

変電施設による地磁気・地電流擾乱

— 八郷変電所のケーススタディー —

小池捷春・大川隆志（観測課）・徳本哲男・中島新三郎・大和田毅（技術課）・
長谷川浩（女満別出張所）

2004年3月23日受付，2004年12月6日改訂，2004年12月17日受理

1. はじめに

変電所等の大電力供給施設が設置されると，近傍にある地磁気・地電流観測点に影響を及ぼす可能性がある．その原因として

- (A) 変電施設から漏洩する電流による電場の乱れ，およびこれに伴う磁場の乱れ．
- (B) 送電線電流による地磁気観測機器への影響．
- (C) 変電施設や送電線鉄塔等に使われる磁性体による地球磁場の乱れ．

が考えられる．

東京電力(株)は，2002年9月から2003年5月にかけて，地磁気観測所から概ね東北東1.4kmの位置に八郷変電所を建設し，地磁気観測所の東側1.5km付近を南北に走る送電線も敷設した．

(A)と(B)と(C)の影響を把握するために，地磁気・地電流の調査観測が実施された．本報告は，観測および資料解析の結果報告である．

2. 調査観測の機器，観測方法および解析方法

2-1. (A)の調査観測

東京電力(株)は，2003年5～6月にかけて八郷変電所施設への充電試験（送電線および変電施設に電圧を付加する試験）を実施し，続いて6月初めには本格運用に入った．調査観測は充電試験が行われた5月24日3時30分から5時頃（日時は協定世界時，以下同）を挟んで行った．充電試験では，電圧は66000Vの高圧であるが，充電電流は非常に小さく（同社推定で数アンペア以下），地磁気・地電流観測に与える影響が広範囲に及ぶことはないと考えられたので，地磁気観測所内での観測の他に，変電施設周辺に臨時的観測点を設けて，地磁気・地電流データを収集した．

変電施設とその周辺の観測点との位置関係を図1に示す．変電施設の周辺数百メートルの範囲は河川（恋瀬川）と水田である．地磁気3成分観測点は図

中に示すM1，M2の2点に置き，それぞれMB162型フラックスゲート磁力計とMB163型フラックスゲート磁力計の検出器を設置した．フラックスゲート磁力計はプロトン磁力計に比べて，高サンプリング，高分解能での計測が可能であり，瞬間的な通電電流による地磁気変化にも対応できると期待される．計測部本体およびデータ収録部は，変電施設中心から北東120m（M1観測点からは北北東110m，M2観測点からは南南西30m）の位置に路上駐車した軽トラックの荷台に設置した．軽トラックおよび計測部本体等は非磁性物質ではないが，これらは観測中全くの静止状態であるため，今回目的とした調査観測の障害とはならない．磁場変化に対する応答速度を高くするためフラックスゲート磁力計のローパスフィルターは通さない設定とした．計測は500nT/10Vのレンジ設定で行い，3成分出力はAD変換器を備えた8420型メモリハイログ-に接続した．小さく，速い地磁気変化でも捉えられるよう，デジタル値の記録は1秒サンプリング，最小分解度は0.5mV（0.03nTに相当）とした．また，M1観測点データについては，出力信号を分岐して3チャンネルペンレコーダーにも接続し観測中のモニターとした．

M1観測点およびM2観測点から変電施設中心までの直線距離は，40mおよび150mである．狭い範囲に原因を持つ地磁気異常は距離の増加に伴って減衰すると推定されるので，M2観測点磁力計で観測される変電施設に起因する磁場異常は，M1観測点よりもかなり小さくなると予想される．

地電流観測用の電極は，変電施設の東側を流れる恋瀬川堤防上に8本と，変電施設西側1本の計9本を設置した（図1のe1～e9）．電極は銅・硫酸銅電極を使用した．e2～e9電極での電位をプラス側，e1電極の電位をマイナス側としてデータ収録装置に入力し，記録は1秒サンプリング，最小分解度は

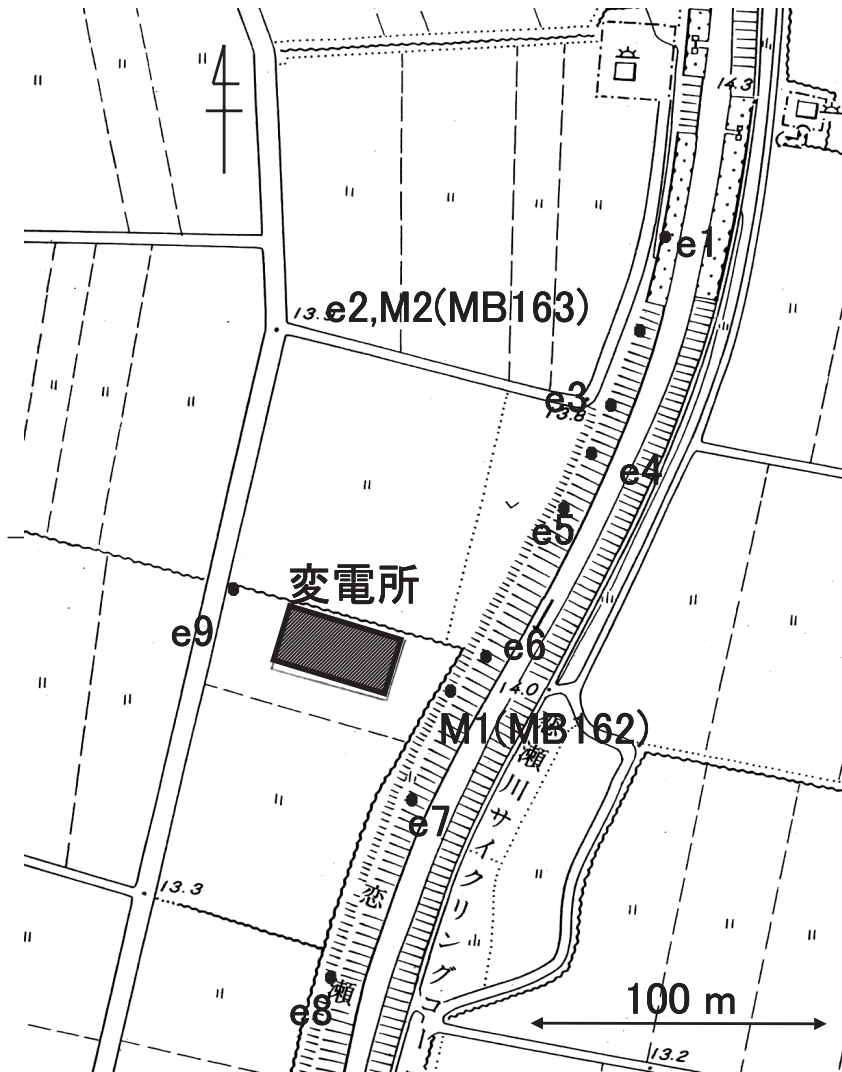


図1 変電所付近の地磁気・地電流観測点

0.03mV に設定した．使用したデータ記録器の諸元を表 1 に，地電流観測の各測線の方向及び基線長（電極間距離）を表 2 に示した．

2-2.(B) の調査観測

送電線にかかる高電圧および大電流は地磁気観測器の計測に影響を与える可能性がある．この影響を調査するに当たっては，電流量による影響の違いも確認することにし，調査観測は充電試験時（5月24日，5月29日）で高電圧は加わっているが負荷電流は数アンペア未満，および変電施設の本格運用開始後（6月18日）で負荷電流36A）にも実施した．観測場所は変電施設から南南東に約1km離れた位置で，No.21送電線鉄塔とNo.22送電線鉄塔の中間点にあたる．

プロトン磁力計は物質の基本となる陽子の角運動周波数が周囲磁場の大きさに比例することを利用した地球磁場の測定器であり，柿岡付近の地球磁場の

大きさ約46000nT に対して陽子の角運動周波数は約2000Hz となる．送電線に50Hz の高電圧が加わるとその高調波が約2000Hz の磁場信号に重畳し，プロトン磁力計による磁場の測定値が異常になる可能性がある．

これを踏まえ，高圧送電線により影響を受ける地磁気観測器としてプロトン磁力計を選び，これによる観測を行った．また，影響の受け方はプロトン磁力計の機種によっても異なると推定されるので，3種類のプロトン磁力計を使用した．

図 2 に 5 月 24 日の観測点の位置を示す．ここに T1 ~ T3 の 3 台の磁力計を設置し 10 秒サンプリングで連続観測を実施した．送電線真下から西へ 87m 程離れた位置に T1 (G856 プロトン磁力計 (No.1)) を，東に 7m の位置に T2 (G856 プロトン磁力計 (No.3)) および T3 (PMP206B プロトン磁力計) を設置した．各磁力計の検出器の高さは地上 2m とした．

