

# 名大医学部学友時報 2021 12

目 次	
1. 第112回学友大会開催される.....(1)	7. 名古屋大学での6機関合同職域接種について 八木 哲也 .....(10)
2. 学友大会記念講演.....(3)	8. 名古屋発;飛沫を防ぐ内視鏡検査マスク[e-mask]開発実装.....(12)
3. 准教授就任 岡崎 泰昌 .....(4)	9. 懐かしき日々 江畑 智希 .....(14)
4. 学術欄 山本 英子 .....(5)	10. 読書ノススメ 丸山 彰一 .....(15)
5. プレスリリース .....(7)	11. 創基150周年医学部基盤整備支援事業卒年別寄附状況
6. 臨床教授のひとつこと 小口 秀紀 .....(9)	12. 編集後記 .....(16)

## 第112回学友大会開催される



きよい ひとし  
清井 仁 大会委員長 挨拶

令和3年10月30日(土)、名古屋観光ホテルにおいて第112回学友大会が開催されました。学友大会総会が行われたのちに、『がんゲノム医療—その誕生と未来—』をテーマとして国立がん研究センター研究所長・がんゲノム情報管理センター長である間野博行先生による記念講演が行われました。

## \* 1. 清井仁大会委員長 挨拶 \*

初めに、今大会コロナ禍の中ご来場された先生方へのお礼と今回も懇親会が開催されなかったことへのご理解を述べられました。その後、ソーシャルディスタンスが叫ばれるこの時勢の中、名古屋大学が社会に対して医学の発展に尽くすことへの使命について語られ、そのためにも学友会の繋がりを大事にしていきたいと述べられました。最後に皆様へ創基150周年基金への寄付並びに学友会の発展へのご協力を呼びかけられました。

## \* 2. 門松健治学友会会長 挨拶 \*

初めに5年間務められた研究科長が今年で最後になることを述べ、5年間支えてくださった先生方と、今大会の大会委員長でありました清井仁先生へ感謝を述べられました。そして、150周年事業である医学部資料館の開設、ライフ・イノベーション推進のための施設整備、150周年史の編纂及び記念集会の概要に関してご紹介され、皆様の創基150周年基金へのご寄付を呼びかけられました。

## \* 3. 逝去会員に対する黙祷 \*

前大会以降この一年間にご逝去された36名の先生方のご冥福をお祈りして、出席者全員による黙祷が捧げられました。

## \* 4. 松尾清一名古屋大学総長 挨拶 \*

初めに今大会ご多忙の中ご参加頂いた先生方、学友大会開催に関わった先生方、コロナ禍の中医療に携わる先生方及び事務の方々へのお礼を述べられました。次に現代社会が変化し、政治、経済、環境問題人類の生存そのものを脅かすような課題と共に、日本が少子高齢化社会に伴いあらゆる分野のプレゼンスが低下していることに対する危機感を述べられました。そしてこのような情勢の中、名古屋大学医学部が改革とイノベーションを続けていくことにこそ将来の発展があるという思いを語られました。続いて昨年4月に岐阜大学との法人統合に関しまして、地域創生への貢献、世界的な競争力をもつ新し

い国立大学法人のモデルを目指すものであり、この統合に伴う様々な改革をご紹介されました。最後には寄付のお願いに合わせて7年間務められた総長の職を今年で辞されること、来年度以降も東海国立大学機構の機構長を引き続きやられること述べられ、「皆様にはこれからも一層のご指導、ご鞭撻をお願い致します。」と結ばれました。

## \* 5. 本年度評議会決議事項報告 \*

庶務部長の尾崎紀夫先生から庶務報告が行われました。令和3年学友会評議会の開催、昨年度の学友大会の詳細、支部総会について、名誉会員に5名の先生方が承認されたこと、7名の新評議員の紹介、さらに名古屋大学医学部創基150周年記念事業と基金について述べられた後に、庶務を務められるのが今年で最後となることに伴い、今までのお礼を皆様に述べられました。引き続き、会計部長の大野欽司先生より会計報告がありました。

## \* 6. 新任教授紹介 \*

梶山広明教授（産婦人科学）、柴山恵吾教授（分子病原菌細菌学）、齋藤竜太教授（脳神経外科学）、山本英子教授（医療行政学）、増田慎三教授（乳腺・内分泌外科学）の5名が新しく教授に就任され、ご挨拶されました。

## \* 7. 長谷川好規次回大会委員長 挨拶 \*

名古屋医療センター副院長でいらっしゃいます竹田伸先生が長谷川好規先生からの挨拶を代読され、「皆で力を合わせて次期大会に向けて準備を進める所存であります。学友の皆様の御支援、御協力をお願い申し上げます。」と結ばれました。

## 学友大会記念講演

## 『がんゲノム医療：その誕生と未来』

国立がん研究センター研究所長

がんゲノム情報管理センター長 間野 博行

今回はがんゲノム医療がどうして誕生したのか、そしてこれからどのような方向に向かっていくのかをご紹介しますと思います。

ちょうど20年ほど前、がんの原因遺伝子に対する分子標的薬が作られ始め、これまでにたくさんのがんの分子標的薬が作られてきました。初めはそのどれもが単剤では患者さんの予後を改善できませんでした。ところが慢性骨髄性白血病の原因遺伝子のBCR-ABLチロシンキナーゼ阻害薬である奇跡の薬グリベック（イマチニブ）の登場をきっかけに、がんの原因遺伝子を突き止め、その遺伝子を抑える薬を作れば第2のグリベックを作ることが出来ると考えました。私は患者さんのサンプルからがんの原因遺伝子を見つけるスクリーニング系を作ることが遠回りのようで結局近道になると考えました。その中でALK融合遺伝子のようにがん種を超えて発がん原因となっているものが数多く同定され、そのゲノム異常によって分類する「がんゲノム医療」の時代が訪れたのです。

がんのゲノム医療はがん患者の腫瘍部および正常部のゲノム情報を用いて治療の最適化・予後予測・発症予防を行う医療行為と考えられます。現実的には保険収載薬剤・臨床試験薬剤・治療薬剤に対応する数百種類の遺伝子配列を解析する「がん遺伝子パネル検査」によって最適な治療を行うということです。

日本におけるゲノム医療の課題に国民皆保険があります。海外とは異なり、国民に等しく必要な医療を提供できなくてはなりません。そうするとゲノム医療は財政的負担になり得ます。一方、皆保険のために、日本は何十万人のがん患者のゲノム情報、臨床情報が集まる貴重なリソースを持つ国にもなります。当時は米国や英国などの他の医療先進国に遅れをとっていたため、日本において「ゲノム情報を用いて治療介入するゲノム医療」を早急に開始する必要性がありました。

