

石油灰接地電極材を用いた接地電極における接地抵抗の経年変化

杉本 仁志*1 金谷 賢一*1 松浦 進*1 戸栗 和広*2 郷津 宏之*2

1. はじめに

接地は、人体の安全や電気設備の安全・安定稼働のため、低い抵抗値を長く持続することが求められる。接地抵抗の安定性については、季節変動や経年変化の課題があるが、その実態を示すデータは少ない¹⁾。筆者らは、石油火力発電所から排出される石油灰（電気集塵器で捕集した原油、重油の燃焼灰、主成分は炭素）を活用した接地電極材²⁾（導電性コンクリート、ホクデン EP-1）を用いた帯状接地電極の評価試験を実施している。過去に約5年間の接地抵抗測定結果から、この接地電極の経年変化が小さいことを報告した³⁾。今回は、継続してきた約13年間の接地抵抗測定結果に基づき、本接地電極の経年変化について改めて検討した結果について報告する。

2. 測定した接地電極

富山県内の2地点にある接地電極を測定した。A地点とB地点は礫混じり砂主体の土質で、土粒子の平均密度はそれぞれ2.656 g/cm³、2.660 g/cm³と同程度である。両地点とも冬季に凍土とならない場所で、接地電極の埋設深さ約0.8 mまで地下水の上昇がないことも確認し、接地抵抗への凍結、地下水の影響はないものと考えた。A地点の接地電極は、銅メッシュ電極を石油灰接地電極材で包

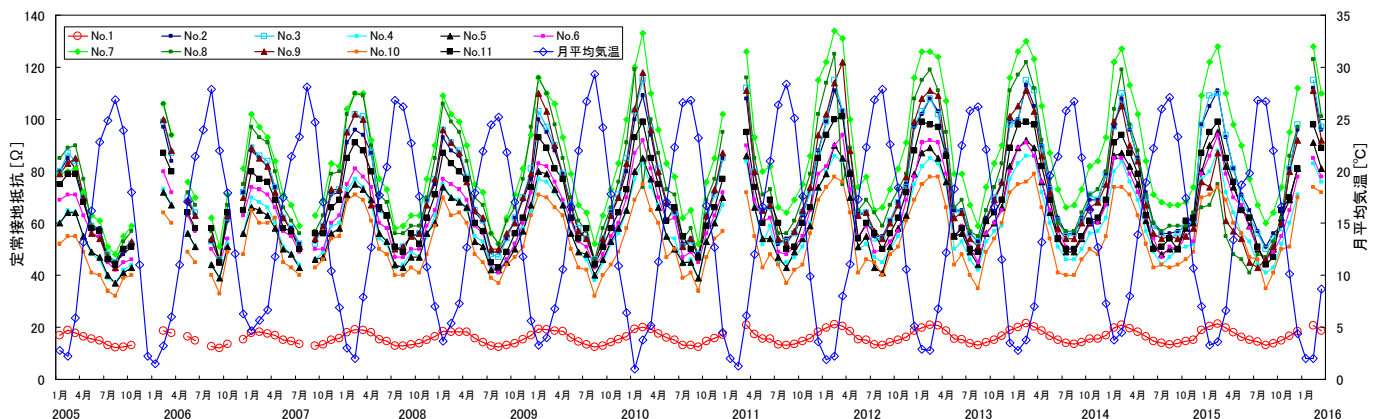
第1表 測定した接地電極と大地抵抗率

地点	電極数	電極No.	接地電極	電極長	大地抵抗率
A	1	1	銅メッシュ電極+石油灰接地電極材	10 m	148 Ω・m
	10	2-11		1 m	183 Ω・m
B	1	12	上記に、長さ1.5m、直径14mmの銅棒4本並列接続	16 m	140 Ω・m
	1	13		15 m	140 Ω・m

んだ帯状電極である。B地点の接地電極は、A地点と同様の帯状電極に、長さ1.5 m、直径14 mmの棒状銅電極4本を並列に接続している。測定した接地電極の詳細を第1表に示す。接地電極の施工年月日は、A地点が2004年10月4日、B地点が2004年4月1日である。