表1 磁力計等の諸元

フラックスゲート磁力計

型式	メーカー	検出器	電源	出力	フィルター	
MB162	島津製作所	据置型	DC24V	500nT/10V アナログ	無し	M1観測点に使用
MB163	島津製作所	据置型	DC24V	500nT/10V アナログ	無し	M2観測点に使用

プロトン磁力計

型式	メーカー	検出器	電源	出力	
G856 (No. 1)	ジオメトリックス	ツインソレノイド ドコイル	内蔵 DC12V	0.1nT単位 デジタル	T1観測点に使用
G856 (No. 3)	ジオメトリックス	ツインソレノイド ドコイル	内蔵 DC12V	0.1nT単位 デジタル	T2観測点に使用
G856 (No. 4)	ジオメトリックス	ツインソレノイド ドコイル	内蔵 DC12V	0.1nT単位 デジタル	P1~P11観測点、Q1~Q9観測点に使用
PMP206B	国際電子工業(株)	トロイダル	DC24V	0.1nT単位 デジタル	T3観測点に使用
PM215	テラテクニカ(有)	ツインソレノイド ドコイル	DC12V	0.01nT単位 デジタル	

データ記録器

型式	メーカー	電源	分解度	サンプリング等	
EPR-131A	東亜電波	内蔵 DC9V	13mV/mm (0.7nT/mm)	5mm/min.	M1観測点モニターに使用
8420 (No.1)	日置電機(株)	DC12V	0.5mV (0.02nT)	毎秒	M1及びM2観測点に使用
8420 (No.2)	日置電機(株)	DC12V	0.05mV	毎秒	地電位差観測記録に使用

表2 地電流観測の基線長と方向

電極	e2	e3	e4	e5	e6	e7	e8	e9
距離(m)	32.6	59.9	67.1	86.5	143.1	196.3	263	173.3
方向(S ° W)	14.2	16.5	19.8	20.7	24.6	26.8	26.2	54.6

図3に5月29日および6月18日の観測点配置図を示す。この観測の目的は、プロトン磁力計の計測異常と、送電線に流れる電流の大きさや送電線から検出器までの距離との関連を調べることである。使用した磁力計はG856プロトン磁力計(No.1, No.3)とPM215プロトン磁力計で、送電線の直下から西へ90mの位置を起点とし、70m, 60m, 50m, 40m, 30m, 25m, 20mの位置に移動しながら計測を繰り返した。ただし、PM215については40mまで近づいたところで計測不能となったため、それより近い位置での計測は行わなかった。検出器の設置高は地上2mである。

2-3.(C)の調査観測

磁性体による地球磁場の乱れを調べるための地磁気観測は、変電施設および送電線鉄塔の建設前(2002年11月29日から12月5日)と、同建設後(2003年5月16日から22日)の2度実施し、それらの周囲の磁場分布が建築物によってどう変化したか

を調べた。2度の観測の間に約半年の開きがあるため、長期的に安定した測定値が得られるプロトン磁力計を使用した。

観測点および施設の位置、並びに施設から各観測点までの距離を表3に、観測点の配置を図4に示す。地磁気擾乱源としての鉄材量(磁性体)は、変電施設分が35トン(変圧器(1基)20トン、送電線鉄塔(No.26)11トン、その他4トン(推定))である。また、観測の対象としたNo.24送電線鉄塔に使われた鉄材の重量は18トンである(いずれも、東京電力(株)からの情報)。なお、No.24送電線鉄塔に隣接するNo.25送電線鉄塔は13トンであり、解析の際にはこれらの存在も考慮しておく必要がある。数多くの送電線鉄塔のうちからNo.24送電線鉄塔を選んだのは、比較的鉄材量が多く地磁気への影響が捉えやすいと思われたこと、送電線経路のカドにあり他の送電線鉄塔の磁性の影響が比較的小さいと思われること、他の送電線経路では並行する道路の工事が行われておりその擾乱を受けること等の理由によ

る。

両施設の周囲は殆どが水田のため観測点の選定には多くの制約があった。そのためいくつかの観測点では水田の境界杭を使用した。変電施設周辺には、北側3点(P1~P3), 東側4点(P7~P10), 西側2点(P4, P5)及び北東側に2点(P6, P11点は、距離的にみて擾乱量はかなり小さいと予想される)の計11点を配置した。送電線鉄塔周辺には、北側2点(Q1, Q2), 東側4点(Q3~Q6)及び南東側3点(Q7~Q9)の計9点を配置した。変電施設の中心を基点とした20観測点の座標(東向きおよび北向きを正)は、2500分の1地形図から読みとった。

施設周辺に配置した観測点(P1~P11, Q1~Q9)での全磁力測定は、G856プロトン磁力計(No.4)を用いて、センサーの高さ杭上2mにて行った。また、センサーポールを固定する三脚は条件が悪く使用できなかったため、センサーポールを手持ちにて行った。1観測点での計測回数は10秒毎30回前後と

し、観測点近くを通過する車輛により影響を受けた観測値は解析から除いている。得られた観測値には地磁気の変化分が重畳しているが観測点一帯(数百メートルの範囲程度)ではこの変化は同じと見て良い。この変化分は地磁気観測所での全磁力連続観測値との差をとることによって取り除いた。

3. 観測結果と考察

3-1 (A)の調査観測結果 - 変電施設の影響 -

東京電力(株)による充電試験時(5月24日)の地磁気変化観測記録を図5に示す。上3本がM1観測点、次の3本がM2観測点の地磁気3成分毎秒値の時間変化である。各々、上から地磁気水平分力(H), 鉛直分力(Z), 偏角(D, 西向きを正)で、変電施設への電力供給に伴う地磁気微小変化が見やすいように地磁気観測所の連続観測値との差の形で表示している(広範囲にわたる地磁気の変化を除去している)。

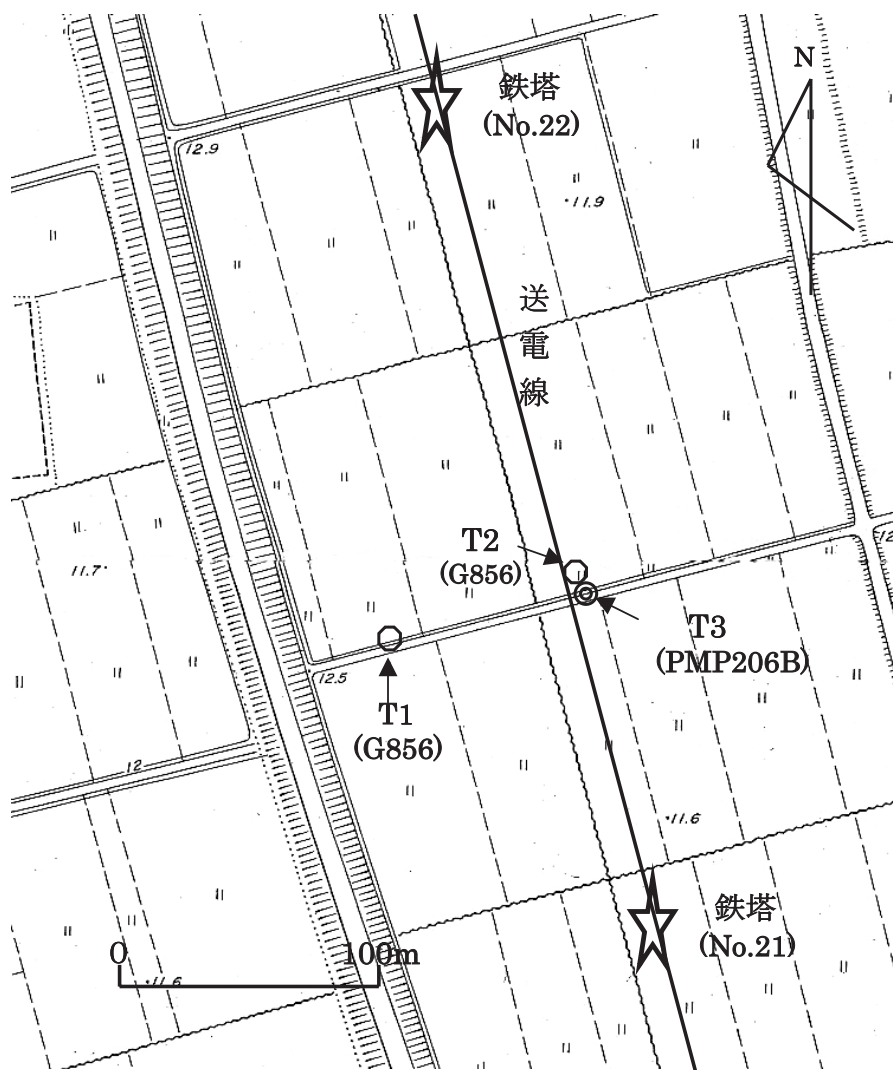


図2 プロトン磁力計観測点配置図1

充電試験開始前の2時から3時のデータを見ると、M1観測点で得られたデータのノイズ幅は0.4nT (H, Z) または0.04 (D), M2観測点で得られたデータのノイズ幅は0.8nT (H, Z) または0.15 (D) 程度であることが分かる。観測点西側100mの大型農道を通過する自動車等による人工擾乱にはマークを印した。また、*マークは観測状況点検等に起因する異常である。3時22分、3時36分、4時25分、4時56分および5時3分にある縦線は、変電施設への通電状況が変わった時刻である(東京電力(株)からの情報)。状況の変化を整理すると次のようになる。

