

## 《ハイテクとおめがね事情(12)》 スーパーカミオカンデ

スーパーカミオカンデとは、1996年4月に観測を始める宇宙ニュートリノ観測装置のことである。純水5万トンを使った世界最大のチェレンコフ検出器で、高速で走る電子など荷電粒子のエネルギーや方向を測定し、それらを作った親のニュートリノの情報を得る。

ニュートリノという素粒子は、天文学の中ではまだまだ無名の存在であるが、ビッグバン直後の宇宙や、太陽の中心、さらには超新星爆発時に大量に作られている。光などでは観測不可能な場所の情報を持ち出している貴重なメディアとして、玄人筋にはつとに有名な代物である。

ニュートリノは、素粒子物理学のエキスパートにとっても大変重要な素粒子である。その極端に小さな質量の起源が解明できれば、何も巨大な加速器を作らなくても素粒子物理学の突破口を開くことができるのではないかと考えられている。特に太陽中心や超新星爆発から飛び出して来るニュートリノは、超高温・超高密度の物質中を通過して飛び出して来る。そのような極限環境がどのような影響をニュートリノに及ぼすかを調べれば、天

体の情報のみならず素粒子物理学の情報も得られるのではないかと、いうわけである。

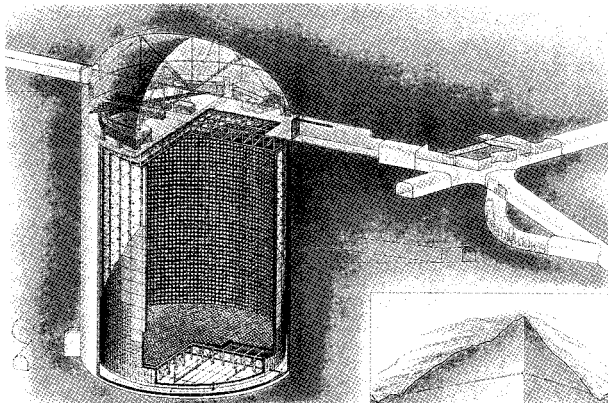
検出器に入射した粒子のうち検出できた粒子の割合を表すのに量子効率という量がよく使われる。光学素子の量子効率は既に0.5以上の物もあるそうである。ニュートリノ検出器の量子効率は標的として使う物質の量に比例する。その量子効率は、ニュートリノのエネルギーにもよるが、恐ろしく小さくて、千トンの装置でもたったの1兆分の1くらいである。

従ってニュートリノ観測装置は必然的に巨大なものになり、かつ宇宙線の影響を避けるため深い地下に設置される。

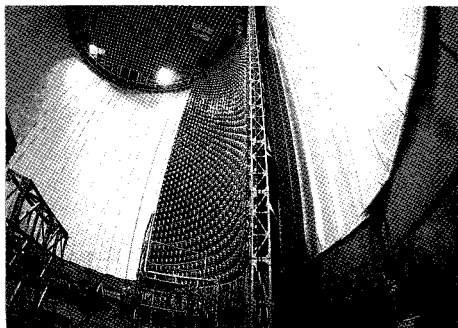
現在、世界には数台のニュートリノ観測装置が動いていて、その中で最も有名な（と自分で思っている）装置が、3千トンの純水を使ったカミオカンデである。1987年に超新星1987Aからのニュートリノを観測したことはよく知られている。ここ7、8年は太陽ニュートリノの観測を行っていて、その観測数が理論値の50%しかないという、玄人筋の間では大問題になっている結果もだしている。

しかし、3千トンのカミオカンデでも観測にかかる太陽ニュートリノは2日に1回くらいしかない。SN 1987Aのニュートリノも観測できた信号はたったの11個だった。これでは精密な研究はとも無理である。

そこで考え出されたのが重量を10倍にした5万トン水チェレンコフ装置「スーパーカミオカンデ」なのである。（実は、そもそもの動機はニュートリノではなく陽子崩壊だったのだが、途中で計画の主体が宇宙ニュートリノに移ってしまった。）量子効率は装置の重量に比例するから、太陽ニュートリノで言えば、1日に5個、装置の改良を行うことによって、1日に30個の観測が可能となる。この装置で1年間観測すれば、太陽ニュートリノのデータ数は1万以上となり、十分精密観測に耐えられる量となる。銀



スーパーカミオカンデの概念図



建設中のスーパーカミオカンデ内部。底部から上面と側部の一部を見たところ。(1995年8月)

河中心で超新星爆発が起これば、ニュートリノの観測数は5千以上となり、爆発の瞬間を0.1秒単位で詳しく追っていくことが出来る。

スーパーカミオカンデの建設は、神岡鉱山の地下1000mで1991年12月から始まった。直径40m、高さ58mの円筒型空洞をまず掘削する。次に底から高さ42mまでの壁面全体をステンレス鋼板でライニングし、水槽を作る。ここまでの工事が1995年4月までに完成した。1992年4月からは並行してチェレンコフ光を捕らえる高感度光センサー「50cm径光電子増倍管」の製造が始まった。必要本数は11200本。壁面全体に1m<sup>2</sup>当り2本の割合で取り付けられる。光電子増倍管からの信号をデジタル化する電子回路や高電圧電源、オンライン計算機や解析用大型電子計算機システムも逐次導入された。無論、純水製造装置は最も重要な装置で、処理能力は毎時50トン以上、特に水中の放射性物質の除去に注意が払われている。5万トンの純水は循環モードで常時精製される。スーパーカミオカンデはいわば巨大な水の望遠鏡である。

1995年6月からいよいよ光電子増倍管の取り付けが始まった。長い間保管してあった光電子増倍管を取り出してきてアルコールできれいに拭く。付属している長さ70mのケーブルも念入りにアルコールで拭く。すっかりきれいになった光電子増倍管は3本ずつのモジュールに生まれ、40m

下の水槽底部に運ばれる。3m以上の高さになる屋根部梁構造はまず底部で組み立てられ、すぐに光電子増倍管モジュールが取り付けられる。取付数は1300本。1カ月の作業である。光電子増倍管のついた屋根部構造体は270トンもの重量になるが、それをジャッキで一気に40m持ち上げて固定する。(上部光電子増倍管の総数は1700本だが、持ち上げ工程の関係上残りの400本は純水を張り終わった後にボートを使って取り付ける。)引続き側面の光電子増倍管の取付にかかる。取付スピードは1日に200本。それでも約8000本の取付を完了するのに2カ月かかる。さらに底面にも1700本の光電子増倍管を取り付ける。

本稿が出る頃には、底面取付も最終段階に入っているはずである。壁面全体に取り付けられた光電子増倍管は壁面積の40%を覆う。ほとんどガラス張りの巨大な空間だ。

12月下旬待ちに待った注水が始まる。満水になるまで2カ月、その後残り400本の光電子増倍管を取り付ければ既に1996年3月。総合試験と予備研究に1カ月。1996年4月いよいよ観測開始である。

本研究は数10名の日米の研究者による共同研究である。彼らの努力によりようやく完成間近まで到達することが出来た。ここに敬意を表したい。また、本研究に絶大なご支援を頂いた諸先生方、東大当局、文部省の関係諸氏に深く感謝する。御恩返しは研究成果でさせて頂きたいと思っているのでいま暫くお待ち願いたい。

☆ ☆ ☆

さらに詳しく知りたい方は拙著「地底から宇宙をさぐる」岩波書店、1995年をお読み下さい。

戸塚洋二(東京大学宇宙線研究所)