UDC 621.311.4.027.8

自家用超高圧変電所(その1)

Private Use Extra-high Voltage Substation (Part 1)

八島荘市*
Soichi Yashima

I. まえがき

超高圧なるものの電圧値は「高圧」,「特別高圧」のように法律上きめられたものではないが，現在国内各電力会社が採用している各種系統電圧のうち 187kV，220 kV，275kV の3種類を一般に超高圧と呼んでいる。

最近これら超高圧系統から直接受電しようという自家用変電所計画が増えて，現実に運転あるいは建設中の変電所が数例におよび当社でも日本軽金属・苫小牧工場向け設備を建設中である。

自家用における電気の使用電圧は昔も今もそれほど変らないのに，このように受電電圧と使用電圧の差が大きくなってきているのはなぜか，また，その差を埋めるべき自家用受電変電所およびその二次側工場内配電系にはいかなる責務と条件が含まれてくるかは新しい問題といえよう。

電力会社における超高圧変電所はすでに全国に約50個所存在しており，これらが自家用の超高圧受電計画に際しても当然参考になり得るが，それだけでは解決できない自家用特有の問題あるいは従来の特高受電の考え方から脱皮を要するような諸点にしぼって，幾つかの考え方と検討をまとめてみる。

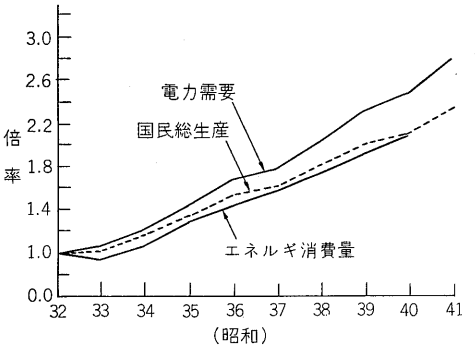
II. 超高圧受電化への傾向

自家用における受電電圧の高圧化がついに超高圧域にまで入ってきた傾向を考えれば，純粋に需要家としての問題のほかに電力会社側の事情もあるし，さらに両者にかかわった共通の理由と見られるものもあり，大きく分ければつぎの3点が挙げられよう。

1. 負荷の大容量化

一般需要家にとっての電気は各種エネルギのうちの一形態としての利用であるが，現在超高圧受電を対象として考えるような第二次産業はこれまでのわが国経済発展の過程でもその中心的役割を果してきており，これら産業における電力使用技術は著しく大形化してきた。

たとえば第1図は年度ごとのGNP，エネルギ消費量，電力需要の延び率を示すが，GNPとエネルギ消費



第1図　電力需要ほか経済指標の延び

Fig. 1. Power demand and economical index

はおおよそ比例的であるのに対し電力需要の延びは常にGNPの成長率を越えており，技術革新による産業構造の変化が電力多消費の傾向を強めてきたことがわかる。

両者を最小2乗近似して得られる関数関係からはGNP（x）に対する電力需要（y）の弾性値 $\left(\frac{\Delta y/y}{\Delta x/x}\right)$ は1.25と得られ，たとえば経済成長率 10% の年には電力需要は 12.5% の急激上昇をしてきたことを意味している．最近発表された新全国総合開発計画によれば昭和60年の経済規模は昭和40年に比べて，GNPで4～5倍，鉄鋼4倍，石油5倍，石油化学 13 倍とマクロな予想がなされ，また電力需要で5倍以上といわれている。

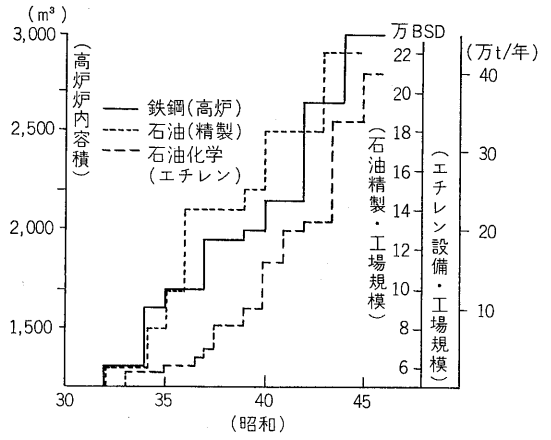
このような電力需要と一般産業との相関度を実際の数値で調べると，契約電力が 500kW を超える大口需要は 60% 以上を占めているが，さらに業種別分類をすれば第1表のとおりであり，鉄鋼業と化学工業がほぼ等しく

第1表　大口電力の業種別需要（昭和43年度）

Table 1. Classified demands of industries (large power unit)

業種	電力量(億kWh)	構成比(%)
化学工業	396	25.4
鉄鋼業	379	24.3
非鉄金属・機械	196	12.6
パルプ・紙	130	8.4
その他	457	293
合計	1,558	100.0

