

音響指令によって回収できなかった 自己浮上型海底地震計に関する問題

野 徹雄^{*1} 田中 仁氏^{*1} 伊藤 誠^{*1} 馬場 和美^{*1} 小平 秀一^{*2} 門馬 大和^{*1}

海洋科学技術センターでは、大容量エアガンと最大100台の海底地震計(OBS)による深部構造探査を1999年から2000年の間に5度実施した。OBSはのべ302台設置し、のべ295台回収した。7台が音響指令によって回収できなかったが、ROV「かいこう」やROV「ドルフィン3K」を用いて探索を行い、4台を発見し回収することができた。ROVで回収したOBSを調査した結果、未回収となった原因が、以下の3つのタイプに分けられることがわかった。

- 1) ガラス球内への浸水
- 2) 片側の切離装置が切り離されない
- 3) トランスポンダ内への浸水

今後、以上の問題を解決するために、OBSを改良し、人為的なミスも無くす工夫をしていきたい。

キーワード: 自己浮上型海底地震計, 切離装置

Problem on the Pop-up Ocean Bottom Seismograph (OBS) which have not been recovered by acoustic command

Tetsuo NO^{*3} Hitoshi TANAKA^{*3} Makoto ITO^{*3} Kazumi BABA^{*3}
Syuichi KODAIRA^{*4} Hiroyasu MOMMA^{*3}

In Japan Marine Science and Technology Center, five refraction survey cruises were carried out between 1999 and 2000 to study deep structure of the subducting plate by large volume airgun and 100 OBSs. A total of 302 sets of the OBSs were deployed, and 295 sets were recovered by sending acoustic command. Among seven OBSs which were not recovered, four OBSs were recovered by ROV Kaiko and ROV Dolphin-3K. As a result of investigating the OBSs which were recovered by ROV, it was revealed that there were the following three types of failure modes.

- 1) Flood into a glass sphere
- 2) One releaser out of two releases did not work release.
- 3) Flood into a transponder

In order to solve the above problem, We are improving OBS and also trying to avoid human error.

Keywords : Pop-up Ocean Bottom Seismograph, Electrolytic release

*1 日本海洋事業株式会社 海洋科学部

*2 海洋科学技術センター 固体地球統合フロンティア研究システム

*3 Marine Science Department, Nippon Marine Enterprises Ltd.

*4 Institute for Frontier Research on Earth Evolution, Japan Marine Science and Technology Center

1. はじめに

海洋科学技術センター(JAMSTEC)では,1999年より深海調査研究船「かいれい」および海洋調査船「かいよう」に大容量エアガン(空気圧2000psi[約13.79MPa],容量約12000cu.in[約200liter]を搭載し,最大156チャンネルのマルチチャンネル反射法(Multi-Channel Seismic reflection: MCS)システムによる観測と,最大100台の自己浮上型海底地震計(Ocean Bottom Seismograph: OBS)による屈折法探査を行っている。MCSやOBSを用いた詳細な構造探査によって,日本近海における巨大地震発生帯の深部構造が徐々に明らかになってきており,様々な研究成果があがっている(例えばKodaira et al ,2000)。

これまでの構造探査において,OBSは1999年から2000年までに5度使用された(図1,表1)。設置された台数はのべ302台で,そのうちのべ295台を回収した(回収率97.7%)。7台が音響指令によって回収できなかった。これまで,JAMSTECに限らず他の研究機関でも回収に失敗したOBSを海

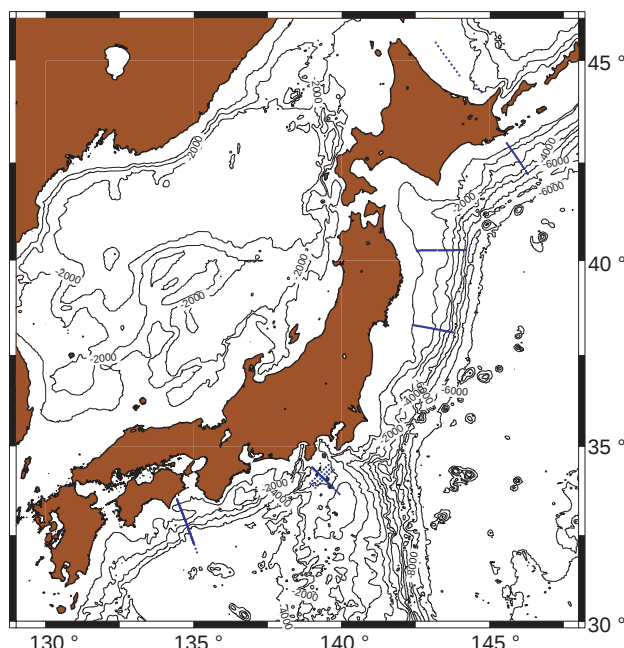


図1 構造探査で使用されたOBSの設置地点(1999年～2000年)
Fig. 1 Positions of OBS deployed in the seismic experiment (1999-2000).

