



## 「とにかくやってみる」 20 インチ径光電子増倍管の開発

鈴木 賢 次

「小柴先生ノーベル賞受賞おめでとうございます。私たちも自分のことのように喜んでいますが、記者会見での晝馬輝夫浜松ホトニクス株式会社社長の第一声だった。「カミオカンデ」に使われた20インチ（約50cm）径光電子増倍管の開発者の一人として、23年前のことを思い出し、自然と笑顔になっていた。開発の苦労話を書いて欲しいとの依頼をいただき、薄れ行く記憶を辿り感謝の意をこめて、開発の経過を書かせていただこうと思う。

### 陽子崩壊観測の実験

1979年11月1日、営業部の袴田敏一が東京大学理学部に小柴昌俊教授（現、同大学名誉教授）を訪ねた。小柴教授のグループには、1年あまり前にドイツ電子シンクロトロン研究所（DESY）での高エネルギー物理実験用に、3インチ（約76mm）径光電子増倍管を3000本納入していた。

小柴教授は、新たな「陽子崩壊観測」の実験を計画しており、袴田は5インチ（約13cm）径の半球状光電面光電子増倍管のデータを持参し説明した。しかし、小柴教授の計画は、20インチ径の光電子増倍管を開発し、1981年秋までに1200本を用意して、神岡鉱山に建設する「13m×13m×13m」の水槽に設置するという、壮大なスケールのものだった。

11月16日の午後、小柴教授が浜松テレビ（現浜松ホトニクス）本社工場を訪問され「20インチ径光電子増倍管を作ってくれんか」と依頼された。晝馬社長はじめ7名が小柴教授の話をついた。晝馬が「ニュートリノを使って、地球の構造が分かるか」と質問すると、小柴教授はニュートリノの話や、DESYにおける高エネルギー物理実験について説明された。また、陽子崩壊観測について、「原子の世界における強い相互作用も弱い相互作用も電磁相互作用も同じことの一側面を表しているだけではないか。それを確かめるためには陽子の崩壊を見る必要がある。陽子（P）は一つの陽電子（e<sup>+</sup>）と一つのパイ中間子（π<sup>0</sup>）に分かれる。さらにパイ中間子は二つのガンマ線に崩壊する。陽子の寿命はおおよそ

10<sup>32</sup>年、宇宙の寿命が2×10<sup>10</sup>年なので陽子の寿命は桁違いに永い。1000トンの水には約3×10<sup>32</sup>個の陽子が存在し、これなら1年に3個の崩壊が観測できる。大変難しい実験なので水槽の壁を3000本の20インチ径光電子増倍管で埋め尽くしたい。大口径が肝心なので、とにかくやれるところまでやってほしい」と話された。打ち合わせは2時間以上に及んだ。

この頃、アメリカにおいても同様に「大統一理論」検証のため、陽子崩壊観測の実験計画が進んでいた。それは、7000トンの水に3000個の5インチ径光電子増倍管を使用するという、水槽の規模としては日本の倍以上の計画であった。この計画を耳にした小柴教授は、陽子崩壊の証となる「チェレンコフ光」の検出能力を高めることで規模の劣勢を補い、なんとかアメリカよりも早く成果を上げたいと考え、大口径光電子増倍管の開発を提案した。大口径であればあるほど、たくさんのチェレンコフ光を捕らえることができる。少ない本数で大きな受光面積が確保でき、回路も少なく済むというアイデアであった。後に「カミオカンデ」と命名されたこの観測施設は、最終的に3000トンの超純水が入った直径15.6m、高さ16mの円筒形水槽になり、内壁の約20%の面積を約1000本余の20インチ径光電子増倍管で埋め尽くす構想となった。

