The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	山中千代衛名誉教授に聞くレーザー核融合の開発研究 : A story on Laboratory of the World
Author(s)	田中, 和夫; 菅, 真城; 阿部, 武司
Citation	大阪大学経済学. 2012, 62(3), p. 48-73
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/57051
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【資料】

山中千代衛[†]名誉教授に聞く レーザー核融合開発研究

― A story on Laboratory of the World―

田 中 和 夫[‡]・菅　　真 城[‡‡]・阿 部 武 司[‡‡‡]

はじめに

大阪大学では，2005（平成17）年から名誉教授の方々に大阪大学の歴史に関する事柄についてインタビューし，その模様をビデオに収録して歴史資料として後世に残す事業を実施している。文書館設置準備室が設置された2006年からは，これを文書館設置準備室の事業として行い，文書館設置準備室がアーカイブズに改組（2012年10月1日）されて以後はアーカイブズの事業として継続している。

本インタビュー録はその一環として，2011年7月27日に大阪大学レーザーエネルギー学研究センター名誉所長室（大阪府吹田市）において山中千代衛名誉教授に対して行われた。インタビュアーはレーザー研究を専門とする田中和夫大阪大学大学院工学研究科教授（大阪大学附属図書館副館長・理工学図書館担当）にお願いし，文書館設置準備室の阿部武司室長（当時。現アーカイブズ室長，経済学研究科教授，前大阪大学附属図書館副館長・総合図書館担当）と菅真城講師（当時。現アーカイブズ准教授）が同席した。

大阪大学名誉教授　山中千代衛先生は，大阪大学レーザー核融合研究センター（現レーザーエネルギー学研究センター）創設者として，我が国のレーザー核融合研究の誕生を自ら司り，その後数々の研究成果を樹立され，この研究では，世界の第一人者として認められた巨星である。その先生に来し方を振り返っていただき，エピソードを交えたお話を聞く機会が与えられた。先生は，如何に世界との競争を戦い，若手研究者を育て，自らが先頭となって研究を引っ張ってきたのかを熱く御自分の言葉で整然と語られた。山中名誉教授の略歴については本文末尾をご参照いただきたい。この資料を通じて得られた情報が広く継承され，啓発が図られれば幸いである。

生い立ち

田中　今日は，山中千代衛先生にインタビューをお願いしております。よろしくお願いいたします。

インタビュアーとして質問をさせていただきますのは，大阪大学工学研究科電気電子情報工学専攻の田中和夫です。インタビューをお受けしていただくのは，大阪大学名誉教授の山中千代衛先生でございます。

早速ですが，先生はレーザー核融合ということで，非常に広大な研究の軌跡を描いてこられているのですが，具体的なところに入る前に，先生がどういうふうな若い時代を過ごし，この道に入ってこられたのか，少しお伺いしてもよ

---

† 大阪大学名誉教授
‡ 大阪大学大学院工学研究科教授
‡‡ 大阪大学アーカイブズ准教授
‡‡‡ 大阪大学大学院経済学研究科教授

ろしいでしょうか。

山中　田中さんからあらかじめご質問をいただきましたが，なかなかインタビューで，どうお答えしたらいいかよく分からないのですが，最初に私がモットーにしていることを申し上げてみたいと思います。

人生有為転変は世の習いと言われているが，実際にいろいろ変動があっても，その変動に真正面から向き合って誠実に対処する。そうすれば必ず道は開けるというのが私の人生訓です。それを要約すると，「天の時を知って人事を尽くせ」です。風が吹かない時には難しいが，風が向いてきた時には全力を尽くして対応するというのが私の考えです。

そんなことで，過去60年，研究生活を送ってきたのです。その対応ぶりをお話ししようかと思っております。

田中　ありがとうございます。

ご両親から，特に学生時代とか，もっと若い小，中，高校生の時代も含むかもしれませんが，その辺で，いろいろ影響を受けられて，今日，大阪大学への道を進んでこられたのだと思うのですが，何かターニングポイントになったことはございますか。

山中　そういうふうに改めて聞かれると，なかなか答えにくいのですが，ざっとした生い立ちをお話し申して，どういう経歴であるかをご推察いただけたらと思います。

私は，大阪の伝法（大阪市此花区）という所で生まれました。ここは非常に歴史のある所で，仏教伝来の経文が日本で最初に上陸した所で，伝法と言われているのです。それで，町はお寺ばかりです。

両親は大変教育に熱心で，満6歳になった時に小学校に上がるのが普通ですが，私を1年先に入学させようと母が思って，学用品をそろえ，それを身につけさせ，伝法小学校の校長，尾崎先生の所へ私を連れて行きました。父が教育委員長を務めていましたつてで，ぜひ1年早く入学させてくださいと母が申し出ましたが，尾崎先生は断固としてお断りになりまして，その試みは失敗しました。

後年，私は阪大電気の山村豊先生の所で助教授を務めたことがあるのですが，その山村先生の話では，山村先生のお母さまも同様で，その時は成功して1年早く入学された。勉強のほうはついていけたのだが，体育はとても1年違いで大変だったとか。「こんなことは決してすべきではありません」と私に言われた。なるほど，その通りと納得した次第です。

小学校3年生の時に芦屋へ移りました。芦屋では宮川小学校に転入した。大阪から芦屋へ移ると，環境ががらっと変わる。というのは，大阪は商売人の町で，その子弟が多い。ところが芦屋へ移りますと，サラリーマンの子弟が多く，その風になかなかなじめない。

3年生の時は西田春一先生，非常に優しい先生で，4年は棚川先生，5，6年は鈴木俊一先生という非常に優秀な先生に教えていただきました。このころは，もちろん男女別なのですね。小学校は1組と2組が男子で，3組と4組は女子。私は2組だったのですが，鈴木先生に教えていただいた結果，2組からは5人が神戸一中（第一神戸中学校）に入学したのです。これは非常に希有なことで，5年1組は1人しか神戸一中に入っていない。鈴木先生にはたいへんに薫陶を受けて，今でも尊敬しています。

当時の神戸一中というのは，今の灘中学のような感じで，非常によくできる生徒を集めるという感がありました。校長は池田多助先生で，校長を10年，15年務めたのですが，先生はイートン（Eton College）へ見学に行かれて，イートンのスクールをまねして学校を運営しようとした。

しかし，そのころは支那事変で戦争中ですから，軍事教練が盛んで，神戸一中生はカーキ色の制服で，通学はゲートルを巻いている。そしてスパルタ式が好まれていたのですね。昼飯の

弁当は運動場で食べろ，しかも座ってはいけない，立って飯を食えというのですね。それはずいぶん厳しいものでした。そして，弁当を食べながらサッカーのボールが来たら，それを蹴るという調子で（笑）。

しかし，そのおかげといいますか，とにかく優れた人はいましたね。戊申詔書というのをご存じですか。これは日露戦争の後に，明治天皇が付和雷同する国民を戒めて出した詔書ですが，それを一読して完全に暗記した同級生がいました。これはすごい人がいるなと思ったものです。

そういうことで神戸一中のスパルタ教育が終わって高等学校へ行くことになり，戦争中ですから，なるべく家から通ってくれという母親の願いもあって，甲南高等学校を受けました。甲南高等学校は私立の７年制の学校で，官立の高等学校より少し先に試験があるので，それを受けたのです。

そこは７年制ですから尋常科から来るのが主流。ですから，その補充のようなかたちで15人を採る。そこへ300人余の志願者があった。どういう加減か知りませんが，受かりました。まだ後に官立の試験がありますが，家族に相談したら，近所だし，ここへ行けというようなことで甲南高等学校へ入学しました。

甲南高等学校は，平生釟三郎という元文部大臣で実業家が校長なのですが，これが今までのスパルタ教育のまったく反対なんです。完全に自由なのですね。自由な教育を受け，ずいぶん違う感じでした。平生先生の主張は，「強く正しく」がモットーで，正しいことを実行しようと思ったら，強くないと駄目だというのですね。それには，ずいぶん感銘を受けました。

この甲南高等学校というのは，すごくまじめによく勉強する生徒と，全然勉強しない生徒と２つある。全然勉強しないのは，高等学校３年は裏表，６年ぐらいやるという猛者が何人かいる。しかし，この教育が僕は非常に良かったと思います。

数学では藤岡茂先生，この人は優秀でしたね。物理では正田大先生，この人は阪大が新制大学になった時に移って来られました。化学は中田久和先生。先生方から受けた教育が，後の私の人生を決めています。当時，とにかく化学，ケミストリーの教育が非常に面白かった。それで，もう少しで私も化学へ進学する所だったんです。

同級生の米澤貞次郎君は，小学校からずっと中学校，高校も一緒でしたが，京大の化学へ行きまして，ノーベル賞を受賞した福井謙一先生の助教授をやっていた。福井先生の仕事を下支えしたという非常に優秀な人です。

それから，中西香爾君は，甲南から東北大学の化学へ行って，名大を経てハーバード大からコロンビア大学の教授となり，昨年文化勲章をもらいました。また１年下の岡田節人君は生物学で，これも文化勲章を受けております。甲南は非常に闊達な教育をして，伸びる人はぐっと伸びている。いい教育だったのですね。

田中　非常に刺激的な環境ですね。

阪大航空学科へ入学

山中　ええ。私も化学へ行こうと思っていたんですが，いよいよ大学に願書を出す時，つらつら考えて，戦争中ですから，化学もいいが勝つためにはやはり飛行機の時代だと，航空学科へ進むことに決めまして，阪大へ行ったんです。当時は，阪大と東大と九州ぐらいにしか航空学科はなかった。

そして航空学科へ入ってみるとそこは飛行機マニアの学生ばかりで，三木（鉄夫）先生の飛行機設計の講座に多く群がっている。私は，デザインもいいけれども構造が大事ではないかと，構造力学の太田友弥先生の所へ行きました。航空力学は小谷寛之亮先生が担当でした。

航空へ入りますと，いきなりエアロダイナミ

クス，プラントル・ティーチェンス著『航空流体力学』というアメリカの教科書，翻刻版の8冊をぽんと渡して，「これを勉強しろ」と言うわけですよ。残念ながら，本棚に飾っただけでしたけどね。

戦争中に敵国の教科書で勉強しなければいけない，それで飛行機を作って戦うというのはジレンマです。こんなことでいいのかなという感じはしましたね。しかし，当時は愛国青年ですから，とにもかくにも国のために頑張ろうと一生懸命にやったわけです。

航空学科では，また根性がある学生がいっぱいいる。しかも，飛行機が好きで好きでしようがない人が。それには，ちょっと泣けましたね。明けても暮れても飛行機のことを言っている。

電気工学科へ

山中　ところが，昭和20（1945）年，終戦です。戦争に負けた。マッカーサー指令で航空学科は廃止なんです。後日，それは工業力学科に名前が変わり，とうとう精密工学科に吸収されてしまった。

