンにおいてより自然な把持姿勢変化も明確できる。

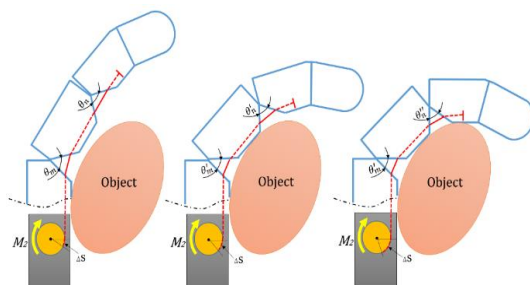


図1. 接触する物体のサイズ及び位置によって把持の変化

B. 各把持動作パターンに使用された関節と接触した皮膚の特質の分析:

上記から分類された動作パターンによって、相応に使用された各関節の状態から、屈曲または

伸展角度や把持物体と接触する手掌部及び指部の詳細な位置情報などのデータを集める(図

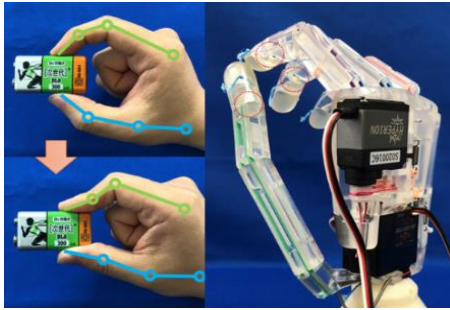


図2 柔軟材料によるDP関節において過伸展への応用2)。

そこで、これらのデータを分析し、物体の安定把持を実現する手指姿勢の関節角度などを抽出し、独立運動または線形、非線形連動などの数学モデルを作る。一方、同じ姿勢のもとで密度の異なる同一サイズの物体で皮膚による包み込む面積を測り、皮膚の特質とする変位、粘弾性などを確かめる。

C. 多次元劣駆動におけるメカニズムのシステム設計法の提案

重量と動作数というトレードオフ関係から設けた制約条件のもとで、アクチュエータの数によって大きく左右される。図 3 左のように、劣駆動によって出力の次元を入力より上げる有効な手段の一つである。

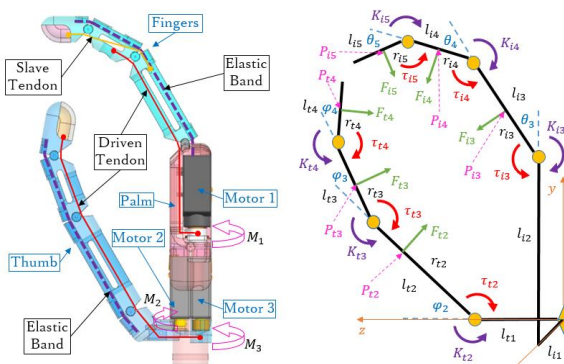


図3 左: 劣駆動による手指のメカニズム;
右: 手指の力学モデル

そこで、各動作パターンにおける把持タスクにアプローチを用いる系統的な設計法には、数値解析やシミュレーションで一对一式、一对多式、多対多式及びピラミッド式に列挙する。これらの方式によって再分配すると、単一の機械要素で一次元システムとし、二つの要素で二次元システム、

複数の要素を多次元システムにし、モデル化する。また、要素の変形などを含めると線形と非線形から大別される。

D. 力学モデルによる解析

図 3 右のように、ハンドにおけるハイブリッドメカニズムが各動作パターンによって 3D 座標系内において力学モデルによる分析をし、把持姿勢による一番厳しい状態のもとで荷重が集中した関節やパーツの受ける力の数値を算出する。それに、駆動系のモータに対して計算結果によって機構の補強、または受ける力の方向を変更させ、保護する。特に、機械伝達系がハンド内に生じる摩擦力や巻き取りなどによる合力を解析し、走行ルートを微調整する。

E. 軽量化の前提に荷重状況による材料の選択

荷重が集中的にかかる関節やパーツなどには材料の強度によって破断する危険性が潜んでいるため、力学分析から算出した危険数値に基づいて、適切な強度のある製造材料を選択する。その上、選んだ材料が危険数値を耐えられるかを図 4 のように FEA によって応力解析をして確かめる。そして、370g 以下の軽量化するために材料をある程度に中空したり、補強したりをする。結果は効果的にハンドを 132.5g の軽さを実現した。

