

えんじにあ
Ring

No.420
2019.OCTOBER

-特集-

私のEureka!

あの研究にこんなドラマが



Faculty, Graduate School and School of
ENGINEERING
Hokkaido University
北海道大学
大学院工学研究院 / 大学院工学院 / 工学部

私の Eureka!

研究にかけた1秒が
そのまま1歩の前進につながるとは限りません。
立ち止まり、途方に暮れることもあります。

そして、「何か」を見つけるのも一瞬です。
そんなとき、研究者は何を思うのでしょうか。

古代、アルキメデスが浮力を発見したときに
叫んだと言われる「Eureka!」。

北大・工学研究院の
研究者の「Eureka!」をお伝えします。

実験から生まれた謎の物質 赤く光る白色粉体の正体は？

私の専門は錯体光化学です。錯体とは、金属と有機分子が結合したものを指します。私はこれまで大阪と京都および奈良で研究活動続け、2010年4月に北海道大学工学研究院に着任しました。そこで新たに会ったのが「配位高分子」です。一般の高分子は有機分子同士が強く結合しているのに対し、配位高分子は金属イオンと有機分子がゆるやかに結びつき、それが単一分子ではなく高分子になっていた点が非常に新しい発見となりました。

それは実験を行っていた学生の偶然の発見から始まりました。当初は特殊な構造の希土類錯体(希土類イオンのまわりに有機分子を取りつけた単一分子で、美しい発光を示す)を合成する予定でしたが、あるとき有機溶媒に全く溶けない物質ができてしまいました。そこから得られた白色粉体は、赤色によく光るが構造がわからない。謎の物質を作ってしまったのです。



工学・理学の連携で謎を解明 従来の常識を覆す新発見!

通常なら謎の物質はお蔵入りですが、あまりにも強く赤色に発光する白色粉体が気になった私は、その構造を調べるために北海道大学理学研究院の加藤昌子教授にご相談し、液-液拡散法という単結晶作成方法を教えてもらいました。

この結果こそがまさにEureka! できた結晶の中では希土類錯体が手をつないで規則的に並んだ配位高分子を形成していたのです。

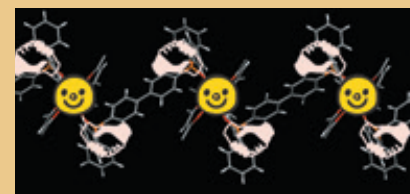


図1 希土類イオン(顔部分)と有機配位子が結合(握手部分)して、長いポリマー構造を形成している。
Figure 1: Formation of polymer structure constructed by connection (handshaking) between lanthanide ions (face) and organic ligands.

分子たちが手をつないでいた! ～希土類配位高分子の発見～

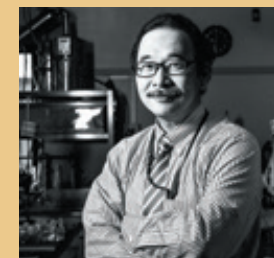
Molecules connected both hands!
- Discovery of lanthanide coordination polymer -

01

企業も熱いまなごしを注ぐ 「カメレオン発光体」

謎の物質から転じた、新しい「希土類配位高分子」は現在、その発色を活かして化粧品のネイルやカラオケハウスのインテリアなど皆さんの身近なところで活用されています。また、温度によって色が変わる特性にも着目し、熱に強く温度センサーにもなる「カメレオン発光体」(図2)を作ることに成功しました。これらの研究成果は、多くのメディアに紹介されています。

この希土類配位高分子の研究は8年目を迎え、今も進化しています。最新のディスプレイや発光印刷ポスターなど企業連携による応用展開と並行し、食物の成長を促す光として北大のロバスト農林水産工学研究にも参加しています。いい意味で“なんでもあり”の材料と出会うことができ、これからも学生や企業と一緒に研究開発そして応用を楽しんでいきたいと考えています。



