

地電流電極の長期安定性に関する 調査結果について

気象庁地磁気観測所 山崎 明
小池捷春
熊坂信之

Experimental Result on the Long Term Stability of Electrodes for Earth Current Observation

Akira YAMAZAKI, Katsuharu KOIKE and Nobuyuki KUMASAKA

Kakioka Magnetic Observatory

1. はじめに

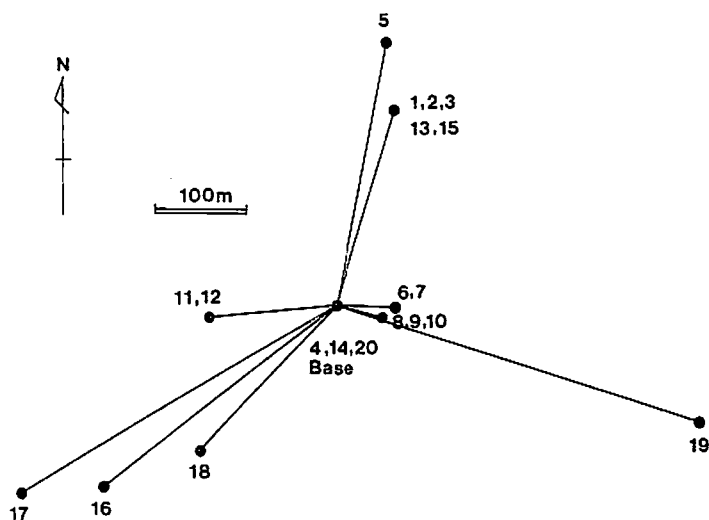
地電位差観測が、地表の電位差とその変化を常に正確に測定できるなら、地電位差観測は地球物理学上非常に有意な観測となることは誰もが認めることであろう。しかし実際の地電位差観測では、電極とまわりの土壤間に存在する接触電位差とそのドリフトが問題となり、これが真の地電位差を測定する上で大きな障害となっている。特に1日以上の中長期の地電位差変化を観測の対象とする場合、電極のドリフトが小さいこと、すなわち電極の安定性が非常に重要となる。

地電位差観測で通常用いられる電極は銅、鉛、炭素棒などの単体の電極と、銅・硫酸銅、鉛・塩化鉛などのいわゆる平衡電極とに分けられる。このうち平衡電極は原理的に金属単体の電極より安定性がよいとされている。銅・硫酸銅電極は地電位測定の際の標準電極として自然電位の測定に使用されるが、構造上長期の連続観測には適さない。この欠点を補ったのが鉛・塩化鉛電極で、近年盛んに使われるようになってきている。しかし、実際の観測での長期安定性についてはまだ十分な調査がなされていない。

地磁気観測所では古くから地電位差観測を業務として行っている。1988年2月には諸々の事情により電極が観測所構内に移設され、電極間隔は以前の5分の1の約200mに短縮された。これまでの電極は炭素棒や銅板であったが、電極間隔が短くなったことからより一層安定した電極が望まれ、鉛・塩化鉛平衡電極が採用された。しかし採用した鉛・塩化鉛電極はしばしば大きなドリフトを起こした。何度か電極を交換したが、いずれの鉛・塩化鉛電極も数ヶ月から一年程度安定した期間はあるものの、結局は大きなドリフトを起こした。1993年からは鉛・塩化鉛電極に見切りをつけ、新たに埋設した銅板電極に変更しているが、これまでのところまずまずの安定性を示している。

一方、ルーチン業務の観測とは別に、1989年から構内に多数埋設した数種類の電極による地電位差観測を行っている¹⁾。本稿では1989年から1991年の3年間の多電極の観測データによる各種電極の長期安定性について報告する。また、最近埋設した銅板電極についても述べ、

