

川崎製鉄技報

KAWASAKI STEEL GIHO

Vol.17 (1985) No.2

高磁束密度方向性珪素鋼帯を使用した高効率, 275 kV 受変電設備

High Efficiency 275 kV Receiving Station Employing RG-6H Silicon Steel Strip

京口 玄(Gen Kyoguchi) 山口 健蔵(Kenzo Yamaguchi) 安城 信義(Nobuyoshi Anjo) 廣崎 雅直(Masanao Hirosaki) 和田 啓(Kei Wada) 阿部 豊(Yutaka Abe)

要旨：

千葉製鉄所の 275 kV 変電所は、西発電所 3 号機の併入にともなう短絡容量の問題を解決し、さらに従来からの 1 事業所 3 受電方式を 1 受電方式とすることによって、電力の一元管理体制を確立することを目的として設置された。この変電所には、当社の最高級電磁鋼帯 RG6H を使用した大形変圧器 2 台を使用しているが、効率および騒音特性とも最高クラスである。特に軽負荷から高負荷まで効率が良くフラットな特性となっているため、変動負荷を持つ電源用変圧器としては最適である。その他 GIS の全面採用による安全性と信頼性の向上、縮小化による遊休敷地の有効利用を可能としたほか、本邦初の 275 kV 無人変電所である等の特徴を持っている。

Synopsis：

Ultrahigh tension (275 kV) power receiving station at Chiba Works has been constructed for the purpose of solving trouble with short circuit capacity, which may be caused as a result of pulling West Power Plant No.3 generator into the 154 kV electric power company system, and further for setting up centralized control of the electric power system through changing the existing three 154 kV receiving points in Chiba Works to one 275 kV power receiving point. The above station is provided with two large-sized transformers having highest-class efficiency and noise characteristic through the use of our products, i.e., high-grade electrical steel strip (RG-6H). These transformers are most suitable for a power source with varied load owing to their high flat characteristic in efficiency from light to heavy load. These transformers have many more good points such as improvement in safety and reliability by using full SF6 gas insulated switchgears in the first 275 kV unmanned receiving station in Japan, the best possible advantage in space utilization, etc.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

高磁束密度方向性珪素鋼帯を使用した高効率, 275 kV 受変電設備^{*1}

川崎製鉄技報
17 (1985) 2, 130-134

京口 玄^{*2} 山口 健蔵^{*3} 安城 信義^{*4} 廣崎 雅直^{*5} 和田 啓^{*6} 阿部 豊^{*7}

Hight Efficiency 275 kV Receiving Station Employing RG-6H Silicon Steel Strip

Gen Kyoguchi, Kenzo Yamaguchi, Nobuyoshi Anjo, Masanao Hirosaki, Kei Wada, Yutaka Abe

要旨

千葉製鉄所の 275 kV 変電所は、西発電所 3 号機の併入にともなう短絡容量の問題を解決し、さらに従来からの 1 事業所 3 受電方式を 1 受電方式とすることによって、電力の一元管理体制を確立することを目的として設置された。この変電所には、当社の最高級電磁鋼帯 RG-6H を使用した大形変圧器 2 台を使用しているが、効率および騒音特性とも最高クラスである。特に軽負荷から高負荷まで効率が良くフラットな特性となっているため、変動負荷を持つ電源用変圧器としては最適である。その他 GIS の全面採用による安全性と信頼性の向上、縮小化による遊休敷地の有効利用を可能としたほか、本邦初の 275 kV 無人変電所である等の特徴を持っている。

Synopsis:

Ultrahigh tension (275 kV) power receiving station at Chiba Works has been constructed for the purpose of solving trouble with short circuit capacity, which may be caused as a result of pulling West Power Plant No. 3 generator into the 154 kV electric power company system, and further for setting up centralized control of the electric power system through changing the existing three 154 kV receiving points in Chiba Works to one 275 kV power receiving point.

The above station is provided with two large-sized transformers having highest-class efficiency and noise characteristic through the use of our products, i.e., high-grade electrical steel strip (RG-6H). These transformers are most suitable for a power source with varied load owing to their high flat characteristic in efficiency from light to heavy load.

