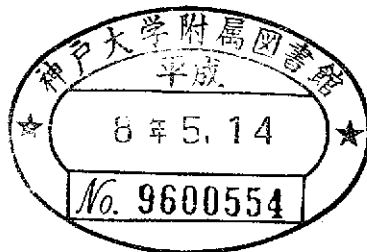


# 阪神大震災における 自家用発電設備調査報告書

平成 8 年 3 月

阪神大震災における自家用発電設備調査委員会  
社団法人 日本内燃力発電設備協会

あいさつ



震災文庫 11-177

今日、エネルギー消費量の増大とともに電力はライフラインの要として必要不可欠なものとなっており、地震や水害、台風等の大災害で電力の供給に支障が生じた場合、高度文明社会に及ぼす影響は図り知れないものであります。

このため、このような大災害が発生し電力の供給が停止した場合に備え、非常時の電源として自家用発電設備を設置し、災害に伴う火災の消火、救急活動の支援、復電までの生活に支障をきたさぬよう十分に機能をはたすことが重要であります。

当協会は、消防法に基づく非常電源及び建築基準法に基づく予備電源として使用される自家用発電設備の品質性能に関する認証機関で、昭和49年から認定を開始し、以来合計約85,000台、総容量約1,200万kVAの認定品を世の中に送り出しております。

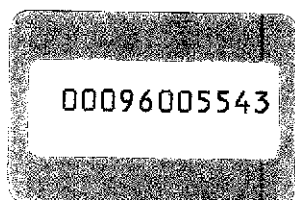
この間、自家用発電設備は特別な問題も無く運用されておりますが、昨年1月17日に発生した兵庫県南部地震では、これまでに予想もしなかった規模の大災害であったこともあり、今回自家用発電設備が実際どのような状況にあったのか、また、今後設置する自家用発電設備に対しては追加的な施策の必要性があるのか等について、調査することと致しました。

幸いにして今回の調査結果からは、ほとんどの自家用発電設備は問題無く機能していたことが確認されました。このことは地震対策について、過去宮城県沖地震の教訓を基に当協会が作成した「自家用発電設備耐震設計のガイドライン」によって設計・施工されたことが功を奏したものと思われれます。

本災害調査の結果が自家用発電設備の品質・性能向上に寄与し、施設者の自主保安体制の一層の確立を図り、併せて自家用発電設備業界全体の利益につながることを期待してやみません。

最後に、本災害調査のために絶大なるご協力を賜った委員各位をはじめ、参加・協力を頂きました多くの関係者方々に対し、深く感謝する次第であります。

平成8年3月



社団法人 日本内燃力発電設備協会  
会長 児玉 勝 臣

## はじめに

1995年1月17日5時46分に発生した兵庫県南部地震のゆれを、私自ら大阪で体験した。第4回日米都市防災会議が当日の朝9時から大阪国際交流センターで予定されており、日本側の責任者として、前日から大阪入りしていたのである。これまで内外のおもな地震の被災地を訪れているが、これほど地域一帯が損壊し、また、現代都市の被害のさまざまな局面が現れた地震を、目の当たりにしたのははじめてであった。災害に遭遇して顕在化する被害状況はいわゆる「負の情報」といえるが、この「負の情報」こそが将来の方向づけに貴重な示唆をあたえてくれる財産であり、これを活かす形で蓄積することが重要である。

災害は進化していく。技術の進歩や生活の高度化にともなって、新たな災害の原因が生じてくる。都市のエネルギー供給においても、建物内での活動やそれを支える設備が重要度を増すほど、そのエネルギー供給への要求も高度になる。本調査はそのような社会的状況において、災害時にも電力供給が確保されるように建物に設置されている自家用発電設備に関して、阪神・淡路大震災による被災状況をふまえた今後の改善点とこれからのあり方を明らかにするために行われたもので、自家用発電設備システムの耐震性の確認、自家用発電設備の果たした役割と今後の計画のあり方についての検討という大きな2つの視点で進められた。一昨年度に釧路沖地震や鹿児島水害の調査を行っており、その際の調査の経験が活かされて、十分な調査がなされたと考えている。アンケート調査の対象となった自家用発電設備461台については統計処理を行い、そのうちの15箇所についてはさらにヒアリングを行って、詳細な状況を把握した上で本報告書をまとめている。

その結果、現在の基準でつくられたものは自家用発電設備自体の耐震性に問題がないことが確認されたが、冷却水システムなども含めたシステムとしての耐震性は不十分であることが明かとなった。また、被災直後から建物でいろいろな活動が行われているが、停電時の防災設備のための電力確保を本来の目的として設置されてきた自家用発電設備は、火災の心配が無い停電の状況では建物の機能を維持するための「保安電力」を供給する役割を果たさざるを得ないことも今回の震災で改めて確認された。このような実情をふまえると、今後、保安電力の確保も念頭に置いた自家用発電設備の充実が必要である。

本調査を行うにあたって、委員各位、自家用発電設備の製造事業者、アンケートに解答いただいた設置者やヒアリングに応じていただいた建物管理者の方々に感謝いたします。

今後、この報告書の成果が自家用発電設備の耐震性向上、地震等の被災時にも建物の機能維持が可能なエネルギー供給システムの実現のために大いに活用されれば幸いである。

平成8年3月

阪神大震災における自家用発電設備調査委員会  
委員長 村上 處直

## 阪神大震災における自家用発電設備調査委員会委員名簿

委員長	村上 處直	横浜国立大学	工学部教授	工学博士
副委員長	佐土原 聡	横浜国立大学	工学部助教授	工学博士
〃	嶋田 信彌	(社)日本内燃力発電設備協会	専務理事	
委員	金子 知裕	通商産業省	公益事業部 技術課	技術班長
〃	鈴木 和男	自治省	消防庁 予防課	設備専門官
〃	井上 勝徳	建設省	住宅局 建築指導課	課長補佐
〃	太田 正男	建設省	建設大臣官房 官庁営繕部	設備課 課長補佐
〃	棚橋 文夫	運輸省	航空局 飛行場部	建設課専門官
〃	荒井喜代志	近畿通商産業局	公益事業部	発電課長
〃	小林 茂昭	東京消防庁	参事	
〃	岡本 雅夫	大阪市消防局	予防部長	
〃	西田 和馬	神戸市消防局	予防部長	
〃	折原 明男	東京工業大学	工学部	講師
〃	岡西 靖	防災都市計画研究所		
〃	菊池 謙一	東京ガス(株)	トータルエネルギーシステム部	技術開発部長
〃	岩井 博行	大阪ガス(株)	技術部 電気技術チーム	マネジャー
〃	渡辺 健一	石油連盟	石油エネルギーシステム推進室	室長
〃	石田 泰彦	三菱重工業(株)	エンジン技術部	主査
〃	田辺 久夫	(株)新潟鐵工所	原動機事業部 プラント技術部	部長
〃	辻 勝美	ヤンマーディーゼル(株)	エンジニアリング部	専任部長
〃	廣瀬 昌敏	川崎重工業(株)	汎用ガスタービン事業部	品質保証部 主幹
〃	玉木 章治	神鋼造機(株)	産業機械工場	品質保証室 室長
〃	村井 功	ダイハツディーゼル(株)	技術サービス部	部長
〃	三井 信彦	三菱電機(株)	長崎製作所	自家発計画課 課長
〃	小寺 昭紀	富士電機(株)	電機システム事業部	技術第4部 部長
〃	篠崎 徳一郎	(株)明電舎	発電技術部	技師長
〃	藤田 誠己	西芝電機(株)	パワーシステム事業部	部長
〃	保科 幸雄	(社)日本内燃力発電設備協会	技術部長	
事務局	秋山 芳夫	(社)日本内燃力発電設備協会	技術部	課長
	荒木 基暁	〃	技術部	係長

# 阪神大震災における自家用発電設備調査委員会幹事会委員名簿

主 査	佐土原 聡	横浜国立大学 工学部助教授 工学博士
委 員	岡 西 靖	防災都市計画研究所
”	菊 池 謙 一	東京ガス(株) トータルエネルギーシステム部 技術開発部長
”	岩 井 博 行	大阪ガス(株) 技術部 電気技術チーム マネジャー
”	渡 辺 健 一	石油連盟 石油エネルギーシステム推進室 室長
”	石 田 泰 彦	三菱重工業(株) エンジン技術部 主査
”	田 辺 久 夫	(株)新潟鐵工所 原動機事業部 プラント技術部 部長
”	辻 勝 美	ヤンマーディーゼル(株) エンジニアリング部 専任部長
”	廣 瀬 昌 敏	川崎重工業(株) 汎用ガスタービン事業部 品質保証部 主幹
”	玉 木 章 治	神鋼造機(株) 産業機械工場 品質保証室 室長
”	村 井 功	ダイハツディーゼル(株) 技術サービス部 部長
”	三 井 信 彦	三菱電機(株) 長崎製作所 自家発計画課 課長
”	小 寺 昭 紀	富士電機(株) 電機システム事業部 技術第4部 部長
”	篠 崎 徳 一 郎	(株)明電舎 発電技術部 技師長
”	藤 田 誠 己	西芝電機(株) パワーシステム事業部 部長
”	保 科 幸 雄	(社)日本内燃力発電設備協会 技術部長
事 務 局	秋 山 芳 夫	(社)日本内燃力発電設備協会 技術部 課長
	荒 木 基 暁	” 技術部 係長

# 阪神大震災における自家用発電設備調査現地調査員

## [調査員]

村上委員長

佐土原副委員長

嶋田副委員長

棚橋委員

小林委員（代理 田中）

岡本委員（代理 宮崎）

岡西委員

菊池委員

岩井委員（代理 山口）

渡辺委員

保科委員

## [内発協事務局]

辻関西支部長

秋山課長

荒木係長

# 目 次

調査結果の概要	1
調査結果	1 3
1. 調査の目的	1 5
2. 調査方法	1 5
3. 用語の定義	1 6
4. 自家用発電設備の現状について	1 7
(1) 自家用発電設備の設置実態	1 7
(2) 自家用発電設備の関連法規	1 7
(3) 自家用発電設備の基準	1 8
5. 自家用発電設備の被害状況の調査と分析	2 0
5. 1 災害状況	2 0
5. 2 第1次アンケート調査（製造事業者対象）	2 2
(1) 調査の概要	2 2
(2) アンケート調査結果	2 2
(3) 分 析	2 6
5. 3 第2次アンケート調査（設置者対象）	2 7
(1) 調査の概要	2 7
(2) アンケート回収状況	2 7
(3) アンケート調査結果及び分析	2 7
(4) 設置者としての今後の対策及び要望（アンケートによる回答）	3 8
5. 4 現地調査	4 1
(1) 調査の概要	4 1
(2) 現地調査の結果	4 1
(3) 分 析	5 9

6. まとめ	6 0
6. 1 自家用発電設備の被害状況について	6 0
6. 2 自家用発電設備の今後の対策について	6 1
(1) 自家用発電設備及び付属設備の耐震対策	6 1
(2) 自家用発電設備の冷却方法	6 2
(3) 自家用発電設備の設置場所及び設置台数	6 2
(4) 病院，避難所等における移動用発電機の運用	6 3
6. 3 自家用発電設備のあり方について	6 3
(1) 非常用自家発電設備の重要性	6 3
(2) 自家用発電設備の燃料保有量及び運転時間	6 3
(3) メンテナンス	6 4
(4) 防災用自家発電設備の自動始動について	6 5
(5) 病院，避難所等における災害時の電力供給	6 5
(6) 自家用発電設備の耐震基準	6 5
(7) 自家用発電設備の設計・施工マニュアル	6 5
添付資料	6 7



## 調査結果の概要

## 1. 調査の目的

平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震における自家用発電設備の稼働状況及び被害状況を調査・分析し、対策及び災害時における自家用発電設備のあり方等について提言を行い、今後の自家用発電設備の信頼性の一層の向上と安全性の確保に役立たせる。

## 2. 調査の経緯

今回の調査は、社団法人 日本内燃力発電設備協会（以下「協会」という。）が一次調査として製造事業者に対するアンケート調査を行っており、この結果をふまえ二次調査として自家用発電設備の設置者に対するアンケート調査並びに設置者に対する現地ヒアリング調査を行った。

調査にあたっては、学識経験者、自家用発電設備の機能・安全性に関する行政に携わる者、エネルギー供給に携わる者、自家用発電装置の製造に携わる者等から構成される「阪神大震災における自家用発電設備調査委員会」を平成7年5月協会内に設置し、災害地域における自家用発電設備の設置状況、稼働状況、被害状況等の調査、分析対策及びあり方について審議を行った。

二次調査は、比較的被害の大きかった地区（神戸市，芦屋市，西宮市，尼崎市，宝塚市，伊丹市）に限定して行った。

また、現地での詳細な調査を行うため、委員会委員及び協会事務局より構成された現地調査員により、設置者を訪問した。

## 3. 調査の結果

### (1) 第1次アンケート調査（製造事業者対象）

阪神大震災における自家用発電設備の被害状況及び稼働状況を調査するため、同地震被害対象地区内に納入実績のある自家用発電装置の製造事業者にアンケート調査を実施した。

- a. 自家用発電設備の91%が始動していた。
- b. 稼働状況を見ると、2時間を超えて運転したものが56%を占めていた。
- c. 冷却水については、水道水断による異常停止や冷却水断の理由で始動できなかったものがあった。

原動機の冷却方式別に分析すれば、ラジエータ式又は空冷式（ガスタービン及び空冷式ディーゼル）の発電設備はほとんど被害はなく、水冷式の損傷が多かった。

- d. 始動できなかった原因を分析してみると、地震による発電装置自体や付属設備の異常の他に、メンテナンス不良によるものと、操作・取扱不良によるものが40%を超えていた。

## (2) 第2次アンケート調査（設置者対象）

自家用発電設備の製造事業者に対するアンケート調査に引き続き、自家用発電設備の設置者に対して詳細なアンケート調査を行った。

その結果、358件の回答がり、自家用発電設備としては461台（非常用自家発電設備423台、常用自家発電設備38台）で集計を行った。

- a. 地上1階及び地下階に設置されていた発電設備については、装置自体の損傷は少なかったものの、冷却水系（配管を含む）の損傷が比較的多く発生していた。

屋上及び塔屋に設置されていた発電設備については、全体的に損傷が多いという傾向であった。

- b. 全体的にキュービクル式（パッケージ体型）以外の発電設備で被害の発生率が高くなっていた。特に冷却水系の損傷がかなり多く発生していた。

- c. 水冷式と空冷式（ガスタービン）による被害を比較した場合、全体として水冷式に被害が多かった。

水冷式のうち、ラジエータ（水循環）式とラジエータ式以外の水冷による被害の違いを比較した場合、全体的にラジエータ式以外の方が被害の発生率が高く、特に冷却水系の損傷がかなり多く発生していた。

- d. ガイドライン発行以前に設置された発電設備（昭和57年以前）については、ガイドラインに従って設計・施工した発電設備（昭和58年以降）に比べ、被害の発生率が高くなっていた。特に、冷却水系及び付属機器・配管（冷却水系及び燃料系の配管を除く）の損傷がかなり多かった。昭和58年以降については、約3%程度の被害発生率であった。

さらに、震度7地区とそれ以外の地区で分けた場合、震度7地区の被害の発生率がそれ以外の地区より圧倒的に高くなっていたが、昭和58年以降については大きな違いはなかった。

また、始動しなかった原因を、昭和57年以前と昭和58年以降に分けた場合、

昭和57年以前の方が始動しない率が高かった。

- e. 建物被害の大きい設備ほど始動率が低くなっているが、建物の全壊を50%以上の損壊としているため、全壊した状態でも半数の発電設備は始動していた。

また、建物の被害が大きいほど発電設備の被害の発生率が高くなっていた。

### (3) 現地ヒアリング調査

設置者を対象としたアンケート調査結果に基づき、特に被害が大きかった所、内容的に詳細に調査を実施すべき所等を抽出し、計15箇所を現地調査した。

- a. 自家用発電設備自体については、上層階に設置されているもの程損傷が激しく、中にはキュービクルごと移動していたものや、傾斜していたものが見られた。

原因は、施工不良と思われるような基礎ボルトの損傷であった。

- b. 付属設備等については、発電設備への冷却水を供給する高架水槽の基礎ボルトの損傷により、水槽自体の破損や配管取付部の破断が起きていた。

このため、冷却水の供給不足により運転が継続できなかった発電設備が多かった。

機器やタンクとの取付配管のような異種構造物間の接合部分の損傷が多かった。

給排気ダクトの落下や制御盤の倒壊等により発電設備に損傷を与え、始動できないものがあった。

- c. 燃料については、長時間運転を行ったため、燃料切れによる停止が起きていた。

しかしながら、燃料切れに対する補給の知識と訓練が不足しており、対応できないものがあった。

- d. 移動用発電機の利用については、特に病院や官公庁施設では防災拠点としての重要性から積極的に活用していた。

- e. 災害時の負荷について、このような大災害においては、火災が発生していない場合、負荷の切替えを行い、防災用設備以外へ電気を供給する必要があるとの意見があった。

- f. このような火災がない場合の大災害でも防災用自家発電設備が自動始動する必要があるのかという意見があった。さらに漏電や火災等の二次災害を考えれば、運転員がいなくとも自動始動しない方がよいのではという意見もあった。

また、一般事務所で、人もいない火災も発生していないのに自動始動しているため必要な時は燃料切れで使えなかったという意見もあった。

## 4. 調査結果のまとめ

### 4. 1 自家用発電設備の被害状況について

今回の災害では、地震発生時260万戸の停電が発生したが、2時間後で約38%、26時間後で約15%、72時間後であっても約4%が停電したままの状態であった。

防災用自家発電設備については、91%が自動始動した。

しかしながら、9%が発電装置や付属機器の損傷等により始動せず、また始動しても冷却水や燃料の供給不能等により途中で停止したものがあり、防災電源としての機能をはたしていない状況であった。

被害の主な内容は、以下のとおりである。

a. 発電設備が地階の発電機室に設置されていた所では、発電装置本体の被害は比較的少なかったが、高架水槽と発電装置との間の冷却水配管等の損傷が多かった。

また、屋上に設置された発電設備では、移動したものがあり、中にはキュービクル式発電設備ごと傾斜したものもあった。

現地調査の結果、そのほとんどが基礎ボルトの施工不良と思われるもので、地震のゆれによるボルトの折損や曲がりによりキュービクルごと移動・傾斜していた。

b. ガイドライン発行前に設置されたものの中には耐震ストッパーもなく、防振ゴムが切れ、装置本体が数十センチも移動し、使用不能な状態のものもあった。同一場所でガイドライン発行後に設置された隣の発電設備は、耐震ストッパーが有効に働いたと思われ、使用上問題はなかった。

しかしながら、ガイドライン発行後に設置されたものであっても損傷したものもあり、中にはガイドラインに従い設計されていても、基礎ボルトの施工が不完全であったり、また付属機器の据付が不十分であったりしたものであった。

c. 原動機や発電機に被害がなかったものの、制御盤の固定金具等の支持不良による転倒や保護継電器が振動により誤動作したため、始動できなかったものや始動しても即停止したものがあつた。

