

第1回事故原因究明等委員会議事要旨

日 時 平成13年11月22日(木) 13:00~16:55
場 所 東京大学宇宙線研究所附属神岡宇宙素粒子研究施設セミナー室

出席者 吉村太彦委員長、笹島孝夫、鈴木厚人、中村建蔵、藤原俊隆、鈴木洋一郎、
戸塚洋二、松本洋一郎(代 高木 周)の各委員

欠席者 H.Sobel 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. 委員長挨拶

吉村委員長から大略以下のように述べられた。

この度当研究所神岡宇宙素粒子研究施設のスーパーカミオカンデ(以下「SK」という)において大きな事故が起こりました。これから、委員の皆様の協力を得て、事故の原因究明を厳正にまた徹底的に行うのでよろしくお願ひしたい。

2. 委員紹介

吉村委員長から各委員の紹介があり、続いて、出席各委員から研究分野等について自己紹介があった。

3. 事故対策委員長挨拶

小間事故対策委員会委員長から大略以下のように述べられた。

今回のSKの事故については、東京大学では大変重要な事柄として、当日に事故対策委員会を設置し、実際の事故の究明については当委員会に委ねたところである。

一日も早く事故を究明し、新しい対策を立てたうえで研究を再開できるようにしたいと考えている。いずれにしても、事故の原因究明がなによりも大事なことなので、委員の皆様には徹底的な原因究明をお願いしたい。

4. 幹事選出

吉村委員長から、幹事の選出について諮られ、現地対策班の責任者である戸塚委員を推薦、了承された。

5 . S K 視察（事故現場）

各委員、オブザーバーが、ゴンドラで水槽内に入り被害状況を調査した。

6 . 事故等報告

戸塚幹事から、概略次のように報告があった。

事故発生の経緯

平成13年7月中旬より光電子増倍管交換作業を行い、作業を9月中旬頃までに完了し、9月18日から注水を行っていた。11月12日朝には、タンク底より31.7mの深さ（全体の3/4）まで超純水が入っており、研究者1名、研究推進員2名がデータ取得、タンク上部の清掃を行っていた。

午前11時1分30秒頃、タンク上部の端から1 - 2メートルの場所にいた研究推進員が、轟音を伴う激しい揺れを感じた。最初は小さな音であったが、だんだん大きくなっていくのを感じ、轟音は5 - 10秒間感じられた。また、SKから8.8km離れた場所にある京都大学防災研究所の地震計が事故を捕らえていた。

事故直後の処置

轟音直後、SKの現象の頻度が、通常、10Hz位のところが100万Hz以上に上がっていたため、高電圧発生装置の電源を止めた。

その後、研究推進員が斜坑（SKの底部に至るSKの周りに掘られた坑道）を降り、SKからの水漏れが無いかどうか調べたが、斜坑に変化は見られなかった。

被害状況

・ 内水槽光電子増倍管

事故直後に水中カメラを挿入し、被害状況をテレビモニター上で確認したところ、水深約5m以上の箇所では光電子増倍管（以下「増倍管」という）のガラス部分は完全に吹き飛び、中の金属電極部分が側壁から突出し、ぶら下がっている状態であった。

その後、ブリーダー抵抗値チェック、信号の確認をしたところ、最終的に破壊された増倍管6,779本、破壊されていない増倍管4,367本であった。

底面部は全部破壊され、側面部は水面下10段程度まで生き残っているものもあるがそれ以下は全部破壊されたことになる。

・ ケーブル

相当数は使用不能と思われる。

・ 信号用電子回路

異常が認められたものは2チャンネルであり、通常の故障率と同様なため、本事故の被害は無かったと思われる。

・ 高電圧電源

異常が認められたものは2チャンネルであり、通常の故障率と同様なため、本事故の被害は無かったと思われる。

- ・ 漏水及び水質
1時間当たり3.5mm程度水位が下がっているため、漏水していると考えられる。
環境問題に関しては現在水質の検査を行っている。
- ・ 外水槽増倍管
アメリカグループが行っているもので、8インチ増倍管からなり、外部からの信号を検知するため、1,885本取り付けられているが、そのうち1,017本が破壊され、868本が残っている状態である。

その後、ビデオテープにより、水中カメラが撮影した被害状況を放映し、また改修時に取り外した(5年間水中で稼動していた)増倍管を示し、傷等を検証した。

爆発時に取得されたデータ

- ・ 最初のイベントディスプレイとその時間変化
事故発生時間直前までデータ取得を行っていた。事故後6時間後、データ取得コンピュータから頻度上昇直後約30ミリ秒間に取得されたデータについて復旧を試みた結果、頻度上昇後最初の事象の時刻は11時01分29秒で、最大の光量を持つ増倍管番号は10810であり、過去の発光現象をもとに考えると、10810かその直近の増倍管1本が発光をはじめた可能性が非常に高い。頻度上昇後5.27ミリ秒後の事象では、増倍管10810付近を中心として上方に向けて激しい放電光が観測されている。同時に頻度の爆発的上昇後、数ミリ秒に取得されたデータから、増倍管10810を中心とする左右上下各1本、計9本が関わる特徴的な事象パターンが多く見られた。これらの事象は、本事故の発端となった最初の増倍管1本の爆縮を示している可能性が強い。また、記録されたデータからは、破壊が全体に伝播する情報は得られなかった。
- ・ 最初の増倍管の履歴
上記9本のうち今回の作業で交換された増倍管は10850の1本である。
最初の増倍管が破壊された原因の推測

