

J E S C

支持物の基礎自重の取り扱い

J E S C E 2 0 0 1 (1 9 9 8)

平成 1 0 年 5 月 2 9 日 制定
(平成 2 7 年 7 月 2 3 日 確認)

日本電気技術規格委員会

制定及び改定の経緯

平成 10 年 5 月 29 日 制定

平成 22 年 12 月 17 日 確認

平成 27 年 7 月 23 日 確認

日本電気技術規格委員会規格
支持物の基礎自重の取り扱い
J E S C E 2 0 0 1 (1 9 9 8)

目 次

1. 適用範囲	1
2. 技術的規定	1
J E S C E 2 0 0 1 (支持物の基礎自重の取り扱い) 解説	2
1. 制定経緯	2
2. 制定根拠	2
3. 規格の説明	3
4. 関連資料	3
別紙1 実規模基礎モデルの引き抜き実験のデータの分析	4
別紙2 各試験値における引揚抵抗力和引揚量	6

日本電気技術規格委員会規格
支持物の基礎自重の取り扱い
J E S C E 2 0 0 1 (1 9 9 8)

1. 適用範囲

この規格は、支持物の基礎を設計する場合の基礎自重の取り扱いについて規定する。

2. 技術的規定

支持物の基礎を設計する場合の基礎自重の扱いは、次の各号によること。

- 一 引揚荷重を受ける基礎にあつては、その重量の $2/3$ 倍（異常時想定荷重が加わる場合における当該異常時想定荷重に対する鉄塔の基礎にあつては 1 倍）を限度に引揚支持力に加算することができる。
- 二 圧縮荷重を受ける基礎にあつては、その重量の 1 倍を圧縮荷重に加算すること。

J E S C E 2 0 0 1（支持物の基礎自重の取り扱い）解説

平成 27 年 7 月に見直しを行い、本文の改定を行う必要がないことを確認した。

なお、本解説での電気設備の技術基準の解釈（以下、「電技解釈」という。）の条項は、規格制定時の電技解釈の条項番号を示す。

1. 制定経緯

電気設備の技術基準の省令（以下、省令という。）第 32 条には「架空電線路の支持物の構造は、倒壊のおそれがないよう、安全なものでなければならない。」ことが規定されているが、これに関連して、電気設備の技術基準の解釈（以下、解釈という。）第 58 条においては、「支持物から受ける荷重に対する基礎の安全率は、2（解釈第 114 条第 1 項に規定する異常時荷重が加わる場合における当該異常時想定荷重に対する鉄塔の基礎にあつては 1.33）以上であること」と規定されており、一律に基礎の重量にも安全率を見込むこととなっている。

しかしながら、我が国における送電用支持物の設計に関する最新の知見を集約した電気学会電気規格調査会標準規格 JEC-127-1979『送電用支持物設計標準』において、「基礎に引揚荷重が作用した時、・・・確実に信頼できる基礎構造体の自重には安全率を見込む必要がないので、この自重はそのまま許容支持力に加算することとした。」との記載があり、上述の解釈の規定内容に対して差異が生じている。

これらの状況から、基礎の重量の取り扱いについて調査・検討したところ、基礎の重量自体に地盤の不確実性に対する安全率を見込む必要がないことが確認できたため、引揚支持力に基礎の重量 2/3 倍（解釈第 114 条第 1 項に規定する異常時荷重が加わる場合における当該異常時想定荷重に対する鉄塔の基礎にあつては 1 倍）を加算できるとした規格を制定した。

2. 制定根拠

引揚荷重に対する基礎の重量の取り扱いについて、以下のとおり調査・検討した。

（1）実規模引き抜き試験結果の評価

実際に使用される基礎と同等の規模の基礎モデルを引き抜いた実験のデータを分析したところ、基礎の重量に地盤の不確実性に対する安全率に相当する安全率（1.33）を見込まずとも、引揚力に対して地盤の安定性は十分確保されることが確認できた。