がんゲノム医療には、パネル検査を行うメーカーだけでなく、ゲノム医療がどのようなものを患者さんに説明したり、パネル検査に適したサンプルを集める医療関係者、そして結果を解釈するためのデータベースも必要であり、この体制を国内で整備する必要がありました。そこで2017年春に厚生労働省において「がんゲノム医療推進コンソーシアム懇談会」が開催され、その二年後からがんゲノム医療を始めるためのインフラを整備しようと大きく二つのことが提言されました。一つはがんゲノム医療を行う施設を指定し、その数を増やしていくこと。もう一つが国のデータセンターを作る

ということで、「がんゲノム情報管理センター（Center for Cancer Genomics and Advanced Therapeutics :C-CAT）」が作られ、がんゲノム医療の支援、情報の共有、開発研究・臨床試験の促進、全ゲノム解析の医療応用に向けた検討・人材育成が目標とされました。

こうして2019年6月1日に日本におけるがんゲノム医療がスタートしました。日本のがんゲノム医療体制は病院から直接、または検査施設を通してC-CATに送られ、知識データベースを作って病院に調査結果を送ったり、日本において利用可能な薬剤の最大化に利用されたり、新たな治療、診断法のためにアカデミアや企業の方にいろんな方に使っていただいています。C-CATの登録数は2021年9月末で22126人であり、企業で利活用する同意を得たものは99.7%となっており、C-CATのほぼ全てのデータは企業を含めて利活用できる事になります。現在C-CATでは利活用の仕組みをたくさん作っており、2021年4月からゲノム医療を行なっている病院の中でC-CATのデータを検索し合える診療検索ポータルが始まり、そして2021年10月からは一般のアカデミアや企業に向けての利活用検索ポータルも始まっています。

現在有効な抗がん剤があるがんは全体の2～3割程度です。この状況を打破するには全ゲノム解析が必要なのではと予想されています。日本はC-CATでデータを集めるパッケージができておりますので、これから世界で戦える全ゲノム解析がこの日本で進んでいくと思っております。

最後になりましたが、がん患者さん、がんゲノム医療中核拠点病院、連携病院をはじめとするがんゲノム医療に関わる皆様、製薬企業の皆様の協力を心から感謝します。今後もゲノム医療の発展に向けてご協力をよろしくお願い致します。



## 准教授就任

## 病理病態学講座 生体反応病理学 准教授

おかざき やすまさ  
岡崎 泰昌



## 〈経歴〉

- 平成13年3月 岡山大学医学部卒業  
 平成13年4月 岡山大学大学院医歯学総合研究科博士課程入学  
 平成13年4月 岡山済生会総合病院臨床研修医(一年間)  
 平成17年3月 岡山大学大学院医歯学総合研究科博士課程修了(医学博士 取得)  
 平成17年4月 岡山大学大学院医歯学総合研究科病態探究医学助手  
 平成17年7月 アメリカ合衆国 Louisiana State University Health Sciences Center in Shreveport, Feist-Weiller Cancer Center, Postdoctoral fellow.  
 平成19年7月 岡山大学大学院医歯薬学総合研究科第一病理助教  
 平成21年7月 名古屋大学大学院医学系研究科附属医学教育研究支援センター(先端領域支援部門:派遣先 生体反応病理学)助教  
 平成24年11月 名古屋大学大学院医学系研究科生体反応病理学講師  
 令和3年10月 名古屋大学大学院医学系研究科生体反応病理学准教授

## 〈業績〉

- Okazaki Y, Tanaka H, Matsumoto KI, Hori M and Toyokuni S. Non-thermal plasma-induced DMPO-OH yields hydrogen peroxide. *Arch Biochem Biophys.* 2021; 705: 108901.
- Okazaki Y, Misawa N, Akatsuka S, Kohyama N, Sekido Y, et al. Frequent homozygous deletion of Cdkn2a/2b in tremolite-induced malignant mesothelioma in rats. *Cancer Sci.* 2020; 111: 1180-1192.
- Okazaki Y, Chew SH, Nagai H, Yamashita Y, Ohara H, et al. Overexpression of miR-199/214 is a distinctive feature of iron-induced and asbestos-induced sarcomatoid mesothelioma in rats. *Cancer Sci.* 2020; 111: 2016-2027.
- Okazaki Y, Ma Y, Yeh M, Yin H, Li Z, et al. DMT1 (IRE) expression in intestinal and erythroid cells is regulated by peripheral benzodiazepine receptor-associated protein 7. *Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol.* 2012; 302: G1180-1190.
- Okazaki Y, Iqbal M and Okada S. Suppressive effects of dietary curcumin on the increased activity of renal ornithine decarboxylase in mice treated with a renal carcinogen, ferric nitrilotriacetate. *Biochim Biophys Acta.* 2005; 1740: 357-366.

学友会の皆様におかれましては、ご清栄のこととお慶び申し上げます。この度、令和3年10月1日に名古屋大学大学院医学系研究科病理病態学講座生体反応病理学の准教授を拝命いたしました。ここに謹んでご挨拶を申し上げます。

私は平成13年に岡山大学医学部を卒業し、岡山大学医学部第一病理に入学し、岡山県済生会総合病院にて臨床研修を修了しました。大学院では、日本学術振興会外国人特別研究員 Mohammad Iqbal 博士(インド出身)にサポートを頂き、岡田茂名誉教授のご指導の

下、平成17年に医学博士を頂きました。学位論文は、鉄ニトリロ三酢酸誘発腎傷害マウスモデルを用い生体内での抗酸化物質の機能評価を行った研究です。

岡田茂名誉教授のご推薦を頂き、平成17年7月より Louisiana State University Health Sciences Center in Shreveport へ二年間の米国留学をいたしました。Jonathan GLASS 教授(MD, FACP)のご指導で、intestinal iron absorptionの研究を行いました。体内に貯蔵される鉄は4-5gである一方、体外への喪失は1-2mg/dayに留まると推測されており、半閉鎖回路とも呼ばれるリサイクル経路が確立されており、喪失した鉄量は十二指腸から吸収されます。そのため、高頻度の輸血は過剰鉄沈着から造血不全を増悪する要因となるため、鉄キレート剤による鉄除去の有用性が示されています。Dmt1 (Divalent metal transporter 1)は遺伝性鉄欠乏性貧血マウスの原因遺伝子として、アフリカツメガエル卵母細胞を用いた二価金属運搬体として1997年に報告された分子であり、私が留学した時点で、DMT1はSLC11A2とも呼ばれる膜蛋白であり、mRNA 3'側にIRE (Iron Responsive Element) formとnon-IRE formの二種類があり、DMT1変異はヒトにも鉄欠乏性貧血を呈することが知られていました。留学先での研究テーマは、DMT1-associated Protein [PAP7 (peripheral benzodiazepine receptor-associated protein 7)と同一分子]の機能解析で、DMT1-IREと相互作用を示すPAP7が細胞増殖を調節する分子であることを2012年に報告しました。