底から回収することがなかったため,未回収原因を特定することはできなかった。本報告では,ROV「かいこう」やROV「ドルフィン3K」を用いて探索を行い,回収することができた4台のOBSについて,調査結果と問題点,さらに今後の課題についてまとめる。

2. OBSについて

現在,構造探査で使用されているOBSは,金沢(1986)や篠原・他(1993)のタイプがもととなっている。OBSの外観は図2のようになっている。黄色いハードハットの中には17インチ耐圧ガラス球が入っており,そのガラス球の中には3成分速度型地震計センサ(固有周期4.5Hz),データ記録部(DATレコーダ,制御回路,プリアンプなど),電源が収められている。構造探査用のOBSの場合,長期観測の必要性がないので,3週間程度観測を行うことのできる仕様の電源とDATを用いている。ハードハットの外側には,ハイドロフォン,フラッシュ,トランスミッタ,トランスポンダ,切離装置付アンカーを取り付ける。OBSの耐圧深度は6000mである。設置は海面から自由落下させて行い,回収時は船から音響切り離し信号を送信し,切離装置部のステンレス板を強制電蝕させて(平均13分),OBSをアンカーから切り離し,浮上させる。切離装置部は2ヶ所あり,浮上するためには2ヶ所とも切り離されなければならない。海底でのOBSの位置決定はDifferential GPSによって位置が決まっている船からOBSのトランスポンダへコールし,SSBL方式を用いて推定する。

3. 未回収OBSに関する状況

未回収となった7台のOBSについて,通常の音響切り離しによる回収の状況は2つのタイプに分けられる(表2)。

1つは,トランスポンダへのコールに対する返答があり,切り離しコマンドも受け付けた様子があるが,浮上が確認できないタイプである(4台)。もう1つは,トランスポンダへのコールに対する応答がなく,切り離しコマンドも受け付けなかったタイプである(3台)。

4. ROV「かいこう」によるOBSの探索・回収(KR99-07航海)

「かいれい」KR99-04航海で設置され,約20日後に「かいよう」KY99-03航海で回収予定であったOBSのうち,未回収となった5台の探索をROV「かいこう」で行った(図3)。5台

表1 構造探査に用いた海底地震計について(1999年～2000年)

Table 1 Summary of OBSs which were used for seismic experiments from 1999 to 2000.

Area	The deployment of OBSs			The retrieval of OBSs		
	Cruise	Date	Number of OBSs	Cruise	Date	Number of OBSs
室戸沖・南海トラフ	KR9904・KY9903	99/06/01～99/06/02, 99/06/10～99/06/12	98	KY9903	99/06/20～99/06/28	93
宮城沖・日本海溝	KY9905	99/07/27～99/07/28	36	KY9905	99/08/12～99/08/16	36
青森沖・日本海溝	KY0002	00/06/03～00/06/04	46	KY0002	00/06/12～00/06/17	45
北海道東方沖・千島海溝	KY0005	00/07/18～00/07/21	45	KY0005	00/07/31～00/08/08	44
三宅島・新島周辺海域	KY0008	00/10/26～00/10/31	77	KY0008	00/10/28～00/11/04	77

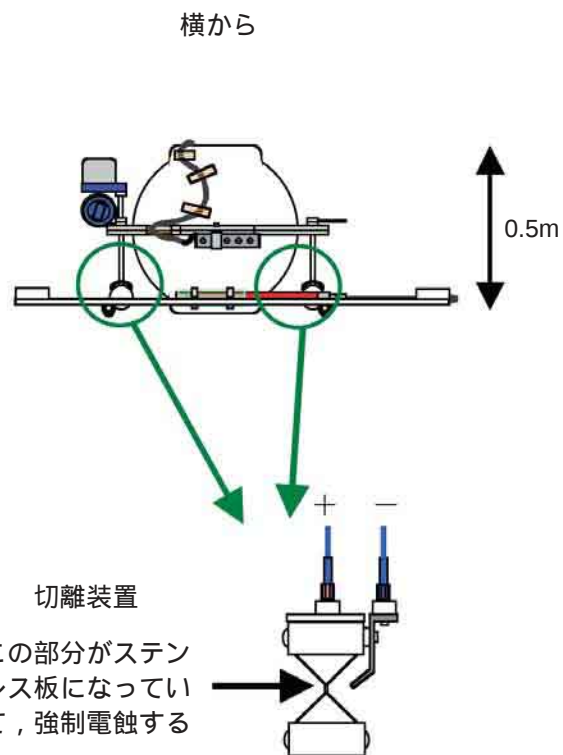
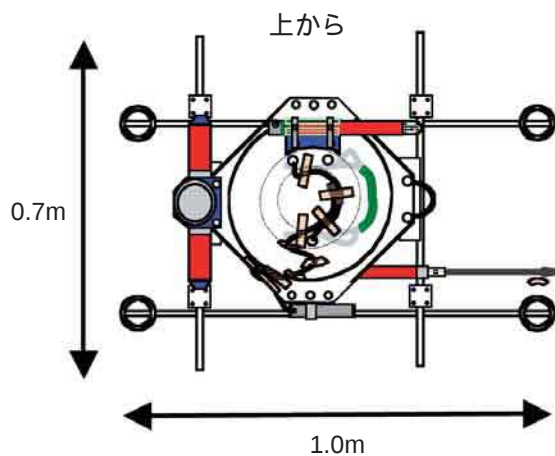
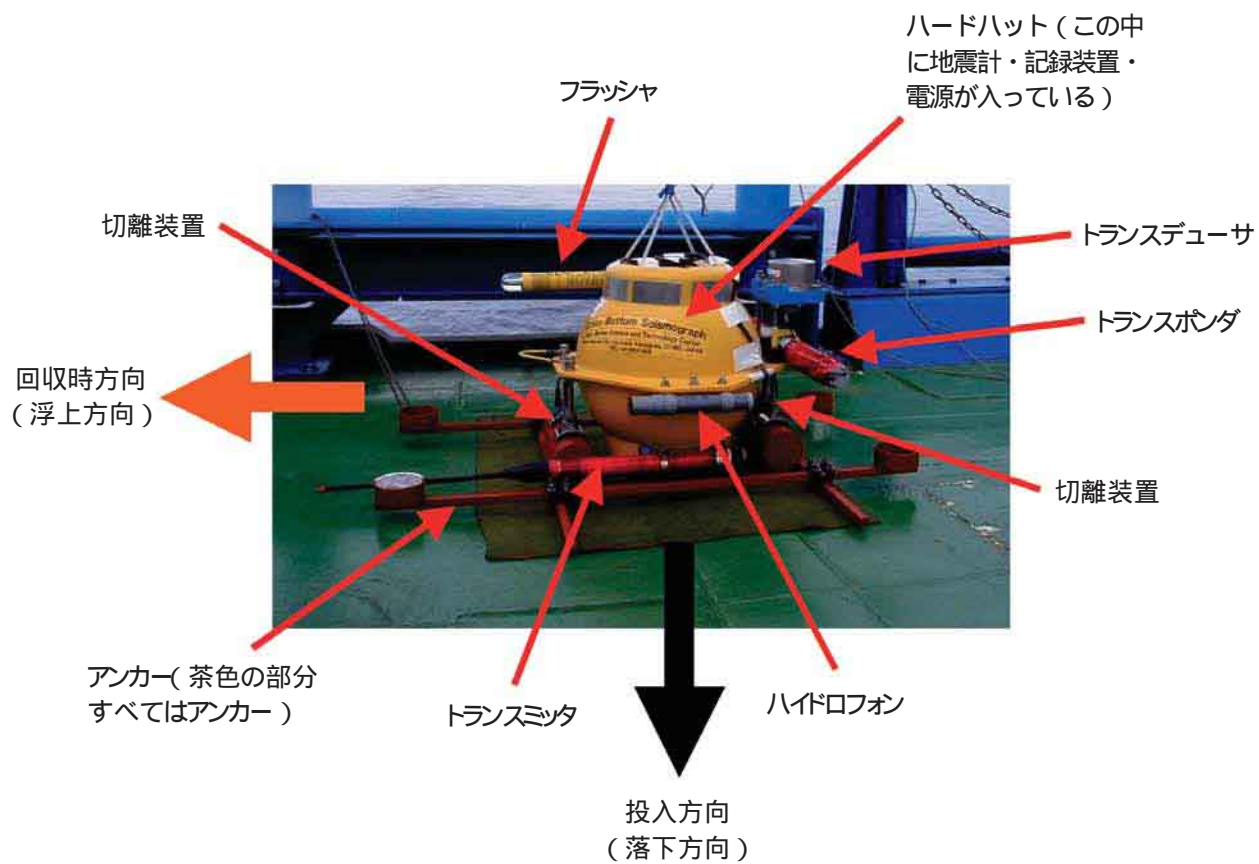