* 第一工業・技術部



第2図　設備規模大形化の推移

Fig. 2.　Trend to larger scale in equipment

また両者で 50% 近いこともわかる。

これら電力多消費の産業業種は分散点在する中小工場の消費電力の合計量が大きいのではなく，集中化された高密度の工場において多量の電力を必要としている結果である。

第2図は設備規模の大形化を，躍進のめざましかった鉄鋼（高炉炉内容積），石油精製），その他石油化学（エチレン設備）の例について昭和 30 年以降の推移を示したものであるが，この結果たとえば銑鋼一貫製鉄所としての最適規模は昭和 34 年頃は粗鋼 300～400 万 t /年，40年頃は 600万 t /年といわれていたが，最近は1,000万 t /年あるいはそれ以上にあらためられようとしている。

また原価構成で電気の比重が 20% 以上を占めるというアルミ製錬の新鋭工場においても，従来の5万 t /年クラスから一挙に 20万 t /年を指向するようになってきた．これらの工場規模になると現有技術での原単位（第2表）でも年間使用電力量は 40～50 億 kWh 程度に達し，変電設備容量として 500～700 MVA クラスの容量を必要としてくる。

以上のように一単位工場におけるスケールメリットを意図した大容量化が受電電圧の高圧化に影響していることは容易に想像されるが，第3表の受電電圧 110kV 以上の大口需要家統計や当社による大形設備納入先（第4表）からも判定できるところで，先にあげた鉄鋼・化学の両大口需要家に高電圧受電も集中している。

第2表　主要製品の電力原単位表（通産省40公局第601号別表より）

Table 2.　Power consumption unit for main products

種別	単位	電力量 kWh	種別	単位	電力量 kWh
石油精製	kl	15	ゴム	t	240
綿糸(20番)	t	1,430	板ガラス(並厚換算)	10^3箱	12,100
人絹糸	t	6,400	セメント	t	135
ナイロン(短繊維)	t	3,600	高炉銑	t	50
〃 (長繊維)	t	8,500	電気銑	t	2,700
パルプGP, CGP)	t	1,300	電炉鋼塊(普通鋼)	t	800
〃 (SCP)	t	600	〃 (特殊鋼)	t	900
洋紙(上質)	t	1,000	鋳鋼(平炉)	t	500
〃 (新聞)	t	600	〃 (電炉)	t	1,900
硫安(電解法)	t	3,600	フェロアロイ (FeMn)	t	3,800
〃 (ガス法)	t	740	〃 (FeSi)	t	11,000
カーバイト	t	3,300	電気銅	t	550
ソーダ(電解法)	t	3,500	伸銅	t	2,500
〃 (ガス法)	t	330	電気亜鉛	t	4,100
尿素	t	400	アルミニウム	t	18,800
セルロイド地	t	1,600	チタン(電解を除く)	t	15,000
メタノール	t	2,200	国有鉄道(電車)	10^2車km	42
塩化ビニル	t	1,400	私鉄	車km	25
ラクタム	t	5,000	都市ガス(製造)	10^3m^3	60
チップ(ナイロン)	t	1,200	〃 (高圧供給)	10^3m^3	140

第3表　わが国における大口需要家(工場単位)件数
(昭和44年1月現在)

Table 3.　Numfer of large power consumer
(Factories in Japan, as of Jan-1969)

業種別	受電電圧が110kV以上の工場	受電契約電力が100MW以上の工場	自家発，共発を含めた消費電力が200MW以上の工場
鉄鋼	19	9	7
化学	14	3	2
アルミ	7	0	1
水道	4	0	0
セメント	3	0	0
そのほか	3	0	2
合計	50	12	12

第4表　当社による大形設備納入先表

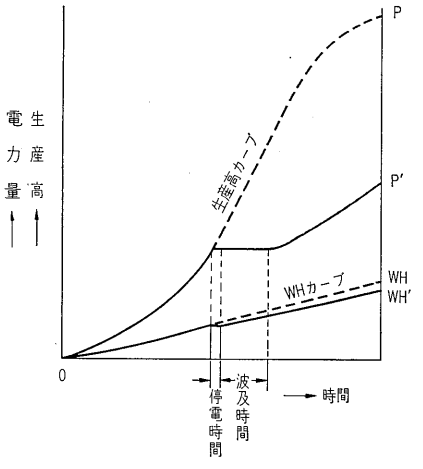
Table 4.　List of large scale equipment delivered by Fuji Electric

