

発電所における電力用変圧器の騒音とその対策

Power Transformer Noise and Its Prevention and Countermeasure at Power Station and Substation

野 田 健 裕*
Ken'yū Noda

内 容 梗 概

多数の大容量変電施設が都市の近郊あるいはその中心近くに設けられるようになって、電力用変圧器の騒音に対する付近の住民からの苦情も増加しており、発電所の建設にあたって変圧器騒音の対策が不可欠のものとなってきている。

しかし騒音問題は物理的、生理的、心理的、ひいては社会的な諸要素の複雑な組合せであり、そのうちのどれひとつをとってみても未解明の問題が山積している。このためか一般の技術者にとっては難解なものと考えられる傾向があるが、本稿ではこれらを整理し、発電所の計画にあたって考慮すべき重点要素とその実際的な取り扱いについて述べ、問題の合理的解決の指針としたい。

1. 緒 言

公害の対策が叫ばれているおり、電力用変圧器の設置にあたっては、その騒音が付近の住民に与える害について十分に検討を加えて対策を行ない、苦情の発生がないようにしなければならない。

いかなる騒音が人間に害を与えるかについては、音の強さや音の大きさのみに関係するものではなく、音の性質、周囲の状況、人間の心理的状态などによって異なってくる。したがって苦情の発生がないようにするための民家付近における変圧器の適正騒音値については、なかなか複雑な問題があり、今まではっきりとした数値もなく、また求める方法も確立されていない状態である。

次章以下では、騒音問題の一般的解説に始まり、変圧器騒音の評価について、ISO (International Organization for Standardization) の会議で提案された騒音評価数 N (Noise Rating Number) を用いて評価し、またアメリカにおける変圧器騒音に対する苦情発生例と比較することによって、民家付近における変圧器の適正騒音値を提案したものである。さらにそのような騒音値にするために、変圧器および、発電所における騒音対策の概略を記すとともに、より経済的な対策方法について述べる。

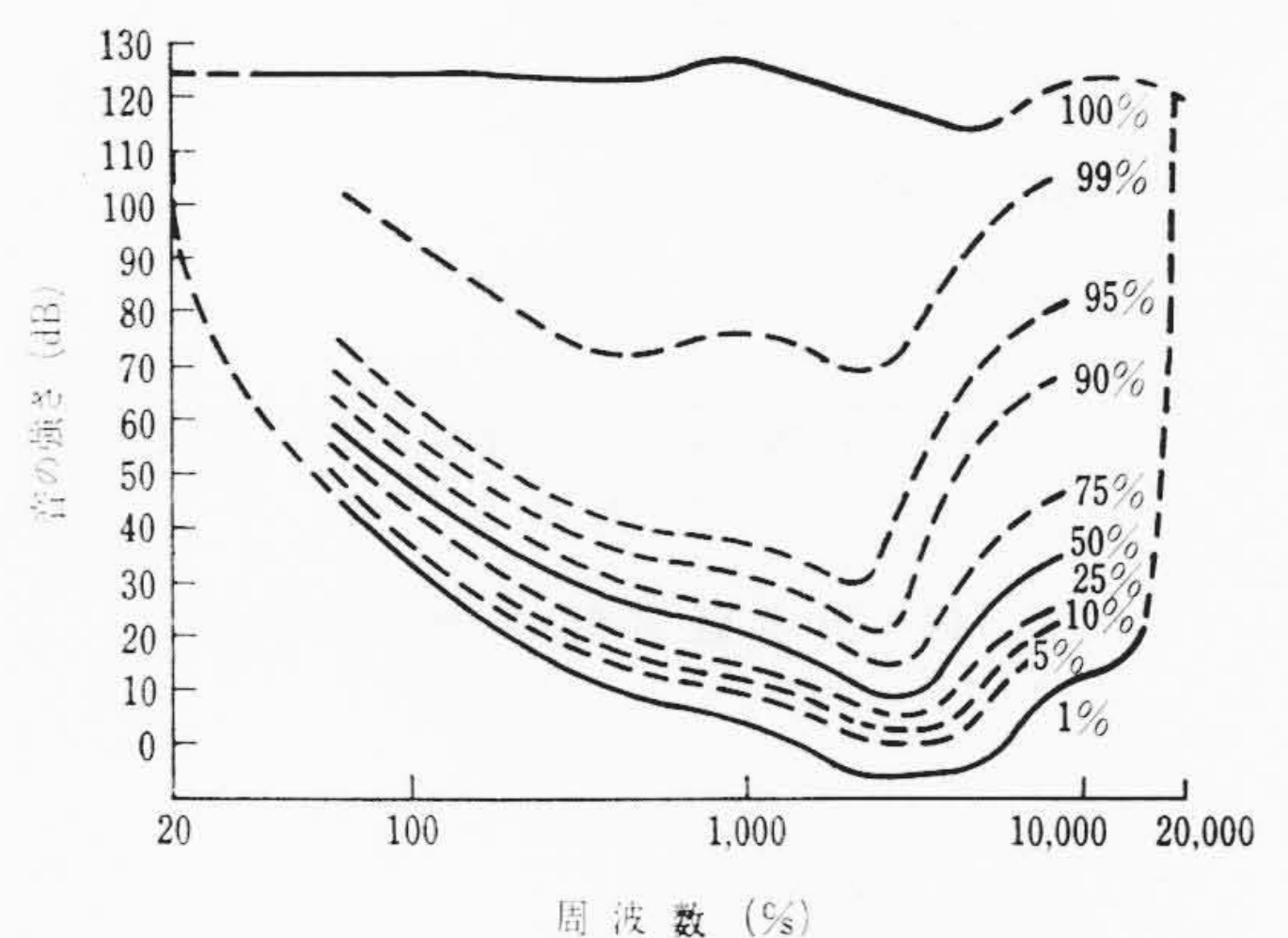
2. 騒 音 の 害

騒音の定義は一口に言えば「不快な音」であり、あってはならない音、無いほうがよい音、じゃまになる音などすべて騒音である。したがって同じ音でも神経質な人、楽天的な人、あるいは聞くときの条件などによって騒音になったりならなかったりする。このように騒音は非常に主観的なもので騒音問題を物理的に判定することはきわめて困難である。変圧器の音の場合も付近の多くの人々に種々の条件で影響を与えるので、「音すなわち騒音」と考え、一般の騒音と同様に評価しなければならない。

騒音の害としては、次の五つの項目をあげることができる。

- (1) 非常に大きい音による聴力の減退。
- (2) うるささの感じから、精神的苦痛をおぼえる生理的影響で、消化器、呼吸器、循環器、神経系統などに一時的または、永久的障害を与える。
- (3) 会話や聴取の妨害。
- (4) 不快さの感情などから生ずる純心理的影響で、事務や作業の能率の低下、および勉強や睡眠の妨害による健康の阻害。
- (5) 家畜に与える影響。

* 日立製作所国分工場



第1図 アメリカ公衆衛生局で測定した可聴域
図中に示す%は、統計的にその%の人々の可聴域を示す。

変圧器の音の影響の中でもっとも重要なものは、第4,5項で、いららして落ち着けないとか眠れなくてノイローゼになる。また、にわとりが卵を産まなくなったなどの苦情がある。変圧器の音については、住民が特別に注意を払うことがあり、このような場合にはほとんど聞こえないような小さな音に対しても感情に影響を与え、睡眠のじゃまになるなどの苦情が出ることもある。

