

阪神淡路大震災における
プラントオペレーションに関する
アンケート調査報告

1996年1月17日

社団法人化学工学会・教育部門委員会
プラントオペレーション工学特別研究会

阪神淡路大震災に関するアンケート調査結果

1995年1月17日の早朝に発生した阪神淡路大震災は、地域住民の生活のみならず、産業界にも大きな被害と犠牲をもたらしました。化学工業界においても例外ではなく、緊急時のプラントオペレーションが大きな問題となって、ハード、ソフトの見直しやオペレーターの役割についての議論が起っています。またその後、伊豆地方、九州南部、近畿一円でも地震が群発しており、災害発生時の対応については各社とも関心の深いところであると思います。

我々『化学工学会・プラントオペレーション工学特別研究会』でも、緊急時のオペレーションはいかに在るべきかをテーマに加え、アンケートによる調査結果をもとに議論・研究していくことにいたしました。各企業の方々から寄せられた貴重な経験や考え方を研究会としてまとめ、その解析を通して今後のオペレーションの発展に役立てていきたいと考えております。

なお、アンケートは1事業場（または工場）で1件送付させていただきました。これは、1事業場で複数プラントについてアンケートを採ると、ほぼ同じ回答になるため正確なデータにならないと考えたためです。今回の阪神淡路大震災で壊滅的な打撃を被った化学工場は、あまり数多くありません。アンケートの性格上、データを多く採る必要があることから、今回は直接的な被害に関係なく、緊急時にどう対処していくのかという今後の対策を含めて考える意味で、全国いろいろな地域を回答対象に選びました。

今回アンケートの回答を寄せていただいた企業は問1のまとめの中に記載してあります。回答は合計で108件にのぼり、解析を実施するには十分のデータ数であると思います。あらためてこの紙面をお借りしてご協力に感謝いたします。

阪神淡路大震災そのものに直接関係する設問の解析は、被害状況によって回答の仕方が異なるため震度別にまとめました。また、規定・標準類の有無や今後の緊急体制の在り方など、阪神淡路大震災そのものとは別次元の設問については、一般災害に対する企業の対応姿勢を探る意味で、解析は業種別にまとめを行いました。今回のアンケートで、震度の記載のない回答はその地域の標準震度を採用しました。また各設問に対する生の意見は極力原文のまま掲載するようにしています（番号は集計の整理上のものです）。なおこの度の地震は『兵庫県南部地震』というのが正式な名称ですが、本文中では便宜上『阪神大震災』という通称を使用しております。

今回の解析結果について、アンケートに回答していただいた方々のみならず、本紙に目を通された皆様よりのご意見、ご批判をいただければ幸いに思います。

1996年1月17日

社団法人化学工学会・教育部門委員会
プラントオペレーション工学特別研究会
ワーキンググループ

阪神大震災に関するアンケート調査
ワーキンググループ

(五十音順)

篠崎 勝彦	藤沢薬品工業(株) 生産技術研究所
清水 浩司	鐘淵化学工業(株) 滋賀工場
高木 岳彦	三井東圧化学(株) 大阪工業所
中西 英二	関西大学 工学部 化学工学科
中村 俊英	住友化学工業(株) 愛媛工場
南田 章滋	(株)日本触媒 生産技術部
橋本 芳宏	名古屋工業大学 工学部 生産システム工学科
福田 博一	興亜石油(株) 麻里布製油所
藤田 寿士	横河電機(株) 営業技術統括部
三浦 久紀	住友化学工業(株) 生産技術センター
山田 義博	ダイセル化学工業(株) 生産技術センター
吉岡 哲男	鐘淵化学工業(株) 滋賀工場
渡部 安重	大阪ガス(株) 姫路製造所

問1 今回のアンケート調査に答えていただくプラントについて差支えなければ記入して下さい。

・企業名／事業場名／所在地

・阪神大震災の震度（ガル）

・＜プラントの種類＞

＜プラントの形態＞

＜プラントの稼働＞

①有機化学工業（バル）

①ほとんど連続工程

①24時間連続運転

②有機化学工業（ファイン）

②ほとんどバッチ工程

②2直（16時間程度）

③無機化学工業

③連続とバッチが混在

③昼間のみ

④石油精製、ガス製造

④その他（ ）

④その他（ ）

⑤その他（ ）

●全国68企業、108事業場から回答が寄せられた（2ページに企業名を記載）。

●阪神大震災の震度別回答数

*震度不明の回答は、地域の震度を採用

震度 ガル	0無感 ～0.8	1微震 ～2.5	2軽震 ～8.0	3弱震 ～2.5	4中震 ～8.0	5強震 ～2.50	6烈震 ～4.00	7激震 4.00超	その他 不明	合計
回答数	11	14	11	17	25	23	6	1	—	108
%	10	13	10	16	23	21	6	1	—	100