（詳細は「別紙 1」参照）

また、上記の引き抜き実験のデータ（詳細は「別紙 2」参照）より、基礎の重量に相当する引揚力に対して基礎は不動であることから、基礎の重量は基礎に加わる引揚荷重に対して確実にマイナスの荷重として作用していることが確認できた。

（2）基礎の安全率の根拠調査

基礎の安全率の根拠については、荷重の不確実性に対して安全率 1.5 としている上部構造に対して『解説 電気設備の技術基準第 7 版（資源エネルギー庁公益事業部編）』の中の、「基礎の安全率は、上部構造に比べて不明確な因子が多いことを考慮して定めた。」との記載及び電気協同研究会報告第 25 巻第 2 号『送電用鉄塔基礎』中の「地盤特性の判定あるいは（埋戻

し時の) 施工のばらつきに不確定因子が考えられるので、基礎の安全率はこれらを考慮して上部構造より若干大きい値、すなわち安全率 2 をとることとしている。」との記載から、「基礎の安全率 2=荷重の不確実性に対して 1.5×地盤の不確実性に対して 1.33」と整理できる。

3. 規格の説明

支持物の基礎は、支持物から受ける引揚力、圧縮力及び水平力に耐えるように設計しており、引揚耐力、圧縮耐力、水平耐力のおのおのにおいて、安全率を常時想定荷重に対しては 2 (=荷重の不確実性に対して 1.5×土壌の不確実性に対して 1.33) 以上、異常時想定荷重に対しては土壌の不確実性に対して 1.33 以上とすることとしている。この安全率は、上部構造物に比べて基礎には不明確な因子が多いことを考慮して、鉄塔の上部構造の安全率 (常時想定荷重に対して 1, 異常時想定荷重に対して 2/3) の 2 倍としている (ただし、鉄塔の上部構造の安全率は部材の許容強度に対するものであり、一方基礎の安全率は降伏支持力に対するものであるため実質 1.33 倍)。

基礎の安全率として、荷重の不確実性に対して 1.5, 地盤の不確実性に対して 1.33 をとれば、引揚及び圧縮力の計算式は下式のとおりととなる。

引揚耐力の計算式

$$T \leq \gamma_e \cdot g (Ve - Vc') / (F_1 \cdot F_2) + Vc \cdot \gamma_c \cdot g / F_1$$

T : 想定荷重により計算される鉄塔上部からの引揚力 (N)

γ_e : 土壌の単位質量 (kg/m³)

γ_c : コンクリートの単位質量 (kg/m³)

Vc : コンクリートの容積 (m³)

Vc' : 地表面下のコンクリートの容積 (m³)

g : 重力加速度

Ve : さい頭錐体の容積 (m³)

$$Ve = t(B^2 + 2B \cdot t \cdot \tan \phi + 4/3 \cdot t^2 \cdot \tan^2 \phi) \quad \cdots \text{角錐}$$

$$Ve = \pi \cdot t / 4 (B^2 + 2B \cdot t \cdot \tan \phi + 4/3 \cdot t^2 \cdot \tan^2 \phi) \quad \cdots \text{円錐}$$

t : 地表面から基礎底面までの高さ (m) ϕ : 引揚力に抵抗する土の有効角度

F_1 (=1.5) : 荷重の不確実性に対する安全率 (常時想定荷重に対してのみ考慮)

F_2 (=1.33) : 土壌の不確実性に対する安全率 (常時, 異常時想定荷重に対して考慮)

ただし $(F_1 \cdot F_2) = 2$

圧縮耐力の計算式

$$Z / (F_1 \cdot F_2) \geq \{C + (W_c + W_e)g\} / B^2$$

Z : 土の耐圧限度 (N/m²)

W_c : 基礎コンクリートの質量 (kg)

C : 鉄塔から受ける圧縮力 (N)

W_e : 基礎底面上の土壌の質量 (kg)

g : 重力加速度

B^2 : 基礎の底面積 (m²)