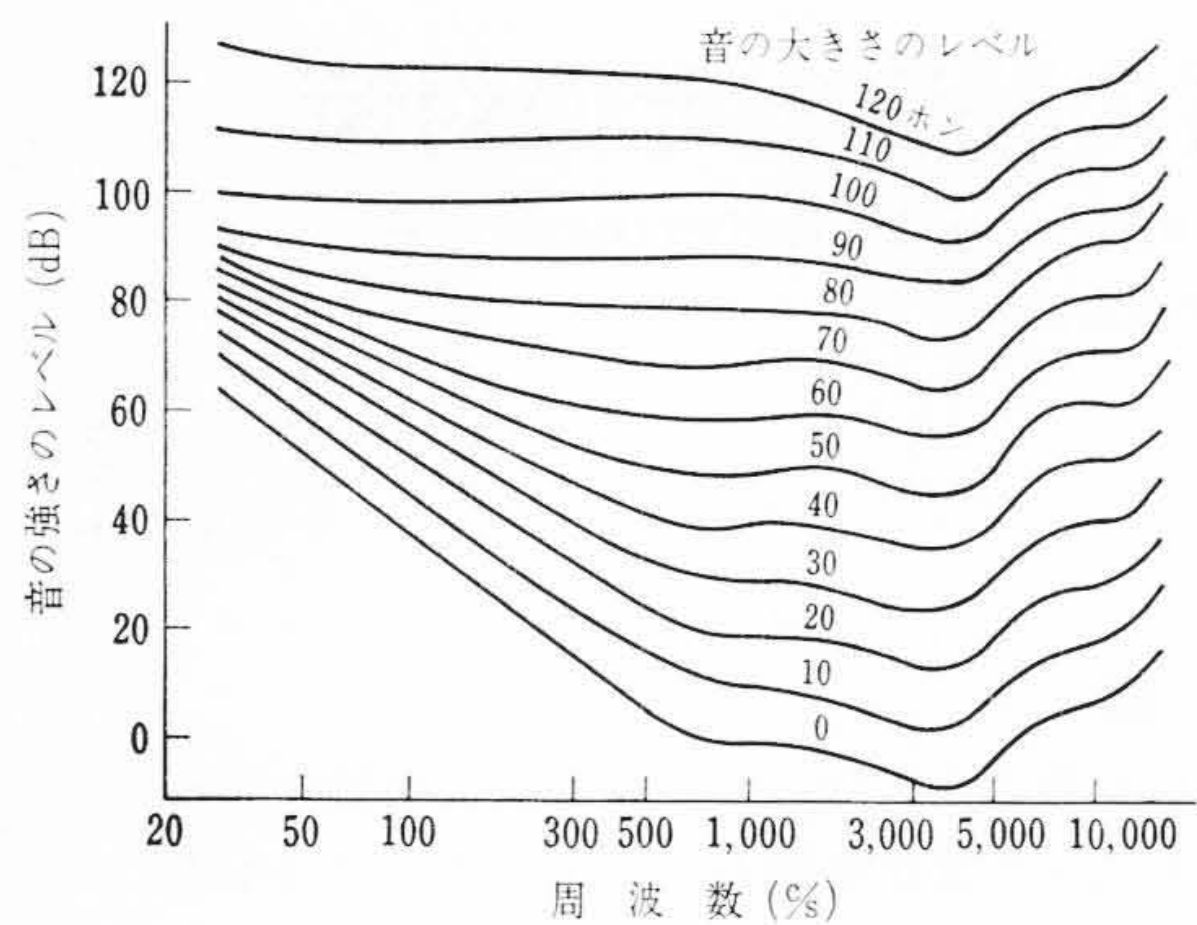
3. 音 響 生 理

3.1 可 聴 域

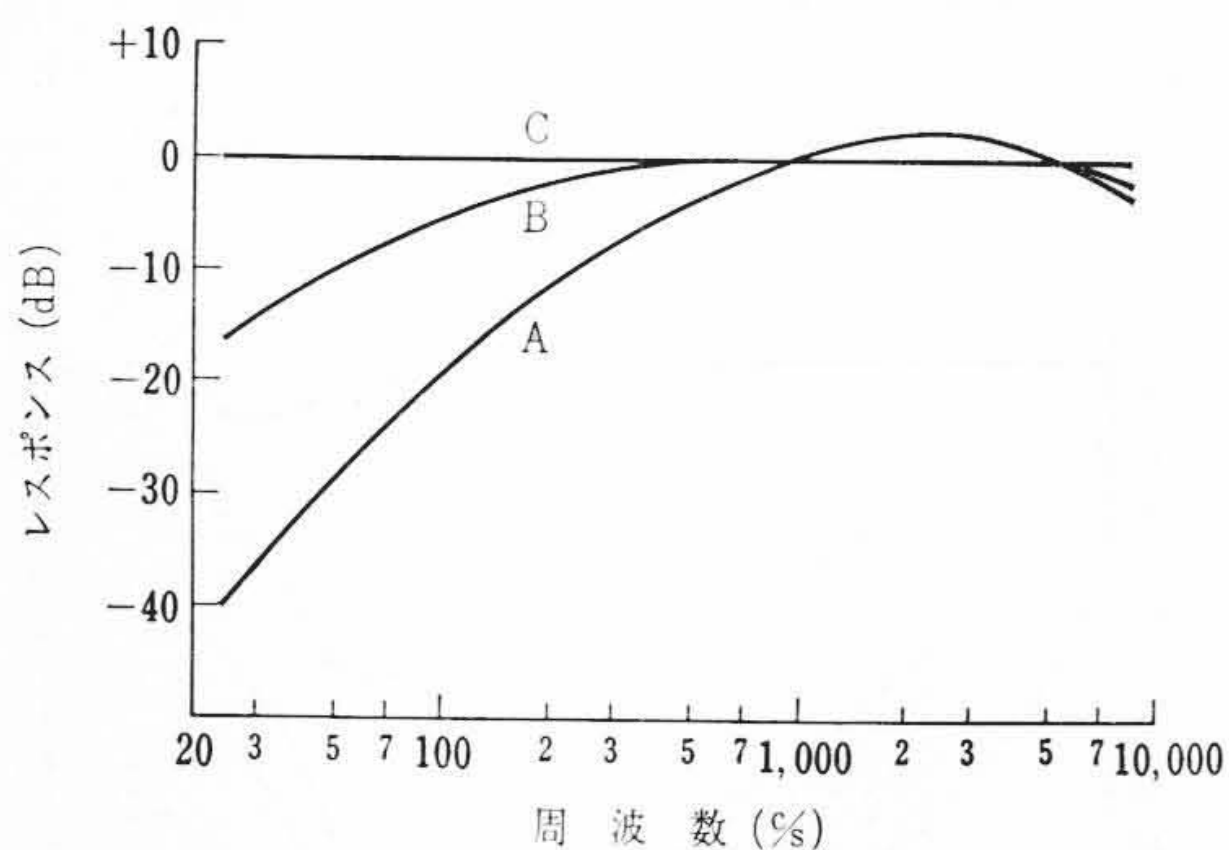
聞こえる最も周波数の低い音を最低可聴限、そして聞こえる最も音の強さの小さい音を最小可聴限という。可聴域の最小値が可聴限である。可聴域の一つの例としてアメリカ公衆衛生局 (U. S. Public Health Service) が行なった調査の結果を第1図に示す。

3.2 音の強さと大きさ

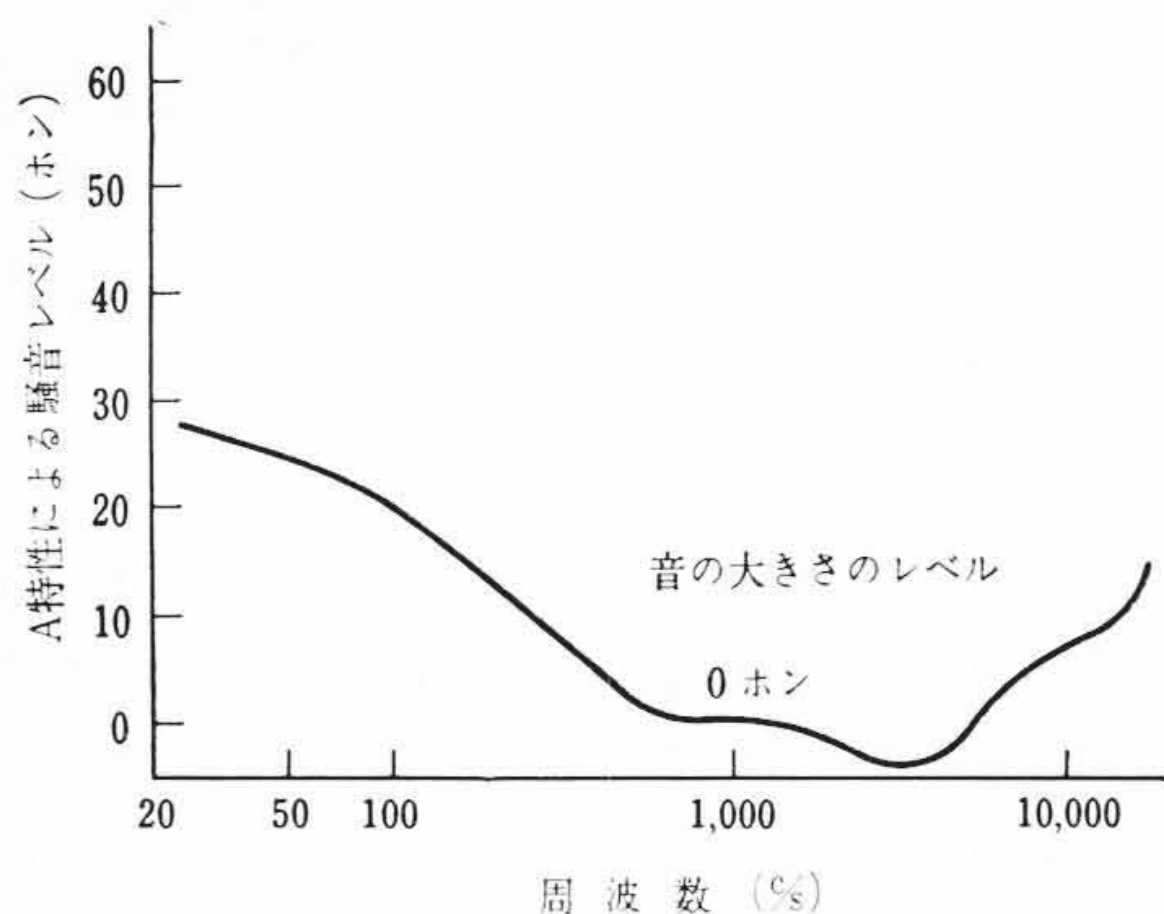
音の大小を、音のパワーの対数比で表示するレベルを強さのレベルといい、1,000 c/s の純音と同じ感覚を与えるレベルを音の大きさのレベルまたはラウドネスレベルという。強さのレベルの単位はdB、ラウドネスレベルの単位はホンである。強さのレベルとラウドネスレベルの関係を第2図に示す。この曲線はフレッチャー・マンソン (Fletcher-Munson) 曲線とよばれている。第2図において、1,000 c/s の純音の強さのレベル 0 dB は最小可聴限の値にしてあるので、等ラウドネス曲線において0ホンの曲線は最小可聴限を示している。この最小可聴限は第1図と比較して、1%の可聴限と概略一致する。



第2図 音の強さのレベルと等ラウドネス曲線 (Fletcher and Munson 曲線)



第3図 指示騒音計の周波数特性



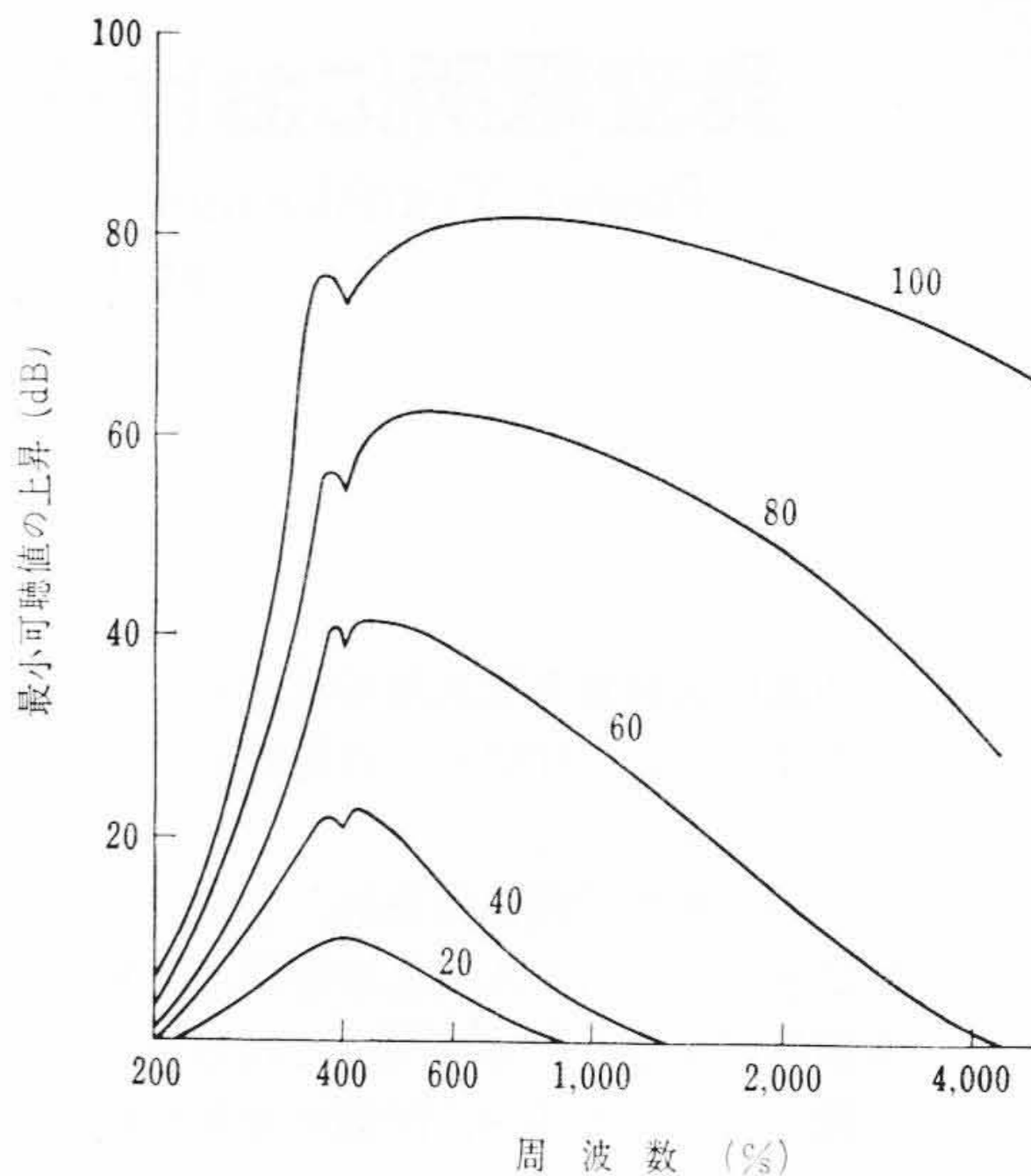
第4図 騒音計のA特性による騒音値と最小可聴限

われわれが騒音測定に使用する指示騒音計⁽¹⁾は、C特性による測定値が音の強さのレベルを表わすし、B特性、A特性によって、近似的にラウドネスレベルを測定できるようになっている。A特性は、音の大きさ40ホン、B特性は70ホン付近の耳の特性を代表していて、それらの周波数特性を第3図に示す。変圧器の音はすべてA特性で測定することになっている。