名古屋大学に採用して頂いてからは、豊田伸哉教授のご指導の下、動物モデルを用いる鉄代謝とアスベストによる細胞傷害と発がん機構の解析に取り組んでいます。アスベスト線維には、クリソタイル、アモサイト、クロシドライト、アンソフィライト、トレモライト、アクチノライトの六種類があり、本邦で商業的に使用されたアスベストの大半は輸入され、クリソタイルが9割を占めます。現在、アスベストの商業利用は禁止されていますが、アスベスト曝露から中皮腫の発症には数十年の年月が必要であることが知られ、本邦でも中皮腫患者さんの増加が懸念されています。私たちは動物モデルを用いて、商業的にあまり使用されていない短針のトレモライトに強い線維化能と高い発がん性が見られ、長針のアンソフィライトに発がん性は低く、線維状形態と発がん性に相関が見られました。また、含糖酸化鉄(フェジン)と鉄キレート剤を腹腔内投与して誘発したラット腹膜中皮腫では、肉腫型に特徴的なmicroRNA-199/214が細胞増殖を促進することを明らかに、鉄を介する酸化ストレスと中皮細胞傷害から発がん機構の一端を明らかにしました。

また、名古屋大学低温プラズマ科学研究センターに前身の組織から2011年より参加させて頂き、低温プラズマによるがん治療の基礎研究の一端を担っています。低温プラズマはナノサイズの半導体の加工技術として発展してきましたが、多量の活性酸素や紫外線を生じ、止血、殺菌、細胞傷害などの生物学的な作用があることが明らかになり、本邦でも低温プラズマの医療応用が期待されています。これまで多くの先生方に賜りましたご指導、ご支援に改めて感謝を申し上げるとともに、研究、教育、病理診断を通じて社会に貢献するという意識をさらに高め、名古屋大学の発展に貢献していきたいと存じます。学友会の皆様には今後ともご指導、ご鞭撻のほど、宜しくお願い申し上げます。



## ラオスにおける母子保健医療について

社会生命科学講座 医療行政学分野 教授 やまもと 山本 えいこ 英子



### はじめに

ラオス人民民主共和国(以下、ラオス)は東南アジアのインドシナ半島に位置する下位中所得国であり、東南アジアにおける最貧国の一つでもある。2000年以降は人口が着実に増加しているが2018年の人口は約700万人であり、人口密度は1km<sup>2</sup> 辺り24人と非常に少ない。多民族国家であり、人口の7割は農村地域に居住している。ラオスにおける保健医療は国際的支援により改善を認めているが、母子保健に関する指標においては、4回以上の妊婦健診受診率は62.2%(1回以上は81.5%)、医療従事者による分娩助産率は64.4%、母体死亡率は10万出生あたり185、乳児(生後12か月未満)死亡率は1,000出生あたり36.4、5歳未満児の死亡率は1,000出生あたり45.5と報告されている。日本のデータと比較すると、母体死亡率は1950年に10万出生あたり176、乳児死亡率は1955年に39.8であったことより、戦後の日本とほぼ同じレベルであることが理解できる。ラオスにおける母子健康の改善を目的とした研究について紹介したい。

### 乳児死亡率の変化とリスク因子

2017年にラオス人口保健調査が行われた。調査に参加した15～49歳の女性は25,305人で、これらの女性は1987年～2017年の間に54,163人の子供を出産していた。そのうち欠損データを除いた53,727人の子供のデータを用いて新生児死亡率と乳児死亡率を解析した。新生児死亡率は1,000出生あたり191(1978～1987年)から39(2017年)に、乳児死亡率は1,000出生あたり117(1978～1987年)から1989年には43まで低下したが、その後の低下は緩徐であり2017年には18であった(図1)。1978年から2017年まで5つの年代グループに分けると生後2年までの生存率が徐々に改善していることがよくわかる(図2)。調査時から過去2年間に出生した女性の子供5,013人のデータを用いた生存曲線を図3に示す。生存率は生後1か月で97.8%、生後1年で96.0%、生後2年で95.5%であった。

次に調査時より過去2年間に出生した女性のデータより欠損データを除外した2,189人の女性について、その子供の乳児死亡に相関する因子を解析した。2,189人中、乳児死亡は18人で、乳児死亡率は出生1000あたり68であった。多変量解析の結果、

①妊娠中の破傷風ワクチン未接種、②補助看護師による分娩介助、③男児、④出生時の大きさが小さい、の3つの因子が乳児死亡と相関した。出生時体重が小さい場合に乳児死亡率が高くなることは明らかであるため、出生時の大きさが平均あるいは大きかった子供の母親1,950人のデータを用いた多変量解析を行ったところ、①調査時に妊娠中である、②妊婦健診受診が3回以下、③補助看護師による分娩介助、④男児、⑤産後健診を受診している、が乳児死亡と相関した。

ラオスにおける乳児死亡率が低下しない原因として、チアミン(ビタミンB1)欠損症が考えられる。ラオスでは白米を好む文化や産後女性が食事制限をする文化がある。また、6～9か月の乳児が米以外の離乳食を接種することが少ないと報告されている。妊娠中や授乳期の女性のチアミン欠乏は、乳児のチアミン欠乏症や母乳中のチアミン低下を引き起こす。ラオスにおける乳児死亡率をさらに改善するためには、妊娠期からの食事に関する教育が必要である。補助看護師は1975年に始まった医療職であるが、教育期間が3～12か月と看護師の教育期間2年に比べて短い。補助看護師の教育制度は2015年に廃止となったが、現在も働く補助看護師に対する追加教育を行い、看護師となれるよう制度を整備する必要がある。分娩後、次の妊娠までの期間が短い場合には母親の健康状態や母乳の栄養状態が不良となることがこれまでに報告されており、避妊や家族計画により妊娠間隔を長くするような介入を行う必要がある。

### 首都ビエンチャンにおける産後うつ

周産期(妊娠中～産後)におけるうつ病は、周産期女性だけでなく子どもの心身の健康にも影響を及ぼす精神疾患である。妊産婦死亡率は妊娠中～分娩後42日目までの死亡率を表す重要な健康指標であるが、1990年にWHOが母体死亡を妊娠中～産後1年未満の死亡にすると、母体死因に占める精神医学的要因の割合が高いことが明らかになった。英国の調査では、母体死因の25%は自殺(13%)を含めた精神医学的要因であり、自殺者の半数以上に産褥精神病や重症産後うつ病を認めた。日本では、東京の自殺による母体死亡率(10万分娩あたり)が8.7と、統計報告されている妊産婦死亡率2.8より大幅に高いことが判明した。途上国においては、メンタルヘルスの重要性は