ここで、基礎の重量は引揚支持力に対する地盤の不確実性とは本質的に無関係なものであるため、基礎の重量自体に地盤の不確実性に対する安全率を見込む必要はない。鉄塔の安全性という観点から考えれば、地盤が十分な安全率 (常時想定荷重に対して 2, 異常時想定荷重に対して 1.33) を持っていればよく、また地盤に実際に加わる荷重は引揚力から基礎自重を差し引いたものである。

4. 関連資料

別紙 1 「実規模基礎モデルの引き抜き実験データの分析」

別紙 2 「各試験地における引揚抵抗力和引揚量」

実規模基礎モデルの引き抜き実験のデータの分析

電気協同研究会報告第 25 巻第 2 号『送電用鉄塔基礎』において行われた実規模基礎モデルの引き抜き試験結果の各試験地のデータの中から、小さな引揚力で変位が出ているケース（いずれも、引揚に対する地盤の影響範囲以上に開削して基礎を構築した後、埋戻し時の地盤の締め固めを 30cm 毎にランマー1 回を実施。）を選定して引揚抵抗力と引揚量の関係で表せば別紙 2 に示すとおりとなる。この試験結果から異常時の設計引揚力に対する変位量を見れば、下表とおり新方式を適用しても変位は十分に小さい。また、降伏支持力を変位 5mm として、これに対する裕度で見れば、実質的に新方式でも 1.33 以上となり、基礎自重を除く地盤の支持力に対する裕度で見ればさらに大きくなる。

表 異常時の設計引揚力に対する変位量ならびに変位 5mm に対する裕度

試験地	試験 ケース	① 設計引揚力 (異常時) (t)		② 基礎 自重 (t)	設計引揚力載荷時 の変位量 (mm)		③ 変位 5mm の引揚 抵抗力 (t)	変位 5mm に対する裕度			
								基礎自重含む ③／①		支持地盤単独 (③-②)／①-②	
		従来方式	新方式		従来方式	新方式		従来方式	新方式	従来方式	新方式
(A)	I-2	9.83	10.95	4.49	1 以下	1 以下	17.0	1.73	1.55	2.34	1.94
	II-2	16.88	18.11	4.89	1	2	24.5	1.45	1.35	1.64	1.48
(B)	I-2	6.52	7.46	3.76	1 以下	1 以下	17.0	2.61	2.28	4.80	3.58
	II-2	10.61	11.71	4.42	1 以下	1	21.0	1.98	1.79	2.68	2.27
(C)	I-3	12.09	13.01	3.69	1 以下	1 以下	22.5	1.86	1.73	2.24	2.02
	III-3	16.27	17.54	5.07	1	1	26.5	1.63	1.51	1.91	1.72
	IV-3	8.56	9.21	2.62	1 以下	1 以下	15.0	1.75	1.63	2.08	1.88

(注)

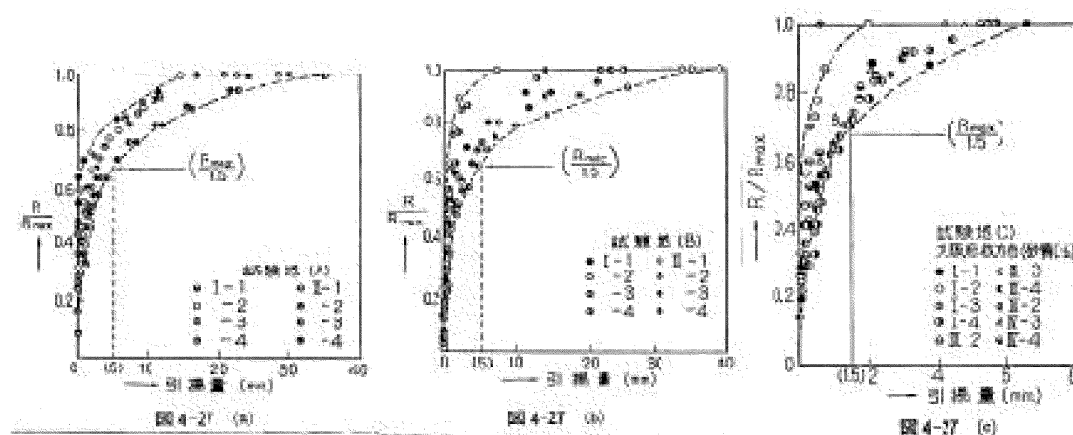
- 試験地 (A) [千葉県市原市；ローム]
 試験地 (B) [愛知県半田市；洪積粘土]
 試験地 (C) [大阪府枚方市；砂質ローム]