水中では光の速度が遅くなるため、陽子の崩壊により飛び出した素粒子の速度が光速を超える現象がある。飛行機が音速を超えるときに発生する音波の衝撃波と同じように、高エネルギーの電気を持った素粒子が、光速を超えると衝撃波が発生する。そして、それは波長が350～400nmの青白いかすかなチェレンコフ光と呼ばれる光を出す。光電子増倍管は、その光の強度や時間などを測定する役割を担う。光は素粒子の進行方向にしか出ない。光の出たパターンと時間を測れば、その粒子の走った方向が分かる。陽子崩壊の場合は、その点から二つのチェレンコフ光が同時に反対向きに出る。その両方のエネルギーの和が陽子の質量に一致すれば、陽子崩壊と確認できるということである。

当時、イギリスのEMI社が8インチ（約20cm）径

の光電子増倍管の開発を進めていた。浜松テレビでも、その年の春に半球状の5インチ径と8インチ径の開発に着手したばかりだった。直径20インチという桁違いの要求に、晝馬は「断るつもり」で技術部の林 達郎を伴い小柴教授の研究室を訪れた。しかし、小柴教授の熱心さに打たれ、晝馬は開発を決断した。このときのエピソードとして、晝馬が訪ねた研究室に飾ってあった宗教画に、真理を追い求める研究者の姿を感じたことが新聞紙上などで語られている。

「とにかくやってみよう。晝馬の一言で、開発がスタートした。

1979年12月13日、光電子増倍管を統括する大塚治司（現副社長）から20インチ径光電子増倍管の開発を命じられた。開発期間は約1年だった。私は当時31歳。製造部で光電子増倍管の開発を担当して4年目だった。

## 20インチ径光電子増倍管の設計

光電子増倍管は、微弱なチェレンコフ光を1000万倍に増倍して電気信号として取り出す光電子管。20インチ径のガラス窓の内側には、アルカリ金属などを薄膜状に形成した「光電面」がある。ガラス窓に入射したチェレンコフ光は、光電面内の電子を励起して真空中に「光電子」を放出する。その光電子を管内部に備えた集束電極を使って二次電子増倍部に集める。増倍部は「ダイノード」と呼ばれる10数段の電極で構成されている。光電子が当たると、第1ダイノードは複数の二次電子を放出する。それがまた次のダイノードに当たって二次電子放出を繰り返し、ねずみざん鼠算式に増幅されて最終的に「アノード」から約1000万倍の電気信号を得ることができる。

光電子増倍管は様々な角度から飛んでくるチェレンコフ光をキャッチし、どこに入射しても同じ時間精度で応答し、光電子の収集効率がよく、水圧にも耐える必要がある。ガラス窓の形状は光電子の軌道を極力同じ距離にするため、半球を少し潰したラグビーボールのような断面形状にした。それにしても大口径と高速応答性は二律背反となる。小柴教授からの要求は、光が入射してから計測できるまでの応答時間差が2ナノ（10億分の2）秒以下という厳しいものだった。

前例のない直径20インチということだけでなく、3000トンの水中に設置するという過酷な条件を満たす光電子増倍管作りは、すべて未知未踏のことだった。

1979年12月24日、A4のグラフ用紙に20インチ径光電子増倍管の外観図面を描いた。詳細な設計を始めるための概要図面であった。光電面側の外観形状は決まったが、ステム側の構造は電極構造の設計ができるまで確定できなかった。後のガラスバルブ発注時には、ステム側の形状は大きく変化することになる。もっとも重要な

ガラス素材については耐水性に優れた「超硬質<sup>ほうけいさん</sup>硼硅酸ガラス」の採用を考えた。

光電子増倍管は、真空中を電子が運動することによって動作する。この電子の運動を「電子軌道」と呼んでいるが、人の目には見るできない。そのため電子軌道を擬似的に可視化するシミュレーション技術を用いて、要求される特性を満足する最適な電極構造を設計する。これを「電子軌道設計」と呼んでいる。