まだ認識されておらず、ラオスにおいても精神科を専門とする医師は首都に数名しかいない。

我々はラオスの首都ビエンチャンにある4つの国立病院で産後6-8週に子供の予防接種のために来院した女性428名を対象とした産後うつに関する調査を行った。産後うつのスクリーニングとして世界で汎用されるエジンバラ産後うつ病自己評価票 (EPDS) のラオス語版を作成し、文化が近い近隣国からの報告よりカットオフ値を9/10点としたところ、スクリーニング陽性は31.8%であった。産後うつスクリーニング陽性と相関する因子は、意図しなかった妊娠、出産についての満足度が低いこと、妊娠中にうつ症状があったこと、であった。本人や夫の教育歴が低いこと、本人や夫が専業主婦や無職であること、第一子分娩後、医療施設以外での分娩、夫や実母、義母との関係が良くないこと、妊娠前のうつ状態、夫にうつの既往があること、は単変量解析では産後うつと相関を認めたが、多変量解析では有意差を認めなかった。

産後うつと相関する因子はすでに多くの研究結果により示されているが、予防に努めるためには妊娠中からの介入が必要になると考えられる。ラオスにおける研究において、産後女性のインタビューを行ったベテランの看護師や助産師は産後うつの女性が存在することは認識していたが、どのように対応すればよいのかわからなかったと言う。ラオスでは妊婦検診受診率や施設分娩率は上昇しているため、妊婦健診を行う看護師や助産師に対して産後うつに関する教育を行い、妊婦健診時に産後うつスクリーニングを行うことや助産師面談などの介入を行うことができれば、産後うつ予防に有効であることが期待される。

### 女子高校生の月経衛生管理について

最近、「生理の貧困」という言葉を耳にするようになったが、途上国においては月経中には料理などを行ってはいけない、村の小屋で過ごさなければいけないといった行動制限を強いられる文化を持つ国もある。また、衛生環境が問題となり退学する女子学生も見られる。WHO およびユニセフによる Water, Sanitation and Hygiene (WASH) プログラムが1990年にラオスに導入されたが、2008年の調査では、ラオスの約59%の学校にトイレなどの衛生施設がなかった。2017年の調査では、73.8%の世帯がトイレを利用することができる環境に改善していることがわかった。我々は、女子学生の月経時衛生管理について、ルアンパバーン省の女子高校生(13-19歳)1,366人を対象とした調査を行った。ほとんどの学生が使い捨てのナプキンを使用していた。月経中に学校を休んだことがある学生は31.8%であり、16歳以上、高い収入、月経中のイライラや月経痛があること、使用後のナプキンを学校のゴミ箱以外に捨てること、両親と住んでいる、市内の学校に通っていることが相関する因子であった。調査を行った6つの学校のトイレを調査したところ、トイレが男女別ではなく、トイレ内にゴミ箱が設置されていない学校が多かった。学校の衛生施設の改善や小学校における月経教育など、保健省と教育省が協力して行う必要があると思われる。

### 文献

1. Louangpradith V, Yamamoto E, Inthaphatha S, Phoummalaysith B, Kariya T, Saw YM, Hamajima N. Trends and risk factors for infant mortality in the Lao People's Democratic Republic. *Sci Rep.* 2020 Dec 10;10(1):21723.
2. Inthaphatha S, Yamamoto E, Louangpradith V, Takahashi Y, Phengsavanh A, Kariya T, Saw YM, Hamajima N. Factors associated with postpartum depression among women in Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic: A cross-sectional study. *PLoS One.* 2020 Dec 4;15(12):e0243463.
3. Inthaphatha S, Louangpradith V, Xiong LI, Xiong V, Ly L, Xaitengcha V, Phengsavanh A, Hamajima N, Yamamoto E. Menstrual health and factors associated with school absence among secondary school girls in Luang Prabang Province, Lao People's Democratic Republic: A cross-sectional study. *PLoS One* (in press).

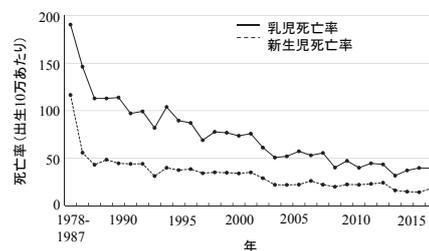


図1 年代別の生存曲線

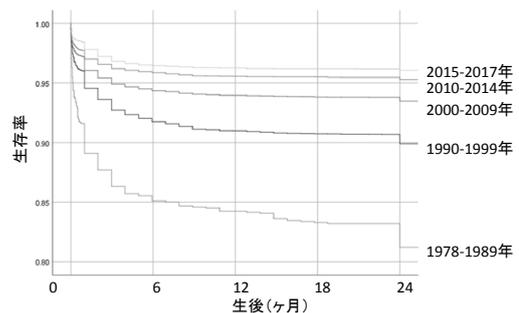


図2 年代別の生存曲線の比較

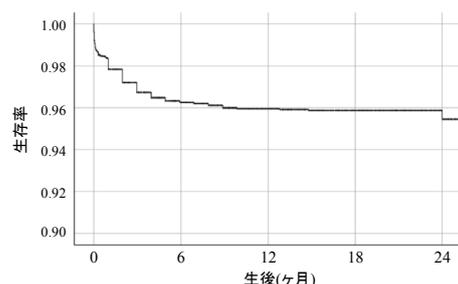


図3 生後2年までの生存曲線

## ● プレスリリース ●

# 抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症には 細胞傷害性 CD4 陽性 T 細胞が関与する

名古屋大学大学院医学系研究科 糖尿病・内分泌内科学

安田 康紀、岩間信太郎、有馬 寛

## 背景

がん免疫療法として免疫チェックポイント阻害薬 (ICIs) の使用が拡大しているが、自己免疫の関与が示唆される免疫関連有害事象 (irAEs) の発生が問題点となっている。我々は、2015年11月より名古屋大学医学部附属病院において ICIs を使用する全患者を対象に内分泌 irAEs の特徴を解析する前向きコホート研究を行っており、抗 PD-1 抗体による甲状腺機能異常症 (甲状腺 irAE) の発症頻度が高いこと、抗 PD-1 抗体投与前の甲状腺自己抗体 [抗サイログロブリン (Tg) 抗体または抗甲状腺ペルオキシダーゼ (TPO) 抗体] 陽性が甲状腺 irAE の高リスク因子となること (Kobayashi T, et al., J Endocr Soc 2018. Okada N, et al., Br J Cancer 2020)、甲状腺 irAE 発症者は非発症者と比し生命予後がよいことを報告した (Kobayashi T, et al., J Immunother Cancer 2020)。また、抗 Tg 抗体が甲状腺 irAE 発症の独立リスク因子であることも明らかにした。しかしながら、甲状腺 irAE の発症機序は明らかではないことから、本研究では抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎のマウスモデルおよび甲状腺 irAE を発症した患者の血液検体を用い、発症機序について解析した。

