

光ピンセットが紡ぐ日台友好 —研究者が見た台湾パワーの源泉とは

台湾・国立交通大学
増原 宏



◆増原 宏 (マスハラ ヒロシ)
台湾・国立交通大学 講座教授

1968年 東北大学大学院理学研究科修士課程化学専攻修了
1971年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程化学系
化学専攻修了
1972年 大阪大学基礎工学部合成化学科助手
1984年 京都工芸繊維大学繊維学部高分子学科教授
1991年 大阪大学工学部応用物理学科教授
2004年 大阪大学大学院生命機能研究科教授 (兼任)
2005年 大阪大学大学院工学研究科精密科学・応用物理学専攻教授
2007年 (財)濱野生命科学研究財団 主席研究員
2008年 紫綬褒章
2017年 瑞宝中綬章
日本化学会フェロー, 光化学協会名誉会員, 科学と芸術に関するベルギー王立フランダースアカデミー外国人会員等

今回のInterviewは日本を離れ、海外でレーザーを用いた研究をする日本人の姿に迫った。台湾・交通大学で教鞭を取る増原宏氏は、今回のノーベル賞受賞で一躍話題となった、光ピンセットの研究における日本の第一人者。大阪大学を定年後、請われて交通大学で研究と学生の指導を続けている。

増原氏の研究室がある新竹市は台北市から新幹線で40分ほどの距離に位置し、IT関連の工場や企業が集積していることから「台湾のシリコンバレー」とも呼ばれている。サイエンスパークが置かれ、ディスプレイや半導体などのハイテク産業をけん引し、日本を脅かしてきた中核の地でもある。

そこから日本と台湾を見てきた増原氏の言葉は、台湾産業の力の源泉を理解する上で大きなヒントとなるものだ。また、学生を育てる仕事を真摯に続けるその姿には、大学における研究者のあるべき姿も見ることができる。誌面の都合上、全てを掲載できないのが残念だが、大変興味深いインタビューとなった。まずはご一読頂きたい。

—先生とレーザーの関わりを教えてください

僕はもともと東北大学理学部化学科の出身で、光化学では当時の日本の中心的存在だった小泉正夫先生の研究室に入った。分子の電子状態を量子力学的に理解した上で光化学の研究をしたいと思い、博士課程は大阪大学の又賀昇先生の研究室に行ったわけです。ちょうど化学系の研究室がレーザーを導入するタイミングで、レーザーを担当することになった僕に先生は「増原君、そこらで光っている普通のランプは、将来みんなレーザーに変わるんだよ」とおっしゃった。

つまり、これからレーザーで物質を調べることが主流になるし、全く新しい知見も得られる。だからレーザー

を使った光化学の研究にはすごく未来があると。レーザーを使った光化学の研究が世界を変えるといるんだから、これは強烈なアジテーションだった(笑)。当時その物理化学の世界を変えるチャンスを握っていた研究室は日本では3つ。東大物性研の長倉三郎先生、東工大理学部でその後学長も務められた田中郁三先生、そして僕が進んだ阪大基礎工の又賀昇先生で、これは1960年代の後半のこと。

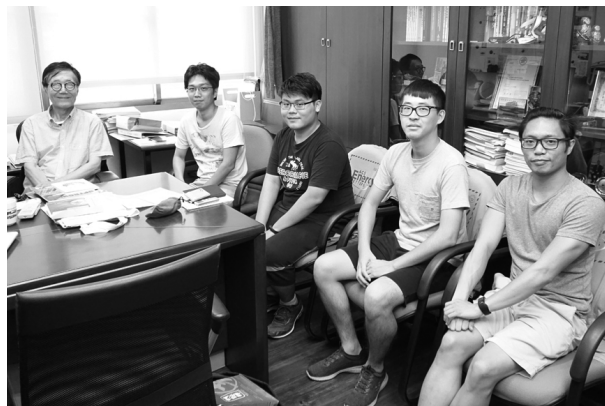
それからレーザーがだいぶ広まった1985年、カリフォルニア大学バークレー校の物理化学者ジョージ・ピメンテルがこれからの化学研究に重要なものをまとめたレポート“Opportunity in Chemistry”を米国National Research Councilから出した。そこに書かれている化学研究のいわば三種の神器の中にレーザーが入っていて、僕が進んでいる研究の道は間違いないと再確認した。その後も、セラミックスレーザーとか量子ドットナノレーザーとか新しい光源が出て来た。レーザーは基本的でありながら革新的な技術。最初のレーザー発振の実験から数十年経ってもなお、新しい技術が登場するんだから。