3時22分以前：送電線は張られているが、電力は供給されていない。

3時22分～3時36分：変電施設の一部に電力が供給された。

3時36分～4時25分：送電線は張られているが、電力は供給されていない。

4時25分～4時56分：変電施設に電力が供給された。

4時56分～5時03分：送電線は張られているが、電力は供給されていない。

5時03分以降：変電施設の一部に電力が供給された。

電力の供給状況の変化に着目して観測データを見直すと、M1観測点、M2観測点共に、縦線を境にした観測値のばらつき(図では、線の太さ)の変化は認められず、M1、M2観測点のフラックスゲート磁力計の計測への影響は検出されなかったことを意味する。

M1観測点については、図5の資料として使った毎秒デジタル値と並行して、観測状況をモニターす

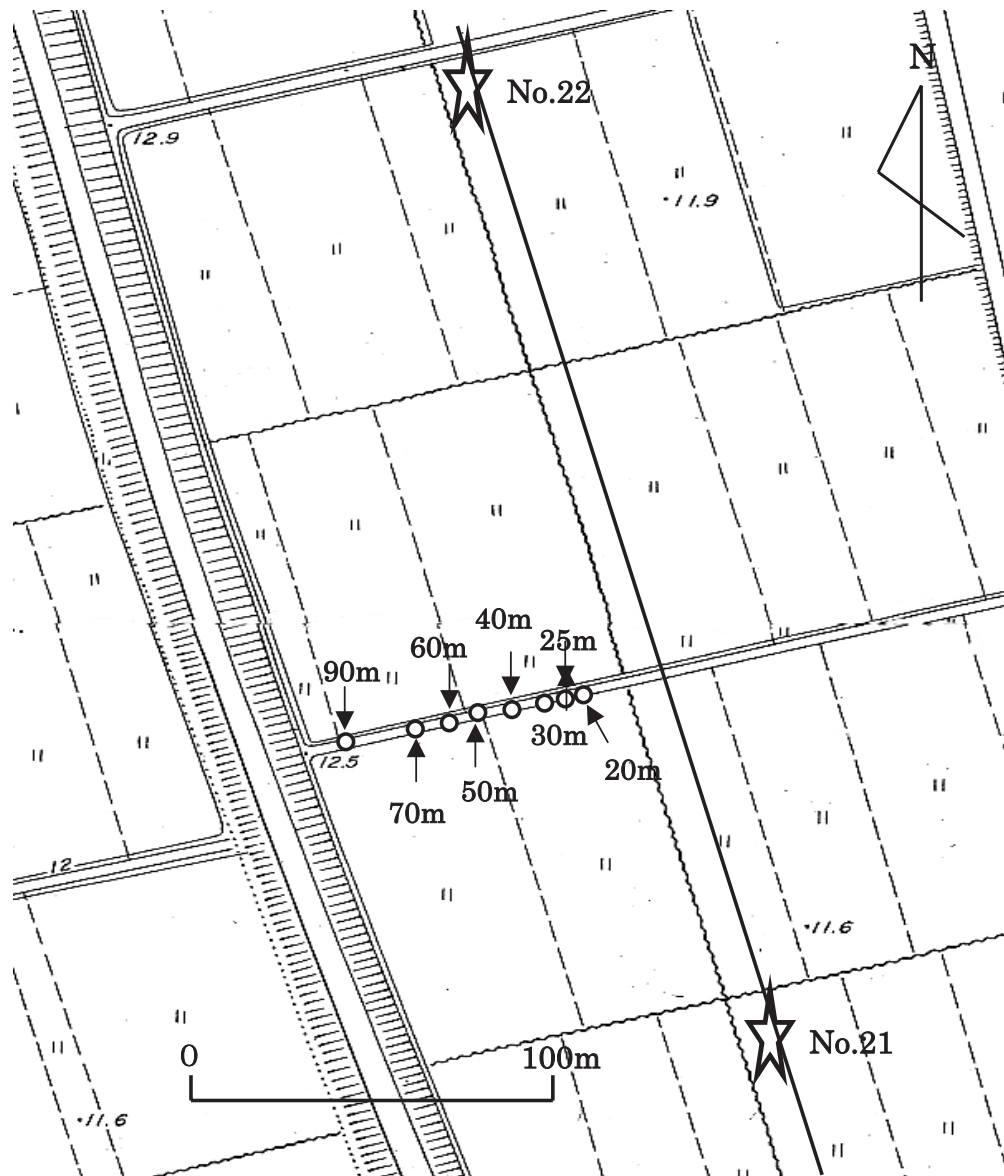


図3 プロトン磁力計配置図2

るためのペンレコーダによるアナログ記録をとっていた。これは高感度で記録しており、毎秒サンプリングで収録したデジタル値よりもさらに速い地磁気変化を検出することができる。その一部を図6に示す。この記録によると、変電施設に電力が供給された4時25分に、10nT弱のパルス状変動が記録されている。この変動が自動車等による人工擾乱ではないことは観測中に確認している。記録に変化が現れると同時に変電施設での作業進行を知らせる笛の音が鳴ったことも考え合わせると、パルス状の地磁気変化は電力供給状況の変化によるものと推察される。

電力の供給開始・停止の作業はこの時間の他にも4回行われているが、そのうち2回(04時56分と05

時03分)については、わずかながら車輛などによる人工擾乱ではない地磁気変化が記録されている。4時25分についてデジタル毎秒値記録を詳細に見てみると、M1観測点のみわずかながら地磁気変動が記録されていた。この部分を拡大して図7に示す。この図は微小変化を見やすくするため、毎秒値データを前後値差に変換してプロットしている。M1観測点に2~3秒の間に数nT変動していることが分かる。地磁気変動が現れる機構については不明であるが地電流観測値に特に変動がないことから、変電施設内への電力供給の開始または休止に伴う電流により発生した磁場変動であったと思われる。

次に同時に測定した地電流デジタル毎秒収録値をプロットしたものを図8に示す。これは、北側に設

表3 観測点と施設までの距離および影響量の計算に用いたX-Y座標

	Symbol Mark	施設までの 距離 m	X-Y 座標	
			東向(X) m	北向(Y) m
変電所ブ ック	変電所中心	0	0	0
	P1	199	-2	199
	P2	156	81	134
	P3	97	16	96
	P4	121	-117	31
	P5	91	-88	25
	P6	263	256	60
	P7	101	97	-30
	P8	119	115	-29
	P9	151	147	-33
	P10	187	183	-37
	P11	325	282	162
No.24 鉄塔ブ ロック	鉄塔中心	0	153	-242
	Q1	114	216	-147
	Q2	139	262	-156
	Q3	49	200	-254
	Q4	77	228	-258
	Q5	100	250	-261
	Q6	121	272	-263
	Q7	130	225	-349
	Q8	155	269	-344
	Q9	173	290	-346

(2,500分の1地形図による)

置した電極e1を基準にした各電極の電位変動で、単位長1 km 当たりの地電位差変動に換算している。電極は銅・硫酸銅電極を使用したので土壌との接触電位差は安定していたが、観測中に何度か硫酸銅溶液を補充したことによる欠測あるいは観測値の不連続があった。

全体に周期20~60秒程度の短周期ノイズが目立つ。概ね南北方向の基線を作るe2~e7電極の電位差の変動は小さく、北東-南西の基線を作るe9電極では大きい。ノイズ波形にわずかな位相差が見られ

