

海底電位磁力計

浜野洋三・歌田久司（東大地震研）、瀬川爾朗（東大海洋研）
行武 毅（東大地震研）

1. はじめに

日本は太平洋プレート、フィリピン海プレートの沈み込み帯に位置し、背後に日本海を持つ島弧である。このため日本列島やその周辺で起こる活発なテクトニック活動を理解するためには、海域での観測が欠かせない。海域での固体地球科学の観測には地震、地殻変動、地球電磁気、地殻熱流量、重力、地形、地質など陸上で行われるのと同じ観測項目がすべて含まれる。これらのうちで電磁場変動の観測は地下の電気伝導度分布を求めることを目的とする。電気伝導度分布は地下の温度や部分熔融状態、含水率等と密接に関係しており、地下深部の熱的状态を知る上で最も直接的な情報量である。特に日本付近などのプレート境界や海陸境界域での熱、電磁気構造はテクトニックな活動のエネルギー源を探る上で重要である。

日本における電磁気観測は、昭和56年度の日米科学協力事業「太平洋から日本海に至るプレート沈降帯の電気伝導度分布の研究」（代表者 行武 毅）により始められた。この日米科学協力による昭和56年度の東北沖での観測以来、昭和57年度日本海、昭和58、59、60年度東海沖、昭和61年度日本海、昭和62年度四国沖において毎年日本近海で観測を行っている。初期には海底磁力計による磁場変動の観測のみであったが、昭和58、59年度には文部省科学研究費補助金〔試験研究（2）〕「海底電位差計の開発・製作と日本海地下電気伝導度分布の研究」（研究代表者 浜野洋三）により、海底での電場変動を測定する装置（海底電位差計）を開発した。開発された電位差計は昭和59年度以降、海底磁力計と同時に毎年観測を行い、地下の電気伝導度分布を求めるために用いられている。これらの海底観測と地殻比抵抗研究グループによる陸上での観測結果を総合することにより、海域を含む日本列島近傍の電磁気構造が東北日本、中部日本、西南日本の各断面で明かとなってきた。

上に述べた観測の過程で我々は海底磁力計及び海底電位差計を開発・製作し改良を重ねてきた。また、観測結果を解析する過程で海底でも磁場変動と電場変動を同時に観測することが地下構造の解析に極めて有効であることが明らかになった。一般に広い海底においては電場、磁場それぞれ水平2成分を測定するマグネ

トテルリック法 (MT法) が一般に用いられてきた。また、日本近傍等の複雑な水平方向に不均質な構造を持つ場所では磁場変動の鉛直成分と水平成分の関係を現すインダクションベクトルを用いるいわゆる GDS (Geomagnetic Deep Sounding) が主に行われてきた。しかし、電場水平 2 成分、磁場 3 成分の変動はすべて地下の電気伝導度構造を反映するものであり、可能な限り全ての情報を用いることが求められた構造の信頼度を増すことは明かである。いままで日本での陸上での観測において MT法が多く用いられなかったのは、人工的なノイズが電場変動に大きく、解析に耐える電場変動の記録を得ることが困難であったからである。しかし、深い海底においては人工ノイズの影響が小さく、精度の高い観測が可能である。

電場変動と磁場変動の両方を用いた構造解析を、特に日本近海のような複雑な構造の場所で行うには、1) 電場変動と磁場変動を測定する場所が近いこと、2) 両方の測定装置の絶対的な方向が分かること、3) 電場及び磁場変動の測定精度が高いこと、4) 両方の変動の時間軸を正確に合わせることに等が必要とされる。今までの観測では海底磁力計、海底電位差計という別々の装置を用いて観測を行ってきたが、上記の様な要求を満たすためには単一の装置で電場と磁場を同時に測定することが、最も有効である。このため、海底電位磁力計を開発・製作した。ここでは、この装置の概要を述べる。