また、排気消音器や給排気ダクトが支持不良により落下しているものがあつた。

d. 冷却水系統については、高架水槽と取付配管といった異なる構造物間の接続部での破断があつた。また、基礎ボルト折損等による高架水槽自体の損傷により、発電設備用の冷却水が供給されず、始動不能又は途中で停止したものがあつた。

e. 今回の災害では停電時間が予想以上に長かつたため、半数以上が燃料を使い果た

したり、試運転後の燃料補給不足による燃料切れにより停止していたものがあった。

長時間運転に対応するため、出力を落としたり、ボイラー用燃料を供用しているものもあった。

f. 発電設備を燃料切れになるまで運転したため、ディーゼルエンジンのものはエアークロッキングが発生していた。しかしながら、操作員の多くがエアークロッキングの方法がわからず、燃料を補給しても再始動できず、継続使用できない状態であった。

g. 自家用発電設備のメンテナンスは、電気事業法、消防法及び建築基準法の規定で定期的実施することとなっているが、通常使用しない設備であるため実施されていないものがあり、バッテリーの放電や液面低下、地震の振動による配管内スケールのはがれやタンク沈積スラッジが攪拌されフィルタが詰まり、始動不能や途中停止したものがあった。

#### 4. 2 自家用発電設備の今後の対策について

##### (1) 自家用発電設備及び付属設備の耐震対策

今回の調査では、ガイドライン発行後設計・施工されたものについては、ガイドライン発行前に設置されたものより比較的損傷が少なかった。

したがって、耐震対策については、今後もガイドラインを理解し、設計・施工に十分配慮すれば問題なく機能が保たれると考える。

なお、ガイドラインの内容としては以下のものがある。

a. アンカーボルトについては、引抜荷重及びせん断力に十分耐えうるボルトを選定し、施工する。

b. 防振措置を行ったものは、移動・転倒防止対策として有効な耐震ストッパーを取付ける。耐震ストッパーについては、鉛直方向も考慮する。なお、防振ゴムについては、定期的に点検・交換を行う。

c. 発電設備やタンクと配管等のように異なる構造物間の相対変位による破損をさけるため、接続部には可とう管継手を使用する。

d. 発電設備に設置している排気消音器や給排気ダクト類の落下防止のため、耐震支持や三方向ストッパーを設置する。

e. 重心の高い制御盤や始動用エアータンク等は、転倒防止のため基礎ボルト等による床への固定及び支持金具による壁や天上への固定を行う。

f. 保護継電器や制御装置類は振動により誤動作しないもの（静止型等）とする。

なお、ガイドライン発行前に設置されている発電設備に対しては、ガイドラインを基に検討を行い、必要があれば対策を実施する。

## (2) 自家用発電設備の冷却方法

自己冷却型（空冷式又は直結ラジエータ式）以外の自家用発電設備を使用する場合は、専用冷却水槽や冷却水配管についてはガイドラインに従った耐震対策を行い、さらに以下の点を考慮する必要がある。

- a. 自家用発電設備の専用冷却水槽ではなく高架水槽を兼用する場合もあり、高架水槽や配管については、ガイドラインを準用した設計・施工を行う。
- b. 配管接続部には可とう管継手を使用し、冷却水槽と発電設備との距離はできるだけ短くすることが望ましい。
- c. 高架水槽や冷却塔が損傷等で使用できない場合を想定し、地下受水槽の水も利用できる二重化システムが望ましい。
- d. 冷却水配管の腐食による配管損傷防止のため、防食対策が必要である。
- e. 発電設備以外に消防用設備用等としても水の確保は必要であり、防災用井戸や地下水槽を設置するのが望ましい。

しかしながら、自家用発電設備の専用冷却水槽や高架水槽の破損、冷却水配管の損傷等を考えた場合、自家用発電設備の冷却方式については、自己冷却型（空冷式又は直結ラジエータ式）が望ましい。

## (3) 自家用発電設備の設置場所及び設置台数

ビルの屋上に設置された発電設備は、下記に考慮する必要がある。

- a. 自家用発電設備は出来るだけ地震による影響が少い下層階に設置するのが望ましい。また、建物の半壊時における燃料等の搬入や、メンテナンス等を考えれば下層階が望ましい。

ただし、地下に設置した場合、発電設備が水による影響を受けるので、防水、浸水対策を十分に行う必要がある。

- b. 今回の調査では、病院等で複数台自家用発電設備を設置していたため難を免れた所があり、複数台設置は非常時に効果的である。

複数台設置する場合は、非常時に防災用負荷や保安用負荷のどちらへも供給できるようなシステムや、設置場所及び冷却方式を異なったものとしたり、さらに、燃料系統や始動装置等を二重化したりした方が効果的である。

#### (4) 病院、避難所等における移動用発電機の運用

今回の災害では、移動用発電機の利用が多かった。特に防災拠点となる官公庁、病院、避難所等の重要施設では、長時間にわたる停電や発電設備が使用できない場合の非常時の分散電源として有効に活用できるものであり、必要により日頃から移動用発電機を確保し、利用できる体制にしておくことが望ましい。

前記のごとく、複数台の設置が望ましくても設置できない場合、1台は自家用発電設備、あとは移動用発電機で電力確保という利用方法も考えられる。

### 4. 3 自家用発電設備のあり方について

#### (1) 非常用自家発電設備の重要性

今回の調査結果から、防災拠点として機能すべき官公庁施設、病院、広域避難所、金融機関、電気通信事業施設等について、一部建築物の規模等の関係から非常用自家発電設備を設置していない所があり、今後はたとえ小規模な施設であっても非常用自家発電設備を設置する必要があると考える。

なお、通商産業省資源エネルギー庁では、警察等復旧対策の中心となる官公庁施設、病院等人命に関わる施設、広域避難所等の重要施設において、非常用発電設備が設置されていないケースや設置していても今回のように効果的に稼働しなかった事例があったことを踏まえ、「電気設備防災対策検討会」において、このような重要施設を有する需要家へ非常用発電設備の設置促進及び平常時からの保守・点検の重要性への注意喚起を行っている。

また、自治省消防庁及び建設省においても、建築物の規模等により常用電源が停止した場合に備え、当該防火対象物の防災電源として機能を発揮するために、防災用自家発電設備等を設置することとされている。さらに法的義務付の対象外であってもその防火対象物の公共性、社会性を考慮し、自ら防災電源を備えることが重要であるとしている。

#### (2) 自家用発電設備の燃料保有量及び運転時間

防災用自家発電設備の燃料については、法的最低保有量（2時間分）以上であったが、今後非常時のライフラインとして使用することを考えた場合、以下を考慮する必要がある。

- a. 燃料保有量については、実際に必要とする運転時間を考慮し、必要であれば法的手続きを行い燃料を確保する必要がある。



b. 防災拠点として機能すべき官公庁施設及び避難救護に必要な施設については、「官庁施設の総合耐震設計標準」に従い、72時間程度運転できる燃料を保有又は緊急時に確保できるようにしておくことが望ましい。

c. 大災害における燃料補給については、交通渋滞や道路の寸断等に対応できるよう、事前訓練やマニュアル化しておく必要がある。

d. A重油等の燃料は緊急時特に入手しにくくなるので、緊急時でも入手しやすい軽油等の代替燃料が使用できるようマニュアル等で明確にしておく必要がある。

なお、長時間運転に対応できるものとして、コージェネレーション等常用電源として使用している発電設備を非常時に消防用設備等へ電力を供給できる常用防災兼用発電設備がある。

常用としての長時間分の燃料保有量があるため、非常時でも長時間使用可能な分散形電源として、積極的に活用することが望ましい。

### (3) メンテナンス

非常用発電設備は常時使用されていないため、メンテナンスがおろそかになりがちで、中には定期的な試運転や燃料の補給等あまり実施していないのがあった。

このため、非常用発電設備についてはその重要性を考え、法的に決められた定期的な試運転と各部の点検を実施することを再認識させる必要がある。

a. 操作員の自動・手動切替操作ミスやエア抜き操作不良防止のため、マニュアルの整備や操作手順の表示並びに操作員の定期的な講習や訓練が必要である。

b. ディーゼルエンジンのエア抜き防止のため、燃料切れの前に警報を出し、発電設備を自動停止させるシステムを検討する必要がある。

c. 切替操作ミスのないように、手動始動を行ったままにしている、自動的に自動始動モードに切替わるようなシステムを検討する必要がある。

d. 通常の点検を行っていただけでは発見出来ないような内容のものもあり、今後は分解点検等のより極め細かなメンテナンスを行う必要がある。

なお、協会において「非常用発電設備保全マニュアル」を策定しており、今後は、本マニュアルに従ったメンテナンスを行うことが望ましいと考える。

e. メンテナンス不良による不具合をできるだけ発生させないものとして、先に述べたような常用防災兼用発電設備が効果的である。常用防災兼用発電設備は常時連続運転しているため、メンテナンス、燃料補給、操作員の習熟度も十分であり、

運転信頼性が確保されていると考える。

#### (4) 防災用自家発電設備の自動始動について

今回の大災害では、停電によりほとんどの防災用自家発電装置は自動始動しており、問題なかったと思われる。

しかしながら、設置者に対するアンケート調査や現地調査では、以下のような意見があり、今後可能性について検討する必要があると考える。

- a. 建屋内で常時監視している時間帯（昼間）は手動始動、監視していない時間帯（夜間）は自動始動させるよう自動で切替できるシステム。
- b. 地震による停電で火災が発生していない場合、自動始動しないシステム。
- c. 地震による停電で始動しても火災が発生していなければ自動停止するシステム。

#### (5) 病院、避難所等における災害時の電力供給

防災用自家発電設備は、消防法及び建築基準法に基づき、防災電源として消防用設備等に電力を供給することとしているが、今回災害時における負荷の調査を行った結果、病院や避難所では消防用設備への電力供給に加えて、保安用設備への供給を必要としていた。

このため、以下のように、防災電源と非常時の保安電源をうまく調和させて使用できるような検討が必要である。

- a. 防災用自家発電設備の設置にあたっては、非常時にも対応できるよう消防負荷以外に必要と思われる負荷を加えた発電設備容量のものとする。
- b. 火災が発生していない場合は、主任技術者等が手動により一般負荷へ電源を投入でき、また、火災発生時には自動的に防災負荷へ切替るようなシステム。

#### (6) 自家用発電設備の耐震基準

今回の災害調査では、発電装置及び付属機器・配管がガイドラインに従って設計・施工されていれば、今回の震災に対してもほぼ耐えられるものであったと思われる。今後も本ガイドラインに従って設計・施工すれば阪神大震災クラスの地震に対しては、問題ないと思われる。

#### (7) 自家用発電設備の設計・施工マニュアル

自家用発電設備を現地にて設置する場合の施工上での不具合による被害が発生していることから、耐震措置も含めた現地での設置に関する設計・施工上のマニュアル等を策定する必要がある。

## 調 查 結 果

## 1. 調査の目的

平成7年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震では、これまでの災害では予想もつかない程の被害を受け、多くの犠牲者を出し、長期間にわたるライフラインの供給停止や交通機関の寸断等が生じた。

このような災害時において、防災設備の要とされる自家用発電設備については、そのほとんどが稼働していたが、一部については、始動できなかったものや始動しても長時間にわたる停電に対応できず停止したもの等があった。

このため、平成5年1月に発生した釧路沖地震、同年8月の鹿児島大水害、平成6年12月の三陸はるか沖地震に引き続き、今回の阪神大震災についても自家用発電設備の稼働状況や被害状況を調査することとした。

今回の調査は、災害発生時の稼働状況、被害状況及び負荷設備への影響等を調査することにより、災害時における自家用発電設備のあり方、追加的な施策の必要性等について提言を行い、自家用発電設備の安全性の確保と信頼性のより一層の向上に役立てるものである。

## 2. 調査方法

調査方法は、自家用発電設備の製造事業者に対するアンケート調査、設置者に対するアンケート調査及び現地でのヒアリング調査とし、設置状況、稼働状況、被害状況及び設備への影響等を調査した。

本調査にあたっては、学識経験者、自家用発電設備の機能・安全性に関する行政に携わる者、エネルギー供給に携わる者、自家用発電設備の製造に携わる者等から構成される「阪神大震災における自家用発電設備調査委員会」を協会内に設置し、災害地域における自家用発電設備の設置状況、稼働状況、被害状況等の調査結果及び分析・評価結果の審議を行った。

設置者に対するアンケート調査は、比較的被害の大きかった地区（神戸市，芦屋市，西宮市，尼崎市，宝塚市，伊丹市）に限定して行った。

また、現地での詳細な調査を行うため、委員会委員及び協会事務局より構成された現地調査委員により、設置者を訪問した。

### 3. 用語の定義

本報告に用いる用語の定義は次による。

#### a. 自家用発電設備

電気事業用以外の用に供する内燃機関又はガスタービンを原動機とする発電設備で、原動機、発電機、制御装置、排気消音器、搭載燃料タンク、専用冷却水槽等をいう。

#### b. 常用自家発電設備

自家用発電設備のうち、連続して負荷に電力を供給できるものをいう。

#### c. 非常用自家発電設備

自家用発電設備のうち、常用電源が断たれた場合、原動機を駆動させ、負荷に電力を供給できるものをいう。

#### d. 防災用自家発電設備

非常用自家発電設備のうち、消防法に基づく非常電源及び建築基準法に基づく予備電源として屋内消火栓設備、スプリンクラー設備、排煙設備、非常用照明設備、非常用エレベータ設備等に電力を供給できるものをいう。

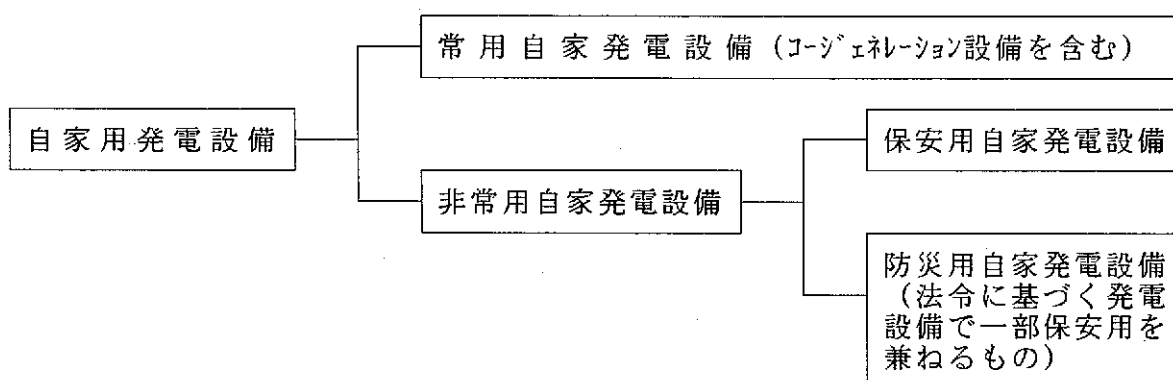
#### e. 保安用自家発電設備

非常用自家発電設備のうち、保安電源として通信設備、コンピュータ設備、照明設備、空調設備等に電力を供給できるものをいう。

#### f. 防災電源

消防法に基づく非常電源と建築基準法に基づく予備電源を総称したものをいう。

(参考)



#### 4. 自家用発電設備の現状について

##### (1) 自家用発電設備の設置実態

日本国内における自家用発電設備（内燃機関及びガスタービン）は、ほとんどが防災用自家発電設備で、協会が行っている防災用自家発電設備の形式認定品としては1995年末現在約85,000台、総容量は約12,000,000kVAである。

これは、消防法において、病院、学校、公共施設等の消防用設備の非常電源として、また、建築基準法において、防災設備の予備電源として防災用自家発電設備を設置することとされているためである。

常用自家発電設備（内燃機関及びガスタービン）は、これまでほとんどが離島用の発電設備主体であったが、近年エネルギーの有効利用を図る目的でコージェネレーション設備が産業用・民生用等に大幅に普及している。

添付資料に国内における自家用発電設備（内燃機関及びガスタービン）の設置状況を示す。

##### (2) 自家用発電設備の関連法規

###### a. 電気事業法

電気事業法において、防災用自家発電設備は需要設備の付帯設備である「非常用予備発電設備」として位置づけられている。

工事計画届出の必要はないものの、電気主任技術者の選任の届出及び保安規程の届出を所轄の通商産業局長に行うこととされている。

###### b. 消防法

消防法において、病院、学校、公共施設等の防火対象物にあっては消防用設備等の設置及び維持が定められており、また、消防法施行令において、各消防用設備には非常電源の設置が義務付けられている。

非常電源は、常用電源が停電した場合に消防用設備等に速やかに電源を供給することを目的としたもので、その種類としては「非常電源専用受電設備」「自家発電設備」「蓄電池設備」の3種類であり、添付資料に示すとおり消防用設備等の種別により、その設置が義務付けられている。

消防用設備等を有効に作動できる非常用電源の最小作動時間は添付資料のように定められている。

### c. 建築基準法

建築基準法は、多数の人々が同時に避難する特殊建築物に関する規制の強化、階段出入口に設ける防火戸の防煙、防火上及び避難上の配慮、常用電源が断たれた場合の措置等が定められている。更に、非常用の昇降機，非常用の照明装置，排煙設備などのほか、換気設備などの設置及び告示で具体的に工法を規定している。

また、建築基準法による防災設備の予備電源の最小作動時間は添付資料のように定められている。

### (3) 自家用発電設備の基準

#### a. 自家用発電設備耐震設計のガイドライン

協会では、宮城県沖地震（昭和53年6月）での自家用発電設備の被害経験を契機に、委員会を設置し自家用発電設備の耐震基準の検討を行い、昭和56年3月ガイドラインを発行した。

本ガイドラインは、自家用発電設備についての耐震措置の最小必要条件を定める民間の自主的な設計指針であり、地震に対する安全性の増大、耐震措置技術の向上、自家用発電設備産業の振興などに寄与し、これを守ることで耐震措置に関する自家用発電設備の施設者の自主保安体制の確立を図ることを目的としたものである。

協会が形式認定を行っている自家用発電設備の耐震設計・施行については、本ガイドラインにより行うこととしている。

#### b. 建築設備耐震設計・施行指針

昭和56年6月1日より施行された、建築基準法施行令の改正に伴い、「建築設備耐震設計・施行指針」が策定された。

本指針は、建築設備に講ずべき耐震措置の内容を設計・施行指針という形でとりまとめたものであり、耐震措置の一つの方法を示したものである。

本指針で示す耐震設計、耐震措置においては、建築物の地震による動的効果を考慮し、入力を局部震度法又は修正震度法により算出し、今まで広く行われている許容応力度法により、耐力を検討する方法を採用しており、具体的に各機器等について設計計算、判定計算が行えるようにしてある。

