

海部宣男氏ロングインタビュー

第6回：暗黒星雲分子サーベイ



高橋 慶太郎

〈熊本大学大学院先端科学研究部 〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1〉

e-mail: keitaro@kumamoto-u.ac.jp

インタビュー協力：小久保英一郎（国立天文台）

海部宣男氏インタビューの第6回です。数々の技術的課題を克服して完成した野辺山45 m電波望遠鏡は、かつてない精度と感度を達成し世界の第一線に躍り出ました。今回はその45 m望遠鏡を使って海部氏が精力的に取り組んだ暗黒星雲分子サーベイのお話です。海部氏が製作した32,000チャンネルの音響光学型分光器は、暗黒星雲の分子のように線幅の細いラインをサーベイするのに最適で他の追随を許しませんでした。未知の分子の同定には分子科学や化学の研究者の協力が必要不可欠で、海部氏は天文学を超えた大きなグループを構築して新分子の発見に挑んでいきます。そしてC₆HやCCSなどをはじめ、様々な分子を発見して天文学だけでなく化学にも大きなインパクトを与えたのです。

●プロポーザル

高橋：45 mの方はできてすぐ共同利用にっていうことでしたけど、最初からプロポーザルがたくさん来たんですか？

海部：そうですね。まあ多かった。ただまあプロポーザルの内容ってものはやっぱり年を追って良くなっていったって感じがありますね。そもそもどういうふうな出し方をすればいいかっていう、最初は誰も分かんないんだよね。

高橋：内容はやっぱり星間分子のものが多かったんですか？

海部：あのね、最初からコンティニューム（連続波）っていうのが非常に少なかったんですよ。やっぱり星間分子に集中していた。分子の方が圧倒的に情報量が多い。だってスペクトルでケミストリーが分かって、運動も分かるんですからね。それからコンティニュームっていうのはね、どっちかって言うと波長が長い方がいい。シンクロト

ロンが強いから有利なんですよ。だからミリ波でコンティニュームってのは要するに、サーマルのとコンパクトで温度の高いやつとかね。わりと限られる。

高橋：作った人用の時間とかそういうのはなかったんですか？

海部：あのね、それはね、なんて言ったらいいかな。観測所に何%というようなやり方は最初っからしなかった。だから作った人用に観測時間を割り当ててるっていうんじゃないで、テスト時間っていうのがあった。つまり性能を高めるためにやるっていう時間を、初期のうちはある程度取って、それをだんだん減らしていくわけですね。それで、そこで得られた成果はその人たちのものであるというふうに、基本的にそういう合意でしたね。

高橋：なるほど。

海部：だからそういう意味では確かに初期の間は観測ができた。まあ今でも新しい観測装置なんかを作って持ち込むと、最初の間、時間がもらえる

のとちょっと似てますね。

(45 m 望遠鏡が稼働して以来続いていた観測所内の広報チラシ「NRO速報」のアーカイブを見ながら)

海部: 懐かしいな, これは。

小久保: はくちょう座A。これが速報の1号ですか?

海部: はくちょう座Aを受信したときのものですな。

高橋: 海部さんが書いたんですか?

海部: まあこのへんはみんな僕なんだよ。最初のいくつかはね。

小久保: へえ。

海部: えっとね, あ, これだ。これがミリ波で初めて分子を受けたのですね(写真1)。オリオンのダブルピークで, SiOレーザーですよ。最初は受かんなかったのを僕がスイッチングを入れたら受かって, それでポジションをずらしてだんだん高いところを狙っていったらだんだん強くなって。これは感激だったよね。ミリ波で星間分子のスペクトルの受信って言って, これがとにかく分子の初受信ですね。1982年1月26日だね。そうそう。要するにピントが合ってポジションが合ってるわけ。それでいろんなものが見えだした。HClのアイソトープとかSOとかですね。まあ, そういうのです。ずいぶん頑張りましたね。