現在では、コンピュータで電子の軌道をすべて計算し構造設計を行っている。しかし、当時は10cmの深さに水を張った畳1枚ほどの浅い水槽に、光電面と同じ断面形状の模型を置き、光電子が増倍部電極模型に入ってくる軌道をシミュレーションした。光電面と増倍部の間には集束電極の模型を置き、光電面に対して相対的な微小電圧を加えた。所定の初速条件を与えられて光電面から飛び出した電子が、増倍部に向かって運動する軌跡を水槽に落としした探針で追い、連動するプロッターで記録した。電極の相対配置、印加電圧、光電子に与える条件を変え、満足の行くデータを得るまで何百回と実験を繰り返した。

設計上の難関となったのは、応答時間差が2ナノ秒以下という東京大学からの要求だった。この特性がチェレンコフ光を「陽子崩壊」によるものと、バックグラウンドとなる「ミュオン中間子（ $\mu$ ）」によるものに分離し、光の発生源と進行方向の計測精度を決めた。これは、光電面を全面照射したときの単一光電子パルスの走行時間ゆらぎ（タイムジッター）を意味した。当時、8インチ管でも4ナノ秒であり、電子走行時間（距離）の長い20インチ管では、2ナノ秒は大変厳しい要求だった。しかし、実験を繰り返した結果、光電面から第1ダイノード入り口までのタイムジッターの差を2ナノ秒程度に設計ができた。これではまだ十分ではないが、全ダイノードの推定タイムジッターを加えても4~7ナノ秒になり、当初10ナノ秒以下の設計は難しいという予想を覆した。

電子軌道設計を担当した技術部の伊藤益保は、今回の設計を集束電極構造の異なる二つの図面にまとめた。一つはタイムジッター優先の設計、もう一つはアノード信号の均一性を優先した設計であった。試作は前者の設計を基に始めた。

電子軌道設計を基にガラスバルブや電極などの具体的な構成部品図面を書き始めた。

ガラス素材については、超硬質硼硅酸ガラスを東京大学へ推奨した。しかし、東京大学からは予算が苦しいので安価なガラスを採用したいという提案があり、JIS2級クラスの硼硅酸ガラスや、軟質ガラスのソーダ石灰ガラスを検討した。ガラス素材の特性や大型ガラスバルブの製作を考慮し、やはり超硬質硼硅酸ガラスを採用することになったが、この過程で5か月を費やし、開発計

画が3か月遅れた。

超硬質硼硅酸ガラスには耐水性、耐熱性に優れ、フラスコやピーカーに、また耐熱食器やコーヒーサイホンにも多く使われる「ハリオ32」というブランドのガラスを選択した。20インチ管のバルブ作りには多量のガラスを必要とした。当初は吹き上げに3~4人のベテランが取り掛かるほどの難作業だった。当然、それはコストに大きく跳ね返った。また、ハリオ32の熱膨張係数は「32」で、通常に使用する硼硅酸ガラス(コパールガラス)の「46」と比べて小さい。そのままではステムのコパールリード線と封着ができないため、中間的な膨張係数のガラスを間に入れ段つなぎする必要があった。

20インチ径光電子増倍管は10気圧以上に耐えられることが求められた。それにはガラスバルブの形状と厚みがポイントになる。まず、封止円筒部は集束電極の直径によって10インチ(約25cm)の大口径となった。そのため「段つなぎ」をステム側に移した。ガラス肉厚は20インチ径光電面側を6~8mm、10インチ径封止円筒部を5~7mmとした。

光電面には、チェレンコフ光波長に近い分光感度特性を持つ「バイアルカリ光電面」を採用した。また、ダイノード電極には「ベネシアンブラインド形」を採用した。ほかにラインフォーカス形やボックスアンドグリッド形などがあるが、これだけ大面積の光電面から光電子を収集できるダイノード形状はほかになかった。しかし、大きなブラインド形状を正確に成形できるメーカーが少なく、資料担当の伊熊友明は発注先選定に苦慮した。