図2 海底地震計 (OBS) の外観
Fig. 2 Ocean Bottom Seismograph (OBS)

表2 未回収となったOBSについて

Table 2 Summary of OBSs which were not recovered.

投入時航海名	投入海域	Site No.	投入年月日	投入時水深(m)	音響指令送信後の状況	ROVによる揚収年月日
KR9904	室戸沖・南海トラフ	10	1999/6/1	4882	①	1999/8/17 (かいこう)
KR9904	室戸沖・南海トラフ	19	1999/6/1	4355	②	
KR9904	室戸沖・南海トラフ	22	1999/6/1	4391	①	1999/8/14 (かいこう)
KR9904	室戸沖・南海トラフ	33	1999/6/2	4146	①	1999/8/19 (かいこう)
KR9904	室戸沖・南海トラフ	38	1999/6/2	3290	②	
KY0002	青森沖・日本海溝	20	2000/6/3	1389	②	2000/8/30 (ドルフィン3K)
KY0005	北海道東方沖・千島海溝	42	2000/7/18	4215	①	

※音響指令送信後の状況
 ①トランスポンダへのコールに対する返答があり、切り離しコマンドも受け付けた様子であるが、浮上せず。
 ②トランスポンダへのコールに対する返答がなく、切り離しコマンドも受け付けず。

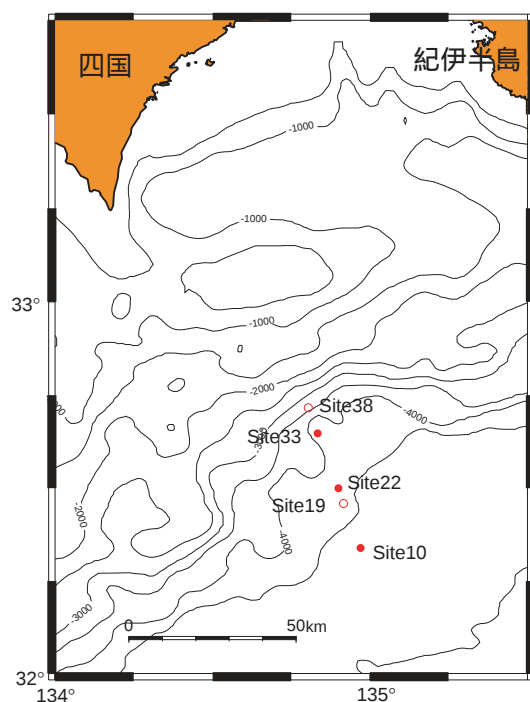


図3 KR9907航海において「かいこう」で回収されたOBS。
 ●は回収されたOBS。○は未回収のOBS。

Fig. 3 OBSs recovered in KR9907 cruise. ●...Recovered OBS. ○...Not recovered OBS

のOBSのうち、3台はトランスポンダに应答があり、残り2台はトランスポンダの应答がないものである。

トランスポンダに应答のあった3台 (Site10, 22, 33) のOBSは、発見し回収することができたが、1台 (Site19) は時間内に発見することができず、もう1台 (Site38) の探索は現場海域の