## 研究方法・成果

### 1. 抗 PD-1 抗体による破壊性甲状腺炎マウスモデルの作製とリンパ球分画の動態解析

CBA/Jマウスに抗 PD-1 抗体 (PD-1 群) またはラット IgG (コントロール群) を投与した結果、甲状腺に炎症は認められなかったが、予め Tg 蛋白を免疫した後に抗 PD-1 抗体 (Tg+PD-1 群) またはラット IgG (Tg 群) を投与した結果、Tg+PD-1 群においてリンパ球浸潤および著明な甲状腺濾胞構造の破壊を伴う破壊性甲状腺炎が誘導された (図1)。次に、本マウスの甲状腺およびその所属リンパ節である頸部リンパ節において、フローサイトメトリー (FCM) により T 細胞分画を解析した結果、活性化 T 細胞分画であるセントラルメモリー (CM) T 細胞とエフェクターメモリー (EM) T 細胞の割合が Tg 群に比し Tg+PD-1 群で有意に高いことが示された。そして、CD4 陽性 CM および EM T 細胞において PD-1 の発現が認められた。一方、CD8 陽性 CM および EM T 細胞の割合は両群間で差が認められなかった。Tg を予め免疫したマウスにおいて抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症が認められたことおよび上記リ

ンパ球分画の動態から、Tg 免疫により誘導されたメモリー T 細胞が抗 PD-1 抗体投与により活性化することで破壊性甲状腺炎が発症する可能性が示唆された。

### 2. 抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎マウスモデルにおける PD-L1 発現の解析

PD-1 のリガンドである PD-L1 は T 細胞の活性化を負に調節することが知られている。本マウスモデルを用い、Tg 免疫後かつ抗 PD-1 抗体投与前の甲状腺と頸部リンパ節における PD-L1 発現を FCM と免疫染色で解析した。その結果、マクロファージ、樹状細胞、ナチュラルキラー細胞、B 細胞および甲状腺濾胞細胞で PD-L1 の発現が認められた。一方、コントロール群では PD-L1 の発現は認められなかった。すなわち、抗 PD-1 抗体投与前においては、Tg 免疫によって誘導されたメモリー T 細胞に発現した PD-1 とマクロファージを含む炎症細胞に発現した PD-L1 との相互作用により T 細胞の活性化が抑制されていたと考えられた (図2左)。この状態に対して抗 PD-1 抗体が投与された結果、メモリー T 細胞の抑制が阻害され、破壊性甲状腺炎の発症に繋がったと考えられた (図2右)。

### 3. 細胞傷害性 CD4 陽性 T 細胞の関与

抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症に重要なリンパ球分画を解明する目的で、抗 PD-1 抗体投与前に CD4 陽性 T 細胞、CD8 陽性 T 細胞または CD20 陽性 B 細胞をそれぞれ除去する実験を行った。その結果、CD4 陽性 T 細胞の除去により抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症が完全に抑制され、CD8 陽性 T 細胞の除去では部分的に抑制された。一方、CD20 陽性 B 細胞の除去では破壊性甲状腺炎の発症は抑制されなかった。また、甲状腺に浸潤した CD4 陽性 T 細胞における細胞傷害性蛋白グランザイム B の発現および甲状腺濾胞細胞における MHC クラス II の発現が認められた。さらに、抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎を発症したマウスの頸部リンパ節から CD4 または CD8 陽性 T 細胞をそれぞれ採取し、放射線照射された CBA/J マウスへ移植した結果、CD4 陽性 T 細胞が移植されたマウスでのみ甲状腺濾胞構造の破壊が認められた (図3)。以上より、抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症には CD4 陽性 T 細胞が必須であること、CD4 陽性 T 細胞は甲状腺濾胞細胞に対して直接的な細胞傷害作用を示すことが明らかになった。

#### 4. 甲状腺 irAE 発症患者の末梢血単核球における細胞傷害性 CD4 陽性 T 細胞の同定

最後に、抗 PD-1 抗体（ニボルマブまたはペムブロリズマブ）によって甲状腺 irAE を発症した患者の末梢血単核球を FCM で解析した結果、細胞傷害性マーカー CD27 陽性の CD4 陽性 CM および EM T 細胞の割合が甲状腺 irAE 発症群において非発症群と比し、それぞれ有意に高いことが明らかとなった。本結果より、ヒトの甲状腺 irAE の発症においても細胞傷害性 CD4 陽性 T 細胞の関与が示唆された。

#### 研究結果のまとめ

本研究では、抗 PD-1 抗体による irAEs 動物モデルとして破壊性甲状腺炎マウスモデルを開発した。Tg 免疫により生じた CD4 陽性 CM および EM T 細胞は、抗 PD-1 抗体投与前ではマクロファージを含む炎症細胞および甲状腺濾胞細胞に発現する PD-L1 により抑制されているが、抗 PD-1 抗体の投与によってその抑制が解除されることで破壊性甲状腺炎が発症する可能性が示唆された。本結果は、甲状腺自己抗体を有する患者において甲状腺 irAE の発症率が有意に高いという我々の臨床データを支持するものであり、実際に甲状腺 irAE 発症者の末梢血において細胞傷害性 CD4 陽性 T 細胞の増加が認められた。そして、抗 PD-1 抗体誘発破壊性甲状腺炎の発症は CD4 陽性 T 細胞の除去により抑制されること、CD4 陽性 T 細胞は甲状腺濾胞細胞に対して細胞傷害性を示すことが明らかとなった。以上より、予め存在する Tg 応答性 CD4 陽性メモリー T 細胞が抗 PD-1 抗体の投与により活性化し、甲状腺に対して直接的な細胞傷害作用を示すことが、抗 PD-1 抗体による甲状腺 irAE の発症機序と考えられた。

#### 今後の展望

甲状腺 irAE は抗 PD-1 抗体による有害事象であるが、その一方で、甲状腺 irAE 発症者は非発症者と比し抗腫瘍効果が優れていることを我々は報告している。本研究により抗 PD-1 抗体による甲状腺 irAE の発症機序が明らかになったことから、今後は irAEs の発症と抗腫瘍効果の発現との関連が解明されることが期待される。また、内分泌 irAEs の中には、重篤な転帰となり得る下垂体機能障害や 1 型糖尿病の発症も報告されていることから、本研究成果が他の irAEs の発症機序の解明に繋がることも期待される。