No.	納入年度(昭和)	会社名・納入先	所管電力会社	備考
1	27～44	富士製鉄・広畑製鉄所	関電	△
2	32～44	川崎製鉄・千葉製鉄所	東電	◎
3	32～36	東京ガス・豊洲工場	東電	△
4	33～38	トピー工業・豊橋製造所	中電	○
5	34～37	神戸製鋼・高砂工場	関電	△
6	36～44	日本軽金属・蒲原工場	中電	◎
7	36～39	住友化学工業・名古屋工場	中電	◎
8	37～44	日本鋼管・京浜製鉄所	東電	◎
9	37,増設中	愛知製鋼・知多工場	中電	○
10	39	東京都水道局・金町浄水場	東電	○
11	36～42	八幡製鉄・堺製鉄所	関電	△
12	40～44	日新製鋼・呉製鉄所	中国電力	◎
13	40～44	関東電化工業・水島工場	中国電力	○
14	40～44	日本鋼管・福山製鉄所	中国電力	◎
15	41	宇部興産・宇部窒素工場	中国電力	○
16	43～44	八幡製鉄・君津製鉄所	東電	◎
17	建設中	日本軽金属・苫小牧工場	北電	◎(超高圧)

(注)　受電電圧が110kV以上のもの○，変電設備容量が 100 MVA以上のもの△，両条件を満たすもの◎

2.　良質な電気に対する期待

電気エネルギのもつ意味は前述のように量における大容量化とともに質的な面を考えてみても重要になってき



第 3 図　停電による減産

Fig. 3.　Production decrease due to power failure

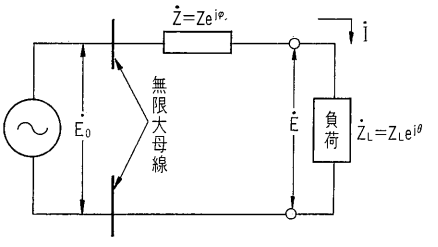
ており，不測の停電や電源の動揺が工場のオートメーション化された一貫生産体制や企業間のコンビナート体系の中で与える影響は非常に大きなものがあり，常に良質の電気を確保したいという信頼性への期待もきびしくなっている。

この場合，信頼性というものの定量的な扱かい，あるいは停電に対する経済的な評価を基準として，電源構成その他計画上への各種反映がなければならない．概念的には握するため設備費を I，その設備における停電電力量を W，その評価価値を r，とすれば系統計画としては $Y=I+r\cdot W$ を最小にすることで $dY/dI=1+r(dW/dI)=0$ すなわち $dW/dI=-1/r$ を条件とするが，これは系統における最適計画が停電評価を前提とすることを示している。

この評価方法としてはたとえば，電力原単位からの換算が考えられるが，単に停電時間中の生産ストップに止まらずプロセスの再始動による減産や装置そのものの破壊に結び付くような場合には停電の実害は非常に大きなものとなってくる．このことを図化すれば第 3 図のごとくであり，$(P-P')$ が停電時間 t による損失で $(WH-WH')$ に対する停電評価ということになるが，業種や負荷装置や発生時期によって大いに差異がでてくる。

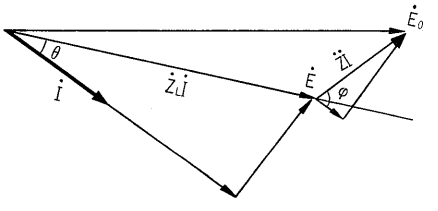
残念ながら現在のところこれらについての体系的な考察は完全なものがないが，アルミ製錬工場においては電源変圧器には必ず予備バンクを置く，製鉄所においては高炉補機回路に必ずディーゼルあるいは予備回線を確保しておく，計装が重要な化学プラントにおいては必ず無停電インバータ設備を置くといった業種ごとの停電対策としての設備基準ができつつある状況である。

一方，一般電気負荷は電圧あるいは周波数を下げると消費電力も軽減するという自己制御性をもつので，系統としての運用により電圧・周波数を犠牲にして見かけ上



第 4 図(a)　負荷と電源回路

Fig. 4. (a)　Load and source circuit



第 4 図(b)　負荷と電源ベクトル

Fig. 4. (b)　Load and power vector

の停電範囲を少なくすることも可能なのである．これらを加味したうえでの良質の電気となれば問題はますます複雑になるが，要はマクロに眺めた停電現象は負荷と電源の相対的な関係になってくるので，スケールメリットを強調した大きな負荷に対しては基本的に大きな電源を考えることが良質化の第一歩といえるのである。

そこで良質な電気としての一要素である電圧変動を負荷と電源の相対的な大きさの関係として検討してみる。

第 4 図(a)の負荷（電圧 $\dot{E}$，電流 $\dot{I}$）と電源（電圧 $\mathring{E}$）において $\dfrac{E_0-E}{E_0}$ なる値を一定値 ε' に制限するための条件を求めると，同(b)図のベクトル図より

$$\frac{E_0-E}{E_0}=1-\frac{Z_LI}{E_0}=1-\frac{Z_L}{\sqrt{(Z_L\cos\theta+Z\cos\varphi)^2+(Z_L\sin\theta+Z\sin\varphi)^2}}\leqq\varepsilon'$$