田中　その時，先生は何年だったんですか。

山中　2年生です。転科が決まり，同級生は皆，四分五裂です。

田中　ああ，分解してしまったんですか。

山中　ええ。機械へ行ったのもいるし，建築へ行ったのもいるし。僕の親友だった山村好弘君は，山村雄一総長の弟なんですが，彼は医学部へ行きました。多分，兄さんの影響でしょうね。

そんなことで，これは言ったら一大挫折です。私はどうしようかと思ったのですが，その頃は，ご存じのように停電，停電なんです。それは計画停電どころではない。1時間ほど電気がついたら，ぱっと消える。ですから，これはやはり電気工学の再建をしなければしようがないかなと。敗戦国ですから，そんなにチョイスはない。医者になるか，土建屋になるか，電気屋になるか。航空の2年から電気の2年に替わりました。このごろ大学は3年制ですから，私は2年を2回やったわけです。

ところが新学期になってみますと，もう1年済んでいますから，電磁気学という電気の一番の基本になる講義，これは竹山説三先生がもっておられたのですが，その講義は済んでる。それから電気機械，これは山口次郎先生の講義で，やはり済んでる。

それで，竹山先生が書かれた『電磁気学現象理論』という分厚い本が丸善から出ていたのですが，それも本がないので，古本を先輩から譲ってもらって，夏休みに勉強した。『電気機械』のほうは，菊田米次郎の本が本屋にあったので，買ってきて勉強しました。

9月になって，試験を受けたら，パスした。竹山先生は厳しくて，電磁気で落第して卒業できないのがいた。ところが，夏休みに自習しただけで通ったものですから，すごく調子が良かったですね。それが後で響いたのかもしれませんが，大学の講義なんて，そんなに聞かなくてもいいのではないかという悪い癖がついてしまった（笑）。

しかし，大学は講義を聴くというよりも，先生の謦咳に接するというのは，すごく大事です。

少し話が戻りますが，戦争中は東野田に工学部があった。木造の校舎とか，木造の階段教室とかは戦争で皆焼けましたが。そこで，数学解析の講義は精密工学科の城憲三先生がする。階段教室で，たくさんの学科から集まってきて数学の講義を聴く。あれは人数が多すぎて，よくないと思うのですが。

がやがやしていていると，城先生は白墨を掴んで，ばっと投げるんです。そして当たった学生に「立て」，「おまえは何学科か」と言う。この時「航空学科」と言ったら，城先生は黙っているんです。

それぐらい，航空学科の学生は実力があると評判が良かった。それ以外の学科の学生などは，ぼろかすに言われるんです。ですから，航空から電気に替わった時は，違和感を受けましたね。航空学科の学生は，だいたい高等学校出身なんです。電気の学生には，高等工業学校の出身もいる。実務的というか，空気がころっと違うんです。

電気工学科に移ったということで，一度挫折を受けたわけです。

菅　航空学科から電気工学科に移る時は，試験みたいなのはあったんでしょうか。

山中　それはないんです。

菅　希望した所に行けたんですか。

山中　そうです。戦争で負けて，マッカーサーにつぶされたんですから，いろいろな所が喜んで受け入れるということになっていた。今，医学部はずいぶん難しいでしょう。だけど，そのころは軍医育成策のため，医学部の門は広かったんです。医学部へは5，6人行きましたね。

田中　航空学科は何人だったんですか。

山中　35人かそんなもの。私が8回なんです。1回は15人。それが戦時下でちょっとずつ増えて35人ぐらいになった。

田中　なるほど。それで，だいたい電気の道が決まってきたという感じですね。

山中　そうですね。しようがなしにというか，名分は停電状態解消のため，電気へ替わった。

田中　そこから電気へ入られて，ファカルティーに残って行かれるわけですよね。

山中　はい。

田中　そして，最終的にレーザーというところに落ち着くのですが，その辺のパスというのは，どういうふうに。

山中　いや，まだだいぶ曲折があるんですが，これは時間がオーバーしそうだな（笑）。

当時，電気の教室は教授が4人です。七里義雄先生が長老の教授で，山口次郎，西村正太郎，吹田徳雄。吹田先生は，まだ助教授でしたけどね。

それで3年生になると，卒業研究のために研究室へ配属になる。講義は2年で終わりです。3年になったら研究室に入って，卒業研究をやることになる。今と全然違います。

田中　それが最終年ですよね。

山中　そうです。大学3年で2年間受講するだけなんです。3年目は卒業研究。ここで，大学生としての仕上げを授かるわけです。その点は非常に良かったと思います。

3年生になると，すぐに夏期実習がある。会社とか工場とか研究所とか，自分の希望の所へ3週間実習に行かされるのですね。そして実習から帰ってきたら，いわゆる卒業研究が待っている。大学生活の一番のコアというか，粋というのは，その3年生にありました。その時にどういう研究をするかが，大きな人生のチョイスになります。

私は吹田徳雄先生の講座を選んだ。先生はまだ助教授でしたが，阪大の電気のホープでした。阪大電気を出て，すぐに理学部の仁田勇先生の所へ2年間修行に出されているんですね。ですから，吹田先生は非常に基礎的な研究を，いわゆる実務の電気ではなくて，ファンダメンタルなリサーチを身につけている先生だった。理学博士と工学博士の学位をお持ちで，講義を聴くと，先生はどんな実力があって，どういう好みだということが分かる。輪講では，モット・ジョーンズの『イオン結晶論』なんていうのをやるんです。電気では，とんでもない話でね。

プラスとマイナスのイオンでできた結晶の中で，電子がどういうふうに流れるかとか，どういうふうに散乱されるかとか，格子振動はどうというわけですから，極めて基礎的な話なんです。

私が卒業研究でやれと言われたのは，ロッシエル塩の物性を調べよでした。ロッシエル塩というのは圧電結晶で，摂氏60度の所にキュー

リーポイントがある。そこで配列が，がらっと変わるんです。強誘電体から常誘電体に60度で変わる。電気双極子は60度以下では全部そろっているが，60度を超すとばらばらになる。ばらばらになる時に，すごくノイズが出るはずだと。それを測れというわけです。

ところが，東野田というのは，市電が前を通っていまして，非常にノイズが多いので測れないんです。それで結局，市電が止まってから実験をする。市電が止まるのが，だいたい11時で，朝の一番電車は4時に来るので，11時ぐらいから測り始めて，12時から3時ぐらいまでの間が勝負です。その間に，そのロッシエル塩の結晶の温度60度の所を，上げたり下げたり，上げたり下げたりしてノイズを測っていた。それは後々役に立ちました。実験というのは，どんなものかがよく分かった。

ＭＩＴに留学

田中　それで大学院に残られたのですか。

山中　ええ。大学院で，その延長線上にいろいろな研究をやりまして，昭和28年，ＭＩＴ（マサチューセッツ工科大学）に留学しました。これは阪大工学部から最初の留学生でした。

ＭＩＴの電気の教室ですが，基礎研究をやっているアーザー・フォン・ヒッペル（Arther Von Hippel）というドイツ生まれの先生は，英語がまったくひどい。そこへ行きますと，「おまえ，何しに来た」と言うんです。「電気物性の研究をやりたいんです」と言ったら，「おまえは日本人発明のエレクトレットをやれ」と言う。

エレクトレットとは，蝋に電圧をかけますと，磁石と同じように電気分極した組織ができる。磁石はN，Ｓ極でしょう。エレクトレットはプラス，マイナス極ができるんです。その性質を調べろと言う。それで苦労して実験をしました。だいたいテーマが古すぎるんです。古すぎるというか，エレクトレットそのものが複雑怪奇なんです。

エレクトレットはどうやって作るかというと，カルナバ蝋という蝋を溶かしておいて，電圧をかけるわけです。そしたら，ダイポールがそろう。そして温度を下げて固化するわけ。そうすると，ちょうど磁石と同じように，電気のダイポールができる。それはどういう特性か調べろというわけです。

ところが，電気のプラス，マイナスが分極していますと，空気中のチャージが寄ってきて，どんどん変わるわけですよ。たぶん真空の中で実験しなくてはいけないのでしょうね。大気中でやったのでは，ポラリゼーションさせても，しばらくたったら，変化してしまう。手を焼きましたが，リポートは何とかまとめました。

だけど，ＭＩＴに行ったおかげで，みんなにこう言われました。「ここにおるやつは，10年たったらアメリカを背負って立っとる。だから友達を作っとけよ」という話です。それで一生懸命に友達づくりに励んだんですけどね。そうやって留学している時に，吹田先生が次の留学者として来ました。だから，先生の露払いでＭＩＴに行っていたようなものなんです。

そんなことで，ＭＩＴから帰ってきて，昭和31年に講師になりました。ところが，32年に吹田先生は原子力工学科を創設し，電気から原子力工学科に移ってしまった。講師になっていたけど，独りぽっちです。

田中　置き去りというか，独立されたわけですね。

山中　それで，七里大先生に直訴しましたら「山村君が今度教授になるから，そこの助教授になったらどうだ」という勧告をもらって，第一講座の助教授になったんです。

レーザーとの出会い

山中　ちょうどそのころ，レーザーが初めて

世に出た。1960年です。面白いものが出たなと思って，これは後の話になりますが，『レーザー光線』という小さな本を東海大学の出版部から出した（1979年）。伏見（康治）先生がその巻頭言を書いてくださったのですが，「レーザーは，今世紀最後にして最大の発明である」と。「量子効果というものは，だいたい五感に訴えない。ところが，レーザー作用と超伝導は五感に訴える量子効果である。だから，これは今後，大いに役に立つ」というふうな巻頭言を書いていただきました。そのころ市販された本では，レーザーで最初の本だと思います。

話を戻して，元来，レーザーの魅力は非常にあったので，それに引きつけられたわけです。

田中　それで，レーザーの糸口をつかまれて，直感でこれからはレーザーだということになったわけですね。

山中　そうです。1960年にレーザーが発明されて，1963年に教授に昇任しました。竹山説三先生の電気第三講座の教授になったんです。その時に思ったのは，研究室を組織するのなら，ラボラトリー・オブ・ザ・ワールド（Laboratory of the World）を作ろう。要するに，世界に通用する研究者を作り上げようということで，たくさんの学生と一緒に日夜勉強を始めたというわけです。

田中　それが山中研のスタートなのですね。

山中　そうです。その時に来てくれた学生が，なかなかいい学生ばっかりだった。

そんなことでレーザーを使って仕事をしようと決心した。少し話が戻りまして，吹田先生が，僕が講師になった時に，どんなテーマをやるかという話で，君は航空の出身だから衝撃破の研究をやれと言われたんです。例えば，衝撃波が走ると通った跡がずっとイオン化する。要するに電離するんです。そういうプラズマ電離現象を中心に，衝撃破の研究をまず最初に始めた。