高橋: シンプルですけど, 当時の興奮が伝わってきます。

小久保: 日報なんですな, これ。

海部: そうです。技術者の人も一緒にやってるじゃない? そういう人にも知らせようってんでこういうのを作ってね。

小久保: すごいですよね。ちゃんと全部残ってるんですな。

海部: ある時期からコンピューターになるわけですが, 最初の手書きのが懐かしいよ。

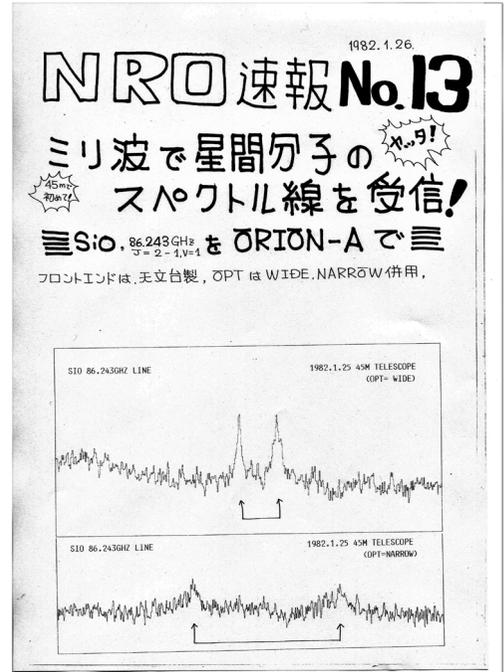


写真1 45 m 望遠鏡での初めての分子検出を報告する NRO速報 No. 13 (国立天文台提供)。

●暗黒星雲分子サーベイ

海部: 野辺山ができて順調に動きだして, 例の AOS (音響光学型分光器) ののでかいやつ, 32,000 チャンネルという当時としては他所より2桁ぐらいでかいものを作ったので (第4回参照), 僕は最初から1つの狙いとして分子のサーベイをやると思っていたわけですね。特に暗黒星雲をやるには, 周波数分解能が高くないといけないから, AOSにはまさにぴったりの問題だったんですよ。それで45 mはだいたい1983年, 1984年とかになるとだいぶ性能が出てきて, 暗黒星雲のサーベイをやるという気になった。受信機の感度も良くなったしポインティングもいいし, AOSも安定してきたしね, これならサーベイもできる。サーベイっていうのはね, 性能が安定しなきゃできないんですよ。

で, それをやると思っていたところへ鈴木博子さんが来てくれたんですごく良かった。鈴木さ

んはもともと京都の林（忠四郎）さんのところで暗黒星雲のケミストリーを理論でやった人で、特に炭素が重要であるという論文を出して注目されてた。それで、さあいいよサーベイをやるよかって言うんで、僕、鈴木さんに電話したんだよ。「来てくんないか」って。それが最初だと思います。で、前も言ったように（第5回参照）、野辺山の観測ソフトを作り上げたのは彼女と言っていいんだ。それでそのサーベイで分子がいっぱい出たからね、その同定を一緒にやって、それで鈴木さんはどうもこれは私の働きどころだと思っただけなんだね。それまではねえ、あんまりそうは思ってなかったかもしれないです。

高橋: 分子サーベイはどのように進めていったんですか？

海部: この星間分子探しというのは難しいんですね。というのは、要するに、僕らがやったことは、分かっている分子のスペクトルを探すということもやったけれども、暗黒星雲という惑星の材料であるという重要性を持ったものに網をバツとかけて、そこから全部すくっちゃおうという、まあそういうサーベイだったわけですね。対象はTMC-1です。太陽サイズの小さな星がたくさん生まれている静かなところで、オリオンのように乱れてる、大型の星が生まれてるようなところでは別のケミストリーが混ざってしまうでしょ。TMC-1はとても静かでね、純粋な暗黒星雲のケミストリーが分かるだろうという方針でね。この辺は鈴木博子さんの発案もあって。

高橋: 分かっている分子を見つけるのと、未知の分子を同定するのと、両方ということですね。

海部: はい、それで非常に広い周波数範囲のスペクトルを、片っ端から観測してチェックしていく。そうするといっぱい分かんないスペクトル線が見つかる。それは分かっている分子のhigher excited stateである場合がわりと多いんですね。それからアイソトープもいっぱい見つかるわけですね。アイソトープって言ったってさ、例えば、

C_3H なんていう分子があると、どのCが12か13かで違うでしょ。HがDだったりさ。そういうふうには、アイソトープはいっぱい見つかるんですね。そういうのを全部見つけてって、最後に残ったわけの分からないやつは新しい分子だから、それをどうやって同定するかって、それもまた難しい。実験でもなかなかすぐには分からないんで、理論と実験を両方使って、それから観測の結果からの類推と。そういう議論をやりながら、非常に楽しいものだったんですね。

●分子サーベイグループ

海部: その星間分子のサーベイグループは、僕と鈴木博子さんと大石雅寿というね、この3人が野辺山で、あと外にいっぱい強力な人たちがいた。これは日本の分子科学のおかげでね、まあ霜田（光一）さんなんていう先駆者がいて、分子のマイクロ波分光の大家ですね。この霜田光一さんって方は日本の電波天文の草分けの1人でもあるのね。それでそのあと育った分子研におられた斎藤修二さんとか、富山大学におられた高木光司郎さんとか、すごい人たちがいっぱいいたんですよ。そういう人たちと、僕は科研費の重点研究を取ってグループ作って、一緒になって分子探しをやった。

小久保: その重点領域には森本（雅樹）さんは入ってなかったんですか？

海部: 森本さんはあんまりそういう星間分子の研究会とかには来てないです。

高橋: 重点領域には天文の人は他にどなたがいらっしたんですか？

海部: そうですね……、って考えなきゃいけないぐらいの、要するに天文で星間分子に関心を持つような人というのは極めて少なかったからね、もともと。だって、そうじゃないですか。そりゃあ星間分子のスペクトルを観測するという人はうじゃうじゃいるわけですよ。だけど、新たな星間分子そのものを同定しようとかいうような仕事を