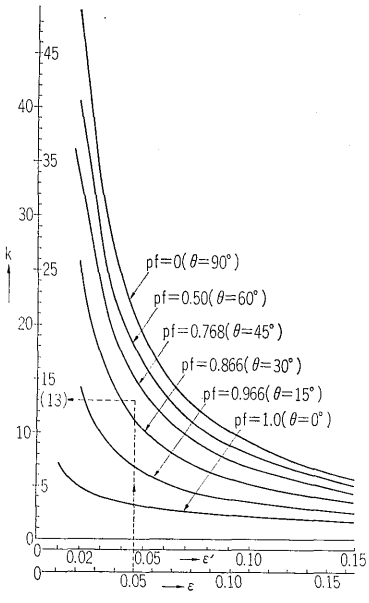
これを Z_L が正なる条件で Z について解くと，

$$Z_L\geqq Z\frac{1-\varepsilon'}{\varepsilon'(2-\varepsilon')}\{(1-\varepsilon')\cos(\theta-\varphi)+(1-\varepsilon')^2\cos^2(\theta-\varphi)+\sqrt{(1-\varepsilon')^2\cos^2(\theta-\varphi)+\varepsilon'(2-\varepsilon')}\}$$

いま，電源インピーダンスの R 分を省略すれば（$\varphi=90°$），

$$k=\frac{Z_L}{Z}\left(=\frac{\mathrm{MVA}}{\mathrm{MVA}_L}\right)\geqq\frac{1-\varepsilon'}{\varepsilon'(2-\varepsilon')}\cdot\{(1-\varepsilon')\sin\theta+\sqrt{(1-\varepsilon')^2\sin^2\theta+\varepsilon'(2-\varepsilon')}\}$$

となるので，負荷力率 $\cos\theta$ をパラメータとして $\varepsilon'-k$ を求めることができる（第 5 図）．ここで ε' の意味は絶対基準電圧 E_0 をベースとした仮の変動率とでもいうべきものであるが，一般に用いられている電圧変動率 $\varepsilon=\dfrac{E_0-E}{E}$ と比較すれば $\varepsilon=\varepsilon'\times\dfrac{E_0}{E}$ となる．E_0/E は



たとえば容量 50 MVA（pf=0.8 遅れ）の負荷運転に対して電圧変動率を5％に押えるためには $K=13$ を得る．すなわち電源（短絡）容量概数として $50\times13=650$ MVAを必要とすることがわかる。

第5図　変動率（ε, ε'）と所要電源容量倍数（K），負荷力率 pf$=\cos\theta$ をパラメータとする

Fig. 5. Voltage variation ratio and multiples of power capacity

第5表　系統電圧と電源容量

Table 5. Line voltage and back capacity

系統電圧（kV）	電源容量（MVA）
66,77	2,500, 3,500
110	5,000
154	7,500
187	10,000
220	15,000
275	25,000

第6表　電線路の事故特性

Table 6. Line failure characteristics

	系統電圧	年事故率（回/年）		平均継続時間		事故停止確率	
		夏期	冬期	夏期	冬期	夏　期	冬　期
架空線	275～220kV	1.09	0.6	5.9	0	5.05×10^{-4}	0
	154～110kV	1.75	0.52	2.95	2.91	8.85×10^{-4}	2.62×10^{-4}
	77～ 66kV	4.74	2.15	2.18	4.2	17.0×10^{-4}	17.0×10^{-4}
	33～ 22kV	8.76	4.08	1.91	2.5	34.4×10^{-4}	16.0×10^{-4}
ケーブル	77～ 66kV	0.925		153.1		111.0×10^{-4}	
	33～ 22kV	4.41		169.7		731.0×10^{-4}	

送電端と受電端の電圧比だから通常 10％ 以内と見ることができる．第5図では横軸に ε' のほかに $\varepsilon=1.1\varepsilon'$ として ε をプロットしてあるので $\varepsilon-k$ 関係を利用すれば，一般の電圧変動率との関連で所要電源容量倍数の概数を知ることができる．すなわち一定の電圧変動率に押えるということは電源と負荷の相対的関係を与えることであり，負荷条件を決めてしまえば相対値 k を大きくすること，したがって大きな電源に接続することが電圧変動の点から考えた良質化につながることになる．第5表は系統電圧と標準的な電源容量を示す。

さらに，電線路の事故特性を各電力会社の実態調査から整理した例として第6表があるが，表からわかるように電圧階級の高いものほど事故率 $\left(=\dfrac{\text{2回線あたりの}}{\text{全線路亘長}}\right.$ $\dfrac{\text{件数}}{(\text{km})}\times100$ or $\left.\dfrac{\text{1回線あたりの件数}}{\text{回線延長（km）}}\times100\right)$ は小さい．一方平均継続時間はやや大きめであるが，これらを総合した事故停止確率 $\left(=\dfrac{(\text{年事故率})\times(\text{平均継続時間})}{\text{年総時間}}\right)$ は小さくなり，良質化に適していることがわかる。