These transformers have many more good points such as improvement in safety and reliability by using full SF₆ gas insulated switchgears in the first 275 kV unmanned receiving station in Japan, the best possible advantage in space utilization, etc.

1 緒 言

千葉製鉄所は、工場の拡大と歴史的な経緯もあって、154 kV による 3 箇所の受電となっていた。今回西発電所 3 号機（以下西発 3 号機と略す）の建設にともない、系統併入による短絡容量の不足が生じてきた。そこで西発 3 号機の併入を可能とし、さらには受電を 1 箇所とする電源の一本化によって電力の一元管理体制をも確立するために、受電々庄 275 kV の変電所を設置した。

この変電所には、当社の最高級電磁鋼帯 RG-6H を採用した大形変圧器 2 台が使用されているが、効率特性や騒音特性は最高クラスとなっている。特に効率特性は上記鋼帯の低損失特性のため、軽負荷から定格負荷までほとんどフラットとなっており、圧延負荷等のような変動負荷の電源や配電用変圧器として最適となっている。その他、安全性や信頼性の高い GIS（ガス絶縁開閉装置）の全面採用により設備および用地の縮小を図った。またこれは変電所の監視制御を 2.5 km 離れたエネルギーセンターにて行う本邦初の産業用 275 kV 変電所である。以下にこの概要と特徴を紹介する。