#### c. 官庁施設の総合耐震計画標準

地震等の災害時に、官庁施設が持つべき防災機能に応じて建築構造，仕上げ，建築設備等の安全性を総合的に判断するための標準として作成された。

この中では、官庁施設のうち大地震動時に防災拠点として機能すべき施設及び避難救護に必要な施設が確保すべきものとして、以下のように規定し、遵守することとされている。

(a) 自家発電運転時間は、72時間程度とする。

(b) 発電機用燃料の備蓄量は、官庁施設の防災時の機能を考慮して決定する。

(c) 発電設備の冷却方式は空冷式とする。

なお、本標準については、今回の震災を踏まえ諸規定の見直し及び盛り込むべき技術的事項等の整理・検討を現在行っている。

#### d. 病院電気設備の安全基準（JIS T 1022-1982）

医用電気機器の使用上の安全確保のため、病院、診療所等の設ける電気設備のうち、医用接地配線方式及び非常電源に対する安全基準について規定している。

このなかで、病院で商用電源が停止した時、医療活動を維持するために必要な非常電源として自家用発電設備、蓄電池設備又はこれらの組合せによるものに関する基本的事項について規定している。

非常電源の種類としては次のものを規定している。

- ・一般非常電源：自家発電設備認定委員会が認定する40秒始動の防災用自家発電設備
- ・特別非常電源：自家発電設備認定委員会が認定する10秒始動の防災用自家発電設備
- ・瞬時特別非常電源：蓄電池設備認定委員会が認定する蓄電池設備と上記のいずれかの防災用自家発電設備との組合せ

また、防災用自家発電設備の運転時間については、大地震等の場合かなりの時間停電することも考慮し、連続して最小10時間運転できることとされている。

e. 非常電源には、協会の自主認定制度において「認定証票」が交付されており、この認定証票が貼付されているものは、消防庁長官の定める「自家発電設備の基準」に適合するものとして取り扱われている。また、建設省においても同様に、所用の機能及び構造を有するものとして行政上活用されている。



## 5. 自家用発電設備の被害状況の調査と分析

### 5. 1 災害状況

平成7年1月17日（火）午前5時46分、兵庫県南部において強い地震（兵庫県南部地震）が発生した。

震源地は、淡路島北部で震源の深さは約20kmであった。気象庁によると地震の規模は、マグニチュード（M）7.2を観測し、直下型の地震としての被害は甚大となり、戦後最大の震災となった。

#### 震度記録

	兵庫県南部地震 (神戸海洋気象台)	釧路沖地震 (釧路地方気象台)
発 生 日	H7. 1. 17	H5. 1. 15
マグニチュード	M7. 2	M7. 8
震 源 深 さ	20 km	100 km
最大加速度	NS 818 Gal EW 617 Gal U/D 332 Gal	NS 817 Gal EW 922 Gal U/D 467 Gal
最大振幅 (変位)	NS 18 cm EW 18 cm U/D 10 cm	NS 11 cm EW 5 cm U/D 2 cm

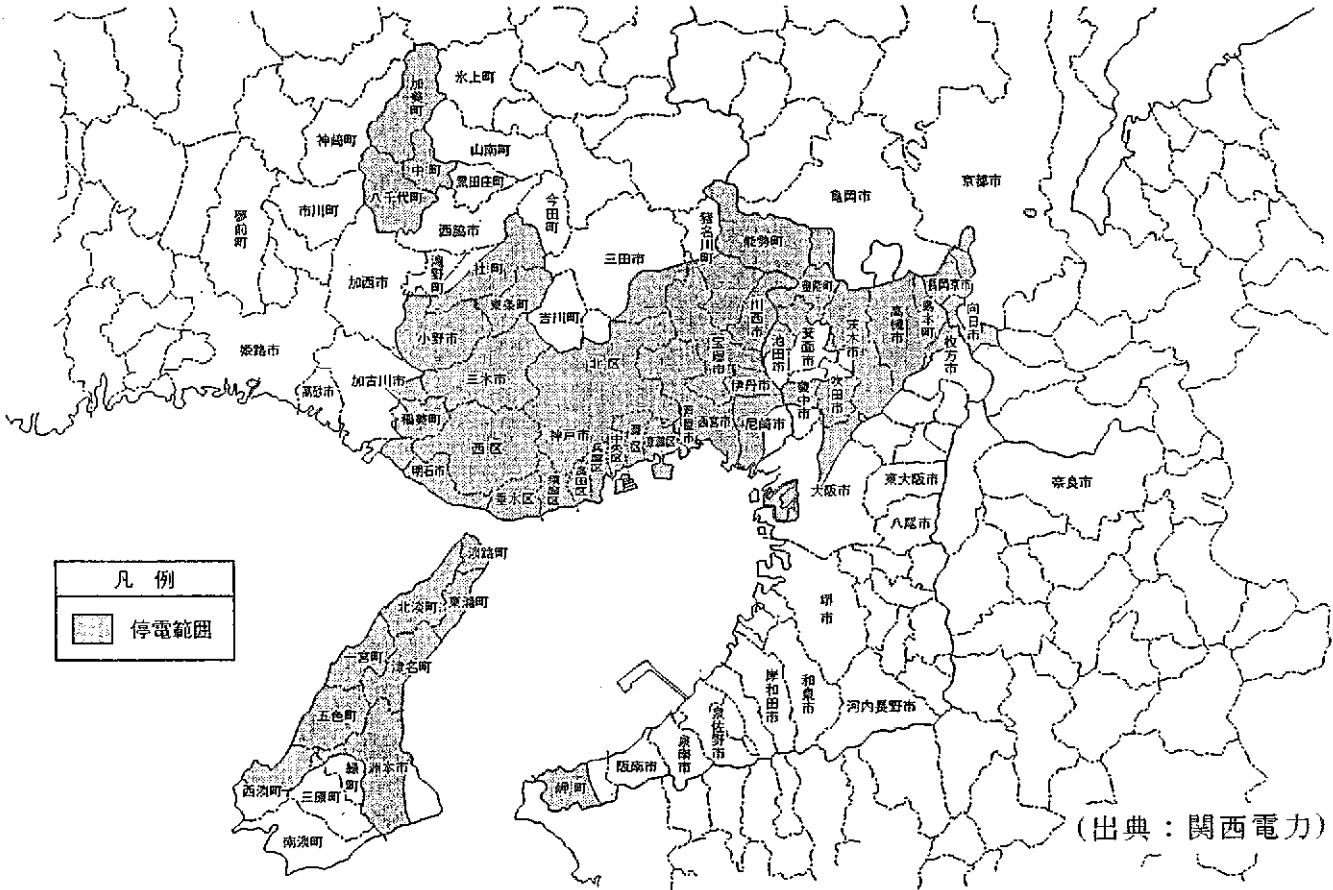
(いずれの記録も硬質地盤上の記録である。敷地内地表上に設置された地震計による。)

#### [地震による被害]

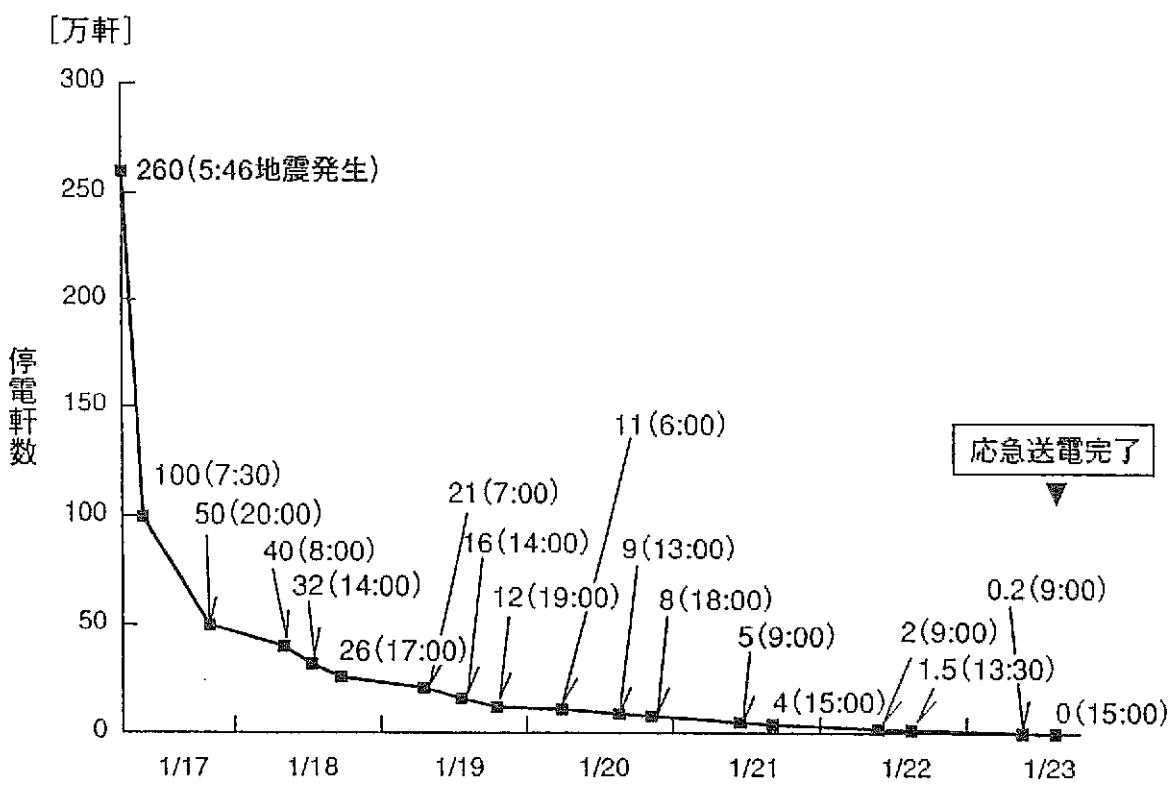
##### 被害状況

1 災害救助法指定市町数	10市10町
2 指定市町面積	1,657.60㎡
3 指定市町人口	3,588,288名
4 死 者 (12月27日現在, 消防庁調べ)	6,308名
5 負 傷 者 (12月27日現在, 消防庁調べ)	43,177名
6 行方不明者 (12月27日現在, 消防庁調べ)	2名
7 倒壊家屋 (12月27日現在, 消防庁調べ)	209,043戸
8 避難箇所数 (1月23日ピーク時)	1,239箇所
9 避難人数 (1月23日ピーク時)	319,638名

供給支障エリアの推移 ー地震発生時



停電戸数の時間推移



(出典：関西電力)

## 5. 2 第1次アンケート調査（製造事業者対象）

### (1) 調査の概要

阪神大震災における自家用発電設備の被害状況及び稼働状況を調査するため、同地震被害対象地区内に納入実績のある自家用発電装置の製造事業者にアンケート調査を実施した。

- a. アンケート調査対象地区：大阪府及び兵庫県全域
- b. アンケート調査対象製造事業者：38社
- c. アンケート調査回答製造事業者：18社

### (2) アンケート調査結果

アンケートの集計は、発電設備が設置されている建物ごとに設備概要や被害の状況、また、稼働状況等を記載してあった回答を対象に行った。

その結果、回答のあったもの831台の内、停電しなかったり、建物倒壊等の何らかの理由により調査出来なかったと回答したものを除いた695台を有効回答とし集計の対象とした。

#### a. 発電設備の種類

コージェネレーション	20	2.9%
常用自家発電設備	8	1.1%
保安用自家発電設備	77	11.1%
防災用自家発電設備	590	84.9%
合計	695	100.0%

\* 消防法に基づく消防用設備及び建築基準法に基づく防災設備に電力を供給するものはすべて防災用自家発電設備に分類した。

\* 防災用自家発電設備を兼用した保安用自家発電設備は防災用自家発電設備とした。

#### b. 発電設備の稼働状況

##### (a) 始動の有無

	始動	不始動	合計	始動率
コージェネレーション	18	※ 2	20	90.0%
常用自家発電設備	7	※ 1	8	87.5%
保安用自家発電設備	66	11	77	85.7%
防災用自家発電設備	541	49	590	91.7%
合計	632	63	695	90.9%

※については、ガス供給停止等により、始動できなかったものである。

## (b) 運転時間

	保安用自家発電設備	防災用自家発電設備	合 計
2時間以内	9	133	142
5時間以内	7	75	82
10時間以内	1	24	25
10時間超え	13	30	43
小 計	30	262	292
運転時間不明	47	328	375
合 計	77	590	667

\*保安用自家発電設備，防災用自家発電設備のみ

## c. 始動できなかったものの分類

不始動の理由	台数	割 合	主 な 例
故障・設備異常	7	11.1%	制御系の故障、ダクト破損、消音器落下等
断 水 (水系等の損傷等)	8	12.7%	冷却水配管破損、高架水槽転倒等
他設備の異常	13	20.6%	電気室、建物損壊、水槽損壊で浸水等
メンテナンス不良	16	25.4%	始動弁膠着、バッテリー放電等
操作・取り扱い不良	10	15.9%	操作ミス
原因不明	9	14.3%	
合 計	63	100.0%	

\*燃料配管やダクト類の損傷等によるものは「他設備の異常」に分類した。

## d. 停止の分類

	台数	割 合
断 水	16	2.5%
故障・設備異常	14	2.2%
異常停止計	30	4.7%
燃 料 切 れ	63	10.0%
正常停止計	181	28.6%
そ の 他	19	3.0%
不 明	339	53.7%
合 計	632	100.0%

e. 燃料切れで停止したものの運転時間

	ディーゼル	ガスタービン	ガスエンジン	合計	
2時間以内	22	1		23	44%
5時間以内	13	2		15	28%
10時間以内	2	7		9	17%
10時間超え	6			6	11%
小計	43	10		53	100%
運転時間不明	4	4	2	10	
合計	47	14	2	63	

f. 冷却方式別の停止の分類

原動機種類 (冷却方式)	台数 (合計)	異常停止		正常停止		その他	不明	
		故障	断水	燃料	正常			
ディーゼル	水冷式	39	4	9	1	12	6	7
	放水式	72	5	7	7	46	4	3
	2次冷却式	13				8		5
	冷却塔式	9				1		8
	水冷式計	133	9	16	8	67	10	23
	ラジエータ式	195			36	82	2	75
	空冷式	5			1	2		2
	冷却方式不明	193	4		2		5	182
	ディーゼル合計	526	13	16	47	151	17	282
ガスタービン	96	1		14	30		51	
ガスエンジン	10			2		2	6	
合計	632	14	16	63	181	19	339	

\*「燃料」は燃料切れで停止したもの。「正常」は自動または手動で停止したもの。

i. 施設種類別の稼働状況

施設	始動	不始動	計	始動率	ディーゼル			ガスタービン			ガスエンジン		
					始動	不始動	計	始動	不始動	計	始動	不始動	計
ビル	112	12	124	90.3	69	10	79	38	2	40	5		5
ポンプ場	91	8	99	91.9	79	8	87	12		12			
百貨店・店舗	65	6	71	91.5	57	4	61	7	2	9	1		1
工場・作業場	62	7	69	89.9	56	6	62	4	1	5	2		2
病院	57	8	65	87.7	45	5	50	10	1	11	2	2	4
官公庁(学校舎)	52	4	56	92.9	43	3	46	9	1	10			
ホテル	39	2	41	95.1	39	2	41						
公会堂・集会場	24	6	30	80.0	22	6	28	2		2			
駅・港・空港	23	1	24	95.8	19		19	4	1	5			
スポーツ施設・劇場など	21	2	23	91.3	21	2	23						
共同住宅	19	2	21	90.5	17	2	19	2		2			
福祉施設	20	1	21	95.2	20		20		1	1			
放送・通信施設	16	1	17	94.1	9	1	10	7		7			
その他	31	3	34	91.2	30	2	32	1	1	2			
合計	632	63	695	90.9	526	51	577	96	10	106	10	2	12

### (3) 分 析

- a. 自家用発電設備の91%が始動していた。
- b. 稼働状況を見ると、2時間を超えて運転したものが56%を占めていた。
- c. 冷却水については、水道水断による異常停止が全体の2.5%と低い値を示しているが、冷却水断の理由で始動できなかったものを加えると全体の約4%になり、設備は健全であっても自家用発電設備が機能を発揮できなかったことになる。  
これを、原動機の冷却方式別に分析すれば、ラジエータ式又は空冷式（ガスタービン及び空冷式ディーゼル）の発電設備はほとんど被害はなく、すべて水冷式であった。
- d. 最後に始動できなかった原因を分析してみると、地震による発電装置自体や付属設備の異常が多いのは当然であるが、メンテナンス不良によるものと、操作・取扱不良によるものが40%を超えていた。

### 5. 3 第2次アンケート調査（設置者対象）

#### (1) 調査の概要

自家用発電設備の製造事業者に対するアンケート調査に引き続き、自家用発電設備の設置者に対して添付資料のアンケート調査用紙を配布し、自家用発電設備の設置状況、災害時における稼働状況及び被害状況について詳細な調査を行った。

調査票の配布対象地区は、比較的被害の大きかった神戸市、芦屋市、西宮市、尼崎市、宝塚市、伊丹市の6市にしぼって行った。

#### (2) アンケート回収状況

配布したアンケート数962件中、回収数358件（回収率37%）であった。

このうち、1設置者に複数台の発電設備が設置されているなどの重複を考慮し、集計作業での自家用発電設備数は、非常用自家発電装置423台（防災用252台、保安用171台）、常用自家発電装置38台、計461台となった。

#### (3) アンケート調査結果及び分析

##### a. 設置階と被害の関係について（図1）

地上1階及び地下階に設置されていた発電設備については、装置自体の損傷は少なかったものの、冷却水系（配管を含む）の損傷が比較的多く発生していた。

屋上及び塔屋に設置されていた発電設備については、冷却水系以外は全体的に損傷が多いという傾向であった。

装置自体の損傷を個別に分析した結果、そのほとんどは据付上の損傷であった。

冷却水系の損傷は、発電装置と冷却水槽間の配管や水槽自体の損傷であった。

##### b. キュービクル式とキュービクル式以外での被害の違いについて（図2）

全体的にキュービクル式（パッケージ一体型）以外の発電設備で被害の発生率が高くなっていた。特に冷却水系の損傷がかなり多く発生していた。

##### c. 冷却方式と被害の関係について（図3）

水冷式と空冷式（ガスタービン）による被害を比較した場合、全体として水冷式に被害が多かった。

水冷式のうち、ラジエータ（水循環）式とラジエータ式以外の水冷による被害の違いを比較した場合、全体的にラジエータ式以外の方が被害の発生率が高く、特に冷却水系の損傷がかなり多く発生していた。



d. 昭和57年以前と昭和58年以降での被害の違いについて（図4，5，6，7）

ガイドライン発行以前に設置された発電設備（昭和57年以前）については、ガイドラインに従って設計・施工した発電設備（昭和58年以降）に比べ、被害の発生率が高くなっていた。特に、冷却水系及び付属機器・配管（冷却水系及び燃料系の配管を除く）の損傷がかなり多かった。昭和58年以降については、約3%程度の被害発生率であった。

さらに、震度7地区とそれ以外の地区で分けた場合、震度7地区の被害の発生率がそれ以外の地区より圧倒的に高くなっていたが、昭和58年以降については大きな違いはなかった。