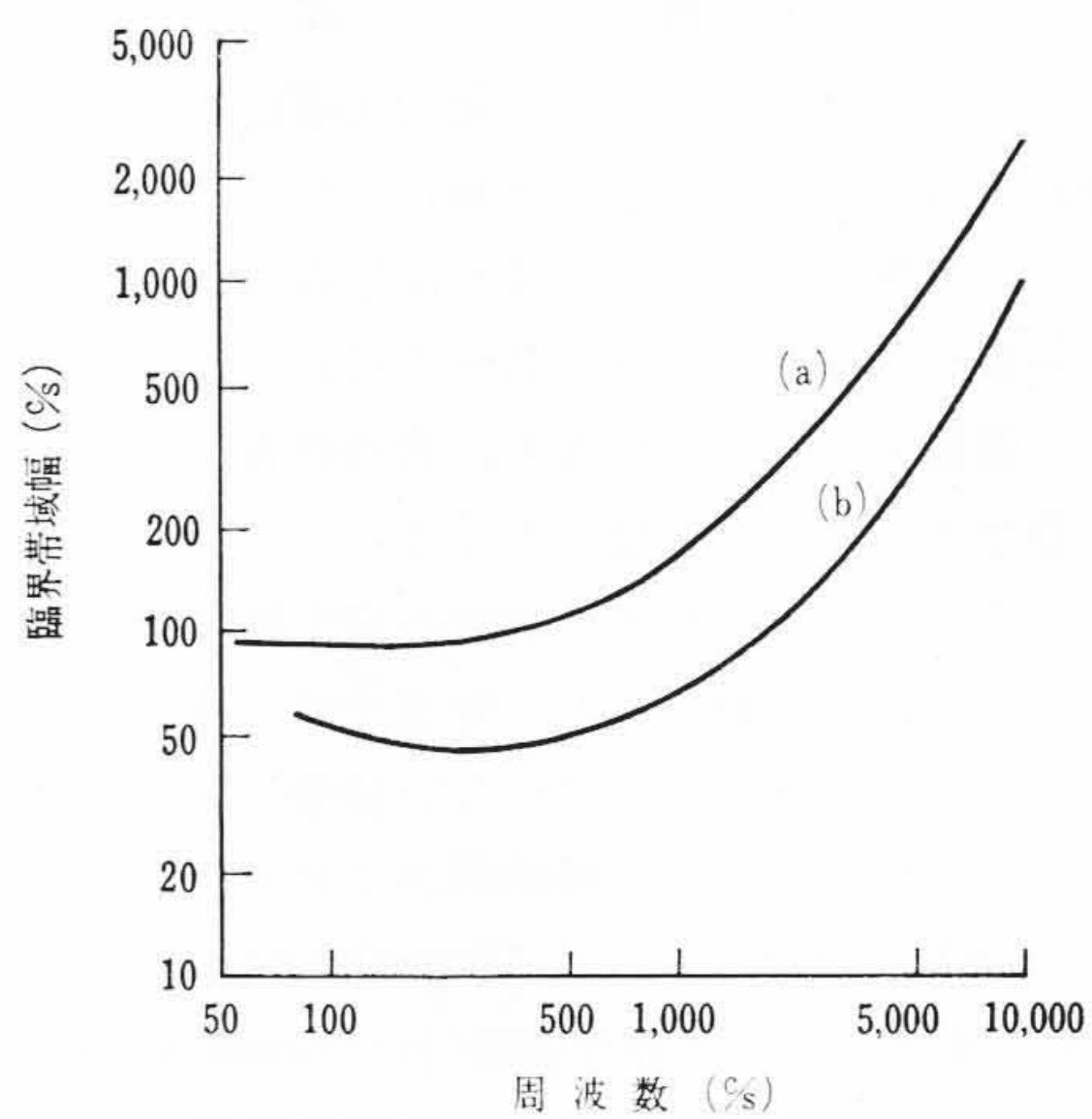
A特性による騒音値と最小可聴限の関係を求めると第4図のようになる。この図よりA特性で測定した100 c/sの騒音が20ホンであれば、われわれは聞くことができないことがわかる。

3.3 マスキング

あたりの騒音が大きいと、大きい声で話をしなければ聞きとれない。このようにある音の最小可聴限が他の音が存在することによって高くなる現象をマスキング効果という。そして他の音である音を聞こえなくすることをマスクするという。マスキング量とはマスクする音(マスキング音)のために、マスクされる音(マスキ音)の最小可聴限が高くなる量で、これをdBで表わしたものである。



第5図 純音同志のマスキング
400 c/sのマスキング音が曲線上に記入したdB数だけある時、マスキ音の最小可聴値がどれだけ上昇するかを示している。



第6図 臨界帯域幅
(a): Zwicken氏による (b): Fletcher氏による

(1) 純音による純音のマスキング

純音による純音のマスキング量の例を第5図に示す。一般にマスキ音はその音より周波数の高い音に多くの影響を与える。

(2) 雑音によるマスキング

純音による純音のマスキングは、マスキ音がその音よりも高い音に対して、広い周波数にわたって影響を与えるのに比べて、雑音による純音のマスキングは、耳にはある音を他の音と区別し、その音の付近だけを取り出して聞く能力のために、雑音の周波数帯域付近に限られている。ある純音を雑音がマスクする大きさはその純音の周波数を中心とした耳の帯域幅内に含まれる雑音のエネルギーと等しい大きさとなる。この帯域幅を臨界帯域幅と称しそれを第6図に示す。

いま、マスクされる純音の強さのレベルを β_m 、雑音の1サイクルあたりのレベルを B_N とし、臨界帯域幅のdB表示を k とすると

$$\beta_m = B_N + k \dots \dots \dots (1)$$

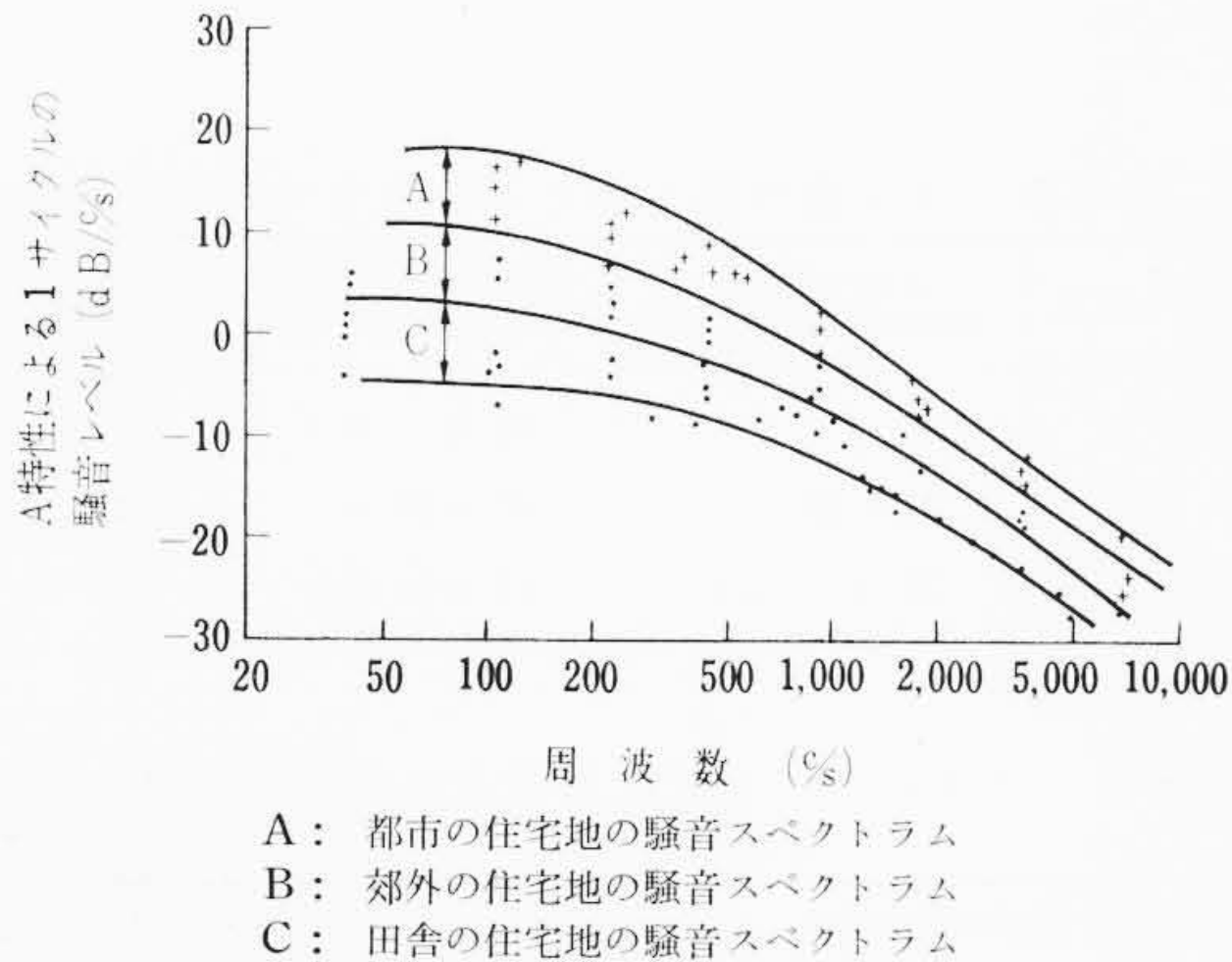
なる式が成り立つ。

4. 変圧器の民家付近の適正騒音値

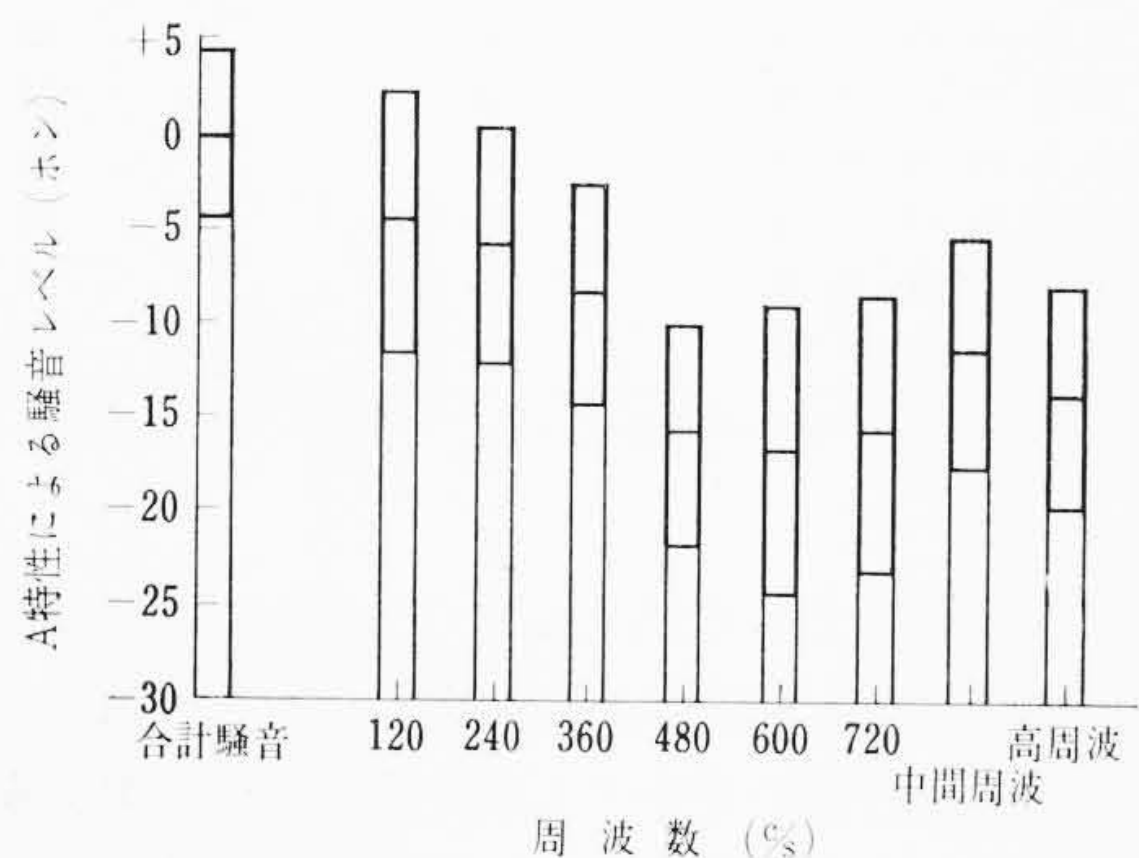
変圧器の騒音に対する苦情をなくするためには、変圧器の音を聞こえなくすればよいのであるが、これは容易なことではない。発生源より見れば、大きな音を出すほうが、安価であり、騒音が人間に与える影響を正しく評価し、苦情が発生しないなるべく大きな騒音

第1表 A特性にて測定した住宅地の夜間の屋外の暗騒音レベル

	範 囲 (ホン)	平 均 (ホン)
田舎の住宅地	28 ~ 33	30
郊外の住宅地	33 ~ 38	35
都市の住宅地	38 ~ 43	40



第7図 夜間の屋外の暗騒音のスペクトラ



第8図 変圧器の騒音スペクトラ

(合計騒音値を0ホンとし各周波数の騒音値をそれに従って表示したものである)