3. 接地抵抗の経年変化

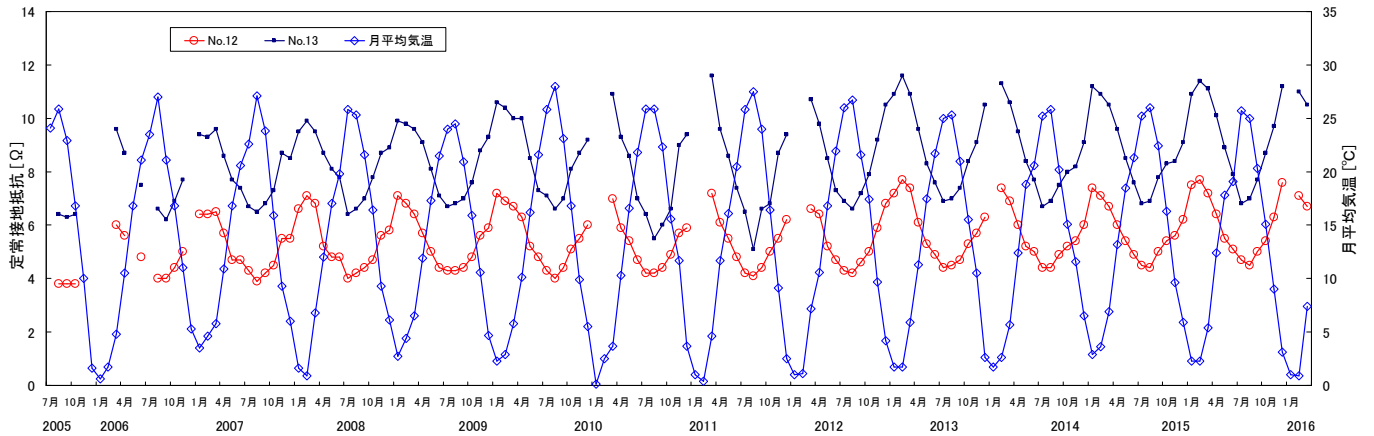
第1図に、2005年1月から2018年3月の間にA地点の11極の接地電極で測定した接地抵抗と月平均気温を示す。第2図に、2005年8月から2018年3月の間にB地点の2極の接地電極で測定した接地抵抗と月平均気温を示す。接地抵抗は定常接地抵抗である。積雪により接地抵抗測定を行えなかった期間などは、測定データが欠落している。月平均気温は、測定地点に最も近い気象庁観測点のデータを用いている。第1図、第2図から、接地抵抗の季節変動は月平均気温の変動と増減が逆であるが、良く対応している。また、接地抵抗は



第1図 A地点の接地抵抗の測定結果（2005年1月～2018年3月、2004年10月4日施工）

*1 北陸電力株式会社 技術開発研究所 技術開発チーム

*2 株式会社 ホクデン



第2図 B地点の接地抵抗の測定結果 (2005年8月～2018年3月, 2004年4月1日施工)

経年により増加している傾向が見られる。接地抵抗の季節変動と月平均気温や湿度、降水量などの気象データとの相関を検討した文献4)では、接地抵抗と月平均気温の相関が最も強く、月平均気温のみでも接地抵抗の季節変動を推定できることが示されている。この結果を参考に、接地抵抗 Y について、月平均気温 X_1 と、経年 X_2 (施工日からの経過日数) の2つの説明変数による (1) 式の重回帰式を求めた。これより、接地抵抗と相関が強い月平均気温の影響を考慮した上での経年の影響を検討した。

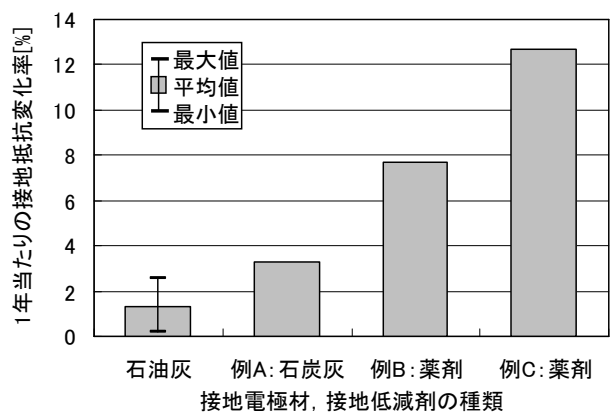
$$Y = R_0 + k_1 \times X_1 + k_2 \times X_2 \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 R_0 は定数項、 k_1 は月平均気温の偏回帰係数、 k_2 は経過日数の偏回帰係数