ところが，レーザーが発明されて，レーザーをレンズで絞って集光しますと，集光した所はエネルギーが集まって，空気がぱっと放電する。そして，衝撃波が立つ。レーザーでも衝撃破の研究ができる。それがレーザーとプラズマとが結び付いた第一歩です。

そのためには，より強力なレーザーがいる。おもちゃのような小さなレーザーでは，パチッとスパークするだけで大したことはできない。せめて100J（ジュール），できれば1kJ（キロジュール）のレーザーを作って，それをレンズで絞って焦点に集めれば，かなりのプラズマができるので，これは一仕事になる。しかも，ショックの研究ができると思ったわけです。

それと同時に，レーザーをやるからには，あらゆるレーザーをやってやろうと思ったんです。気体のレーザー，HeNeレーザーを取り上げ，豊田（浩一）君が実験を担当した。パルス発振させると，パルスがやんでいる間にエネルギーが蓄えられて，次のパルスが大きくなる。そういう現象を初めて見つけた。間欠発振させると，エネルギーが蓄えられて，大きなパルスが出る。彼はそれを*Physical Review*に発表しています。

液体レーザーというのもあるんですね。それの一番典型的なのが色素レーザーです。色素レーザーには化学の知識がいる。昔取った杵柄で化学は大好きだが，高等学校の化学ぐらいでは間尺に合わない。

当時，山口元太郎君は日立に就職していたのですが，「どうも会社の仕事はあまり面白くない，家庭電器ばかりを作らされる，どうしたものか」と相談に来ていたので，私は「化学を勉強しろ」と言って，基礎工学部の又賀（舜）先生の所へマスターで入れたんです。そして，修士2年が終わって戻ってきた時に色素レーザーと出会った。「色素レーザーをやろう」と言ったら，彼は喜び勇んで色素レーザーに熱中してくれたんです。

色素レーザーはどういう特徴があるかという

と，いろいろ色素を使いますから，発振する光はいろいろなスペクトルが出るわけです。レーザーは，だいたい波長は固定されるのですが，自由に波長が変わる色素レーザーは，特殊な存在ですね。

彼は，それで早速論文を書いて学会に投稿した。これがベルファスト（Belfast）のブラッドレー（D.J.Bradley）教授の目に留まりまして，ブラッドレーから連絡が来た。来年，1970年にＩＱＥＣ（International Quantum Electronics Conference）というレーザーの国際会議が京都で開かれるので，そこでぜひ山口教授に会いたいという連絡が入ったんです。教授ではなくて助手なんですよ（笑）。ですが，それぐらい山口元太郎君は，当初からいい仕事をしていた。

神戸一中（新制神戸高校）の出身で，サッカーのゴールキーパーをやっていたから，筋肉はもりもりで，運動神経はあるし，実験をさせたら体力があるから夜昼続いてできる。電気と化学に通じていて，彼は山中研のホープだった。しかし残念なことに，1969年の大学紛争の時に，原子力工学科が全共闘に封鎖され，それを解除するのに出ていって，そこで感電して死んでしまったんです。これは僕の十字架です。あそこに写真がありますが，あれが山口元太郎。優秀な男でした。

そんなことで，1970年のＩＱＥＣにブラッドレー先生が来たら，もう山口君は死んでいなかったんです。大学紛争とは何だったか。その時，私は評議員もしていて，「絶対に警察を呼んで抑えろ」と言ったんですが，半分ぐらいの教授は，僕よりずっと年寄りばかりですが，「いや，あいつらの言うことも理由がある」という。あれは文化大革命の紅衛兵と同じなんですよ。「造反有理」と言っている。大学の先生も，造反有理というのが半分ぐらいいる。これでは，大学紛争なんて収まりませんよ。

それを彼なんかは，そんなことは大学の使命ではない。大学は研究と教育をする所だと信じ，それで死んだ。世の中は何が起こるか分かりません。今から考えると，日本赤軍が浅間山荘で鎮圧されて，それ以後，騒動はなくなったでしょう。何をやっていたか。熱病みたいなものです。紅衛兵のまねなんです。そういう空しい時代があったんです。

田中　残念なことがあったわけですね。

山中　残念でした。

田中　それでレーザー研究がずっと展開されて，世界的にもブラッドレー先生とかチャンネルができてきた訳ですか。

山中　いや，まだまだそれは序の口で，レーザーでできるものは何でもやるといろいろなレーザーを展開したわけです。例えば，色素レーザーの他，CO_2レーザーで，東野田と石橋の間ビームを通してコミュニケーションできないかという研究。次いで，レーザーレーダーで大気中の汚染物質を測り，それが高じて，内之浦から打ち上げる東大のＬ３Ｈ７ロケットに半導体レーザーを載せて300km上空のエアロゾルの分布を測るため，鹿児島に出張しました。

それから，阪大の電気棟の上に今でもドームがありますが，あのドームは私が作ったんです。ルビーレーザーをセットして，レーザーレーダーの観測拠点にしていました。

そのころの宇宙の研究は，非常に面白かった。いろいろ人材がいました。

京都大学の電離層研究施設の大林辰蔵さんとか前田憲一先生とは親しくさせていただきました。どんな研究かといえば，太陽風のショックウエーブなんです。太陽からα粒子が飛んでくる。地球は北極と南極の間で磁場ができているので，そこに粒子が当たるとショックウエーブが立つんです。以前からショックウエーブをやっていましたから，これもやろうということでレーザーを使ったモデル実験とか，太陽の黒点の模擬，太陽フレアの模擬などレーザーでいろいろやりました。文部省の大山超研究調整官

から「山中さんはレーザー核融合をやるのか宇宙研究をやるのか」と二者択一を問われたのもこの頃です。

レーザー核融合への挑戦

山中　そのころに，伏見先生から名古屋大学の客員に来て，「レーザーでプラズマの実験をやらないか」と言われました。そして行ってみると，名古屋大学プラズマ研究所は，磁場閉じ込め核融合の本拠なので，いろいろ磁場装置があるのですが，レーザーなんかを使うのは１人もいない。阪大から激光Ｉ号レーザーを持っていったら，みんなが「レーザーなんか何の役に立つのか。あんなものをやるなんて間違いだ」と公然と言う人がいる。すると高山一男副所長が，「山中さん，あんな連中を黙らせるのは，レーザーを使って核融合反応を起こしてみせることだ」と助言された。核融合反応を起こすには，固体重水素をレーザーで照射したら，高温になって核融合反応が起こり中性子が検出できると言うわけです。

山中龍彦助手他３人を連れて行った。彼はなかなか実験が上手なんです。それで実験装置が出来上がって，重水素をヘリウムで凍らせると，アイスキャンディーのようなエレメントができるわけですね。

田中　棒ができる。

山中　ええ，棒ができる。それをレーザーで照射するんです。それを何度も何度もやっていたら，中性子がだんだん出だしまして，1971 年７月，中性子を検出した。それは測定限界を少し超えているぐらいのわずかの量です。1,000 とか１万ぐらい中性子が出る。

伏見先生が大喜びされて，記者会見となりました。『朝日新聞』，『毎日新聞』，『中日新聞』，『読売新聞』，『産経新聞』も１面トップなんです。「プラズマ研レーザー核融合に成功」と出ている。それで，またプラズマ研の全体が持ち上げられるというわけ。さすがにプラズマ研のうるさい連中も，レーザーは役に立つのではないかというふうに思い始めたようですね。

田中　認識が変わったわけですね。

山中　その頃に，東大から関口忠さんがプラズマ研に来て，レーザーでもいろいろ接触がありました。話は飛びますが，山村雄一総長から忠告があって，「東大の連中とけんかしたらいかん」と。「東大の連中と仲良くやったら仕事がうまくいく」と言われていました。ところが，僕は関口忠さんと張り合ってばかりでした。そのためか，評価はこの程度で終わったのでしょう。関口忠さんもレーザーを使って一仕事したかったんです。

田中　そうですか。もう，そのころスタートされておられたんですか。

山中　ええ。東京では情報がすごく早いんですが，早いためになかなか動けないんです。京都とか大阪は，情報が来るのは１拍遅いんだけど，つかまえた情報に集中できて，それで仕事がはかどるんですね。

例えば，京都大学の宇尾光治君のヘリオトロン核融合研究センター，それから大阪大学のレーザー核融合研究センターは，名大プラズマ研と合わせて，これら３つが日本の核融合研究の新しいコアだったんです。東京大学からは，批評だけくるわけ。あれがいいとか悪いとか，欠点は的確に指摘される。そこのところが関西のローカルの強みかもしれませんよね。

レーザー工学研究施設の設立

山中　レーザー核融合中性子の検出を，伏見先生はすごく喜ばれたんです。その結果は，すぐに跳ね返りまして，伏見先生が釜洞醇太郎阪大総長に手紙を書いてくださった。その手紙の内容は聞くところによると，「伏見君は自分の直系の優秀な弟子がたくさんいるのに，それを差し置いて赤の他人の山中に，今度，名古屋プラ

ズマ研でやった仕事が阪大へ帰って続けられるようにしてやってくれ」と書いてある。「これは非常に美談である」と釜洞総長が言われましてね。

田中　そうですね。なかなかの美談かもしれないですね。

山中　釜洞先生はすぐ文部省へいって，レーザー研究施設を進言された。早速，1972年に（工学部附属）レーザー工学研究施設の2部門がぽんとできたんです。それが，いよいよ本式の立ち上がりなんですね。

そんなことで，結局はレーザーをパワフルにしなければいけないということになるのですが，1972年がまさにターニングポイント。一つは，伏見・釜洞ラインでレーザー工学研究施設ができた。もう一つが，モントリオールでＩＱＥＣというレーザーの国際会議が開かれて，そこで水爆の父と言われているエドワード・テラー（Edward Teller），物理学者としても非常に有力な人なのですが，「新式内燃機関」というレーザー核融合の推進演説をやりました。そして三番目は，後述する京都の日米セミナーの開催です。

田中　先生は，もちろん出られて。

山中　ええ。演説は，テーラー特有のど迫力があるんです。「レーザーでターゲットを照射して圧縮しろ。標準状態の1,000倍の圧縮をしたならば，核融合は成功である」と。「その圧縮する時に必要なレーザーのパワーは，密度の2乗に逆比例して減少する。だから10kJで十分である」と言うのですね。その時，1,000人の聴衆は皆，スタンディングオベーションですよ。

そのころ，レーザーは，だいたい出力100Jとかそんなもの。10kJができたら核融合ができるとテラーが予言したんです。考えてみたら，2桁アップの10kJならできるぞという話です。それで世界各国が，一斉に10kJのレーザーの建設に走り出したわけです。

田中　それが起点なんですね。

山中　それが起点です。あなたが留学したロチェスターのルビンなども，そこで走り出したわけ。もちろんリバモアもそうだし，ロスアラモスもそうだし，日本は大阪というわけです。10kJレーザーを作るには，固体ガラスレーザーあるいは気体炭酸ガスレーザー，両方が有力な候補で，うちは両方やったんです。