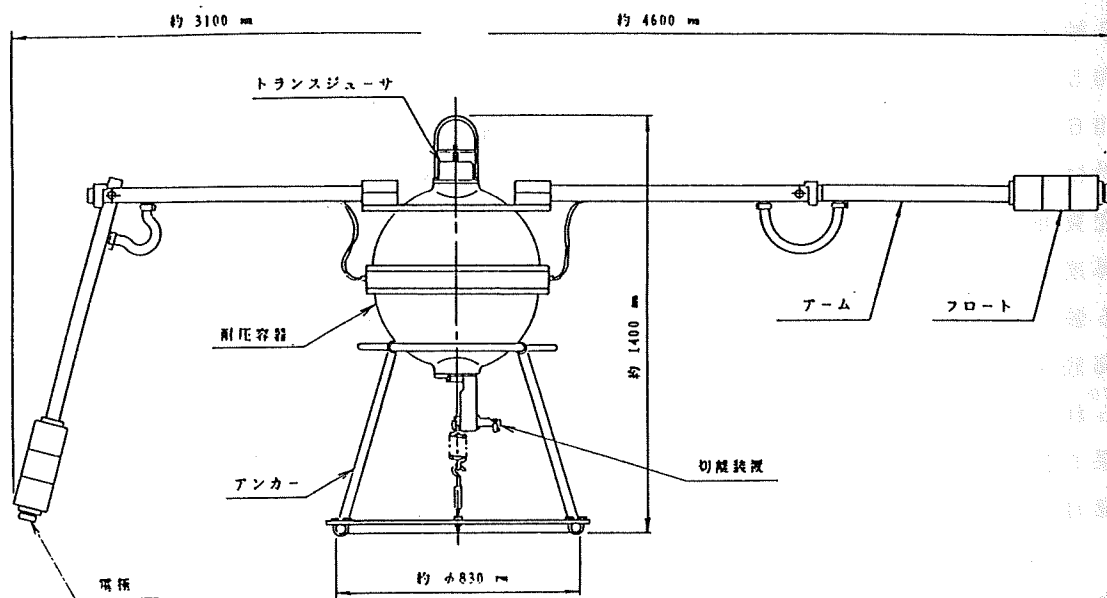


図1 海底電位磁力計の外観

2. 海底電位磁力計の概要

この装置は自己浮上型の装置であり、水深6000mまでの海底で磁場3成分、電場水平2成分の変動を測定・記録し、船上からの超音波の指令によって浮上させて回収する。測定記録はICメモリーに記録されたものを、装置回収後に読みだす。リアルタイムの観測はできないが、毎分計測で2カ月程度の連続観測が可能なので、電磁気構造の調査には適している。

装置の外観を第1図に示す。装置の本体と言える磁気センサー、測定回路部等はすべて中央の耐圧容器の中に納められている。耐圧容器は直径約60cmの高張力アルミ製の球であり、装置全体に水中で約10kgの浮力を与える。下の台（アンカー）は海底で装置を固定するためのものであるが、装置敷設時の重りの役目を果たし、耐圧容器とはバネで結ばれている。このアンカーは装置が浮上する際には海底に残される。装置の切り離しは、船上からの超音波の指令により図