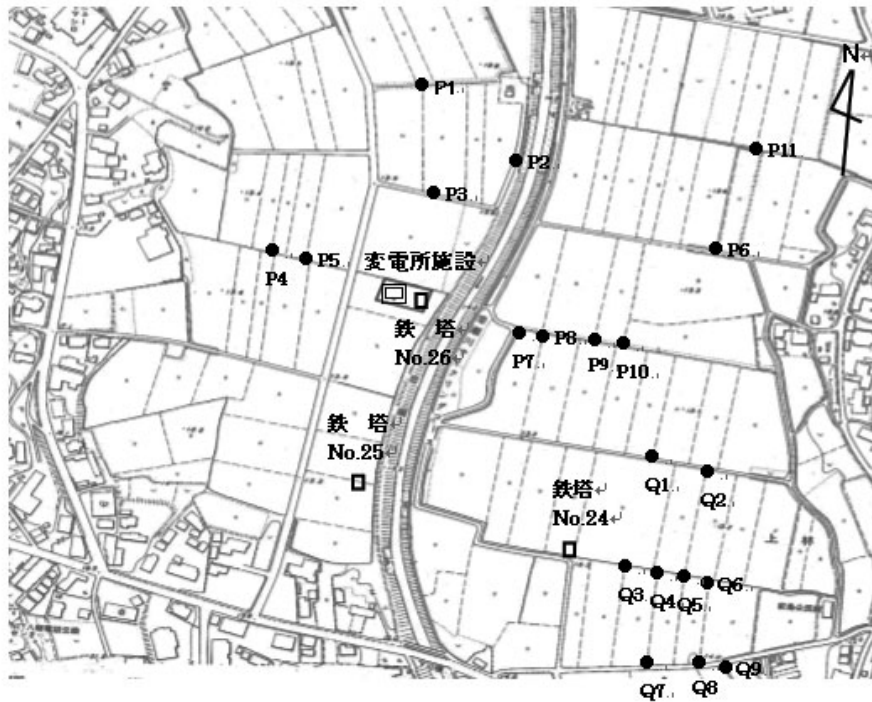


図4 変電施設および送電線鉄塔付近のプロトン磁力計観測点配置図

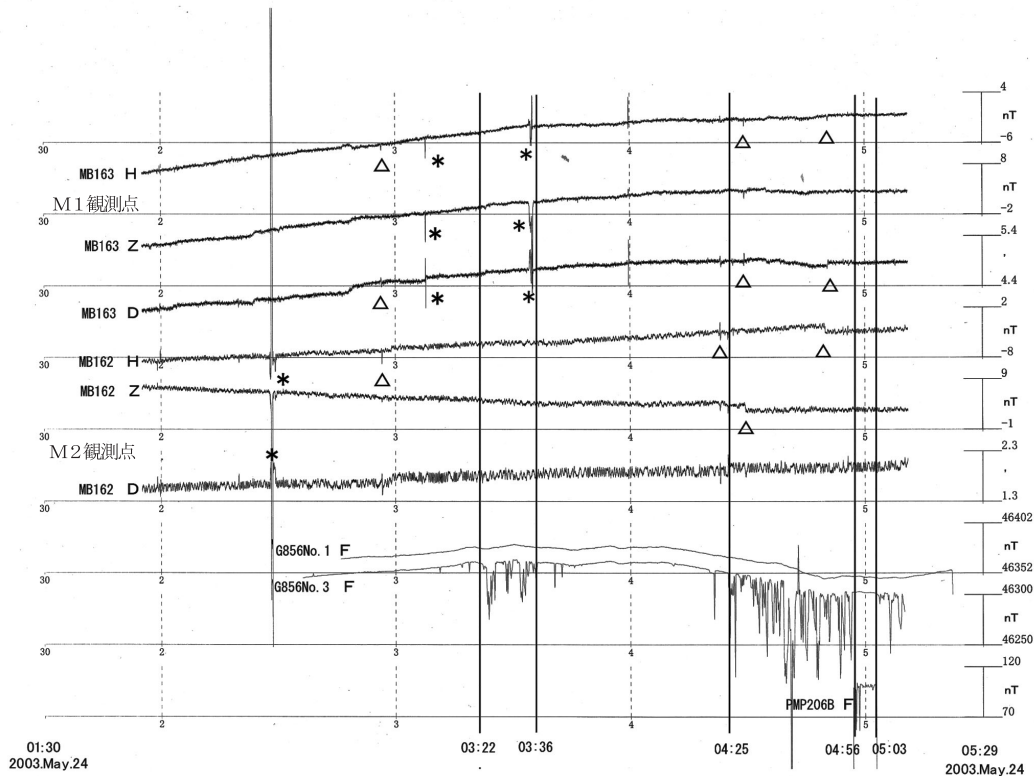


図5 充電試験時の地磁気変化

るものの変動の形は良く似ている．この付近一帯に流れている電流によるノイズではないかと推定されるが観測資料が少なくはつきりとは断定できない．

先に記述した変電施設への通電状況の変化時刻付近の観測値を見てみると，3時22分～36分，4時25分～56分，および5時3分以降は，変電施設の電圧が加わっている状態であるが，他の時間帯と比べても，観測値の短周期変動（ノイズ状況）は特に変わっていない．また，瞬間的な通電電流が流れた可能性のある上記時刻についても，特段の変動は認められない．他の原因によると思われる短周期ノイズに隠れてはつきりしないが，変電施設への電力供給に起因する信号は検出できなかった．

3-2 (B) の調査観測結果 - 送電線電流による影響 -

図2のプロトン磁力計配置での全磁力観測結果を図5の下部3段に示す．送電線直下から87m離れたT1観測点では観測期間を通して全て正常な観測値が得られている．これに対し送電線直下から7mの位置に設置したT2観測点，T3観測点の観測値には，一部異常が見られる．この異常値が発生したタイミングは，前述した変電施設への電力が供給されている時間（送電線に通電があった時間）と一致する．

送電線電流の大きさの変化がプロトン磁力計計測値に与える影響について調査するため，図3のプロトン磁力計配置での全磁力観測を，5月29日，6月18日にも実施した．5月29日の負荷電流は数アンペア未満であるが，6月18日には36A（東京電力（株）

のモニター値による）に増加しており，より顕著な影響が見えると予想された．

図9には，送電線直下からプロトン磁力計検出器までの距離と，プロトン磁力計の異常計測値の比率の関係を示す．比率は（異常値数）/（全計測値数）[%]で表した．全計測値数は各々約60個である．異常値は，地磁気観測所の全磁力連続観測値との差を求め，その差の変動が $\pm 1\text{nT}$ を超えたものとした．図上段がG856プロトン磁力計（No.3）で，下段がPM215プロトン磁力計による計測結果である．検出器のコイルは，どちらもツインソレノイド型である．送電線に近づくほど異常値の割合が大きくなるが，プロトン磁力計の機種の違いにより異常値の現れる距離は異なることがわかる．G856プロトン磁力計では40m付近，PM215プロトン磁力計では70m地点付近まで影響を受けている．PM215プロトン磁力計の負荷電流数アンペアのデ-タでは，距離60～70mで異常値の発生率を示す曲線に乱れが見られるが，計測値のばらつきによる統計上の誤差であり，特別な現象ではないと考えられる．また，今回の試験結果では，送電線に流れる電流量の違いによる異常値の発生率の違いは見いだせなかった．

図10は6月18日の地磁気測定時（送電線電流：36A）のPM215型プロトン磁力計の磁場計測信号の一部であり，この信号の周波数を計測し，磁場の大きさを測定する．正確な測定のためには，きれいな信号波形であることが望ましい．

図の上段は，送電線から離れた場所（90m）で地磁気を測定したときの信号で，2000Hzの信号の振

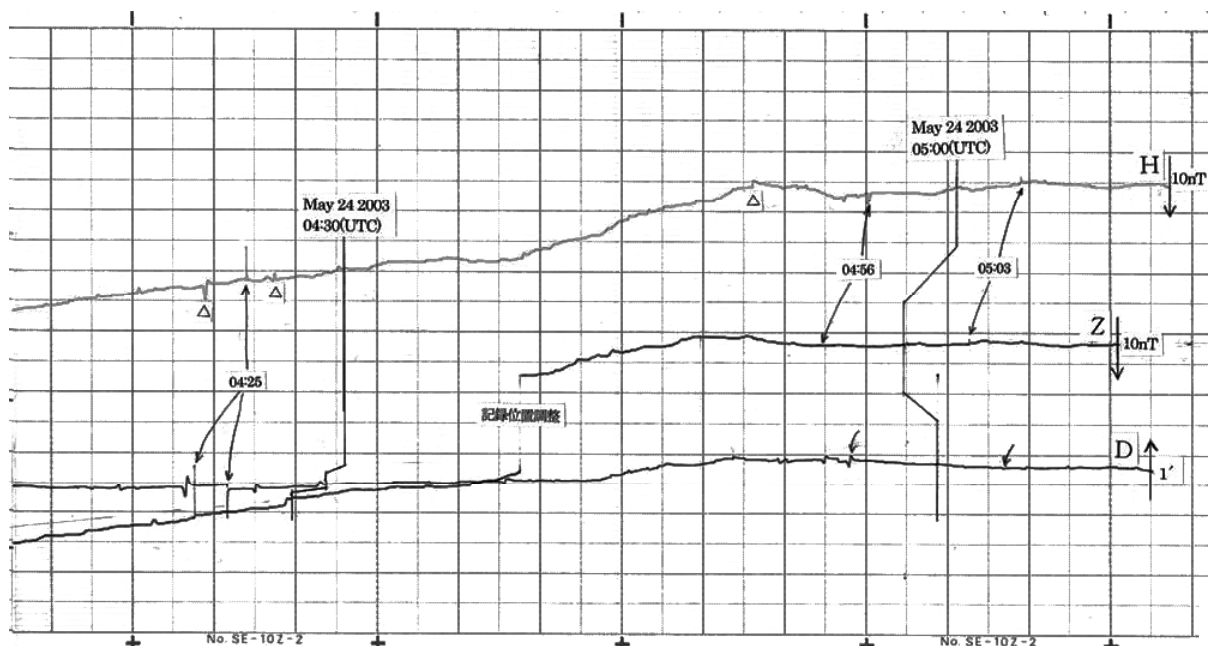


図6 充電試験時の地磁気変化
(M1観測点の地磁気3成分アナログ記録)