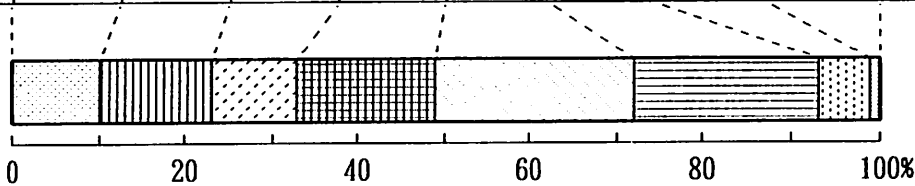


図1-1 震度別回答数

●＜プラントの種類＞

	件数	%
①	30	28
②	15	14
③	16	15
④	30	28
⑤	17	16
合計	108	

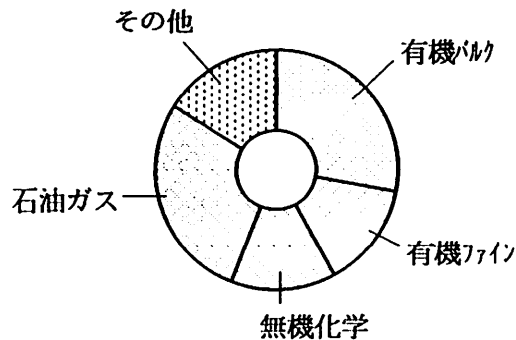


図1-2
プラント種別回答

●＜プラントの形態＞

	件数	%
①	61	57
②	21	20
③	23	22
④	1	1
合計	106	

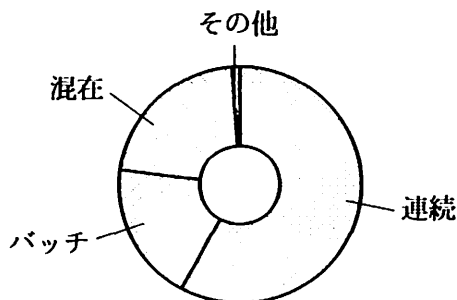


図1-3
プラント形態別回答

● <プラントの稼働>

	件 数	%
①	91	85
②	4	4
③	6	6
④	5	5
合計	106	

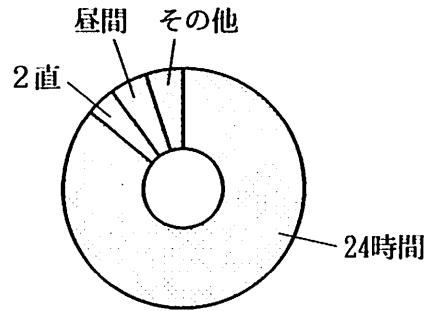


図1-4

プラント稼働別回答

*震度3以下と思われる回答は、震度欄がblankになっているものが多くあった。それらについては、巻末に添付した各地の標準震度に基づいて震度づけを行った。

*プラントの種類を聞いた設問では、複数の種類を選択した回答があったが、プラントの性格や製品の種類などにより、1種類に割り付けたものがある。食品や非化学産業など業種分類ができないものを「その他」とした。

*プラント形態は半分以上が連続プロセスであり、稼働状況ではほとんどが24時間連続操業のプラントからの回答であった。

*アンケートには以下の企業より回答をいただきました（50音順）。

【あ】	コスモ石油(株)	武田薬品工業(株)	日本製紙(株)
旭化成工業(株)	【さ】	田辺製薬(株)	日本ゼオン(株)
味の素(株)	塩野義製薬(株)	帝人(株)	日本石油(株)
ELF/AQUITAINE	昭和シェル石油(株)	電気化学工業(株)	日本石油精製(株)
出光興産(株)	昭和電工(株)	東亜合成(株)	日本ペイント(株)
出光石油化学(株)	昭和四日市石油(株)	東京ガス(株)	日本ポリウレタン工業(株)
宇部興産(株)	新日鐵化学(株)	東燃(株)	【は】
大阪ガス(株)	住友化学工業(株)	東邦ガス(株)	日立化成工業(株)
大阪酸素工業(株)	住友精密工業(株)	東北石油(株)	藤沢薬品工業(株)
大塚製薬(株)	住友ベークライト(株)	東洋ゴム工業(株)	富士写真フィルム(株)
【か】	西部石油(株)	東洋紡績(株)	富士石油(株)
鹿島石油(株)	積水化学工業(株)	東レ(株)	ポリプラスチックス(株)
鐘淵化学工業(株)	ゼネラル石油(株)	【な】	【ま】
関西日産化学(株)	セントラル硝子(株)	南海化学工業(株)	三井石油化学工業(株)
九州石油(株)	【た】	日産化学工業(株)	三井東圧化学(株)
協和発酵工業(株)	ダイセル化学工業(株)	日曹油化工業(株)	三菱化学(株)
協和油化(株)	ダイソー(株)	日本海石油(株)	三菱石油(株)
呉羽化学工業(株)	大日本製薬(株)	日本合成ゴム(株)	【ら】
興亜石油(株)	タキロン(株)	(株)日本触媒	ライオン(株)

問2 阪神大震災でプラントは停止しましたか。

- ①地震震度計により自動的にプラント全体が停止した。
②主要機器(コンプレッサなど)の震度異常停止により2次的にプラント全体が停止した。
③計器の誤作動により、自動的にプラント全体が停止した。
④一部機器が自動停止(または計器の誤作動)したので、結果的に手動停止させた。
⑤自動停止はなかったが、地震対応マニュアルに従って手動停止させた。
⑥自動停止はなく、マニュアル以下の震度だったが、念の為手動停止させた。
⑦停止しなかった。運転はそのまま継続した。
⑧もともとその時刻にはプラントが稼働していなかった。
⑨その他 ()