### 試作品の製作

光電子増倍管の主な製造工程は材料の清浄、ダイノードのアンチモン蒸着、電極の組立継線、バルブとステムの封止、真空排気と光電面作り、検査、アッセンブリ仕上げにより構成されている。20インチ管も同じ工程を経るが、大型管の試作には未踏の部分が多く、私は各分野の第一人者を開発チームに集めた。

ガラス素材の決定が遅れたため、ガラスメーカー(柴田ハリオ硝子)への発注が6月となり、試作用のガラスバルブ入荷も7月末となった。当初から難関とされていた封止方法の具体的な検討がさらに遅れた。使用する燃焼ガスとバーナーの種類、歪み対策、電極の酸化防止、ガラスバルブの耐圧力試験など多くの検討課題が残っていた。封止方法の検討はガラス加工の第一人者で、これまでも常に開発のパートナーであった大木幸一が担当した。ハリオ32ガラスという超硬質硼硅酸ガラスを採用したバルブと、ステムの封止は難作業となった。ガラス熔融テストの結果、大口径でしかも肉厚が5~9mmと厚く硬いガラスは、従来の都市ガスバーナーでは溶けなかった。大木は、ガスを水素ガスに代えて火力を上げた。大型のガラス旋盤に20連の水素バーナー

を取り付けた。封止作業から発生する熱量は想像以上のもので、増倍部電極が酸化した。酸化を防ぐために封止作業時間を短くすると、ガラスに「歪み」が残りクラックが入った。「鈍し」のための大型都市ガスバーナーを併用し、ガラスの歪みと電極の酸化のバランスをとることに努めたが、それでもまだ割れる実験管が続出した。10インチ径封止部の両側5cmのところにリング状クラックが入った。そこで、封止部ガラスの厚みを、当初の5~7mmから3~5mmに薄くすることにした。熔融時間が短縮され、歪みと電極酸化の防止の問題が解決に向かって大きく前進した。

耐圧試験には、20インチ管がすっぽり入る鋼鉄製のタンクを特注した。タンク内に水圧を掛け、ガラス厚の薄くなった20インチ管が8気圧以上に耐えられることを確認した。20インチ管の外形がこれで決まった。ハリオ32ガラスの持つ熱に強く割れにくいという特徴は、少々の歪みや乱暴な扱いにも耐え、結果的にこのガラス素材を選んだことが成功の一因となった。

小柴教授からの開発依頼があつてから約1年後の1980年10月第2週に、特注した大型各設備を使って週1本の本番試作がスタートした。

組立工程は、これまでとはまったく趣の異なった姿となった。電子管の組立というより鍛冶屋<sup>かじや</sup>という表現が相応しかった。旋盤で電極のバリを取った。それまでの道具では間に合わず、急きょ金物屋へ板金用の大形鋏<sup>はさみ</sup>を買いに走った。ベネシアンブラインド形ダイノードの二次電子増倍率は、ストリップ状電極の傾きや相互の位置関係に依存した。電極は熱処理により変形しやすく、取り扱いには神経を使った。また、第1ダイノードのストリップ状電極の傾斜方向によって、入射する光電子が電極面に当たらず抜けてしまうことが判明した。このことは増倍率の二次元的均一性を悪化させた。電子軌道設計データを見直し、第1ダイノードの形状を中央部から左右対称な形に修正し、増倍率の均一性を図った。その後も手にまめを作りながらの電極手直し作業が続き、気が付くと夜12時を回る日もあった。しかし、担当した鈴木利弘、生熊敬樹、近藤 弘は、これまで一緒に開発に取り組んできたチームであり、「毎日でも苦労と感じることなく、充実した日々だった」と当時を振り返る。組み上げた増倍部は、2キログラムを超える重いものになった。通常的光電子増倍管では、ニッケル線材を用いて抵抗溶接で増倍部をステムに継線する。しかし、線材では2キログラムの重量物を支えきれず、7mm幅の厚いステンレス板を採用した。作業は常に二人掛かりの仕事となった。増倍部の固定はできたが、今度はステム側のコパールリード線が曲がってしまった。補強のため、途中にステムと同じリングを取り付けた。ステムが二層になった奇妙な構造となった。