やってたのは、野辺山では僕ら3人。そのうち高野（秀路）君が入ってきたけどさ。

高橋: ではそのグループはほとんどが天文じゃない人たちなんですか？

海部: そうですね。でもこうなったらもう誰が天文かどうかって、例えば山本智君なんて今は天文じゃないですか。そういう意味で言えばどこでどう線引きすればいいかわからないけど、大学院で最初から関心を持って入ってきたのが、大石君ですね。むしろ外に大勢仲間がいた。

前にも言ったけど（第2回参照）、僕は1966年に大学院に行ったでしょ。それから赤羽さん、森本さんがミリ波の6m望遠鏡を作るといって、それに参加したでしょ。そしたら1968年にアメリカのタウンズのグループがアンモニアの分子スペクトルを波長1.2cmで銀河中心に見つけるってのがあった。これは僕にとっては青天の霹靂だったんですよ。つまり、僕は学部どききに紫外分光をやってたからね、分子にはミリ波のスペクトルがやたらあったのを僕はよく知ってたんですよ。回転スペクトルがうじゃうじゃあるんですよ。これはえらいことになる、と思ったのが最初ですよ。それで僕はまだドクター1年で、森本さんにも言わずに霜田光一先生のところへコンコンって訪ねて行って、こういうことありましてって言って、「分子のマイクロ波の資料をちょっと見せていただけませんか」とか言ったら、まあびっくりされて、それでいろんな資料を貸してくれて、その中からこれなら観測できそうだって言うんでそれが6mのターゲットをガラッと変えたんですよ。そこで分子をやるってことになった。

高橋: それで45mの星間分子サーベイで協力をお願いしたということですか？

海部: うん。それは縁があって、富山大学に児島（毅）先生というやっぱり日本の分光の草分けの方がいて、それから岡武史さんをご存知だろうか。岡武史さんっていうのはアメリカで活躍されてる分子分光の方。あと、分子研の所長をやった

廣田（榮治）さんとか、日本には分子電波分光、マイクロ波分光の草分け、泰斗がまあ4人くらいいるんですね。

それで児島さんの弟子で高木光司郎さんっていう方がマイクロ波分光の実験が非常にできる人で、僕らは一緒に仕事をしたんです。それから廣田さんのところに行った齋藤修二さんとか、そのへんが東大物理の人脈になるんだな。森本さんの人脈といってもいいのかな。岡さんと森本さんは同期だもんね。岡さんが森本さんを訪ねてきて、「へえ、こんなことやってるの、森本」とか言って。そういうことでね、分子を見つけるときに実験のグループというのが日本で非常に強力だったので、そういうグループと一緒にやったのは僕はすごく感謝してる。それと理論。分子の理論では北大の大野（公男）先生とかね、その縁を拡げたのは、鈴木博子さんです。

高橋: 分子分光や分子の理論の人たちと協力して。

海部: だから僕らがミリ波分光を野辺山で展開するについてはそういう日本の分子科学の人たちと非常に広いネットワークを作って。それで科研費で重点領域がうまく連続して通ってですね。あれは広領域っていう、その頃まだ新しかった分野に出した。あれは天文で出したら通ってない。僕は自慢じゃないけどずっと天文以外で科研費を通してきた。要するに天文はやっぱりなかなかそういう新しいものは評価できない。だけど広領域なんかいくと物理の人たちがいて、これは面白そうだっていうんで通るんですね。それで分子とか暗黒星雲とか関心がありそうな人が集まる研究会をずいぶん長いことやったんですね。

●新しい分子を見つける

高橋: 分子の発見は、理論と観測と実験が協力してっていう話でしたけど、わからないラインが出てきたときには、そのラインを出すような分子を見つける実験をするっていうことなんですか？

海部: うん、ラインが1本だけという場合は非常に難しいんですが、しばしばね、ダブルットって言って、2本、対になって見つかったりね。ダブルットになるっていうのはラジカルのような、つまり電場に偏りを持つ分子の場合、エネルギーレベルが2つに分かれることがあり得るんです。それからダブルットがさらに2つに分かれるようなものもある。これは hyperfine structure (超微細構造) と言いますが、それは大抵、水素原子のスピン。スピン平行、反平行で、ほんのちょっとだけ周波数が変わるわけですね。例えばそういうのが見つかったら、水素1個を持ったラジカル分子だと、こういうふうと思うわけ。

高橋: なるほど。

海部: だけど候補はいくらでもあるわけですよ。それでラインがこの辺の周波数に落ちるっていうことから重さを推定するわけですけど、それだって excited state (励起状態) によって周波数が変わっていくからそう単純には絞れない。けどどいたいこういう分子が今まで見つかったりから、こういうのがあってもおかしくないじゃないかと。こういう分子じゃないかとなれば理論で詳しく分子の構造を計算して、この辺に周波数が出るはずですよというのを出す。一方では実験でそういう分子を作ってみる。