また、始動しなかった原因を、昭和57年以前と昭和58年以降に分けた場合、昭和57年以前の方が始動しない率が高かった。

e. 負荷運転時間について（図8）

発電設備の始動後の運転時間については、60%以上の発電設備が2時間以上運転していた。

f. 現在運転可能時間と今後必要と考える運転時間の比較について（図9）

現在の運転可能時間は10時間以内が多いが、今後は今より長い時間運転できるようにしたいと考えている所が多くなっていた。

g. 発電設備出力と契約電力の関係について（図10）

約半数の設置者が契約電力の30%以下の容量の非常用自家発電設備を設置していた。

h. 建物用途と始動の有無の関係について（図11）

防災拠点として機能すべき病院・診療所については、85%以上始動していた。

i. 病院における負荷について（図12）

屋内消火栓設備、スプリンクラー設備、非常用照明設備、非常用コンセントについては、過半数の病院で設置されていた。

設置されていない所は、法的義務付の対象外の規模の病院と考えられる。

j. 建物の被害と始動の有無や被害の状況について（図13）

建物被害の大きい設備ほど始動率が低くなっているが、建物の全壊を50%以上の損壊としているため、全壊した状態でも半数の発電設備は始動していた。

また、建物の被害が大きいほど発電設備の被害の発生率が高くなっていた。

図1. 設置階と被害の関係について

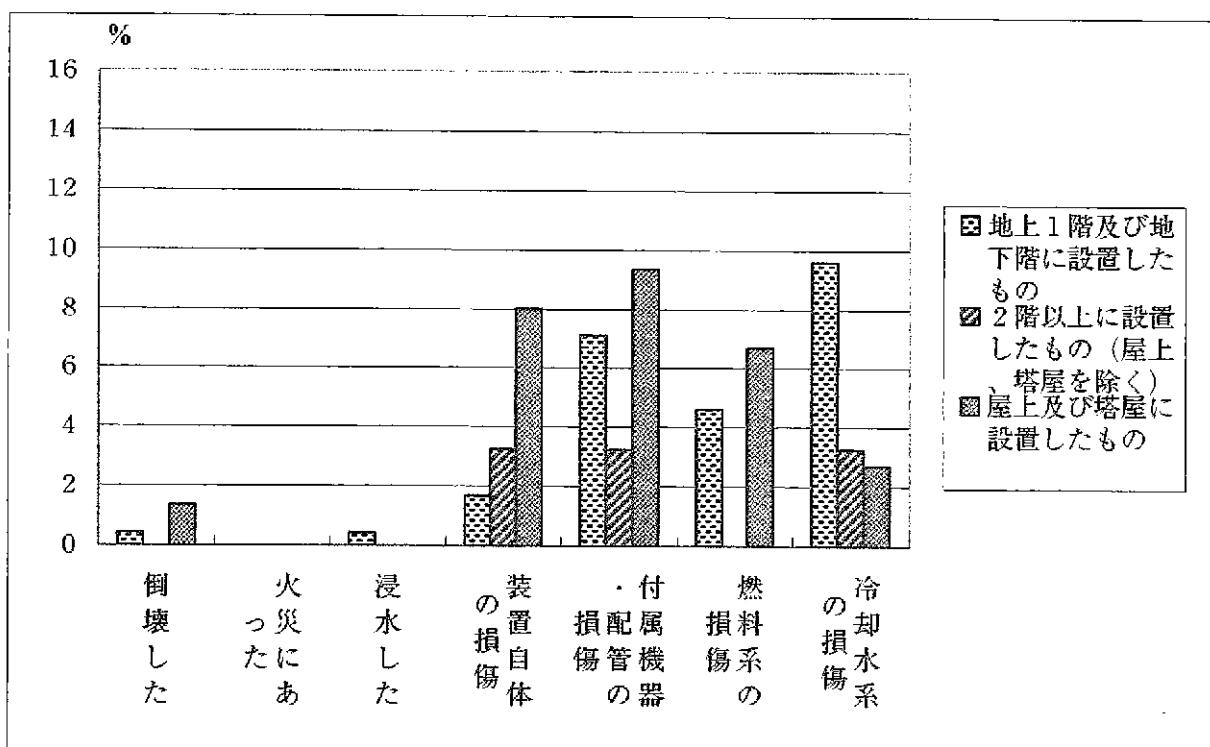


図2. キュービクル式とキュービクル式以外での被害の違いについて

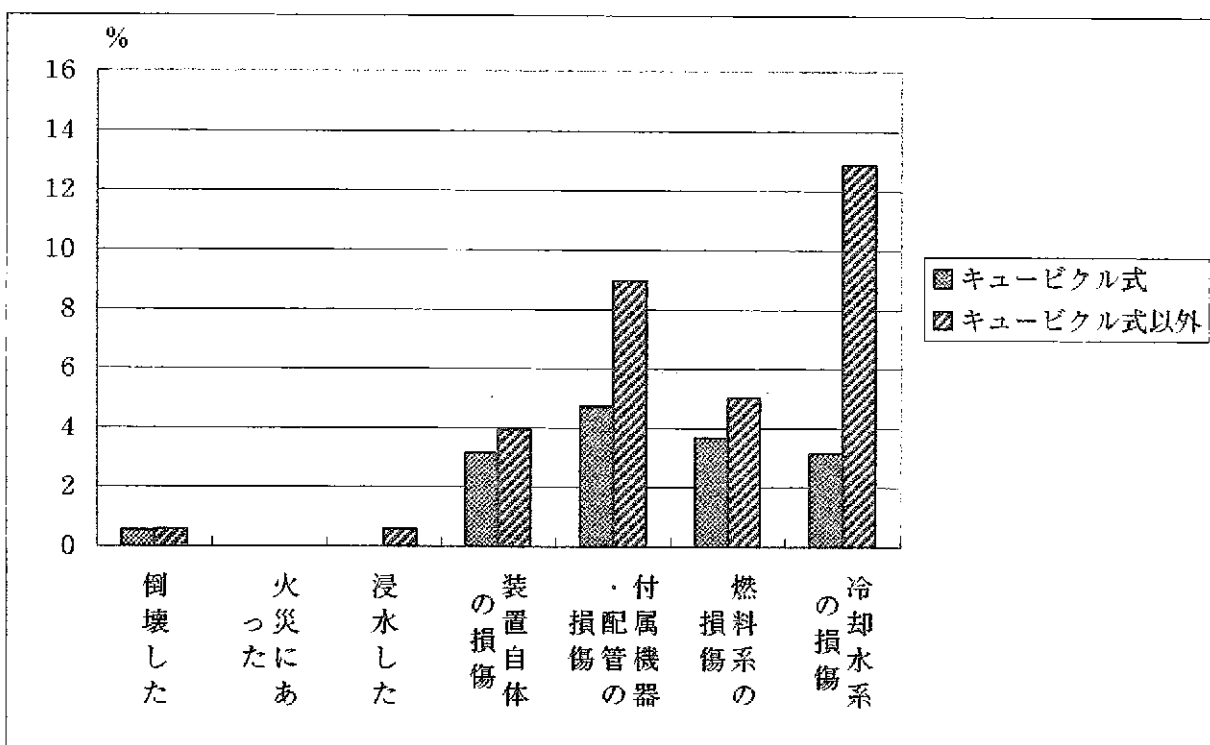


図3. 冷却方式と被害の関係について

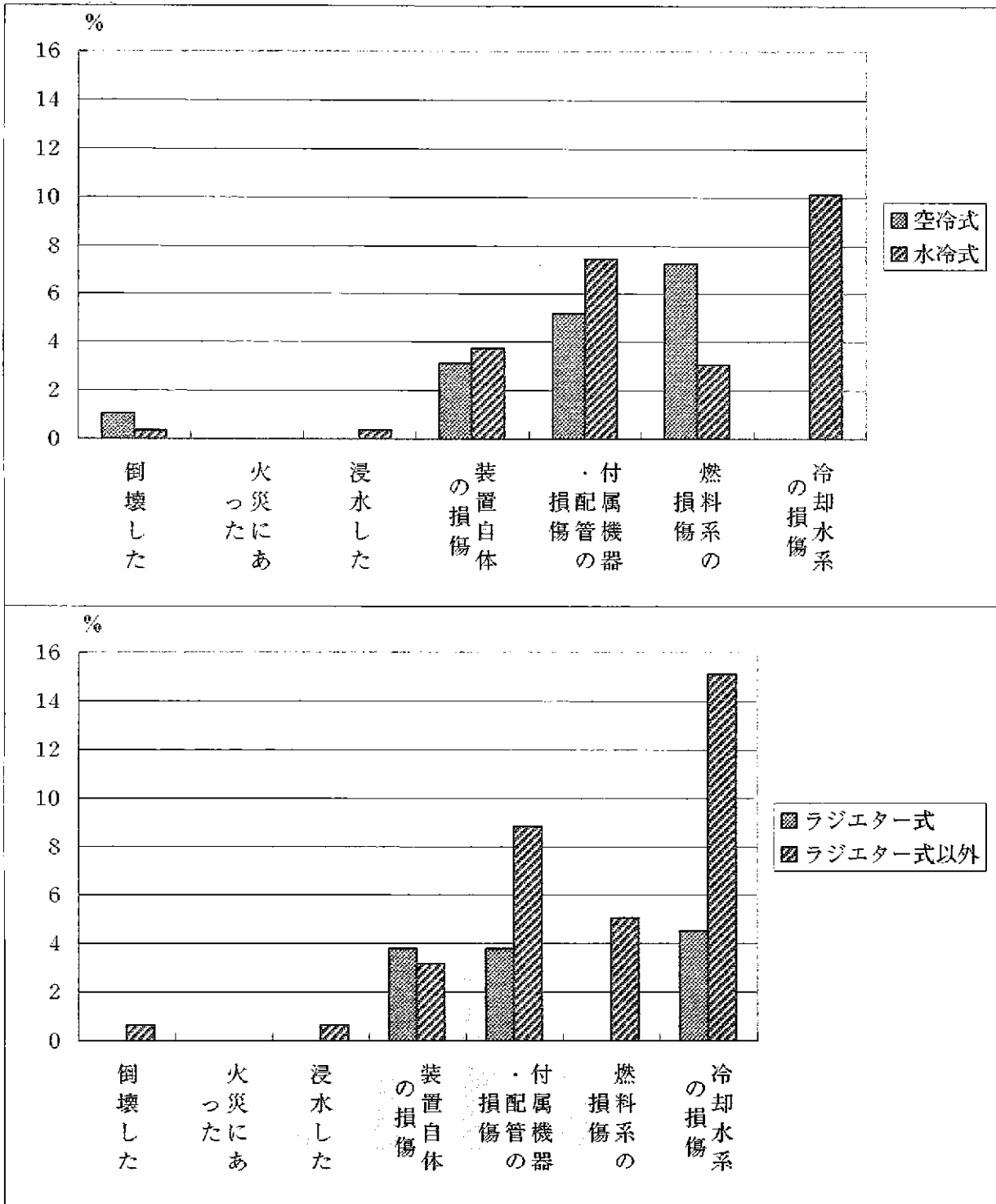
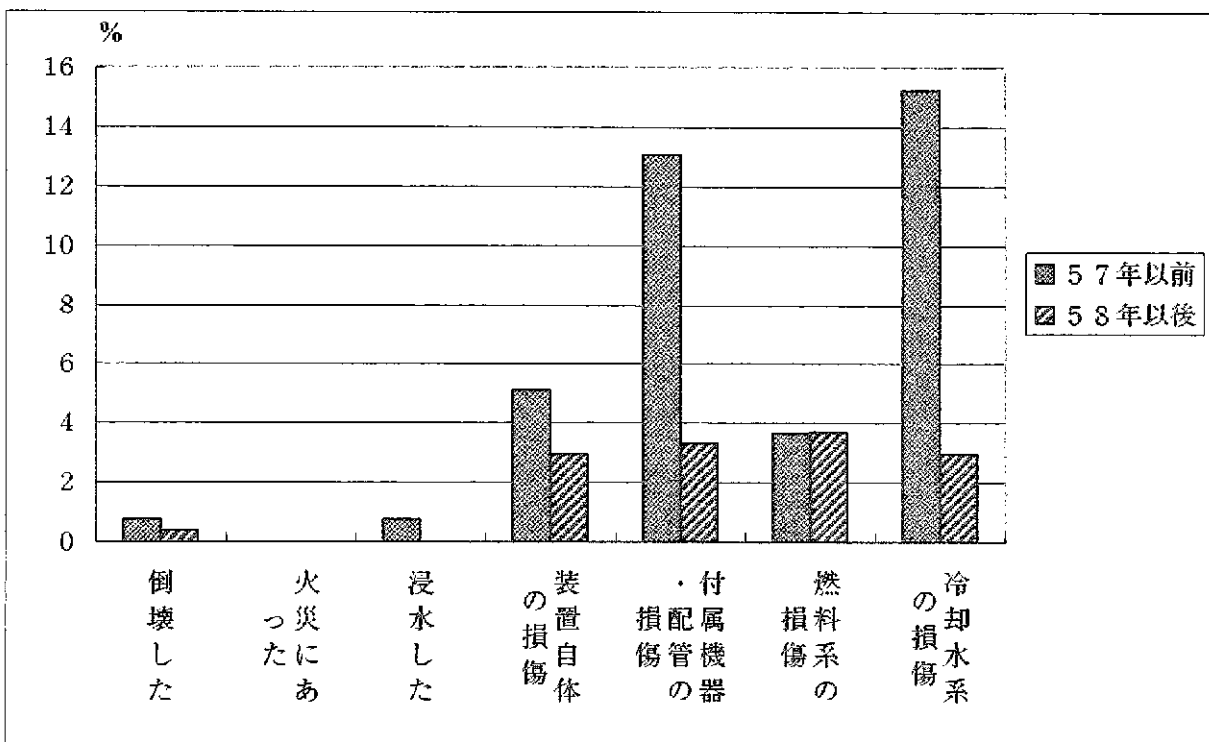