2 設備の概要¹⁻⁶⁾

変電所の全景を Photo 1 に、レイアウトを Fig. 1 に示す。レイアウトの決定に先立ち、次の事項を考慮した。

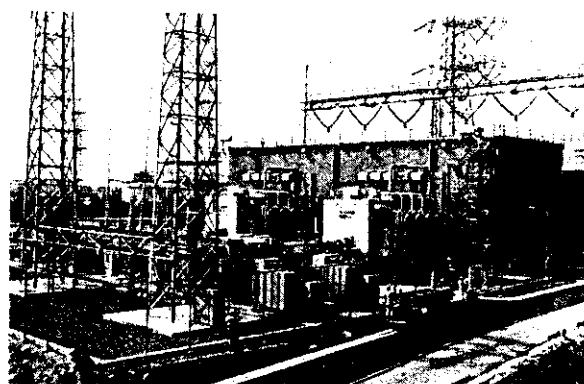


Photo 1 General view of the 275 kV substation

*1 昭和60年2月4日原稿受付

*2 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査（部長）

*3 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査（掛長）

*4 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室主査（掛長）

*5 千葉製鉄所エネルギー部エネルギー技術室

*6 千葉製鉄所土建部土建工事課

*7 千葉製鉄所土建部土建工事課

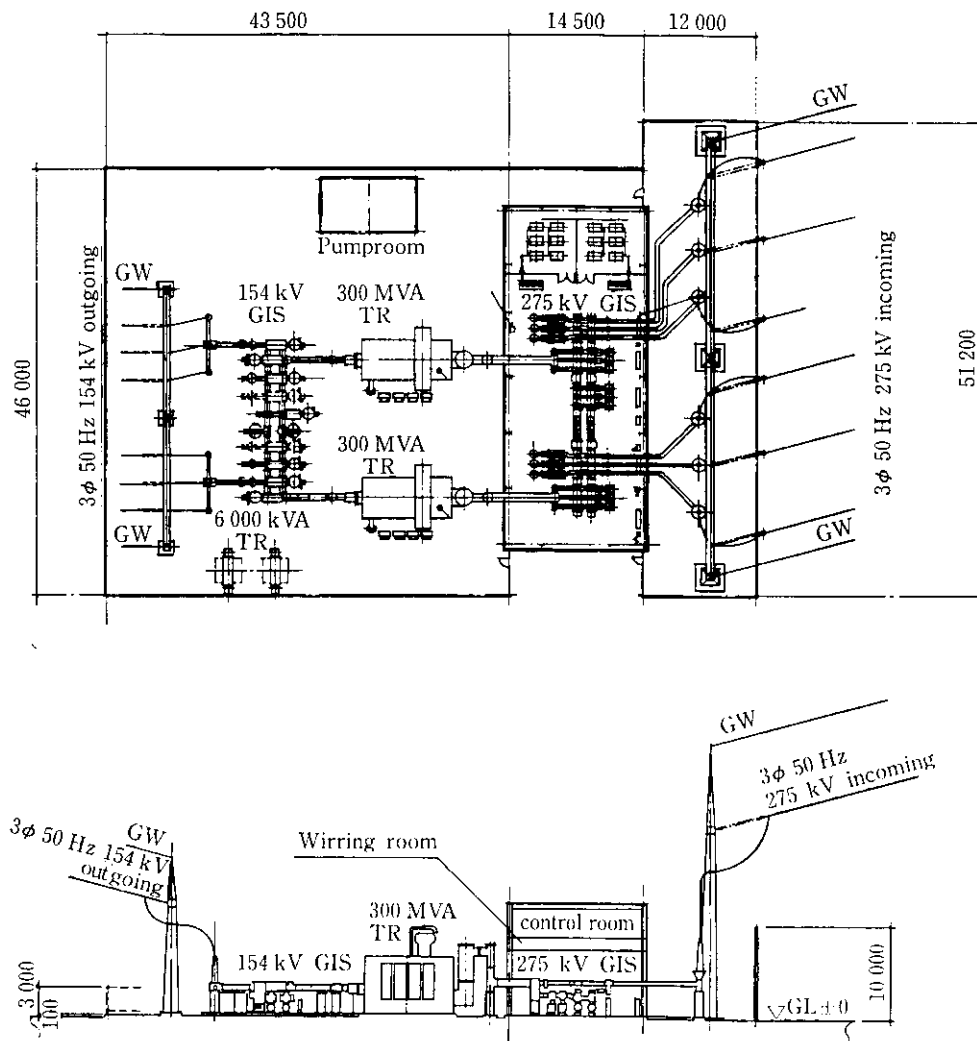


Fig. 1 Layout of the 275 kV substation

- (1) 機器および盤等の配置や配列については、単純化、標準化を図る。
- (2) 将来の増強、拡張性の考慮。
- (3) 屋外基礎フレーム等発錆しやすい箇所の耐候性を図る。
- (4) 変圧器は敷地境界から可能な限り離す（騒音対策）。架空引込線の引込角度を可能な限り小とする。
- (5) 高潮および浸水防止対策の考慮。
- (6) 既存設備の有効活用。

2.1 設備仕様

Fig. 2 に変電所の単線結線図を、Table 1 に主要機器の仕様を示す。

2.2 主要設備の特徴

2.2.1 RG-6H の変圧器鉄心への採用

変圧器の鉄心には、当社の高磁束密度方向性珪素鋼帯 RG-6H の 0.27 mm と 0.3 mm を使用することとし、完成 2 台について特性の比較を行った。この結果 0.27 mm を使用した変圧器は、0.3 mm を使用した変圧器に比べ、鉄損で約 6%，ビルディングファクターで約 3% 低くなっている。これらの特性を Table 2 に示す。