潮流が強く潜航することができなかった。回収することのできた3台のOBSについてまとめる。

4.1. Site10 [推定位置: 32-20.356N, 134-58.224E, 4882m, 潜航日: 1999/8/17]

「かいこう」潜航当日は、6:38からOBSのトランスポンダへのコールを行った。コールへの应答があり、スラントレンジ (OBSと船の直線距離) を測定することができた。コマンドの送信は8月13日 海況不良のため「かいこう」潜航が中止された日に行い、コマンドを受け付けた。しかし、スラントレンジが20分以上変化しないことから、OBSが離底していないものと判断した。

「かいこう」は9:03に着水し、10:57に海底を視認し、11:35にOBSを発見した。底質は泥であった。全体的に後方 (OBS浮上方向とは逆の方向。トランスポンダが取り付けられている側) がやや沈んでいて前方が浮き気味のような感じではあった。また、アンカー等が埋まっているようには見えず、周りにOBSが引っかかって浮上を妨げるような障害物はなかった。その後、フック付のロープを「かいこう」のマニピュレータを用いてOBSに引っかけて引っ張ったところ、OBSの前方の電蝕板は電蝕されていたが、後方の電蝕板は電蝕されていない状態となっていることを確認した。OBSとアンカー両方を回収するため、OBSの上のロープ (OBS設置の時にフックをかける部分) にフック付のロープを通して、左側アンカーの足の部分にフックを取り付けて、回収した。ピークルが離底した直後に電蝕されなかった方の電蝕板が切れて、OBSとアンカーが分離したが、OBSとアンカー両方を回収できた (写真1)。

OBSの外観破損はなく、トランスポンダと切離装置部の配線異常はなかった。また、ガラス球内への浸水はなかった。



写真1 KR99-07航海において「かいこう」で回収されたOBS (Site10)。

Photo 1 OBS was recovered by the ROV Kaiko in the KR99-07 cruise (Site10).



写真2 KR99-07航海において「かいこう」で回収されたOBS (Site22)。

Photo 2 OBS was recovered by ROV Kaiko in the KR99-07 cruise (Site22).

4.2. Site22 [推定位置: 32-30.018N ,134-54.010E , 4398m ,潜航日:1999/8/14]

「かいこう」潜航当日は、6:26からOBSのトランスポンダへのコール、切り離しコマンド送信を行った。コールへの応答がありスラントレンジを測定することができた。また、切り離しコマンドも受け付けたようであったが、スラントレンジが20分以上変化しないことから、OBSは離底しないものと判断した。

「かいこう」は9:07に着水し、10:58に海底を視認し、11:05にOBSを発見した。底質は泥であった。アンカー等が埋まっているようには見えず、周りにOBSが引っかかって浮上を妨げるような障害物はなかった。その後、ピークルに取り付けたフック付のロープをマニピュレータを用いてOBSに引っかけて引っ張ったところ、OBSの電蝕板は両側とも電蝕されており、OBSはアンカーと切り離されている状態になっていることを確認した。フックをOBSの回収時に引っかけるワイヤーに引っかけて、OBSを揚収した(写真2)。

揚収後OBSのハードハットを開けたところ、ガラス球の中に入水が入ったため、浮上できなかったことがわかった。

4.3. Site33[推定位置: 32-38.873N ,134-50.040E 4147m , 潜航日: 1999/8/19]

8月18日 海況不良のため「かいこう」潜航が中止された日)の6:24からOBSのトランスポンダへのコールを行った。しかし、コールへの応答がなかった。そのため、スラントレンジを測定することができなかったが、KY9903航海においてOBSの位置決めが行われていたため、「かいこう」の潜航ポイントに影響はなかった。

「かいこう」は9:04に着水し、10:50に海底を視認し、10:56にOBSを発見した。底質は泥であった。アンカー等が埋まっているようには見えず、周りにOBSが引っかかって浮上を妨げるような障害物はなかった。Site10と同じように、OBSの前方(OBS浮上方向。トランスポンダが取り付けられている方向と逆側。)の電蝕板は電蝕されていたが、後方(OBS浮上方向とは逆の方向。トランスポンダが取り付けられている側。)の電蝕板は電蝕されていない状態となっていた。そのため、OBSの前方が浮き上がっている状態となっていた。OBSとアンカー両方を回収するため、OBSの前方のワイヤー(OBS回収の時にフックをかける部分)にフック付のロープを通して、左側アンカーの足の部分にフックを取り付けて、回収した。船上へ揚収する途中でOBSとアンカーが分離したが、OBSとアンカー両方を回収することができた(写真3)。



写真3 KR99-07航海において「かいこう」で回収されたOBS (Site33)。

Photo 3 OBS was recovered by ROV Kaiko in the KR99-07 cruise (Site33).

向とは逆の方向。トランスポンダが取り付けられている側。)の電蝕板は電蝕されていない状態となっていた。そのため、OBSの前方が浮き上がっている状態となっていた。OBSとアンカー両方を回収するため、OBSの前方のワイヤー(OBS回収の時にフックをかける部分)にフック付のロープを通して、左側アンカーの足の部分にフックを取り付けて、回収した。船上へ揚収する途中でOBSとアンカーが分離したが、OBSとアンカー両方を回収することができた(写真3)。

OBSの外観破損はなく、トランスポンダと切離装置部の配線異常はなかった。また、ガラス球内への浸水はなかった。

5. ROV「ドルフィン3K」によるOBSの探索・回収 (NT00-09航海)

「かいよう」KY00-02 航海で未回収となったOBS1台 (Site20)について、「ドルフィン3K」を用いて、探索及び回収を実施した。このOBSはトランスポンダに反応がなかったものである(図4)。