図4. 昭和57年以前と昭和58年以降での被害の違いについて



※ガイドライン発行前（昭和57年以前）と発行後（昭和58年以降）に設置したもの。

図5. 昭和57年以前と昭和58年以降での自動始動しなかった原因について

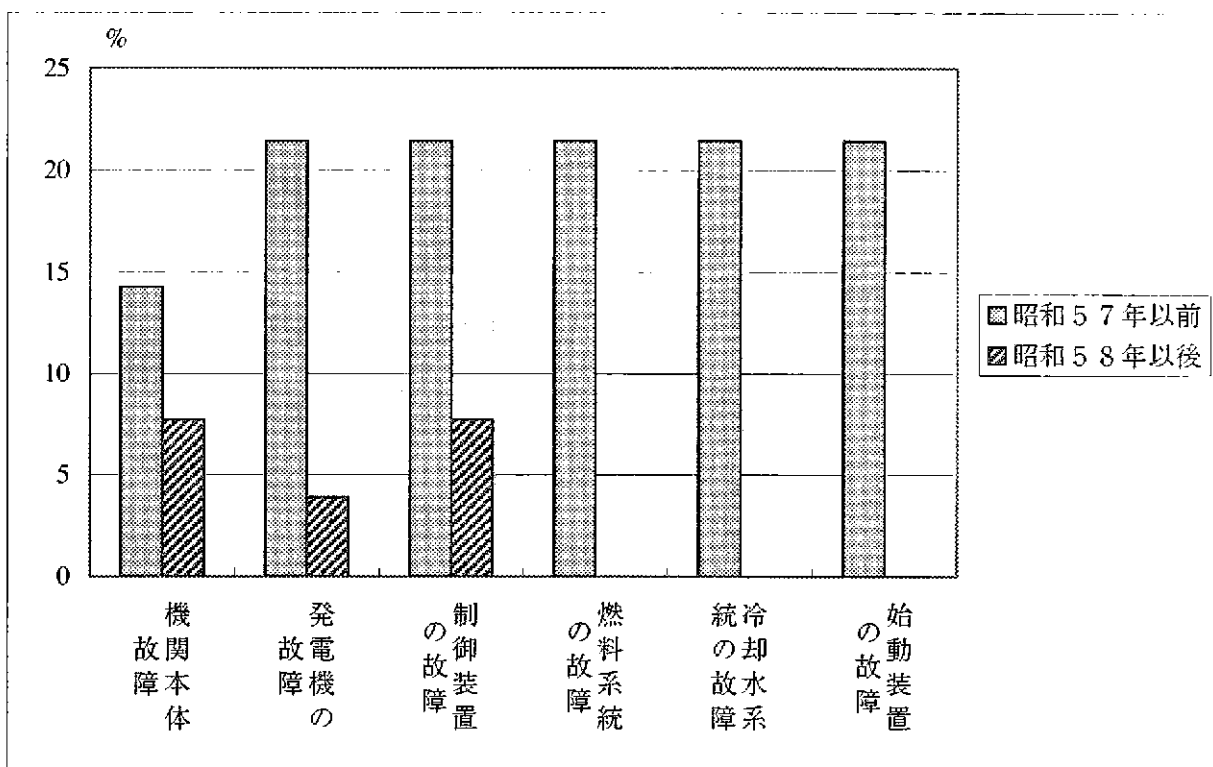


図6. 昭和57年以前での震度7地区とそれ以外での被害の違いについて

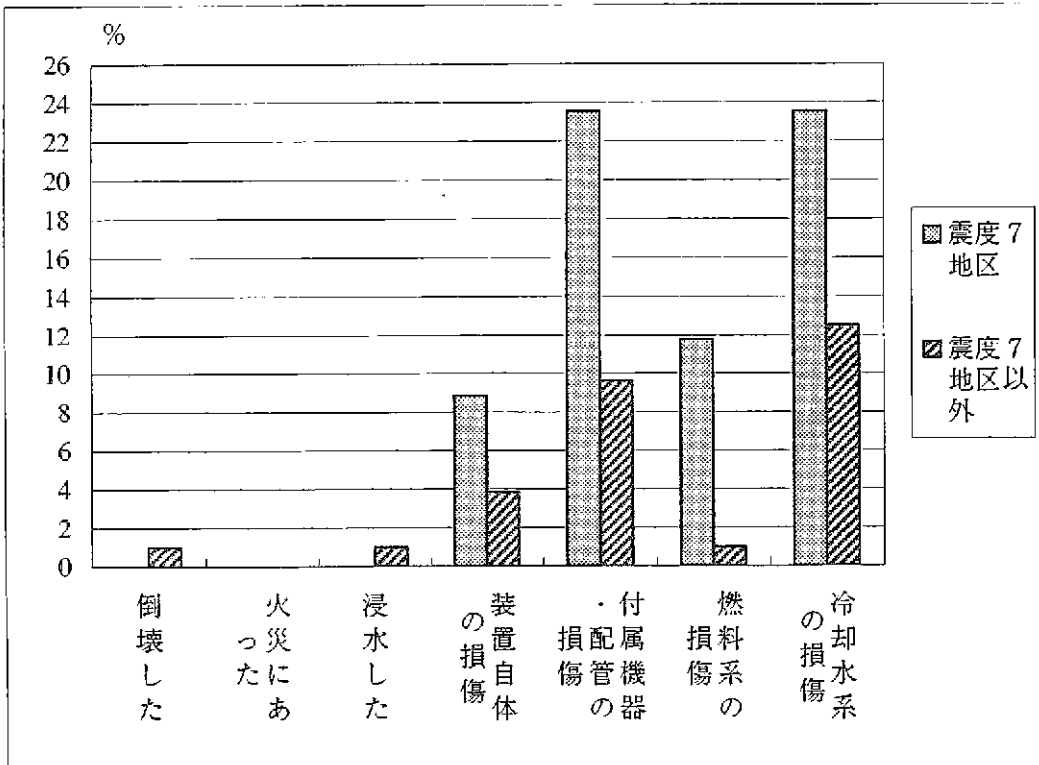


図7. 昭和58年以降での震度7地区とそれ以外での被害の違いについて

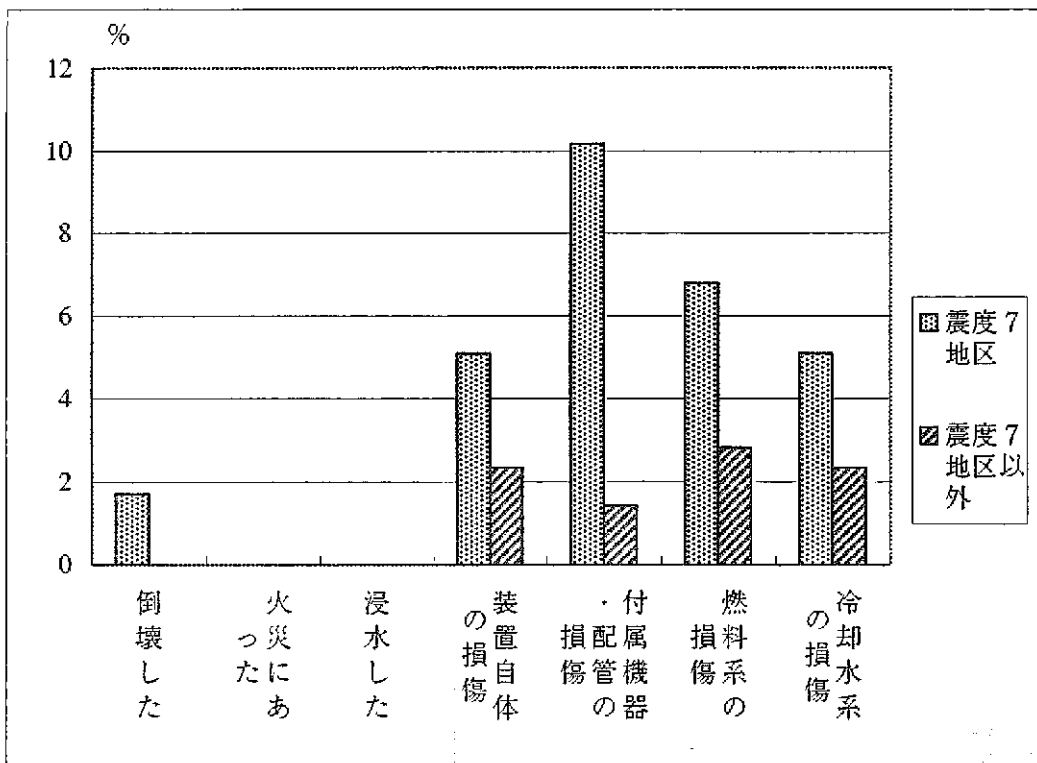


図8. 負荷運転時間について

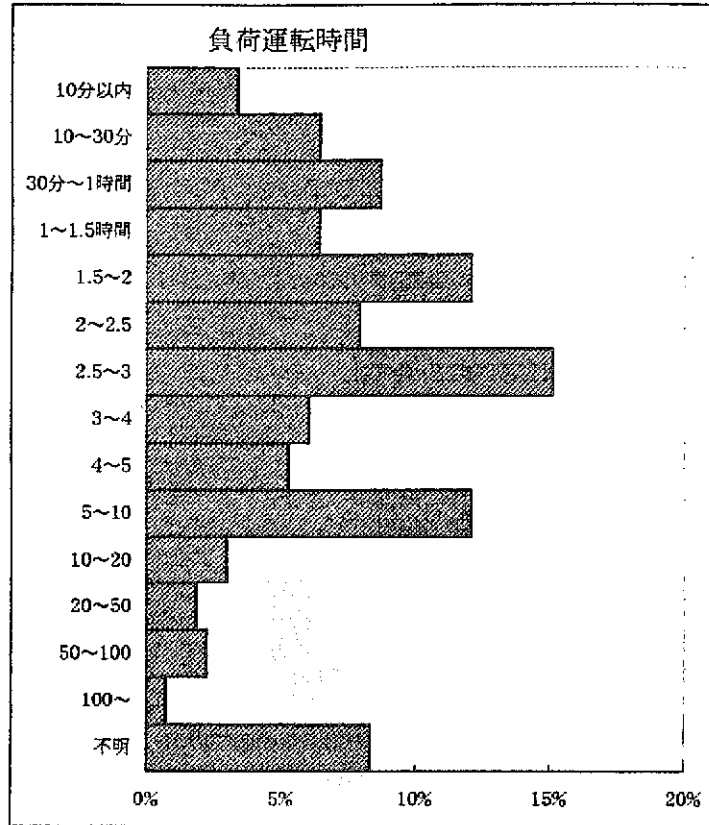


図9. 現在運転可能時間と今後必要と考える運転時間の比較について

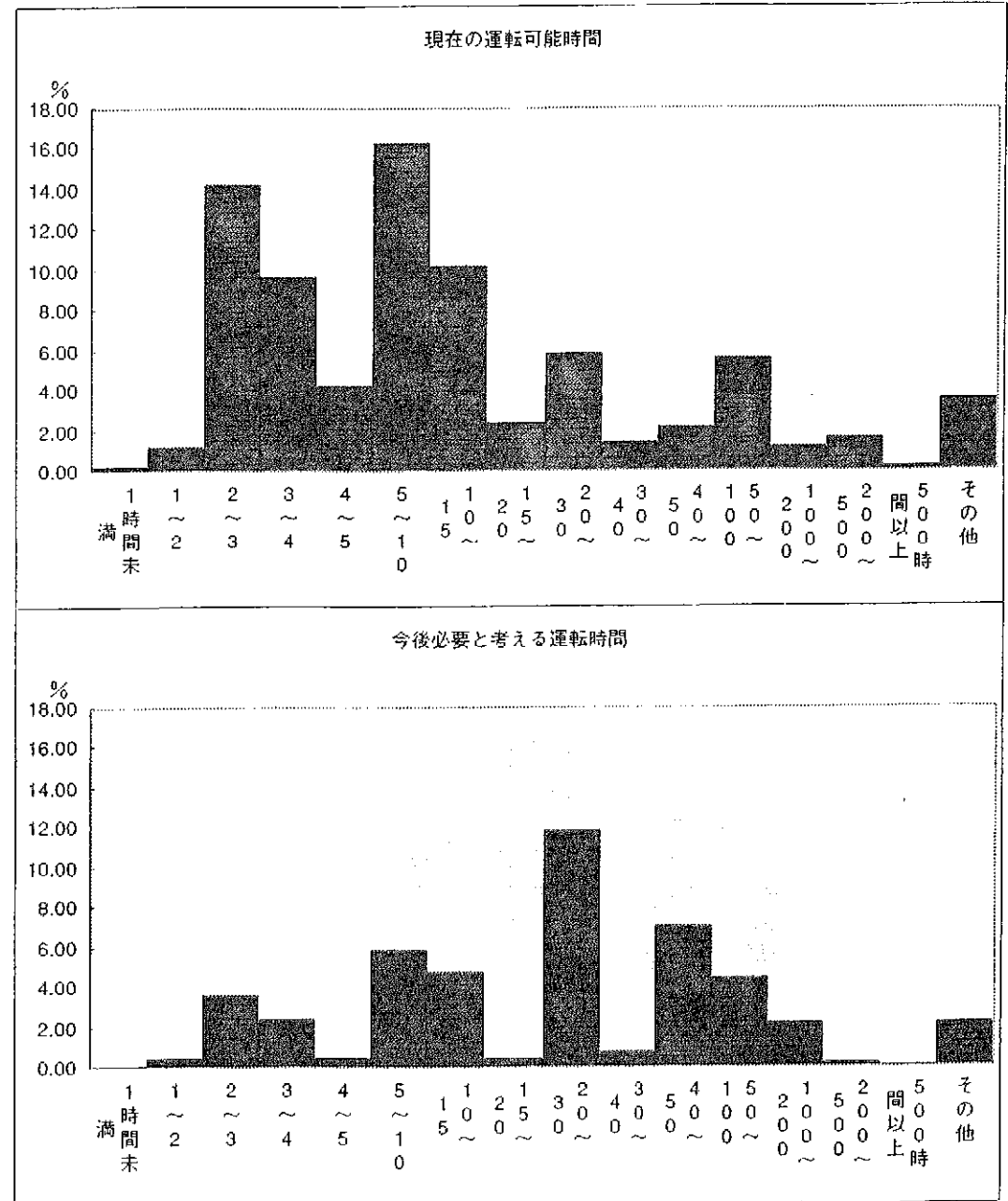


図 10. 発電設備出力と契約電力の関係について

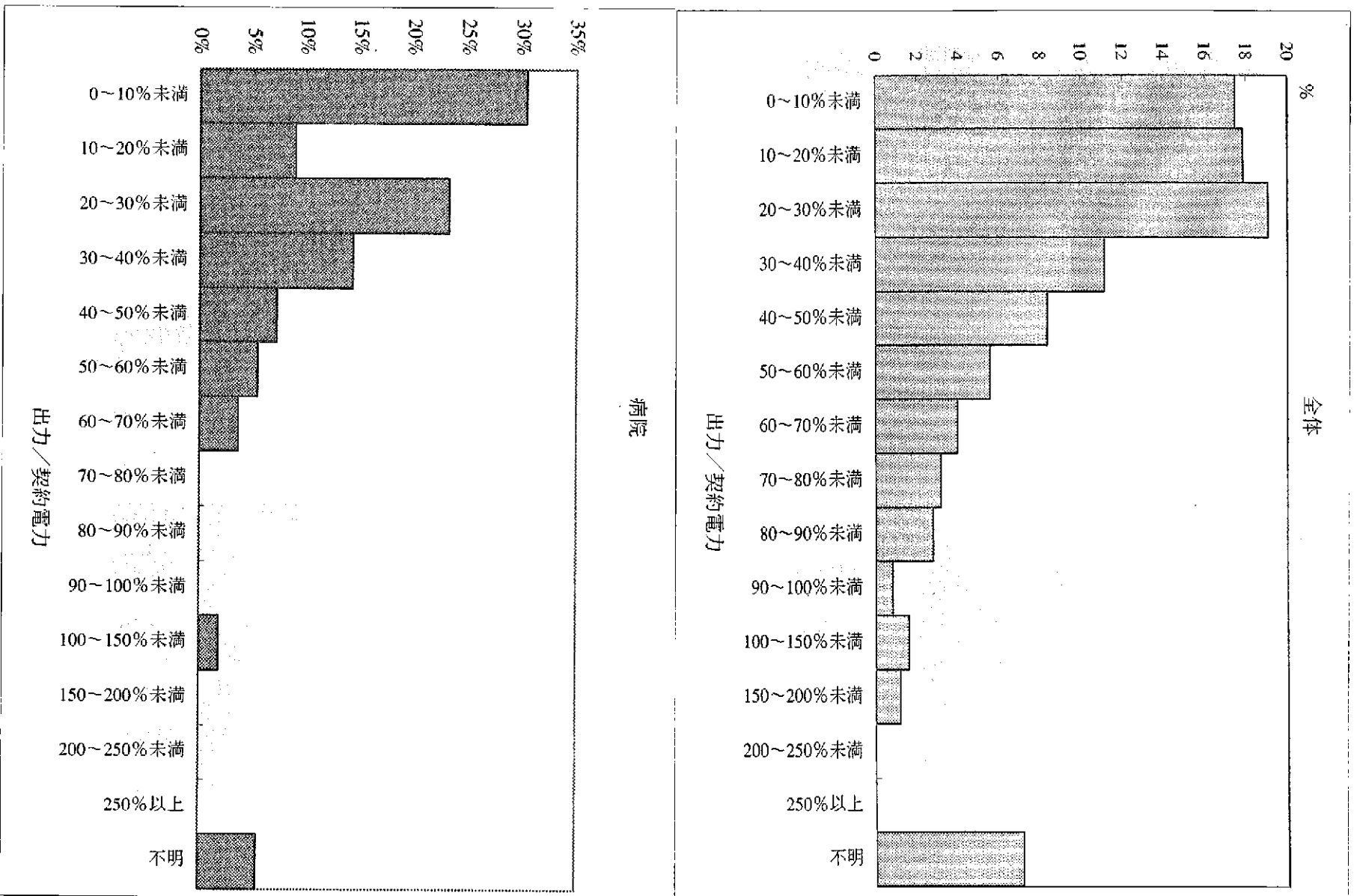


図 1 1. 建物用途と始動の有無の関係について

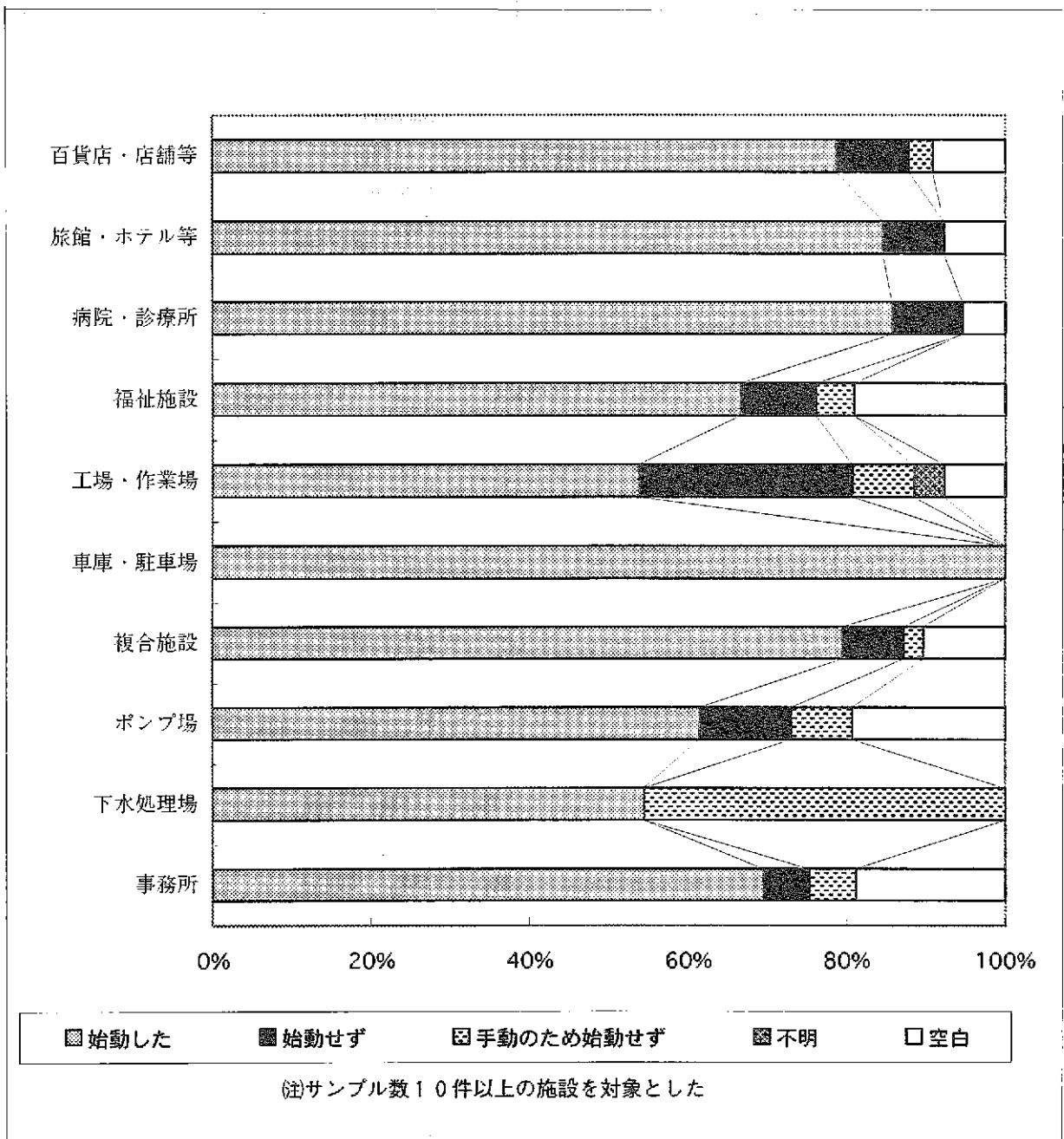




図 1 2. 病院における負荷について

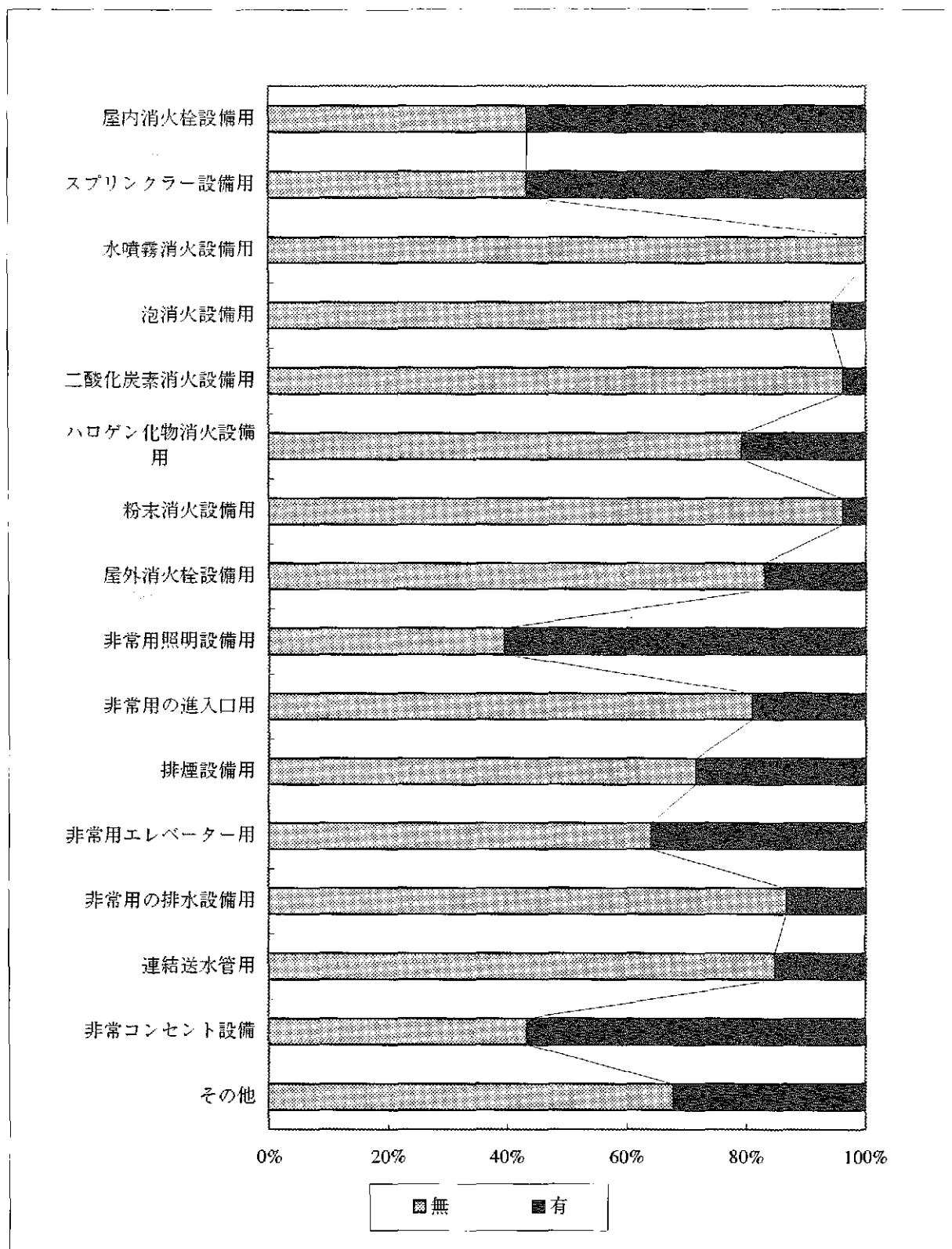
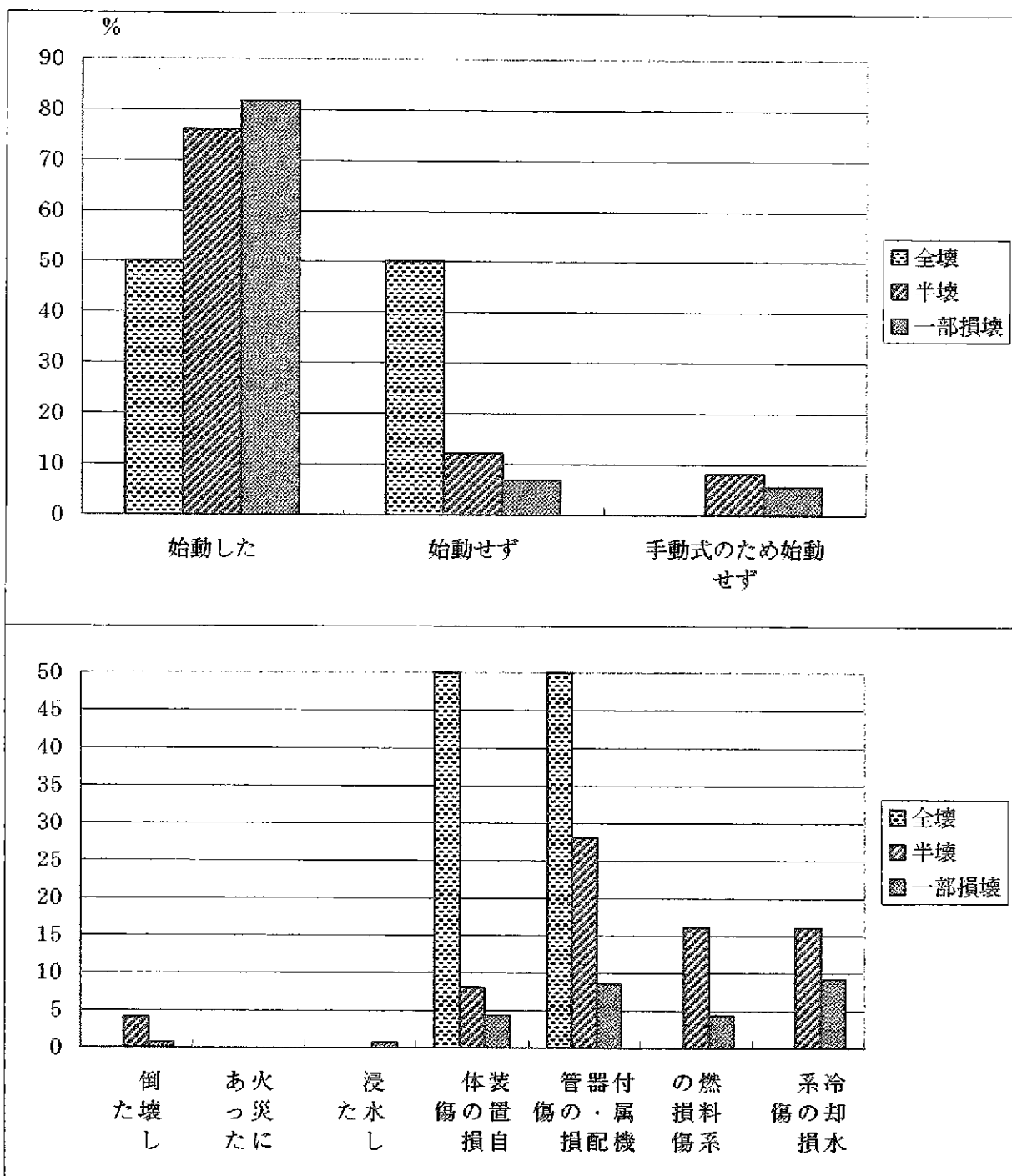


図 13. 建物の被害と始動の有無や被害の状況について



全 壊：建物の損壊が50%以上のもの

半 壊：建物の損壊が25%以上50%未満のもの

一部損壊：建物の損壊が25%未満のもの

#### (4) 設置者としての今後の対策及び要望（アンケートによる回答）

##### a. 耐震対策について

- ◎異種構造物間の配管には必ず連結部に可とう管継手を使用する。
- ・燃料タンク及び燃料配管は、固定等耐震対策を強化したものとする。
- ・保護継電器等は、振動により誤動作しない構造のものを極力使用する。
- ・屋上設置の場合、地下からの給油配管が長いので破損対策が必要である。
- ・準免震の架台上に設置すべきである。
- ・本体，制御盤，排気ダクトなどの強力な防振対策とフレキシブル管の使用。
- ・発電設備だけでなく、電気室及び負荷設備を含め、統一的な耐震基準が必要である。

##### b. 燃料保有量及び運転時間について

- ◎24時間以上の運転時間の確保が必要である。
- ・燃料タンクの増設等燃料貯蔵量の増加を行う。
- ◎停電が長時間に及ぶ時は、自家用発電設備を連続運転せず、必要なときのみ運転して、燃料をできるだけ長くもたせる。
- ・A重油使用につき、緊急時に入手できない等問題がある。緊急用として軽油を手配する。
- ◎代替燃料の使用等の検討を行い、マニュアル化する必要がある。
- ◎必要に応じて発電量（エンジン回転）を調整できるようにして、燃料の使用に無駄がないようにする。
- ・燃料タンクを増設する余地がないので負荷を節約する。
- ・普段からサービスタンクの燃料油はつねに上限近くまで入れておく。
- ◎ボイラー用備蓄燃料を兼用として使用する。
- ・防災拠点としての当所の責務を考慮すると長時間運転の為の燃料貯蔵量規制の緩和が必要である。
- ・病院の場合、長時間停電した時は燃料補給を優先的に割当できるようにしてほしい。
- ◎燃料切れの前に警報を出し、エアーを吸い込む前に発電機を停止さす回路に変更する必要がある。
- ・今回の様な大災害時には交通渋滞等で燃料補給が困難である。

- ・ガソリンスタンドが停電のためポンプでの燃料くみ出しができません。

- 手動にてくみ出しができるような設備が必要である。

- ◎浮子式の燃料計が地震によって揺れ、動作不良となった。

- ・長時間運転のため燃料補給に対する人員配置及び訓練養成が必要である。

c. 冷却方法について

- ・断水もしくは冷却水槽が破損した場合は、消防用水や消火水槽等を緊急的に流用する。

- ◎冷却方式は、自己冷却型（空冷、ラジエータ式水冷）がよい。

- ・病院施設では冷却方式はラジエータ方式が望ましい。

- ◎水冷方式のシンプルなものであるべき。冷却水を共通架台外から引くのは不可。

- ・井戸を掘り、断水時に井戸水を利用する。

- ・地下水槽の設置、貯水量の増量、専用給水管路の増設等検討すべきである。

d. メンテナンスについて

- ◎定期的な日常点検、保守点検が必要。（設置者への保守点検等義務づけ）

- ◎メンテナンス指針（月点検、年点検等）が公的に必要だと思う。

- ・燃料確保対策及び故障と原因のマニュアル整備を行う必要がある。

- ・フリーメンテナンス、自動化、循環使用の徹底、推進が望ましい。

- ・燃料備蓄量の点検を怠ることのないように注意したい。

- ・試運転時は、なるべく負荷を掛けて定期的に行うべきである。

e. 設置場所及び設置台数について

- ◎耐震上からは低層階に設置することが望ましい。

- ◎震災でエレベーターが使用出来ない場合、燃料搬送及び設備運転時の点検は階段となる。発電設備は低層階にあるべき。

- ◎充電設備や発電設備を地下に設置した場合、災害時浸水被害を受けやすい。

- ・建物内の設置は絶対避けるべき。物の倒壊などで、建物が壊れなくても保守に行けなくなる。

- ◎設置場所はメンテナンス、物品搬入、事故時の対応を考えると屋外または1階がよい。

- ◎複数台で場所を離して設置する必要がある。

- ・複数台の発電設備とした場合は、同種類の燃料を使用すること。

f. 負荷について

◎非常照明だけでは、予想以上に暗い。事務室等の重要な部屋の部分照明に発電設備の負荷として、組込む必要がある。

・非常照明用に使用したが、各区域によって照明の切換スイッチが必要と思う。

◎消火ポンプ専用として設置したため、発電設備が作動しているのに発生電気は未使用のままであり、発電設備としてはほとんど無駄であった。

・消火ポンプの電源としてならスプリンクラーのタンク圧が下がれば発電機が作動するようなシステムであれば無駄がない。