でも宇宙の分子を実験で作るっていうのは簡単じゃないんです。なぜかと言うと、暗黒星雲というのは我々から見るとえらい濃い雲だって言うけども、地上の実験で言ったらむちゃくちゃ超真空ですからね。そういうところできる分子というのは、つまり反応経路が違う。これはイオン・分子反応っていう、分子が見つかって注目されるようになったんです。中性の分子と分子ではぶつかったって何も起きないわけよ、安定だからね。宇宙空間でCOとH₂がぶつかったって、普通、何も反応は起きないんです。けど一方がイオンだとね、閾値がほとんどなくて、そうすると2体衝突で非常に簡単に反応が起きるんですね。

高橋: イオンを通して反応が起るんですね。

海部: だけど僕ら最初、星間分子を同定するとき非常に悩んだのは、地上の実験室の理解では分子反応は3体衝突をしないと起きない、それが地球のガスフェーズにおける化学反応の常識だったわけ。そうでしょ？ AとBだけじゃダメで、Cと一緒にぶつかってエネルギーを持ち逃げしてくれないと。でも宇宙空間の希薄なところで3体衝突なんて滅多に起きないから、これじゃ化学反応は起きないじゃないの。だから、非常に謎だったわけだ。

それが宇宙空間では結構ラジカルとかイオンとかもあるんだよっていうことが、だんだん分かる。特にラジカルっていうのはずいぶんいっぱいできる。地上では、ラジカルは不安定でしょ？ すぐ他のと一緒に安定分子になりますが、宇宙空間では滅多にぶつからんから、そういう希薄さは面白い反応を作りだしているわけですね。そういうことがだんだんだんだん分かってきたわけですね。

高橋: 不安定なものでも宇宙では生き残るんですね。

海部: はい。それは化学実験にも非常に影響を及ぼしていて、ラジカルとかそういう星間分子みたいなものは不安定分子が多いんだけど、実は地上でも化学反応する途中の生成物としてそういう段階があるということが分かってくるんだよ。それでその分子ラジカル反応というのが非常に注目されるわけ。そういういかにも宇宙にありそうな分子を想定して理論で計算し、良さそうだったら実験でそういうのを作ってみる。うんと希薄なところでガスをピャーッと高速で吸引しながらポッと反応させるとそういう不安定分子が一瞬だけできるんですね。一瞬だけできることをちゃんと測れる、という高感度な分光をやんなきゃいけない。そういうのはなかなか日本は得意でありましてね。

● C_6H と CCS

海部: 特に初期の成果は C_6H という, CCCCCC という炭素が6個団子に, 串みたいになってて, 最後にHっていうのがついてる. C_6H というそんなのが見つかるのかな. これを見つけたときはやっぱりなかなか同定は難しかったですね. これはさっき言ったようなダブルレットで, 同じような強さのがこう並んで出ていて, よく見るとその一本一本がまた2つに分かれてる. こういう構造をするのはどういう分子かっていうのは, ある程度, 情報を持っているわけですね. まあ鈴木さんがおしゃべり分子って言ったののだけ.

高橋: ラインがいろいろヒントをくれるってことですね. 面白い表現ですね.

海部: ラインが一本だけポンッとあがってても, それはなんの分子かって, 重さしか頼りになんないんだよね. 重さだって回転数が違えば全然違うわけでしょ. だからいいのは一本ある場合にその倍の周波数のところ, 3倍の周波数のところにも見つかってくると, あ, これはこういう重さのシンプルな分子, つまり直線分子だなんていうのが分かるんですね. だけど重さだけから突き止めるっていうのはそう簡単には無理.

だけどこの C_6H の場合はダブルレットで2本あるでしょ. 2本あるのはなぜかって言うと, ラジカルであるっていう可能性が非常に高くなるんですね. 電場があるので, それでスプリットがかかる. それからもう1つ, 超微細構造が何かっていうと, 水素原子が1個あればいいんですね. スピンでダブルレットになる. だからそういう分子ではないかということ. それからまあその倍, 倍とかいう周波数に同じラインがあるといいますが, ラジカルはそんな簡単にいかない. ずれちゃう. でね, さんざんやって, だんだんと C_6H じゃないかなあと. で, 理論計算をしてもらって. まあ理論でなかなかね, 細かいところまで詰めるのはそりゃ大変ですよ. それで, 実験で

何とかならないかなあと言うので. まあ最終的には実験で, これは齋藤修二さんたちだったと思うんだけど. 最終的にはガスを高速で流しておいてパッと反応させるっていうやり方で見つけるわけですよ [1].

高橋: とても大変ですね.