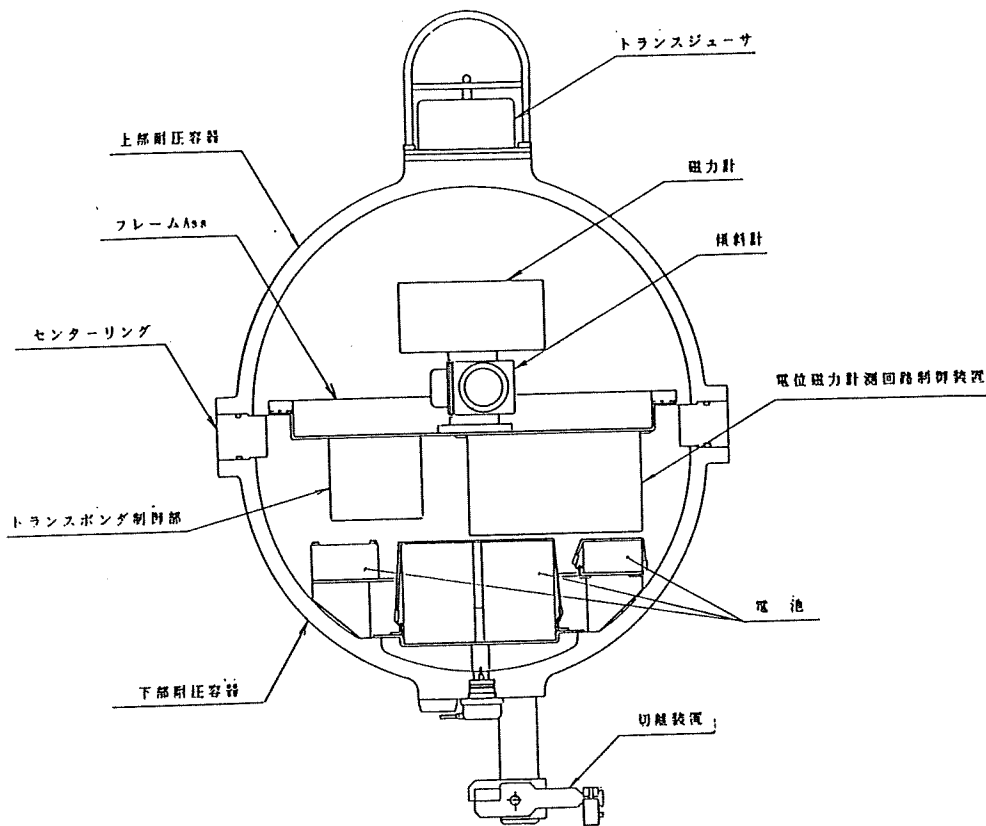


図2 耐圧容器の内部構成

切り離し装置が作動するが、耐圧容器の上部についたトランスデューサーが信号の受信と応答の送信を行なう。10 kHz帯の超音波シグナルが用いられる。

耐圧容器にとりつけられた4本のポリプロピレン製のパイプは電場測定のための電極を先端に保持するためのものである。これによって海底では4.6mの間隔での電位差を検出することができる。パイプが折曲げられているのは装置の敷設・回収時に船上での作業を容易にするためである。水中では水平に延びる必要があるので、先端にシタクティックフォーム製の浮力材がとりつけられている。全体の重量は約170kgである。敷設及び回収の際には上部についたステンレス製の輪を引っかけて装置全体を釣り上げる。

図2は耐圧容器の内部構成を示す。耐圧容器は上下2つの半球と真ん中のセンターリングから構成され、境界はOリングでシールされている。耐圧容器の中では多少の磁化をもつ電池からできるだけ遠ざけるために、磁気センサーは最上部に位置する。このセンサーはリングコア型フラックスゲート磁力計であり、互いに直交した独立した3つのセンサーが図の容器内におさめられている。磁気センサーの下には2成分の傾斜計がおかれている。今までに製作した海底磁力計ではセンサー部をシンバルに組み込んで鉛直方向を得ていたが、機械的な可動部分があるために故障が多かったために、本装置では傾斜計によってセンサーの姿勢を