F. 協調運動制御法の構築

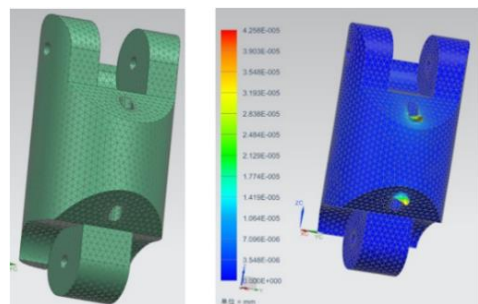


図4 関節FEA解析

設計した義手と把持可能範囲内の物体の力学モデルから、人の手に近づくような関節速度、把持力、摩擦による静的保持力と動的滑動力の数値を計算することと共に、アクチュエータによるPID 制御も行う。

それ以外に次のページの図 5 のように ANN を用いて人の EMG 信号をパターン認識して、より多くの動作パターンや正確な認識精度を期待する。そして、劣駆動における効果的に制御するには協調運動制御という手法が挙げられるため、本研

究の複合駆動義

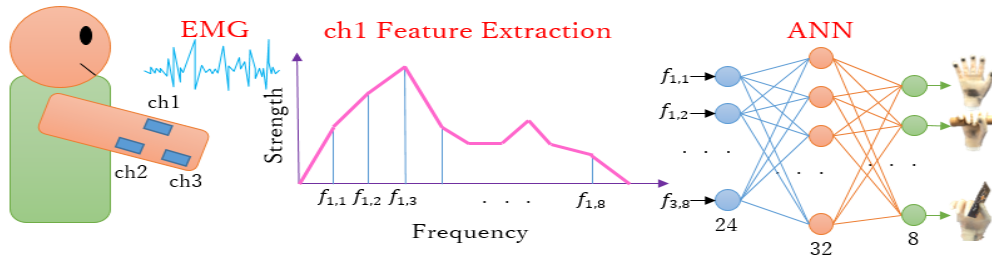
明
でき
る。
3.
ま
と
め
本

図5. 制御のプロセス

手に対して、多自由度の運動制御から低次元で果たす制御法を構築し、目標値に至るタスクを複数の解の中に任意の一つとマッチする。

2. 性能評価

A. 動作検証

具体的に、動作検証実験ではコントローラを介してモータを駆動させ、設計の通りに実現可能な動作及び搭載させた機能を満たしているか否かについて考察する。また、各関節実際の運動軌跡と理論値の差異や摩擦による保持力と物体が手の中からの滑る状態を分析し、機構とアルゴリズムの改良も可能である。

B. EMG 操作

健常者による Pick and Place 実験を行う。この実験では筋電信号を用いて、人に装着したときの把持および物体へのアプローチの安定さと容易さを筋電義手によって考察する。具体的な実験方法とは：設計した義手の機能を稼働するか不稼働することを分けて、一定の時間内にものを A 点から持ち上げ、B 点へ運ばせて置いたら、再び A 点へ移動する。繰り返すことによって物体把持の成功率を得られて、ついでに機能の良さと悪さも判

研究では、重量(370g以下)と空間の制約(成人サイズ)のもとで、少数のアクチュエータを使用し、日常生活に必要なとなる16パターンの動作の中、実現可能な13パターンの動作を持つ筋電義手を開発した。図6の写真が示したように、全部で13パターンの動作が実現出来。ハンド全体の重量は僅か132.5gである。

4. 発表論文

- ① **Xu Yong, Xiaobei Jing, Xinyu Wu, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, Design and Implementation of Arch Function for Adaptive Multi-Finger Prosthetic Hand, Sensors, 2019, 19, 3539; doi:10.3390/s19163539**
- ② **Xiaobei Jing, Xu Yong, Yuankang Shi, Yoshiko Yabuki, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, Guanglin Li, A Gear-Driven Prosthetic Hand with Major Grasp Functions for Toddlers, 2019 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS 2019), Macau, China, on printing, Nov.4-5, 2019.**