値をつかむ必要がある。

4.1 暗騒音による変圧器騒音のマスキング

変圧器の音を聞こえなくするためには、変圧器の音を最小可聴限以下にすればよい。しかし世間には暗騒音(変圧器以外の音)があり変圧器騒音の最小可聴限は上昇する。

(1) 暗騒音の大きさ

アメリカで調査した三つのタイプの住宅地における夜の屋外の暗騒音の値を第1表⁽²⁾に示す。またこの場合の騒音の1 c/s幅あたりの騒音レベル(A特性による)のスペクトルを第7図⁽³⁾に示す。暗騒音が100, 200, 300 c/sの周波数の音をマスクできる大きさは、都市の住宅地域では(1)式を用いて、次のようになる。

臨界帯域幅は Fletcher の仮設によれば100~1,000 c/sあたりまで約50 c/sとみなしうるのでこれをdB表示すれば

$$k \approx 17 \text{ dB}$$

を得る。第7図から100, 200, 300 c/sに対するそれぞれの B_N を13ホン, 12ホン, 10ホンとすれば、 β_m は

$$100 \text{ c/s に対して } 13 + 17 = 30 \text{ ホン}$$

$$200 \text{ c/s に対して } 12 + 17 = 29 \text{ ホン}$$

$$300 \text{ c/s に対して } 10 + 17 = 27 \text{ ホン}$$

となる。これより対数的に合成して合計マスク量とすれば、マスク量はA特性で34ホンとなる。

(2) 暗騒音による変圧器騒音のマスキング

変圧器の音のA特性による周波数分布の例を第8図⁽³⁾に示す。この図から変圧器の音は、ほとんど120 c/sから360 c/sまでの音

第2表 夜間、変圧器の音が暗騒音によってマスクされる限界の一般的騒音値

	A特性による 変圧器の騒音 (ホン)	A特性による 暗騒音の騒音値 (ホン)
田舎の住宅地	24	30
郊外の住宅地	29	35
都市の住宅地	34	40

第3表 東京都の騒音条例の要点

区 域 別	一 般 騒 音 (ホン)			拡声放送(ホン) 音源の真下から 10 m で 午前 8.00 ~ 午後 7.00
	午前 8.00 ~ 午後 7.00	午前 6.00 ~ 午前 8.00 午後 7.00 ~ 午後 11.00	午後 11.00 ~ 午前 6.00	
第1種 住居専用地区 文教地区	50	45	明らかに きこえる音 を出しては ならない	60
第2種 普通の住宅地域 緑地地域	55	50		60
第3種 商業・準工業地 工業地域	60	55		60
第4種 上記で11 m幅以 上の道路から 10 m 以内の地域	65	60		65
第5種 特に指定した繁華 街、交通の激しい 道路から10m以内	70	65		75

波のみによって成り立っているとみなしてよい。また、第7図と第8図を比較して、400 c/sあたりまでの騒音の周波数分布において、変圧器と暗騒音が同じ傾向を示している。このことより、基本波から第3高調波まで(120 c/sから360 c/sまで)の変圧器の音がそれぞれちょうど暗騒音によってマスクされる値と等しいと仮定し、また、変圧器の音は第3高調波までとれば、ほとんど全騒音エネルギーを含んでいるとみなくてよいので、変圧器の音が暗騒音によってマスクされる大きさは(1)式を使って前項と同じ方法で求めることができる。この仮定のもとに三つのタイプの住宅地における変圧器騒音が暗騒音にマスクされる大きさを求めると第2表のようになる。

4.2 騒音 条 例

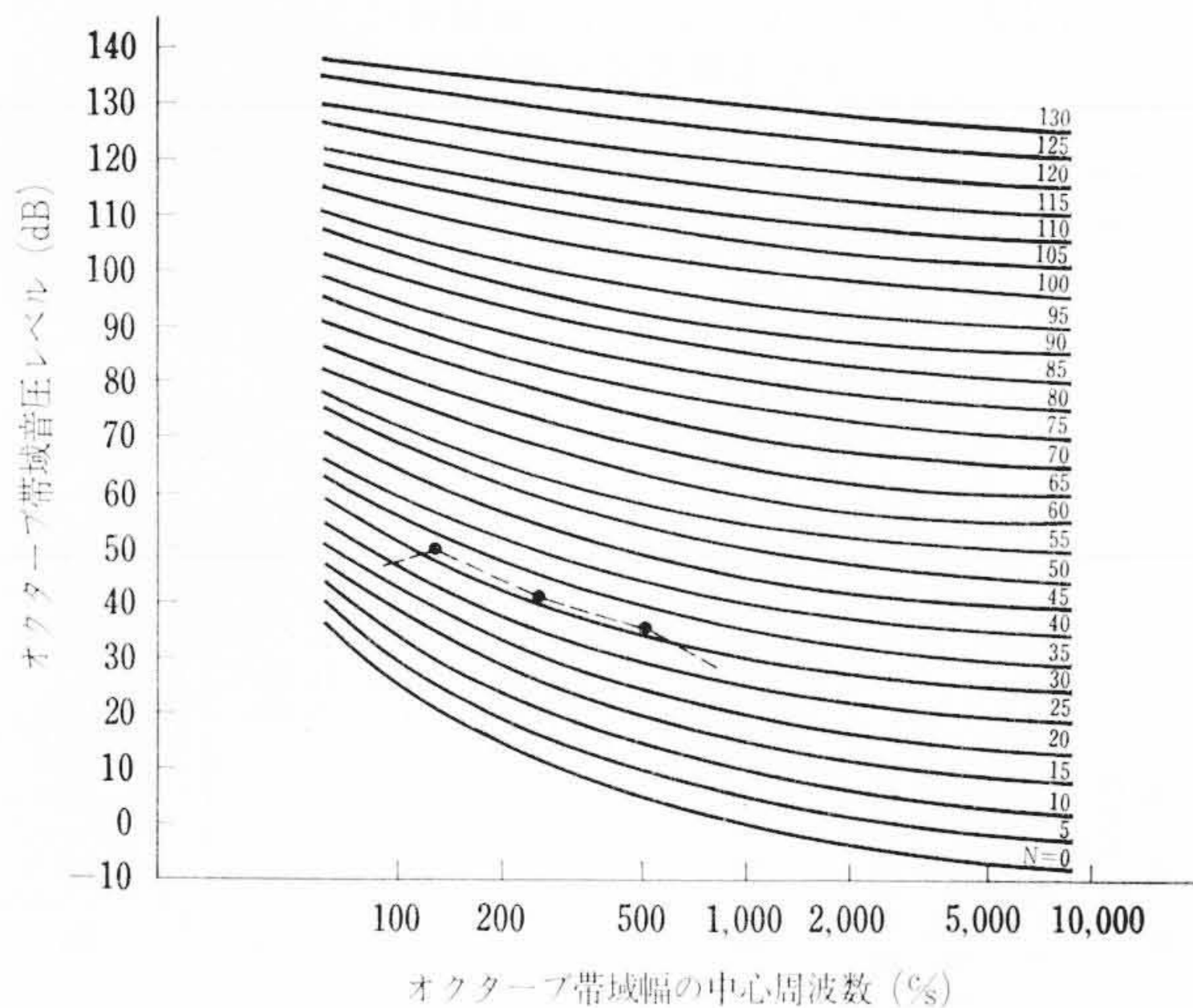
騒音の公害を防止するために多くの都市に騒音条例が制定されている。その代表的なものとしては第3表のように、東京都の騒音条例⁽⁴⁾がある。この騒音条例は、指示騒音計の読みによって騒音を評価している。

騒音計による測定は非常に簡単であり、またその読みはそのまま近似的に音のラウドネスレベルを与えるので、騒音を概略評価するには非常に便利である。しかし人間に影響を与えるのは音の大きさではなく、音の主観的なうるささである。したがってこの条例は、人間に与える影響に対して、必ずしも合理的に定められたものではない。変圧器の民家付近の騒音目標値として、この条例を適用した場合、午後11.00~午前6.00の間には明瞭に聞える音を出してはならないとあり、具体的な数値の指示はなく、この条例によりこの時間内の許容騒音発生量を決定することはできない。

4.3 騒 音 の 評 価

騒音の影響を評価するのに最も合理的な方法は音のうるささのレベル PNL (Perceived Noise Level) を用いる方法である。しかし PNL の計算方法はめんどろでありまた騒音対策をするのに便利でないので、ここでは1961年にヘルシンキで開かれた ISO (International Organization for Standardization) の会議で提案された騒音評価数 N (Noise Rating Number) を用いる方法について述べる。

まず騒音をC特性によってオクターブ帯域分析器で周波数分析する。その結果おのおのの帯域幅内のC特性の音圧レベルを第9図の相当する部分に書き込み(ここでは同図に点線で点を結んで例示してある。この例はA特性による合成騒音値が37ホンである変圧器の騒音スペクトルをC特性で記入したものである)、この点がNをパ



第9図 騒音評価曲線

第4表 N数の補正のための数値

N 数 の 補 正 値						
ノイズのスペクトル	純音	+5	慣	れ	慣れていない	0
	広帯域ノイズ	0			少しなれている	-5
衝 撃 性	インパルス性	+5			非常になれている	-10
	非インパルス性	0				
くりかえし（ノイズが約0.5分つづくものとして）	連続および1分		時 間 季 節	星 間 だ け		-5
	1回まで	0			夜 間	+5
	1時間あたり				冬	-5
	10～60回	-5		夏	0	
	1～10回	-10	地 域 差	田 舎		+5
	1日あたり				郊 外	0
	4～20回	-15			都市住宅地帯	-5
	1～4回	-20			軽工業地帯	-10
1回だけ	-25		都市内部	-10		
			重工業地帯	-15		

第5表 住宅地帯の屋外のN数と公衆の反応

補正済みN数	反 応 の 予 想
40 以下	反 応 な し
40 ～ 50	散 発 的 な 苦 情
45 ～ 55	広 範 囲 の 苦 情
50 ～ 60	地 区 活 動 の き ざ し
60 以上	強 力 な 地 区 活 動

ラメータとする曲線と一致する最大値をもってその騒音のN数とする。この例ではN数は32である。このN数はうるさを客観的に表わすものであるが、主観的には音の性質とか、周囲の状況によって違ってくる。人間が騒音に対してうるささを感じるのは主観的なものである。N数に状況による適当な補正を行なって使わねばならない。その補正のための数値を第4表に示す。変圧器の場合の補正量は、純音に近いので+5、変圧器を据え付けた当初は慣れが少ないので-5、夜も昼も夏も冬も連続した音であるので+5、田舎であれば+5となる。したがって田舎の場合、合計+10の補正量が必要である。補正されたN数は第5表および第6表によって、適当であるかどうかを判断する資料となる。

第9図に点線で示した屋外でAスケール37ホンの変圧器の騒音は、田舎では補正されたN数が42となり、第5表よりほとんど苦情が発生しないとみなすことができる。

4.4 民家付近の変圧器適正騒音値

変圧器の音に対する付近の住民からの苦情をなくするには、変圧器の音を民家付近で聞えないようにすればよいが、経済的な設計をするためには、苦情の発生しない最大の騒音値を知ることが必要になる。その騒音値を知るには前の4.3項にて述べた補正されたN数

第6表 N数と室内の音響状態としての適当さとの関係

N 数	
20 ～ 30	寝室、病室、テレビスタジオ、居室、劇場、教会、映画館、コンサートホール、小事務室、読書室、会議室、教室
30 ～ 40	大事務室、商店、デパート、応接室、静かなレストラン
40 ～ 50	大レストラン、(タイプのある)秘書室、体育館
50 ～ 60	大きなタイプライタ室
60 ～ 70	工 場

第7表 変圧器の騒音値と苦情発生の確率 (A特性)

苦情の大体の確率	田舎の住宅地 (夜間周囲音30ホン)	郊外住宅地の平均 (夜間周囲音35ホン)	都市の住宅地 (夜間周囲音40ホン)
10% 以下	37ホン以下	42ホン以下	47ホン以下
中 位	37～52ホン	42～57ホン	47～62ホン
75% 以上	52ホン以上	57ホン以上	62ホン以上

第8表 日本における変圧器騒音に対する苦情の発生例

単位はホン(A特性)

No.	変電所周圍の環境	苦情が発生した騒音値*	対策後の騒音値
1	田舎の住宅地	60	40～50
2	田舎の住宅地	58	45～50
3	田舎の住宅地	55	45～48
4	田舎の住宅地	50	30
5	郊外の住宅地	55	45～46
6	郊外の住宅地	40～45	30～35
7	都市の住宅地	64	45
8	準工業地帯	62	53