ステムに組み付けられた増倍部をバルブ内の所定位置

に入れ、封止作業に取り掛かった。酸化防止のための乾燥窒素ガスを管内に充填させた。ガラスを溶かし封止する作業は短時間になったが、予備加熱と封止後の鈍し作業には時間を掛けた。作業は1時間に及びこともあった。

本番試作1本目は、封止後に封着部分からクラックが入り割れた。溶着が不十分であった。2本目は、もう少しガラスの溶かし具合を強くした。封止は成功し、次の排気工程に回った。

光電面の活性作業は、長い経験を有する富永達志が担当した。真空にした20インチ管が割れたときに備え、防爆面の付いたヘルメットと防護服を着た。封止された20インチ管を真空排気装置に取り付け、電気炉で二日間加熱した。十分に管内のガス抜きをして、三日目に光電面を作った。光電面は、ガラス内面にアンチモン薄膜を蒸着により形成し、それに蒸気化したカリウム、セシウムを順次反応させて作る。これには薄膜の厚み、カリウム、セシウムの反応量を制御して最適化することが求められた。反応量が不相当であったり均一性を欠くと、光電面にシミが発生し、高感度は得られない。通常の光電子増倍管では計測器を使い、状態を確認しながら活性作業を進める。現在では自動化も進んでいる。しかし、20インチ管開発の場合はまったく手探り状態だった。光電面は製作過程で幾度もその色合いを変える。変化を見て、でき具合を判断し手順を進めて行く。20インチ管においても、同様な過程を経ると想定して望んだが、富永もこれだけ大きい管球でうまく反応が進むかどうか、半信半疑だった。しかし、富永の目を信じた。カリウムを反応させると、アンチモン薄膜は一瞬にしてきれいな紫色に変化した。真空排気装置を取り囲んだスタッフから大きな歓声が上がった。まさに「感激の瞬間」であった。この成功の一因は、富永が発案したカリウム薬剤の管内への組み込みだった。続いてセシウムを反応させると鮮やかな「琥珀色の光電面」が現れ、手元の電流計が大きく振れた。それは高感度な光電面ができたことを示していた。

蒸気化したアルカリ金属は、光電面を作るのと同時に、ダイノードのアンチモン薄膜とも反応し「二次電子増倍面」を作る。封止作業による電極の酸化状態は、アルカリ金属の反応にも影響を及ぼし、増倍率やその均一性を悪化させることが多かった。

新しい光電子増倍管を開発するには、光電面活性の条件がうまくつかめず、何度も失敗を繰り返しながらやっと見つけ出すのが常であった。ところが20インチ管は、最初から400nmの波長における光電面量子効率が20%の目標を超えた。増倍率も2本目には100万倍を突破した。増倍率の仕様は、途中で1000万倍に変更されたが、ダイノード段数を10段から13段に増やし解決した。

既に、この時点で開発目標の大半を満足していた。数多く光電子増倍管の開発を手掛けてきたが、初めての経験だった。浜松ホトニクスは製造現場で「暗黙知」を積み重ね、未知未踏の開発に挑戦するという研究工業を標榜している。分析機器に数多く採用されている世界初のサイドオン型マルチアルカリ光電子増倍管「R928」も、30余前にこの現場から生まれた。20インチ径光電子増倍管も、R928と同様に暗黙知の申し子と言える。