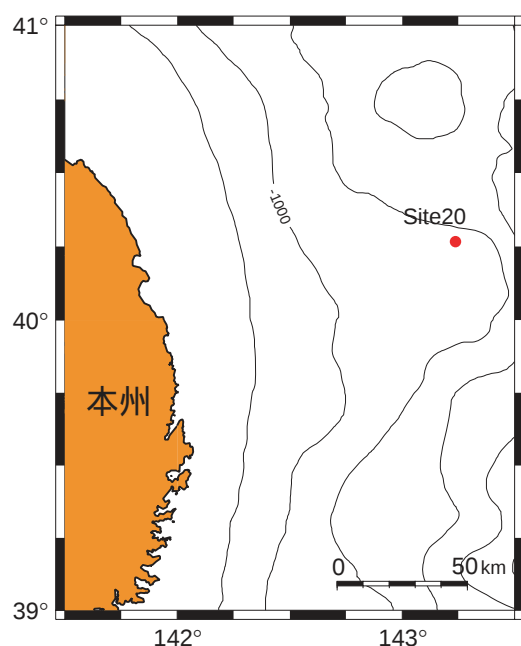


図4 NT00-09航海において「ドルフィン3K」で回収されたOBS。
Fig. 4 OBS recovered in NT00-09 cruise.

5.1. Site20 [投入位置 : 40-16.0527N , 143-14.1938E , 1389m , 潜航日: 2000/8/30]

トランスポンダに应答のないOBSを発見することは一般に困難であるが , 投入時の海流等から着底領域を推定し , ある程度探索範囲を絞って設定した。また , KR99-07航海での回収において , 揚収中にOBSとアンカーが分離してしまった。そこでNT00-09航海では , 切離装置が片切れの場合でも分離しないように , KY00-02航海において「ハイパードルフィン」でOBS回収作業を行ったときに用いた回収索で作業を行った(図5)。

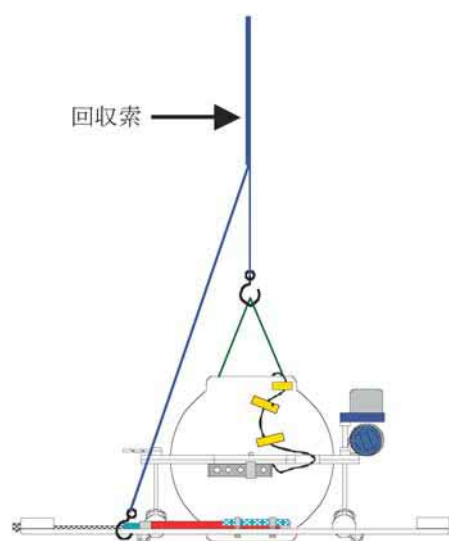


図5 「ドルフィン3K」によるOBS回収方法
Fig. 5 OBS recovery method by Dolphin 3K

「ドルフィン3K」は8:48に着水し , 9:38に海底を視認し , 9:44にOBSを発見した。底質は泥であった。切離装置部は両側とも電蝕されていなかった。アンカー部はほとんど埋まっていなかった。トランスポンダ等に外観異常は認められなかった。OBSとアンカーに回収索を取り付けて , OBSとアンカーが分離しない状態で揚収することができた(写真4)。

OBS揚収後に外観をチェックしたが , 破損等はなく , トランスポンダと切離装置部の配線異常はなかった。また , ガラス球内への浸水はなかった。

6. 未回収となった原因調査

ROVで回収した4台のOBSは , 海洋科学技術センターへ持ち帰り , 分解し調査した。その結果 , 未回収となった原因については , 以下の3つのタイプに分けられた。

6.1. ガラス球内への浸水

OBS揚収後分解して確認したところ , ガラス球には剥離や破損がなかったが , 上半球と下半球で3mm程度ずれており , そこから浸水したと考えられる(写真5 , 6)。原因としては , OBSを組み立てる段階でガラス球の摺り合わせ面がずれた状態のまま密封した , またはテープやゴムの押さえが不十分であったためにOBSの搭載や投入等の移動時にずれてしまったまま設置したなど , 人為的な要因による可能性も考えられる。また , ガラス球の摺り合わせ面の異常や半球の形状に異常があることなども考えられる。

そこで , 浸水したガラス球について , ガラス球の摺り合わせ面や半球の形状などガラス球の品質の異常について摺り合わせ面等の形状の測定を行った。この測定では以下の2つを目的としている。

- ・ ガラス球の上下半球の摺り合わせ面の形状(凹凸はどの程度か ? 面が傾斜していたりすることはないか ?)
- ・ ガラス球の半球の精度(半球として上半球と下半球でどの程度の差があるか ? 形にゆがみがどの程度あるか ?)

上記の事項について評価するため , 神奈川県産業技術総合研究所にある高精度3次元座標測定機と触針式表面粗さ測定機を使用して測定を行った。

測定した結果 , 浸水したガラス球について , 以下のことがわかった。

(1) 摺り合わせ面の外径の形状の測定結果

上半球の摺り合わせ面の真円度の違いは , ガラス球のずれを引き起こす要因となる可能性がある。しかし , 浸水したガラス球だけが特別摺り合わせ面の形状の異常があるわけではなかった。但し , 上下半球の摺り合わせ面の真円度の違いにより , 上下で10 μ m程度の摺り合わせ面にずれが生じる可能性があり , 上下半球の外径の平均値の差が20 μ m程度あるので , これらの影響で30 μ m程度は上下半球でずれが生じる可能性がある(図6)。

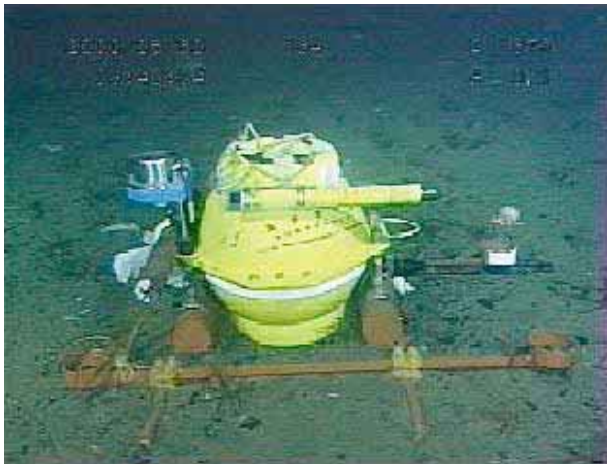


写真4 NT00-09航海において「ドルフィン3K」で回収されたOBS (Site20)

Photo 4 OBS was recovered by ROV Dolphin-3K in the NT00-09 cruise (Site20).