それから，もう一つ有力な候補に，レーザー以外で電子ビームを使う方法も考えられる。これは，サンディアのアメリカ国立研究所が始めた。阪大でも今崎（一夫）君が電子ビームを始めたわけです。ですから，電子ビームと炭酸ガスレーザーとガラスレーザーと，この3つを作るため，それぞれ開発委員会をつくり，メーカーも抱き込んで，国際競争を始めたのです。

炭酸ガスレーザーでは，的場幹史君が活躍した。彼は基礎工の機械の出身です。ちょっと話が飛びますが，村崎寿満さんは，ＭＩＴに私がいた時に一緒にいた友人で，その人が巡り巡って阪大の基礎工学部の機械の教授で来ていた。的場幹史君はそこの学生で，それがレーザーをやりたいというので，村崎さんが僕の所へよこした。

その頃，レーザーの山中研究室では，外国を相手に，皆，日夜をついで一生懸命にやる。それで体を壊してしまったんです。烈光Ⅷ号という炭酸ガスレーザー，これはロスアラモスのアンタレス（ANTARES）レーザーに対抗する炭酸ガスレーザーですが，これができて，しばらくして彼は急病で亡くなった。僕は2人研究者を研究の半ばで亡くしているんです。彼も生きていたら，研究の中核メンバーです。残念なことです。

余談ですが，的場幹史君が座った輪講，ディスカッションの場のじゅうたんが擦り切れている。なぜかというと，発言を求めじれて地団駄踏んで何か話そうとするわけ。的場幹史君が座っていた共同研究室のじゅうたんはすり減っ

ていった。そういう人がいたんですね。

田中　熱意がすごかったんですね。

山中　熱意がすごかった。烈光Ⅷ号ＣＯ$_2$レーザーなど，ほとんど独力で作ったようなものです。

話が元に戻るんですが，名古屋大学のプラズマ研究所で中性子を検出した。その時われわれはレーザー光がプラズマ中にどうやって吸収されるかという新メカニズムを発見した。これが有名になった異常吸収（anomalous absorption）です。

簡単にいうと，レーザーを集中照射すると温度が上がります。温度が上がったら，電気抵抗はどんどん減るわけです。抵抗が減ったら加熱はできなくなる。抵抗があるというのは，結局，衝突が原因です。温度が高くなったら，電子が速く走り出す。速く走ったら衝突しなくなる。いわゆるクーロン衝突がなくなるから，いくらレーザーを放り込んでも，エネルギーがそこで熱化しない。しかるに温度が上がって，中性子が検出された。なぜか？

というのは，衝突によるメカニズムで熱化されるのではなくて，ほかのメカニズムがあるはずだ。それが異常吸収です。プラズマ中に，パラメトリック非線形相互作用で振動が起こって，レーザーのエネルギーは，その振動に注入され，振動はランダウ・ダンピング（Landau damping）で熱化する。これが，その時の最高の成果だった。中性子検出は素人向きの結果です。

田中　それは阪大が発見したわけですか。

山中　私たちが発見した。

もう一つ。1972年に3つの大きな出来事があったのは，先にちょっと触れた私が主催した京都の日米科学セミナー「レーザーと物質の相互作用」です。

田中　世界から来られたんですか。

山中　世界から。ロチェスターのルビン（M.Lubin）も来ていたし，リバモアのキダー（Ray Kidder）も来たし，ジョン・エメット（John Emmett）も来たし，ロスアラモスのボイヤー（K.Boyer）も，ドイツのウィトコウスキー（Siegbert Witkowski）も来たし，プリンストンのドーソン（John Dawson），ＫＡＦＢのゲンター（A.Guenther），レンスラーのシュワルツ（H.Shwarz），ＡＥＣのディーン（S.Dean），旧ソ連レベデフのソボレフ（N.Sobolev）らがいました。日本からは，関口忠，西川恭二，宅間宏，泉谷徹郎ら多数が参加した。後でレーザー核融合で活躍した人たちが初期の段階で全部そこへ集まってくれた。新しい発見の異常吸収で集まったんです。異常吸収というテーマの話を聞こうというわけです。この3つがレーザー核融合の原点だった。

田中　そのタイミングで，ほとんど1972年に集中したわけですね。

山中　そうそう。それに，1973年にレーザー学会の前身のレーザー懇談会ができた。レーザー学会がその後，社団法人になったのは，もう少し後。1975年です。これらが大事なエポックだったわけです。

田中　それが，ちょうどお湯でいうと，沸騰しだした瞬間みたいな感じですよね。

山中　そうですね。スタートポイントです。

レーザー研究の展開

田中　それで，沸騰点になるような立ち上がりが1972年，1973年ぐらいに集中して起こって，そこから先生はどういうふうに展開していかれることになったのでしょうか。

山中　要するに，きちんとしたレーザーがいるということです。それはどこも売っていないので，自分で作るよりしようがない。当面は，先ほど言いましたように，ガラスレーザーと炭酸ガスレーザー，これは波長が違うんです。炭酸ガスレーザーは波長が10 μ（ミクロン），ガラスレーザーは波長が1 μ。それから電子ビーム

をドライバーとし，それでエネルギーをターゲットにつぎ込むという計画です。それぞれのパワーアップを図ろうということになったのです。

最初に，炭酸ガスレーザーは材料がガスですから，これが一番楽だというので，中井貞雄君，的場幹史君を中心に，まず炭酸ガスレーザーで走ろうとしました。それは，ある程度いったのですが，レーザーの周波数，波長，それとプラズマの密度は，うまくバランスしなければいけない。ところが，波長10 μは，波長1 μに比べて10倍も長いから，適合するプラズマ密度は低いんです。10^{18}ぐらいが対象の密度になる。これを遮断密度といいます。

炭酸ガスレーザーはこの密度でものすごく吸収される。これは共鳴吸収というプロセスで，吸収された途端に電子がホットになる。電子がホットになったら，高圧力のため，もう圧縮できない。それが核融合目的の場合，炭酸ガスレーザーの致命傷だと分かった。レーザーを作るのは割に楽なんです。大きなレーザーを作って，ガスを詰めればいい。ガスにエネルギーを与えて，発振させれば，波長10 μの赤外光が放出される。その威力はすごくて，レンズで絞った場合，長さ20 mぐらいの火花が大気中を走る。

話が飛ぶのですが，後年，財団法人レーザー技術総合研究所において，レーザー誘雷にこの炭酸ガスレーザーを使ったんです。誘雷塔の先端に炭酸ガスレーザーで20 m長の放電柱を生成し，誘雷に成功しています。そういうレーザーですが，核融合には不適当ということになった。

ロスアラモス研究所はアンタレスという10kJの炭酸ガスレーザーを完成させたが，できた途端に電子が高温になりすぎて圧縮できないと分かった。アメリカはすごいですね。せっかく作ったものを，ぱっとやめた。こういうことは日本はなかなかできない。的場君も，それによく似た烈光Ⅷ号を阪大で作りましたが，核融合では日の目を見なかったのです。それで，ロスアラモスのキース・ボイヤー（Keith Boyer）は紫外レーザーに転向した。

そういうことで，阪大レーザー研はガラスレーザーに全力を投入することにしました。当時，ガラスレーザーでは強力なビームが通るとダメージを受ける。白金るつぼでガラスを作るため，白金が溶け込んでガラスの中に入る。レーザー光が強くなったら，その白金の粒子の所が損傷する。それはいけないというわけで，通産省の補助金を受け，粘土のるつぼで大型溶解をやることにし，1トンの溶解をやって，中心部のガラスを利用した。これは旭硝子で実際にやったんです。

そこそこの白金フリーガラスができたんですが，当時，旭硝子の対抗馬だった保谷硝子に泉谷（徹郎）という研究所長がいまして，彼は大阪の工業試験場で海軍のガラスをやっていた人ですが，レーザーガラスの開発をやりたいと言ってきた。るつぼで作るのではなく，連続溶解システムでガラスを作る方式を開発し，その結果，今までのケイ酸ガラスよりも一段優れたリン酸ガラスのレーザーエレメントができるというレベルにこぎ着けたんです。世界初の快挙です。

これに米国のリバモアが目を付けて，そのガラスをよこせと言うわけです。フリーモントに保谷の工場を作らせて，自国のガラスはアメリカで作らせるというふうにした。ここにあるガラスのトロフィーに「山中教授に感謝する」と書いてあるでしょう。これは私が停年退官の時に，ジョン・エメットがこのガラストロフィーを持ってきて，「日本のおかげでここまできた」と言ってくれた，そのガラスなんです。いろいろありまして，対抗馬は独のショットガラスでした。

田中　日本の成果をアメリカは利用しようとした。

山中　そう。完全に保谷を取り込んで，日本の技術でガラスを作ることになったわけです。

そのころ，アメリカと日本が対等に競争していた。今の時代で考えたら不思議なぐらい日本は力強かった。リバモアは，ジェーナス（GANUS），サイクロプス（CYCLOPS），アーガス（ARGUS），シバ（SHIVA），ノバ（NOVA）と五つの段階でレーザーをずっと大きくしていったんです。

田中　リバモアの国立研究所ですね。

山中　うちは激光Ⅱ号，激光Ⅳ号，激光ＭⅡ号，それから激光XII号と，対抗してレーザーを作った。リン酸ガラスでも，アメリカをリードしたわけです。激光Ⅳ号は，オールリン酸ガラスの第１号なんです。これは，ダメージが入りにくい優れものです。

そんなことで，リバモアのヘッド，ジョン・エメットは，本当に日本と対等に，仲良く付き合ってくれたんですね。今では考えられないです。ガラスの問題は，日本が先鞭を着けたというわけですね。

レーザーガラスは波長が１μなんですが，波長を短くすればするほど適合するプラズマの密度は高くていいんです。だから波長を短くする競争が始まった。波長を短くするには，光学的非線形結晶のＫＤＰ結晶を作って，ここへ光を通すと波長が半分になる。２回通したら４分の１になる。ですから，大型のＫＤＰ結晶を作らなければいけない。

しかし，当時，日本では全然その能力はなくて，私はやむなくクリーブランドクリスタル（Cleveland crystal）へ行った。そこは大型結晶を作っている。それで，うちにも分けてくれと言ったんですが，リバモアから注文が来ている，それが全部済んだら，おまえの所へも作ってやると言う。それでは間に合いません。

それでは，うちで作るということにしました。これもまた天の配剤というか，今は日本結晶学会の会長なんかになっている佐々木孝友君は，「レーザーを作れ，レーザーを作れ」と私が言うものですから，一生懸命に激光Ⅱ号を作っていたんですが，そのため体を壊してしまって，近所の病院に入院した。私がお見舞いに行くと，１週間で２回手術をしたと言うんです。十二指腸潰瘍。もうやせ細っている。そこの病院ではいけないと，担架に乗せて私が連れ出して，阪大の微研（微生物病研究所）病院へ入れた。微研病院で手術をして命を取り留めたんです。