・非常動力の負荷の選択が必要である。

◎一般回路（X線，検診棟）系統へ電源を強制投入できるようにして欲しい。

・非常用コンセントが必要である。

・避難所や災害対策本部として対応できるよう負荷の検討をしておくべきである。

◎長時間に及ぶ時は、負荷を選択し減らして運転を続ける。

g. その他

◎地震時の停電のみでは始動させない。

◎このような大災害の場合、自動始動方式は必要なし。

運転中は送電可能な負荷の選択等運転者が必要となり、無人で運転することは危険である。また、電力を送電されても、このような状況では負荷側の損傷が不明であり、停止する必要がある。

・送電した場合全ての負荷確認が人的にできないため、二次災害が心配である。

◎自動運転時間内に人が現場にいないときの処置方法を考える必要がある。

◎停電による始動であれば即停止を検討し、いざ（火災）という時に備える。

◎消火栓とスプリンクラーのみへの送電であり、火災がなかった場合発電設備を停止する。

・震災後ガス漏れが発生していた。発電機警報回路のベルは火花が出て引火する恐れがあるのでブザーに変更する。

・稼働時に、心理的に安心できるよう、パトライト等で稼働状態が一目でわかるようにすべきである。

◎屋内に設置する場合でも、ラジエータ方式の屋外形キュービクル式発電装置を採用すべきである。燃料、冷却水が内部に組み込まれ、強度的にも安心と考える。

## 5. 4 現地調査

### (1) 調査の概要

設置者を対象としたアンケート調査結果に基づき、特に被害が大きかった所、内容的に詳細に調査を実施すべき所等を抽出した。

これに基づき、委員会にて審議を行った結果、9件について現地調査を行うこととした。

また、これに先立ち、アンケートが回収できなかった所で、特に現地調査が必要であると判定した6件については、佐土原主査と事務局にて、現地調査を行った。

以上2回にわたり、合計15箇所の自家用発電設備の設置者に対し、現地でのヒアリング調査を行った。

### (2) 現地調査の結果

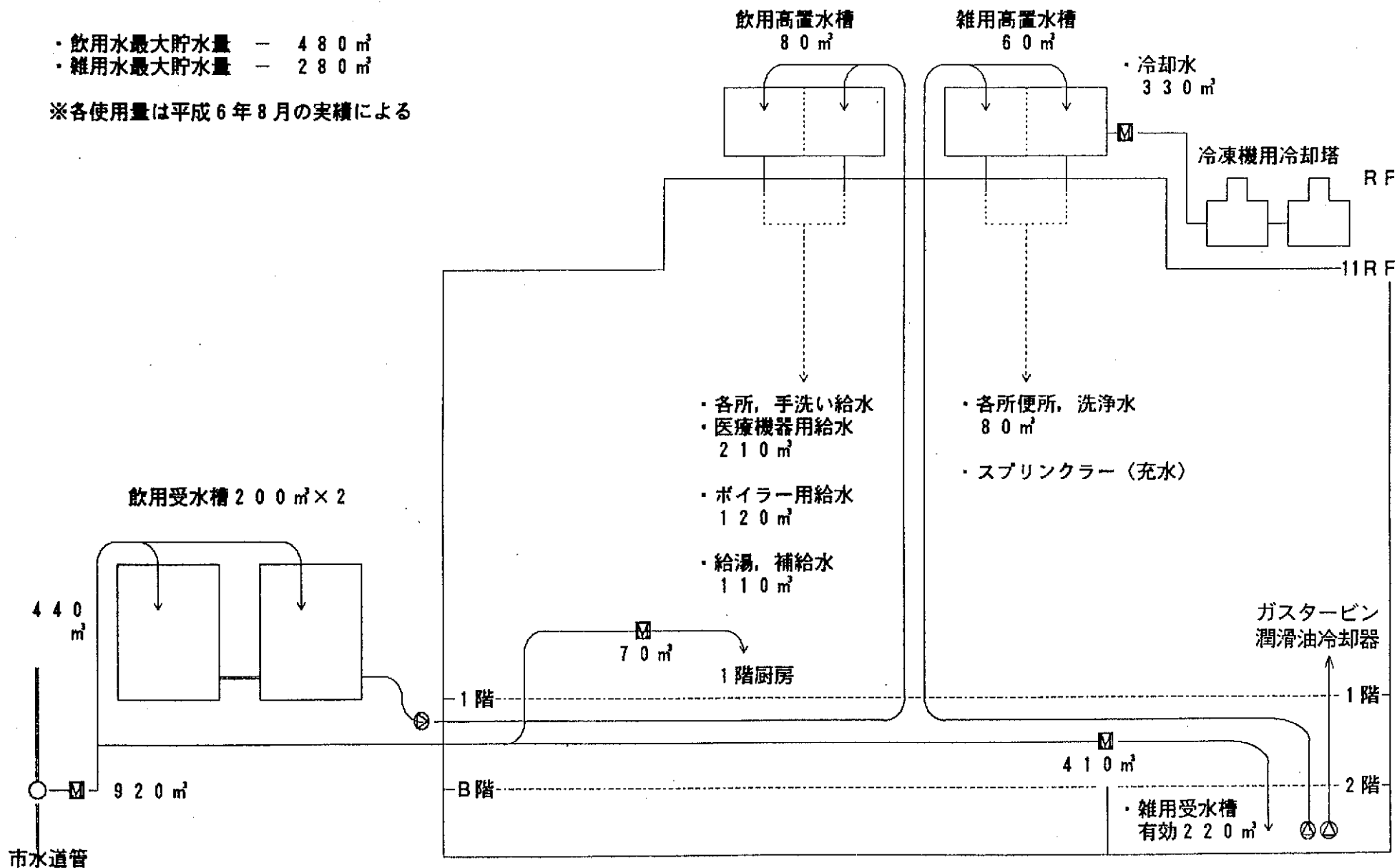
現地調査の結果は以下の現地調査票に示す通りであった。

建 物 用 途	病院 (契約電力 5,350kW)	
建 物 状 況	SRC構造, 11階建, 昭和56年築(新耐震基準先取り), 一部損壊	
ライフライン	停電 2時間41分, 断水 23日, ガス停止 28日	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(2,000kVA)
	設置場所	地下1階設置
	原動機種類	ガスタービン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 非常用照明, 排煙, 非常用エレベータ, 非常用コンセント
	燃料貯蔵量	灯油, 6,000ℓ (2日分の燃料備蓄量)
	冷却方式	空気冷却式 ただし、潤滑油は水冷式
	メンテ状況	—————
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	約20分後自動停止
	停 止 原 因	潤滑油冷却水供給停止。 潤滑油冷却水は雑用受水槽より供給されていたが、スプリンクラー配管破断・水放出により、受水槽の水が高架水槽へ供給されて空になった。
	損 傷 状 況	自家用発電設備損傷なし。高架水槽及び付属配管損傷。 高架水槽のアンカーボルト全数破断。
	対 応	蓄電池設備により、非常用照明点灯。 無停電電源装置により、救急・医療器具電源確保。
その他状況	液状化により周辺は、0.5～1.0m沈下。地下や階段より泥水流入。 スプリンクラー用配管破断により、高架水槽の水が館内に放出し、水損。 水損により、火災感知器, エレベータ等が使用不能となった。	
教 訓 及 び 要 望	高架水槽損傷のため取り替えは行うが、現冷却水システムの変更は考えていない。 地震発生と同時にほとんどの警報が一斉に出たため、バルブ閉等何も出来なかった。 生活用水の確保に苦勞した。近くの公園に井戸がほしかった。(エンジン付き)	

## 当院の給排水設備の概略

- ・ 飲用水最大貯水量 - 480 m<sup>3</sup>
- ・ 雑用水最大貯水量 - 280 m<sup>3</sup>

※各使用量は平成6年8月の実績による





建 物 用 途	ホテル (契約電力 600kW)	
建 物 状 況	SRC構造, 12階建, 昭和61年築, 半壊	
ライフライン	停電 6日, 断水 43日,	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台 (375kVA)
	設置場所	屋上塔屋内
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 排煙, 非常用エレベータ, 非常用コンセント
	燃料貯蔵量	A重油
	冷却方式	水冷式 (高架水槽)
	メンテ状況	試運転 1回/半年
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	始動せず
	不始動原因	排気消音器落下により発電機盤損傷
	損 傷 状 況	発電機自体は、少々移動していた。 発電機盤は、アンカーボルトが抜けていたが配線でつながっていた。
	対 応	バッテリーは、2～3時間で使いきった。 夕方には、移動用電源車 (3台) にて給電。
その他状況	ドアが開かず、宿泊客は各室ベランダより避難。 スプリンクラーの損傷はなかったが、ポンプも動かなかったため、水損はまぬがれた。 災害後は、避難所として使用。	
教 訓 及 び 要 望	配線がいたるところで断線していた、自家用発電設備が稼働し送電した場合火災等が発生し、人が死ぬ恐れもあった。主任技術者の立場からは、稼働しなくて良かったと思っている。 今回は、自家用発電設備が稼働しなかったため、火災等の二次災害はまぬがれたと思っている。 せいぜい、非常用照明だけの利用で良いのではないかとと思っている。 始動していたとしても燃料切れにより、自動停止したと思われる。 冷却方式で水冷式と空冷式の善し悪しはあるが、それ以外に燃料保有量の問題もあり、何とも言えない。	