10本目からは、試作の目的を量産のための対策に切り替えた。

## 試作品の評価

技術部の久米英浩と沢木昭弘が、試作管の評価を担当した。試作初期の増倍率は、封止の熱の影響もあり大きくばらついた。また、増倍率が1000万倍のように高くなると、対電圧特性が悪化し放電状態になるものもあったが、アルカリ金属の微妙な調整により改善を図った。懸案のタイムジッターも最高3.3ナノ秒を記録し、平均でも7ナノ秒となった。改めて設計と試作精度の高さを実証した。

1980年12月22日、東京大学から当時大学院生であった有坂勝史氏（現UCLA教授）らが来社し、久米らと試作管の評価試験を行った。測定は本社工場の食堂で行われ、昼食時になると測定器類を片隅に片付けるといような作業となった。二日間の測定評価の結果、課題が明確になり1月末までに改善を求められたが、おおよその試作は終了との判断を得た。その後も有坂氏らは、数回にわたって評価試験を繰り返し、改良品評価と納入仕様の検討を進めた。

一般的に順調な評価結果となる中で、「シングルフォトン」を見つけ出す能力（シングルフォトエレクトロン分解能）の悪いことが課題となった。当初、これは東京大学から要求されなかった特性であったが、陽電子（ $e^+$ ）をミュオン（ $\mu^+$ ）と区別する方法の変更により改

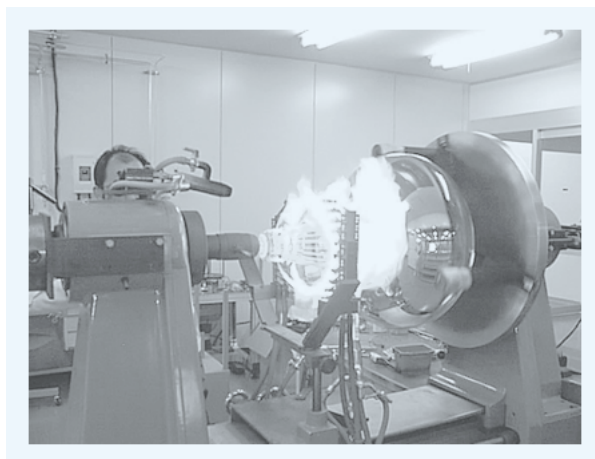


写真1 20インチ径光電子増倍管封止工程

善を求められた。開発途中の仕様変更は、大きな負担となった。構造をタイムジッター優先の設計から「アノード信号の均一性に優れた設計」に変更した。これにより、光電面から第1ダイノードへの電子の入射角度が変わって、第1ダイノードの光電子収集効率が向上し、シングルフォトエレクトロン分解能の改善が進んだ。また、ダークカウトレイトの高いことも分解能を悪化させる原因であった。陽子崩壊実験が地下の暗い低温の水槽中で行われることから、測定暗箱内にドライアイスを入れて管球を10℃に冷やし、暫く暗中に放置し測定を試みた。暗電流の原因の一つである光電面からの熱電子が減少し、分解能の向上は見られたが、完全な改善が進んだとは言えなかった。1987年に「スーパーカミオカンデ」を目指して、技術部の久嶋浩之らが行った新20インチ径光電子増倍管では、高性能ベネシアンブラインド電極が開発された。シングルフォトエレクトロンの検出能力が一段と向上し、さらにタイムジッターは2.5ナノ秒と小さくなった。

### 試作品の納入と量産

1981年1月28日、試作管「No. 11」を試作第1号として東京大学へ納入した。計画より数か月遅れたが、2月で事実上開発は終了した。試作管本数は、わずか20本、本番試作に要した期間も5か月という短いものだった。

1981年2月25日、高エネルギー物理学研究所(KEK)から20インチ光電子増倍管開発に成功した件と、これを用いた「陽子の寿命を測る実験計画」が発表された。

1981年4月、20インチ径光電子増倍管の改良が進んで量産開始が目前になっていた。最終仕様と光電子増倍管を動作させる「ブリーダーアッセンブリ」の防水方法の検討が始まった。しかし、光電子増倍管を約1.7気圧の水中で何年も使用することなど、これまでまったく経験のないことであり、担当の小池清司らは困った。試行錯誤の結果、KEKの鈴木厚人先生(現東北大学教授)が提案されたウレタン樹脂による防水モールド方式を採用した。1981年9月に、製品名「R1449-01」として15本をKEKへ納入した。KEKは水槽で宇宙線によるチェレンコフ光検出実験を行った。無事動いてくれた。