応用化学部門
先端材料化学研究室
教授
長谷川 靖哉

PROFILE
出身高校 / 愛知県一宮高校
研究分野 / 光化学
研究テーマ / 希土類光化学
研究室ホームページ
<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/amc/index.html>

HASEGAWA Yasuchika
Professor
Laboratory of Advanced Materials Chemistry
Division of Applied Chemistry

PROFILE
High school: Aichi Prefectural Ichinomiya High School
Research field: Photochemistry
Research theme: lanthanide photochemistry
Laboratory HP:
<http://www.eng.hokudai.ac.jp/labo/amc/index.html>

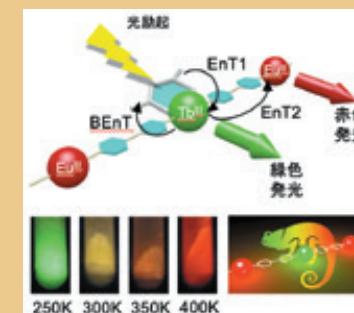


図2
カメレオン発光体:光誘起エネルギー移動における活性化エネルギーの存在を証明
Figure 2: Chameleon luminescence: the first observation of activation energy on photo-induced energy transfer process.

思い通りにならないときこそ
Eureka!の入口にいる。

「できるまであきらめない」

突破の秘訣は

02

位相の公式奮戦記

Play with phase



応用物理学部門
数理物理学研究室
准教授
浅野 泰寛

PROFILE

出身高校／愛知県立中村高校
研究分野／物性物理学
研究テーマ／超伝導現象論
研究室ホームページ
<http://subutu-ap.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

ASANO Yasuhiro
Associate Professor

Laboratory of Mathematical Physics
Division of Applied Physics

PROFILE

High school : Aichi Prefectural Nakamura High School
Research field : Condensed matter theory
Research theme : Phenomenological theory of superconductivity
Laboratory HP :
<http://subutu-ap.eng.hokudai.ac.jp/index.html>

次元がない＝量がわからない 困った存在「位相」が相手

「物理量の次元」と聞いてうんざりするならば、それはあなた様が健康な証拠です。でも駅までの距離をメートルで測れないと不動産屋さんは商売あがったり。挽肉の量をグラムで表せないとハンバーグの大きさが分からないし、時間を秒で数えられないとオリンピックは出来ません。実は「距離」「質量」「時間」は物理量の基本次元で、これらが絡まって速度だとかエネルギーの様な物理量の次元ができています。実際、人の歩く速度を決めると「駅まで徒歩5分」のように時間を使って距離を表せるので、不動産屋さんも安心です。ところが、そうはいかない物理量があって「位相」がそのひとつです。次元がないと困るのが、その量が大きいのか小さいのか分からず、物の運動にどう影響するのか直感が働かないことです。

幸いなことに、位相のスゴさが目で見える例があります。光(フォトン)は量子力学的粒子ですが、毎日目にする太陽光は粒子ごとに「位相」がバラバラの光です。それとは別に、レーザーポインタのレーザーは「位相が揃った」光なのです。太陽光のフォトン電子にしたのが普通の金属状態で、レーザーのフォトン電子(より正しくは電子対)にしたのが超伝導だと言えます。そして超伝導の「位相」が露骨に現れたのがジョセフソン効果という現象です。不思議なことに2つの超伝導体の位相に差があると、電位に差がなくても電流が流れてしまうのです。私はこの「なんかスゴイ」現象に惹かれました。



正しい結果は美しい 三重項対称性の超伝導体に挑む

超伝導体の種類は、「対称性」という言葉を使って大きく二つに分けることができます。普通の金属は「一重項対称性」と呼ばれる普通の超伝導体に属し、ごく普通のジョセフソン効果を示します。このジョセフソン電流を表現する公式は、20世紀に様々な人によって導かれてきました。最も汎用性が高く美しい公式は、私と同世代のある日本人研究者が、なんと学生のときに導いていました。彼は間違いなく「持っている人」です。私たち理論物理学を専攻する者にとって大事なのは結果の美しさです。なぜなら、正しい結論は数学的に美しいからです。北大に来て、人生をかける課題を探していた