3. 電力供給事情

電力の需給関係に対処して各電力会社は長期的見通しに立った電源開発計画（これは水力・火力など発電所だけでなく，この発電力を需要場所で必要とする電気の性質に変換する送変配電設備の開発まで含めてよばれている）を実施しているが，約 10 年前に火主水従による電源確保の態勢が確立し，また最近の大火力，原子力あるいは揚水発電計画などにより電力需要に先行した電源側の近代化が進み供給予備力も充分となってきた。

したがって最近では毎年数千億円にのぼる電源開発資金のうち 50％ 程度までが送変配電網の整備拡充にあてられるようになり，効率的な電力流通設備の形成が主要目標とされている。

これの具体的実施は電圧階級の格上げ，変圧段階の整理，大容量変圧器の採用などである。

たとえば二点間（距離 l）の輸送電力（電力 P, 力率 $\cos\varphi$），その線路損失率（p）を考えると

$$\begin{cases} P=\sqrt{3}\,VI\cos\varphi \\ p=\dfrac{3I^2R}{P}=\dfrac{\sqrt{3}\,IR}{V\cos\varphi} \end{cases}$$

ただし　I：電流

R：1線あたり抵抗

で表わせられる．ここで $R=\rho\dfrac{l}{A}$（ρ：固有抵抗，A：電線断面積）を用いて R, I を消去すれば

$$P=\frac{pAV^2\cos^2\varphi}{\rho l}$$

となり，1定線路条件に対する輸送電力は電圧の2乗

第7表　送電電圧と輸送電力の比較例

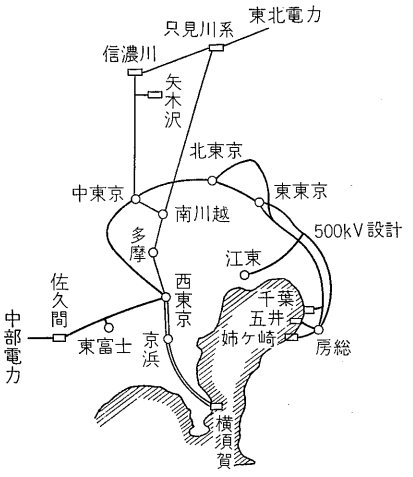
Table 7. Comparison between transmission valtage and power

送電電圧（kV）	輸送電力（MW）		
	単導体	2導体	4導体
154	60	74	91
275	190	240	290
500	—	780	960
750	—	1,750	2,160
1,000	—	3,100	3,850

に比例する（$P \propto V^2$）ことがわかる．第7表は電力会社における輸送電力試算例であるが，需要の急激な伸びに対処して原価の安い大電力輸送のために 500kV の超超高圧送電が現実的な形で指向されているゆえんであろう．このような状況から電源容量の強力な超高圧系統が次第に送配電網の中心を占めるようになり，現在線路亘長で7％変電所で約50個所，またその認可出力で 22％といわれる。

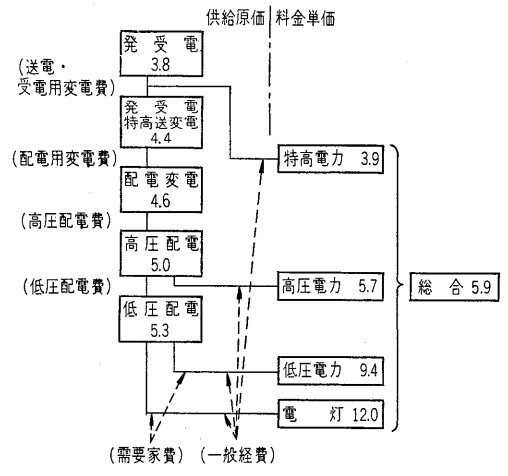
このように都市周辺，臨海地域の外輪線（第6図）と広域運営を目的とした連系線が超高圧で完成されてくると，この付近に立地した大口需要家との電力受授が在来の電圧よりも高圧化して超高圧受電という形態を採る傾向がふえてくると考えられる。

現在のところ各電力会社の電気供給規定でも最大契約電力と結びつけて超高圧電力の供給を明記してあるものはないが，この場合の料金契約はいわゆる特約扱いになるであろうし，その電気料金は総括原価の需要種別への配分の建前からいっても一次変以降の線路損失は含まれないので当然安い料金になると推定される．第7図は公



第6図　臨海地域超高圧外輪線（東京電力の場合）

Fig. 6.　Extra-high voltage line circulating on the coast



第7図　電気料金の需要種別配分例

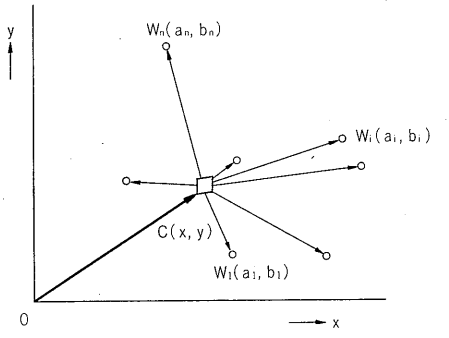
Fig. 7.　Electric rate distribution for classified demands