今回の変圧器は、効率および特性共に優れており、国内の同容量

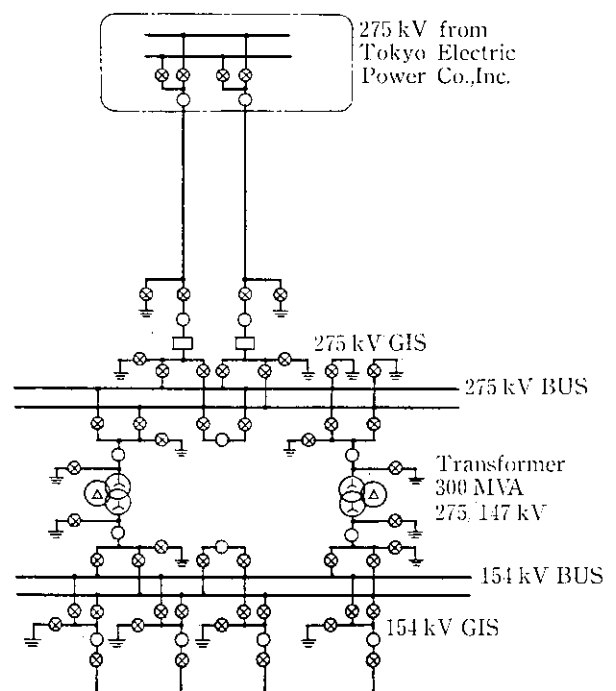


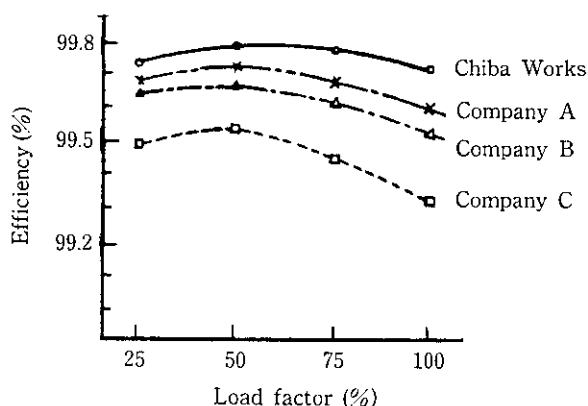
Fig. 2 Skelton diagram of 275 kV substation at Chiba Works

Table 1 Main specifications of 275 kV substation at Chiba Works

Three phase power transformer	Forced-oil and forced-air cooled type	
	Rated capacity: 300/300/10 MVA	
	Rated voltage : 275/147/22 kV	
	Total weight : 295 t	
	Quantity : 2	
	Rated current : 680/1 180/262 A	
SF ₆ gas insulated switch gear	Oil quantity : 90 kl	
	Silicon steel sheet: 119.9 t	
	Rated voltage: 275/154 kV	
	Rated current: 2 000/2 000 A	
Overhead transmission line	Rated short circuit breaking current: 50/31.5 kA	
	Total breaking time: 2/3 cycle/s	
	Gas pressure: 6/6 kgf/cm ²	
	ASCR-410 mm ² × 2: 2 line	
Electric cable	OFAZ-400 mm ² : 2 line	
Telecontrolled system	CPU 876 (kB): 2 set (operation use and development use)	
Signal transmission line	Bus-line changer and dual system	
Control room	Metal cable : CPEV, 0.9 mm, 2P	
	Optical fiber: GI, 60/125, 8C	
Control room	Const- ruction	2 story steel structure, 1 117.4 m ²
	Elevation	GL+12.4 m
	Materials	Roof : waterproof sheet (ground work panel for ALC) Outer wall: color stainless

Table 2 Specifications of transformer for 275 kV substation

Transformer		No. 1	No. 2
Item			
Thickness of Si steel (mm)		0.3	0.27
Rated capacity (MVA)	HV	300	HV 300
	MV	300	MV 300
	LV	10	LV 10
Rated current (A)	HV	630	HV 630
	MV	1 180	MV 1 180
	LV	262	LV 262
Rated voltage (kV)	HV	275	HV 275
	MV	147	MV 147
	LV	22	LV 22
Impedance voltage (%)	HV-MV	10.00	HV-MV 10.01
	MV-LV	5.48	MV-LV 5.49
	HV-LV	5.15	HV-LV 5.14
Load loss (kW)	HV	627.3	HV 627.5
	MV	-2.8	MV -2.6
	LV	23.8	LV 23.9
	Total	648.3	Total 648.8
No load loss (at rated voltage) (kW)		162.8	154.1
Building factor		1.19	1.15
Noise level (dB-A)		65.1 (guarantee 69)	63.9 (guarantee 69)