私は、残ったもう一つの「三重項対称性」の超伝導体に適用できる電流公式を導いたらどうだろう?と、ふとおもいました(「一」と「三」があっても「二」はありません、あしからず)。当時「三」の超伝導体はほとんど発見されておらず、ひらたくいえばキワモノ。それでも以前に「持っている人」がやった議論を簡単に拡張できると思っていました。ところが…関は深かった。「持っていない」私は、ノートに何ページも続く計算式の列と格闘する事になりました。昼は書き損じの計算用紙に埋もれ、夜は泥のように眠る日々を繰り返し、半年はすぐ過ぎました。あるとき、保存則を駆使すれば良いことに気づき、光明が差し込みました。実際に適用してみると、複雑に見える数多くの項が綺麗にまとまるではありませんか!当時の私に十分な教養があれば、

「Eureka!」と言えたかも知れません。しかし、「#%&=?KH%\$@*_!»でした。(気持ちを表しています、すみません。)

その後の研究で、「三」の超伝導体は、私が想像していたよりずっと豊かな性質を示す事が分かりました。現在の研究課題もその延長上にあります。私はどうやらキワモノに魅入られるようで、今は「奇周波数電子対」という奴を調べています。この「奇」という漢字のただならぬ雰囲気がとても気に入っています。

さて、「三」の超伝導体を使うと量子コンピュータが出来るそうで、2010年頃から急にその方面の研究が盛んになりました。多くの人が参入すれば、もはやキワモノにはなりません。ですから、次のキワモノ探しにいそしむ地味な日々を送っています。

「やってみないとわからない！」 失敗の先に踏み出す意欲を大切に。

03

「3本の柱」が救った 絶体絶命のピンチ！

「この開発はもう将来がないだろうね」——。今から20年前、ある大手造船会社でひとつの技術開発が座礁しかかっていました。船舶のまわりを細かい泡で包み、抵抗を少なくして進みやすくすることで船舶燃料に依存せずに大幅な省エネを実現する空気潤滑法という技術でした。まるで小学生でも思いつくような発想ですが、実際のところは予想以上に困難続き。多額の研究開発費が泡と消え、設計者の熱意も徐々に失われていきました。

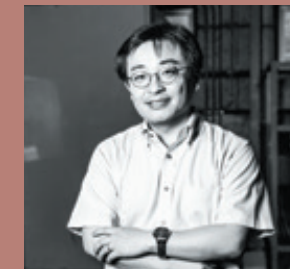
そんな出口が見えないなか、原子力や風力を専門とする一助手だった私に、その造船会社の部長から一本の電話が入ります。「造船学の技術史に残る恥にたくない。泡の専門家の助けが必要だ」とのことでした。それを聞いた私の研究人生はまさに面舵一杯、船舶の将来のために使うと決意しました。ところがです。1年に及ぶ実験は気泡によって壁面摩擦が増えるという最悪の事態に陥りました。造船会社には実験の不具合について言い訳を重ね、修論に追われる学生たちは頭を垂れる日々……。私自身も本業である原子力プラントの蒸気発生器の研究と、特殊な翼性能をもつ風力発電の研究を

再開し、研究費とメンタル両方のバランスを保つようにしました。

そんなある日、船舶、原子力、風車の3つの研究が私の頭の中で混線を起こし、妙な考えが浮かび上がってきました。船舶用の気泡発生装置に、風車で使う翼を使い、なおかつ原子力で知られる二相流の不安定現象を使うというものです。Eureka! それは「水中翼型気泡発生装置」と命名され、そこから一気に色々な実装設計案が沸き上がりました。3つの分野で異なる研究対象をもっていたがゆえにたどりつけた新境地、まさに研究の醍醐味を体感した瞬間でした。