写真5 浸水したガラス球。
Photo 5 Flooded glass sphere.

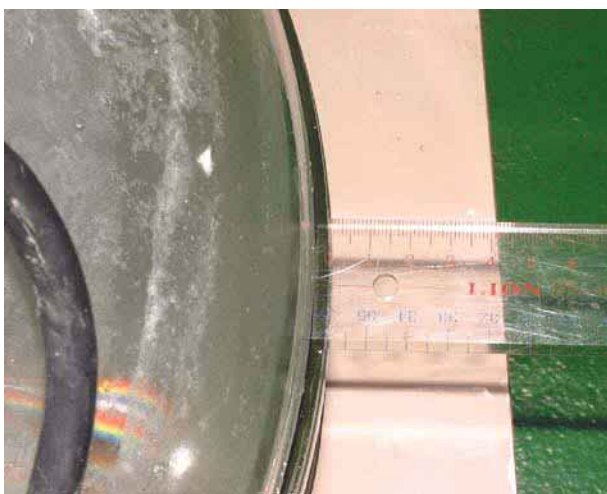


写真6 写真5のガラス球の擦り合わせ面。
Photo 6 Joint side of the glass sphere of a Photo 5.

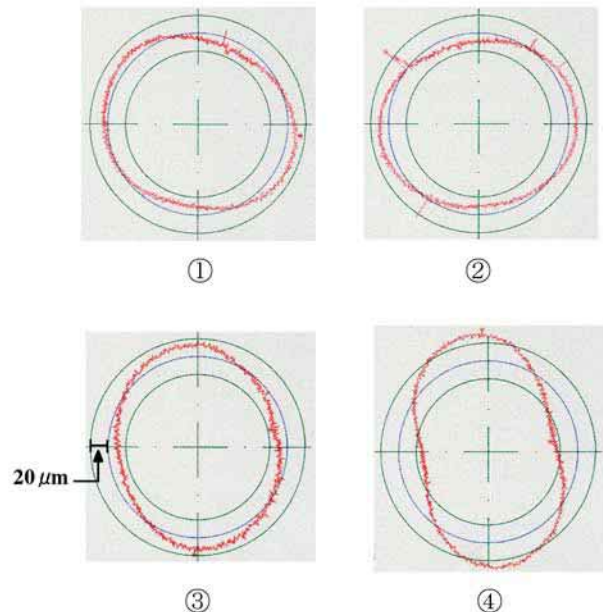


図6 耐圧ガラス球擦り合わせ面の外径の形状(赤線)。緑線の真円と青線の真円の間隔は $20\mu\text{m}$ 。従って、 $40\mu\text{m}$ 程度の間でどの程度形状が変形しているかを示す。

浸水したガラス球(上半球)
浸水したガラス球(下半球)
浸水したことのないガラス球(上半球)
浸水したことのないガラス球(下半球)

Fig. 6 Measurement of outer circumference of the glass hemisphere (red line)

Flooded glass sphere (Upper hemisphere)
Flooded glass sphere (Lower hemisphere)
Glass sphere which did not flood (Upper hemisphere)
Glass sphere which did not flood (Lower hemisphere)

(2) 摺り合わせ面の円周方向に対する凹凸の形状の測定結果
浸水したガラス球は、同一メーカー(BENTHOS社)のガラス球の中では比較的摺り合わせ面の凹凸が少なかった。しかし、偶然上下半球の凹面同士や凸面同士が接触した場合、 $10\sim 20\mu\text{m}$ 程度の隙間ができる可能性はある。

(3) ガラス球擦り合わせ面の表面粗さの測定結果

浸水したガラス球が他の同一メーカーのガラス球に比べて、摺り合わせ面に特別な異常は認められなかった。ただし、上下半球の摺り合わせ面の合わせ方によっては最大 $20\mu\text{m}$ 程度の隙間ができる可能性はある(図7)。

以上より、浸水の有無に関わらず、摺り合わせ面が真円ではなく、摺り合わせ面にも凹凸があるなど、ガラス球の形状の歪みが多かれ少なかれ認められる。この歪みが浸水の原因の1つである可能性である場合は、海底下の水压でガラス球の歪みの大きいところに応力が集中したり、陸上や船上でOBSを運搬しているときに水平方向に強い力(例えば運搬中に何かにぶつかるなど)の衝撃が働くなど、作用して、ガラス球の歪みの大きいところがずれてしまったことが考えられる。