* 騒音値とは、民家付近の騒音値である。

を用いてある程度判断できるが、ここではさらにアメリカにおける変圧器に対して発生した苦情の統計的例から検討を加えてみる。変圧器の騒音に対する苦情の発生する統計的可能性は第7表のように示されている。この表と第2表とを比較すると、苦情発生の可能性10%の騒音値は暗騒音によってマスクされる値の+13ホンとなっている。田舎における苦情の発生する可能性10%の騒音値は37ホンであるが、この値は前項で検討したように補正されたN数を用いて評価してもほぼ同じ結果となる。したがって民家付近の屋外における変圧器の騒音目標値は第7表によって与えられる。

第7表は公害に対する考え方の発達したアメリカにおける例であるので、まだまだ公害に対する関心のうすいわが国では苦情の発生する騒音値はこの表の値より高いようである。しかし今後わが国においても公害に対する関心が高まることが予期されるので、変圧器の騒音目標値を定めるときには、第7表は大いに参考になる。

参考のために、わが国において経験した苦情の例を第8表に示す。この表の値と第7表の値を比較してみると、日本においてはほとんどが第7表、アメリカの苦情の発生する確率の高い範囲にはいっている。

5. 変圧器の騒音値と騒音対策

5.1 変圧器騒音の大きさ

変圧器騒音の大きさについては、JEM規格の1118⁽⁵⁾に変圧器騒音レベルの基準値があり、1117⁽⁵⁾に騒音測定法が規定されている。しかるに最近アメリカのNEMA規格⁽⁶⁾は技術の進歩のため変圧器騒音の基準値をJEM規格より低い値に改訂した。第9表は改訂されたNEMA基準値である。

5.2 変圧器騒音の低減

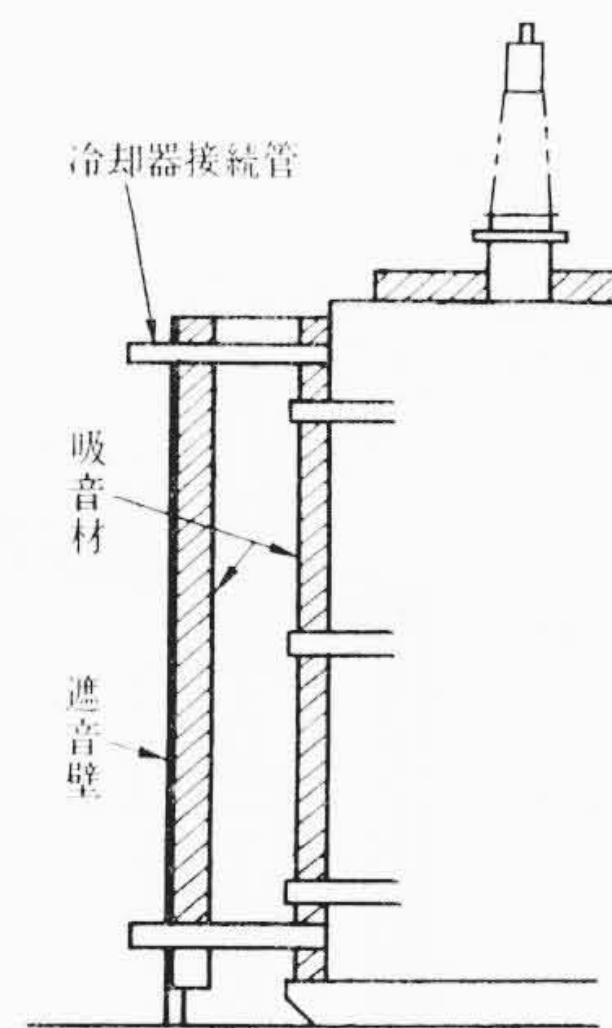
普通の変圧器の騒音レベルは、鉄心構造の改善などの技術の進歩のため、JEM規格値より低く、改訂されたNEMA基準値に近いものになっている。しかし最近のように住宅地に大容量の発電所が

第9表 油入変圧器の騒音レベルの基準値

1. 油入自冷, 油入水冷, 送油水冷
2. 油入風冷, 送油風冷 (First-stage Auxiliary Cooling)*
3. 油入風冷, 送油風冷 (Second-stage Auxiliary Cooling)*

騒音 レベル (ホン)	等 価 容 量 (2 巻 線) kVA											
	絶 縁						階 級					
	60 号 以 下			100 号			140 号			200 号		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
57	700											
58	1,000											
59	—			700								
60	1,500			1,000								
61	2,000			—								
62	2,500			1,500								
63	3,000			2,000								
64	4,000			2,500								
65	5,000			3,000								
66	6,000			4,000			3,000					
67	7,500	6,250		5,000	3,750		4,000	3,125				
68	10,000	7,500		6,000	5,000		5,000	3,750				
69	12,500	9,375		7,500	6,250		6,000	5,000				
70	15,000	12,500		10,000	7,500		7,500	6,250				
71	20,000	16,667		12,500	9,375		10,000	7,500				
72	25,000	20,000	20,800	15,000	12,500		12,500	9,375				
73	30,000	26,667	25,000	20,000	16,667		15,000	12,500		12,500		
74	40,000	33,333	33,333	25,000	20,000	20,800	20,000	16,667		15,000		
75	50,000	40,000	41,667	30,000	26,667	25,000	25,000	20,000	20,800	20,000	16,667	
76	60,000	53,333	50,000	40,000	33,333	33,333	30,000	26,667	25,000	25,000	20,000	20,800
77	80,000	66,667	66,667	50,000	40,000	41,667	40,000	33,333	33,333	30,000	26,667	25,000
78	100,000	80,000	83,333	60,000	53,333	50,000	50,000	40,000	41,667	40,000	33,333	33,333
79		106,667	100,000	80,000	66,667	66,667	60,000	53,333	50,000	50,000	40,000	41,667
80		133,333	133,333	100,000	83,333	83,333	80,000	66,667	66,667	600000	53,333	50,000
81			166,667		100,000	100,000	100,000	80,000	83,333	80,000	66,667	66,667
82			200,000		133,333	133,333		106,667	100,000	100,000	80,000	83,333
83			250,000			166,667		133,333	133,333		106,667	100,000
84			300,000			200,000			166,667		133,333	133,333
85			400,000			250,000			200,000			166,667
86						300,000			250,000			200,000
87						400,000			300,000			250,000
88									400,000			300,000
89												400,000
90												
91												

* First-and Second Stage auxiliary Cooling は NEMA 規格 Tr 1-0.02 参照のこと



第10図 変圧器の遮音構造

5.2.2 多重定格の変圧器

風冷式変圧器において, 多重定格とし, ファンを止めて自冷式にするか, ファンの回転速度をさげるなどしてファンの騒音をさげ, 全体の騒音値を2~6ホン程度低くできる場合がある。周囲の静かになる夜間に軽負荷となる場合にこのような方法を採用することができる。一般にファンの騒音は比較的高い周波数の音を多く含んでいるので感覚に感じやすいが, 変圧器においては今までファンの騒音のために苦情を起した例は少ない。

5.2.3 動吸振法の採用⁽⁸⁾

振動する物体にその振動周波数に共振する共振子を取り付けて振動を制御する方法である。共振子は自ら共振することにより振動エネルギーを熱エネルギーに変換して振動を制御し, 騒音を小さくする。この方法により10ホン低減した例があるが, 今後タンク壁が共振に近い場合や数ホンの低減

を必要とする場合に有効な方法と考えられる。

5.2.4 変電所建屋

市街地の美観そのほかの理由で変圧器を屋内または地下室内に収容することがあるが, 建屋が鉄筋コンクリートである場合, 出入口や換気口の遮音, 冷却パイプの振動遮断や屋内の吸音処理に十分注意すれば, 容易に30ホン程度の低減効果が得られる。しかし変圧器の音を低減することのみを目的として, 変圧器を建物の中や地下に設置することは割高になることが多い。

5.2.5 コンクリート遮音変圧器

一例として第11図に示すように(実用新案公報昭39-18359), 変圧器タンクのみを収納する小さい建屋を構築して騒音の低減を図るもので20~40ホン近い低減効果が得られ, 大きな低減効果を必要とするときには効果的な方法である。

5.2.6 遮音囲壁

変圧器の周囲にコンクリートブロックなどでへいを設けてその方向の騒音の放射を低減するものである。第12図のように目的によって一方囲壁, 二方囲壁, 三方囲壁および四方囲壁がある。騒音低減量の計算方法は第13図に記載の記号を用い次の(2)式によりFを計算し, それから第13図より求めることができる。

$$F = \frac{2}{\lambda} \left[R \left(\sqrt{1 + \frac{H^2}{R^2}} - 1 \right) + D \left(\sqrt{1 + \frac{H^2}{D^2}} - 1 \right) \right]^{(9)} \dots\dots (2)$$