1981年3月、量産開始のために竹内純一(現事業部長)は戸塚敏治ら約30名を豊岡工場に集めた。その年の新入社員も投入する特別措置を行った。工場の中は大型真空排気装置が12台並び、ガラスバルブなど大きな材料で溢れ返っていた。新人も多く、不慣れなこともあったが歩留まりが上がり、戸塚らは封止や光電面活性作業の改善に、さらに時間を費やすことになった。また、力仕事となる作業工程も多く、組立継線、検査やアッセンブリ工程では手にまめやたこを作った。封止作

業を引き継いだ朝比奈辰雄は、何事もなかったように淡々と本数をこなし、技術者を代表して「会社案内」の1ページを飾った。一方、管球を真空ポンプとつなぐガラス管の太さは、例のない13mmとなり、最後の切り取り作業時には、皆が慎重を期した。ここでミスをする、一日の作業が水の泡となるため、息を止め顔に汗しながらの作業となった。

製造時や輸送時の破損を考慮して、損傷の度合いを調査した。6月16日、豊岡工場東側の空き地で、20インチ管を高さ1mから落とす実験をした。管球のみの場合は凄まじい爆発音を伴い、10m四方にガラス破片が飛散した。その瞬間を見ていたメンバーは、その物凄さに一瞬声を失った。段ボール箱に入れたものは、鈍い爆発音のみで飛散はなかった。実験を基に、真空排気装置には金網を取り付け、工程間の搬送にはクレーンを使った。真空排気以後は、20インチ管を段ボール箱に入れて運んだ。そんな中でも、メンバーには「陽子崩壊観測という壮大な実験に参加している誇りがあり、これが毎日の作業の支えになっていた」と、検査担当の大橋洋祐は振り返る。

1981年10月には、半数の生産が終わり、当初20%と苦戦した歩留まりも徐々に向上し、月産200本の生産を続けていた。ところが、この時点で二つの問題が発生していた。一つは、東京大学側の予算の都合が付かなかったこと。もう一つは、受け入れ準備が遅れていたことだった。出き上がった製品をホトニクスで預かることになったが、これだけ大きなものを保管する場所がなかった。200本余ったところで、食堂をはじめ豊岡工場の各建物はいっぱいになった。その後は神岡鉱山の軌道内を保管場所とした。

順調に推移して、1982年5月には1100本の良品を確保して生産を終え、7月28日に1050本を完納した。

### カミオカンデ

1983年初めには、20インチ径光電子増倍管が神岡鉱山の観測水槽に取り付けられ、8月から実験が開始された。その後1986年末に、アンタйкаウスタ用として周囲に設けた外水槽に約100本の20インチ径光電子増倍管が置かれ、ニュートリノ観測のための観測精度強化が図られた。

1987年3月9日の夕刊で、「超新星爆発で発生したニュートリノ観測に成功」との大々的発表があった。1987年2月23日16時35分、大マゼラン星雲内の超新星爆発で生じたニュートリノを、人類で初めて観測に成功したのだった。

約4年の間、1000本余の20インチ径光電子増倍管が水中で動作し続け、期待どおりの性能を発揮した証明であり、我々にとっても最大の喜びであった。

小柴教授は、これらの業績により「文化勲章」を始め

数多くの賞を受賞された。

1988年度「ノーベル物理学賞」の候補として最後の6人まで残っていると江崎玲於奈氏の談話が発表された。1988年10月18日に、新聞社から受賞の可能性大との知らせが当社にもあった。袴田は受賞の際のコメントを求められ、慌ただしい準備に追われたと記憶している。残念ながら、夜10時過ぎになって他の人に決まったとの連絡があり、長い一日は終わったが、これほどノーベル賞を身近なものに感じたことはなかった。