引揚支持力 R をそれぞれの限界引揚支持力，すなわち一定に保持できる最大引揚量 R_{max} で除した値を引揚量に対して示したのが，図 4-27 である。

この図には各種地盤に対する全試験結果が含まれており，その変位量の上下線が点線で示してあるが，何れも同一範囲内にあり，さらに R_{max} の $1/1.5$ に対応する引揚量が粘性土の A, B 試験地の場合とはともに 5mm であり，砂質土の C 試験地の場合には粘性土より非常に少なく 1~1.5mm となっている。いま限界引揚支持力が正しく評価されたとし，降伏支持力が限界支持力に対して $1/1.5$ とすると，図のように粘性土の場合 5mm 砂質土の場合 1.5mm 程度の基礎の変位を許容することになる。

本来基礎の変位量は上部構造耐力と呼応した不同変位量より定めるべきであるが，一般の送電用鉄塔基礎は鉄塔中心に対して対称に荷重が加わるので，各脚変位量は相対的な沈下と引抜けが生じる。したがって，各脚間の相対的な不同変位量は基礎単独の 5mm (粘性土) より下まわるものと判断される。

しかしながら，土の強度を期待する基礎の場合，地盤構成のわずかな相違，施工のばらつきによって各脚の挙動が異なることがあるので，上部構造はある程度の基礎不同変位を考慮して設計すべきであり，事実，送電用鉄塔の場合は若干 (単独基礎の引抜試験値最大 5mm から 2 脚間の相対的な不同変位を 3mm 程度と想定) の不同変位には十分耐えられるよう設計されている。

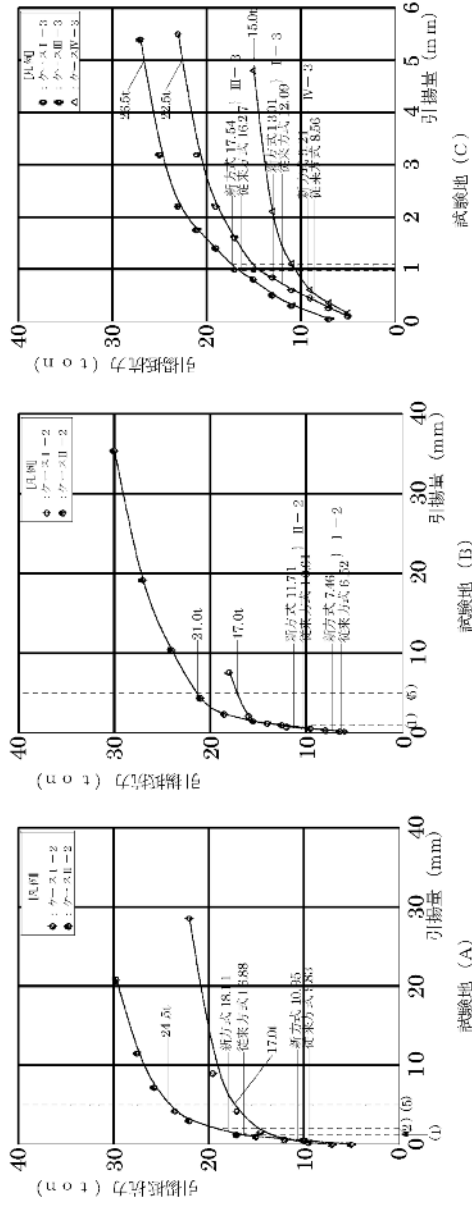


電協研第 25 巻第 2 号「送電用鉄塔基礎」における試験ケースは，以下のとおり。

I, II, III, IV : 基礎タイプ (別紙 2 参照)