そして２ケ月，「先生，治りました」と出て来たので，「君はもう激務はいけない。ゆっくり仕事をするのが一番いい。結晶を作ったらどうだ」と言ったんです。ＫＤＰは１日に３ミリしか成長しないのですが，方形60センチぐらいの結晶がいるんです。レーザービームの口径が30センチあるわけですから，そこに当てる結晶と言えば，少なくとも寸法は40センチいる。ほぼ１年仕事です。のんびり仕事を結晶作りに専念し，結局，彼はそれをものにし，成功したんです。

田中　そうですね。

山中　やはりいろいろノウハウを実現して結晶ができるようになった。研磨してレーザーのパスに入れたら，波長が半分になる。グリーンになるんですね。もう１枚入れたらブルーになる。波長は短いほどいい。それを使って激光ＭⅡ号レーザーを作った。これはリバモアのアーガスに対抗するレーザーで２本のビームを持つ紫外レーザーシステムでした。

これに文部省が強力にサポートしてくれました。ＮＥＣが組み立てたレーザーですが，ＮＥＣの社長の小林宏治さんにはたいへん世話になりました。彼は「うちの会社はＣ＆Ｃだ」と言うんです。Computer & Communicationだと。しかし，「レーザーだけは別だ」と。それで会社の連中に「山中先生の言うことは何でも聞け」と言ってくれた。府中事業所に，レーザーを作る特別の部署ができまして，開発体制が完成し

た。この写真を見ただけでも立派なレーザーだと分かる。あっちの写真が激光Ⅳ号リン酸ガラスレーザーです。

レーザー核融合研究センターの発足と激光ＸⅡ号の建設

山中　激光ＭⅡ号ができて，アメリカのシバに対抗する準備ができた。考えてみたら，1972年に研究施設ができて，4年たって，1976年にレーザー核融合研究センターに格上げになった。施設というのは学部附属ですが，センターになると大学附置研になるから，予算の取り方が全然違うんです。施設だったら，学部に相談して，学部のＯＫをもらってから予算が上がっていく。今度は学部と対等ですから，まず大学を相手に予算の折衝ができる。それは，ずいぶん楽になるんです。

レーザー工学研究施設から4年たってレーザー核融合研究センターができて7年，1983年に激光XII号が完成しました。これは，すごいレーザーで，もちろんその時に世界一だった。

激光ＸⅡ号ガラスレーザー

田中　今日，ご覧になっていただいた，これです。もう今は古くなりましたが。

山中　30年動いているレーザーなんていうのは，世界中を探してもないです。それだけ基礎がきちんとできていたということです。できた時は，それは飛ぶ鳥を落とす勢いだったんです。世界で最も強力な核融合用レーザーだったわけですから。

当時，阪大のレーザーは文部省も一目置く存在でした。歴代の文部大臣は夏の高校野球の開会式に甲子園へ来ると，その足で阪大のレーザーを見に来ました。初めは海部俊樹大臣，次が田中龍夫大臣，森喜朗大臣，塩川正十郎大臣も来られた。圧巻は1981年の福田赳夫元首相の来訪です。もともとエネルギー問題に熱心で，激光ＭⅡ号レーザーを見て，「資源有限人智無限」の揮毫をいただいた。大いに激励されたのです。

激光Ⅻ号ガラスレーザーができたのは1983年ですから，1972年に施設ができてから11年目。やはり10年はかかるのですね。その12月に，レーザー研の玄関にＺ旗を掲げた。Ｚ旗というのは，ご存じでしょう。日本海海戦で連合艦隊司令長官東郷平八郎が三笠に上げた「各員一層奮励努力セヨ」という信号旗。というのは，激光ＸⅡ号10kJレーザーによりアメリカを打ち負かすデータを出そうというわけです。

ジョン・エメットが言っていました。うちはシバレーザーができたけど，レーザーでターゲットを照射しても，中性子は10^{10}に達しない。リバモアに行ってみたら，10^{10}中性子はいつ出るか賭けをやっているんです。

それで，うちは12月にこれでファーストショットをやった。その時は10^{10}ショットは出なかったのですが，その週のうちに10^{10}中性子が，ばっと出たんです。私はリバモアに電報を打って，「10^{10}中性子達成」を知らせた。そうしたらエメットから，「コングラチュレーション（congratulation）」と戻ってきた。そのころはメールがなかったからね。それぐらい仲が良かったというか，お互いに認め合っていたんです。

この年，米国のカーター（J.Carter）元大統領が来研されました。原子力研究出身ですか

ら，大いに興味を持っていただきました。レーザーを見たのは初めてのようでした。

田中　お互いがクリティカルな技術も持っているし，まったく無視できない存在だったんですね。

山中　そうそう。ただ，アメリカはターゲット構造については，機密にしていました。それで面白い話があるんです。日本は元来，科学研究は公開が原則ですから，どんなターゲットがいいかと，みんなオープンに議論するわけです。

田中　ターゲットというのは，レーザーを当てる的ですね。

山中　ええ，当てる的。その重水素燃料をどういうふうに構成するかが鍵です。うちの売りは，大山のセミナーで案出したキャノンボールターゲット。私の命名ですが，面白い名前でしょう。大砲の弾。キャノンボールは二重構造です。外のシェルには穴が空いていまして，そこからレーザーを打ち込む。打ち込んだレーザーが中でＸ線に変換されて，Ｘ線が中の燃料球，二重構造の中心を圧縮するのです。これがキャノンボールのアイデアです。

ところが，アメリカは，それと同じアイデアを秘密にしていたんです。後で分かったのですが，「ホーラムターゲット」と言っていた。これはドイツ語ですね。リバモアの連中は水爆の模擬のつもりでやっていたんです。Ｘ線に変換して中心を圧縮する。こっちはフリーでイノセントですから，キャノンボールを国際会議で報告する。そうしたら，連中にとってそれは機密で，ＤＯＥ，エネルギー省がやかましく言うからディスカッションできない。日本の独壇場で面白かったですね。

それで，国際会議で評価が上がるでしょう。「ナイストーク」と連中が言うんですが，それで，これをどう思うかというと「ノーコメント」なんです。要するに連中は議論できない。

田中　口にできないんですね。

山中　ええ。ロビン・ハーマン（R.Herman）が*FUSION*という本を書いて，大阪はunparalleled reputationを獲得したと褒めてくれました。

阿部　先生，途中で申し訳ないのですが，その理由というのは軍事的な機密ということですか。

山中　そうです。向こうのレーザー核融合の研究は，半分は軍事研究で，半分はエネルギー研究なんです。同じ所でやっている。これが普通の国です。日本に秘密がないというのは，学術会議で伏見先生が唱えられた，原子力研究は自主・民主・公開の原則でやっていますから，オープンなんです。

ですから，国際会議で日本はまったく自由自在，すべてオープンという感じ，アメリカはやっているらしいけど言えないものですから，評価されないんです。ロシアなんかに行ったら，日本のキャノンボールの評判はものすごくいい。クルチャトフ原子力研究所（Kurchotov Institute）所長でソ連科学アカデミー会長のベリコフ（E.P.Velikhov）が夫人同伴で阪大レーザー研を見学し，ソ連に招待したいという。ノーベル賞をレーザーで受けたレベテフ研のバゾフ（N.Basov）やソ連のマルチューク（Marchuk）副首相と総合物理研のプロコロフ（A.Prokhorov）が見学にやってきた。中国の連中は，面白がって「キャノンボール，キャノンボール」と言っている。そんなことで，まったく愉快な面白い時代でした。土光敏夫経団連会長が文部省大門隆課長の案内で来所され，激励を賜りました。80歳を超えてなお，かくしゃくたるものでした。

それから，ＬＨＡＲＴというターゲットを私が発案した。これはラージ・ハイアスペクト・レシオ（Large High Aspect Ratio）というターゲット。コンピューターシミュレーションにより設計し，面白いことが分かったのです。レーザー照射するとアブレーションがおき，その圧力で燃料球が圧縮されるでしょう。圧縮させるため

ターゲットの外側にシェル層があって，中に重水素とか三重水素がある。圧縮時にショックウエーブが内部に進行し，中心で衝突した時に，シミュレーションでは中性子がパッと出る。それからさらにシェルがプッシャーとなって燃料を押し込んでいって，圧縮が終わった時にシミュレーションではもう一回中性子が出る。

ところが実験では，2番目の中性子のパルスは全然出ない。第1回の中性子パルスしか出ない。リバモアはそれで困っていたんです。実際，最初にショックが中心に集まった時に中性子は出るが，圧縮完了時には，シミュレーションでは出るはずの中性子が全然出ない。だから，中性子生成 10^{10} を超せない。

私の設計の筋書きはというと，ラージ・ハイアスペクト・レシオターゲットは，ごく薄いシェルの中に重水素ガスが入っている。レーザーを照射すると，このシェルがどんどん外へアブレーションで飛ばされて，その反作用で圧縮する。圧縮して最後の段階，全部，外側のシェルが飛んでしまう。そうなったら，ターゲットは内部燃料だけになる。すると，2番目の中性子パルスが出るわけです。

なぜかというと，もし厚手のシェルでやったら，圧縮完了時になおシェルが残り，シェルが燃料の中に吹きこぼれて混ざってしまう。ミキシングすると，温度がぐっと下がる。これが圧縮の不安定性というものなんです。よく知られている，レイリー・テイラー不安定と言われるものです。油の上に水があると，上層は重く，下層は軽い。この界面は不安定なんです。ちょっと擾乱が入ったら，界面でミキシングがおきる。

ターゲットのシェルはまさにそうで，シェルがプッシャーとなり押し込んでいったら，圧縮完了時に重いシェルが軽い燃料層に押し込んで界面が不安定になる。不安定になって混ざり合うと，温度が上がらない。ラージ・ハイアスペクト・レシオターゲットの外側のシェルはものすごく薄いから，ある程度アブレートしたら全然なくなってしまって，燃料だけになる。そういう構造にしてやれば中性子が出るという設計です。