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	—	—	—	—	1	4	—	—	1	1
②	—	—	—	—	—	—	3	12	1	4	4	4
③	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
④	—	—	—	—	2	8	2	8	1	4	5	5
⑤	—	—	—	—	2	8	3	12	1	4	6	5
⑥	—	—	—	—	—	—	1	4	—	—	1	1
⑦	3	5	1	7	1	6	8	3	2	—	7	6
⑧	—	—	—	—	3	12	4	16	2	29	9	8
⑨	—	—	—	—	2	8	3	12	2	29	7	6
合計	3	5	1	7	2	5	2	5	7		10	9

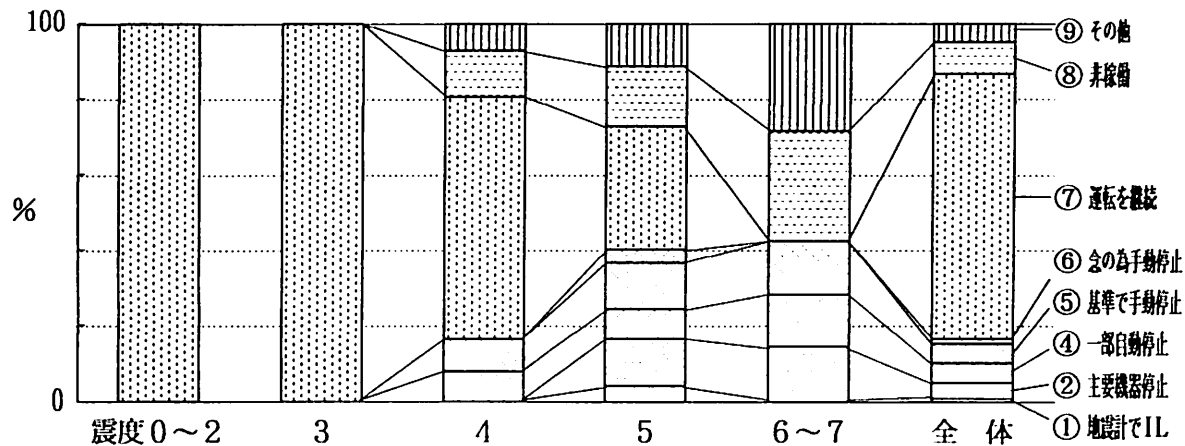


図2 震度別プラント停止状況

*震度3以下ではプラント停止が全くなく、震度4で手動停止、震度5以上で自動停止または停電による停止が発生している。また震度6以上で運転を継続できたプラントは皆無である。

*その他の意見としては、『停電のため自動停止した』が3件と、『買電ストップとバックアップのコジェネ設備故障』『コンビ則導管は80ガルで自動遮断した』があった。

問3 阪神大震災で、プラント停止以外にどのような被害を受けましたか（複数回答可）。

- ①建物、ストラクチャーの損壊、ヒビ割れ、傾斜など。
- ②機器、配管の亀裂、破損、内容物の漏洩。
- ③計器、計装、コンピューター、制御系のトラブルや保存データ破壊。
- ④人的被害。
- ⑤特に設備的、人的な被害はなかった。
- ⑥その他 (

●震度別の回答数

震度	0~2		3		4		5		6~7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	—	—	5	2.0	13	5.7	7	1.00	25	2.4
②	—	—	—	—	5	2.0	8	3.5	6	8.6	19	1.8
③	—	—	—	—	—	—	1	4	2	2.9	3	3
④	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
⑤	34	100	17	100	17	6.8	9	3.9	—	—	77	7.3
⑥	—	—	1	6	1	4	2	9	1	1.4	5	5
母数	34		17		25		23		7		106	

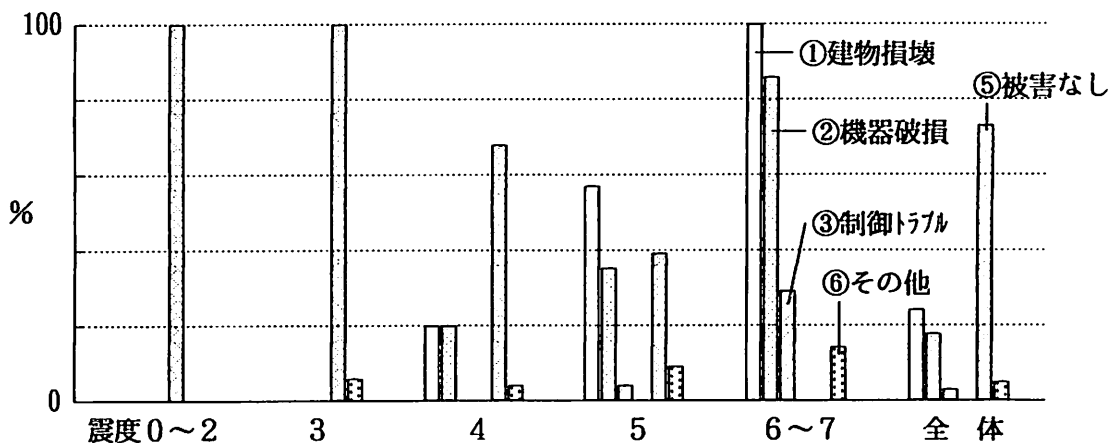


図3 震度別の被害状況

*人的被害が発生したという回答は1件もなかった。不幸中の幸いであるが、アンケートに答えにくかったという側面もあるかもしれない。

*震度4から被害が発生し始めている。震度6以上ではほとんどのプラントで、建物やストラクチャーの損壊、ヒビ割れ、傾斜などのほかに、機器、配管の亀裂、破損、内容物の漏洩などが発生しており、問2の運転継続が不可能だったというデータを裏付けている。

