

第3回事故原因究明等委員会議事要旨

日 時 平成14年2月8日(金) 13:30~15:30

場 所 東京大学本部庁舎5階特別会議室

欠席者 鈴木厚人委員

出席者 吉村太彦委員長、笹島孝夫、中村健蔵、H.Sobel(通訳:東京大学宇宙線研究所 梶田隆章教授)、藤原俊隆、松本洋一郎、鈴木洋一郎、戸塚洋二(幹事)の各委員

欠席者 鈴木厚人委員

オブザーバー 小間 篤東京大学事故対策委員長、石川正俊東京大学広報委員長、菅原寛孝高エネルギー加速器研究機構長

議 事

1. 事故原因調査報告

戸塚幹事から、大略以下のとおり現地対策班による報告があった。

事故原因

事故原因の調査については、最初に爆縮したと考えられる2本(10810, 10850)の光電子増倍管(以下「増倍管」という)を1本に絞り込むことはできなかった。したがって、今回の事故は、まず底面にあった増倍管(改修時交換球10850または非交換球10810)が爆縮し衝撃波が発生、その衝撃波が隣接する増倍管を破壊し、さらに衝撃波を発生する、という一連の連鎖反応によって起きたものと考えられる。という前回の本委員会の報告が現地対策班の結論である。

衝撃波防止

- ・ 増倍管取り付け時にストレスを与えないよう、底面作業では、増倍管上を作業に使用することを一切やめて下方からアクセスすることとした。
- ・ 万が一増倍管が爆縮を起こしても連鎖が起きないように、衝撃波防止ケースの導入が必須であるため、同ケースのサンプルを製造し、水深30m下でそれらの実証実験を行った。また、前回の委員会で提起された衝撃波圧力の水深依存性の実験も併せて行った。

ア. サンプル

基本的には、全アクリルケース(一体構造)、アクリル+FRP(ガラス繊維強化プラスチック)ケース(フランジ接続)、アクリル+ステンレス(SUS)ケース(フランジ接続)

からなる構造で種々の厚みからなる11種類のサンプルを製造した。

イ．実証実験

上記のサンプルを使用しての実験は、平成14年1月末に水深約30mのところで行われた。ケースを破壊しないためには、アクリルの厚みは10mm以上ないと、水深30mで破壊される。FRPは5mm以上が必要である。SUSは2mmより厚くなければならない。となった。また、ケース無しの増倍管を破壊し、隣に置いたケース付増倍管への影響を調べるため、15mmアクリル+5mmFRPケースを使用し実験を行った。その結果、ケースは破壊され、ケース内の増倍管も誘爆した。しかし、衝撃波圧力は0.3Mpaと小さく、また周囲の増倍管がすべて破壊されるまで当該増倍管の破壊は起きなかった。実際には、すべての増倍管がケース入りであることから、たとえ1つが大きな衝撃波を出しても隣のケース入り増倍管が誘爆を起こすことは無いと考えられる。

ウ．強度計算

・ 全アクリルケース

6mm厚、5気圧下だと容器にかかる最大応力は80Mpa近くになり、アクリルの破断応力を越えるはずである。実際、静水圧試験を行ったところ、計算上もっとも弱い部分(大口径こぶの部分)が約4気圧で陥没し、その周辺にクラックが入った。また、上記実証実験でも、6mm厚アクリルケースは水深約30m(4気圧相当)で増倍管の爆縮に伴い破壊された。アクリル厚を10~15mmに増やすと破断応力よりも十分小さく安全であると考えられる。

・ FRPケース

座屈最大応力が材の肉厚の2乗に比例するとすると、4気圧下、3mm、5mmでの最大応力はそれぞれ299Mpa、108Mpaとなり、3mmでは最大応力が挫屈応力を越える。実際3mm容器は水深約30m下の実験で部分破壊を受けた。5mmFRPの5気圧下での最大応力は135Mpa程度であり、ケースは破壊を受けないはずである。

実証実験に使用した公称5mmのFRPケースはほとんどの部分が3.5mm厚だが、強度の弱い部分が一部強化されて最大6mm厚となっている。この場合、最大応力部は10インチ径ふくらみ部分点状の領域で、4気圧下で224Mpa、5気圧下で280Mpaとなり、この部分が破壊されるはずである。しかし、水深約30mの実証実験ではケースの破損は起きておらず、この点状部分は補強の効果により応力集中を免れていたものと思われる。従って、補強が適切になされている限り5気圧においても破壊は受けないはずである。