海部: それでまあ確定になるんだけど, まあ僕らはもう C_6H に違いないというふうにかなり思っていましたよね.

小久保: 最終的にはやっぱりそうやって実験して作って, 全く同じものになったか.

海部: そうしないと確定はできない. 理論だけでは詰め切れない.

それからたぶん一番大きい発見が, CCS という分子を見つけたことですね. それはいろんなところ, 暗黒星雲を見ても銀河中心を見てもどこにでも出てくる強いスペクトルがあって, それがなんだか分かんないというのが最大の謎だったんですね. U45379 って言って, 45379 っていうのは周波数の MHz. それを僕らが見つけてたんですけど, これをもうどうしたって突き止めようってんで. これは実は偶然のことから分かったんですよ. 確か山本君が齋藤さんと一緒にやったんじゃないかな. 硫黄を使って実験をやったらそのラインが偶然出た. で, 調べてくと CCS, 炭素, 炭素, 硫黄というちょっと思いがけない分子だということになって. それで CCS を作る装置を作ってみたら, それまで未同定線由来って言ったのが3本ぐらいいっぺんにポンと出てきた. これは素晴らしい. 僕らとしては大きな成果 [2]. というのは, CCS というのはスペクトルが強くて観測の上でも重要な分子だし, それからケミストリーでも非常に重要な役割を果たす.

それでもまだ何本かちょっと弱いんだけど未同定のラインが残ってて, これは C_3S , C_4S なんじゃないかって, 確か僕がそう言ったんじゃないかな. そういうことで探したらそれがドンピシャで見つかったんですね. だからあのときはずいぶん

いっぺんに収穫があったときですよ。

高橋: C_6H とかCCSとか、作ってくださいって言ったらすぐ作れるもんなんですか？

海部: だからそう簡単じゃないわけよ。そこはやっぱりそれこそケミストの活躍の部分でさ。何と何をどう反応させて、水素だって別に水素原子はそんなうろうろしてるわけじゃない。水素分子を壊してあげて、どういうタイミングで壊さなきゃいけないとか、まあ紫外線で壊すとかなんかいろいろテクニックがあるわけですよ。そのへんは僕は詳しいわけじゃないけども、まあ齋藤さんや山本さんたちが頑張ってる。

高橋: C_6H みたいなものがあるんなら反応したら、なんかこうアミノ酸とかになっていくとか、そういうのはないんですか？

海部: だいたい直線単鎖分子というのは、なんかとぶつかったら、折れて畳まれちゃうだろうと思ってたわけ。それで、三角形になったり、四角形になるかどうかは知らんけども、六角形が基本でしょ。グラファイトの宇宙での存在としてはね。それで三角形がいくつも見つかったんです。これはもう非常に面白い話だったんです。だからいわば宇宙空間だから存在し得て、もっと温度が高くなったりすると、もっと安定したものに移っていくと。僕らは、そういうカーボンケミストリーになぜ注目してたかという、鈴木さんの発案ですけども、分子雲・暗黒星雲の進化を読み解けるんじゃないかなという期待があったからです。炭素分子は静かなところで、炭素が1個ずつくっついて成長していくわけ。成長していくには、もちろん時間がかかるし、じゃあその炭素はどこから供給されるかっていう問題もある。そういうことをやっていると、分子雲の歴史みたいなものに踏み込めないかなという期待があった。それをまともな論文の形で示したのが鈴木さんや山本君だ。

高橋: どういう分子があるかで分子雲の状態とか歴史が分かるということなんですかね。

小久保: 結局同定できなかったラインとかもあったんですか？

海部: えーとね、あんまり残らなかった。

小久保: あ、そうなんですか。

海部: 僕らが野辺山でTMC1を見ている限りはほとんど同定しました。400何本。もっと弱いものがあるに違いないですけど、雑音レベルでそこまでいっていない。まあ、そんなようなことをやってたんですね。理論、実験、観測の三位一体の探査をずっと。

高橋: 45 mで新しい分子をたくさん見つけたということでしたけど、そのときは世界的にも野辺山の独壇場だったんですか？

海部: 暗黒星雲のサーチでは、野辺山みたいな観測のできる装置は他になかったんですよ。感度から言っても、それから僕が作った自慢のAOS、32,000チャンネルなんていう分光器は世界どこ探してもなかったわけね。野辺山しかできない観測だったと思いますよ、あの時代。実は分子の発見という意味で言うと、他にも晩期型星と銀河中心がある。晩期型星というのはガスをビューっと吹きだしているから、その中で分子がいっぱいできるんですね。それから銀河中心っていうのは変なところで、あったかい分子があって、他にないようなやつがある。その2つと暗黒星雲というのが、僕らがサーベイをやるのに3つ重要だと思っていたものなんです。