地電流電極の長期安定性について考察する。

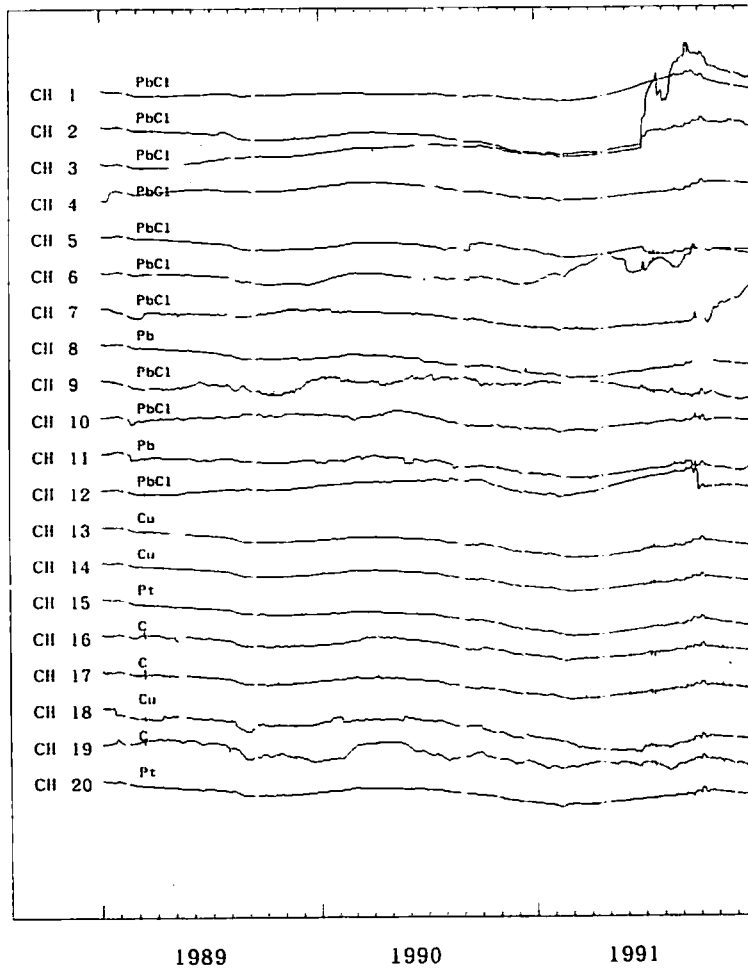


第1図 電極配置

第1表 各電極に関する緒元

CHANNEL NUMBER	電極名	電極種類	埋設深度(m)	埋設年	電極位置(m)	
					X(N)	Y(E)
1	N3new	鉛・塩化鉛	1.5	1987	215	64
2	N4new	"	"	"	"	"
3	N5new	"	"	"	"	"
4	S5new	"	"	"	0	0
5	N1	"	15.0(地下水面下)	1986	289	55
6	S1	"	"	"	-3	63
7	S2'	"	1.5	"	"	"
8	E1	鉛管	15.0(地下水面下)	"	-14	49
9	E2'	鉛・塩化鉛	1.5	"	"	"
10	E2	"	4.0	"	"	"
11	W1	鉛管	15.0(地下水面下)	"	-15	-141
12	W2'	鉛・塩化鉛	1.5	"	"	"
13	N6new	銅板	"	1987	215	64
14	S6new	"	"	"	0	0
15	N1new	白金	"	"	215	64
16	e	炭素棒	3.0	1965 以前	-199	-255
17	w	"	"	"	-207	-345
18	W'	銅板	"	1982	-163	-151
19	D1	炭素棒	"	1971	-126	395
20	S1new	白金	1.5	1987	0	0
BASE	S4new	鉛・塩化鉛	"	"		