地球にやさしい船舶をデザインする仕事 ～生き残りをかけた研究～

Design of marine vessels kind for the earth – Research for surviving –



エネルギー環境システム部門
流れ制御研究室

教授
村井 祐一

PROFILE

出身高校 / 石川工業高等専門学校
研究分野 / 流体工学
研究テーマ / 混相流
研究室ホームページ
<http://ring-me.eng.hokudai.ac.jp/~murai/index.html>

MURAI Yuichi
Professor

Laboratory for Flow Control Division of
Energy and Environmental Systems

PROFILE

High school : National Institute of Technology, Ishikawa College
Research field : Fluid Engineering
Research theme : Multiphase Flow
Laboratory HP :
<http://ring-me.eng.hokudai.ac.jp/~murai/index.html>

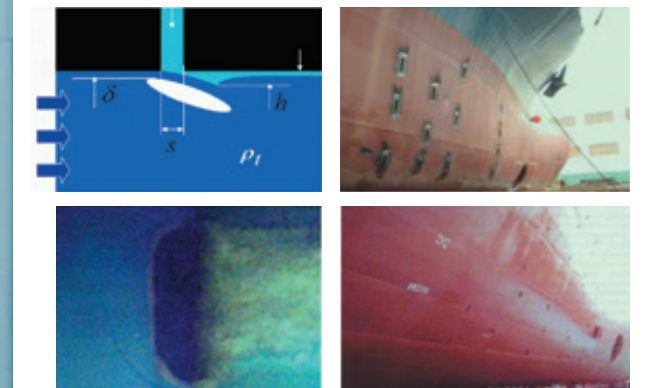


図1 水中翼を配列してマイクロバブルを発生
Figure 1 : Microbubble generation by an array of hydrofoils.

温暖化ガス輩出削減の 面舵を取る日本の造船技術

この水中翼型気泡発生装置(図1)は、船が前に進むと翼の上に勝手に空気が入り込み、翼がつくる流線どおりに下流に運ばれるというものです。NEDOのプロジェクトで大型船舶に

本装置を多数装着した結果、最大で14%の省エネを記録し、現在公開されている空気潤滑法の中で世界最高性能の座を保っています。

海上試験も徐々に拡大し(図2)、この技術は今、日本発の造船革命として世界で急成長しています。開発を促す最大の駆動力は、地球共通課題である温暖化ガス排出削減です。日本、中

国、韓国の3カ国が造船業の90%のシェアを占めるなか、日本の技術が省エネに寄与する海運業の面舵を取っている。というわけで最後は冒頭と真逆の言葉で終わりたいと思います。「この開発には造船学の将来がかかっている」。



図2
大規模化する海上試験～釣船→客船→
貨物船→大型コンテナ船
Figure 2 : Sea-trials from a fishing boat
to a large container carrier.

北工会綱引き大会～事務部優勝までの道のり～ 出場選手を求めて①

綱引き大会優勝プロジェクト



工学系事務部
教務課国際企画事務室
佐川 浩太
出身地：札幌
趣味：YouTube、海外ドラマ鑑賞
座右の銘：時は金なり

北工会綱引き大会は毎年1月にコース対抗で開催されており、北工会会員なら誰でも参加出来ます。事務部は昨年度、16チーム中4位と健闘しましたが、例年学生さんに圧倒され、優勝を逃し続けています。今年度はより強力な選手を率いて、優勝を目指します！

日々の業務

私は、主に国内外からの表敬訪問対応、部局間交流協定やダブル・ディグリー等の国際交流協定、JICA事業の留学生受入れに関する手続き、私費留学生の奨学金等を担当しています。大学内の関係部署との調整だけでなく、外部機関や海外大学と連絡をすることが多いので、できるだけ迅速に対応できるよう心掛けています。

北大工学部の魅力

工学院・工学部では、世界50ヶ国からの留学生が在籍しており、多様性のある環境で学べることが魅力です。工学院には、講義や研究指導、修士・博士論文の作成等がすべて英語で行われる「e³プログラム」があり、日本人学生も参加することができます。また、交換留学、インターンシップ等の様々な留学プログラムがありますので、積極的にチャレンジして自分の可能性を広げてほしいと思っています。

日々の体力作り及び綱引き大会への抱負

テニス、ゴルフなどのスポーツをして体力の維持に努めていますが、学生さんに体力は劣る分、チームワークとテクニックを武器に、事務部全員、心を一つにして優勝目指して頑張ります。One for all, all for one!