ただ、晩期型星とか銀河中心とかそういうところは野辺山よりも得意にしているところはあったんですね。例えばIRAMのピコ・ベレタというスペインのベレタ山にある30 mのミラー望遠鏡は、野辺山よりちっちゃいけど野辺山より鏡面精度が良くて、そういう星の観測を非常に得意にしました。要するに、晩期型星とか銀河中心とかはラインの幅が広いんですよ。だから別にAOSでなくても、幅の広いフィルターバンクだって観測できるわけ。だけど、暗黒星雲だけはどこも追従できなかった。野辺山みたいなAOSがないから、

スペクトルが狭い暗黒星雲はとてもできなかったんです。だから僕は暗黒星雲が重要だという位置付けでやってた。

高橋: そういう暗黒星雲での分子サーベイは天文学的にはどのような意義を持ったんですか？

海部: ミリ波における星間分子の発見が及ぼした最大のインパクトがどこにあるかっていうと、星形成が分かるようになったってことなんです。これは天文学にとってものすごく重要なインパクト。星がどうやって生まれるかってそれまでははっきり分かってなかったわけだからね。星間分子が観測されて初めて暗黒星雲は非常に密度が高いってことが分かった。それまでは暗黒星雲の密度を計る方法はなかったわけですよ。

高橋: あ、そうなんですか？

海部: そうなんです。星間分子のエクサイテーション（励起）を使うと密度が分かる。で、もちろん温度も分かる。そうするとビリアル定理でこいつは潰れてしまうということが分かる。ということで星形成が暗黒星雲で起こるということが初めて明確に分かって、それはもう銀河系内、銀河系外、全てに適用されていくわけだよ。だからミリ波における星間分子ってのは何よりも星形成に巨大なインパクトを与えた。で、それがひいては惑星形成になってきているわけです。それなくして今日の星形成論はないわけだ。で、銀河もそういうふうにして観測されてくと、爆発的な星形成ということが実際に起きているということで。ですから、そういう意味では星間分子の最大のインパクトはそこにあるわけだ。

●化学へのインパクト

高橋: さっきの話で、ラジカルは地上だと反応中の一瞬しか存在しないわけですよ。それが宇宙だとなかなか衝突しないから長寿命だと。そういうところが化学の方にも興味を持ってもらえたってことなんですか？

海部: そうですね。ケミストリーの人もね、最初

は地上と関係ないと思ってたわけだよ。だからこれを宇宙だから面白いと思う人たちと、宇宙なんか関心ねえやと思う人と、両方いるでしょ。宇宙だから面白いと思ってきた人たちがやってるうちに、実は地上にもそういうことが起きているんだということが分かってきてね。そういう面白さがあったわけですね。

高橋: それは面白いですね。ケミストリーにもインパクトがあったと。

海部: ケミストリーへのインパクトっていうには、やはりラジカル反応というものが明確になってきたということが大きくて、それまでの分子-分子反応じゃ星間空間で3体衝突するのは滅多に起きないのに、なんであんな分子ができるんだらうかということから、で、見つかるのが不安定分子、ラジカルが多いということで、分子ラジカル反応ということに引き付けられた化学の一群の人たちがいたわけです。だけど、ケミストリーっていうのは膨大な分野だから、それで動いた人たちの数ってのはそんなに多くない。日本全部数えて10人はいたと思うけどまあ20人はいなかったと思う。そんなもんですよ。だからそういうことで齋藤修二さんとか、まあ要するにそれまで分子分光の実験をやっていた人たちが非常に関心を持った。それから理論で分子構造をやった人たちがやはり関心を持った。そういう先生たちに科研費の重点領域に入ってもらって、そこから天文とケミストリーの、ケミストリーというよりは分子科学というべきですね、コラボレーションが始まって、それは長続きしたわけですね。

で、それともう1つの要素が固体表面反応。ご存知のように鈴木博子さんは気体反応、気相反応で非常に世界をリードして、特にカーボンが重要だっていうことを言いだしたのは鈴木さんです。それからもう1つは、ダストの上で分子ができるっていう話。これは昔からあるんだけど、ダスト表面反応っていうことが注目されるようになって、北大で低温実験やってた山本さんのグループ

が関心持って乗り込んできて、それでダストの上での実験をいろいろやるわけですね。それから、電通大に行った坂田（朗）さんもダストをやった。まあそういう人たちでわりとふくらみのあるグループができたわけですよ。で、それで毎年集まっちゃあ議論したりして。だからやはりケミストリーの分野には一定のインパクトを与えたんです。