#### 発表論文

雑誌名：Science Translational Medicine  
タイトル：CD4<sup>+</sup> T cells are essential for the development of destructive thyroiditis induced by anti-PD-1 antibody in thyroglobulin-immunized mice  
著者：Yoshinori Yasuda<sup>1</sup>, Shintaro Iwama<sup>\*1</sup>, Daisuke Sugiyama<sup>2</sup>, Takayuki Okuji<sup>1</sup>, Tomoko Kobayashi<sup>1</sup>, Masaaki Ito<sup>1</sup>, Norio Okada<sup>1</sup>, Atsushi Enomoto<sup>3</sup>, Sa-

chiko Ito<sup>2</sup>, Yue Yan<sup>2</sup>, Mariko Sugiyama<sup>1</sup>, Takeshi Onoue<sup>1</sup>, Taku Tsunekawa<sup>1</sup>, Yoshihiro Ito<sup>1,4</sup>, Hiroshi Takagi<sup>1</sup>, Daisuke Hagiwara<sup>1</sup>, Motomitsu Goto<sup>1</sup>, Hidetaka Suga<sup>1</sup>, Ryoichi Banno<sup>1,5</sup>, Masahide Takahashi<sup>3</sup>, Hiroyoshi Nishikawa<sup>2,6</sup>, Hiroshi Arima<sup>1</sup>.

※ Corresponding author.

所属：<sup>1</sup>Department of Endocrinology and Diabetes, Nagoya University Graduate School of Medicine, Nagoya 466-8550, Japan. <sup>2</sup>Department of Immunology, Nagoya University Graduate School of Medicine, Nagoya 466-8550, Japan. <sup>3</sup>Department of Pathology, Nagoya University Graduate School of Medicine, Nagoya 466-8550, Japan. <sup>4</sup>Department of CKD Initiatives/Nephrology, Nagoya University Graduate School of Medicine, Nagoya 466-8560, Japan. <sup>5</sup>Research Center of Health, Physical Fitness and Sports, Nagoya University, Nagoya 464-8601, Japan. <sup>6</sup>Division of Cancer Immunology, Research Institute/Exploratory Oncology Research and Clinical Trial Center (EPOC), National Cancer Center, Tokyo 104-0045, Japan.

DOI : 10.1126/scitranslmed.abb7495

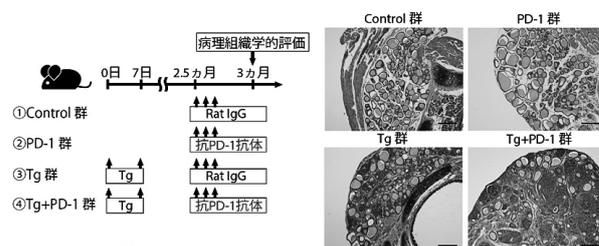


図 1 Tg免疫後の抗PD-1抗体投与により破壊性甲状腺炎が誘導される

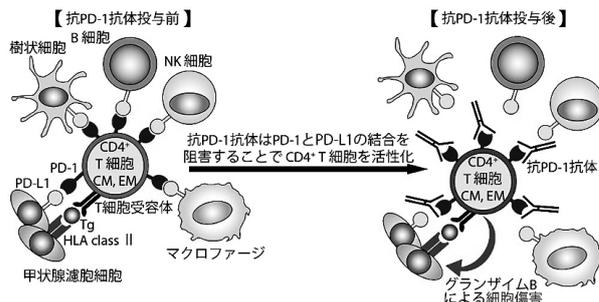


図 2 抗PD-1抗体の投与によりCD4陽性メモリーT細胞が活性化し、甲状腺濾胞細胞を直接傷害する

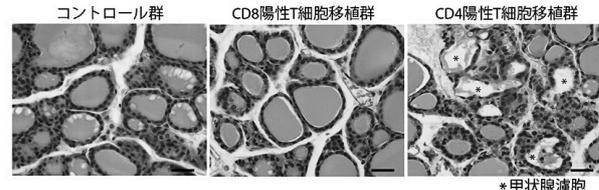


図 3 抗PD-1抗体誘発破壊性甲状腺炎マウス由来CD4陽性T細胞の移植によりレシピエントマウスの甲状腺濾胞構造が一部破壊される

+ + 臨床教授のひとこと + + + + + + + + + +



## Artとしての医学教育

トヨタ記念病院 おぐち ひでのり  
小口 秀紀

私は1985年に名古屋大学を卒業し、1年間の初期臨床研修終了後に大垣市民病院に勤務しました。大垣市民病院は当時も極めて多忙で、過酷でした。当時の産科部長は、臨床の指導だけでなく、臨床研究にも熱心でした。当時は臨床の合間に徹夜で学会発表の準備をすることは大変でしたが、今では心より感謝しています。大垣市民病院で4年間勤務した後、名古屋大学産婦人科の医局に帰局しました。

名古屋大学では吉川史隆前教授の下で研究を始めました。吉川前教授は当時米国の国立がん研究所(National Cancer Institute; NCI)から帰国されたばかりで、知識も豊富で極めて論理的である反面、人間性も素晴らしく、理想的な指導者でした。吉川前教授の紹介で、私も1992年にNCIの研究員(Visiting Scientist)として4年間の米国留学を経験しました。留学先の研究室には世界中から多くの研究者が入り込んでいました。この留学のおかげで多くのことを学び、自分の人生観は大きく変わりました。日本を出て多くの外国人と交流することで、俯瞰的かつ多面的に物事を見られるようになったと思っています。吉川前教授には心より感謝しています。

その後1997年より現在のトヨタ記念病院産婦人科で臨床教育を行いながら臨床に励んできました。当時の卒業後教育は日本語での学会発表、論文発表を経て、国際学会や英語の論文発表の順番で学ぶのが一般的でした。その後海外留学を希望する研修医が増えたことあり、世界を目指すScientistを育成するという目標で人材を育成行うようになりました。そのため2014年より初期臨床研修から国際学会や英語の論文発表を目指すプログラムに変更しました。特に日本人は英語のプレゼンテーションの機会が極めて少なく、積極的に国際学会にも参加するようになりました。2016年以降に当院の産婦人科から大学院に進学した7人中5人が海外留学しています。現在同じ目標を持った6人の人材を育成中です。今年8月に自然科学系の注目度の高い論文数の国際比較が

発表されました。10年前は5位であった日本は、インドに抜かれて過去最低の10位となり、日本の研究活動の国際的地位が急速に低下しています。世界を目指すScientistの育成は極めて重要な課題で、若手の医師は世界を目指してほしいと思います。