幅の大きさは揃っている．従って，核運動周波数は正確に計測され，磁場の大きさも正しく表示される．ところが，送電線に近づいて（送電線から60mの距離，図の中段）地磁気を測定しようとすると，ノイズが大きくなるため2000Hz 信号は乱れ，測定される磁場の大きさは異常な値を示す．更に送電線に近づく（距離40m，図の下段）と，信号の乱れ方

は激しくなり，測定される磁場の大きさは全く信頼できない値となる．

地磁気計測時に得られた信号を周波数分析した結果を図11に示した．横軸は磁場計測信号の周波数を，縦軸は信号強度を表し，太い線は送電線から90m 離れた位置での信号を，細い線は40m の位置での信号を分析した結果である．1975Hz の信号（先

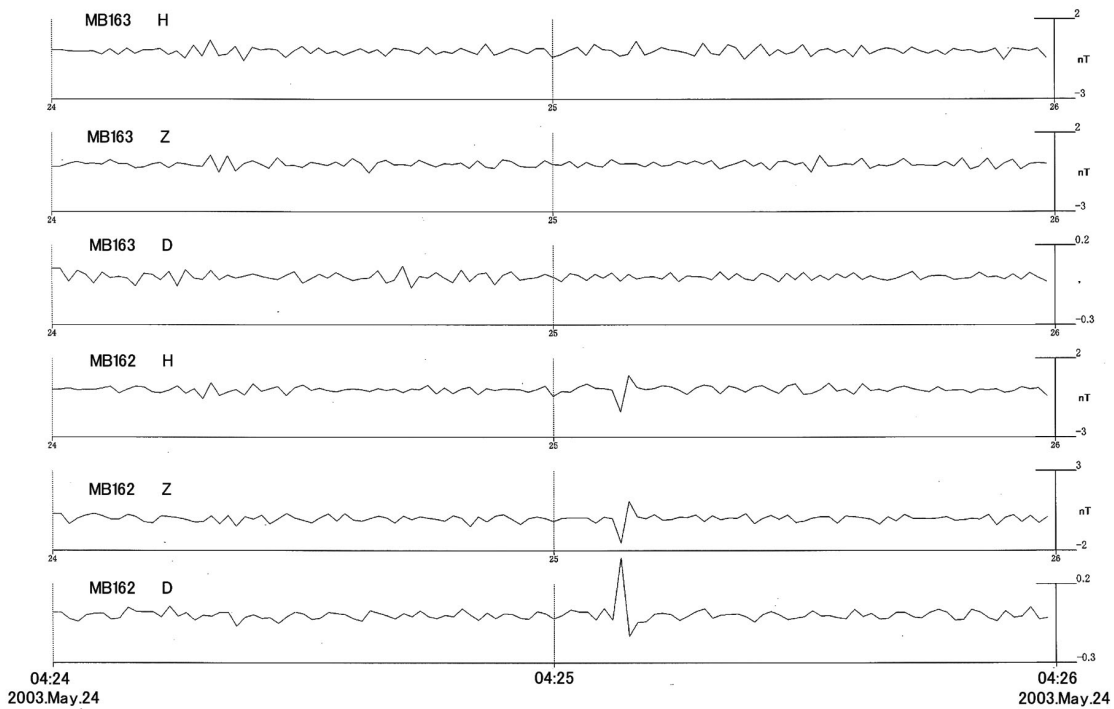


図7 4時25分付近の地磁気変動

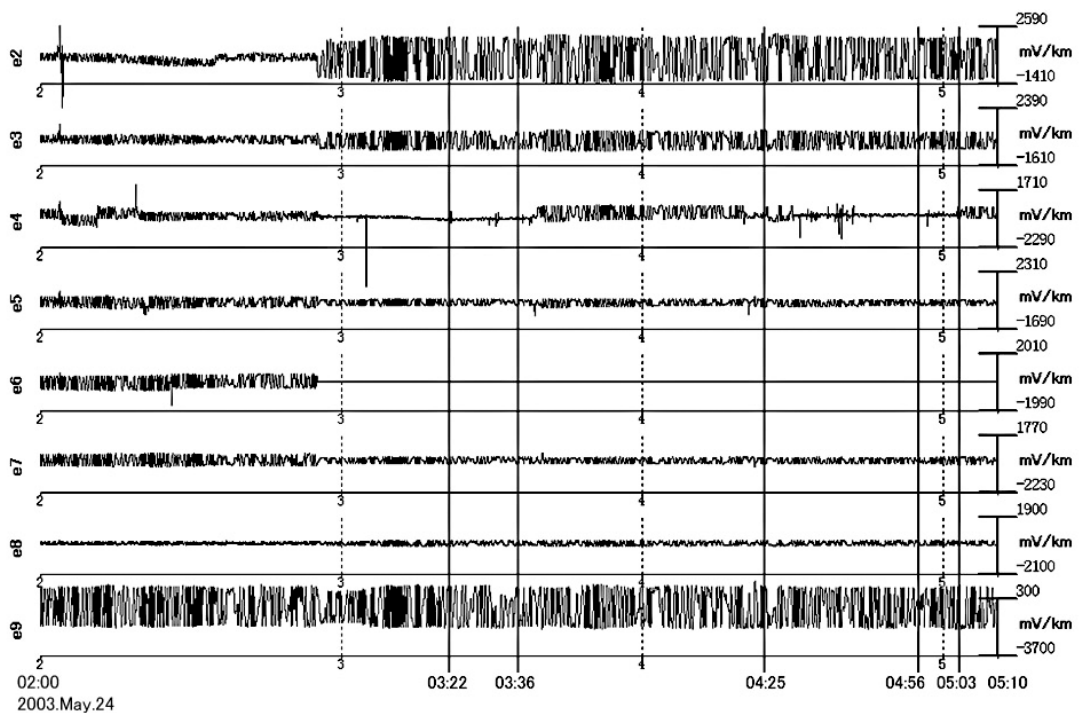


図8 充電試験時の地電流変動

に概ね2000Hzと見た信号で、磁場の大きさに換算すると46387nT)が卓越している。この周波数の付近に、1950Hzや2000Hzのピークがあるがいずれも送電線の周波数50Hzの高調波である。50Hzの高調波の他にもいろいろな周波数のノイズを含んでいるのが分かる。約2000Hzの信号を極大として、高周波、低周波側での減衰が見られる。これは、同調回路等、磁力計の特性に起因するものである。

信号(1975Hz)とノイズ(1950Hz)の正常計測時(図10上段)における強度比(S/N)は概ね300であった。送電線から40mの位置まで近づくと、信号強度は低くなり、ノイズ強度は高くなる。結果として、S/Nは高々5程度になる。このS/Nの低下が周波数計測を異常にし、地磁気測定値を異常にしている。

3-3 (C) の調査観測結果 - 磁性体の影響 -

変電施設及び送電線鉄塔の磁性体による影響は、施設の建設前後におけるP1~P11, Q1~Q9での観測値の差から求めることができる。観測点での観測値と基準値(今回の場合、地磁気観測所の全磁力連続観測値)との差をdFとし、施設の建設前後での

dFの変動分をFとして、これらを表4に示す。Fは各観測点を受けた変電施設或いは送電線鉄塔に使われた鉄材の磁性の影響であり、これがゼロならば影響はなかったことになる。

しかし、これだけでは、観測点での影響量は分かっても、周辺全体の擾乱の様子は分からない。そこで、施設の磁化を磁気モーメントで近似することが行われている。複雑な構造物であっても、ある程度の距離が離れた場所であれば磁気モーメントと見なしても十分な精度で擾乱量を見積もることができる。また任意の場所での磁場の影響量を計算することも可能である。従って、今回の観測点P1~P11, Q1~Q9で影響量Fを実測しておき、これにより施設の磁気モーメントを算出することにする。