開された原価構成の例であり，電圧による料金単価配分が超高圧の場合にさらに有利であろうことを示している。

III.　受電変電所計画上の二，三の手法

1.　変圧器の設置位置

受電電圧と使用電圧の差は変圧器を含む工場内の配電系統で処置されなければならないが，最近は負荷の中心部まで高い電圧を持ち込み，そこに変圧器を置いて末端負荷に配電するといういわゆるロードセンタ方式が採用される．第8図は点在する各種負荷（大きさ W_i）に対してロードセンタ C を設定し，そこに開閉所 O より高電圧配電する様子を示すが，この方式は(1)設計計画が進め易い　(2)初期投資額が安い　(3)電力損失が少ない　(4)電圧変動率が小さい　(5)融通性が増す　(6)将来の増設が容易で系統が複雑にならない　などの利点が挙げられるので全設備の完成まで長期にわたる大形工場の工場配電方式として適した方法といえる。



W_i：負荷点における所要容量
(a_i, b_i)：負荷点位置
C：ロードセンタ

第8図　工場内負荷分布とロードセンタ

Fig. 8.　Load distribution in factory and load center

いま，ロードセンタなるものの具体的位置を検討してみる．この場合ロードセンタの位置が電気回路上与える構成器具の変化はほとんどないから，これは電線路費用総合における最適点の決定となる．すなわち目的関数は

$$F(x,y)=k_1 \cdot \alpha \sum^{n} W_i \sqrt{x^2+y^2} + k_2 \sum^{n} W_i \sqrt{(a_i-x)^2+(b_i-y)^2} \quad \cdots\cdots(1)$$

ただし　k_1, k_2：一次，二次配電線における送電容量単価

α：不等率　　その他：第8図参照

となる．したがって上式を最小にする $C(x, y)$ 点は $\partial F/\partial x=0$, $\partial F/\partial y=0$ を解けばよいが，n が多い時は手計算は無理で計算機に頼らなければならない．しかし上式をもっと実際的に工場レイアウト上にあてはめて考えると，負荷（W_i）とセンタ C を結ぶ電線路は，それらの平面上の最短距離 $\sqrt{(a_i-x)^2+(b_i-y)^2}$ ではなく一次元的に $\sum_{j=1}|a_{ij}-x|$ のような折線関係であり，さらに $A_i+|a_i-x|$ と考えられるケースがほとんどである。

ゆえに実用上の目的関数は式(1)の第１項の重みを$\frac{k_1}{k_2}$$\propto\Sigma W_i$ で変換してあらためて次のように考えることができる。

$$F_{(x)}=\sum_{}^{n}W_i|a_i-x| \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

いま，$a_1\leqq a_2\leqq\cdots\cdots\leqq a_{n-1}\leqq a_n$ の順序で a_i を配列すれば

$a_j\leqq x\leqq a_{j+1}$ なる x に対して

$$\begin{aligned}F_{(x)}&=\sum_{}^{j}W_i|a_i-x|+\sum_{i=j+1}^{n}W_i|a_i-x|\\&=-\sum^{j}W_ia_i+\sum^{j}W_ix+\sum_{j+1}^{n}W_ia_i-\sum_{j+1}^{n}W_ix\\&=\left(-\sum^{j}W_ia_i+\sum_{j+1}^{n}W_ia_i\right)+x\left(\sum^{j}W_i-\sum_{i+1}^{n}W_i\right)\end{aligned}$$

と変形することができる。

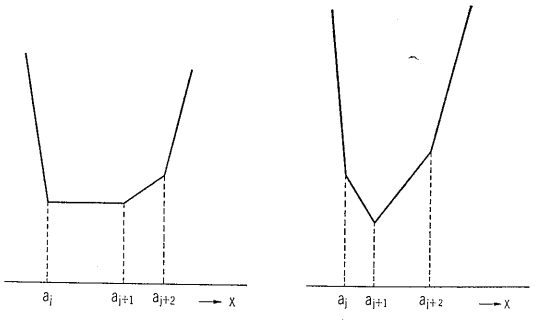
したがって $F'_{(x)}=\sum^{j}W_i-\sum_{j+1}^{n}W_i=0$ となる $i=j$ を求めれば $a_j\leqq x\leqq a_{j+1}$ で $F_{(x)}$ は最小値となる(第９図(a))。

もし $F'_{(x)}=0$ とならない場合，すなわち

$\sum^{j}W_i<\sum_{j+1}^{n}W_i$ で $F'_{(x)}<0$

$\sum^{j+1}W_i>\sum_{j+1}^{n}W_i$ で $F'_{(x)}>0$

ならば $X=a_{j+1}$ で $F_{(x)}$ は最小となる（第９図(b)）。



(a) (b)