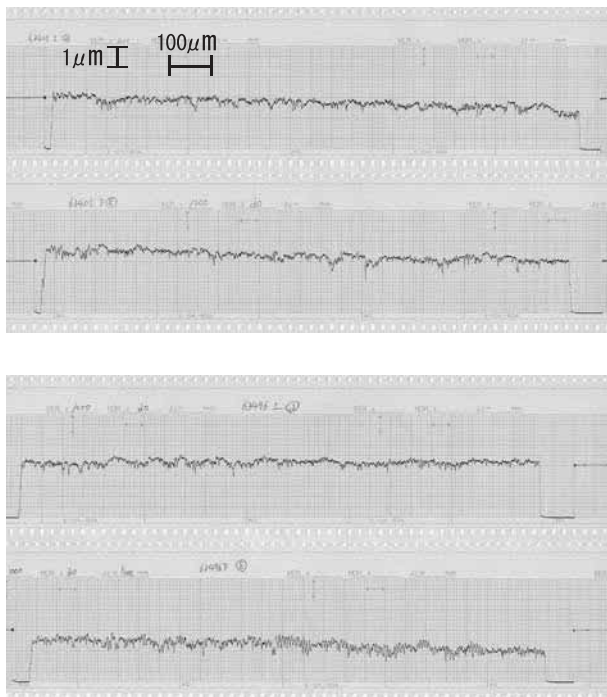


図7 耐圧ガラス球擦り合わせ面の表面粗さの計測結果。

浸水したガラス球(上半球)
 浸水したガラス球(下半球)
 浸水したことのないガラス球(上半球)
 浸水したことのないガラス球(下半球)

Fig. 7 Results of surface coarseness measurement of joint side of glass sphere.

Flooded glass sphere (Upper hemisphere)
 Flooded glass sphere (Lower hemisphere)
 Glass sphere which did not been flooded (Upper hemisphere)
 Glass sphere which did not been flooded (Lower hemisphere)

また、上下半球の合わせ方によっては、 $50\text{ }\mu\text{m}$ 程度の隙間ができる可能性がある。この場合は、シールゴムのつぶしにむらがあったり、十分につぶれていなかったり、摺り合わせ面からずれていたりすると、当然ガラス球内への浸水の要因になり得る。

6.2. 片側の切離装置が切り離されなかった

KR99-07航海にて「かいこう」で回収されたOBSのうち片側しか切り離されていなかった切離装置部について、JAMSTEC内の高圧実験水槽において加圧実験を実施した(写真7)。

実験に用いた切離装置は「かいこう」で回収したOBSの切離装置部のケーブル(4本)及び切離装置(2ヶ)と正常な切離装置部のケーブル(1本)及び切離装置(1ヶ)である。

実験はケーブルを高圧実験水槽のペネトレータケーブルに接続して、水槽外部のテストに接続した。 650kgf/cm^2 (約 63.7MPa)まで昇圧させ、その間電気抵抗を監視した。また、 650kgf/cm^2 の状態で切離装置に電圧をかけて、電蝕が起こるかを確認した。

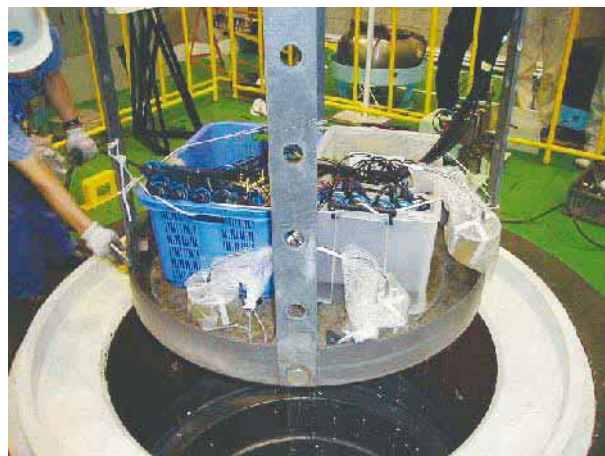


写真7 JAMSTECの高圧実験水槽におけるトランスポンダやケーブルの高圧実験。

Photo 7 The high-pressure test of a transponder and a cable in the hyperbaric chamber in JAMSTEC.

実験の結果、以下のことがわかった。

(1) 「かいこう」で回収したケーブル4本のうち、3本は抵抗値が約 2Ω であったが、1本は約 3Ω で抵抗値が 0.5Ω 程度ふらついた。正常なケーブル1本は抵抗値が約 2Ω であった。

(2) 「かいこう」で回収した切離装置のうち、1ヶは高圧下でも正常であったが、もう1ヶは高圧下で電流が流れない現象が確認された。正常な切離装置では高圧下で問題はなかった。

以上の結果は、ケーブルと切離装置の異常が切離装置が切断しなかった原因であることを示している。しかし、「かいこう」によるOBS回収時に切離装置はステンレス板が切離装置下側のFRP樹脂から引き抜けたほどの張力がかかっている。また、ケーブルも同様で海底設置時の状態を忠実に再現しているとはいえない。

「かいこう」での回収時に切離装置が引きちぎられたので、切離装置部やトランスポンダからのケーブルは海底時での状態を再現することはできなかったが、片側の切離装置が切り離されていなかったことは、何らかの理由で片側の切離装置に電流が流れなかったことを示す。設置前のチェックでは特に異常が確認できなかったことを考慮すると、海底の高圧下で切離装置部またはケーブルやコネクタに接触不良等の異常が生じた可能性が高い。

6.3. トランスポンダ内への浸水

トランスポンダの耐圧ケースへの浸水によって電子回路がショートし、さらに回路基板を腐食させた結果、トランスポンダが作動不可能になり、自己浮上不能となったことが原因であった(写真8)。

浸水したトランスポンダの特徴は、海水の量が比較的微量



写真8 浸水したトランスポンダ。
Photo 8 Flooded transponder.