建 物 用 途	一般事務所（駅ビル）	
建 物 状 況	S構造, 6階建, 平成元年3月築, 一部損壊	
ライフライン	停電 95日（受電設備損傷）	
自家用 発電 設備	用 途	防災用 1台（625kVA）
	設置場所	6階
	原動機種類	ガスタービン
	負 荷	消防用設備等
	燃料貯蔵量	A重油, 700ℓ（約10時間分）
	冷却方式	空気冷却式
	メンテ状況	—————
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	自家用発電設備は始動したが、手動にてすぐ停止。
	停 止 原 因	換気ダクトが発電機盤上に落下
	損 傷 状 況	自家用発電設備の被害なし
	対 応	名古屋より移動用発電機（リース）750kVA×2台にて対応。（照明用）ビル内の設備損傷が大きかったため、自家用発電設備を修理してまでは使用せず。
その他状況	冷暖房設備は、基礎ボルトが切断し、機器の移動、配管類の損傷が発生。建物の警報監視装置用蓄電池が架台より落下破損。	
教 訓 及 び 要 望	防災用として、1回/月始動させるだけではもったいない。 負荷の一部を常用負荷としても使用したい。 10時間以上運転できる能力にしてほしい。	

建 物 用 途	一般事務所（官公庁）（契約電力 4,000kW）	
建 物 状 況	SRC構造, 13階建, 昭和39年築, 一部損傷	
ライフライン	_____	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台（625kVA）
	設置場所	地下2階
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	消防用設備等
	燃料貯蔵量	A重油, 1,500ℓ
	冷却方式	水冷式（高架水槽）
	メンテ状況	_____
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	2時間2分後自動停止
	停 止 原 因	冷却水断。 高架水槽が地震により傾斜。このため、水槽出口配管の付根部が破断。
	損 傷 状 況	自家発損傷なし。高架水槽及び付属配管損傷（基礎ボルト切損）。
	対 応	自家用発電設備本体の損傷はない。 配管や補機類の損傷が多い。 発電設備が通信用の軽負荷であったため、保有水のみで運転継続。
その他状況	非常用蓄電池は、30分稼働。	
教 訓 及 び 要 望	今後、水槽は地下設置としたい。また、空冷式も検討している。 ガスタービンは、ガス供給やダクトスペース等問題があると思う。 移動用発電機も検討している。 負荷分担（必要な所に必要な時だけ供給）も考えられる。 負荷は一般用でもいいから、定期的に実負荷試験をやらないとやはり心配である。	

建 物 用 途	病院 (契約電力 1,050kW)		
建 物 状 況	昭和45年築, 7階建(6, 7階は、昭和52年に増築)		
ライフライン	停電 38時間44分		
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(275kVA)	保安用 1台(500kW)
	設置場所	地上1階	地下1階
	原動機種類	ディーゼルエンジン	ディーゼルエンジン
	負 荷	非常照明	非常動力
	燃料貯蔵量	A重油	
	冷却方式	ラジエータ方式	水冷式(高架水槽)
	メンテ状況	試運転 1回/2週間, 各部点検 1回/2週間	
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	長時間	20分後自動停止
	停 止 原 因	——	冷却水断
	損 傷 状 況	受水槽より高架水槽へ上げるパイプが破損。(保安用)	
	対 応	非常照明用であったが16時頃より、防災用自家用発電設備を一般照明用に接続し、室内に照明を灯す。 自家用発電設備の運転を続けるために、パケツリレーにて重油を運搬した。	
その他状況	非常照明だけでは医療活動ができないので、懐中電灯を使用。ガムテープにて固定。		
教 訓 及 び 要 望	<p>保安用自家用発電設備は、放水式であり、稼働したとしても受水槽からの冷却水が止まっていたため、途中停止していたと思う。</p> <p>冷却方式等異なったタイプの自家用発電設備を、別の電源系統で2台設置していたのが良かった。</p> <p>地下水槽に高温冷却水を戻すシステムがほしい。</p> <p>燃料のサブタンクがほしい。防災用であっても10分間程度ですむという話はない。</p> <p>受水槽から直接冷却水として使用したい。</p> <p>ロビーや廊下等では、ケガ人の治療を行っており、単なる避難用としての照明だけでは不十分で、もっと照明が必要だった。</p> <p>一番必要であった物は、ペットボトルの水、ウエットティッシュ、電池であった。</p>		

建 物 用 途	一般事務所（商業ビル）（契約電力 950kW）	
建 物 状 況	R C 構造, 10階建, 平成元年築, 半壊	
ライフライン	_____	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台 (275kVA)
	設置場所	屋上塔屋内
	原動機燃料	ディーゼルエンジン
	負 荷	消防用設備等
	燃料貯蔵量	A重油
	冷却方式	水冷式（高架水槽）
	メンテ状況	_____
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	始動せず
	不始動原因	発電装置傾斜
	損 傷 状 況	基礎ボルト折損。 自家用発電設備倒壊。 高架水槽倒壊。
	対 応	営業を継続できなかったため、自家用発電設備は半年後に復旧させた。 移動用発電機（リース）を使用。
その他状況		
教 訓 及 び 要 望	自家用発電設備が稼働しなかったが、幸いにも火災発生がなく助かった。 キューピクル式なので、始動用バッテリーの液補充が難しい。（簡単に出来るようにしてほしい。）	

建 物 用 途	一般事務所（テナントビル）（契約電力 1,200kW）		
建 物 状 況	SRC構造, 9階建, 昭和39年築, 建物半壊		
ライフライン	停電 2時間23分, 断水 5日		
自家用発電設備	用 途	防災用 150kVA, S39年設置	保安用 800kVA, S63年設置
	設 置 場 所	屋上塔屋内	
	原動機種類	ディーゼルエンジン	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, 非常用照明, 非常用エレベータ	計算機及びOA用
	燃料貯蔵量	A重, 13,650ℓ（ボイラと共用）, （55時間分, 防災用だけなら7日間稼働）	
	冷 却 方 式	水冷式（高架水槽）	ラジエータ式
	メンテ状況	試運転 1回/2週間, 各部点検1回/2週間	
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	始動せず	始動し3時間運転
	不始動原因	空気配管破断	
	損 傷 状 況	40～50cm移動 防振ゴム切断	わずかに移動
	対 応	防振ゴムの取替え	念のため防振ゴムの取替え
その他状況	水道管破断及び液状化により、地下1階浸水。 災害復旧時は、電力会社の移動用電源車の基地となり、ここから配車手配を行った。		
教 訓 及 び 要 望	自家用発電設備は、振幅の小さい地下が良い。しかしながら、地下は浸水の心配があり、1～2階に設置するのがベストだと思う。 自家用発電設備を下層階へ設置することにより、上層階の重量負荷を軽減することができ、建物への影響も少なくなる。		

建 物 用 途	一般事務所（ホテル）（契約電力 1,700kW）	
建 物 状 況	SRC構造, 3階建, 昭和63年12月築, 一部損壊	
ライフライン	停電11時間20分, 断水 約40日, ガス停止 20日	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(625kVA)
	設置場所	地上3階
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 非常用照明, 排煙, 非常用エレベータ 非常用コンセント
	燃料貯蔵量	軽油, 960ℓ (6時間分)
	冷却方式	別置ラジエター式, 予備としてクーリングタワー式の2系統冷却
	メンテ状況	試運転 1回/月, 各部点検 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	29分稼働復電により停止。10分後再停電により始動16分後自動停止。
	停 止 原 因	冷却水温度上昇にて停止。 ラジエターが機能しなかった。原因不明。
	損 傷 状 況	エンジン損傷 水配管のバルブ破損→水損
	対 応	自家用発電設備については、復電するまで何も出来ず。
その他状況	ホテルのエレベータ損傷 ドアが開かず、バルコニーより避難。1階に仮宿泊。 1週間程度島が孤立した。	
教 訓 及 び 要 望	ポートアイランドのような場所であれば、海路だけでなく空路を活用すべきである。 自家用発電設備の始動・停止の連続試験に対する考え方をまとめてほしい。 (今回、29分稼働 10分停止 16分稼働後自動停止) 水を使用しない発電機（空冷式）が望ましい。また、空冷式がメンテしやすい。	

建 物 用 途	病院 (契約電力 800kW)		
建 物 状 況	SRC構造, 7階建, 平成6年築, 半壊		
ライフライン	停電14時間39分, 断水 3日, ガス停止 12日		
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(250kVA)	常用 2台(200kW)
	設置場所	地上1階	地下1階
	原動機種類	ディーゼルエンジン	ガスエンジン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 非常用照明, 非常用エレベータ, 非常用コンセント	照明, 手術室等空調
	燃料貯蔵量	A重油, 1,950ℓ(10時間分)	都市ガス
	冷却方式	水冷式(放水式)	ラジエータ式, クリーントワー式
	メンテ状況	試運転 1回/月, 各部点検 1回/月	毎日
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	即自動停止	自動停止
	停 止 原 因	自動定電圧装置(AVR)が損傷。	漏水による火災警報誤作動
	損 傷 状 況	自動定電圧装置(AVR)が損傷。 放水管一部破損。	
	対 応	移動用発電機3台にて対応。(照明用) 非常用蓄電池を使用。	
その他状況	<p>エレベータ損傷。 断水のため、飲料水以外(トイレ, 機器冷却用)に井戸水使用。 医師は自転車等で6割出勤。看護婦寮が近くにあり、ほとんどが出勤できた。 排水管(塩ビ製)は、不等沈下等により切断。 高架水槽損傷により、水槽水漏水。スプリンクラー破損により、水損。 暖房は、灯油ストーブにて対応。火災の危険があり、電気ストーブに変更。 電話は、ダイヤル式1台のみ使用可。</p>		
教 訓 及 び 要 望	<p>塩ビ管自体は不等沈下に対する吸収性はないと考え、今後はフレキシブル管に変更。 自家用発電設備本体, 付属機器, 付属配管等耐震対策を実施。(別紙) 燃料備蓄は、敷地, 法律, 必要性を考えると現在は10時間で十分と思う。 しかしながら、燃料の油はガソリンスタンドから運ぶのは難しいと思われ、72時間の保有が必要と考える。 防火扉は、壊れたら開かないがそれでもいいのか。</p>		



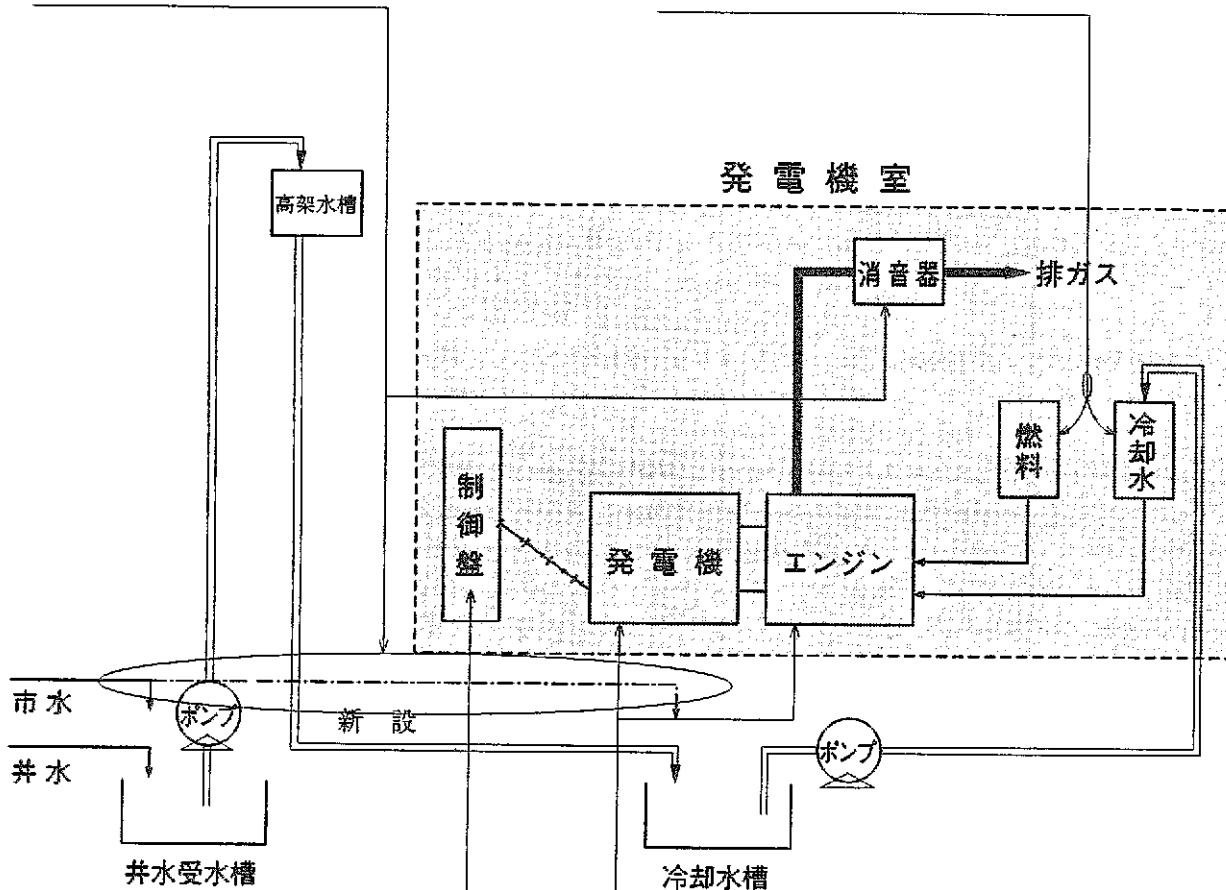
・排気管，消音器に横揺れ防止  
『吊り具』取付

・排気管『伸縮断手，タワミ管』  
交換

・冷却水補給系統に市水道送ラ  
インを追加

・燃料タンク，冷却水タンク架台補強

・燃料タンク通気管『可とう管』取付



・制御盤に転倒防止用『吊り具』  
取付

・発電機盤ドア上下に『ローレ  
ットネジ』取付け

・リレー，タイマー等に『シリコ  
ンゴム』注入

・盤内遮断器に『固定金属』取付

・盤内バッテリーを『フレーム』  
で固定

・発電装置の『防災ゴム』更新

・発電装置の耐震ボルトに『薄板ゴム』  
巻付

建 物 用 途	病院 (契約電力 555kW)	
建 物 状 況	SRC構造, 6階建, 昭和46年築, 一部損壊	
ライフライン	停電 9時間14分, 断水 19日, ガス停止 15日	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台 (150kVA)
	設置場所	地上1階
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, 非常用照明, 非常用エレベータ
	燃料貯蔵量	A重油, 390ℓ (3時間分)
	冷却方式	水冷式 (高架水槽)
	メンテ状況	試運転 1回/月, 各部点検 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	1時間後自動停止
	停 止 原 因	冷却水 (高架水槽水) 断
	損 傷 状 況	高架水槽のパイプ破断により漏水。 受水槽破損。
	対 応	ポータブル発電機 (ガソリンエンジン) を借用した。 非常照明用バッテリー設置。
その他状況	飲料水は運搬又は市の水道車。 受水槽に泥入りの水道水流水→トイレ用として使用。 別建屋の高架水槽により、消毒, 洗浄に使用できた。	
教 訓 及 び 要 望	<p>今後、防災用として200kWの自家用発電設備設置。現自家用発電設備は保安用として使用する。</p> <p>燃料は、920ℓ 備蓄予定。(少量危険物の規制にかからない量)</p> <p>受水槽は、現在使用していない蓄熱槽 (100m<sup>3</sup>) を利用。</p> <p>井戸の設置は、費用的に無理。</p> <p>移動用発電機は、看護婦が操作できないという理由により設置していない。</p> <p>今後、各病棟に移動用発電機を購入。また、看護婦等に対し教育・訓練を実施。</p> <p>100Vの移動用発電機にして、必要な機材にのみ電気を送る方法を検討。</p> <p>防災センターでは、ラジオが聞けず情報収集が難しい。</p> <p>夜間・休日時の体制を確立させたい。</p> <p>これまで、停電=自家用発電設備という安易な考えしかなかった。</p>	

建 物 用 途	ホテル (契約電力 310kW)	
建 物 状 況	RC構造, 7階建, 昭和36年築, 損傷なし	
ライフライン	停電 8時間14分, 断水 1日	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(30kVA)      常用防災兼用 1台(185kW)
	設置場所	地上1階
	原動機種類	ディーゼルエンジン      ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, 屋外消火栓, 非常用照明, 連結送水管
	燃料貯蔵量	軽油, 250ℓ(4時間) (ボイラーと共用。6,000ℓ備蓄)      A重油, 210ℓ(4時間) (ボイラーと共用。6,000ℓ備蓄)
	冷却方式	ラジエータ式      水冷式
	メンテ状況	試運転 1回/月, 各部点検 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	約8時間復電まで      連続
	停 止 原 因	—————
	損 傷 状 況	なし
	対 応	ボイラー用燃料を使用した。
その他状況	<p>節水対策。トイレのバルブ閉。できるだけ飲料水のみ使用。          客室エレベータ損傷。1人閉じ込められたが救出。          エレベータに過重警報装置はあるが、耐震装置なし。          自家用発電設備は、保安協会の点検を受けている。</p>	
教 訓 及 び 要 望	<p>今後は、ボイラー用燃料を含め、10,000ℓの備蓄としたい。          185kVAの防災用自家用発電設備を300kVAに変更予定。          受水槽及び高架水槽に加え、今後、スプリンクラー用受水槽設置予定。          停電, 断水以外に交通路の寸断等による被害を被った。この面での対策が必要である。</p>	

建 物 用 途	病院 (契約電力 183kW)	
建 物 状 況	平成5年4月築, 4階建, 被害なし。	
ライフライン	停電 6日	
自家用発電設備	用 途	防 災 用 1台 (35kVA)
	設 置 場 所	屋上塔屋
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 非常用照明, 排煙, 非常用コンセント, オベ室等へ給電
	燃料貯蔵量	軽油, 45ℓ (4時間分)
	冷 却 方 式	ラジエータ式
	メンテ状況	試運転 1回/半年, 各部点検 1回/半年
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	約4時間後自動停止
	停 止 原 因	燃料切れ
	損 傷 状 況	なし
	対 応	夜に燃料買出し、再始動するにもエア噛み込み。 過去の経験により、プライミングし、再始動。 発電機は3,600回転の使用であったが、照明のみに使用するため1,800回転に落とし稼働させ、運転時間を長く持たせた。 耐久性、オーバーヒートを心配し、キューピクルを開放した状態で使用。 1月20日16時頃、移動用電源車により給電。(1月23日復電まで)
その他状況	<p>オベ室より、コードリールによりベット室へ照明をつける。 1月17日夜出産あり、懐中電灯により手術。 水は、飲料水以外近くの小学校のプールを使用。 ベビーの産湯用として、補助散水栓から水を引く。 ガスは、プロパン、カセットコンロを、暖房用に石油ファンヒータを使用。 公用車としてスクーターを事前購入、携帯小型無線とともに役立つ。 地震でなにがどこにあるかわからず。(鍵, コードリール, 工具等)</p>	
教 訓 及 び 要 望	<p>今後は燃料備蓄量を増やしたいが、小容量危険物の範囲までは考えてない。 (病院であれば優先的に燃料が供給されるため) 小型のガソリン発電機がほしい。 今後、各病院に無線を設置する話があったが、結局パソコン通信(インターネット)による情報交換を検討している。(私立病院協会134件) 飲料水用として水道水、風呂及び排水用として井戸水と2通りの供給確保を行っておくべきだった。 発電設備の複数台保有(1台は消防用, 1台は一般用)が必要。 全員で知恵を出し合い、できることは何でもやってみることが大切。</p>	