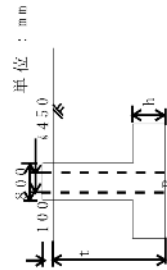
ケース 1 : 直堀の上，元地盤と床盤側面が密着するように施工。
締め固めは，30cm 毎に木ダコ 1 回。

ケース 2~4 : 引揚に対する地盤の影響範囲以上に開削。
締め固めは，30cm 毎にケース 2 はランマー 1 回，
ケース 3 はランマー 3 回，ケース 4 はランマー 6 回。
(ただし，試験地 (C) は各々 0, 1, 4 回)



各試験地における引張抵抗力と引当量
(引き揚げに対する地盤の影響範囲以上に開削、締め固めランマー1回 [30cm毎])

電協研第25巻第2号「送電用鉄塔基礎」に掲載されている基礎引張試験供試体の設計引張力



単位: mm

J E C - I 式 (従来方式)

常時: $\{\gamma_e(V_e - V_c') + V_c \gamma_e\} / 2.0$... (1)

異常時: $\{\gamma_e(V_e - V_c') + V_c \gamma_e\} / 1.33$... (2)

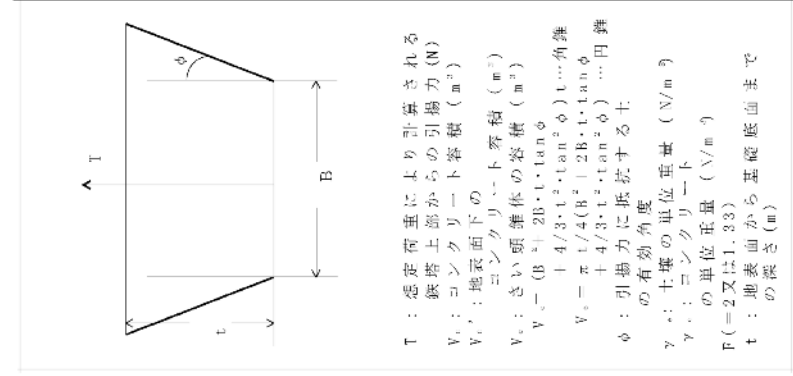
J E C - I 式 (新方式: 基礎自重から地盤の不確定性を除いた場合)

常時: $\{\gamma_e(V_e - V_c') + V_c \gamma_e\} / 1.5$... (3)

異常時: $\gamma_e(V_e - V_c') / 1.33 + V_c \gamma_e$... (4)

$\gamma_e = 2.4 t / m^3$

$V_c = (B^2 + 2B \cdot t \cdot \tan \phi + 4/3 \cdot t^2 \cdot \tan^2 \phi) \cdot t$



T: 添部荷重により計算される
鉄塔上部からの引張力 (N)

V_e : コンクリート容積 (m^3)

V_c : 地表面下の
コンクリート容積 (m^3)

$V_c = (B^2 + 2B \cdot t \cdot \tan \phi + 4/3 \cdot t^2 \cdot \tan^2 \phi) \cdot t$... 角錐
+ $\pi/4(B^2 + 2B \cdot t \cdot \tan \phi + 4/3 \cdot t^2 \cdot \tan^2 \phi) \cdot t$... 円錐

ϕ : 引張力に抵抗する土
の有効角度

γ_e : 土壌の単位重量 (N/ m^3)

γ_e : コンクリート
の単位重量 (N/ m^3)

$F (=2 \text{ 又は } 1.33)$

t : 地表面から基礎底面まで
の深さ (m)