Daily mean value of multi electrodes 200mV



第2図 各電極の電位変化の日平均値プロット図

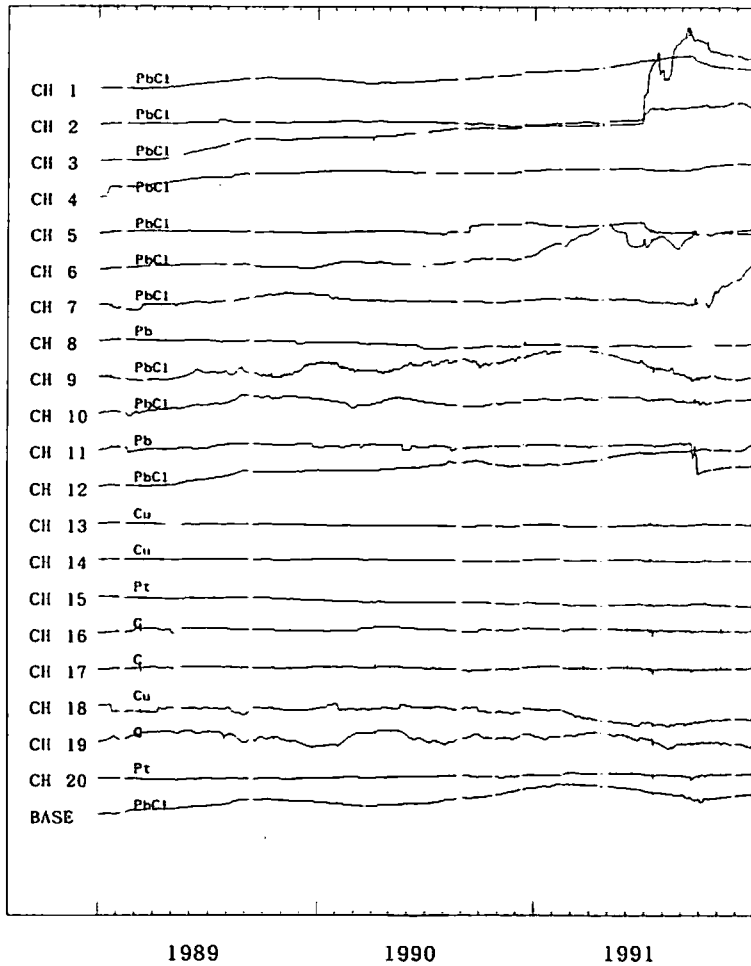
図中の電極記号は以下の通り

- | | |
|-------------------|------------|
| P b C l : 鉛・塩化鉛電極 | P b : 鉛管電極 |
| C u : 銅板電極 | P t : 白金電極 |
| | C : 炭素棒電極 |

2. 観測

地電位差の観測は地磁気観測所（柿岡）の構内で行われている。多電極の電極配置を第1図に、各電極に関する緒元を第1表に示す。各極の電位はBase電極を基準とした電位差として測定している。電位差の測定は10倍の差動アンプ、3秒のローパスフィルター、12ビットA/Dコンバータを用いて行われ、毎秒でサンプリングし毎分平均値として収録している。

Daily mean value of multi electrodes | 200mV



第3図 Base極のドリフト補正を行った各電極の電位変化の日平均値プロット図

3. 各電極の長期安定性

1989年から1991年の3年間の観測データから日平均値を求めプロットしたのが第2図である。図に見るようにすべての電極がドリフトをおこしているが、これはBase極のドリフトが含まれるためである。Base極のドリフトを求め、これを補正すれば各極の単独の電位変化が得られることになる。Base極のドリフトは

1. Base極のドリフトは全チャンネルに同じ変化として現れること
2. 各極で発生するドリフト量は同じにはならないこと
3. すべての電極が一斉にドリフトを起こさないこと

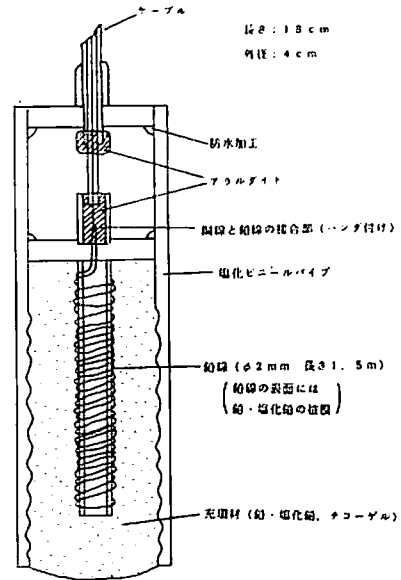
という条件をあてはめて求めた。

第3図にBase極のドリフトを補正した各電極の電位変化を示す。ここでBase極の電位変化は反転してプロットしてある。これは、Base極の電位変化は本来他の電極とは逆センスとなるので、まわりの土壌に対するBase極の変化を見る場合反転しなければならないことによる。図から、多くの鉛・塩化鉛電極の長期安定性はその他の電極に比べてあまりよくないことがわかる。塩化鉛を用いない鉛単体の電極の方がむしろ良い長期安定性を示している。また、鉛・塩化鉛電極はまわりの土壌に対して高い電位にドリフトする傾向があるようである。

長期安定性が最も良かったのは銅板と白金電極である。また、同じ銅板電極でもCH18はあまり安定性が良くない。CH13, 14の銅板電極はそのまま直に埋設してあるが、CH18の銅板電極はまわりを黒鉛粉で覆って埋設してある。CH18の長期安定性がよくないのはこのためかも知れない。