建 物 用 途	一般事務所（官公庁）（契約電力 545kW）	
建 物 状 況	SRC構造， 7階建， 平成5年築， 一部損壊	
ライフライン	停電129時間14分， 断水 35日， ガス停止 45日	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台（250kVA）
	設置場所	地下2階設置
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓， 泡消化， 非常用照明， 排煙， 非常用コンセント
	燃料貯蔵量	A重油， 125ℓ（2.14時間）
	冷却方式	水槽循環式
	メンテ状況	試運転 1回/月， 各部点検 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	約2時間後自動停止
	停 止 原 因	燃料切れ
	損 傷 状 況	発電機自体損傷なし。
	対 応	移動電源車により給電。 3階の対策本部照明用に非常用バッテリー。 火災等による屋内消火栓の使用を考え、発電設備の燃料として隣の消防署より灯油をもらった。 (本来ならA重油であるが、2時間程度なら運転できると考えた)
その他状況	地下のスプリンクラーフランジ部損傷。 1,000人程度の避難者あり。 市役所との連絡は、内線電話（バッテリー）にて行おうが、ほとんどつながらず、連絡不可。 無線は使用不可。電話は移動用基地設置により使用できた。 避難所だと各自勝手に電気ポットを使用するため、プレーカーが落ちる。 避難所活動に人手が必要で、情報収集活動できず。	
教 訓 及 び 要 望	こんな時間帯（早朝）に防災用自家用発電設備が始動する必要があったのか疑問である。 本当に必要なときには、燃料切れで動かなかった。 必要なときだけ動けば良かったと思う。（燃料備蓄なし） ここは防災拠点になるので、自家用発電設備が必要である。 負荷についても、防災（消防）だけでなく、もっと多くすることを検討中である。（照明，コンセント，ネットワーク通信等）	

建 物 用 途	一般事務所（テナントビル）（契約電力 640kW）	
建 物 状 況	S構造, 14階建, 昭和60年築, 一部損壊	
ライフライン	停電 34時間, 断水 5日間, ガス停止 81日間	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台(350kVA)      通信用(INS) 1台(450kVA)
	設置場所	屋上設置
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓, スプリンクラー, 非常用照明, 排煙, 非常用エレベータ, 非常用コンセント
	燃料貯蔵量	A重油, 200ℓ
	冷却方式	水冷式(高架水槽)
	メンテ状況	試運転 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	不明, 自動停止      1日中
	停 止 原 因	燃料切れ
	損 傷 状 況	なし      基礎ボルト2本切断。 キュービクルのドア部分の蝶番が外れていた。
	対 応	
その他状況	燃料切れの場合エア抜きが大変である。 今回は、INS用発電設備のエンジニアにエア抜きを実施してもらった。 通信用であるので負荷が軽く、長時間運転することができた。	
教 訓 及 び 要 望	燃料の重油は探したが見つからない。軽油でも使用可能と言われたので今後は軽油を使用する。 軽油であればスタンドで簡単に手に入る。 重油に比較し軽油は運転時の黒煙も少なく助かる。 軽油が使用できることをマニュアルに記載する必要があるのではないか。 燃料油面はダブルアラーム等にしてギリギリまで運転可能なように出来ないか。	

建 物 用 途	一般事務所（テナントビル）（契約電力 483kW）	
建 物 状 況	SRC構造， 9階建， 昭和61年築， 半壊	
ライフライン	停電 3日， 断水 7日， ガス停止 3ヶ月	
自家用発電設備	用 途	防災用 1台（185kVA）
	設置場所	地下1階
	原動機種類	ディーゼルエンジン
	負 荷	屋内消火栓， 排煙， 非常用エレベータ， ハロゲン化物消化
	燃料貯蔵量	A重油， 490ℓ（10時間分）
	冷却方式	水冷式（高架水槽）
	メンテ状況	試運転 1回/月， 各部点検 1回/月
運 転 及 び 被 害 状 況	運 転 時 間	約8時間後自動停止
	停 止 原 因	冷却水断
	損 傷 状 況	高架水槽一部破損
	対 応	600Wの携帯発電機を借用し、照明と電話に使用。
その他状況	<p>建物水配管に付属した圧力計破損で水漏れ等が発生。  始動用バッテリーのひび割れがあったが液漏れは無し。  建物の電気回路は絶縁不良となっており、例え発電設備が運転しても送電は不可能であった。  7～8階に建設業者の対策本部を設置。  非常回路、照明も含め送電不可。（絶縁不良）</p>	
教 訓 及 び 要 望	<p>このような大災害の場合、自動始動方式は必要なし。  運転中は、負荷側の漏電等のため、フィーダの選択等運転者が必要となり、無人で運転することは危険である。</p>	

### (3) 分 析

- a. 自家用発電設備自体については、現地で見ただけ限り上層階に設置されているもの程損傷が激しく、中にはキュービクルごと移動していたものや、傾斜していたものが見られた。

原因は、施工不良と思われるような基礎ボルトの損傷であった。

- b. 付属設備等については、発電設備への冷却水を供給する高架水槽の基礎ボルトの損傷により、水槽自体の破損だけでなく、配管取付部の破断が起きていた。

このため、冷却水の供給不足により運転が継続できなかった発電設備が多かった。

また、機器やタンクとの取付配管のような異種構造物間の接合部分の損傷が多かった。

給排気ダクトの落下や制御盤の倒壊等により発電設備に損傷を与え、始動できないものがあった。

- c. 燃料については、長時間運転を行ったため、燃料切れによる停止が起きていた。しかしながら、燃料切れに対する補給の知識と訓練が不足しており、対応できないものがあった。

また、燃料は法的最低保有量（2時間分）を確保しているが、ほとんどが燃料切れで手配してもなかなか入手できず継続運転をあきらめた所もあった。

- d. 移動用発電機の利用については、特に病院や官公庁施設では防災拠点としての重要性から積極的に活用していた。

- e. 災害時の負荷について、このような大災害においては、火災が発生していない場合、負荷の切替えを行い、防災用設備以外へ電気を供給する必要があるとの意見があった。

- f. このような火災がない場合の大災害でも防災用自家発電設備が自動始動する必要があるのかという意見があった。さらに漏電や火災等の二次災害を考えれば、運転員がいないときは自動始動しない方がよいのではという意見もあった。

また、一般事務所で、人もいない火災も発生していないのに自動始動しているため必要な時は燃料切れで使えなかったという意見もあった。



## 6. まとめ

### 6. 1 自家発電設備の被害状況について

今回の災害では、地震発生時260万戸の停電が発生したが、2時間後で約38%、26時間後で約15%、72時間後であっても約4%が停電したままの状態であった。

防災用自家発電設備については、91%が自動始動した。

しかしながら、9%が発電装置や付属機器の損傷等により始動せず、また始動しても冷却水や燃料の供給不能等により途中で停止したものがあり、防災電源としての機能をはたしていない状況であった。

被害の主な内容は、以下のとおりである。

a. 発電設備が地階の発電機室に設置されていた所では、発電装置本体の被害は比較的少なかったが、高架水槽と発電装置との間の冷却水配管等の損傷が多かった。

また、屋上に設置された発電設備では、移動したものがあり、中にはキュービクル式発電設備ごと傾斜したものもあった。

現地調査の結果、そのほとんどが基礎ボルトの施工不良と思われるもので、地震のゆれによるボルトの折損や曲がりによりキュービクルごと移動・傾斜していた。

b. ガイドライン発行前に設置されたものの中には耐震ストッパーもなく、防振ゴムが切れ、装置本体が数十センチも移動し、使用不能な状態のものもあった。同一場所ガイドライン発行後に設置された隣の発電設備は、耐震ストッパーが有効に働いたと思われ、使用上問題はなかった。

しかしながら、ガイドライン発行後に設置されたものであっても損傷したものもあり、中にはガイドラインに従い設計されていても、基礎ボルトの施工が不完全であったり、また付属機器の据付が不十分であったりしたものであった。

c. 原動機や発電機に被害がなかったものの、制御盤の固定金具等の支持不良による転倒や保護継電器が振動により誤動作したため、始動できなかったものや始動しても即停止したものがあつた。

また、排気消音器や給排気ダクトが支持不良により落下しているものがあつた。

d. 冷却水系統については、高架水槽と取付配管といった異なる構造物間の接続部での破断があつた。また、基礎ボルト折損等による高架水槽自体の損傷により、発電設備用の冷却水が供給されず、始動不能又は途中で停止したものがあつた。

e. 今回の災害では停電時間が予想以上に長かつたため、半数以上が燃料を使い果た

したり、試運転後の燃料補給不足による燃料切れにより停止していたものがあった。

長時間運転に対応するため、出力を落としたり、ボイラー用燃料を供用しているものもあった。

- f. 発電設備を燃料切れになるまで運転したため、ディーゼルエンジンのものはエアークロッシングが発生していた。しかしながら、操作員の多くがエアークロッシングの方法がわからず、燃料を補給しても再始動できず、継続使用できない状態であった。
- g. 自家用発電設備のメンテナンスは、電気事業法、消防法及び建築基準法の規定で定期的実施することとなっているが、通常使用しない設備であるため実施されていないものがあり、バッテリーの放電や液面低下、地震の振動による配管内スケールのはがれやタンク沈積スラッジが攪拌されフィルタが詰まり、始動不能や途中停止したものがあった。

## 6. 2 自家用発電設備の今後の対策について

### (1) 自家用発電設備及び付属設備の耐震対策

今回の調査では、ガイドライン発行後設計・施工されたものについては、ガイドライン発行前に設置されたものより比較的損傷が少なかった。

したがって、耐震対策については、今後もガイドラインを理解し、設計・施工に十分配慮すれば問題なく機能が保たれると考える。

なお、ガイドラインの内容としては以下のものがある。

- a. アンカーボルトについては、引抜荷重及びせん断力に十分耐えうるボルトを選定し、施工する。
- b. 防振措置を行ったものは、移動・転倒防止対策として有効な耐震ストッパーを取付ける。耐震ストッパーについては、鉛直方向も考慮する。なお、防振ゴムについては、定期的に点検・交換を行う。
- c. 発電設備やタンクと配管等のように異なる構造物間の相対変位による破損をさけるため、接続部には可とう管継手を使用する。
- d. 発電設備に設置している排気消音器や給排気ダクト類の落下防止のため、耐震支持や三方向ストッパーを設置する。
- e. 重心の高い制御盤や始動用エアータンク等は、転倒防止のため基礎ボルト等による床への固定及び支持金具による壁や天上への固定を行う。
- f. 保護継電器や制御装置類は振動により誤動作しないもの（静止型等）とする。

なお、ガイドライン発行前に設置されている発電設備に対しては、ガイドラインを基に検討を行い、耐震性が不十分と判断した場合、対策を実施する。

## (2) 自家用発電設備の冷却方法

自己冷却型（空冷式又は直結ラジエータ式）以外の自家用発電設備を使用する場合は、専用冷却水槽や冷却水配管についてはガイドラインに従った耐震対策を行い、さらに以下の点を考慮する必要がある。

- a. 自家用発電設備の専用冷却水槽ではなく高架水槽を兼用する場合もあり、高架水槽や配管については、ガイドラインを準用した設計・施工を行う。
- b. 配管接続部には可とう管継手を使用し、冷却水槽と発電設備との距離はできるだけ短くすることが望ましい。
- c. 高架水槽や冷却塔が損傷等で使用できない場合を想定し、地下受水槽の水も利用できる二重化システムが望ましい。
- d. 冷却水配管の腐食による配管損傷防止のため、防食対策が必要である。
- e. 発電設備以外に消防用設備用等としても水の確保は必要であり、防災用井戸や地下水槽を設置するのが望ましい。

しかしながら、自家用発電設備の専用冷却水槽や高架水槽の破損、冷却水配管の損傷等を考えた場合、自家用発電設備の冷却方式については、自己冷却型（空冷式又は直結ラジエータ式）が望ましい。

## (3) 自家用発電設備の設置場所及び設置台数

ビルの屋上に設置された発電設備は、下記に考慮する必要がある。

- a. 自家用発電設備は出来るだけ地震による影響が少い下層階に設置するのが望ましい。また、建物の半壊時における燃料等の搬入や、メンテナンス等を考えれば下層階が望ましい。

ただし、地下に設置した場合、発電設備が水による影響を受けるので、防水、浸水対策を十分に行う必要がある。

- b. 今回の調査では、病院等で複数台自家用発電設備を設置していたため難を免れた所があり、複数台設置は非常時に効果的である。

複数台設置する場合は、非常時に防災用負荷や保安用負荷のどちらへも供給できるようなシステムや、設置場所及び冷却方式を異なったものとしたり、さらに、燃料系統や始動装置等を二重化したりした方が効果的である。

#### (4) 病院、避難所等における移動用発電機の運用

今回の災害では、移動用発電機の利用が多かった。特に防災拠点となる官公庁、病院、避難所等の重要施設では、長時間にわたる停電や発電設備が使用できない場合の非常時の分散電源として有効に活用できるものであり、必要により日頃から移動用発電機を確保し、利用できる体制にしておくことが望ましい。

前記のごとく、複数台の設置が望ましくても設置できない場合、1台は自家用発電設備、あとは移動用発電機で電力確保という利用方法も考えられる。

### 6. 3 自家用発電設備のあり方について

#### (1) 非常用自家発電設備の重要性

今回の調査結果から、防災拠点として機能すべき官公庁施設、病院、広域避難所、金融機関、電気通信事業施設等について、一部建築物の規模等の関係から非常用自家発電設備を設置していない所があり、今後はたとえ小規模な施設であっても非常用自家発電設備を設置する必要があると考える。

なお、通商産業省資源エネルギー庁では、警察等復旧対策の中心となる官公庁施設、病院等人命に関わる施設、広域避難所等の重要施設において、非常用発電設備が設置されていないケースや設置していても今回のように効果的に稼働しなかった事例があったことを踏まえ、「電気設備防災対策検討会」において、このような重要施設を有する需要家へ非常用発電設備の設置促進及び平常時からの保守・点検の重要性への注意喚起を行っている。

また、自治省消防庁及び建設省においても、建築物の規模等により常用電源が停止した場合に備え、当該防火対象物の防災電源として機能を発揮するために、防災用自家発電設備等を設置することとされている。さらに法的義務付の対象外であってもその防火対象物の公共性、社会性を考慮し、自ら防災電源を備えることが重要であるとしている。

#### (2) 自家用発電設備の燃料保有量及び運転時間

防災用自家発電設備の燃料については、法的最低保有量（2時間分）以上であったが、今後非常時のライフラインとして使用することを考えた場合、以下を考慮する必要がある。

- a. 燃料保有量については、実際に必要とする運転時間を考慮し、必要であれば法的手続きを行い燃料を確保する必要がある。

- b. 防災拠点として機能すべき官公庁施設及び避難救護に必要な施設については、「官庁施設の総合耐震設計標準」（現在見直し中）に従い、72時間程度運転できる燃料を保有又は緊急時に確保できるようにしておくことが望ましい。
- c. 大災害における燃料補給については、交通渋滞や道路の寸断等に対応できるよう、事前訓練やマニュアル化しておく必要がある。
- d. A重油等の燃料は緊急時特に入手しにくくなるので、緊急時でも入手しやすい軽油等の代替燃料が使用できるようマニュアル等で明確にしておく必要がある。  
なお、長時間運転に対応できるものとして、コージェネレーション等常用電源として使用している発電設備を非常時に消防用設備等へ電力を供給できる常用防災兼用発電設備がある。

常用としての長時間分の燃料保有量があるため、非常時でも長時間使用可能な分散形電源として、積極的に活用することが望ましい。

### (3) メンテナンス

非常用自家発電設備は常時使用されていないため、メンテナンスがおろそかになりがちで、中には定期的な試運転や燃料の補給等あまり実施していないのがあった。

このため、非常用自家発電設備についてはその重要性を考え、法的に決められた定期的な試運転と各部の点検を実施することを再認識させる必要がある。

- a. 操作員の自動・手動切替操作ミスやエア抜き操作不良防止のため、マニュアルの整備や操作手順の表示並びに操作員の定期的な講習や訓練が必要である。
- b. ディーゼルエンジンのエア噛み込み防止のため、燃料切れの前に警報を出し、発電設備を自動停止させるシステムを検討する必要がある。
- c. 切替操作ミスのないように、手動始動を行ったままにしているも、自動的に自動始動モードに切替わるようなシステムを検討する必要がある。
- d. 通常の点検を行っていただけでは発見出来ないような内容のものもあり、今後は分解点検等のより極め細かなメンテナンスを行う必要がある。

なお、協会において「非常用発電設備保全マニュアル」を策定しており、今後は、本マニュアルに従ったメンテナンスを行うことが望ましいと考える。

- e. メンテナンス不良による不具合をできるだけ発生させないものとして、先に述べたような常用防災兼用発電設備が効果的である。常用防災兼用発電設備は常時連続運転しているため、メンテナンス、燃料補給、操作員の習熟度も十分であり、

運転信頼性が確保されていると考える。

#### (4) 防災用自家発電設備の自動始動について

今回の大災害では、停電によりほとんどの防災用自家発電装置は自動始動しており、問題なかったと思われる。

しかしながら、設置者に対するアンケート調査や現地調査では、以下のような意見があり、今後可能性について検討する必要があると考える。

- a. 建屋内で常時監視している時間帯（昼間）は手動始動、監視していない時間帯（夜間）は自動始動させるよう自動で切替できるシステム。
- b. 地震による停電で火災が発生していない場合、自動始動しないシステム。
- c. 地震による停電で始動しても火災が発生していなければ自動停止するシステム。

#### (5) 病院、避難所等における災害時の電力供給

防災用自家発電設備は、消防法及び建築基準法に基づき、防災電源として消防用設備等に電力を供給することとしているが、今回災害時における負荷の調査を行った結果、病院や避難所では消防用設備への電力供給に加えて、保安用設備への供給を必要としていた。

このため、以下のように、防災電源と非常時の保安電源をうまく調和させて使用できるような検討が必要である。

- a. 防災用自家発電設備の設置にあたっては、非常時にも対応できるよう消防負荷以外に必要と思われる負荷を加えた発電設備容量のものとする。
- b. 火災が発生していない場合は、主任技術者等が手動により一般負荷へ電源を投入でき、また、火災発生時には自動的に防災負荷へ切替るようなシステム。

#### (6) 自家用発電設備の耐震基準

今回の災害調査では、発電装置及び付属機器・配管がガイドラインに従って設計・施工されていれば、今回の震災に対してもほぼ耐えられるものであったと思われる。今後も本ガイドラインに従って設計・施工すれば阪神大震災クラスの地震に対しては、おおむね問題ないと思われる。

#### (7) 自家用発電設備の設計・施工マニュアル

自家用発電設備を現地にて設置する場合の施工上での不具合による被害が発生していることから、耐震措置も含めた現地での設置に関する設計・施工上のマニュアル等を策定する必要がある。