試験地		(A)	(B)	(C)
地盤の諸元	引張力に抵抗する土の有効角度 ϕ (°)	千葉 県 市 原 市 (p-k)	愛知 県 半 田 市 (試験土)	大阪府吹方市 (試験土)
	土壌の単位重量 γ_e (t/ m^3)	20	10	30
	タイプ	1.5	1.4	1.6
基礎の諸元	t (mm)	I 型 1,500	I 型 1,500	I 型 1,500
	h (mm)	II 型 2,300	II 型 2,300	II 型 1,500
基礎の容積 V_e (m^3)	450	I 型 400	I 型 400	I 型 400
	B (mm)	II 型 1,600	II 型 1,600	II 型 1,600
地表面下のコンクリート容積 V_c (m^3)	7,716	I 型 14,198	I 型 9,377	I 型 12,696
	1,973	II 型 2,451	II 型 2,432	II 型 2,304
基礎自重 $V_c \gamma_e$ (t)	4,49	I 型 4,89	I 型 3,76	I 型 5,07
	11,26	II 型 16,88	II 型 10,61	II 型 10,85
設計引張力 (t)	6,55	I 型 4,97	I 型 7,46	I 型 8,06
	9,83	II 型 12,07	II 型 7,81	II 型 12,09
	7,30	I 型 18,11	I 型 11,71	I 型 17,54
	10,95			

日本電気技術規格委員会規格について

電気事業法に基づく技術基準は、公共の安全確保、電気の安定供給の観点から、電気工作物の設計、工事及び維持に関して遵守すべき基準として、電気工作物の保安を支えています。そして近年では、急速な技術進歩に即応した技術基準の改正や民間規格の積極的な活用により、電気工作物の保安確保はもちろん、それに係る業務及び設備の一層の効率化が求められるようになってきました。また、国境を越えた経済の発展により各国の規格についても国際的な整合が求められることとなってきました。

こうした状況を踏まえ、電気事業法に基づく通商産業省令である、発電用水力設備、発電用火力設備、発電用風力設備及び電気設備の技術基準が、平成9年3月に改正公布され同年6月から施行されました。

この改正により、それまで遵守すべき技術的要件を詳細に規定していた技術基準が、保安上達成すべき目標、性能のみを規定する基準となり、具体的な資機材、施工方法等の規定は、同年5月に資源エネルギー庁が制定した「技術基準の解釈」（発電用水力設備、発電用火力設備及び電気設備の技術基準の解釈）に委ねられることとなりました。そして、「技術基準の解釈」は、電気事業法に基づく保安確保上の行政処分を行う場合の判断基準の具体的内容を示す「審査基準」として、技術基準に定められた技術的要件を満たすべき技術的内容の一例を具体的に示すものと位置付けられています。

これにより、公正、中立かつ透明性を有した民間の委員会で制定された規格であれば、この「技術基準の解釈」への引用が可能（原子力を除く。）となり、技術基準に民間の技術的知識、経験等を迅速に反映する道が開かれることとなりました。

このようなことから、公正な民間の規格を制定する委員会として、「日本電気技術規格委員会」が平成9年6月に設立されました。この委員会は、民間が自主的に運営する委員会として、学識経験者、消費者団体、関連団体等及び幹事で構成され、下部の委員会として、関連団体で構成される事務局会議及び財務委員会、また、技術的事項を審議するための各専門部会が設けられています。

この日本電気技術規格委員会の主な目的は、

- ・電気事業法の各種技術基準における「技術基準の解釈」に引用を希望する民間規格の制定
- ・電気事業法の目的達成のため、民間自らが作成、使用する民間規格の制定、承認
- ・制定、承認した民間規格に統一番号を付与し、一般へ公開
- ・行政庁に対し、承認した民間規格の「技術基準の解釈」への引用要請
- ・技術基準のあり方について、民間の要望を行政庁へ提案
- ・規格に関する国際協力

などの業務を通じて、電気工作物の保安、公衆の安全及び電気関連事業の一層の効率化に資することとなっています。

本規格は、「電気設備の技術基準の解釈について」に引用されることにより、同解釈と一体となつて必要な技術的要件を明示した規格となっております。この規格の意義を十分にご理解いただき、電気工作物の保安確保等に活用されることを希望いたします。

規格制定に参加した委員の氏名

(順 不 同 ， 敬 称 略)