建築学生の工学部トイレ探訪:男子編 「マトリックスに通じるドア」

工学部のおすすめスポット

この連載では、建築を専攻する学生が3回にわたり独自の視点で工学部内にあるトイレを紹介する。第1回目は、工学部の中でも（残念ながら）圧倒的人数を誇る男子学生がお送りする。

工学部の建物は増改築を繰り返してきており、トイレも立地によって新旧、個室数、間取りなど実に多種多様だ。私は気分によってそれらのトイレを使い分けており、中でもお気に入りにはL棟とC棟をつなぐ階段の隅にあるトイレだ（図参照）。古い洋館の絨毯を思わせる緋色のタイルが敷かれた階段脇のスペースに、そっと隠されたようにトイレがある。間取りも変わっていて、手洗い場とトイレが中央にある壁によって仕切られており、リニアな配置によるタイトな空間も魅力的だ。映画・マトリックスでは、ドアの向こうに異世界が広がっているシーンがよく出てくるが、このトイレにもそんなおもむきがある。このトイレでは、映画の世界に迷い込んだかのようなちょっとした非日常的な体験を味わうことができ、気分転換にはもってこいだ。

読者諸氏もこんな具合で工学部のトイレを探訪してみてはいかがだろうか？

（建築計画学研究室 坪内 健）



▲ドアを開けるとマトリックスの主人公・ネオがいるかもしれない(妄想)

発明を照らすのは好奇心 Curiosity brings the light to invention

工学部発のア・レ・コ・レ



工学研究院応用物理学部門
量子機能工学研究室
教授 Wright Oliver Bernard
研究分野：音響物理学
研究テーマ：新規音響メタマテリアルの開発

何かにつまずいて、“こんな道具があれば…”と思うとき、正にその瞬間、あなたは発明の半分以上をしているのです！何故って、発明は必要性を満たすことですから。

1932年、米国のヘンリー・フィリップスは、マイナス（－）ドライバーを使ってそれまでのネジを止めると、ドライバーが滑って仕方がないと思っていました。そこで、彼はプラス（＋）ドライバーとプラス（＋）ネジを開発しました。

私の場合、長方形のエリアを均一に照らしながらも、環境に調和するライトをつくれないうか、そのために透明なデスクライトつくってはどうか、と考えることから始まりました。

最終的には、透明アクリル板を曲げて使うことで、プラム・サイエンス株式会社 (<http://plumscience.co.jp>) から販売中のグローワイド・デスクライトを開発しました。

また、長方形エリアを均一に照らすために、光ファイバーを使用しました。デスクライトのベース部分内にあるLEDからの光は、透明板の中を通り、カーブ状の場所を通過し、先端から出ていきます。重なった光がデスク上を非常に均一に照らすように、先端の形を工夫し、光を二方向に出しました。

新たな道具探しを楽しめる人には、良いものを開発できる可能性が存在しているのです。



▲グローワイド・ウッド デスクライト

ENER NETWORK

注目の話題をピックアップ



My year abroad at Hokkaido University

世界の大学から



Karin Boris
Hometown : Gothenburg, Sweden
Laboratory : Laboratory of Environmental System Research
Research field : Energy and environmental technology

My name is Karin Boris and I come from Gothenburg in Sweden. I'm studying the programme Energy-Environment-Management at Linköping University. The programme is a five-year engineering programme and combines knowledge in energy technology, mechanical engineering and industrial economics. The education fills a gap between the areas of energy, environment and management and the purpose is to gain knowledge of both the technology and the environment in which it is to be used.