A. 外的要因

- ・ 坑内の発破作業
11月12日に坑内において発破作業は行われていない。
- ・ 岩盤変化
S K周囲岩盤内の地下水位に大きな変動はない。また、茂住坑南東部下部開発エリアの地下水も安定しているため、岩盤変化による可能性は低いと考える。

- ・ 山はね等によるタンク、構造体の突発的変形
山はね等によって岩石がステンレスを破った衝撃で増倍管が破壊された場合は、底面、側面に岩石が散乱しているはずであるが、増倍管 10810 付近にはこのような異常は見られなかったため、可能性は低いと考える。
- ・ 底面ステンレス板とアンカーボルトとの溶接部分が一部破断した際の衝撃
タンク水を完全に抜き去った際、タンク底面ステンレス板の数ヶ所から水の吹き出しが見られたため、詰め物をして水の吹き出しを止めた。数時間後、数ヶ所で底面の一部が一気に数センチ跳ね上がったため、直ちにタンク構造体の目視検査を行ったが異常はみられず、跳ね上がりの際に増倍管が割れるような事故は起きなかった。

B. 増倍管に起因する原因

- ・ 改修作業起因
底面の作業は極めて困難で、部分的に増倍管上に発泡スチロールボードを敷き、通路として使用し、その上を交換すべき増倍管の場所に作業者が移動した。10850 を交換する際に、10809、10810、10851 上の発泡スチロールボードに乗って作業を行った。また、交換されていない増倍管も含め、作業の際発泡スチロールの下にあった増倍管の清掃を行ったが、この方法及び交換作業は増倍管に荷重がかかるので、作業前に十分な実験を行い、増倍管の破壊等が起きないことを確認した。
- ・ 加圧減圧過程に伴うストレス
製作時の耐圧仕様は 6 気圧であり、出荷時に 95 本に 1 本の割合で、6.5 気圧で 24 時間放置後の耐圧試験に合格したものが納品された。今後、残っているものの中で破壊された箇所の周辺のものを重点的に、数百本について検査を行う。
- ・ 温度変化によるストレス、保管時の経年変化、水中経年変化、運搬時、取り付け準備時のストレスについても、今後調査する。
- ・ バンドの取り付け不良による増倍管同士の接触
9 月 23 日に研究者が水中下にある底面増倍管をすべてチェックし、浮き上がりの異常がなかった事を確認した。

最初の増倍管の爆縮から他の増倍管が連鎖的に破壊された原因の推測

1 本の増倍管が壊れたことにより、水流が増倍管を揺さぶり相互衝突を起こし連鎖的に破壊したとも考えられるが、側部の取り付け構造は 2 段階になっており、また保持機構が強度なため側部増倍管が水流によって破壊されたとは考えにくい。また、水面部分は開放端のため波の振幅が大きくなり、むしろ側壁上部の増倍管が破壊されるはずであるが事実と一致せず、やはり、衝撃波が次々と増倍管を破壊していく連鎖反応の可能性が最も影響が大きいと考える。

主要な要因は衝撃波によると考えられる他の理由は、水圧が高いほど衝撃が大き

くなることである。

シミュレーション計算では、水圧3気圧の場合で、1つの爆縮の瞬間から次の増倍管へ10ミリ秒で130気圧に及ぶ膨大な圧力が加えられと考えられる。

今後の必要な調査について

実験の環境として他に存在しないため、SKの水槽の水を排水する前に、現在の水槽を利用して数本の増倍管をつけた破壊及び衝撃波実験を一ヶ月以内に行いたいと考えている。

事故等報告について、大略以下のような質疑応答がなされた。

純水のシールドは岩盤か

純水は密閉したステンレスで囲っており、水圧を受けるのが岩盤である。

漏水箇所の調査は可能なのか

音響調査と小型の水中カメラを利用して調査をする。また、潜水夫を使用することが可能か調査する。

これまでに、増倍管が1つだけ壊れた事例はあるのか

物理的に壊れたものはなく、数100本程度が発光現象で測定不能になったものがある。

発光後のコンピュータの状況は

数10kHzであれば数秒持つが、1MHzにもなると受け付けなくなるので自動的に止まる。

底面の増倍管の取り付け方法は設置時と同様の方法で取り付けられたのか

違う方法で設置した。発泡スチロールを利用したのは始めてである。

キャビテーション気泡の球形を仮定した真空崩壊過程では、外圧が高いほど衝撃が大きく、水面に近いほど極端に少なくなるとのシミュレーションが出ている。しかし、材料工学研究者の意見では、一瞬の加圧に対しては破壊にいたらない場合も考えられるとのことである。

メーカーの意見と似ている。

高水圧下での実験環境が他にないとする、水を抜く前に防護処置を施した増倍管についても爆縮実験を行うべきではないのか

実験は行うつもりである。

一つの防護方法としては、ドイツの研究者が考えたもので、増倍管をプラスチックで覆いそこに小さな穴をあける。すると爆縮を起こしたときの衝撃波が極端に軽減されるというものがある。

7. 今後の委員会の進め方について

吉村委員長から、今回は12月末か1月を予定しているが、それまでの間、メール

等で事故原因の考え方及び意見交換を行いたい。また、現在の委員会の委員では対応が困難な問題が生じた場合には専門家を加えることが諮られ、了承された。

また、委員会は非公開とし、資料、議事録を公開することを諮られ、了承された。

以 上