**Fig. 3** 300 MVA transformer property of efficiency

の変圧器に比べても最高の結果となっている。これらの関係を **Fig. 3** に示す。

このように、効率、特性ともよくなった理由は、

- (1) 提供された鉄心素材の特性が優秀であったこと。
- (2) % インピーダンスを比較的小さく設計したこと。
- (3) 磁束密度を比較的低く設計したこと。
- (4) 損失が小さくなったため、冷却用油ポンプやファン等の容量を小さくすることができたこと。

(5) 変圧器の寸法上の制約がなく、効率設計が可能であったこと。

等である。

また今回の変圧器は、騒音特性もよく、保証値に対し約4ホンも低減されている。

2.2.2 ガス絶縁開閉装置 (GIS) の全面採用

原子燃料の副産物として、製造される SF₆ ガスは、数々の特徴をもっており、特に電圧の高いしゃ断器、開閉器に使われ、縮小化を可能としている。当変電所でもこの SF₆ ガス絶縁開閉装置の全面採用により従来形の変電所に比べ約 1/10 の縮小化を可能とした。

さらに充電部の露出は架空線の引込部と引出部のみとなり、安全性と信頼性が一段と向上するばかりか、保守の面でも大幅な簡素化が期待できる。

また当変電所は、公害の面や環境の面でも調和のとれたものとした。

2.2.3 監視制御システムと信号伝送路の二重化

当変電所は、超高圧変電所の中で我が国初の無人変電所であるが、この無人化を実現するためには、電気設備技術基準第 57 条により伝送路の二重化が義務づけられている。

当変電所においては、A系光ファイバーケーブル、B系メタルケーブルにより信号伝送路を二重化し、さらに監視制御装置を含めて二重化することにより、信頼性、保守性の高い遠隔常時監視制御システムとした。この監視制御システムを **Fig. 4** に示す。

変電所の主要なしゃ断器、断路器、変圧器等の操作はもちろん、各主要部の計測、異常監視、風向風速監視等、日常運転者が行う監視操作業務はすべて遠隔で行うことができる。

このため 2.5 km 離れたエネルギーセンターは、2 台の CPU (786

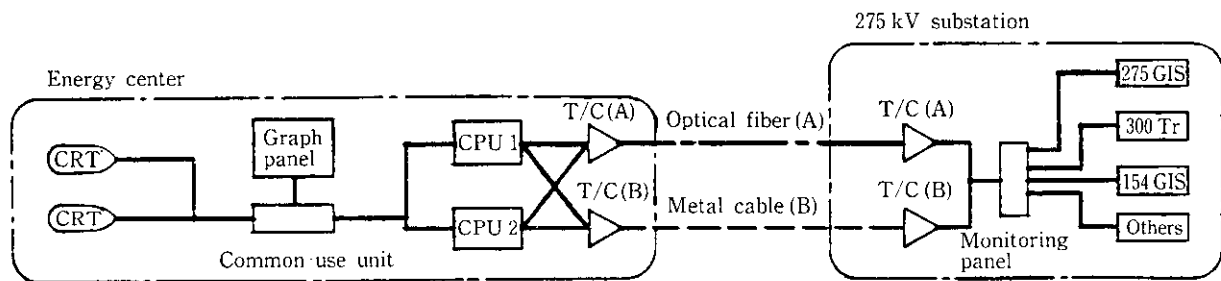


Fig. 4 Telecontrol system (Central monitor and measurement of the substation are carried out at the energy center about 2.5 km away from the site.)

kB) と 2 台の CRT (4000 キャラクター)、2 台のテレコン装置を設けている。CPU は、1 台が操作用、1 台は開発用としており、今後、系統の潮流計算、シミュレーション解析などが行えるようにしている。

2.2.4 機能分割配置

当変電所は、設備全体を電圧および機能別に分割している。すなわち最も電圧の高い 275 kV の引込点は防風壁によって囲み、強風下での絶縁碍子の急速汚損を防止する工夫を行った。また 275 kV の GIS は屋内設置とし、変圧器および 154 kV の機器は屋外設置とした。

これらはすべて平面配置とし、すべてガス絶縁管路母線により接続し、振動や温度による伸縮等の吸収は要所に伸縮接手を設けたほか、部分的修理や増設等のための着脱母線も要所に設けた。