これでやったら 10^{12} の中性子が出た。リバモアが言っていた 10^{10} は軽く超えた。

田中　そうですね。

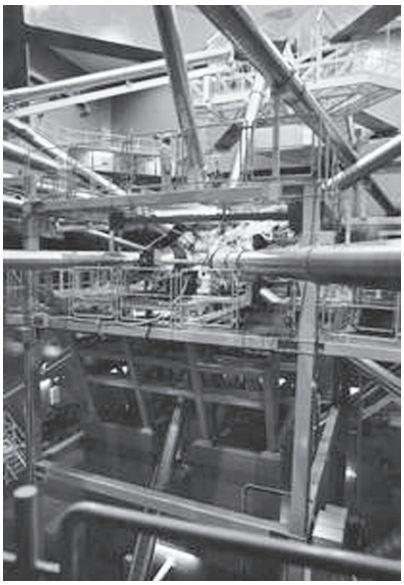
山中　そのころ，田中君はロチェスターにいた。それで，うちが中性子を 10^{12} を出したと言ったら，まもなくロチェスターで 10^{13} が出たと言ってきた。それは出るのは決まっているんですけどね。ロチェスター大学からスプロール（R.L.Sproul）学長が来学され，学術交流協定に調印しました。ここことは姉妹関係です。

そんなことで中性子が出るようになって，高温デモンストレーションは完了した。その次の問題は，高密度デモンストレーションがテーマとなった。激光ＸⅡ号レーザーは12ビーム，ターゲットに均等に12本当てているのですが，レーザー光は互いに干渉してホットスポットができる。ホットスポットができると，それだけで不均一照射のため圧縮は不安定になる。

レーザー光は位相がそろっているからホットスポットができる。ホットスポットができないようにレーザー光の位相を逆に乱してやるため，ランダム・フェーズ・プレートを使えばいいということが分かりました。これは加藤義章君が最初に気付いた。彼はロチェスターに留学していて，そこで，これはいけるということに気がつき，日本へ帰ってきて実現したんです。

今や，全世界でランダム・フェーズを使うことが標準になった。ランダム・フェーズ・プレートを使って圧縮すると，非常にきれいに圧縮できる。それで激光XII号を使って，今度はＣＤシェル，プラスチックのシェルを用い，プラスチックの中の水素を全部三重水素に置き換えるというアイデアを着想した。

これにも一くだりありまして，シンロイヒという大日本塗料の子会社が，三重水素で夜光時



激光ＸⅡ号ターゲット照射システム

計を作っていたんです。夜光時計というのは，三重水素を使っていた。

田中　トリチュームですね。

山中　トリチュームの放射能で文字盤を光るようにしていた。ところが時計にトリチュームは使ってはいけないということになったから，シンロイヒはもうお手上げなんです。会社をつぶさなければならんという瀬戸際に私が行って，三重水素の技術者の高木勝君をスカウトしてきた。

それで，この技術が阪大へ入りまして，プラスチックで作ったシェルの水素を三重水素に置き換え，三重水素とカーボンのターゲットを作った。これを，ランダム・フェーズ・プレートを使った均一な12ビームで圧縮するという実験に取りかかった。

田中　本番の核融合ターゲットみたいな感じですね。

山中　そうですね。これが1989年，とうとうエドワード・テラーが言った固体密度の1,000倍の圧縮が実現したんです。これは，ちょうど太陽内部の密度の4倍にあたる。それで，やっとエドワード・テラーが1972年に言った宿題ができたというわけなんです。

1990年に，ローゼンブルース（Marshall Rosenbruth）という理論の大家が阪大の発表を聞いて，あれはレーザー核融合研究史上エポックなことかもしれないと，調査団派遣をＤＯＥに提案しました。

それで，ロスアラモスのカートライト（D.Cartwright）がヘッドになって，6人の調査団が来た。2日間の予定で，データも装置を調べ討論した。阪大は秘密は何もありませんから，オープンそのものです。2日たって，もう1日議論をしたいと言う。カートライトが帰る時に，「こんなにとことん議論をしたことは今までない」と言って帰っていった。阪大の研究成果は正確で，1,000倍の圧縮ができているという確信を抱いて帰国した。

それが，アメリカが今作っているニフ（NIF：National Ignition Facility）という，超大型のレーザーを作る決断に寄与したんです。それで，米国核融合協会からリーダーシップ賞が贈られました。

田中　アメリカの国家プロジェクトですね。

山中　あれは3,000億円かけている。日本は1,000倍圧縮までやったんですが，文部省は大阪大学にお金を入れるのはこれで終わりだとしている。ということは結局，世界でナンバーワンの仕事をやったことはないから，今こそもう一踏ん張りすべきだという判断ができない。もうここまでやったんだからいいだろうという空気です。2位ではなぜいけないのかという。

同時に，日本の経済も傾いてきました。ですから，本当にJapan As No.1の線にいっていたが，その後これでは竜頭蛇尾になると心配しています。

田中　というので，今現在，続いているということなんですかね。

山中　そうです。

阿部　今言われた予算の減少というのは，いつごろからのことでしょうか。

山中　2000年に入って。1990年代の終わりからですね。

それで，Japan As No.1の続きがあるのですが，1988年のＥＣＬＩＭ（ヨーロッパレーザー相互作用会議）でマドリットマニフェストを私とハインツ・ホラ（H.Hora）（オーストラリア）が書き上げ，レーザー核融合研究の秘密解除と国際共同研究を提案しました。これが90年代に入って米国エネルギー省のオープン政策につながり，自由化時代になったのです。同年のニースのＩＡＥＡ国際会議で，４人のトップ核融合研究者の１人に選ばれました。1991年にはエドワード・テラーがエドワード・テラー賞を作りまして，第１回の賞を，ロシアのバゾフ（N.Basov）と私と，それからジョン・ナコルス（J.Nuckols），ホラの４人がもらいました。その演説でテラーは，「山中教授のおかげでレーザー核融合は第３コーナーを回った」と述べている。これで，高密度デモンストレーションは見事に完了したのです。

ところが残念なことに，1,000倍の圧縮はできたが，中性子はそんなに出ない。なぜかというと，激光XII号は10kJレーザーですので，レーザーはパワーが弱いから，十分圧縮には成功したが核反応に火がつかない。若干ニュートロンが出るから少しは燃えるが，持続燃焼するまではいかない。それで，レーザーのパワーを増やしたらいいということがＮＩＦ（ニフ）の目標になったわけです。

ＮＩＦは１MJ（メガジュール）レーザーです。10kJで核融合ができるとエドワード・テラーが1972年に言ったのは，不安定性がまったくなければ10kJでよかったのですが，やはり不安定性があるので，それの100倍，１MJ要るということになって，それがＮＩＦを作るのにつながったわけです。

フランスのファビウス（L.Fabius）工学研究大臣が来訪し，激光レーザーを見学しました。そうしたら，フランスがまた尻馬に乗った。ボルドーにＭＪＬ（メガジュールレーザー）という施設を計画した。これはアメリカの技術を導入して作っています。ＮＩＦは去年に出来上がった。ＭＪＬは建設中です。

中国は棉陽に，それと同じレベルの神光レーザーを作ろうとしています。2020年ぐらいに完成と言っています。

この３つの国は核兵器を持っている。日本は核兵器がないでしょう。プロパーのエネルギーだけを目標にしている。ですから，そういうところで力の入れ方も違う。とにかく，1990年代まで頑張ったけれども，2000年に入ったらもう世界一は目指さない空気が生まれてきた。

阪大の現役の連中が言っているのは，もうかつてのようにＮＩＦに対抗はできません。しかし，1,000倍圧縮ができたターゲットがあるんだから，これを別のレーザーでアフターヒーティングし加熱したらいけるのではないかと，ＬＦＥＸ（Lager Fusion Experiment）という名前のレーザーを作っています。激光MⅡ号レーザー12ビームの横に建設中のものです。

田中　今日，見ていただいたものですね。

山中　圧縮した後にアフターヒーティングをやって，米国のＮＩＦに対抗しようというのですが，まだそのレーザーは完成していません。

田中　今年，完成すると聞いています。

山中　政府も役人も政治家もかつての力がなく，研究者も意気が低下し，日本はそこで息切れしているなという感じですね。

田中　ただ，先生のお話を今ずっと伺ってきていて，やはり自国でその技術をすべて，あらゆる基礎から持っているというのは，すごく重要だなというふうに感じます。それがなかったら，まねになってしまうので動けなくなりますよね。自分が仮にトップに出たとしても。

山中　アメリカはディフェンスの資金があって，レーザーでいろいろなことをやっているのです。その結果，技術が伸びてくる。だから早い話，日本でいろいろな大学に行ってごらんな

さい。レーザー装置は，だいたいアメリカ製ばかりです。阪大のように，自分で作ったレーザーで研究している所はほとんどありません。卓上にあるレーザーは全部アメリカ製。それを開発するだけのバックグラウンドが日本にないんです。需要はあっても，手がける企業がない。

アメリカを相手にして戦うというのは本当に大変です。中国がそのまねをしています。この間，高速鉄道がひっくり返りましたが，それは発展途上の一つの失敗に過ぎないのでね。中国の未来には恐るべきものがある。

中国といえば，上海光机所（シャンハイコウキショ）の鄧錫銘（Den sin min）が，1974 年に阪大に考察組として 4 人で来ました。これは精密に言うと，上海光学精密机械研究所と言うのですが，略称は光机所と言います。中国には他に，長春，西安，合肥に光机所がある。阪大のレーザーを見て，彼は目をらんらんと輝かせて，いろいろ勉強して帰った。それが中国のレーザーの原点なんですが，今や棉陽に神光という大レーザーを作っている。四川省の奥です。なぜそんな奥かというと，攻められないから（笑）。旧ソ連のノボシビルスクと一緒です。中国の成長意欲は誠に大きい。日本はそういう意味では，だんだん成熟国からその先，降下にむかう方向にある。

田中　難しいところですね。

山中　栄枯盛衰を感じさせられます。

レーザー技術総合研究所の開設

田中　それで，あと自国のレーザー技術開発が重要だということで，先生が退官される前後だったと思うのですが，レーザー技術総合研究所というのもつくっておられますね。

山中　ええ。退官前年たまたまレーザーウラン濃縮計画の話があった。今のウランの分離は拡散法です。UF_6 ガスを何段も何段も拡散させて，同位体の重量の違いで濃縮している。レーザーで一挙に濃縮できたらすばらしい。これもリバモアが相手なんです。

その筋書きはというと，ウラン 235 というのが燃えるウラン。もともと天然ウランは大部分がウラン 238 で，ごくわずかウラン 235 が含まれている。ウラン 235 の吸収スペクトルと，ウラン 238 の吸収スペクトルは少しだけ違う。だから，正確にレーザーの波長をコントロールして，ウラン 235 に照射したら，これに共鳴したウラン 235 は電離してイオンになる。ウラン 238 は，その光を吸収しませんから，そのまま中性です。

ここへ電圧をかけて，イオンになった，プラスのウラン 235^+ を陰電極に析出する。金属ウラン蒸気を発生し，レーザーを照射し，ウラン 235 だけをイオン化し，一発で分離できる。原理は簡単です。レーザーをウラン 238 は吸収しないけれども，ウラン 235 が吸収する波長に合わせる必要がある。しかも，相当パワーがないといけない。