日本電気技術規格委員会

(平成10年5月29日現在)

委 員 長 関 根 泰 次 東京理科大学	
委員長代理 正 田 英 介 東京理科大学	委 員 佐々木 洋 三 (社)日本鉄鋼連盟
委 員 秋 山 守 (財)エネルギー総合工学研究所	〃 志 賀 正 明 中部電力(株)
〃 朝 田 泰 英 東京大学	〃 高 岸 宗 吾 (社)日本電設工業協会
〃 高 橋 一 弘 (財)電力中央研究所	〃 立 花 勲 (社)水門鉄管協会
〃 野 本 敏 治 東京大学	〃 種 市 健 東京電力(株)
〃 堀 川 浩 甫 大阪大学	〃 永 井 信 夫 (社)日本電機工業会
〃 渡 辺 啓 行 埼玉大学	〃 中 西 恒 雄 (社)火力原子力発電技術協会
〃 横 倉 尚 武蔵大学	〃 小 田 英 輔 (社)日本電線工業会
〃 加 藤 真 代 主婦連合会	〃 坂 東 茂 (財)発電設備技術検査協会
〃 飛 田 恵理子 東京都地域婦人団体連盟	〃 藤 重 邦 夫 (社)電力土木技術協会
〃 荒 井 聰 明 (社)電気設備学会	〃 富士原 智 (財)原子力発電技術機構
〃 内 田 健 電気事業連合会	〃 前 田 肇 関西電力(株)
〃 蛭 田 佑 一 電気保安協会全国連絡会議	幹 事 吉 田 藤 夫 (社)日本電気協会

送電専門部会

(平成10年3月26日現在)

部会長 緒方 誠一 九州電力(株)

委員 大熊 武司 神奈川大学

〃 松浦 虔士 大阪大学

〃 横山 明彦 東京大学

〃 大房 孝宏 北海道電力(株)

〃 佐久間 忠男 東北電力(株)

〃 菊池 武彦 東京電力(株)

〃 石井 明 東京電力(株)

〃 佐々木 賢次 中部電力(株)

〃 小林 郁生 中部電力(株)

〃 田村 利隆 北陸電力(株)

〃 菅田 徹 関西電力(株)

〃 朝山 修 中国電力(株)

〃 箕田 義行 四国電力(株)

委員 藤丸 昭夫 九州電力(株)

〃 岡本 東行 電源開発(株)

〃 宮道 恵司 電源開発(株)

〃 金城 満吉 沖縄電力(株)

〃 河合 英清 住友共同電力(株)

〃 杉浦 信一 日本電信電話(株)

〃 川勝 敏明 大阪メディアポート(株)

〃 緒方 清一 (株)ヒメノ

〃 小田 英輔 (社)日本電線工業会

〃 松井 宗吾 日本ガイシ(株)

〃 佐藤 亘宏 (株)バーボレーション

〃 横山 茂 (財)電力中央研究所

送電分科会

(平成10年3月19日現在)

分科会長 藤丸 昭夫 九州電力(株)

委員 澤本 敏弘 北海道電力(株)

〃 久保田 雄二 東北電力(株)

〃 山田 敏雄 東京電力(株)

〃 勝田 銀造 東京電力(株)

〃 松山 彰 中部電力(株)

〃 田村 直人 北陸電力(株)

〃 山元 康裕 関西電力(株)

〃 岡田 雅彦 関西電力(株)

〃 神垣 利則 中国電力(株)

委員 宮地 英彰 四国電力(株)

〃 友延 信幸 九州電力(株)

〃 前川 雄一 電源開発(株)

〃 宮里 市雄 沖縄電力(株)

〃 藤波 秀雄 (財)電力中央研究所

〃 北西 光雄 住友電気工業(株)

〃 島田 元生 古河電気工業(株)

〃 深海 浩司 電気事業連合会

(平成10年3月19日現在)

山室剛視電源開発(株)

上 林 昭 雄 東北電力(株)

// 神 田 次 良 (送電専門部会担当)