監視盤、保護装置、所内盤、遠隔監視制御盤、ITV モニター、碍子活線洗浄制御装置等はすべて 2 階に収納し、変電所の全ぼうがここで掌握できるようにした。

各機器の配列は、電圧種別順、受配電回線順に配列し簡素化を図った。

2.2.5 自家用無人変電所

無人変電所であるため有人変電所と同等もしくはそれ以上の信頼性を必要とする。

この信頼性向上のため設けた施設は次の通りである。

- (1) 遠隔監視制御装置を含めた伝送路の 2 ルート化を図った。
- (2) 保護装置の信頼性を上げるため二重化を図り、さらに静止形とするほか、自動点検監視回路を設けた。
- (3) 所内電源については、電源の分割化とともに、二重化を図り、自動切替回路を設けた。
- (4) 火災警報設備は建家を 4 つに管理分割し、その作動をエネルギーセンターに報知する。また、火災発生による延焼拡大を防止するため、要所に延焼防止工事を施工した。
- (5) 扉開警報および工業用テレビにより構内の状況を常時監視できるようにした。

2.3 基礎と建家

2.3.1 地盤

建設地点の土地柱状図を Fig. 5 に示す。全体的に砂質系の良質な地盤であり、杭の支持層としては、EL -10 m 付近に分布する締った中間砂層あるいは EL -21 m 以深の下部砂層が期待できる。