高橋: ケミストリーの人たちの前で何か話すということはあったんですか？

海部: それはもちろんありますよ。研究会とか。だんだんそういう星間分子が重要になってきてそういうチャンスもあったけど、僕がよく覚えているのは東大の理学部のセミナーで、まあセミナーって言っても200人ぐらいでかいんだけど、化学とか物理とか、それから隕石の人もいたね。で、まだ分子が見つかったばかりの頃にそこで星間分子の話をしろって。僕はそこでどういう分子が見つかったかとか、それを並べてabundance ratio（存在比）と比較するとか、まあそういう初歩的な統計をやってみせた。そしたら怒った人がいてね。「化学反応なんて熱平衡に決まっているじゃないですか」って言ったんで、僕は、いやそれは違うと。「宇宙空間は低温で、しかも希薄だから熱平衡になるとは限らないんだ」っていう話をして、それで彼が非常に関心を持ったのは覚えてますよ。まあ最初はそんなもんだよね。だから全く違う分野同士で、「えっ、そんな馬鹿なことあるか」とかいうような。で、それから「ああ、そうなんだ」ってなっていくんですね。

高橋: なんか変な分子がいっぱいあるじゃないですか。地上にはないような。

海部: 地上にはないのがいっぱい見つかった。最初はそうでもなかったんですよ。最初はまずH₂Oにアンモニアに、それからH₂COでしょ。それからHCNでしょ。COでしょ。みんな地上にある。それはどうしてかっていうとね、地上にある分子だから観測したわけですよ。だって、わけの分からない分子どうやって観測すりゃいい

の。周波数も分かんない。

高橋: そうですよ。

海部: 地上にあって周波数がよく分かっている分子で、あ、これでやってみようよ。こいつは励起が低いから宇宙空間で見つかるかもしれないじゃないの。こういう話で、探して見つかっていくわけです。最初のうちは安定分子が見つかっていく。で、そのうち不安定分子も見つかる。たまたまだったりね。それでまあラジカルが多いとか、イオンまであるとかね、プラスイオン。それで、だんだんだんだん理解が広がっていった。

高橋: そんな分子があり得るのか、みたいな反応はなかったんですか？

海部: もちろんあるんですけど、でもそれは明確な証拠がありゃさ。実際に実験室で測ったのと比較、実験室で測れるやつはそうやってすぐ比較できるわけね。そしたらそれはもう認められなきゃしょうがないわけ。

高橋: 天文の人と化学とか分子科学の人が組んでるってのは海外でもあったんですか？

海部: あのね、海外でもやりました。例えば、初期にホルマリンを見つけたリュウとシュナイダーという2人ですが、リュウはNRAO（アメリカ国立電波天文台）の電波天文学者で、シュナイダーっていうのはバージニア大学にいたんだけど、本来ケミスト（化学者）です。だからアメリカやヨーロッパはね、そうやって異分野が組んで観測するっていうのは多いんですよ。理論屋が観測屋と組んで観測するのが多いんですけど。論文も連名で出す。それは僕は非常に重要なことだと思ってるんでね。やっぱり理論屋は観測によって何をしたいかというアイデアがあって。観測屋はもちろん観測のやり方とかが分かっているわけですから。それが組んだ方がいい観測ができるケースが結構多いわけですが、日本はそういうのは非常に少なかったし、今でも僕はそんなに多くないと思う。

高橋: 重点領域のチームは結構大規模なグループだったんですか？

海部: 重点領域に参加したのは20数人じゃないかな。

高橋: あ、そんなにいたんですか。それはやっぱり世界的にも大きなグループで？

海部: つまり欧米ではペアで、個人的に組むっていうのが習慣としてあるし、それでいい論文も出るわけですよ。でも僕らみたいに組織的にやったところっていうのは、あんまり聞いたことない。これはね、やっぱり科研費の重点領域っていうのがちょうど良かったんです。お金も結構出るけれど、いろんな分野を巻き込んで非常に良いものを作したね。

● 1987年

高橋: 1987年に、海部さんは仁科記念賞をもらっていますね。

海部: ああ、そうですね。87年に森本さんと仁科記念賞をもらってます。実はその年というのは、甚だ僕にはショックな年でもあって、鈴木博子さんが亡くなったんです。87年という年は、野辺山はもう脂が乗って暗黒星雲の星間分子サーベイを大規模にやってみました。1984年にサーベイを始めて3年目で、その頃に続々と新しい分子が見つかってね。もう毎月のように新しい分子が見つかるというような時期だったんだね。鈴木博子さんという方は、いわばその一番の要の役だったわけですよ。ですから、僕と鈴木さんと大石君っていうチームで、どんどん新しい分子が見つかっていったその大興奮の中で鈴木さん……、ぼこんと交通事故で死んだ。彼女は車で、自分で電柱にぶつけて死んじゃったんです。いやまあえらいショックで、これはほんとに [3]。

実を言うとね、星間分子はもう1人ね、井口哲夫君っていうのがいて、これは鈴木さんとほぼ同年代なだけけど彼も非常に優秀で、大学院でダスト分子反応、ダストの上で分子ができるという理論を一生懸命やった。なかなか注目された論文を出したんですが、その矢先、30代で死んじゃっ