2002年10月8日夕方のニュースで、小柴教授のノーベル物理学賞受賞が報道された。あれから23年が経っていたが、当時開発や製造に当たったメンバーと旧

交を温め、薄くなった記憶を少しずつ思い出しながら、ノーベル賞の喜びに浸っている。改めて、この感動の機会をいただいた小柴教授ならびに、すばらしい仲間たちとその暗黙知に深く感謝いたします。



鈴木賢次 (Kenji SUZUKI)

浜松ホトニクス(株)電子管事業本部(〒438-0193 静岡県磐田郡豊岡村下神増314-5)。静岡大学工業短期大学部電子工学科卒。現在の研究テーマ X線の産業化。趣味 旅行。  
E-mail: kenji-s@etd.hpk.co.jp

## 新刊紹介

### 学生のための化学実験安全ガイド

徂徠道夫ほか 著

学生が化学実験を安全に行うために必要な基礎知識や実践を、写真や図表を用いてわかりやすく解説した新刊である。最大の特色は、本書の見返しにある「チェックシート」である。チェックシートには代表的な手順と、その手順の安全に関して本書に記載されている章節が記載されている。このシートのコピーを作り、これから行おうとする実験ごとに、その中で使用する手順がチェックシートに記載されている項目に該当する場合、実験開始前に該当する章節を参照できる、という仕組みである。たとえば、「溶媒の脱水を行いますか」の項目にチェックが入れば(これから行う実験で溶媒の脱水を行う場合である)、4章4節を参照、ということが一目わかる。きわめて実用的な本である。

(ISBN 4-8079-0571-6・A5判・148ページ・1,400円+税・  
2003年刊・東京化学同人)

### 環境問題の「ほんとう」を考える

山下正和 著

地球温暖化、環境ホルモン、オゾン層破壊、ごみ問題、食糧問題、水不足問題、エネルギー問題、森林破壊と、現代の主要な環境問題を幅広く取り上げ、それぞれ1章を割いて解説し

ている。それぞれの章では、問題に関する原因説や提案されている解決策に疑問を呈しながら話が進んでいく。いわゆる「環境問題の常識」が意外と別の意図をもって何かが作り出した「常識」である可能性も指摘されていて興味深い。「ではどうしたらいいか」について著者独特の提案を示すことよりも、問題の一般的な紹介に力点を置いた本である。環境問題に関心を持つ人々への入門書として便利であろう。

(ISBN 4-7598-0960-0・四六判・214ページ・1,500円+税・  
2003年刊・化学同人)

### 反論！ 化学物質は本当に怖いものか

宮本純之 著

環境毒性学の第一人者である著者が、「化学物質は、量と使い方を間違わなければそれほど怖いものではない」、「環境の中で複雑に絡み合った生物の化学物質への応答は単純には決められない」との視点から、化学物質と環境・人類とのかかわりを論じている。本書は、「化学物質って本当に怖いものなの?」、化学物質についての1つの誤解をとく、「ゼロリスクという作られた神話」、「化学物質が毒にならないとき」、「人間にとって危険な化学物質とは何か」、「自然は化学物質を分解する力をもっている」、「問題の化学物質を検証する」、「化学物質との共存をめざして」の8章で構成され、Q&A方式で執筆されている。内容は、大学理科系1,2年程度の知識があれば理解できる。一般に、化学物質の毒性は風評的な意見に依拠して評価されやすいだけに、化学を志す人はもとより、環境や毒物に関心を持つ人には一読を薦めたい。

(ISBN 4-7598-0930-9・四六判・238ページ・2,000円+税・  
2003年刊・化学同人)