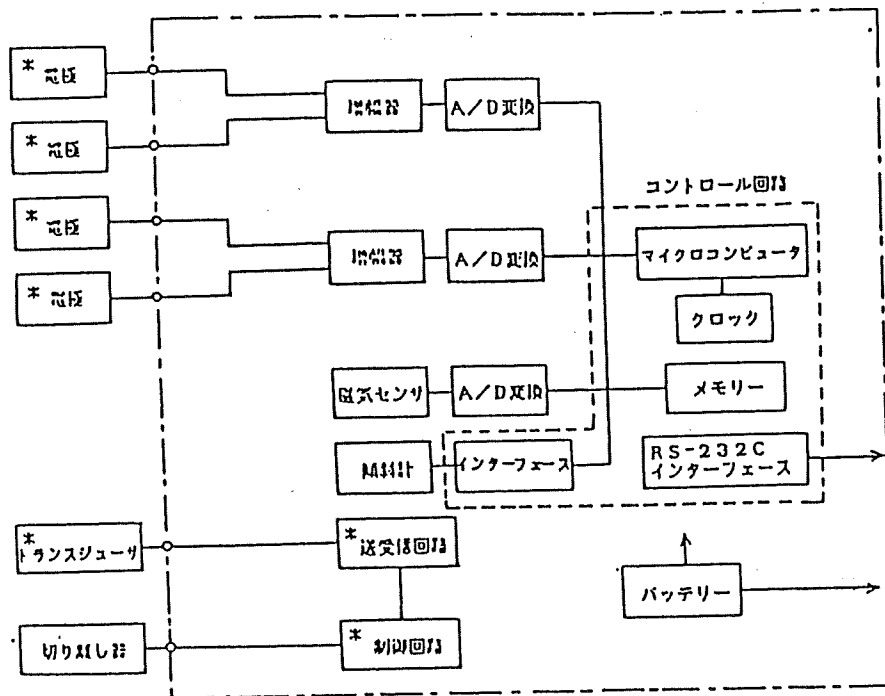


図3 計測回路のブロック図

知ることとした。傾斜計は $\pm 45^\circ$ 以上の測定範囲を持ち、 $1'$ の精度での測定が可能である。装置の測定回路部は下半分の球におさめられている。また、切り離し装置のための回路もここにおさめられている。容器の最下部には必要な電源として電池類が位置する。電池はできるだけ容量の大きいものを必要とするので主にリチウム電池を用いている。超音波の送信等で大電流を必要とする電源はアルカリ電池を用いている。

図3は測定回路のブロック図を示す。電場変動の測定部は2方向の電極間の電位差をそれぞれ独立した増幅器で増幅し、AD変換する。測定可能電圧範囲は $\pm mV$ である。我々の用いている電極は電極間の接触電位差のばらつきを数 $100\mu V$ 以下にはできるので、この測定範囲は通常の観測には十分である。測定の分解能は約 $0.3\mu V$ であり、これは $4.6m$ の電極間隔を考えると、約 $0.065mV/km$ のシグナル分解能に対応する。磁場計測部も3成分それぞれに独立なドライブ、計測、AD変換回路を持っている。したがって3成分の同時測定が可能となる。磁場の測定精度は $0.1nT$ である。電場や磁場の測定は8ビットCPUにより制御されており、連続モードでの毎秒計測と、1分から9分までの間隔での計測ができる。測定データの記録には紫外線消去式のPROMのICカードを用いている。2枚で1Mバイトの記録容量を持つので、1分毎の計測で60日以上の方が記録できる。

装置の動作チェック、電池電圧のチェック、及び起動は耐圧容器のセンターリングにつけられたコネクタを通して行えるので、通常の場合には船上で装置を組み立てる必要はない。また、記録されたデータもRS232Cポートを通して外部から読みとることができるので、回収後にすぐに耐圧容器を分解する必要がない。今までの海底磁力計や海底電位差計に比べて、敷設や回収時に船上での作業が極めて簡単になったことになる。

3. おわりに

海底電位磁力計について簡単に説明した。この装置は1988年4月末に製作を完了し、気象庁柿岡地磁気観測所、東京大学地震研究所八ヶ岳地磁気観測所において、主に磁場測定 of 感度及び精度、書き込みテスト等を行い、6月始めに東京大学海洋研究所所属の白鳳丸を利用して、晴海埠頭において海水中でのテストを行った。実際の海底での長期観測はファンデフカ海嶺近傍で7月から11月にかけて行った。しかし、センターリングのコネクター部のショートにより、電源のフューズがとんだために測定は行えなかった。このため平成元年度の観測が初めての観測となる。

今回のファンデフカ海嶺での観測結果から考えて、まだ多少の手直しを必要とするが、1台の装置で磁場3成分、電場2成分を同時測定するという本装置の特徴の有用性は変わらない。また、船上での操作が今までの装置に比べて簡単になったことは、多くの興味を持つ人たちに使ってもらえる点で有効であろう。