第９図　目的関数 $F_{(x)}$ のグラフ

Fig. 9. Graphs of objective function $F_{(x)}$

以上は式(1)でわかるように電線路コストを所要負荷に比例，つまり電線断面積（A_i）を $A_i\propto W_i$ としたが，一つのロードセンタに対する負荷地域が拡がり過ぎると，たとえ通電容量はあっても負荷端での電圧降下幅が運転に支障をきたすこともあり，これを一定値で押えることが必要となる．したがって電線の個有抵抗 ρ，距離 l_i，電流 I_i とすれば $\rho\frac{l_i}{A_i}I_i\propto\rho\frac{l_i}{A_i}W_i=K$ $\therefore A_i\propto W_il_i$ であり，目的関数は

$F_{(x)}=\sum^{n}W_i(a_i-x)^2$ である。

ゆえに $F'_{(x)}=\sum^{n}W_i(2x-2a_i)=0$ とする x は

$$x=\frac{\sum^{n}W_ia_i}{\sum^{n}W_i}$$ がロードセンタとなる。

同様に線路損失合計を最小にすることを条件とした場合には，各線路損失率が等しいときであるから

$\rho\frac{l_i}{A_i}I_i^2/W_i\quad\propto\rho\frac{l_i}{A_i}W_i=K\quad\therefore A_i\propto W_il_i$ となり前のケースと同じくなる。

さらに各負荷の大きさに比べて短絡容量が大きいときは通電容量とは無関係に電線太さを選ばなければならないから，この場合には $F_{(x)}=\sum^{n}C|a_i-x|$ である．これは式(1)の特別の場合に相当するから，前の手法と同じように $a_1\leqq a_2\leqq\cdots\cdots\leqq a_n$ と配列して解けば $j=n/2$ なる j が存在すれば $a_j\leqq x\leqq a_{j+1}$ で $F_{(x)}$ は最小となる．また，もし $i=j$ で $2j-n<0$, $i=j+1$ で $2j-n>0$ ならば $F_{(x)}$ は $x=a_{j+1}$ で最小となる。

以上，用語としてよく用いられている「ロードセンタ」は負荷だけでなく電源を含む系の重心であり，具体的な位置決定の方法を検討したが，第８表はこれらを整理した結果である．現実の選定は①②③のいずれかに限定されるのではなく，たとえば①の方法を基準にし特定負荷に対して②あるいは③の制限条件を加味して決定するという考え方の組み合わせが必要になるであろう。

第８表　ロードセンタの位置

Table 8. Location of load center

電線太さ(A_i)	① $A_i\propto W_i$	② $A_i\propto W_il_i$	③ $A_i=C$
考え方	負荷容量基準	(A)電圧降下制限 (B)線路損失最小	短絡容量基準
目的関数	$\Sigma W_i\|a_i-x\|$	$\Sigma W_i(a_i-x)^2$	$\Sigma\|a_i-x\|$
ロードセンタ	$\sum^{j}W_i-\sum_{j+1}^{n}W_i=0$ とするような $i=j$ に対して $a_j\leqq x\leqq a_j+1$	$x=\frac{\Sigma W_ia_i}{\Sigma W_i}$	$j=\frac{n}{2}$ とする $i=j$ に対して $a_j\leqq x\leqq a_j+1$

2. がいしの塩じん害対策

変電所に課せられた責務は前記のように単に供給出力という量の問題だけでなく，質の面が強く要求されるようになっているので，従来ならばあきらめ，あるいは見過してきた諸点もあらかじめ検討の対象として考慮しなければならない。

たとえば風雨，積雪，雷，洪水，塩じん埃，霧，特殊発生ガスなどによる不測の停電障害や，停電を必要とする回復操作が工場生産に与える影響である．なかでも海岸立地の工場変電所においては，がいし類の塩じん害対策が重要な対策の一つであり，とくに昭和36年の第２室戸台風による送電線や変電所の全国的な塩害停電事故を契機として，以後建設された臨海工業地帯の変電所ではそのほとんどになんらかの耐塩害対策が構じられることになった。

この方法を大別すると，がいし類の絶縁強化によるものと保守面での対策を考えるものとに分れるが，たとえ

汚損程度は少なくてもそれが除去されることなく累積していくケースを考えると，前者の過絶縁方式は経済性を無視した問題になるので，一般的には保守面でなんらかの考慮が払われるのが普通である。