*その他の被害としては、『高層自動倉庫で保管の製品が落下破損』『配管亀裂水漏れで多大の被害』『道路、事務所、排水処理施設（の破損）』『道路、グランド等の液状化』などの意見があった。

問4 地震震度計と連動した、プラント全体の自動インターロックシステムはありますか。

- ①ある（常時連動させている）。
 ②ある（ただし信頼性の問題で現在は連動させていない）。
 ③ない。
 ④その他（ ）

●プラント業種別の回答数

プラント	①常時連動		②連動せず		③なし		④その他		合計
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	8	27	1	3	20	67	1	3	30
有機ファイン	1	7	—	—	13	93	—	—	14
無機化学	3	20	1	7	10	66	1	7	15
石油・ガス	3	10	—	—	25	83	2	7	30
その他	3	18	—	—	11	64	3	18	17
全 体	18	17	2	2	79	74	7	7	106

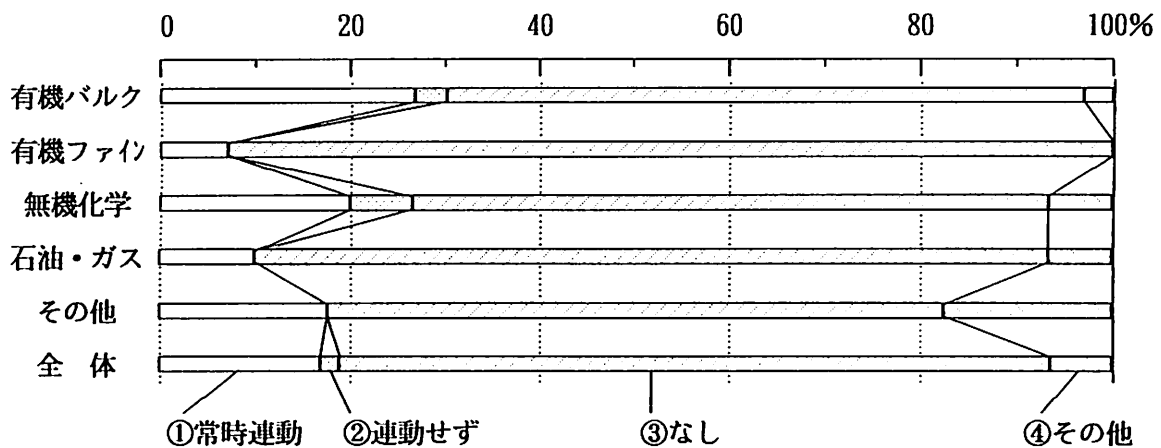


図4 業種別の自動インターロックシステムの有無

*地震震度計と常時プラントのインターロックを連動させている事業場は2割以下である。業種による差はあまりみられない。

*その他の意見は、『地震震度計と連動で受変電設備遮断』『ボイラ設備のみインターロック機能付与』『用役設備にあり』『平成8年秋に連動を計画している』『地震当時は警報のみだったが、現在連動させている』『一部だけある』などがあり、今後は設置の方向で考えているところが多いようである。

問5 地震震度計の信頼性をどう思いますか。

- ①信頼性は十分であり、その設置は技術的には問題ない。
- ②信頼性に疑問があり、設置するのはいいが、インターロックに連動はさせられない。
- ③信頼性に疑問があり、設置する意味がない。
- ④信頼性は分からない。
- ⑤その他 ()

●プラント業種別の回答数

	①問題なし		②連動せず		③意味なし		④信頼性?		⑤その他		合計
プラント	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	14	46	5	17	—	—	8	27	3	10	30
有機ファイン	2	14	2	14	—	—	10	72	—	—	14
無機化学	2	12	6	38	—	—	6	38	2	12	16
石油・ガス	13	44	4	13	—	—	4	13	9	30	30
その他	3	18	2	12	1	6	7	41	4	23	17
全体	34	32	19	18	1	1	35	32	18	17	107

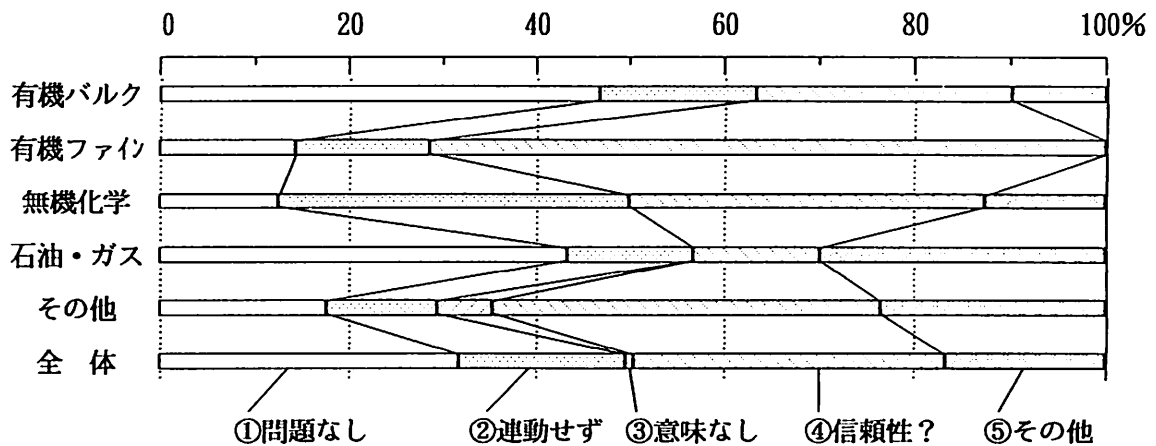


図5 地震震度計の信頼性

*地震震度計の信頼性を高いとしているのは、有機バルクと石油・ガス業種に多い。問4との比較で考えると、有機バルクの場合は信頼しているので実際インターロック連動させているのに対し、石油・ガスの場合は信頼性は有ると考えてはいるが実際には使用していない、ということができる。プラントの規模が大きく、公共的でもあることから、どこかで誤作動を懸念しているのではないだろうか。