1988年にERATOプロジェクトをまかされたときも(編集部注：新技術開発事業団(現JST)の増原極微変換プロジェクト)光でやって、阪大を退職した後にさきがけの研究総括になったときも(編集部注：光の利用と物質材料・生命機能)、やっぱり光の応用テーマ。人生終始レーザーを使った分子のダイナミクス、分子科学技術をレーザーで研究してきたわけです。

—どうして交通大学で教鞭を取るようになったのでしょうか

1986年にノーベル化学賞を取った李遠哲さんの弟さんの李遠鵬教授がここ交通大にはおられて、2007年に阪大を定年退職した私を誘ってくださったのがきっかけ。彼もまたレーザーを駆使した高名な物理化学者で、阪大にいたときと同じくらいの規模の研究室メンバーと設備を揃えてくれて「好きなことをしていい」と言うんだ。ほかのアジアの国からも誘いはあったけど、さすがに何をしてもいいとまでは言われなかった(笑)。

僕を呼んでくれたベースは、台湾で2006年から一期5年で2回続いたAiming Top University Programという、要



国際色豊かな増原研究室のメンバー

するに大学ランキングで世界上位を狙うプロジェクト。一年目は東大理物をちょうど退職されたフェムト秒分光の小林孝嘉先生が来て、翌年は東大理学部化学のラマン分光の浜口宏夫先生、3人目が僕で2008年に来た。今では交通大学には理研の分室があり、日本の5大学附属研究所(北大電子研、東北大多元研、東工大化生研、阪大産研、九大先導物質研)と5+2アライアンスを組んだ。ポストドクも入れたらこのキャンパスに日本人は数十人はいるかもしれない。日本人グループもたくさん入れながらランキングを上げようというのが、このプロジェクトの一つ重要なポイントです。

その10年のプログラムが終わった後、今年から交通大学理学系では、Center for Emergent Functional Matter Scienceというプロジェクトが始まった。3つの課題のうち、僕はIntelligent Bio-medical Sensing and Devicesのメンバーになった。もし許されれば、今年を入れてもうあと5年、ここで研究をしようかと思っています。

—具体的にはどんな研究をされているのでしょうか

僕が初期にやったのは、光を照射して、分子反応が示す最初に生成する光励起状態や反応の素過程を分光学的に測定する研究。日本で初めてナノ秒のタイムスケールで可視紫外吸収スペクトルを測って、これがイオンだとか、イオンが減衰した後にプロトンがどうなるとか、そういう光化学反応素過程をきちんと解析する仕事です。

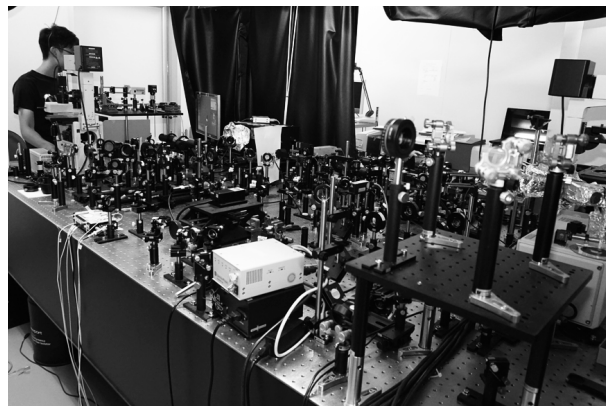
レーザー分光を始めたころの時間分解能はナノ秒で次にピコ秒になって、フェムト秒になろうというのが1980

年代頃。そのころ僕は40歳で独立し京都工芸繊維大学で研究室を主宰したんだけど、ピコ秒の何千万円ってレーザーを買うお金なんて当然無かったから、この時間分解能をあげていく競争はやめたと。レーザーならではの分子固体反応にシフトした。要するにレーザー微細加工の分子論、電子論だね。なぜ溶融するのか、分子がバラバラに吹っ飛ぶのか、そういう基礎過程を研究しだした。そこにERATOの話が持ち込まれたので、やるやると(笑)。その時僕はレーザーを使った分子プロセス、反応プロセスの研究でそれなりの立場を確保しつつあったからそれをやりたいと。