I chose to study abroad for a year and Japan was my first choice because of the ancient traditions and beautiful nature. I arrived in Sapporo in September of 2018 and at first it was a bit overwhelming. The language barrier made everyday life hard and the living and studying culture was different from what I was used to. That was also the reason why I chose Japan because I wanted my year abroad



▲Canoeing in Jozankei



▲Visiting Okinawa

to be challenging to be able to develop on a personal level and become more independent. Now, after learning some basic Japanese and adjusting to the cultural differences, my daily life has become less stressful.

During my year here I have been fortunate to take interesting courses in several different areas such as material science, environmental system, heat transfer and fluid engineering. I have also been able to take courses that aren't offered at my home university which has been very exciting and beneficial. Outside of school I have gotten the chance to ski in the wonderful Japanese snow, eat the best food, travel to beautiful places and meet people from all around the world, earning memories for life.

Ring Headlines

Report

Ring Headline

1

来年こそは



▲実際に機体を飛ばすプラットホーム



▲当チームの牛柄の機体
(暑さ対策でプロペラと主翼部に保護がほどこされています)

7月末、本学工学部生をはじめとする学生チームNorthern Wingsも出場した鳥人間コンテスト2019が琵琶湖にて行われた。当チームの部員達も大会に向けて寝る間を惜しみ製作、テストフライトに励んできた。大会前日、この日は見事なまでの快晴であり炎天下の中最終準備に部員一同胸を躍らせて取り組んでいた。そして大会当日、全国の大学から機体が集結する中、悪夢もまた琵琶湖に到来した。台風である。川も同然な水流を成すほどの風が吹き荒れ肌に雨がしたたる。当チームはこの日の最後のフライト予定だったが翌日二日目の最後に延期された。二日

目、台風は過ぎ去り再び炎天下の中、未明から大会運営と共に飛べるタイミングを模索しながら待機し続けたが日が暮れるまでに飛ぶことは絶望的であり琵琶湖の空を飛ばすことは叶わなかった。

当チームでは毎年機体を一から作り直すため今年の機体は解体され、飛ぶことはない。しかし技術やデータとして次の代へ引き継がれ、改良されながら残り続ける。来年こそは、湖上で飛ばたかせようと今日もまた製作に励んでいる。

(人力飛行機製作サークル)

Report

Ring Headline

2

ジンギスカン、下で食べるか？ あいだで食べるか？

キャンパスの至る所がBBQで賑わう北大の夏。最大の面積を誇る工学部エリアでは、様々な楽しみ方がみられます。小雨が降る夕方、D棟の下では立食形式でBBQを楽しむ方々がいました。中央通り側へと続く芝



▲バイオメカニカルデザイン研究室の皆さん(7月・D棟の下にて)



▲人間機械システムデザイン部門の皆さん(8月・J棟とK棟のあいだにて)

※工学部では「工学系学生・教職員である、教育・研究活動を妨げない、火やゴミの始末をしっかり行う」を条件に自由なBBQが認められています。

生の広場が、爽快感を引き立てます。持ち上がった建物が屋根の役割を果たすため、夕立が心配な日はここが理想的かもしれません。

一方、J棟とK棟のあいだには、放課後、部門での懇親会を始める方々

の姿がありました。来年度は研究室が移転するため、イスを持ち出でのBBQは今年が最後となるそうです。くし状に並ぶ建物のあいだを煙が上っている風景が印象的でした。このほか、N棟の中庭も人気スポットです。

工学部エリアの多様な環境を活かし、節度を保って充実したジンパ・BBQのひとつときをお過ごしください。

(建築計画学研究室 大伏 玄泰)



Information

Ring Headline

3

2019年春の叙勲受章について

5月21日(火)に発表された令和元年春の叙勲にて、本学工学研究院に所属されていた、板内香次本学名誉教授及び伊藤獻一本学名誉教授の2名が、瑞宝中綬章を受章されました。本勲章は公務等に長年にわたり従事し、成績を挙げた方に授与されるものです。(総務課総務担当)