P1~P11でのFを用いて、磁気モーメントの中心位置を変電施設位置に固定して、変電施設の磁気モーメントを計算した。この計算値と観測値との差の2乗を「残差」と呼び、誤差のない観測値を使用した場合には、各残差はゼロとなるはずである。ところが、表5の(A)に示したように大きな残差を示すものもあり、各観測点残差の合計は200nT²以上になっている。このような場合には特定の観測点

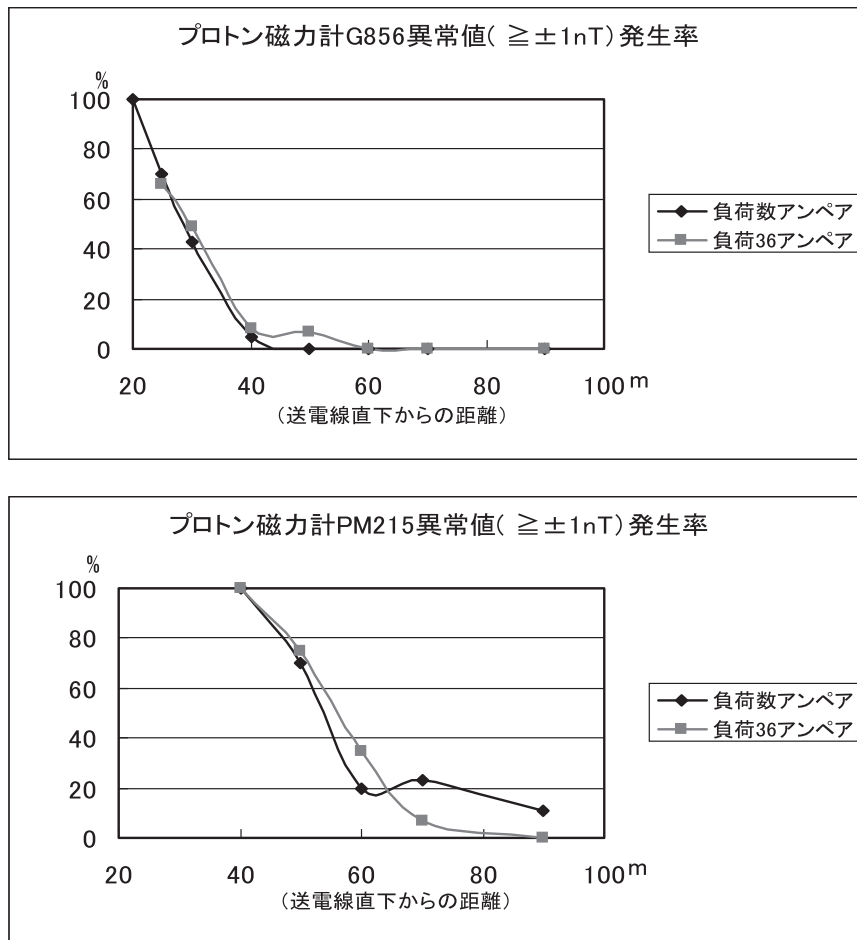
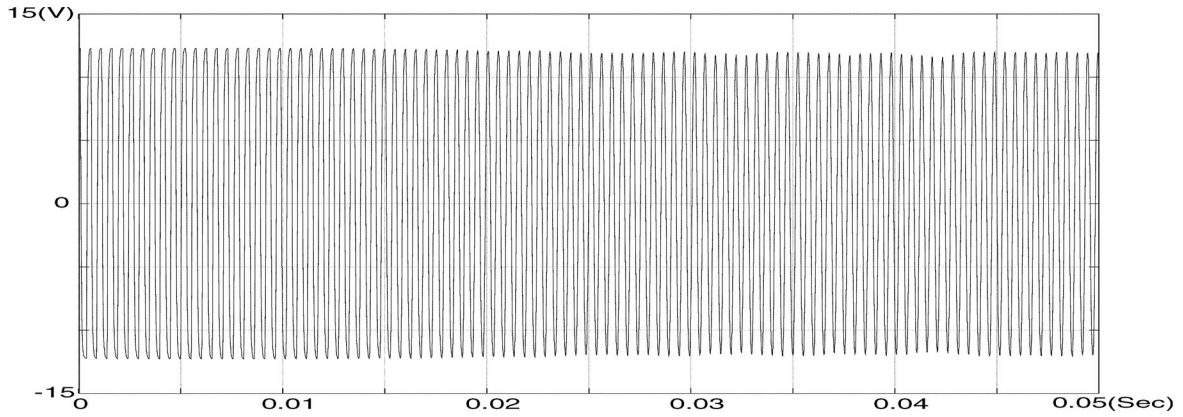


図9 プロトン磁力計の異常値発生率

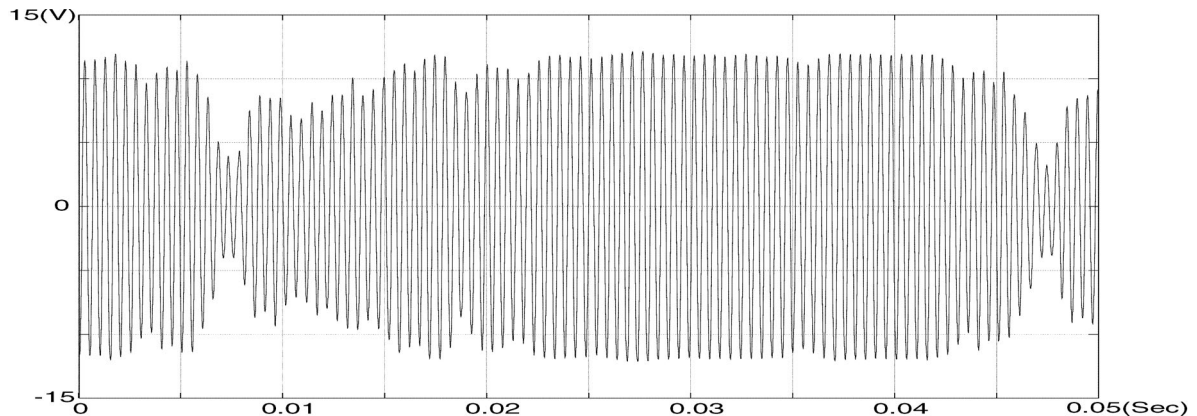
に大きな観測誤差が含まれている可能性が考えられる。図4および表4により、観測点の配置とFを見比べると、P7~P10とP4,P5は変電施設に対して対称の位置にある。通常、擾乱源に対して対称の位置にある観測点の全磁力値の影響量Fは同じセンスとなるが、P4,P5のFはP7~P10と比べて逆セ

ンスになっている。原因は分からないが、P4,P5の観測値が異常である可能性が高い。またP1も観測点位置に比べて影響量が大きい。P1,P4,P5の磁場傾度の大きさ等は他の観測点に比べて違いはなく、これらの観測点には別の何らかの人工擾乱を受けたものと思われる。P4,P5およびP1の観測値を除い

送電線との距離：90m



送電線との距離：60m



送電線との距離：40m

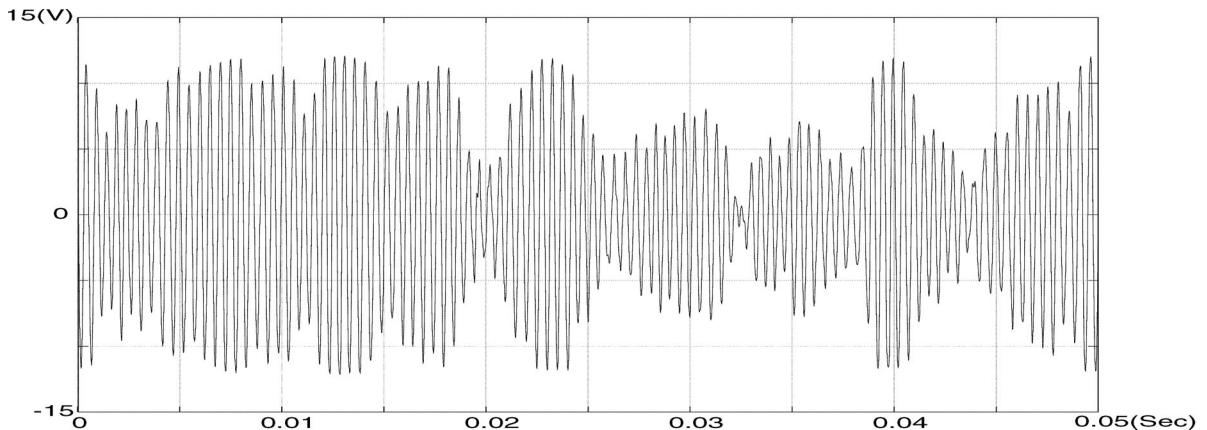


図10 プロトン磁力計の信号波形

て再計算を行った結果を図12, 表5の(B)に示す。これによると, 各観測点での残差も小さくなり, 計算された変電施設の磁気モーメントは観測値 F を良く説明できる。再計算により求められた変電施設の位置((0, 0, 15)m)における磁気モーメント M は $(-8.9, 5.9, 9.3) \times 10^{-2} \text{Am}^2$ となった。位置座標は, 変電施設位置に原点を置いて, 東向き, 北向き, 上向き(高さは海拔)を正として表した。また磁気モーメント成分は, 東向き, 北向き, 上向きを正として表示した。