た。脊椎のがんで、手の施しようがなくてね。入院して3カ月で死んじゃった。それもほんとに僕にはショックだった。この2人を亡くしたっていうのは、日本の星間分子の大変な損失なんですよ。特に鈴木さんの場合はそういうふうにもすごくアクティビティが高かったときに急にいなくなった。

高橋: お二人とも若くして…。

海部: 大変だったんです。実は、鈴木さんも仁科賞と一緒にノミネートはされてたんだな。

高橋: そうなんですか？

海部: うん、結果として鈴木さんは外れて僕と森本さんになったのはどうしてかということ、仁科賞のタイトルは「ミリ波天文学の開拓」というタイトルだったからね。鈴木さんはミリ波を開拓したっていうより、分子の方だからね。そういうことで僕と森本さんがもらったんですけども、それが決まってお祝いをしようしようと言ってるうちに亡くなっちゃった。だからいろんな意味でショックは大きかったんです（写真2）。

高橋: じゃあ、そのお祝いする雰囲気も……。

海部: だからお祝いはしなかった。野辺山はお祭り騒ぎの好きなどころなだけけどね、さすがにちょっとね。それが、1987年という忘れもしない年ですよ。その頃、実は僕は星形成に力を入れたかったから暗黒星雲は鈴木さんに任せる形になって、そういう観測を一生懸命やってたわけです。でも鈴木さんが亡くなっちゃったから、僕は一度星形成の方をやめて、また分子の方に戻って大石君たちと一生懸命分子を立ち上げて。

高橋: そうだったんですね。海部さんはその後、1990年にすばる建設のために三鷹に移りますね。移ってからは、そういう研究はもう遠ざかってたんですか？

海部: 僕はすばるへ移ってからですね、結構まだ野辺山に観測に通っているんですね。

高橋: そうなんですか。

海部: それは暗黒星雲のサーベイを完成させるた



写真2 1987年、鈴木さんが亡くなる約半月前の写真(国立天文台提供)。45 m電波望遠鏡を背景にして左から海部さん、鈴木さん、森本さん。海部さんと森本さんが仁科記念賞を受賞した直後。

めに。つまり博子さんが死んじゃって、1987年でしょ。僕は1990年に移ったでしょ。そのサーベイはまだ途中だったわけです。結局、観測は1997年までかかったんです。それで論文にできたのが2004年[4]。まあだいたい大石君が中心で、若い人がいろいろとサポートしてくれて。ですから結構な大観測、つまりそれはデータ量もすごいけれど、なんて言うのかね、スプリアスって言うんですけど、電波のノイズがいろんなところに入り込むわけですね。ところが暗黒星雲っていうのは静かな雲だから線幅が非常に狭い。そうするとスプリアスとなかなか区別がつかないんだよね。だから、1回観測したんじゃダメなんですよ。2回とか3回とか観測して、そういうのを潰していくわけね。それから最初の観測はやっぱりまだ受信機が良くなって、感度も悪かったからもう一度やり直すとかね。そういうことをやってるうちにそれだけ時間がかかったわけですね。

小久保: それは台長時代も通っていたということですか?

海部: そうですね。その論文を仕上げるまでは僕は博子さんの宿題は終わらんとってたから、それだけとにかく野辺山に通ってやりました。観測が終わったあともデータの処理がホントに大変

で、そのためにもまた野辺山通っていたんですね。とにかく僕の野辺山の最後の論文が、その2004年の暗黒星雲のサーベイで。あれは本当は2を出すはずで、1でデータ、2番目でexcitation, molecular bandまで全部出すはずだった。大石君がやるはずだったんだけどちょっと大石君も忙しくなって。まあ暗黒星雲のサーベイで、あれを抜くものはまだ出てこないものね。

(第7回に続く)

謝辞

本活動は天文学振興財団からの助成を受けています。

参考文献

- [1] Suzuki, H., et al., 1986, PASJ, 38, 911
- [2] Saito, S., et al., 1987, ApJL, 317, L115
- [3] 海部宣男, 1988, 天文月報, 81, 58
- [4] Kaifu, N., et al., 2004, PASJ, 56, 69

A Long Interview with Prof. Norio Kaifu [6]

Keitaro TAKAHASHI

Faculty of Advanced Science and Technology,
Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami,
Kumamoto 860-8555, Japan

This is the sixth article of the series of a long interview with Prof. Norio Kaifu. The Nobeyama 45 m Radio Telescope was completed by overcoming many technical difficulties to achieve unprecedented precision and sensitivity. Prof. Kaifu energetically worked on molecule survey in dark nebulae using the 45 m telescope. The 32,000-channel acousto-optical spectrometer developed by Prof. Kaifu was suitable for surveying narrow lines of molecules in the dark nebulae. The cooperation of researchers in molecular science and chemistry is essential for identifying unknown molecules, and Prof. Kaifu challenged the discovery of new molecules by building a large group beyond astronomy. Then, they discovered various molecules such as C_6H and CCS , which had a great impact not only on astronomy but also on chemistry.