*信頼性が分からないという意見も全体の 1/3を占めているが、プラントサイドでの設置が進んでいないため、その検討すら行っていないためと見るのが妥当だろう。また、これまでにその必要性すら論じられていない（それほど大きな地震が無かった）という背景もあり、今後の課題として取り組む問題であろう。

*その他の件数が多いが、回答に際していろいろな意見が出された。よく似た意見もあるが、参考のためコメントを原文のまま全て掲載する。

No	地震震度計の信頼性に関する意見
5	ボイラ室に設置してある。
27	2／3方式を採用する予定。
33	信頼性、技術上どちらも問題ないが、設置場所の選定は重要である。
44	タイプにより信頼性に疑問があるものがある。
45	インターロック連動には複数（3～4ヶ所）の地震計を設置して誤作動の防止が必要である。
49	信頼性はあると思われ、複数設置する意味はあるが、インターロックには連動させられない。
50	地震の程度を知って、保安点検を行う基準とする尺度としては信頼性はあるが、インターロックと連動させるための信頼性は未確認。
63	定量的には過大に出る傾向はあるが、定性的には問題なし。
71	信頼性はあると考えられるが、インターロックに連動はさせられない。
74	信頼性とプラントの重要度、オペレーションを考慮し、対象プラント限定の上でインターロックを行うとよい。
77	2 of 2 方式採用（2 台のAND）。
78	信頼性に多少疑問あるも 2 of 3 システムにて対応。
96	現在全面的に検討中。
97	インターロック連動には、誤操作防止、精度向上等の検討が必要。
98	地震計は信頼あるが、車両通過等の外乱による誤作動、誤操作等の防止対策を行う必要がある。
108	一部プラントで使用しているが、特に問題はない。

*全体的には、NofM方式で信頼性不足をカバーしようとしている。また、信頼性がある＝インターロック連動可能、という図式は簡単にはいかないようである。

問6 地震発生時のプラント停止基準は定められていますか。

①定められている。

☝ その停止基準は、(震度 _____ 以上, または _____ ガル以上)

②定められていない。

☝ 停止は誰が判断しますか (誰が;)

停止の判断基準は何ですか(基準;)

③その他 ()

●停止基準のプラント業種別の回答数

プラント	①定めあり		②定めなし		③その他		合計
	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	19	63	11	37	—	—	30
有機ファイン	7	50	6	43	1	7	14
無機化学	9	56	7	44	—	—	16
石油・ガス	24	80	4	13	2	7	30
その他	4	25	9	56	3	19	16
全 体	63	59	37	35	6	6	106

●地域別回答

		①	②
東 海	件	24	3
	%	89	11
西 海	件	39	34
	%	53	47
合 計	件	63	37
	%	63	37

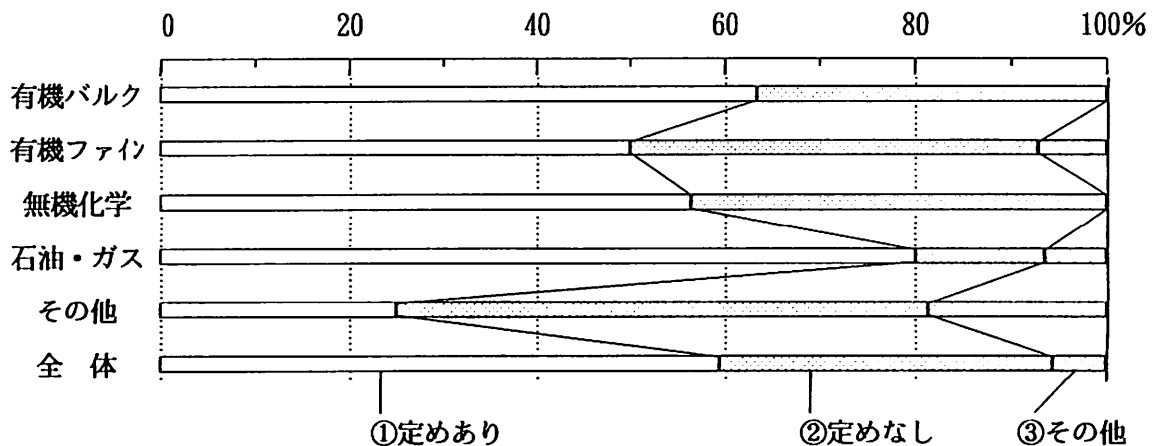


図6-1 地震発生時の停止基準の有無

*「その他」の業種を除いて、概ね6割程度の事業場で停止基準を定めている。特に石油・ガスの業種では8割に達している。これはプラントの規模が大きい、すなわち災害時の被害も大きくなるため、この防止策であると推定される。