板内香次氏は、昭和39年3月北海道大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程を修了し、北海道大学工学部講師、助教授を経て同62年4月に教授に昇任し、平成14年3月に同大学を退職されました。その後、北海道学園大にて、大学院経営学研究科長を務められました。平成22年3月に同大学を定年退職するまで、両大学で46年間にわたり一貫して情報科学の教育・研究に尽力された他、学内情報基盤施設にも関わり、その発展に貢献されました。



▲板内 香次 名誉教授

伊藤獻一氏は、昭和42年3月に北海道大学大学院工学研究科機械工学専攻博士課程を単位取得退学後、同年4月に北海道大学工学部講師に採用され、同43年4月に助教授に昇任されました。昭和44年3月に同専攻博士課程を修了し、工学博士の学位を取得されました。昭和57年11月北海道大学工学部教授に昇任し、平成9年4月に北海道大学大学院工学研究科教授に配置換えとなられた後、平成15年3月に定年により退官するまで、燃烧工学及び宇宙環境応用工学の分野の発展に尽くされました。



▲伊藤 獻一 名誉教授



Information

Ring Headline

4

日本初、ハルトプライズ地域予選にて北海道大学の学生チームが優勝!

4月27日(土)、28日(日)東京で開催されたハルトプライズ地域予選において、北海道大学工学院学生他、4名からなるチーム「アクアモウ(AQUAMOU)」が、見事優勝を果たし、全世界の地域代表40チームの一つに選ばれるという快挙を成し遂げました。

チーム名の「アクアモウ」とは、英語で水産物の養殖を意味する「Aquaculture(アクアカルチャー)」と、日本語でネットワークを意味する「網(モウ)」を合わせた彼らの造語です。彼らのビジネスプランは、成長の早いティラピアという魚を用いて持続可能な水産養殖ネットワークをつくり、地方の若者の雇用を創出しようというものであり、まずはナイジェリアで始め、さらにアフリカの各地域に広げていくことを計画しています。



※ハルトプライズ(Hult Prize)

ハルトプライズ財団が主催する世界最大の学生起業アイデアコンペで、国連が示すSDGs(Sustainable Development Goals)に関連したテーマが毎年設けられ、世界中の学生が起業アイデアを競います。今年は「若者の雇用:10年で1万人の雇用を生むベンチャーの基礎を築く」をテーマに、勝利チームには起業資金として100万ドル(約1億1千万円)が贈られます。地域予選は世界30都市で開催され、東京予選には京都大学、デラ・サール大学(フィリピン)、ロンドン・クイーン・マリー大学(イギリス)などから約45チームが参加しました。

見事東京予選を勝ち抜いたアクアモウの次のステップは、この夏にロンドンで行われるアクセラレータープログラム、いわゆるトレーニングイベントです。ここで40チームが6チームまで絞られ、残ったチームだけがニューヨークの本戦に進むことができます。

(総務課総務担当)

◀左からケルビン・イコグバ(Kelvin Ikogba)さん、ランジャー・ラジャゴパル(Ranjani Rajagopal)さん、坪井里奈さん、イフェアニー・チュク(Ifeanyi Chukwu)さん、錦織秀伸さん。(写真:ハルトプライズ提供)



えんじにあ Ring
第420号
令和元年10月1日発行

北海道大学
大学院工学研究院／大学院工学院／工学部
広報室

〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目
TEL : 011-706-6257・6115・6116
E-mail : shomu@eng.hokudai.ac.jp

次号は令和2年1月上旬発行予定です。

ご希望の方に
「えんじにあ Ring」のバックナンバーを無料送付します。
お申し込みは、こちらから。

●Webサイト <http://www.eng.hokudai.ac.jp/engineering/>
●携帯サイト <http://www.eng.hokudai.ac.jp/m/>