日本ではどうやるかという話になりました。私は直接リバモアの友人ジョン・エメットともいろいろ話したのですが，ジョン・エメットも，これは産業に関係するから絶対に秘密だと何も言わないんです。

一番のポイントは何かというと，ウラン 235 をイオンにした時，周りの大部分はウラン 238 です。ウラン 235^+ を電界で引っ張って，マイナス電極のほうへ運ぶ時に，途中でウラン 238 と衝突する。この時，電荷交換がおこり，ウラン 235 が中性になり，ウラン 238 がイオンになる。これが電極に析出したら，分離はできない。

ですから，ウラン 235^+ が 238 に衝突した時，どれぐらいの割合で電荷が移るか。これは衝突断面積で評価するのですが，それを正確に測らなければいけない。この仕事を大阪大学の銅蒸気レーザーを使ってやろうということになりま

して，それで財団を作ることになった。関西電力をはじめ各電力会社とか電機会社がバックアップしてくれて，発足したわけです。この時電気学会創立100周年に当たり，会長に就任していたのがたいへん役立ちました。

財団を作る時には，国を挙げてそのテーマを推進しようという動きがなかったら，とてもできない。レーザー濃縮技術組合を通産省が科学技術庁と相談して設立した。大阪大学で最初にレーザーを使ったウラン濃縮の仕事をしていたものですから，基礎データーの開発研究を頼まれたわけです。財団設立には，当初，文部省はあまり乗り気ではなかったのですが，通産省と科技庁はたいへん乗り気でした。それで，通産省に行ったら，荒井善光原子力産業課長が「もう通産専管の財団にしなさい」と言う。科技庁に行ったら石田寛人核燃料課長が「原子力はうちの担当。科技庁専管にしなさい」と言う。文部省に行ったら，「あんたは大学の先生。何，言うとる」と言う次第。でも一番熱心だったのは通産省ですね。

結局，三省庁で相談してつくってくれた。だから三省庁共管の財団になったんです。そんな財団は聞いたことがないと言われましたが。会計報告は大変なんです。3カ所に報告しなければならない。今度，科技庁が文部省と一緒になったから，今は2カ所なんですが。

それで，阪大レーザーセンターはレーザー核融合中心，財団のほうはレーザーアプリケーションをやることとし，ウラン濃縮が最初のテーマでした。

田中　それがレーザー技術総合研究所発足のいきさつですね。

山中　そうです。2番目のテーマ，レーザー誘雷です。これは，先ほど言った炭酸ガスレーザーを，丹後半島に岳山という山があるんですが，その頂上に持っていった。あそこは，冬の雷がよく出る。冬季雷というのは，雲高が300ｍぐらいで低いんです。岳山が150ｍぐらいあるから，そこから撃ったら雷雲に届くだろうという算段で，3年間やった。最初の冬にレーザーを持っていって準備する。その次の冬は，そのレーザーを整備して撃ち出す。3年目に，やっと誘雷に成功した。

ああいうフィールドワークは大変です。実験室では，自分で条件を整えることができるでしょう。ところが，フィールドワークは天候次第ですからね。雷雲が来たのはレーダーで分かるんですが，方向，雲高，みぞれ，吹雪とか状況が複雑で，なかなかタイミングがうまくいかないんです。その時は財団の関係者を上げて美浜に行ってやっていました。あそこは，いい所なんですよ。温泉はあるし，雪は深いけど。

そんなことで，レーザー誘雷の成功は世界で初めてです。

田中　レーザーで撃ち落としたということですか。

山中　そうです。撃ち落としたら，ものすごいエネルギーが来ます。

それから，レーザー超音波探傷の開発です。レーザーで物体にショックを与えて，その震動を別のレーザーで拾う。これは非常にうまくいっているんです。ＪＲのトンネルの欠陥を調べるとか，構造物のクラック検出など，レーザーによる核廃棄物処理ではヨウ素，セシウムの処分をやっていますし，レーザーフェムト秒加工では周期構造の形成やプロセス開発，さらに白色ライダーによる大気観測，太陽光レーザーの開発とかレーザーバイオの研究も展開しています。また，自由電子レーザー国際会議を主催し，半導体リソグラフィー用のＥＵＶ光源を開発しました。井沢靖和君が中心でした。ほとんど実用化に近いんです。

つくづく思うのは，かつての日本がまぶしい時代というのは，今日よりも明日，明日よりもあさってというふうに，ずっと生活が良くなる社会です。向上を実感するものですから，人は皆よく働く。どうやらそれが峠を越した感があ

ります。外国人の方がよく働くこの頃です。

田中　未来が信じられたわけですね。

山中　阪大のレーザー研が世界に伸びたのは，今に良くなる，今に良くなる，日本のエネルギーをわが手で作り出す。それで皆のベクトルが，一斉にそろったからです。

教育の要点

山中　私は常に言うんですが，使命感を与えることができたら教育は成功だと。たまたま姫路工業大学の学長に就任したので，講義とか研究室のセミナーとかで，先生が持っている能力と器量と哲学などもろもろの経験を学生に聞かせて，「明るく楽しく未来のために」今日を充実させよと呼びかけました。この世に生を受けた以上何をしたいのかという使命感を呼び起こすことが第一義です。日本がこうなっている時こそ，使命感を本当に呼び起こす必要がある。社会全体が今は少子高齢化で，だんだんシュリンクしていく時にこそ，使命感を呼び起こす教育が望まれる。

次に大切なのが，デシプリン（discipline）です。訓練，デシプリンを与えなければいけない。使命感だけあっても，手法が分からない。そのための手段をきちんと教える。だから，デシプリンを与えて，初めて手段が身につく。

最後に大事なのは，ウィッシュ（wish）です。やる気というやつ。使命感を与えたらやる気が出るかというと，必ずしもそうではないんです。これは天性のものかもしれないです。インセンティブと言ってもいい。この３つをそろえさせることが，教育の目標となる。これさえできたら，放っておいて大丈夫です。

田中　自分で動く。

山中　ええ。でも，今は時代が悪いというか，日本の国家全体が衰退していくという時に，使命感を持たせようと思ってもなかなか難しい。

田中　難しいですね。

山中　どうしたらいいか。小学校のころからやらなければいけませんね。小学校が一番大事かもしれません。

田中　先生が立ち上げてこられた時は，社会全体がやはり。

山中　そう。皆，向上志向だった。だから成功したと思うんです。中国は今，それでやっている。

教育の話は，だいたいそういうことなんですけどね。

田中　ありがとうございます。

山中　もう一つ最後に言っておきたいことがある。

使命感があって，デシプリンが与えられて，ウィッシュがある。その次に出てくるのは達成感なんです。達成感というのは，どうやったら持たせられるか。達成感の対抗が飢餓感なんですね。達成感というのは満足を伴うから，安定化する恐れがある。

例えば，これはよく言われる話だけど，研究室でぶらぶらしている人がいると，あいつは遊んでいるから，ちょっとこれを手伝えと言って事務的なことをやらせると，本人はそれをやって達成感をもってくる。絶対に遊んでいても仕事を与えてはいけない。放っておく。そうして３カ月も４カ月も遊んでいたら，これはいけないと飢餓感が出てくる。飢餓感が出てきた時に，ちょっと背中をついたら仕事になる。

田中　分かる気がします。

山中　最後に，レーザー研は，東大，京大，阪大，名大，東京工大，大阪府大，近大，大工大，関大から人を集めてつくったので，各大学の特徴がよく分かった。

東京大学の出身者は，やはり頭がいい。目的がはっきりしていて，手段も決まっている時は，すぱっとやるんです。ところが，どういった手段を使ったらいいか分からない時は，こんなものやれるかと感じる傾向がある。

京都大学の出身者は，目的があって手段が分

からない時でも，自分で手段を考え，一応ものにする。日頃京大流放任になれている。

阪大出身者は，もちろん人によって違いますが，問題の目的がよく分からない。手段も分からない。それでもテーマにとりついて，周囲と相談しつつ連帯して結果を出す粘りがある。

田中　だから到達はするわけですね。

山中　時間は結構かかるけどね。何にも手段がない，分からないという時に，それに耐えるだけの力を持って欲しい。私はそう思いますね。これは実感です。

先にも述べましたが，新しいことは関西から始まる。

田中　面白いですね。

若い世代へのメッセージ

田中　ありがとうございます。ある程度，これで予定していた質問はカバーしたかなと思うのですが，重要なことを一つ，お伺いできればと思います。

若い世代へ。今，いろいろ社会的にも問題があるということを先生はおっしゃっておられましたが，一番難しい問題ではあるのですが，もしご意見がありましたら。

山中　最初に言ったことですが，「天の時を知って人事を尽くせ」に尽きるかなと思います。いろいろな局面が出たときに，誠実に対応しなければいけません。時代の動きが大事で，それを知って一生懸命にやったら，なんとか道が見つかってくる。天道だけは確かです。しかし，何もしなかったら何も出てきません。拙著『慣性核融合研究開発史―レーザー核融合研究パイオニア物語―』（レーザー核融合技術振興会ＩＦＥフォーラム，2006年）には，エネルギーへの思いの丈を記述してあります。

心に残る研究者

田中　最後に，先生のここまでの研究人生は大学の中に収まりきらないキャリアで，世界的にもずいぶん広がっているんですが，僕が一つ聞いてみたいなと思うのは，先生の心に残る人というのはどういう方たちですか。伏見先生とか，エメットとかテラーとか，何人かの名前を出しておられましたが，そういう人たちを含めて，どういう方が心に残っているか，それはなぜ心に残っているんでしょうかということをお話しください。

山中　原点というと，やはり吹田徳雄先生でしょうか。いろいろなことを教えられたんです。吹田先生はテニスのインターハイで優勝されたのですが，「山中君，研究でもテニスでも同じだ。やっている時にしんどいなと思ったら，それは同じように相手もしんどいと思っている。ゲームをやっていて，ここを乗り切らないかんなと頑張る時は，相手もそう思っている。山あり谷ありだが，このゲームは譲ってもいいという時はできるだけ力をセーブしてプレーする。その代わり，絶対に取らなければいけないという時は全力を挙げて取りにかかれ」という教訓です。

これは，至言だと思うんです。ずっと終始同じピッチで頑張ったらいけない。

田中　力がもたない。

山中　ええ，もたない。相手が頑張る時は，こっちも頑張らなければいけないけど，緩急をつける。その代わり，ここという時は全力を挙げろ。それは当たり前のことなんですが。

田中　重要なことですね。

山中　ええ。僕は大学院の時，枚方学舎でテニスばかりやって遊んでいたんです。それは先生の影響だからしようがない。その時にも，「山中君，上手になる方法を教えてあげよか。相手とやるときは足元にボールを打て。それも手前にバウンドするとか，直接打てるようなボール