その一方で、1997年以降26人の人材を育ててきましたが、関連病院の部長として活躍できたのは3人であることに気がつきました。産婦人科の大学院では、周産期、腫瘍、生殖医療、女性医学の4分野でそれぞれの専門性を追求しています。このため、大学生活が長くなると、専門分野以外への臨床能力が低下します。産婦人科の関連病院では、4分野のすべての臨床能力を備え、女性のライフスタイルに合わせて、適格な治療選択を行い、高度な手術を行う必要があります。大学院に進むと極端に手術の件数が減り、臨床能力の低下に懸念を抱く大学院生もいます。大学院大学になったことで、学位論文の質が上がったのは名古屋大学にとって極めて重要なことです。しかし、米国では、臨床教育担当の教授もおり、決して臨床を軽視していません。医学研究者がその他の研究者と比較して優位なのは、広い臨床知識の基に俯瞰的に研究を行える点だと感じており、臨床と基礎研究の両者を充実させることで多くの業績が生まれます。名古屋大学もいずれは米国のように臨床教育も重要視する必要性に迫られると思っています。それまでは、梶山広明教授の指導のもとに大学院生の臨床能力の維持を目指したプログラムを作成したいと思っています。

ロシアの文豪トルストイは「芸術(Art)とは自分の味わった気持ちを他の人に伝えて、他の人がその気持ちに感染してそれを感じるようになるという人間の働きであり、時代を超えてその気持ちを味わえるようにすることにArtの務めがある。」という言葉が100年前に残っています。医学教育もArtであり、自分の気持ち(臨床や研究の知識や技術)を次世代の医師に、時代を超えて伝えられればと思っています。

## 名古屋大学での6機関合同職域接種について

名古屋大学医学部附属病院 中央感染制御部

やき てつや  
八木 哲也

新型コロナウイルス感染症（COVID-19）の流行の第5波がようやく沈静化しそうなどころである（この原稿を執筆している9月23日現在）。この感染症に対する対策の中で最も重要なものの一つが、ワクチン接種であることは論を待たない。mRNA ワクチンというこれまでにない新しいデザインのワクチンも含めいくつかのワクチンが開発され、現在我が国でも接種が進められている。

名古屋大学医学部附属病院は、今年のCOVID-19の流行開始時よりこの地域でのCOVID-19診療の最後の砦として、愛知県内の重症例を中心とした患者診療を実施してきている。昨年10月から開設されたコロナ専用病院としての愛知病院の立ち上げから関わり、医師派遣等でも貢献している。愛知県や名古屋市の対策会議や入院医療施設の割り振りなど感染対策の地域連携にも協力している。それに加えワクチン接種では、愛知県からの委託により今年の3月より医療従事者向け（院内と院外）の接種を開始し、6月からは愛知県営名古屋空港での大規模接種に問診医の派遣の協力を実施してきた。国内でワクチン接種が加速される中、本年6月に愛知県から住民向けの「集団接種会場」として東山キャンパスの豊田講堂を利用したいとの打診があり、大学として前向きに検討したが、県による自治体間調整に時間がかかり、「集団接種会場」としての指定が先送りとなったため、県とも協議し、文部科学省の「大学拠点接種」の枠組みに方向転換した。大学拠点接種では、名古屋大学以外にも近隣の南山大学、中京大学、名城大学、名古屋工業大学、豊田工業高等専門学校に呼び掛けて学生を中心に職員も含めて接種を行う事となった。7月12日から9月9日にかけて、1日6時間で1,000人から1,500人、合計約40,000人（80,000回）接種しようという試みだ。受付から問診、接種、接種証明書発行、そして接種後の経過観察の動線の策定や基本的な接種計画の枠組みは、本学の総務課及び施設課を中心に構築し、会場設営や運営、人材派遣業務を外部業者に委託することになり、名大病院も全面的に協力することとなった。ワクチンの保管管理、シリンジ詰め作業管理、問診及び接種業務、そして副反応発生時の対応などを名大病院職員が受け持つこととなった。

ワクチン管理は薬剤部職員が中心となって行い、温度管理や途中問題となった異物混入に注意をしながら、委託業者から派遣された方々とも協力して作業を進めた。問診医は各診療科及び基礎系教室の医師より応援医師を派遣してもらった。当初は3人でスタートしたが、1日1,500人の接種を行うには4人必要という事になり、追加で医師派遣に協力を要請し柔軟に対応して頂いた。また、問診医の休憩時間確保のために本学の保健管理室、理学研究科及び環境医学研究所の医師免許を持つ先生方並びに連携大学の学校医にも応援を仰いだ。接種可能かどうか迷う場合は、名大病院の感染制御チームのメンバーに連絡し解決できるようした。接種には、歯科口腔外科の先生方や看護師の方々が参画した。ワクチンの副反応時の対応はもっとも気を使った点である。救急科の先生方にもお願いし、必要な物品や薬物を準備し、接種後の経過観察エリア近くに、6床の救護室を設置した（2回目接種から8床に増）。アナフィラキシーなどの対応で必要な場合は、日赤愛知医療センター名古屋第二に協力要請し、緊急の場合には受け入れをお願いした。またいざという時に、すぐ患者搬送ができるように民間救急車を1台確保して待機してもらった事とした。一方病状に余裕がある場合には、名大病院の救急外来を受診してもらった事とした。実際には接種後に救護が必要であったのは延べ426回で、うち日赤への搬送が13例、名大病院への搬送が14例あった。心配されたアナフィラキシーなどの事例は少なかったが（それでもアドレナリン投与を2回行わなければならないような事例も1例あった）、若い学生さんが接種の中心であり迷走神経反射による要救護事例が多かった。

とにかくこれまでに前例のない試みであり、問題が生じればその都度対応し対策を修正しながら、多くの方々の協力のもと何とか総勢34,454人、計68,824回のワクチン接種を無事終えることができた。この地域でのCOVID-19対策の一つとして大きな貢献ができたと考える。この大規模ワクチン接種にご協力いただいた皆様にご心より感謝申し上げたい。

## 接種会場の様子



①入口（消毒）



⑤接種所（5ブース）



②受付・検温（大学毎にレーンを区分）



⑥証明書発行・予診票回収



③予診票確認



⑦待機観察エリア（待機15分と30分を区分）



④予診所（4ブース+予備1ブース）



⑧救護室（8ブース）

# 名古屋発:飛沫を防ぐ内視鏡検査マスク[e-mask] 開発実装 「内視鏡検査時の簡便・安価・使い捨て・実用的な飛沫感染予防マスク」 ～with / post コロナパンデミックでの新しい安全な内視鏡検査スタイルを目指して～

佐藤 和秀<sup>1,2,3,4</sup>、古川 和宏<sup>5</sup>、岡地祥太郎<sup>3</sup>

1.名古屋大学高等研究院(S-YLC) 2.最先端イメージング分析センター/医工連携ユニット(名古屋大学B3ユニット)  
3.名古屋大学大学医学部附属病院呼吸器内科 4.FOREST(創発的研究)、CREST、JST  
5.名古屋大学大学医学部附属病院消化器内科