ERATOの研究費をもらったから、いったん降りたピコ秒の研究からフェムト秒の時間分解にこだわる競争に戻って参加してもよかった。しかしもう時間分解能をあげて素過程や反応の瞬間瞬間を見るというコンセプトは広く受け入れられていた。ナノ秒では「そんなことも測れるようになったか」と大騒ぎしてもらったけど、いったん測れるようになったら、じゃあ次はピコ秒、その次はフェムト秒ね、難しいだろうが当然だろうという認識になっていた。

このように腕力競争じゃなく、レーザーを使って、もっと違う発想でやるところに行こうと。そこで化学反応を時間分解できちんと見るだけではなくて、顕微鏡を化学研究に導入しようとした。1988年発足の増原ERATOプロジェクトは、時間分解のみならず空間分解化学をやろうとしたもので、これはみんな注目してくれた。懐疑的な目も含めてだけどね(笑)。いろいろな成果は化学同人から「マイクロ化学」として1993年に出版されています。

もちろん高速分光やナノ加工的な研究もやったけど、一番面白くて今なお科学的に興味深いと思うテーマは、顕微鏡で集光した光が微粒子や分子集合体に引き起こす力学的な力。この光圧と呼ばれる力を使ってマイクロ、ナノサイズの微小対象物を溶液中で自在に動かす。いろんな化学現象を探していると面白い事が次々と出てくるので、三十年たった今でも台湾でさらに発展させている。光ピンセットの化学だね。光ピンセットのマイクロメカニズムと分子材料化をちゃんとやっている研究室は世界中でもここだけじゃないかな。



研究室に据えられたレーザーピンセットの実験装置

—具体的にはどんなことができるのでしょうか

ここで成功したことの一つが光ピンセットによる分子結晶化。光を顕微鏡で絞るので $1\mu\text{m}$ 以内のところにし、かエネルギーを与えていないのに、結晶は何 $10\mu\text{m}$ にも成長する。レーザーを照射した時に、光を照射したところに、単一結晶を一個だけ生成することができる。アミノ酸だったら、レーザーの偏光を変えることで結晶形態を制御することもできる。現在は多種多様な有機分子、無機化合物に対象を広げている。

またある種のタンパク質にレーザー光を絞ると、アルツハイマーやパーキンソン病の原因物質であるアミロイドができることが分かった。アミロイドは体内で生成されるメカニズムがまだわかっていないんだけど、光ピンセットを使えば光を絞ったところで会合が起こり、ある時点でアミロイドになっていく。その途中を空間分解のみならず時間分解でも観察できる。初めて小さな粒が繊維状の束になっていくのを観察するのに成功したんだ。また有機超分子やタンパク質を含め生体高分子を対象にして、光ピンセットならではの新しい集合体や会合体の作製を狙っている。

光ピンセットのメカニズムの解明は、物理としても化学としても興味深く、極めて重要だ。また光の力を顕微鏡の焦点からその周辺に広げる新しいタイプの光ピンセット技術を開発したい。焦点のみならず数十マイクロメートル領域に及ぶ分子の集合配列のダイナミクスをいかに測定し、分子レベル、電子状態レベルで解明していくか。高分子ナノ粒子、金属ナノ粒子を対象に実験を続け

ていて、最近、焦点周辺に蜂が集団で群れて飛ぶような Swarming という現象を金ナノ粒子について見つけた。現在の仕事は、「光ピンセットによる生体物質やナノ粒子の配列制御と材料化への展開」というとこだね。

—台湾と日本を両方から見て、それぞれの大学についてどう思われますか

僕は台湾の大学もグループ制、日本の昔のような講座制にするべきだと思うんだけど、教授は一人ずつ独立なんです。しかしそれで成果を上げる環境になっていない。

話が少し飛ぶけど、台湾は学校の名前が非常に大事で、聞いたところによると大学名で入社時の給与が決まるから、親も「どの学部でもいいから上位の大学に行け」となる。会社も専門性と関係なく有名大学から採る。すると交通大学の学部で優秀だった学生はマスターで台湾大学に行っちゃう。で、交通大学には下の大学から人が来る。そうするとMIはみんな外から来た新人で、卒論を書いた人はほとんどいない。教授はいつも新人のマスターと働いて、一年ごとの審査に耐えて研究費を取らないといけない構造におかれている。これでは新しいコンセプトや方法論を出すようなチャレンジングな研究は難しい。