は駄目。足のすぐそばでバウンドするようなボールを打つ。これは，なかなか受けにくい」と。「それからダブルスでやるときは，2人の真ん中を狙え。真ん中に打ったら，両方がどっちが打とうかと思って必ずミスする」と。そういうことを聞かされて，まあそれはそうだな，当たり前だなと思ったけどね（笑）。

だから，やはり吹田先生の影響というのは大きいですね。

田中　圧倒的だったわけですね。

山中　ええ。大学の若い時に，輪講とか実験でしっかり育てなければいけないということでしたね。大学院になったら，もう本人次第，ちょっと手の付けようがないみたいな放任主義でした（笑）。

伏見先生にも，ずいぶんプラズマ研でかわいがってもらいましたけどね。ただ，伏見先生は何を考えているか分からない。向き合ったら，大きなコンピューターの前へ行ったような感じがする。僕はいつもそう思っていた。

田中　風圧を感じさせるわけですね。

山中　一種の圧力を感じさせる。

核融合会議でお世話になった筑波大学の元学長の宮島龍興先生は，対照的に暖かかった。

田中　あと，外国の研究者ではいかがですか。

山中　ジョン・エメット（John Emett）と一番やり合いました。好敵手です。

フランス人はやや苦手だな。エドワード・ファーブレ（Edward Fabre），柔道家でスポーツマンだったのに，彼は来日しても心が通わない。これは個人主義のせいだね。

インペリアル・カレッジ（Imperial College）のマルコム・ヘインズ教授（Malcolm Haines）なんか，やっぱり優れた人だった。

田中　イギリスですね。

山中　ええ。パイプオルガンが弾きたいと言ってしようがないんですよ。パイプオルガンがある所を探しまわった。

田中　奏者なんですか。

山中　うん，なかなかの奏者。3カ月の滞在中に論文を3つ書いた。パイプオルガンを弾いていると思ったら，論文が3つできている。日本人は何もせずに一生懸命やっているのに，なかなか論文ができない。やはり勘所がいいというのか。要するに遊ぶ時は遊んで，やる時には集中してやっている。ああいう所が日本人はちょっと下手だね。ずっと働いて，働きづめで成果が出ない。

もう1人，ベルファースのブラッドレー教授（D.J.Bradley）は，先に山口元太郎君のことで触れましたが，英国のロイヤルアカデミーの招待講演に私が出講した時，バンケットで彼が乾杯に際し「For the Queen」と言ったのは未だに印象に残っています。何となく歴史の深みが感じられ，日本もそうありたいものです。

上海光机所の鄧錫銘も思い出します。彼は阪大見学の時，「道遠くして馬の力を知り，時長くして人の心を覚る」と延べ，日本を讃えていました。ドイツ，ガルヒンのウイトコフスキー（S.Witkovski），カナダのオフェンバーガー（A.Offenberger），オーストラリアのホラー（H.Hora）との交流も忘れがたいものがあります。まさに，個性に引かれる日々でした。

激光・烈光のネーミング

田中　阿部先生，いかがですか。

阿部　大変興味深いお話をどうもありがとうございました。私は内容を理解する力が十分にはなかったのですが，一つだけ伺いたいと思います。激光という名前は，どういうところから付けられたんでしょうか。

山中　これは中国に迷惑しているんですよ。私がガラスレーザーに激光という固有名をつけたでしょう。中国はレーザー一般を激光と言う。

田中　後から付けたんですか。

山中　中国では初め莱塞とか光放大器と呼んでいたのが，後で激光になった。私はガラスレー

ザーを激光，炭酸ガスレーザーを烈光と命名したのです。これは，ガラスレーザーというのは波長が短い。グリーンに近い。ですから，さんずいがついている。烈光というのは波長が10μなので赤外に近い。だから下に火がついている。

私は最初，ガラスレーザーと炭酸ガスレーザーをそれぞれGetgo, Letgo laser，ゲットゴーとレットゴーと言っていたんです。それはチームそれぞれ頑張ってもらいたいという意味でしたが，英語ではまずいというので，激光と烈光にしたんです。

ところが，ゲッコー（gecko）は英語でトカゲなんですね。まずかったなと思った。初めてジョン・エメットに「ゲッコウ」と言ったら嫌な顔をしていた（笑）。これはハワイへ行って初めて気が付いたんです。あそこでゲッコウというぬいぐるみモデルを売っている。

田中　ああ，そうですか。

山中　トカゲのモデル。「しまった，これはトカゲと一緒だ」と思って（笑）。

いろいろ名前はついています。電子ビームは「励電」というんです。励ます電気。プラズマフォーカスは「集電」です。

阿部　これらは全部，先生が命名されたのですか。

山中　そうです。中国語でレーザー，激光を「チイクウァン」と発音するのですね。あれはガラスレーザーというのではなくて，レーザー全体を激光と言うのです。

阿部　どうもありがとうございました。

田中　だいたいこれで先生の骨子はカバーさせていただいたようです。今日は大変お暑い中，ありがとうございました。

おわりに

レーザー核融合開発研究に関し山中千代衛名誉教授に聴き取り調査を実施し，わが国の新エネルギー対策について一連の興味ある情報が得られた。

太陽エネルギーの源である核融合は宇宙の星々に何10億年もエネルギーを供給してきた。地球上では不幸なことに核融合エネルギーは1951年水素爆弾としてはじめて開発された。しかし，その後60年，科学者たちは制御された核融合を安全且つ無尽蔵なエネルギー源として平和利用への夢を追求してきた。

核融合炉の実現には磁場閉じ込め核融合と慣性閉じ込め核融合の二方式がある。前者は磁場を使って高温のプラズマを閉じ込め核融合を実現する。現在ＩＴＥＲ（International Tokamak Experimental Reactor）プログラムとして国際的に研究が進んでいる。一方後者は微小な燃料ペレットを大出力レーザーパルスで照射し，爆縮を実現し，高温，高密度のプラズマを生成，核融合反応に点火しエネルギーを生成させる。

これにはレーザーをじかに燃料ターゲットに照射する直接方式と，レーザーをターゲット内でＸ線に変換して，燃料に照射する間接方式とがある。前者は照射効率に優れているが照射の均一性に劣る。大阪大学の激光ＸⅡ号レーザーはこの方式である。後者は照射の均一性に優れているが照射効率は低い。米・リバモア研究所のNIFはこの型である。

過去40年のレーザー核融合研究経過が論述され，人類のための新エネルギー研究開発の進歩が明にされた。有能な若人達がこの分野に参入し，さらに挑戦することが期待されるのである。

山中千代衛名誉教授略歴

1923年12月	生まれる
1944年　4月	大阪帝国大学工学部航空学科入学
1948年　3月	大阪大学工学部電気工学科卒業
1950年　3月	大阪大学大学院特別研究生第一

期終了
1953年 3月　大阪大学大学院特別研究生第二期終了
1953年 4月　大阪大学工学部助手
マサチューセッツ工科大学に留学
1956年 8月　大阪大学工学部講師
1958年 4月　大阪大学工学部助教授
1960年 8月　工学博士
1963年 4月　大阪大学工学部教授
1969年 8月　大阪大学評議員（併任，1969年9月まで）
1969年 8月　名古屋大学プラズマ研究所教授（併任，1972年7月まで）
1972年 5月　大阪大学工学部附属レーザー工学研究施設長（併任，1976年5月まで）
1976年 5月　大阪大学レーザー核融合研究センター長（併任，1987年3月まで）
1977年 5月　レーザー学会会長（1987年5月まで）
1987年 3月　大阪大学停年退官　大阪大学名誉教授
1987年 4月　近畿大学理工学部教授（1990年9月まで）
1987年 5月　電気学会会長（1988年5月まで）
1987年10月　財団法人レーザー技術総合研究所副理事長・研究所長
1990年 9月　姫路工業大学長（1995年10月まで）　姫路工業大学名誉教授
2010年 4月　財団法人レーザー技術総合研究所名誉所長

賞罰

東レ科技術奨励金，電気学会学術振興賞進歩賞，論文賞，南京工学院客座教授，米国ローレンスリバモア研究貢献トロフィー，ニューサウスウェールズ大学客員教授，アルバーター大学客員教授，IEEEライフフェロー，APSフェロー，米国核融合協会リーダーシップ賞，IAEAニース会議金メダル，レーザー学会功績賞，電気学会功績賞，同名誉員，エドワードテラー賞，紫綬褒章，レーザー医学会名誉会委員，小平記念会小平賞，レーザー学会研究業績賞進歩賞，プラズマ核融合学会名誉会員，レーザー学会名誉会員，勲二等瑞宝章，泰山賞レーザー功績賞

Memoir of Osaka University talked by Professor Emeritus Chiyoe Yamanaka: Laser Fusion Research and Development ―A story on Laboratory of the World―

Kazuo Tanaka, Masaki Kan and Takeshi Abe

Professor Chiyoe Yamanaka was born in Osaka in 1923. He entered the department of aero nauties of Osaka Imperial University after the Kobe first junior high school and Konan high school. Since the department of aero nauties has been closed after the World War II, he moved to the department of electrical engineering and finished the graduate course. Then he was hired as an assistant professor of Osaka University at the School of Engineering and stayed as a researcher at MIT, USA in 1953.

In 1960 laser was invented. He immediately started research using lasers and became a professor in 1963. His dream was to create the laboratory of the world. His research includes CO_2 and glass lasers. He also started laser fusion research and was successful to create fusion neutrons in 1971. In 1972, a Facility of Laser Engineering was founded in the School of Engineering, Osaka University. In 1976 Institute of Laser Engineering was founded. In 1983, GEKKO XII glass laser system has been constructed. During these years he produced world leading scientific achievements contributed to advance the laser fusion research.

The recent worldwide target has been to attain the breakeven of the energy balance at implosion. The latest exciting results are a neutron yield of 10^{12} per laser shot by subjecting a novel, large high aspect ratio target (LHART) to 10 kJ laser radiation from the GEKKO XII glass laser, and also the imploded fuel density of 1000 g/cm^3 by using a deutrated plastic shell target at the ILE(Institute of Laser Engineering),Osaka. Related topics include the FIREX Program(Fast Ignition Realization Experiment) aiming at a fast ignition of an imploded fuel by using petta watt laser at the ILE,OSAKA.

In the last few decades, inertial confinement fusion research has advanced remarkably, fueling hopes of inertial fusion energy as a new energy source for humankind in the 21 st century.

The present key issues of inertial fusion energy(IFE) research are the development of high power driver systems including laser materials, components and new technologies of irradiation, as well as the processing of advanced fuel pellets and the fuel supply systems、which enable the ignition to achieve an optimal IFE research pellet gain greater than 100. Last but not least is the feasible design of the IFE reactor for the commercial use.

Looking back over the last decades, a detailed overview of ILE research activities on the inertial fusion energy, is introduced in hopes that ingenious young people may be stimulated by the challenging spirit of bone runners and the infinite possibilities of laser energy system.