No.24送電線鉄塔の位置に磁気モーメントの中心を置き, Q1~Q9の擾乱量 F を用いて変電施設と同様の解析を行った結果を図13及び表5に示す。各観測点での残差も小さく, 各観測値を良く説明できている。No.24送電線鉄塔位置(153, -242, 20)mにおける磁気モーメント M は, $(1.7, -2.4, -3.4) \times 10^{-2} \text{Am}^2$ と計算された。

地磁気擾乱の概算量 (f [nT]), 鉄材の重量 (G [g]) および擾乱源と観測点の距離 (R [m]) との関係は, 簡便式 $f = \frac{G}{R^3}$ により試算できる。は

鉄材の質や形状によって決まる係数で, 送電線鉄塔および変電施設による影響量の実測値から計算すると0.4~0.7が求められた。これは, 今までの経験からすれば比較的大きな値ではあるが, 特別にかけ離れているとは言えない。

また, 観測値から算出された磁気モーメントを基に影響量を算出し, これと比較すると大きく外れた観測点(P1, P4, P5)があったが, その他の観測点ではほぼ妥当な結果が得られたと言える。

観測点で受ける影響量は, 磁気モーメントを持つ鉄材位置との相対的な方向によって異なる。鉄材から100m離れた位置での影響量は, 影響の大きい方向では17nT(変電施設), 5nT(送電線鉄塔)と計算され, 変電施設の影響がより広い範囲に及んでいることが分かる。影響の小さい方向では概ね20分の1程度である。

これらのことは, 地磁気観測点から見て磁気的な影響を受けやすい方向に変電施設または送電線鉄塔が建設されても, その距離が400~500m離れれば影響量は0.1nT程度となり, 地磁気観測への影響が小

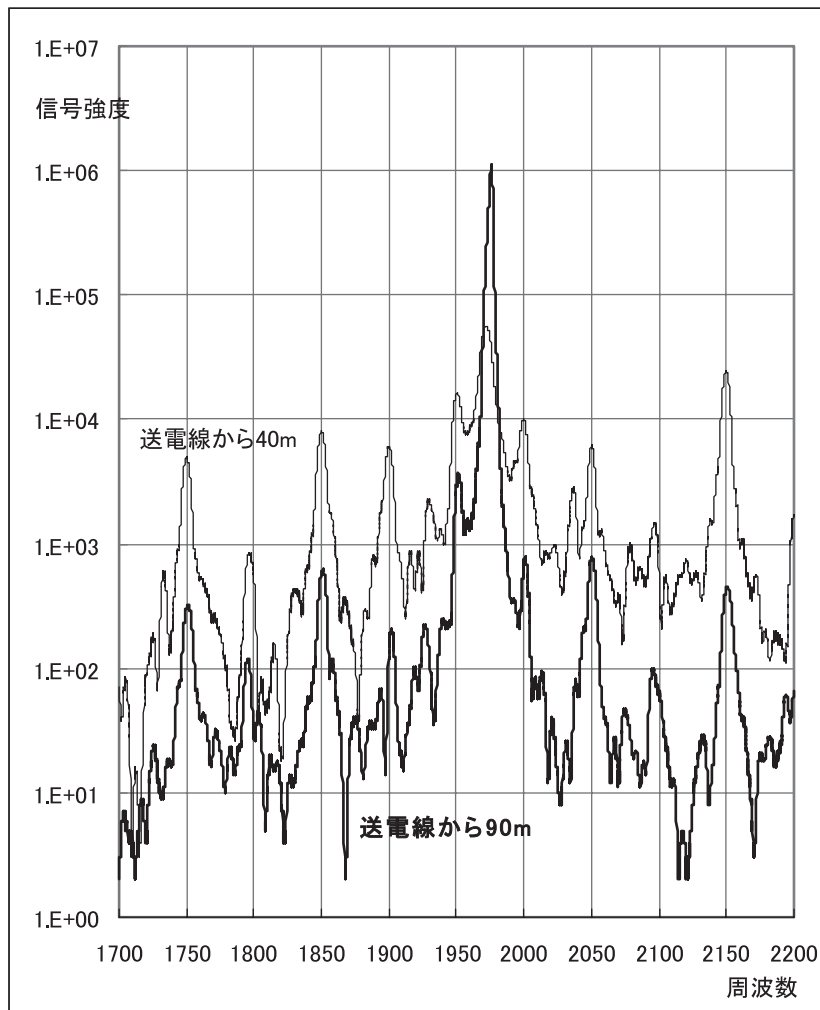


図11 信号波形の周波数分析結果

表4 施設建設による地磁気観測値への影響量

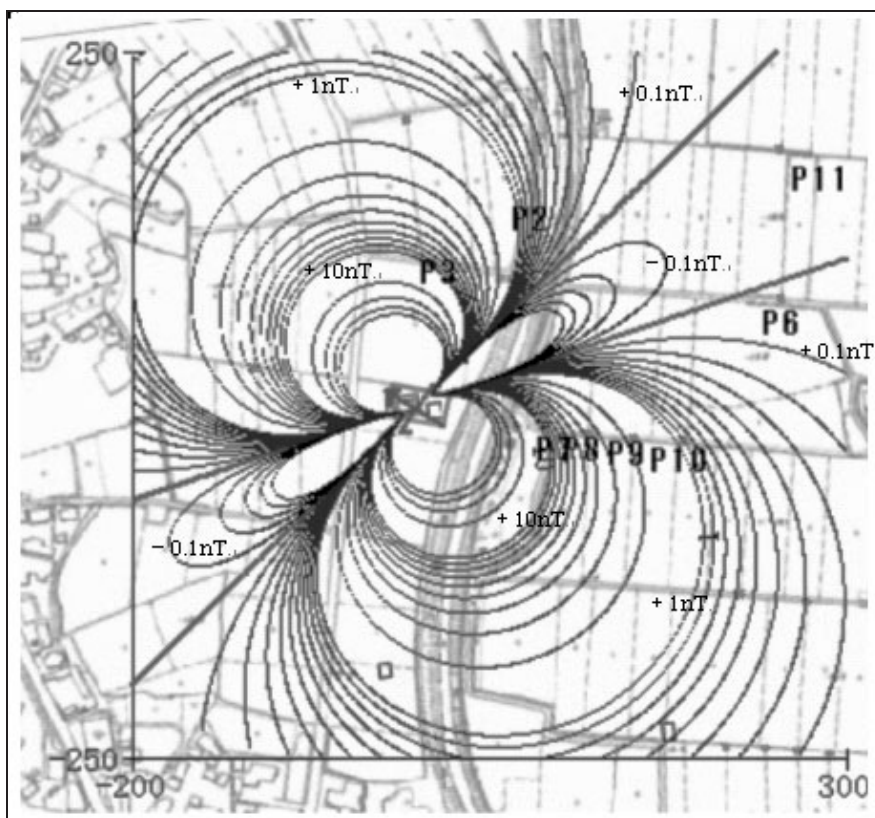
	観測点	施設建設前		施設建設後		影響量
		各観測点値-基準観測点値		各観測点値-基準観測点値		後-前
		dF nT	s.d. nT	dF nT	s.d. nT	ΔF nT
変電施設 ブロック	P1	-3.1	0.24	1.1	0.25	4.2
	P2	-76.7	0.21	-76.5	0.42	0.2
	P3	-17.0	0.24	-7.6	0.19	9.4
	P4	11.4	0.22	7.7	0.33	-3.7
	P5	-49.8	0.21	-59.6	0.22	-9.8
	P6	2.1	0.12	2.5	0.15	0.4
	P7	-133.7	0.14	-126	0.42	7.7
	P8	-35.6	0.14	-30.3	0.11	5.3
	P9	-50.8	0.14	-48.2	0.19	2.6
	P10	-38.1	0.12	-37.1	0.17	1.0
	P11	-37.9	0.25	-37.8	0.36	0.1
No.24 鉄塔 ブロック	Q1	-13.7	0.12	-14.8	0.12	-1.1
	Q2	-9.5	0.11	-10.7	0.14	-1.2
	Q3	-32.0	0.25	-45.1	0.14	-13.2
	Q4	14.3	0.18	8.7	0.20	-5.6
	Q5	-16.1	0.15	-19.6	0.10	-3.5
	Q6	-11.1	0.07	-13.3	0.18	-2.3
	Q7	15.2	0.23	13.2	0.24	-2.0
	Q8	-24.7	0.66	-26.5	0.26	-1.8
	Q9	-6.6	0.48	-7.9	0.28	-1.3