A, B 地点の13接地電極について、重回帰分析から求めた R_0 , k_1 および k_2 を第2表に示す。

第2表 測定した接地電極と大地抵抗率

地点	No.	定数項	偏回帰係数		決定係数	上昇接地抵抗/年	抵抗変化率/年
			月平均気温	経過日数			
		R_0	k_1	k_2	—	ΔR	V
A	1	19.1	-0.27	0.00038	0.83	0.14	0.91%
	2	94.4	-1.95	0.00285	0.86	1.04	1.60%
	3	97.4	-2.06	0.00252	0.85	0.92	1.38%
	4	75.2	-1.43	0.00199	0.84	0.73	1.35%
	5	73.3	-1.49	0.00371	0.87	1.35	2.66%
	6	80.7	-1.47	0.00184	0.83	0.67	1.15%
	7	106.7	-2.28	0.00478	0.84	1.75	2.41%
	8	106.5	-2.11	0.00039	0.72	0.14	0.19%
	9	99.1	-2.03	0.00109	0.78	0.40	0.58%
	10	67.7	-1.32	0.00204	0.82	0.75	1.56%
	11	88.9	-1.71	0.00176	0.82	0.64	1.01%
B	12	6.6	-0.12	0.00018	0.90	0.07	1.32%
	13	10.1	-0.17	0.00026	0.87	0.09	1.21%
平均値							1.33%



第3図 1年当たりの接地抵抗変化率

1年当たりに上昇するであろう接地抵抗 ΔR は、 k_2 より (2) 式で算出できる。

$$\Delta R = k_2 \times 365 \dots\dots\dots (2)$$

(1)式において、月平均気温 X_1 を接地電極の施工年度の月平均気温の平均値 (A 地点 15°C , B 地点 14°C), 経年 X_2 を0として各接地抵抗の初期値 Y_0 を推定し、(3) 式より1年当たりの接地抵抗変化率 V (以下、「接地抵抗変化率」と記す) を算出した。各接地電極の ΔR と V を第2表に示す。

$$V = \Delta R / Y_0 = \Delta R / (R_0 + k_1 \times 14) \dots\dots\dots (3)$$

第2表より、月平均気温の偏回帰係数 k_1 は負の値であり、接地抵抗の変動と月平均気温の変動は増減が逆であることを表している。また、経年の偏回帰係数 k_2 は値が小さいものの正の値であり、接地抵抗が経年により上昇していることを表している。なお、月平均気温については、各年度の平均値がほぼ横這いで推移しており、経年による変化は見られなかった。決定係数はいずれも0.7以上と良い相関を示しており、月平均気温と経年から接地抵抗が推定できるものと考えられる。

接地抵抗石油灰接地電極材の接地電極における接地抵抗変化率 V は、平均値で 1.33 % となった。接地電極長が 10 m 程度の No. 1, No. 12, No. 13 と、1 m の No. 2 から No. 11 の接地抵抗変化率を比べても大差がなく、接地電極の大きさに依らず接地抵抗の安定性があると考えられる。この結果と、他の接地抵抗低減剤を用いた接地電極の約 3 年間の測定結果から求められた接地抵抗変化率⁵⁾を第 3 図に示す。石油灰の接地電極は、他の接地電極よりも、経年変化が小さい結果となった。

4. おわりに

石油火力発電所から排出される石油灰を活用した接地電極材（導電性コンクリート、ホクデン EP-1）を用いた帯状接地電極について、約 13 年間の接地抵抗測定結果より、経年変化について検討した。その結果、本接地電極は経年変化が小さく、接地抵抗の安定性が高いことを確認した。

今後も、これらの接地抵抗測定を継続し、更に長期の接地抵抗の経年変化を把握する予定である。

参考文献

- (1) 例えば、武馬, 高橋:「接地抵抗の季節変動に関する考察」, 電気設備学会誌, Vol.22, No.8, pp.637-642 (2002)
- (2) 酒井, 郷津, 萩原:「EP 灰を利用した接地電極素材の開発」, 電気現場技術, Vol.38, No.441, pp.12-16 (1999)
- (3) 杉本, 戸栗, 郷津:「接地抵抗の経年変化に関する一考察－EP 灰接地電極材を用いた接地電極－」, 2010 年電気設備学会全国大会, No.A-14, pp.29-30 (2010)
- (4) 新庄, 戸栗, 郷津:「接地抵抗季節変動の要因分析」, 平成 20 年電気学会全国大会, No.7-110, pp.171-172 (2008)
- (5) 栗田:「石炭灰を活用した接地抵抗低減剤の研究」, 電気評論, Vol.88, No.1, pp.225-227 (2003)

(本論文等は一般社団法人電気設備学会の許諾を得ています。
なお、本論文等の著作権は一般社団法人電気設備学会が保持
しています。)