今回の基礎は、荷重が比較的小さいことから、中間層を支持層とした。

2.3.2 地盤高さ

敷地の地盤高さの決定にあたっては、この場所が蘇我水路の最奥

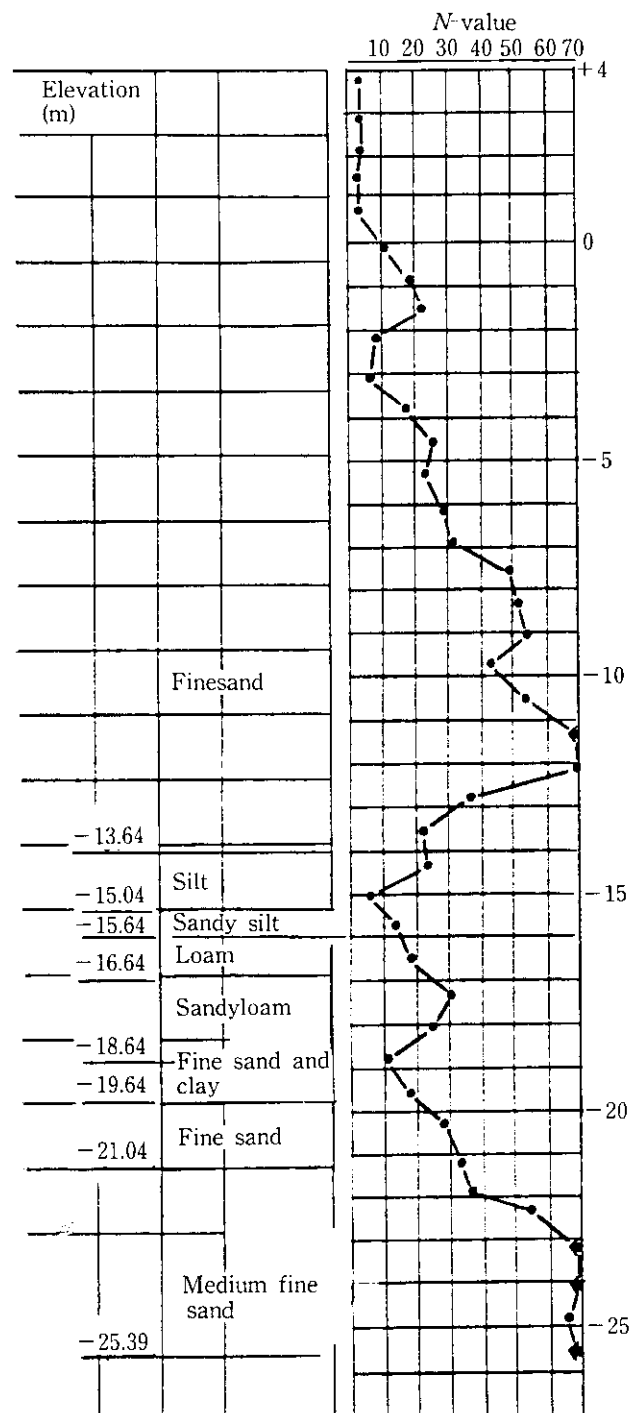


Fig. 5 Soil profile

部にあり、高潮の場合に潮が集中して特に高潮位になる可能性があることと本設備の重要性を考慮して検討した。

千葉港において予測される最高気象潮は 2.7 m である。この状態が満潮時と重なった場合が最高の潮位となる。満潮時の潮位 2.1 m を考慮し、敷地地盤はこれらのほかに波浪等の影響等を考慮して 5.3 m とした。

2.3.3 基礎およびアースの設計

基礎の設計にあたっては、当地区が旧石灰工場の跡地であることより、旧基礎の有効利用を図ることを第1に考えた。

次にアースの設計について述べる。今回の変電所における接地抵抗の目標値は、地絡時の最大電位上昇値、歩幅電圧、接触電圧、架空地線分流効果等から 0.05Ω と算出される。この値は一般の電気設備の接地抵抗と比較すると、非常に小さいものであり、この抵抗値を得るためには本格的な深打アースが必要である。今回は鋼管杭に着目しこれをアースとして利用することとした。アースについてはこのほかに、電気的なサージの吸収を考えて、メッシュ工事を併用しているが、実測の結果は上記の値を充分満足する結果を得ている。

2.3.4 建家の設計と施工

建家は変電設備という特殊性があり、移動後はメンテナンスが困難であるため、従来の工法、材料等をもう一度見直し、ライフサイクルコストの概念をとり入れ長寿命化を図り、メンテナンス費用を最小限となるようにした。

通常の外壁にはカラー鉄板か塩ビ鋼板が使用されるが、当変電所では、建家内収納機器への影響等のため、特に耐候性、耐食性が要求される。また年間償却費を考慮すると、コスト的にも有利となるため、カラーステンレス鋼板を使用した。

275 kV 側の碍子の急速汚損防止のための囲い(擁壁)の鉄骨材には、ライフサイクルコストを考え、全数溶融亜鉛メッキ仕上げとした。

3 結 言

275 kV 変電所の概要と、特にこの変電所に設置した高磁束密度方向性珪素鋼帯 RG-6H を使用した大形変圧器の特性等を紹介した。

当変電所は、西発電所3号機の併入と、3つの地区において受電していた暫定受電方式の一元化受電という二つの目的で建設されたものであるが、高効率大形変圧器の採用、ガス絶縁開閉装置の全面採用、275 kV 変電所の無人化等、種々の特徴をもっている。

今後、ますますこの種の変電所は、無人化、高効率化、省力化、省エネルギー化を前提としたものになると思われるが、そのような検討をしている方々にいくらかでも参考になれば幸いである。

最後に、当変電所の建設に当ってご協力を頂いた関係各位に、深甚なる謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) SF₆ ガス絶縁機器保守基準専門委員会: 「SF₆ ガス絶縁機器保守基準」, 33 (1976) 4, 5-14
- 2) 電気協同研究会: 「変電設備の耐塩設計」, 35 (1976) 3, 3-9, 77-117
- 3) ガス絶縁開閉装置技術調査専門委員会: 「GIS 性能に配慮されている諸問題」, No. 163 (1984), 3-29 [電気学会]
- 4) 電気技術調査委員会: 「発変電所等における騒音防止対策指針」, (1972), 23-49 [日本電気協会]
- 5) 資源エネルギー庁公益事業部: 「電気設備技術基準」, (1982), 202-207
- 6) 三島 明: 「鉄損はどれ位減少出来るか」, 電気計算, 48 (1973) 7, 96-98