建設されるようになってくると, 当然変圧器の騒音対策が必要となってくる。その方法を次に記す。

5.2.1 低騒音変圧器

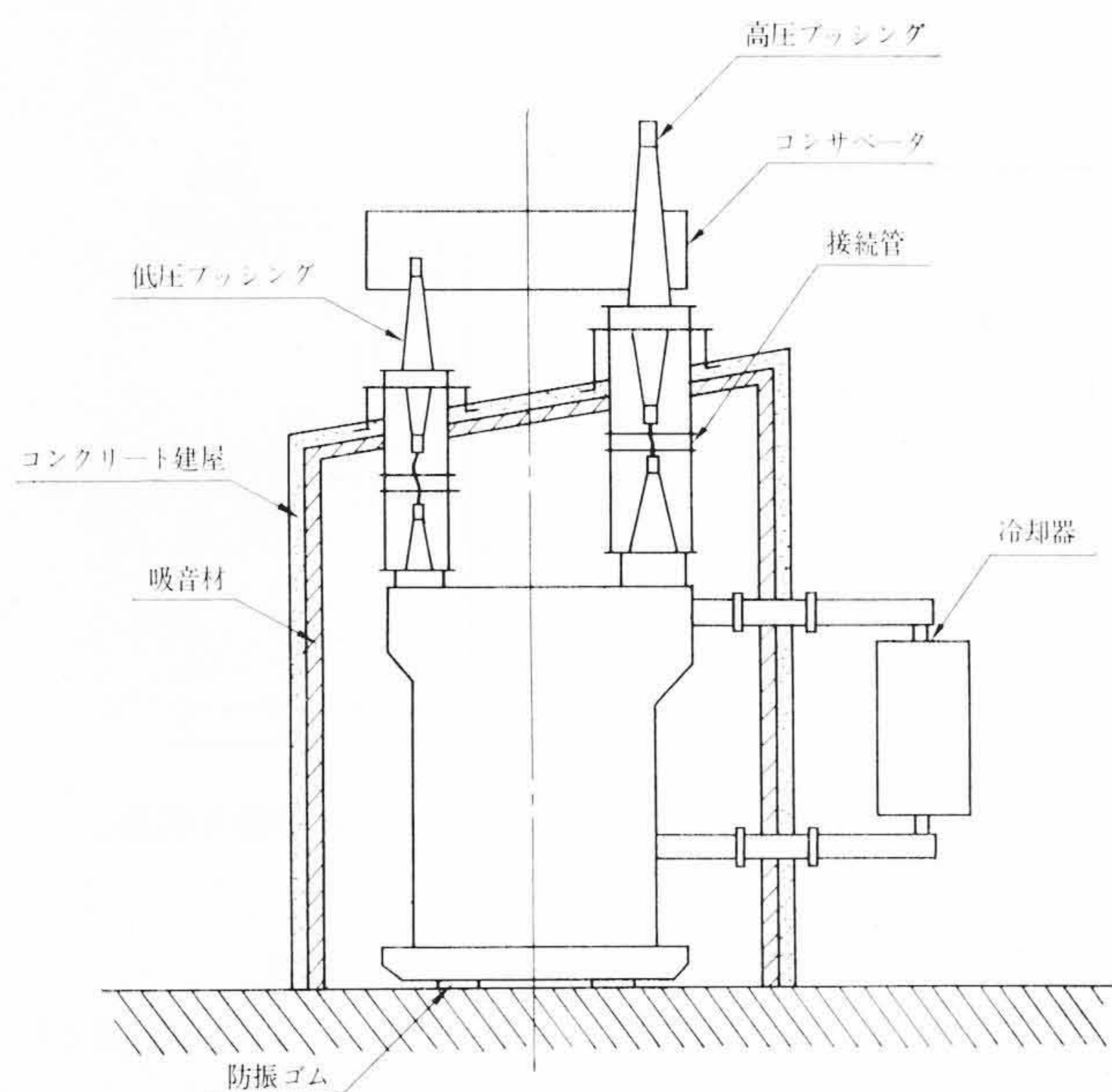
変圧器の騒音を低くする方法として次のことが考えられる。

- (1) 鉄心磁束密度の低減
- (2) 二重タンク変圧器
- (3) 油中吸音変圧器

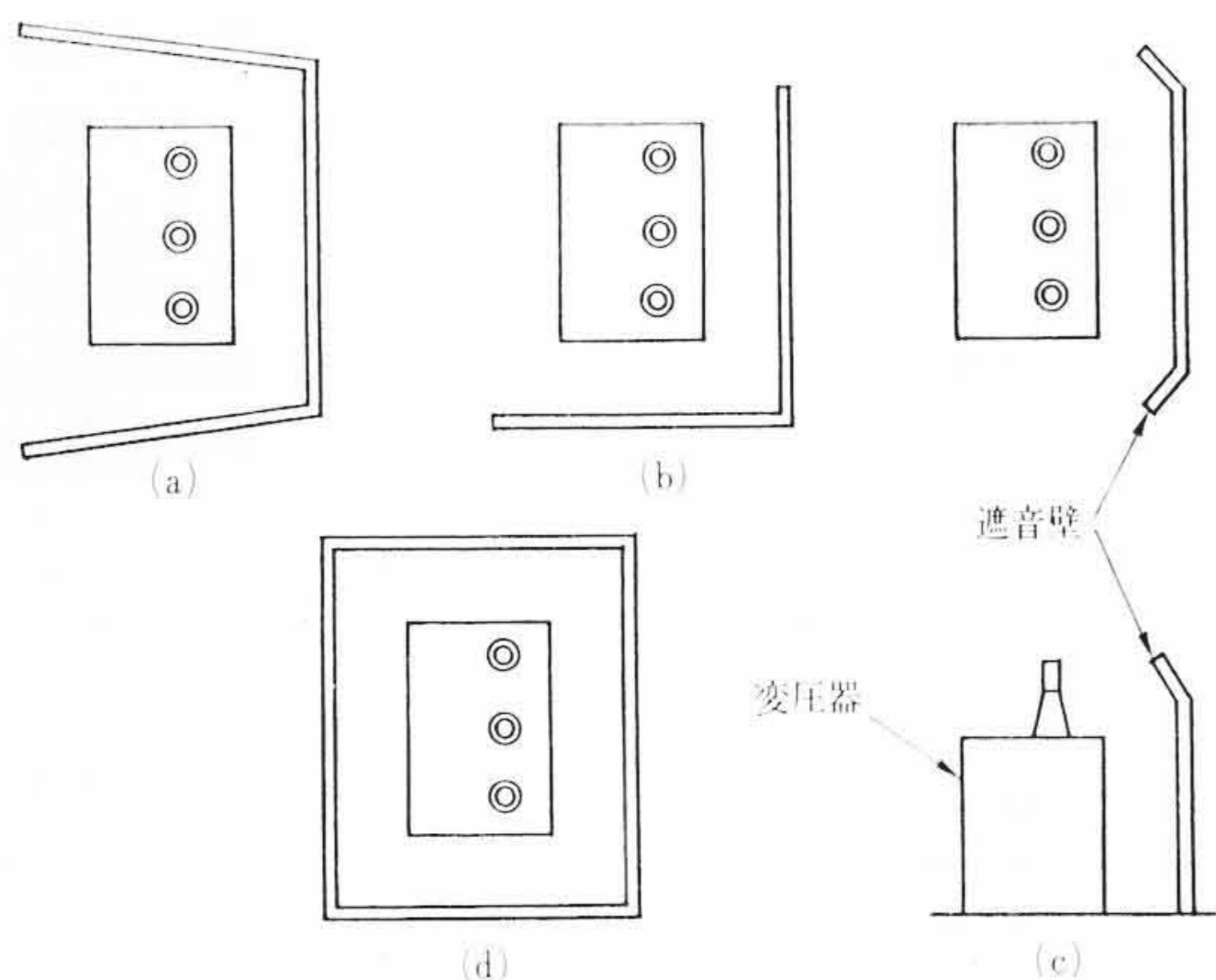
鉄心の磁束密度を低くすれば磁気ひずみ振動が小となって騒音の発生量も少なくなる。しかしこの方法ではたとえば10dB程度の騒音を低減するのに変圧器の重量は約20~25%増加し不経済である⁽⁷⁾。一般にこの方法は5ホン程度まで騒音を低減させる場合, あるいは他の方法と併用して, さらに数ホン騒音を低下させるときに用いられる。

二重タンク変圧器は現在いわゆる低騒音変圧器といわれているもので第10図に示すように, その遮音構造は鋼板製の防音壁と吸音材の組み合わせからできている。この方法は5~15ホン騒音を低下させるときに用いられる。

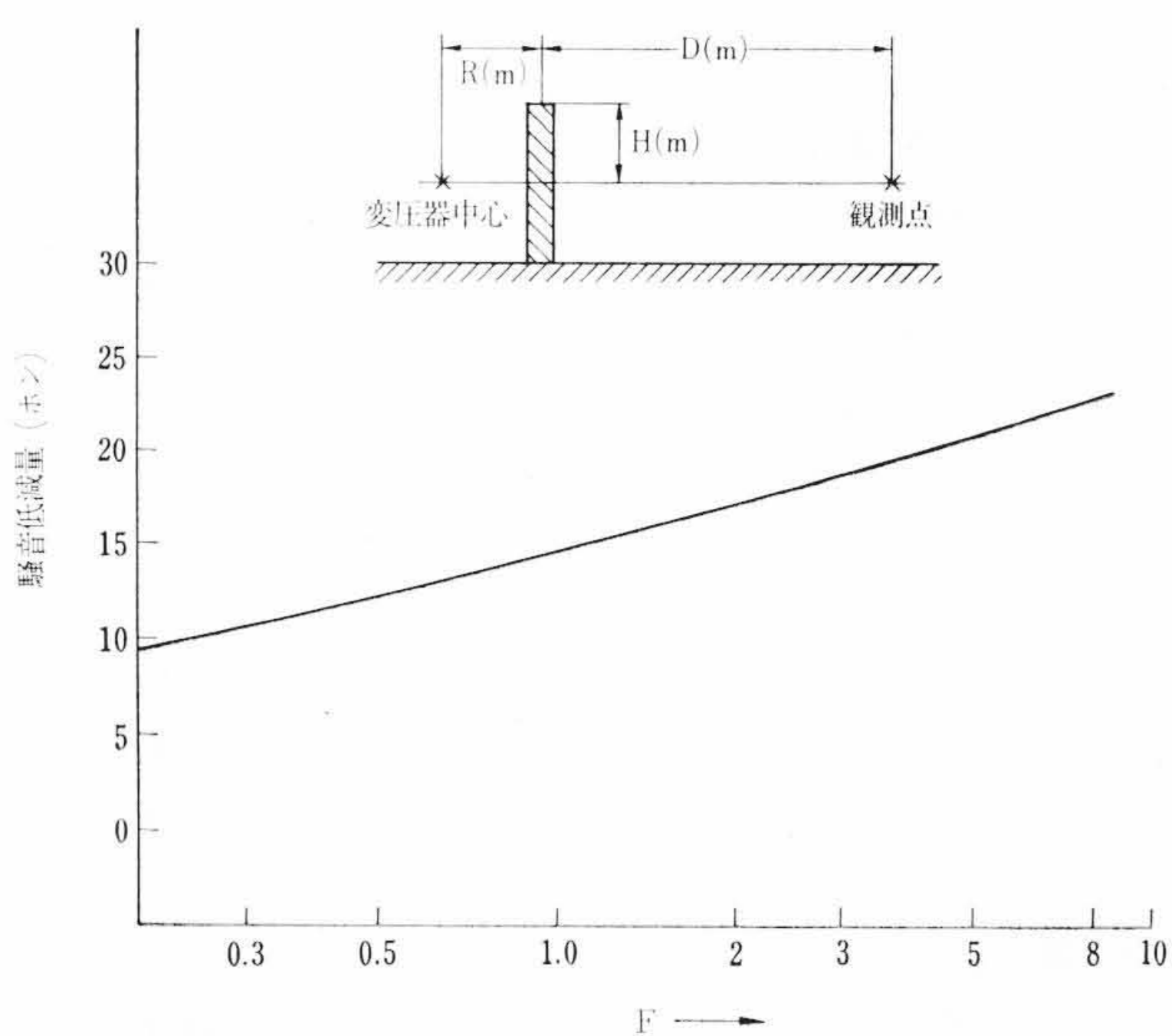
油中吸音変圧器は, 音圧の高いタンク内の絶縁油中に油中吸音材を取り付けるもので, 実験的経験から実用的に約10ホン程度の低減量が期待できる。近年耐油性の良い材料が開発されており, かつ安価であるので実用化は近いものと思われる。



第11図 コンクリート遮音変圧器



第12図 遮音囲壁



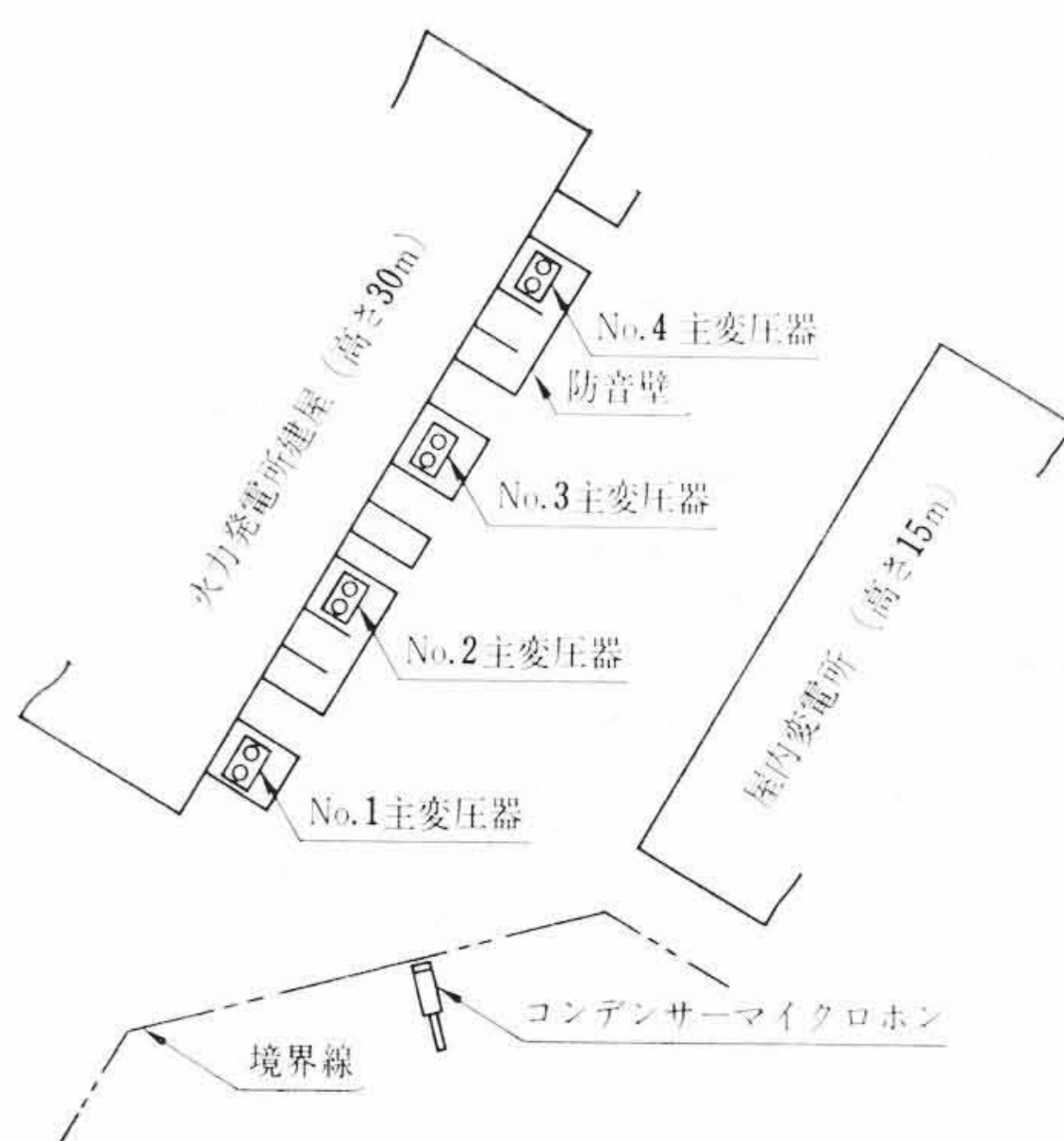
第13図 遮音囲壁による騒音の低減量

ここに、 λ : 波長 (m)