僕の阪大の研究室の場合を含め、日本の大きい大学では助手に新しいことやってもらい、それが当たった頃にそのテーマで研究費を稼ぐ。そして適当な年齢になったらその助手に装置を持たせて独立させる。次の助手にまた新しいことをやってもらえれば研究室が回っていくので、オリジナルな種を探す余裕があった。時には助手が先生の研究ではなく、10年後に主流になるような基礎的な研究もする。だからやっているテーマは日本のほうが豊富だし新しいものが多い。そこが大きな違いだね。

—学生はどうですか

台湾の学生は、英語も上手だし取り仕切りもすごくまい。ちゃんと説明ができて、マネジメントもできて、すごく優秀。だから日本との交流に行ってきた学生に日本の学生はどう思うかって聞くと、知識は台湾人の方が上だし、英語も自分たちの方がうまい。ただ、研究についてはよくわからないと言う。日本の研究室では、みんな帰らずに実験室で夜遅くまで話し込んでいると。

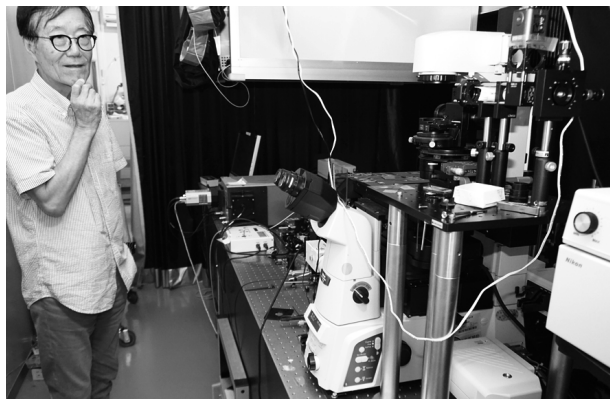


僕はここが大切だと思う。そこで実験のノウハウが伝わっている。研究の姿勢、哲学を学んでいる。そこが日本の強いところだと思うよ。台湾の学生は時間になったらすぐに帰るかバスケットボールを始めちゃう。健康的で結構なんだけど。あともう一つ…、酒を飲む文化がない（笑）。ご飯に連れて行っても食べるだけ。日本だと飲みながら議論が始まるけど、そういうことがない。みんなジェントルマンなんだけどね。

—ディスプレイなどの日本の産業は台湾に苦しめられました。先生は台湾産業の強さをどうご覧になっていますか？

台湾の人はものすごくアクティブで独立心が強い。この大学の卒業生も、サイエンスパークで小さな会社の社長をやっている人が多い。はじめに大きい会社に入っても、10年もしたら辞めて何か始めるらしい。これは私見だけど、台湾は人口が2,200万人で面積も九州ぐらいだから、何でも自分たちでできるわけじゃない。だから世界と競争していくには選択と集中をせざるを得ない。で、その集中先がエレクトロニクス。この大学は電子産業でものすごく伸びた大学だし、近くのサイエンスパークは筑波のサイエンスパークよりもはるかに元気。電子系の会社がとにかくいっぱいある。

そういう人たちは次のエレクトロニクスとして、当然AIやバイオメディカルもちゃんと考えているんだ。台湾で走っているのは殆ど日本車かドイツ車なんだけど、時々「LUXGEN」っていう台湾製の自動車を見る。10年前台湾に着任した時には、台湾で自動車会社がやっ



けるとは思わなかった。親しい同僚の教授に聞くと、自動車は将来自動運転になるから、ソフトもハードも台湾でいち早く作りたい。だけどそのためにはニーズを知る必要がある。ニーズを知るには自動車メーカーを持つのが一番いい。台湾のエレクトロニクス産業の将来を考えたときに、誰か自動車会社を誰かやれよということになった。日米の自動車会社と提携していた会社をもとに、財を成したある人が手を挙げ、じゃあやってみるかかって自動車メーカーを作ったということだった。

だからハイブリットなんて興味がなくて、LUXGENの前身は日本とドイツの部品の寄せ集め。あの自動車は高く燃費が悪いって言われているけど、生産台数が少ないから仕方ない。だけどAIの自動運転が盛んになってきた今になると、本当に先を見据えていたと感じるよ。

もちろん、国や業界団体のサポートもあると思うよ。でもものすごいお金持ち、例えばシャープを買った鴻海の会長みたいに「じゃあ俺が1,000億円出す」とか。そうした人がたくさんいるのが台湾のダイナミズムで強みだと思う。