表5 各観測点における残差(計算値と観測値の差)

(A)全観測点を用いて計算した結果

(B)空欄(-)の観測点を除いて計算した結果

	観測点	(A)	(B)
変電施設ブロック	P1	6.4	—
	P2	0.4	0.2
	P3	0.2	0.0
	P4	7.8	—
	P5	72.6	—
	P6	1.1	0.1
	P7	62.9	0.3
	P8	40.9	0.5
	P9	11.4	0.2
	P10	2.2	0.0
	P11	0.2	0.0
残差(合計)		206.1	1.5
No.24 鉄塔ブロック	Q1	0.0	
	Q2	0.9	
	Q3	0.8	
	Q4	4.1	
	Q5	3.5	
	Q6	2.0	
	Q7	0.0	
	Q8	0.6	
	Q9	0.3	
	残差(合計)		12.3



P1、P4、P5の観測値を除く、地上2mでの全磁力値

磁気モーメント位置：(0,0,15)[m] 変電所の中心

磁気モーメントM：(-8,9,5,9,9,3)[$\times 10^2 \text{Am}^2$]

図12 変電施設の磁性体による影響量（計算値）

さいことを意味する。今回の変電施設の建設場所および最も近い送電線鉄塔の位置でも、地磁気観測所からは1.4km程離れており、計算上の影響量は0.01nT未満であるため、その影響は無視できる。

4. おわりに

調査観測では、八郷変電所の運用に伴う地電流変化は検出されなかった。変電所から40mの距離に設置したM1観測点では八郷変電所への充電開始に伴う数nT程度の地磁気変動が観測されたが、80m離れたM2観測点ではこれに符合する地磁気変動は観測されなかった。この現象の距離による減衰は非常に大きいと見られ、変電所から1.5km程度離れた地磁気観測所への影響は検出されなかった。

送電線から数十メートルの範囲でプロトン磁力計を動作させると、計測値が異常になることが分かった。地磁気観測点の近くに高圧(66kV)受電施設が作られれば地磁気計測に重大な影響を受けることが予測される。また、野外での観測点選定に当たっても高圧線近傍は避けることが必要である。

変電施設または送電線鉄塔から100m離れた位置

の、使用された鉄材による地磁気観測への影響は最大でも20nT弱である。400~500m離れると0.1nT程度になる。今回の施設建造場所と地磁気観測所は1.4km程離れており、影響量は0.01nT未満と計算され無視できる。

これらの観測結果は今回新設された八郷変電施設に対する結果であり、たとえ同規模の施設であっても同じ結果となる保証はなく、その適用範囲については個別に検討すべきであると考える。

5. 謝辞

茨城工事センター前島茂課長をはじめ東京電力株式会社の方々には、本調査に当たって多くの情報を提供していただいた。

本報告作成のための基礎データの作成にあたっては、熊坂研究官、芥川技官（以上技術課所属）および岩瀬技官（観測課所属）の協力をいただいた。また、吉田所長、仲谷観測課長および山田技術課主任研究官には、試験観測のための便宜供与並びに報告書校正等においてお世話になった。紙面に記してお礼を申し上げます。

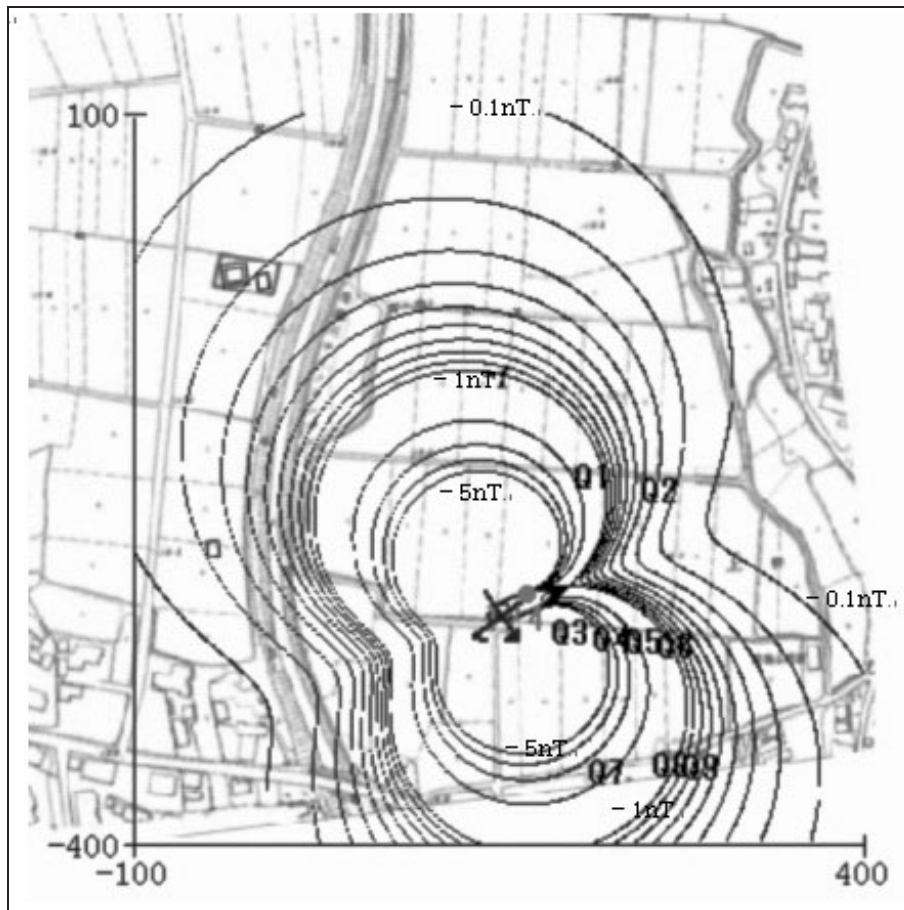


図13 送電線鉄塔の磁性体による影響量（計算値）

参考文献

徳本哲男・他：変電所・高圧送電線による地磁気・地電流観測への人工擾乱，地磁気観測所技術報告第104号

概要：

地磁気観測所の東北東1.4kmの場所に，2002年9月から2003年5月にかけて，東京電力(株)八郷変電所が設備された．変電所等大規模変電施設は，近傍の地磁気・地電流観測に影響を及ぼす可能性が懸念されるため，影響量調査のための試験観測を実施した．

その結果，次のことが確認できた．

(1) 八郷変電所の運用に伴い，地電流変化は検出さ

れなかったが，数nT程度の地磁気変動が観測された．観測点が極めて近距離（変電所から40m）であったため，変電所から1.5km程度離れた地磁気観測所への影響はなかった．

(2) 送電線から数十メートルの範囲でプロトン磁力計を動作させると，計測値が異常になることが分かった．地磁気観測点の近くに高圧（66kV）受電施設が作られれば地磁気計測に重大な影響を受けることが予測される．

(3) 変電施設または送電線鉄塔に使用された鉄材の磁性による地磁気擾乱量は，400～500m離れると0.1nT程度になる．地磁気観測所と今回の施設建造場所は1.4km程離れており，影響量は0.01nT未満と計算され，無視できる程小さい．

**Geomagnetic and geoelectric field disturbance
produced by a substation
— Case study of Yasato Substation —**

by

**Katsuharu KOIKE¹, Tetsuo TOKUMOTO¹, Shinzaburo NAKAJIMA¹,
Takeshi OWADA¹, Takashi OOKAWA¹ and Hiroshi HASEGAWA²**

¹Kakioka Magnetic Observatory

²Memambetsu Magnetic Observatory

Received 23 March 2004; received in revised form 6 December 2004;
accepted 17 December 2004

Abstract

Yasato Substation was built at a location 1.4 km east-northeast of Kakioka Magnetic Observatory from September 2002 to May 2003 by Tokyo Electric Power Company. Generally, there was concern that the substation facility would disturb the magnetic field and earth current, so we performed observation of the magnetic field and earth current around the substation to investigate magnetic and electric influences quantitatively. The following findings were confirmed.

- (1) Although no electric signals produced by Yasato Substation were detected, magnetic signals of several nT were observed near the substation (at about 40 m distance), but these were not observed at Kakioka Magnetic Observatory 1.4 km away from the substation.
- (2) A proton precession magnetometer shows incorrect measurement values within several tens of meters of an electric feeder line. A high voltage (66 kV) substation facility near a magnetic observatory would generate serious difficulties in observation.
- (3) The amount of magnetic disturbance produced by the magnetic material of a substation or power pylon falls to about 0.1 nT outside a radius of about 400 to 500 m. The calculated magnetic disturbance is less than 0.01 nT, which is negligible, at Kakioka Magnetic Observatory about 1.4 km away from these facilities.