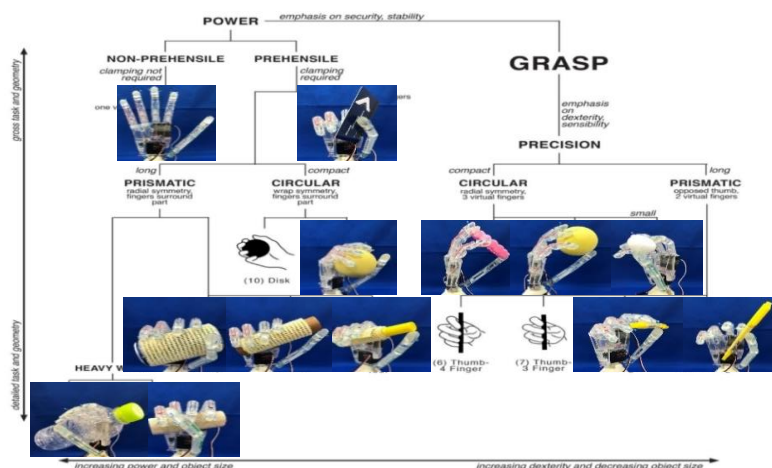


図6. 実現した13パターンの動作

新型コロナウイルス感染症の状況と治療薬開発

業務理事 永崎隆雄

新型コロナ疾患が中国武漢から発生して、中国全土に感染が拡大し、今や世界に流行し始めている。中国や日本の対応は以下の通りである。でその効果はどうだったのか？WHOの報告やJSTの中国報告等を元に解析する。

中国 習近平主席

1月23日 武漢を封鎖

日本 安倍首相

3月2日より学校の休校

その他大規模イベントの中止を要請

感染拡大の状況は？

WHOの報告（＊1）によれば、現在3月13日時点で中国を含めて

感染国：122か国

累計感染者は

中国 80,991人、中国以外 51,767人

累計死亡者は

中国 3,180人、中国以外、1,775人である。

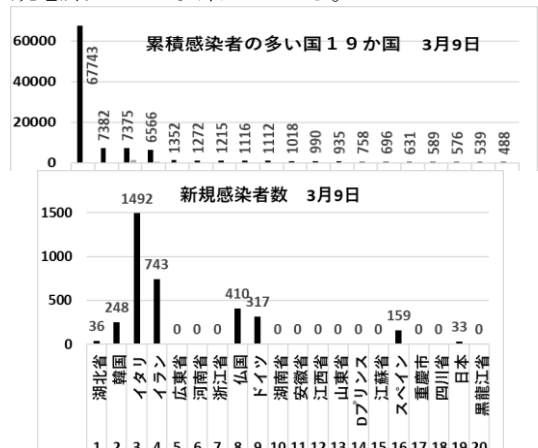
主な地域や国の累計感染者数は？

武漢のある湖北省が圧倒的に多く、これに韓国、イタリア、イランが約10分の1の規模で続き、その6分の1で広東、河南、浙江、フランス、ドイツ、湖南が続く。スペイン、重慶、四川、日本がその2分の1位で続いている。感染が多い国の特徴は以下である。

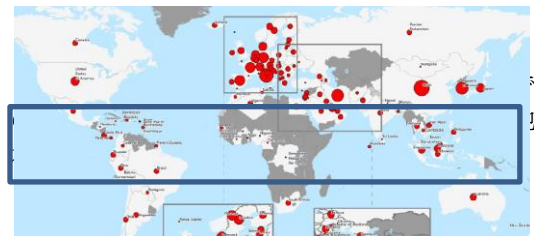
一帯一路国 : 伊、仏、独、イラン
中国との貿易国 : 韓国、日本
宗教集団 : 韓国、イラン
観光地 : 伊、仏、独、スペイン
クルーズ船 : D. プリンス
ライブ等 : 日本