## 1. はじめに

呼吸器気管支鏡・上部消化管内視鏡・鼻咽頭PCR/抗原検査(スワブ検査)の検体採取の際に医療の現場で日常的に広く使える、患者さんの側で使用する検査用飛沫防止マスク(e-mask;内視鏡検査時の簡便・安価・実用的な飛沫感染予防マスク)(図1)の開発と事業化に成功した(スケケン[Kenz e-mask])。飛沫遮断効果を高感度カメラで実証済みであり(図2)、アメリカ胸部疾患学会(ATIS)の集中治療・呼吸器疾患の学会誌に掲載され、学術的にも高い評価を受けた<sup>1</sup>。With コロナ/Post コロナの新しい安全・安心な内視鏡検査・抗原検査スタイルの提案として、新防護具を開発実装し、標準予防策として医療現場に変革を促すことを目指している。30年後実現の未来革新技術ではなく、COVID-19に困っている現在にすぐ実装できる、医療現場で真に求められる簡便・安価・容易なものを念頭に置いて開発を遂行した。医療現場で使用されなければ意味がないため、特に胃カメラの検査保険点数(1140点)を基準に、その0.5%以下のコスト(1枚50円以下)を目標とした。

## 2. 背景

消化器・呼吸器・耳鼻科等の領域で行われる経口・経鼻内視鏡検査は、検査中に患者さんの咽頭反射や咳嗽反射により飛沫飛散が多いにもかかわらず、これまで標準予防策としての医療従事者の個人用防護具(personal protective equipment: PPE)のみであった。COVID-19感染症の爆発的な感染拡大をうけて、検査の縮小、延期を余儀な

くされ、適切な診断・治療が脅かされる事態も発生した。本状況を鑑み、これら未知・既知の感染症を検査中に防ぐ新概念の技術開発が求められていた。そもそも、医療従事者を脅かす飛沫飛散は患者さんの鼻・口が発生源であり、その源を断つ方策が効率良いと考えられる。そこで発想の転換を行い、医療従事者側の防御策ではなく、患者さん側の飛沫飛散防止具の開発を着想した。医療従事者への暴露予防のみならず、環境暴露も防ぐことができ、患者さんへのメリットも充分であると考えられた。

## 3. “e-mask”開発①:産学連携

上記の背景のもと産学連携開発を目的に名古屋市内で実際にマスクを国内製造しているメーカーを探し打診を行い、共同開発をすすめた(COVID-19の感染爆発で出張もできず、越県は禁止されていた)。当時(2020年6月)のマスクメーカーは忙しく、最初から断られる勢いであった。本連携がうまく行ったのは、ひとえに大学院生であった安井裕智先生(現豊橋市民病院)、高橋一臣先生(現中部ろうさい病院)、滝俊一先生(現江南厚生病院)らの分かりやすい飛沫可視化模擬実験結果のおかげで、その動画を開発担当者が評価頂いたことが大であった。コストを抑えることを目的として、従来の3層構造サージカルマスクの製造ラインから大きく外れないように、繰り返し使用感やサイズ感をやり取りしつつ開発を行った。最終的には、マスクのプリーツを工夫し、内視鏡用のスリットと、その左右(どちらでも)から吸引をできるように吸引スリットを作成した構造と

なった。気管支鏡、消化器内視鏡のどちらでも使用できる内視鏡スリットサイズとした。マスクを顔の頭側にずらせば経鼻内視鏡でも対応できることを確認し、経口・経鼻の両用可能とした。

#### 4. “e-mask” 開発②：飛沫予防効果実験

飛沫予防効果を高感度ハイスピードカメラで画像化し、e-maskの予防効果を検討した(図2)。マスク着用によって、明らかに飛沫がカットできていることがわかる。画像処理・定量には、医学部6年の深津紀暁氏に協力頂いた。

#### 5. “e-mask” 開発③：産学産連携

次にぶち当たった壁が、流通をどうするかである。マスクメーカーは病院とのやり取りがない。医療への適切な貢献をするには、流通ルートに乗せて過不足なく病院や診療所に供給する責任がある。“名古屋発”で完結するために、名古屋に本社のあるスズケン社に打診して興味を持っていただき販売にこぎつけることができた。本件は、メディカルイノベーション推進室(MIU)ユニットリーダーの小郷和彦氏に尽力いただいた。

#### 6. まとめと今後の展望

内視鏡検査時の簡便・安価・使い捨て・実用的な飛沫感染予防マスク：“e-mask”の開発実装を達成した(図1)。スズケン社から無事に2021年11月12日に発売となった<sup>2)</sup>。着想してから実装まで、山あり谷ありで様々な事があったが、全てが良い経験であり、我々の厨二病的?な情熱で実装まで行けたことをまずは評価したい。e-maskは「シンプル」さで優れており、Withコロナ、Postコロナでの経口・経鼻内視鏡検査(消化器・呼吸器・耳鼻科)、鼻咽頭スワブ検査や口腔・吸痰処置等での臨床現場での活用が期待される。今後の標準的なPPEとしてスズケン社と協力して普及を推進したいと考えている。学術的には、着用の忍容性や安全性をさらに評価して検査ガイドラインなどへの貢献を目指しており、その評価

データを投稿中である。

最後に、本件は様々な方々の協力で達成できた。サポートして頂いている先生方、大学院生の先生方、共同研究者・企業・大学知財関係者の方々に深く感謝申し上げる。

#### 参考文献

1. H, Yasui, et al. Am J Respir Crit Care Med. 2021 Sep 1;204 (5) :e56-e58.
2. <https://ssl4.eir-parts.net/doc/9987/announcement1/73560/00.pdf>



図1 1e-maskの概要 [Kenze e-mask]

2層不織布、中央電荷フィルターの3層マスク構造で、ブリーツが工夫されており、中央に十字型の内視鏡挿入スリットと左右に×印の吸引チューブ挿入スリットがある。経口でも経鼻でも使用可能である。

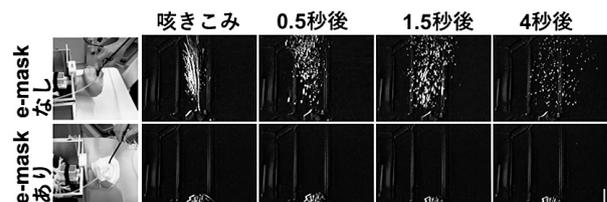


図2 高感度ハイスピードカメラによる飛沫予防効果評価

超高感度カメラで飛沫を画像化したところ、e-maskは顕著に飛沫を予防できることがわかる。画像解析定量でも有意に予防できることが明らかとなった。