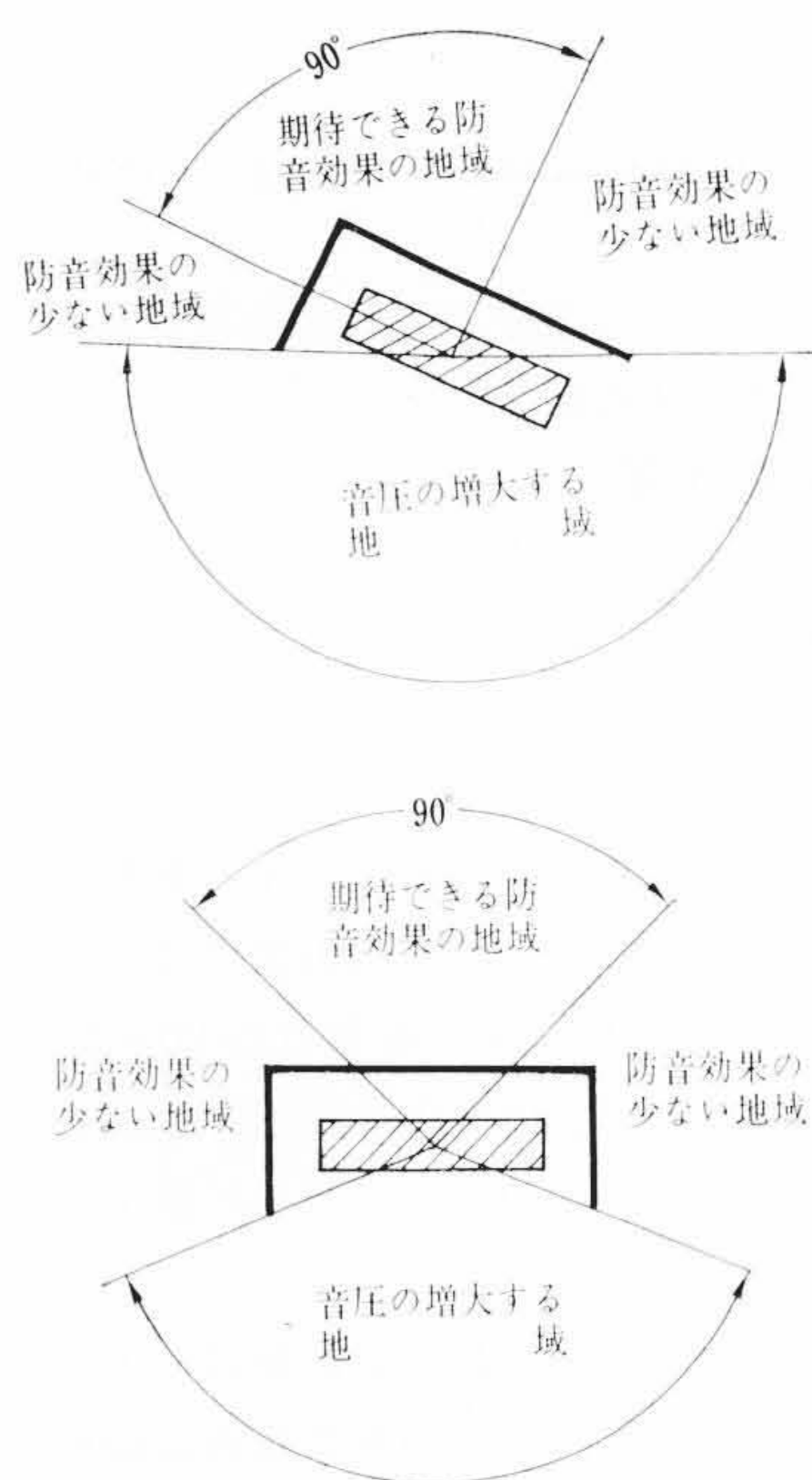
遮音壁の効果としては約10~15ホン程度低減することができるが、音波の干渉や反射の影響があり、また反対側に騒音の増大があるので十分な検討が必要である。特に正確な値を必要とする



第14図(a) 騒音分布のモデル実験装置

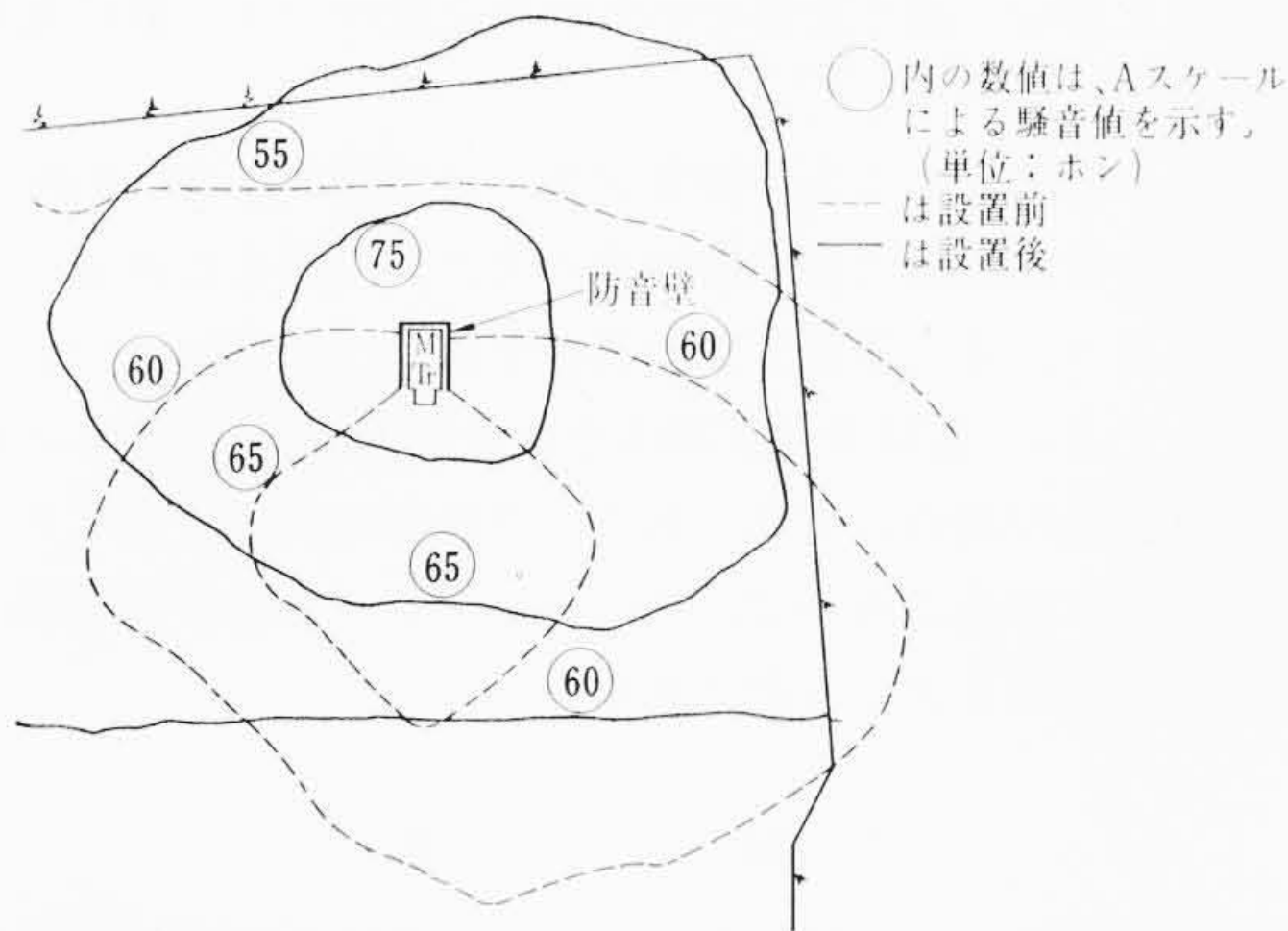


第14図(b) 実験装置の説明図(平面図)

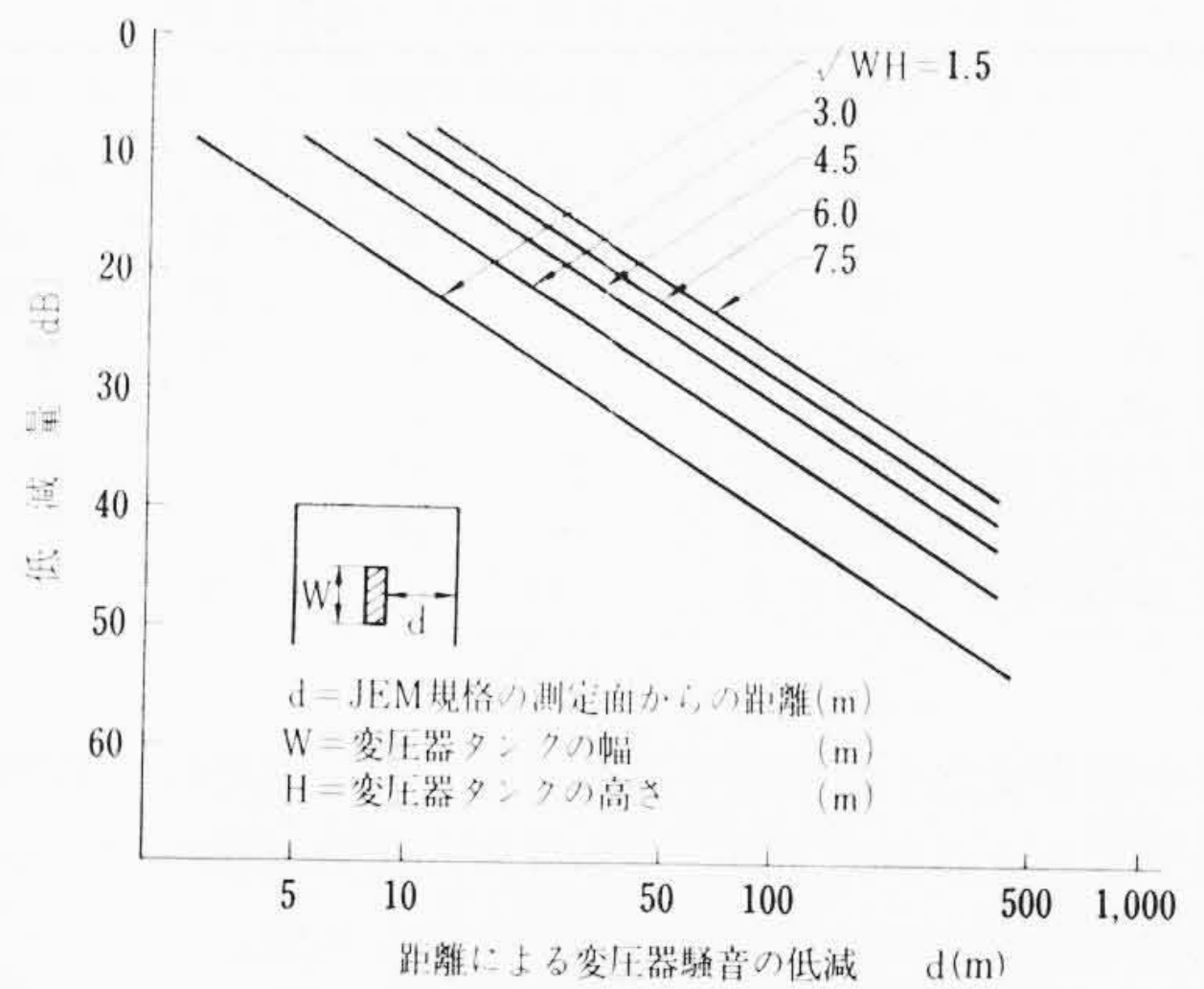


第15図 遮音囲壁による騒音分布

ときはモデル実験を行なうことが望ましい。モデル実験の一例を第14図に示す。ここで注意を要することは、変圧器と防音壁の間の音圧上昇が(2)式から求まる低減量を減殺することで、でき