新規感染者数で見れば、イタリアが最大でイランやフランスやドイツ、韓国、スペイン、

湖北、日本と続いている。中国国内各省は新規感染が0で収束している。



また、下図の通り熱帯地方は少ないので、夏に向かえば、流行は静まりそうである。



感染の流行は収まったか？

下図に流行曲線を示すが、湖北省は武漢封鎖の13日後の2月4日にピークに達し、発生が減少に転じている。これは中国国内各省とも一致している。

その1か月後の3月9日時点では湖北省はほとんど収束している。

中国国内各省はピークから約2週間後の2月20日頃には収束している。韓国は2月18日頃から急拡大し、10日後の2月29日にピークに達し、その後、減少している。

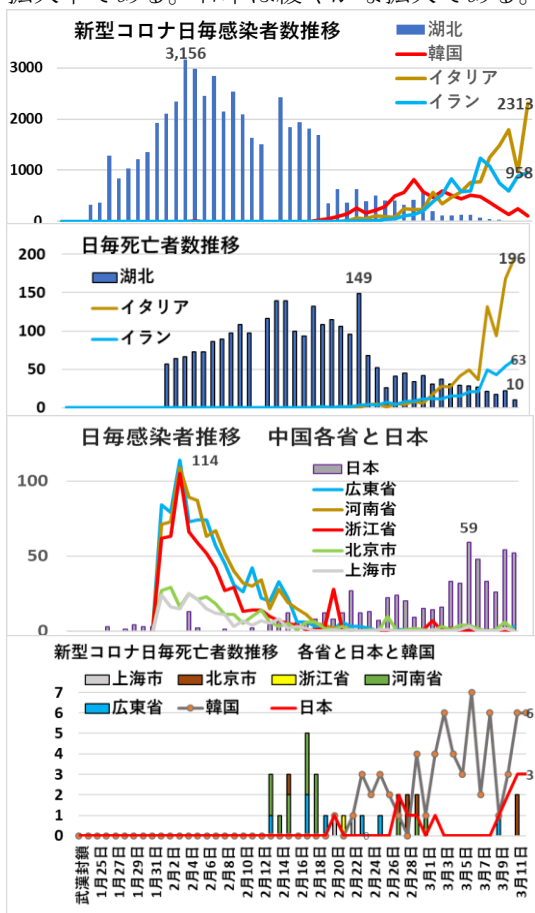
イタリア、イランは急拡大中で、日本は緩い拡大である。

日毎の死亡者の推移

下図の通り、湖北は感染者のピーク2月4日より11日後の2月15日に死者のピークが見られる。感染の突出ピークが2月14日にあるが、その10日後の2月24日にも死者の発生が突出している。

中国各省のパターンは湖北と同じで、現在は死者もほぼ0となり、収束している。

韓国は一進一退し、イタリア、イランは急拡大中である。日本は緩やかな拡大である。



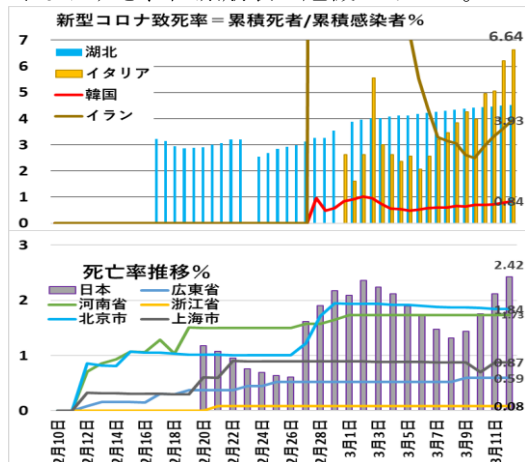
致死率はどのように推移しているか？

累積感染者に対する累積死亡者の比率を致死率とすると治療法が開発され、死亡者が減った場合や、PCR検査等で軽症感染者が多く発見されれば、致死率は下がる。逆に治らない病気なら致死率は増大する。感染が止まり、死亡数が0になれば、致死率は一定化する。

湖北省は最初、3%位で一定していたが、2月24日移行は緩やかに上昇し、4.5～5%に収斂しつつある。

一方イタリアは致死率が上昇してきている。余りにも多くの患者が殺到し、医療崩壊を起こしていると思われる。我が国は致死率が上下している。検査件数が増大し、軽症感染者を検出するようになったかもしれない。

我が国や中国各省は急激な患者の増大がなく、医療が健全であるので、死亡率も高くない。韓国の致死率は0.64%と我が国の2.42%の約4分の1である。これはPCR検査件数が多く、軽症患者を多く発見しているためと思われるが、ただ、この場合も患者が多くなりすぎ、医療崩壊の危機があった。