交通大学も財を成した卒業生が何百億円と出して病院を作ると言っているんだ。5年後に病院を作ってドクターを100人も200人も雇う。交通大学は日本でいえば東工大みたいな大学で、僕なんか「医学部がないのにどうするの？」って思う（笑）。彼らが言うには遠隔医療、つまり自宅にいてもAIが診察できるようになるから、普通の診察はしないけど、ニーズを知るために遠隔医療やAI診察をする。あるいは現場でカルテが取れるようなデバイスをいち早く開発する。僕は台湾の産業の強さって

というのは、そういうことを発想して、先にそれを実現することにあると思う。5年や10年先、自分は死んでいるかもしれないけど、台湾のためにそれくらいバーンとお金を出す。会社を作っちゃう。それが台湾パワーだと思っている。

それに対して基礎研究側は、一番大きな中央研究院でも台湾初のオリジナリティが少ないように感じる。良い論文は書いているし、一流誌に発表している。お金もあって英語も日本人よりはるかに上手い。なのに、例えば、金ナノを使って、ナノワイヤーで、超解像顕微鏡で、単一細胞をレーザーパルスでって、何かの寄せ集めに見える。それを指摘していたらある時こう言われた「増原さん、あなたの言うような本当のオリジナリティがあって、みんなが振り向くような研究は、日本かアメリカがやればいい。でもね、それが産業でも使えるかもしれないと思ったら我々が勝つからね」。

言い方を変えれば、世界トップの科学技術はいつもキープしている。それが産業になるかもしれないと思ったときは、負けないよって言うわけだ。つまり、九州ぐらいの大きさの島で2200万人がどうやって生きていくかというのを、真剣に真面目に考えたやり方なんだ。それについてはなかなか大したもの、実用に結びつきそうになったときには、日本よりも早く動く気がするね。

台湾に来てから、研究や科学技術における国のサイズ効果を考えるな。日本のサイズで1億2千万人が支えるサイエンスと同じ分布で台湾がやるのは無理。だから、あえて台湾は「そんなのお前らやれ」と。でも「実現するときは取るぞ」と。日本と台湾の違いは、最後はやっぱりサイズ効果とカルチャー。日本が延々と続けていきたく研究文化との違いかな。

—先生は台湾と日本の橋渡しをどんな思いでされているのでしょうか

一つは、やっぱり僕は大学院生が好きなんです。若い頃から、大阪大学で言うと産業科学研究所の教授になるより基礎工学研究科の教授になりたかった。学生と共にって言う綺麗ごと聞こえるかも知れないけど、一緒に仕事をするのが好きで今も続いている。若い人のエネルギーを食べて生きているのかも（笑）。

いわゆる教育というよりも、研究を通して研究者を育てるのが好きで、阪大の教授を16年間、その前は京都工芸繊維大学の教授を7年間、その前は阪大の助手だったけれども、ドクター取ってアカデミーにいる増原研出身者が30人くらいはいる。ERATOのグループリーダーや主要なメンバーはみんな一流の教授になったし、ベルギーやフランスからの留学生も有名な研究者になった。研究室の台湾人学生が関西学院大学の助教になったんだけど、これには学長も「我が大学の卒業生が日本の教授になった」と、ものすごく喜んでくれたと思う。

—台湾以外の国とも交流されているのでしょうか

科学研究とは別に子供のころから社会貢献に興味があって、そこそこの研究者になってからは、アジアに貢献できないかと考えるようになった。研究カルチャーを通してみんなが知り合うことが大事だし、日本への貢献にもなる。日本の光化学協会では80年代から、研究の輪をアジアへ広げていこうとする流れがあった。これをベースに先輩、友人のサポートのもと、アジアオセアニア光化学協会を作って初代会長になったのが2002年の話。

そこで学んだのは、日本が中心となっていて日本が日本がと言っちゃいけない。日本はあくまでも黒子の役もやるサポーターでもあるということ。アジア光化学会議は今年で10回目になるが日本で開催したのは一回だけ。お金はもちろん日本が一番出しているし、参加メンバーも日本が一番多い。日本人が行かないと成り立たないから「もっと日本が前に出て」という人もいたけど僕は反対した。「日本は一步引いてマネージを」というやり方に異論をはさむ国は今のところないけれど、アジアは色々難しいこともある。ヨーロッパにも光化学協会があるが、すべて個人ベースだ。アジアでも研究者一人一人が、本当にオープンに、フェアに、オープンに競争できるようになるのは100年くらいかかるかも知れないね。