4. 鉛・塩化鉛電極

使用した鉛・塩化鉛電極は当所で製作したもので、1985年に50本まとめて製作した²⁾。第4図に製作した鉛・塩化鉛電極の構造を示す。内側の塩化ビニールパイプには塩化鉛の被膜で覆われた鉛線が巻いてある。そのまわりを塩化鉛と充填材(チコージェル)を混合したゲル状物質で充填してある。土壌と接触するのは塩化ビニールパイプの底の充填材の部分である。鉛線と銅線はハンダ付けされており、接合部を接着剤(アラルダイト)で固めてある。また、接合部は空洞にしてあり、水が入らないように防水加工してある。このように、当所で製作した鉛・塩化鉛電極は標準的な作成方法にならったものであり、何ら特殊な加工は施していない。



第4図 鉛・塩化鉛電極の構造

5. 銅板電極

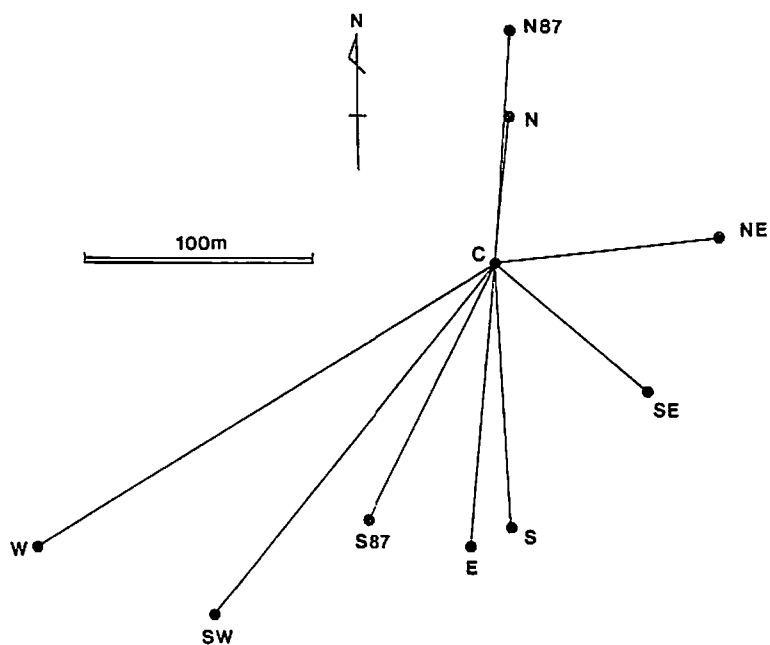
多電極の観測結果から銅板電極の長期安定性がよいことが確かめられたので、新たに銅板電極の埋設を行った²⁾。新たに埋設した銅板電極は厚さ0.6mmで100cm×50cmの大きさである。埋設地点は8地点で(第5図のN, S, E, W, C, NE, SE, SW極)、各地点に4極ずつの計32極を埋設した。埋設深度は銅板上端までの深さが2m(N, S, E, W極)、及び1.5m(C, NE, SE, SW極)である。銅板とケーブルの接合部は圧着し、接合部のまわりをシリコンで覆っている。ほとんどの銅板はそのまま直に埋設したが、N, S, E, W極のそれぞれ1つの電極は銅板のまわりを黒鉛粉で囲んで埋設した。接地抵抗は各種

とも20～70Ωの範囲内である。埋設作業は1991～1992年に行われた。

新に埋設した銅板電極の長期安定性はまだ十分な評価はできていないが、1～2年の結果を見る限りかなり安定していると言える。ただし、周りを黒鉛粉で囲った銅板電極の安定性はあまりよくなく、ゆっくりとしたドリフトが続いている。

第2表にC1極を基準とした各極の電位を示した。電極種類はN187が白金でその他はすべて銅板電極である。各地点の4枚の銅板は約50cm離して埋設してあるが、これらは数mV～10mVの範囲でほとんど同じ電位となっていることがわかる。ただし、銅板のまわりを黒鉛粉で囲んだ電極(N4, S4, E4, W4)は他の3極と比べていずれもかなり高い電位になっている。

表中SPと記したのは、各電極の埋設地点の直上に銅・硫酸銅電極を設置し測定した電位である。SPとの差は大きい地点でも50mV程度であり、銅板電極で測定した自然電位は銅・硫酸銅電極と大差ないことがわかる。この場合、測定点が厳密には同じではないので、SPとの差が銅板電極の接触電位によるものか場所の違いによるものかは区別できない。ちなみにC1極の真上に設置した銅・硫酸銅電極を基準としたC1極(銅板)の電位は-15mVであった。