*地震に対する備えという観点からは、地域による差が明確に現れている。東日本（富山、長野、静岡以東）では9割が停止基準を定めているのに、西日本では約半数でしかない。これは、関西では地震が無いという一般認識が、化学工業でも同様な意識をもたらしめているためであろう。今回の阪神大震災を契機に、この神話に対する見直しが行われるものと考えられる。

●停止基準の数値

震度 (ガル)	件数	%
0～60	2	3
61～80	6	9
81～100	3	5
101～120	1	2
121～140	1	2
141～160	4	5
161～180	1	2
181～	5	8
その他	8	—
合 計	72	

↑複数回答あり

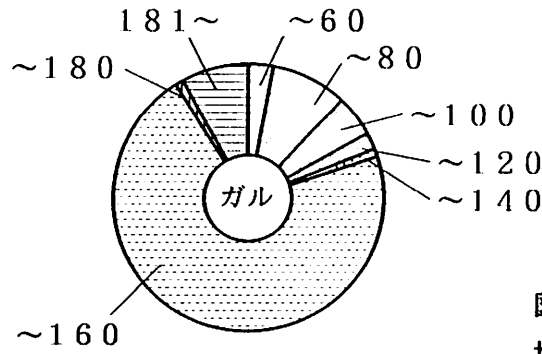


図6-2

地震の停止基準数値

*停止基準がある所は、ほとんどが 150ガルであった。用役設備は 200～250、高圧PE、POなどは40、高圧ガス設備は80ガルで停止するなどの基準があるとの意見があった。

*その他の停止基準は、震度5が7件、震度6が1件あった。

*基準なしの場合の停止判断者と判断基準を以下に示す（企業で呼称が異なるので原文のまま）。

No	停 止 判 断 者	判 断 基 準
1	工場長、生産本部長	被害状況、帰宅の可否
5	工場長	発生状況による
7	生産課長	異常箇所があるかどうか
8	職制orシフト長	計器室震度計
11	製造部門長	実際の揺れ
17	班長	設備上の被害の有無
20	職制	震度の強さなど
21	職制	被害の発生が予測されるか否かによって判断する
22	現場上長	震度4以上で、運転困難な状況の場合
23	生産課長、直長	
45	夜間休日は直長、上司がいれば上司	特に定めていない
47	プラント主任	
52	生産部長	特になし（正常な運転が継続できないとき）
54	各部課長	その時の状況によって判断
55	オペレーター	点検して異常があれば停止する
56	担当管理職	洩れ等工程異常の発生
57	現場責任者	
60	当直責任者	当直責任者の判断
69	直長	プラントの異常
73	オペレーター	周囲の状況、停電等

No	停止判断者	判断基準
78	部門長	設備の状況（バッチ工程）
84	直の主任	運転に異常をきたした時
88	日勤は課長、その他の時間はシフトリーダー	決められた基準はない
90	当直班長	なし
91	当直班長	
93	平日昼間：所長（保安統括者） 休日夜間：当直長	パトロール結果等により正常運転継続が不可能と判断した場合
94	災害対策本部長、夜間はシフト長	設備の異常（漏洩、火災等）
95	災害対策本部長（原則所属長、 夜間シフト長）	点検による設備の異常（漏洩、火災等）の確認結果に基づく
101	プラントの班長	班長による判断
104	オペレーター	異常時停止基準
106	運転長	運転継続困難と判断したとき
108	運転班長	ガス圧変動等

*その他の意見としては、『現在停止基準を定める作業中』『阪神大震災時は明確でなく、その後に決めた』『地震後に停止基準を定めた→ 150ガル以上』『インターロックで停止する以外は運転継続』『15ガル以上かつ30カイン以上、または250 ガル以上（という決め方もある）』『消防車庫に設置している地震計3セットの内、2セットが基準を超えた場合、構内放送でSDを自動的に指示する』『2 of 3でインターロック連動等は必要と考えている』『2 OUT OF 3』などがあった。

*停止判断者は明確に決められているが、判断基準はあいまいなところが多いようである。

問7 発生した地震の震度を、オペレーターはどのようにして知ることになっていますか。

- ①操作室に震度計があり、オペレーターが読み取れる。
- ②工場内に設置してある震度計数値が一斉放送される。または電話連絡してくる。
- ③地震を感知したら、オペレーターが（所定場所へ）電話をかけて聞く。
- ④テレビ、ラジオなどのメディアから。
- ⑤知る手段は決められていない。
- ⑥その他 （ ）

●プラント業種別の回答数

	①CR震度計		②一斉放送		③電話かけ		④メディア		⑤手段不定		⑥その他		合計
プラント	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	6	18	18	55	—	—	4	12	4	12	1	3	33
有機ファイン	—	—	8	50	1	6	4	25	2	13	1	6	16
無機化学	3	18	6	35	2	12	4	23	1	6	1	6	17
石油・ガス	15	43	18	51	—	—	—	—	—	—	2	6	35
その他	1	5	6	32	2	11	3	16	5	26	2	10	19
全 体	25	21	56	47	5	4	15	12	12	10	7	6	120

