

超高エネルギー粒子の観測計画

丹 生 潔*

超高エネルギー宇宙線粒子がひきおこす、種々の素粒子相互作用の特性の研究を行なうために、大気球を用いて高空に実験装置を長時間露出する方法がきわめて有利であることや、現在までの日本におけるこのような観測実験の経験については、すでに神戸大学の方が話されたとおりである。したがってここでは、世界各国で同じような目的で種々の高度で行なわれている実験の規模との比較にもとづき、最高のエネルギー領域における実験を行なうために必要な規模、その遂行のための年次計画などについてのべたい。

第1表は現在知られている実験の比較表である。実験によって得られる素粒子相互作用の数は、実験時間中に装置に入射する粒子数に比例し、また相互作用発生層の厚さや種類に関する

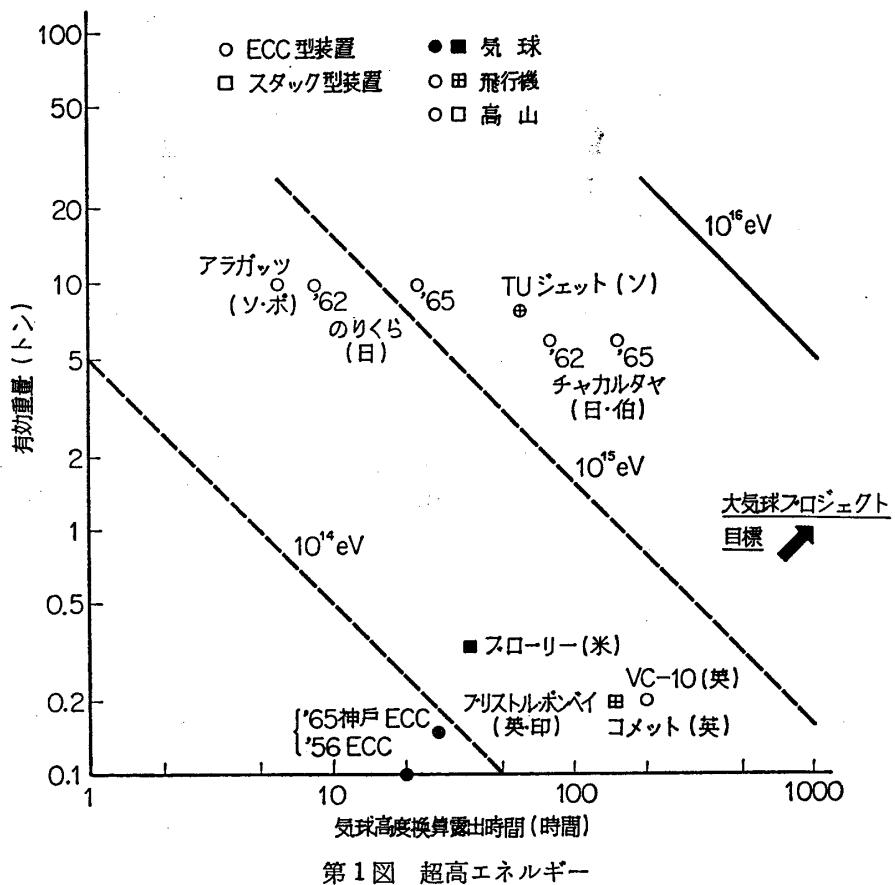
第1表

プロジェクト	有効重量 トン	有効露出時間 時間	高 度	気球高度に換算した 露出量 トン時間	備 考
'56 ECC	0.025	~80	気 球	2	完 了
神戸 ECC	0.5	~40	"	2	続 行 中
プローリー	0.32	~40	"	13	完 了
ブリストル ・ボンベイ	0.15	~28	"	4	完 了
コメット	0.1	~1400	飛行機	14	完 了
VC 10	0.2	~2000	"	40	あまりうまくゆか なかつたらしい
TU ジェット	8	~600	"	480	目 標
アラガツツ	10	~2000	高 山	60	チヤンシャンに大 型装置を建設中
のりくら	10	~20000	"	200	続 行 中
チャカルタヤ	6	~13000	"	800	続 行 中

係があるが、表では実験規模の目安として発生層の重量と有効露出時間を用いて比較を行なった。超高エネルギー粒子は大気中に突入すると、空気核との衝突により約 100 gr/cm^2 の吸収平均自由行程で深さとともに減少するので、実験高度が低くなるほど不利になる。その割合はおよそ気球高度を1として、飛行機高度で0.1、高山(5,200m)で0.01、山(2,800m)で0.001となる。したがって、表の第5列の気球高度に換算した露出量がその実験の総合的な規模を示している。