第5図 銅板電極配置図

第2表 C1電極を基準とした各電極の電位、および硫酸銅電極での測定結果
(1994.2.2測定 単位mV)。なお、表に記した電極は第1表の電極
と一部重なっているが、電極名を変えてある。対応は次の通り

第1表 N6new N1new S6new

第2表 N687 N187 S687

C1	C2	C3	C4	SP
	-1	-2	-3	
N1	N2	N3	N4	
-23	-24	-24	+271	-19
N687	N187			
-21	+84			-16
NE1	NE2	NE3	NE4	
-44	-45	-43	-44	-23
SE1	SE2	SE3	SE4	
-13	-13	-14	-17	+18
S1	S2	S3	S4	
-45	-48	-51	+230	-53
E1	E2	E3	E4	
-44	-52	-55	+171	+5
S687				
-24				-13
SW1	SW2	SW3	SW4	
+10	+11	+7	+6	0
W1	W2	W3	W4	
-3	-8	-13	+148	+20

6. 考察

地磁気観測所で製作し埋設した鉛・塩化鉛電極はドリフトが大きく、長期安定性は良くなかった。3節で述べたように、多くの鉛・塩化鉛電極は電極近傍の土壌に対して電位が高くなる方向へドリフトをおこしている。これは、電極内部で何等かの化学変化が進行していて、これがドリフトとなって現れているようにも考えられる。原因として、当所で製作した鉛・塩化鉛電極の製作方法に問題のあった可能性は大きい。問題箇所がどこであるかはよくわかっていない。鹿屋や女満別でも鉛・塩化鉛電極の試験を行ったが^{(4), (5)}、やはりドリフトが大きいことが指摘されている。この場合製作方法は同じなので、柿岡の例と同じことが起こっていたものと考えられる。

鉛・塩化鉛電極は銅・硫酸銅電極と同様平衡電極であり、原理的には安定した電極のはずである。実際の観測でも、雲仙火山での自然電位の観測⁽⁵⁾のようにながりの長期安定性を示している例もある。しかし、いずれにしても鉛・塩化鉛電極には、製作方法や設置方式について改めて検討しなければならない点がいくつか残されているように思われる。

一方、銅板電極は試験観測の結果では優れた長期安定性を示した。また、新たに埋設した銅板電極もこれまでのところますますの安定性を示している。一般に金属単体の電極は平衡電極に比べて安定性に劣ると考えられているが、必ずしもそうとは限らないのではないだろうか。4節で述べたように、銅板電極と銅・硫酸銅電極との電位差はかなり小さいが、一つの可能性として、銅板電極はまわりの土壌に含まれる電解質と化合して、銅・硫酸銅電極と同じような一種の平衡電極を形成しているのかも知れない。

また、銅板のまわりを細粒の黒鉛粉で囲い埋設するという方法は古くから行われてきた方

法であり、そのまま直に埋設するよりも良いとされてきた。細粒の黒鉛粉で囲うのは、電極のまわりの含水量を一定に保つ働きを期待したものと考えられる。しかし、新たに埋設した銅板電極の調査結果では、この方法は接触電位が大きく長期安定性もこれまでのところあまり優れているとは言えない。なぜ黒鉛粉で囲う方法が良いとされてきたのか不思議である。

参考文献

- 1) 山崎 明, 多極法による地電位差観測, C A 研究会論文集, 95-103, 1990
- 2) 小池捷春・仲谷 清, 地電流電極設置法の改良とその考察, 地磁気観測所技術報告, Vol. 26, No. 1, 2, 1-14, 1986.
- 3) 大和田毅・外谷 健・山田雄二・立川 徹・山崎 明, 地電流観測の精度維持向上に関する調査, 地磁気観測所技術報告, Vol. 31, No. 3, 4, 50-55, 1992.
- 4) 長谷川一美・福井史雄・峯野秀美・小野裕次, 女満別における地電流観測の安定性(昭和60年10月新設試験電極の調査観測中間報告), 地磁気観測所技術報告, Vol. 28, No. 4, 74-91, 1989.
- 5) 大和田毅・手島 聡・熊坂信之, 鉛・塩化鉛平衡電極の実用化試験観測, 地磁気観測所技術報告, Vol. 29, No. 3, 4, 92-94, 1990.
- 6) 橋本武志, 雲仙岳における自然電位と火山活動の関係について, 京都大学修士論文, 27pp., 1993