*いずれも重複回答あり

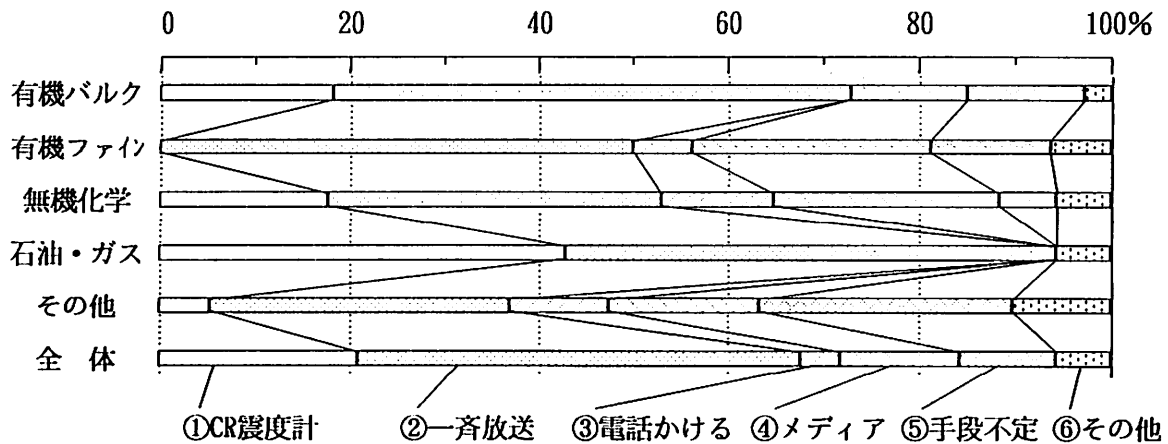


図7 オペレーターが震度を知る手段

*この設問の場合にも、石油・ガス業種では操作室の地震計読取りが4割を占めており、早期の情報収集を重視している姿勢が伺われる。全体では一斉放送が5割で、やはりこれが一般的な方法なのであろう。メディアから情報を得る場合、対応が後追いになるのではないだろうか。

*その他の意見として、『操作室にある地震計連動の地震警報表示器』『外部から得た情報を構内放送で行う』『状況見合いで宿直（テレビ）より一斉放送』『FAX』『操作室でオペレータが読取り、その後オペレータが一斉放送する』『各震度ごとにアラームと値表示』『各工場棟ごとに地震発生後個別対応』などがあつた。

問8 阪神大震災の震度を、実際オペレーターは決められた通りの方法で知りましたか。

- ①決められた通りの方法で知った。
- ②決められた方法とは別の手段で知った。
- ③もともと知る手段は決められていない。
- ④その他 ()

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	3	38	11	61	14	56	13	57	1	17	42	53
②	1	12	—	—	2	8	3	13	—	—	6	8
③	2	25	4	22	3	12	4	17	4	66	17	21
④	2	25	3	17	6	24	3	13	1	17	15	18
合計	8		18		25		23		6		80	
非該当	28	—		—		—		—		—	28	—

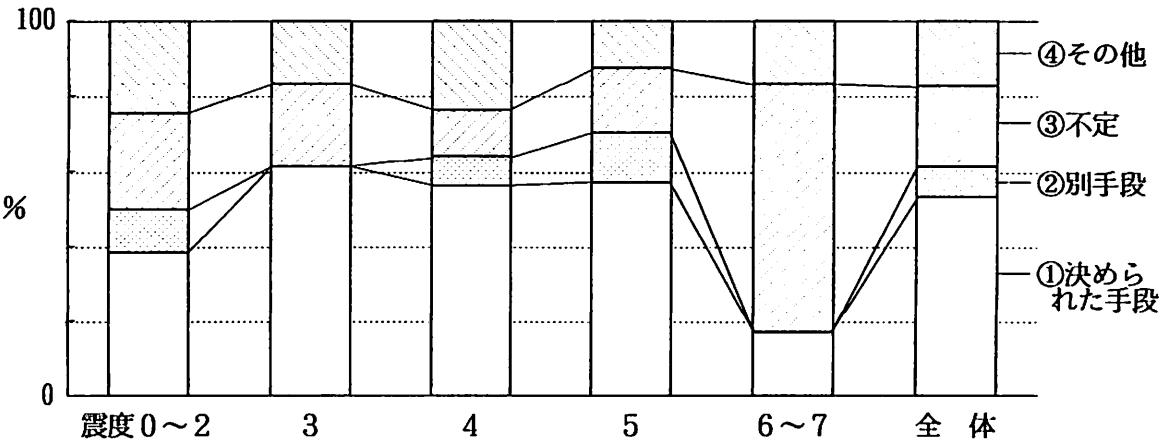


図8 震度を知る方法の規定と実際の差

*震度0～2については、地震の発生そのものを感知しておらず、本設間に対しては非該当との回答が多かった。全体的には定められた方法で知ったケースが半分以上で、もともと定めてなかったのを除けば、ほとんどが規定どおりの方法で知ったことになる。ただし全数ではないので、突発時にはマニュアルどおりにいかないことも考慮する必要があるだろう。

*その他には、しばらくの間は知らずに、駆け付けた人から聞いたなども含まれるだろう。意見としては、『構内放送で知らせるべきだが、情報の不足で構内放送ができなかった』『体感』があった。

問9 阪神大震災で、基準に沿ったプラント停止あるいは運転継続がされましたか。

- ①基準以上の震度だったので、基準通りプラントを停止した。
- ②基準以上の震度だったが、停止しなかった（５分以上経過してから停止したものを含む）。
- ③基準以下の震度だったが、停止した（自動、手動含む）。
- ④基準以下の震度だったので、停止しなかった。
- ⑤基準がないので、人の判断で停止した。
- ⑥基準がないので、人の判断で停止しなかった。
- ⑦その他 （ ）