阪大を辞める頃、僕を誘ってくれたアジアの国はみんな「我々の科学は日本より20年も30年も遅れている、助けてもらいたい」と言ってきたんだけど、僕は助けるということは成り立たないと思っているし、社会も科学



にも多様性が大切でそれを踏まえた共同研究と言ってきた。僕は両方のかけ橋となることで、お互いに進歩できるように努力する立場だと。これからのアジアの政治や経済の状況はもっと大変になるかもしれない。お金がある国にも、そうでない国に対しても、日本が独自の役割を果たすべきだと思う。

—最後に日本の学生にメッセージをお願いします

僕はここ交通大で二年間、増原塾っていうのをやってきた。科研費新学術石原プロジェクトの大学院生20人くらいに、主にM1、M2向けにやっていて、一日かけて好きなことをしゃべり続ける（笑）。その参加者の半分くらいの人が海外に出たことがないというのでびっくり。僕は是非外国に出てもらいたい。「まず出ろ、出たら見て聞いて感じて考えろ」ってね。ちょっと海外が怖いなら、日本に親切な台湾にまず来てここから始めよう。台湾より外国を始めよ」って言っているんですよ。

だって会社行くにしろ大学に残るにしろ、日本はモノを外国で作って外国で売る時代になった。働く日本人が外国に行ったことが無くてどうするの。埼玉大学と交通大学のデュアル・ディグリー取った埼玉大生が入社面接に行くと、どこでも採用したが。会社がそういう人を本当に欲しがっている時代なのだから。まず「欧米より始めよ」でなく、「台湾より外国を始めよ」なわけです（笑）。

今回のインタビュー後にノーベル物理学賞が発表された。増原氏が研究テーマとする、光ピンセットを発明したArthur Ashkin氏の受賞と本記事のタイミングが重なったのは偶然とはいえ、本誌にとっても僥倖であった。そこで、増原氏にArthur Ashkin氏の研究とその関りについて緊急寄稿して頂いた。

2018年の物理学賞は、光ピンセットと高強度超短パルスレーザーの開発およびそのバイオ応用に与えられた。光ピンセットの開発者、Arthur Ashkinは非線形光学、Photorefractive Materialsなどの権威であったが、1970年、1971年に集光レーザービームが微粒子に誘起する光圧に関する論文を発表しており、それをもとに1986年光ピンセットのアイデアを実証した。1988年にERATO増原プロジェクトが開始した研究トピックスの一つが、この光ピンセットを駆使して化学の研究をすることだった。成果を出し始めた1990年に研究員の喜多村昇、三澤弘明、笹木敬司（いずれも現北大教授）がAshkin博士をベル研ホルムデルに訪問し、直接議論した。Ashkinさんには丁寧に対応していただき、また我々の成果を聞いてコメントをくださった。彼は光ピンセットの仕事をProceedings of the National Academy of Sciences 94 (10), 4853-4860とIEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 6 (6), 841-856にまとめている。そこでは化学での光ピンセットの仕事は増原プロジェクトが行ったと記述し、我々の成果集「Microchemistry」（増原他編, North-Holland, 1994）を引用している。また光ピンセットの将来として、マイクロテクノロジー、マイクロマシン、分子モーター、遺伝子工学、生物コンピューターなどを

挙げているが、まさにその通りバイオメディカル応用を中心に展開してきた。現在では、物質と光の相互作用が生む光圧力を力学計測、物理計測、分光計測しながら分子論的電子論的に解明する研究や、分子やナノ粒子が集合し構造を形成するダイナミクスを調べ材料化への展開を図る研究が盛んになっている。

台湾・国立交通大学
増原 宏



右側から、E. Chandross（増原の友人でAshkinを紹介してくれた当時ベル研の光化学者）、Ashkin、三澤、喜多村の各氏。写真は1990年笹木氏の撮影。1993年化学同人発刊「マイクロ化学」より転載。

国内外の光関連書籍・実験キットを販売中!

光のオンライン書店

<http://shop.optronics.co.jp/>

クレジット・代金引換・コンビニ払い・銀行振込

光のオンライン書店

検索