治療法の開発はどうか？（*2、3、4、5）

JST 中国事務所の報告や元 JCR ファーマの毛利善一氏からの薬の情報（日経バイオテック）によれば、以下のような抗ウイルス剤などが中国の医療機関で臨床試験が行われており、早いものは、4月には結果が出る模様である。

抗ウイルス薬など

- ・アビガン（富山化学）：中国で4本臨床試験。効能有。備蓄有。妊婦不可。
- ・ゾフルーザ、タミフル、インターフェロン：中国で臨床試験中。
- ・レムデシビル：MERS、エボラ治療（米ギリアド社）：武漢市金銀潭病院、中日友好病院で治験：重症患者400人と中等症患者600人を対象、2月26日開始。4月に結果。有効で安全なら生産加速。
- ・Arbidol または Darunavir+漢方：対外細胞試験で抑制効果あり
- ・カレトラ+リトナビル：HIV薬、中国で複数臨床試験実施中・日本国際医療研究センターで7人治験。

- ・クロロキン（抗マラリア薬）とアビガン：中国医院治験で効能あり。
- ・プレジコビックス：抗 HIV 薬（米 J&J 社）中国医療機関で治験中
- ・メチルプレドニゾロン：ステロイド
- ・シクレソニド吸入オルベスコ：喘息薬 県立足柄上病院で使用、効能あり。
- ・快復期の血漿と幹細胞；臨床治療中

考察

中国は強権的な封鎖によって感染拡大を2カ月で収束させた。治療薬の開発は、急速に進められており、作用機構が類似の抗ウイルス治療薬を試すことで有効な薬が4月以降には見つかる模様であるが、医療現場への適用には時間を要するものと思われる。それまでは、感染の急拡大を抑えることが重要である。このため、検査能力を拡大し、軽症者を早く見つけ、自宅待機させることで感染拡大を防ぐことが重要だ。日経新聞によれば、15分で感染の判定ができる簡易検査キット（*6）が中国から輸入され、販売されるとのこと。大いに期待できる。患者の殺到による院内感染を防ぐことも大切である。気温が温かくなり、感染力が落ちるまで、時間を稼げれば、医療崩壊を防ぎ、多くの死者を出さずにすむ。幸い今日まで、我が国の感染拡大は穏やかであり、医療崩壊を起こさずにすんでいる。

参考文献

- *1 WHO Coronavirus (COVID-19) Situation Reports
- *2 新型コロナウイルス感染症治療薬開発に関する中国の動き
新型コロナウイルス対応研究プロジェクト等 JST 中国事務所
- *3 新型コロナウイルス 治療薬・ワクチンの開発動向まとめ【COVID-19】Answers News ニュース解説
- *4 新型コロナに対する臨床試験を全調査、ゾフルーザやアビガンの成分活用 日経バイオテク online
- *5 新型コロナウイルス感染症、治療薬開発はどこまで進んでいるか？MIT Technology Review
- *6 新型コロナ検査 15分で クラボウ 日経新聞 2020年3月13日12版

第4回理事会

2019年12月11日

第1号議案 2019年度中国人留学生研究奨励賞について 以下の4名に決定した。

1. 林 昊昇 (LIN, Hao-Sheng)

研究テーマ：新型有機太陽電池の研究開発

2. 顧 帥 (GU, Shuai)

研究テーマ：リサイクルのためのターゲット材からの金属の抽出

3. 景 曉蓓 (JIN, XiaoBei)

雍 旭 (YONG, Xu)

研究テーマ：筋電義手のための適応関節機構を有する五指ハンドの開発

第2号議案 運営委員会規程の制定について議論した。

第3号議案 会員の入会承認基準について議論した。

第4号議案 申し込みのあった会員の入会を承認した。

目次

1. 人生100年時代の教訓
井上育英会理事長 数土 幸夫 1
2. 2019年度中国人留学生研究奨励賞授賞式
副会長 藤崎博也 3
3. 2019年度中国人留学生研究奨励賞を受賞して
林 昊昇・顧 帥・景 曉蓓・雍 旭 5
4. 2019年度中国人留学生研究奨励賞受賞者の研究報告の概要 7
5. 新型コロナ感染症の状況と治療薬開発
業務理事 永崎隆雄 14
6. 第4回理事会 16