第1図はこの総合的な規模とその規模で実験できるエネルギー領域との関係をひとめでわ

* 東京大学原子核研究所



かるように示したもので、縦軸には発生層の重量、横軸には気球高度に換算した露出時間にとってある。この図で左上にゆくほど実験規模が大で、よりエネルギーの高い素粒子相互作用の研究が行なえることになる。

表および図からわかるように、現在行なわれている最大の実験は南米のチャカルタヤ観測所で日本およびブラジルの原子核乾板グループが共同で行なっているものである。その規模は気球高度換算で数百トン時間、研究しているエネルギー領域は数× 10^{-15} eVである。しかし、高山での実験では巨大装置を長期間容易に露出できるという利点があるが、上空での先代先々代の相互作用の影響を完全にぬぐいさり、きれいで良質の結果を得ることがむつかしいという欠点をもっている。それにくらべ気球高度の実験ではこのような欠点はなく質のよい結果が期待される。これが大気球による超高エネルギー素粒子相互作用の研究を行ないたいと希望する重要な理由である。

さて、以上の状況にもとづき、最高のエネルギー領域における実験を行なうためには、目標規模として1,000トン時間をとることが必要になる。ではその実現のための年次計画はどうであろうか。

実験装置の面ではわれわれ日本の超高エネルギーグループは神戸の方のお話にあったようにエマルションチェバーという優秀な装置を開発し、それによってエネルギーのきわめて高い素粒子相互作用の研究を、高山でまた小規模ながら気球を用いて行なっている。したがつ

てこの装置をもとに改善応用を行なえば、この面での問題はあまりないと思われる。また得られたデータの解析のために必要なマンパワーも十分ある。

問題は大気球である。1,000トン時間をこなすには、たとえば単位装置重量1トン1回の露出時間20~30時間として気球の個数は50~30個となり、また露出高度を20~30ミリバールとすると気球の大きさは5万立方メートル程度のものが必要になる。気球そのものについていえば現状では半分の大きさの2万5千立方メートルでたちどまつてあえいでいるくらいだから、来年すぐにこの大きさでこの個数の信頼できる大気球を用意するわけにはゆかない。宇宙航空研のバルーン部ができて小型のものから規格化してゆくとして、5万立方メートルの大気球が実用段階に達するのは早くて2~3年先のことと予想するのが妥当であろう。

次に1回の飛揚時間を20~30時間にすることは、核研のいわゆるサイクリングプロジェクトによって小型の気球を用いて試験的には成功したといえる。問題はこの技術を大気球に用いるためのアクセサリーの開発、コントロール可能距離をのばすためのリモートコントロール装置の性能向上であるが、これらはここ1~2年の間に完成する予定であり、大気球によるテストにも成功するであろう。

ヘビーランチングについては、ここ数年神戸大の経験があるが、なかなかむづかしい問題がありそうである。外国の例を参考にしても、回数を1けた増し、しかも成功率をもっと高めるためには、まだまだ技術的改善を加えてゆかねばならぬだろう。

以上の個々の問題が解決されるであろう数年後には、飛揚基地、観測体制、回収のための機能も整備されていることを期待している。したがって本実験は数年後にはじめ、3年程度で完了させるという年次計画になるであろう。

次に、超高エネルギー素粒子相互作用の研究のためにこのような規模の大気球による観測が行なえるようになると、それはまた超高エネルギー一次重粒子に関する研究を現在よりも飛躍的にすすめることも可能となる。一次重粒子のための実験装置は、上記の素粒子相互作用研究のための装置ほど重い必要はない。面積を同じとすれば重さは10分の1程度でよいだろう。したがって1個の装置の重さを100kgとしてこれを数ミリバールの高空にもちあげるにはやはり5万立方メートルの大気球でよいことになる。もしこの程度の装置を1回20~30時間、それを30~50個、そのような高度で露出すると現在より2けた多く超高エネルギーの一次重粒子をとらえ、その組成エネルギースペクトルなどについてよりくわしい研究を行なうことができるであろう。

最後に、以上のような計画を実現させるには、宇宙航空研においてバルーン部門が確立され、できるだけ早くその機能の整備が行なわれることを望むとともに、この計画は一大学一研究室のみでは遂行できず、全国の超高エネルギーグループが分担協力しながら準備をすすめてゆくことが必要であり、実際にそのような協力体制がつくれるということを強調したい。

なおこの報告は、核研のシンポジウムなどで将来計画の議論の際たびたび話題にのぼったものを、わたくしがまとめたものであることをおことわりしておく。