第16図 遮音囲壁を設置したことによる変電所の騒音分布変化の例



第17図 距離による変圧器騒音の低減

るだけ音圧上昇を小さくすることが望ましい。

各種類の遮音囲壁による変圧器周囲の防音効果は、一方囲壁ではその方向のみ、また二方囲壁および三方囲壁では約90度の広がり方向にのみ上記計算値の防音効果が得られる⁽¹⁰⁾。二方囲壁および三方囲壁の防音効果の分布を第15図に、実際の変電所において遮音囲壁を設置したことによる騒音分布の変化の様子を第16図に示す。四方囲壁の場合は全方向に防音効果を期待することができるがその効果は(2)式から求まる値よりも一般にずっと小さい。それは、四方をかこむ壁は短い管となり、音はこの管をほとんど減衰しないでのぼるため、音源が管の端に移動したと同じ結果となり、回折効果が小さくなるためである。これら遮音囲壁によれば遮音壁内面の吸音処理を十分にすることにより10ホン程度、場合によってはそれ以上の防音効果を期待することができる⁽⁹⁾。

これらの方式は経費が比較的少なく、とくに既設の発電所にも適用できる。

5.2.7 変電所敷地の影響

敷地が十分にあれば距離による低減のため変電所外の騒音レベルを低くすることができる。JEM規格による測定面からの距離と低減量との関係は、モデル実験から次式で表わされる。この式は今までの実際の経験においてもよく一致している。

$$dB_n - dB_d = 4.4 + 20 \log_{10} \frac{d}{\sqrt{WH}} \quad (3), (11) \quad \dots \dots \dots (3)$$

ここに、 dB_n ： JEM規格に従って測定した騒音値（ホン）

dB_d ： JEM規格の測定面から距離 D はなれた点の騒音値（ホン）

d ： JEM規格の測定面から問題になる点までの距離（m）

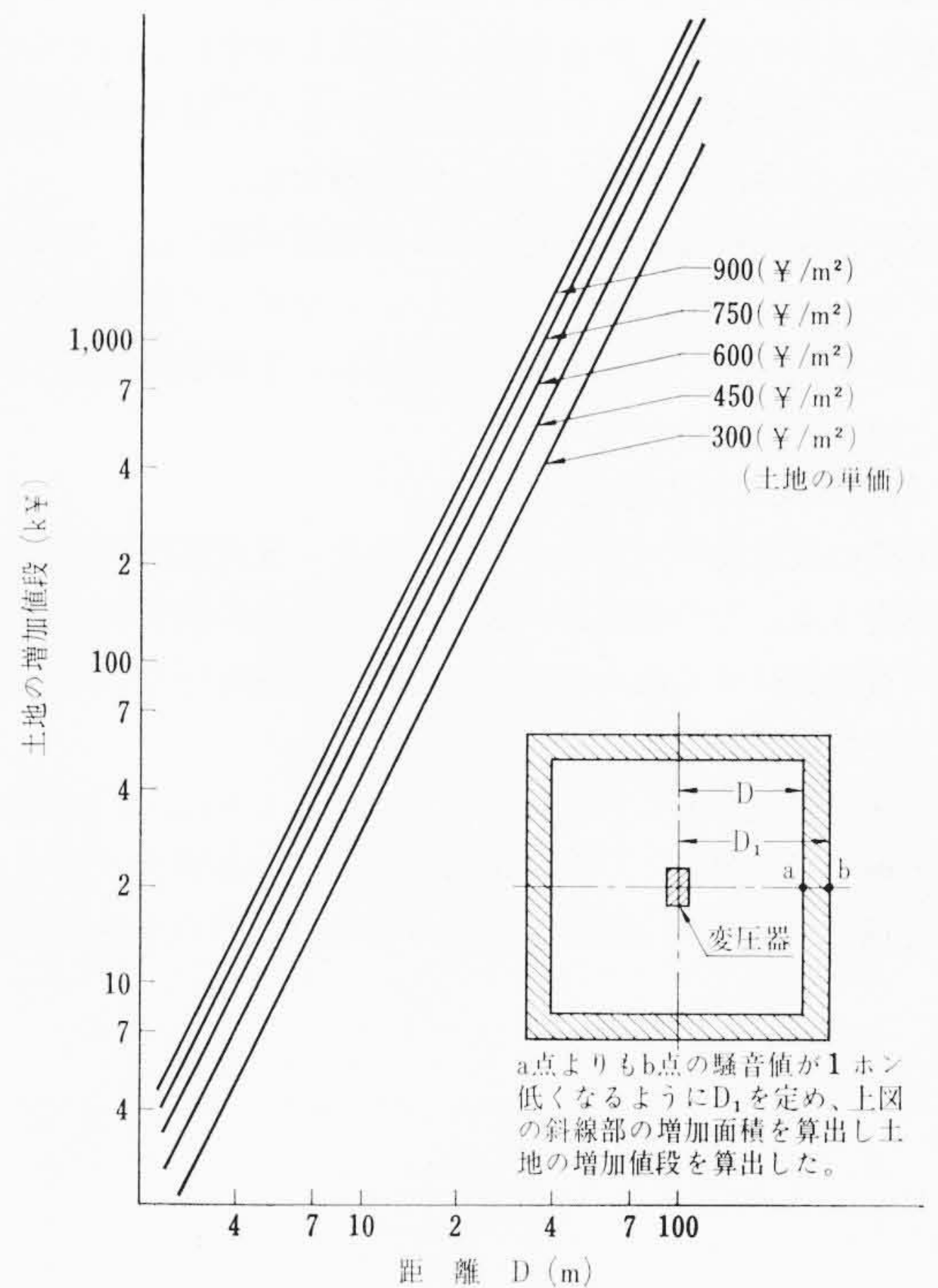
W ： 問題点から変圧器を見たときの変圧器の幅(m)

H ： 問題点から変圧器を見たときの変圧器の高さ(m)

(3)式をグラフ化して第17図に示す。この式は地形が平面であること、音源に指向性がない場合に当てはまるもので、実際にはこれらを考慮する必要がある。

5.2.8 変圧器の隠ぺい

変圧器を設置したとき、民家付近の騒音値が目的とした騒音値よりわずかに高く、住民からも苦情が発生しそうである場合などにとられる方法で、変電所の境界線上にへいを作ったり、木を植えたりして音源である変圧器をかくすことにより、住民に与える心理的影響を少なくして苦情の発生を少なくしようとする方法である。



第18図 1dB騒音を低減するために要する土地代

6. 発電所における経済的な防音対策

発電所を新しく設置するにあたり変圧器の騒音が問題になるときは個々の変電所の構成、周囲との関係などによってより最適な対策方法がある。それにはまず発電所設置場所の選定、次に騒音低減方法の選定について検討する必要がある。

6.1 発電所設置場所の選定

発電所の設置場所は電力の発送、配電の関係からおもに決定されるが、その制限内においてより有利に騒音対策をするために次の点について検討する。

- (1) 十分に広さのある場所を選ぶ
- (2) 防音対策に有利な場所を選ぶ
- (3) 音の伝播上防音に有利な場所を選ぶ
- (4) 暗騒音の大きい場所を選ぶ

発電所の敷地を広くすることができれば、変圧器から発電所の境界線までの距離を大きくとることができ、距離による騒音低減量を多くし、境界線上の騒音値をより低くすることができる。

変電所の一方向あるいは二方向に大きな河川や海があって将来においてもその方向の騒音が問題にならない場所であれば、変圧器を

第10表 各種防音対策方法の適用範囲

No.	対策方法	騒音低減量範囲	防音地域
1	一方囲壁	5 ～ 15(ホン)	一方向のみ
2	二方囲壁	5 ～ 15	90°の扇形
3	三方囲壁	5 ～ 15	90°の扇形
4	四方囲壁	5 ～ 10	全方向
5	低騒音変圧器	5 ～ 20	全方向
6	コンクリート遮音変圧器	20 ～ 40	全方向
7	変圧器を建屋に収容	10 ～ 40	全方向
8	多重定格の変圧器	2 ～ 6	全方向

その方向の境界線近くに設置することにより、問題になる方向の騒音を小さくすることができる。この場合、遮音囲壁を用いることにより、比較的安価にかつ効果的に騒音低減が可能となる。

すり鉢状の底のような場所に変電所を設置すれば、距離は遠くても山の上のほうにある民家には音はよく伝達する。またこのような場合は遮音囲壁によっても多くを期待することができない。音の伝播上防音に有利であり、防音対策もほどこしやすい小山や丘の上のような場所に設置することは有効な方法である。反対側の騒音が問題にならない場合は、山影などもよい場所である。

暗騒音が大きければ苦情の発生する騒音値が高くなり変圧器の音は少しぐらい高くても問題にならない。したがって変電所を工場地帯の近くにおくとか、一日中交通のはげしい主要道路の近くに設置することは有利となる。

6.2 防音対策方法の選定

発電電所の設置場所が決定したとき、その発電電所周囲の暗騒音の値を測定する。その結果第7表より民家付近の騒音目標値を決定し、その目標値にするためにいかなる防音対策を行なったほうが有利であるか検討する。

発電電所の敷地を広くして防音対策をすることは、第18図に示すように土地の単価が安く、発電電所の機能上の必要広さがせまい場合には有利であるが、1 dB 騒音を低下させるための土地の値段は距

離の2乗に比例して高くなるため大容量変電所では一般に有利ではない。

そのほかの方法として各種防音対策の適用範囲を第10表に示した。これらの防音対策は変圧器容量の大きさ、騒音低減量によって経済性が異なり、変圧器保守上の利害を抜いて論ずれば一般的に次のことがいえる。低騒音変圧器は小容量の変圧器で10ホン程度までの騒音低減量の場合に有利である。遮音囲壁およびコンクリート遮音変圧器は大容量に有利で、特にコンクリート遮音変圧器は大きな低減量が必要なときに有利である。

7. 結 言

一般の技術者にとって難解なものとされている騒音問題を、変圧器騒音を中心に解説した。最近、ますます大容量変圧器が都市の近郊に設けられるようになってきているおりに発電電所の計画時や騒音問題発生の際に、本稿がお役にたてば幸いである。

参 考 文 献

(1) JIS C 1502 (1957)

(2) R. H. Bolt. ほか： Noise Control 1, 63 (January 1955)

(3) M. W. Schulzほか： T. A. I. E. E. 316 (June 1960)

(4) 昭和29年東京都騒音条例第1号

(5) 日本電機工業会規格 1117, 1118. (1956)

(6) NEMA 規格 TR 1-0.10, TR 1-9.05

(7) C. M. Brownsey. ほか： CIGRE. No. 108 (1956)

(8) J. Ormondroyd, J. P. Den Hartog： T. A. S. M. E. 50. No. 7, 9 (1928)

(9) A. I. E. E. Committee： Report T. A. I. E. E. 932 (December 1960)

(10) W. B. Conoverほか： T. A. I. E. E. 77. (April 1955)

(11) K. A. Johnson. ほか： Noise Control 2, No. 2, 54 (March 1956)

(12) 全文にわたって、二村忠元, ほか： 電気音響工学 I, II.

訂 正

本誌2月号および3月号 (Vol. 47 No. 2, No. 3) に、次のような誤りがありました。謹んでおわび申し上げますとともに、ここに訂正いたします。

• Vol. 47 No. 2 110頁 第2表

正：

第2表 日立エレベータ諸元

エレベータ速度 (m/min)	加 速 時 間 (s)	ドア開き時間 (s)	ドア閉め時間 (s)
150	3.2	1	2
180	3.7	1	2
210	4.2	1	2
240	4.7	1	2
300	5.7	1	2

• Vol. 47 No. 3 カラー頁ウラ 第2図説明文

誤： 日立電気集じん装置の一般的な構成

正： 日立電気炉集じん装置の一般的な構成