この方法としては

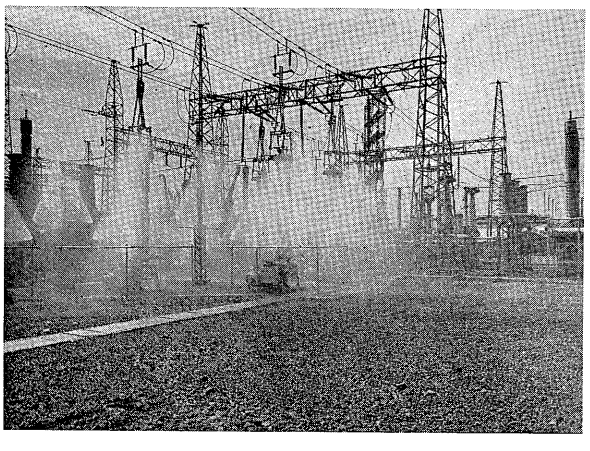
(1) シリコンコンパウンド塗布

(2) 活線注水洗浄

(3) 屋内式などのしゃへい式

があげられるが，(1)は実施上の種々の制約のためにまだ研究段階というべきで，既設設備への応急対策あるいは活線洗浄が危険な避雷器に対する局部的な利用しかなされていない。

(2)の活線注水洗浄（第 10 図）は噴射ノズルの形状でジェット式やスプレー式が，装置として固定式や移動式があって現在まで多数採用され塩じん害対策の有効な一助となっている．しかし季節風や台風のような強風下の急激汚損時には 1 時間で 0.05 mg/cm² 程度の塩分付着をするともいわれ，



第 10 図　活線注水洗浄（日本鋼管・京浜製鉄所中央変電所）

Fig. 10. Water spray on live line

(1) 汚損量は洗浄管理限界内にあるか？

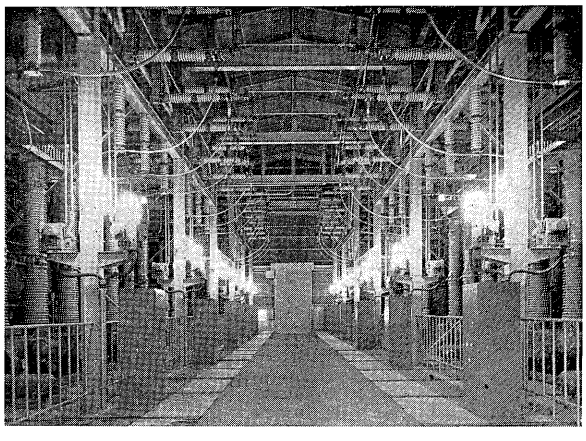
(2) がいしへの注水効果はどうか？　またその洗浄効果は期待できるか？

(3) 隣接がいしへの影響はどうか？

といった運用上の諸点を充分掌握しないと，活線注水がまったく逆効果となって注水のためにせん絡事故をおこすこともあり得る．すなわち活線注水洗浄の運用は複雑多様な気象現象とからみ合ったむずかしい一面をもっているので，最近では単にがいしを直接水洗するという考え方だけでなく，汚損の雰囲気を作らないという考え方を加えてウォータカーテンや防潮網あるいはしゃへい壁の設置を併用するケースも現われてきた。

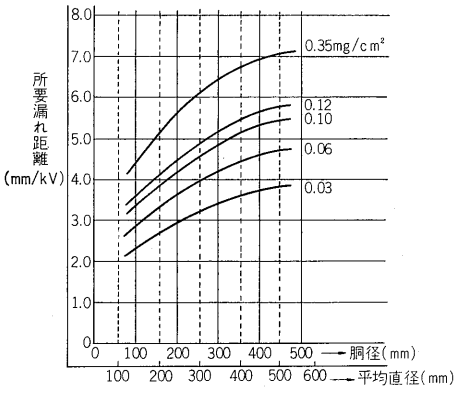
以上のように変電所の質的責務強化は活線注水洗浄の性格を変えつつあり，後記するような屋内式やキュービクル式の採用となる。

屋内式にした場合には一たんがいしに付着した塩じん埃は雨水による自然洗浄を期待できないから，たとえその量は少なくても汚損管理の目安を立てて一定周期での停電によるがいし掃除を考えておかねばならない．過去の例によれば年間の汚損量の最大は0.03 mg/cm² という数字もあるが，特定場所での特定条件の結果であってまだ測定データは豊富とはいえない．最近の無窓屋内式の密閉構造でかつ除じん器付き押し込みファンによる内圧を上昇させるようにすれば上記の値は恐らく半減し，また汚損も出入口部分などに局限されるであろう（第 11 図）。



第 11 図　屋内式密閉構造変電所（日本鋼管・福山製鉄所中央変電所）

Fig. 11. Closed construction indoor substation



第 12 図　がい管類の所要漏れ距離（電協研第 20 巻第 2 号による）

Fig. 12. Required creeping distance of insulators

一方，屋内湿潤状態でのがいし汚損せん絡特性はこれも資料としては不足しているが，電協研の等価霧中耐電圧特性（第 12 図）にくらべると楽な方向であり所要漏れ距離は胴径の太いもので 60～65%，普通のもので 75%の換算率でよいといわれている。

以上を総合すれば，屋内密閉式の場合にはがいしの格上げは行なわなくてもその汚損管理は 1 年以上に 1 回という基準が採れるといえる。　（以下次号に続く）

＊本誌に記載されている会社名および製品名は，それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。