以上から、水深40mで要求されるケースは15mmアクリル+5mmFRP、あるいは10mm 15mm全アクリルケースが妥当である。

エ．浅い水深での実験

水深3mおよび10mで9本の増倍管を使った誘爆実験を行った。その結果、いずれの場合も誘爆は起きなかった。衝撃圧力の水深依存性はシミュレーション結果

と定性的に一致した。

オ．今後とるべき当面の方策

当面の対策として衝撃波防止ケースをすべての増倍管に取り付けることとしたい。

40 m水圧下で要求される衝撃波防止ケースは15 mmアクリル+5 mmFRP、あるいは10 mm 15 mm全アクリルケースが妥当であることから、水槽の水位を40 mに上げて、アクリル+FRPケースの実証実験を行う予定である。また、水深が浅い場所にある増倍管には、強度の高いケースは必要ないと考えられるため、天井部付近のケースは肉厚の薄いものとする。

部分復旧に向けての計画

今後予定されている水深40 mにおける衝撃波防止ケースの実験がすべて終了した時点で、水槽の排水作業に入る。排水時には水面近くにある残骸をすべて撤去し、水槽内の構造物すべてを洗浄する。

底面まで水位が低下した時点で、最初の爆縮候補球の残骸を回収し検査する。また、底面洗浄が終了した後、水槽の漏水箇所の検査及び補修を行う。

平成14年度には、現存する増倍管すべてに衝撃波防止ケースを取り付け、水槽内全面に均等に再配置を行い、平成14年10月頃に観測を開始する予定で部分的再建をはかりたい。

約半分の増倍管実装密度で観測を再開することにより、チェレンコフ光を多く発生する大気ニュートリノや加速器ニュートリノ(K2K実験)の検出、ニュートリノによる超新星出現の監視等が可能となる。

事故原因調査報告について、大略以下のような質疑応答がなされた。

基本理念としてケースが絶対に破壊しない方向で考えるのか、ケースは破壊されても誘爆はしない方向で考えるのか

現地対策班としては、実証実験の際ケースが破壊されたときに誘爆が起きたので、水深40 mで爆縮が起きててもケース自体が破壊されずに衝撃波の出ないものが良いと考えている。

15 mmのアクリルを取り付けると、透過率はどのくらいになるのか

5%減程度である。また、アクリルの経年変化についても影響を及ぼすことはないと考ええる。

すべての増倍管について増倍管全体をカバーで覆うのか。水圧の低いところは簡易な構造でよいのではないか

水中で衝撃を受けた1,300本の増倍管は何らかのストレスを持ったと考えられる。この増倍管は水圧の低い部分に再配置するが、二度と事故を起こさないようにするにはカバーを付けて万全を配したい。また、カバーで覆うことは、観測に支障をきたすラドンの発生に対して非常に有利になる。

観測データを取得する際、増倍管の測定面(前面)に付けるカバーは、水深に関係なく一様のものを付けるのが最良の方法である。

防護カバーの材料は、水槽内に放置しても不純物等を出さないのか
発生しない。むしろ製作時における不純物の混入を防がなければいけない。

続いて吉村委員長から大略以下のように述べられ了承された。

- ・ 本委員会の事故原因究明報告書を、委員長、現地対策班長が作成して事故対策委員会に提出する。
- ・ 事故原因のまとめ(案)について、「4. 今後究明されうる事項の可能性について。」の項を削除する。
- ・ 現地対策班の防爆実験に対する報告を認めることにしたい。
- ・ 防爆カバーの材質・仕様については、アクリルカバーを付けたものを主体に考えることとして、水深40mでの実証実験の結果を基に決定したい。
- ・ 事故対策委員会で、再開に向けての国際評価委員会を設けることが提議されたことについては、事故調査の概略を英文レポートとして数名の外国人に配布したものを事故対策委員会に報告し、国際評価委員会設置に関する意見を求めることにしたい。
- ・ 今後の調査として、最初の爆縮球周辺の検証、漏水箇所の特定があるが、その結果は特段のことがない限りメール等で報告することとし本委員会は開催しない方向で考える。ただし、本委員会を開催する必要がある場合はその限りではない。

以 上