であることである。通常、海底の高圧下で浸水が始まると、容器が全没するまで浸水するのが普通である。微量の海水がトランスポンダ内へ浸水した例はKY00-08航海でも2台確認されている。この2台は、回路基板が腐食されていなかったため、無事音響指令によって回収できた。耐圧ケース内への海水の進入経路が明瞭に分らず、またOリングに傷や変形もなかった。しかし、トランスポンダの蓋にある3ヶ所のOリングのうち一番外側のOリングにおいて溝切りしていないため接点が少なく効きが甘い。従って、OBSの投入直後の水圧が低く、Oリングの効果を発揮する前に投入直後の浅海部で短時間の間に微量の浸水が起こり、水圧によってOリングの効果が効き始めてからは浸水が止まった可能性が推測される(図8)。組立時のOリングのクリーニングなどが不十分であった可能性もあるが、耐圧ケースの構造的な問題が考えられる。

7. 今後の課題

OBSが回収できない原因は、これまで上げた要因以外にも想定されるが、ROVで回収されたOBSより推定された原因をもとに、今後以下の点を課題として改善を進めていく。

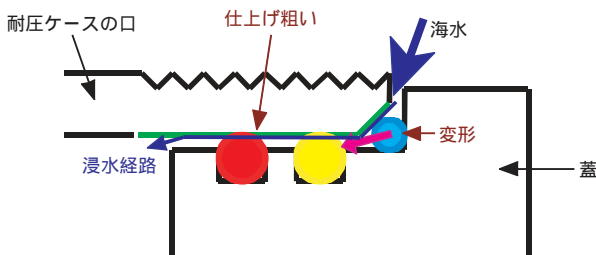


図8 トランスポンダ内への浸水の要因として推定された一例。
●, ●, ●はOリング。

Fig. 8 Probable water path into transponder by inadequate O-ring assembly. ●, ● and ● are O-rings.

7.1. 人為的なミスについて

未回収となる原因は、OBSの構造的要因とともに人為的なミスが重なっておきている場合もあるし、人為的なミスのみで起こる場合も想定される。OBSの事前・観測・事後の各作業は、人為的なミスをできる限り防ぐために、詳細なチェックシートをもとに進めている。チェックシートは詳細だけでなく、現場で作業している者にとって分かりやすく使いやすいように改良を続けている。今回未回収の原因となったガラス球の封入やトランスポンダのチェックなどについては、繰り返しチェックするようにチェックシートを改良した。また、ガラス球のずれを生じさせる要因を少しでもなくすために、気圧計をガラス球内に設置したり、陸上や船上でOBSを運搬しているときは慎重に扱うことを徹底している。今後も、人為的なミスをなくすように、チェックシートの改善や技術の向上に努めたい。

7.2. トランスポンダの問題について

OBSを回収する上で最も重要なトランスポンダのチェックについては、OBS投入までに最低3回行い、設置前の段階でできるだけ不具合を見つけるようにしている。今後も、トランスポンダの事前チェックを徹底していく。また、トランスポンダの構造上の問題については、問題点を整理し、それをもとに改良を検討しているところである。

7.3. 切離装置の問題について

現在使用しているOBSの切離装置部の大きな問題は、2ヶ所とも切り離されなければ離底しないことである。他の海底設置型の観測機器では、切離装置が1ヶ所または2ヶ所の切離装置部のうち1ヶ所が切り離されれば離底するという機器が大部分である。例えば、カリフォルニア大学スクリプス海洋研究所の自己浮上型海底電位磁力計(Constable et al ,1998)は、2ヶ所の切離装置部の内1ヶ所が切り離されれば離底するシステムを採用している。今後、それらを参考に、fail-safe機構、誤作動等に対する安全を保障する機構を考慮した切離装置に改良する必要がある。

また、現在のOBSの切離装置は強制電蝕式を採用しているが、モーター式等の他の切離方式を採用している海底設置型の観測機器もある。OBSの切離装置も他の切離方式へ検討する必要もあるが、圧力や温度の影響を受けにくく、取り扱いも容易な電蝕方式が現段階ではよりよい方法だと思われる(門馬・他, 1994)。

謝辞

今回のOBS回収にあたり、「かいこう」運航チームの福井班長を始めとする皆様、「ドルフィン3K」運航チームの依田司令を始めとする皆様、深海調査研究船「かいれい」の石田船長を始めとする乗組員の皆様、潜水調査船支援母船「なつしま」の請蔵船長を始めとする皆様には大変お世話になり、感謝致します。NT00-09航海では海洋科学技術センター深海研究部の三ヶ田均副主幹には貴重な調査潜航を割いていただき、感謝致します。耐圧ガラス球の計測に際し、神奈

川県産業技術総合研究所の庄司典明氏 ,大沢寿氏にお世話になりました。また ,OBSに関係する他の多くの皆様に御指導と御協力いただいたことを深謝致します。

参考文献

- 1) Kodaira, S., Takahashi, N., Nakanishi, A., Miura, S. and Kaneda, Y., "Subducted Seamount Imaged in the Rupture Zone of the 1946 Nankaido Earthquake", *Science*, Vol.289, 104-106, (2000)
- 2) 金沢敏彦, "7成分記録・低消費電力の超音波分離式海底地震計", 地震学会講演予稿集 ,2 ,240-240 (1986)
- 3) 篠原雅尚 ,末広潔 ,松田滋夫 ,小沢和男 , "DATレコーダを用いたデジタル大容量海底地震計", 海洋調査技術 , 5 ,1 ,no.9 ,21-31 (1993)
- 4) Costable, S.C., Orange, A.S., Hoversten, G.M., and Morrison, H.F, "Marine magnetotellurics petroleum exploration Part 1 : A sea-floor equipment system, *Geophysics*, 63, 816-825, (1998)
- 5) 門馬大和 ,満澤巨彦 ,堀田宏 , "深海係留の工学" , *Journal of Advanced Marine Technology Conference* , Vol.9 ,7-17 (1994)

(原稿受理 : 平成13年7月30日)