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	—	—	—	—	2	9	2	29	4	4
②	—	—	—	—	—	—	3	13	—	—	3	3
③	—	—	—	—	1	4	1	4	—	—	2	2
④	30	86	14	82	8	32	2	9	—	—	54	51
⑤	—	—	—	—	2	8	1	4	1	14	4	4
⑥	4	11	3	18	9	36	4	17	—	—	20	18
⑦	1	3	—	—	5	20	10	44	4	57	20	18
合計	35		17		25		23		7		107	

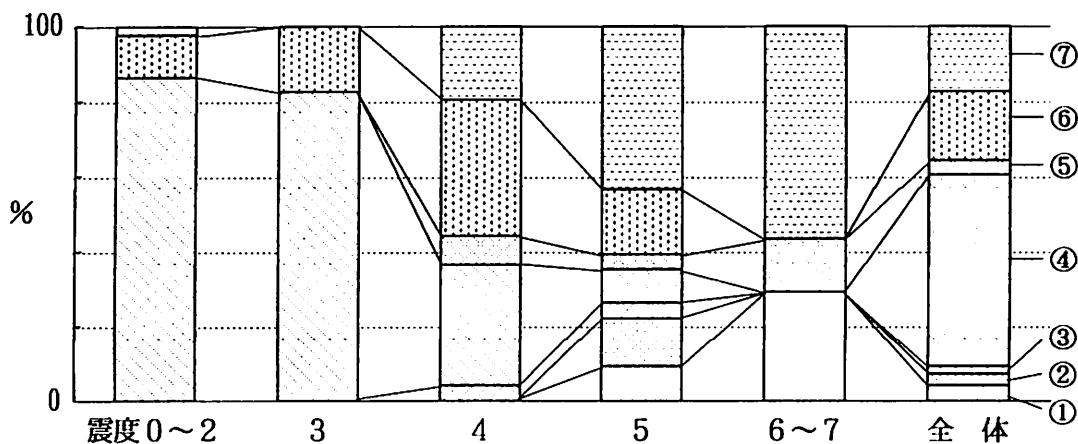


図9 震度別のプラント停止状況

*この設問では、②の「基準以上の震度だったが、停止しなかった」という選択肢に焦点を当てたつもりであった。すなわち、“パニック状態でもマニュアルは守れるか？”という問い掛けを意図した。結果としては、震度5の事業場で3件の事例が上がったのみで、解析までは至らなかった。

*その他の意見としては、『停電で停止した機械は点検後再起動させた』『停電のため自動停止、点検後異常ないので再稼働』『買電ストップとバックアップのコジェネ設備故障』『一部の装置を基準に沿い運転停止した』『停止したプラント、運転を継続したプラントの両方あり』『停電による停止（2件）』があった。

問10 問9で②を選んだ人だけお答えください。

なぜ、基準通りの停止がされませんでしたか（複数回答可）。

- ①地震情報（震度）が十分伝わらなかった。
- ②地震が（強すぎて）おさまるまでオペレーターが身動きできなかった。
- ③基準はあるが、最終判断はオペレーターまたはプラント運転責任者の判断になっていた。
- ④基準はあるが、オペレーターが基準の存在を知らない、又は基準数値を覚えていなかった。
- ⑤その他 （ ）

●全業種の合計回答数

	件数	%
①	1	33
②	2	67
③	1	33
④	—	—
⑤	1	33
母数	3	—

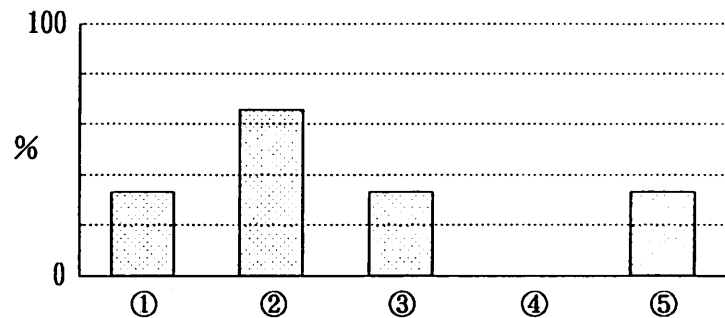


図10 停止基準が守れなかった理由

*回答数が少なく、あまり参考にならないだろう。ただ、停止作業のタイミングとして、オペレーター（全員）がまったく身動きできないような状況まで想定すべきだろうか。

*その他の意見として、『プラントに運転支障となる異常がなかったため、運転を続行した』『当初の表示が基準以下と判断された』などがあったが、両者とも非常に重大な問題を含んでいるのではないだろうか。

問11 地震発生時に、プラント停止以外にオペレーターが実施する基準がありますか（複数回答可）

- ①プラントが停止した後の、バルブ開閉、窒素投入などの緊急の手動操作。
② “ ” 、プラント巡回、点検、分析などの2次的な作業。
③ “ ” 、緊急連絡（職制または応援要請）。
④震度がプラント停止基準以下の場合の、プラント巡回、点検、分析などの2次的な作業。
⑤通常の職制への連絡。
⑥フィールドマンを含めた直要員全員の安否の確認。
⑦基準はない。
⑧その他 （ ）

●プラント業種別の回答数

⑧その他は、⑦に含む

	①手動操作		②2次作業		③緊急連絡		④巡回など		⑤職制連絡		⑥安否確認		⑦基準なし		母数
プラント	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	19	63	24	80	21	70	23	77	20	67	20	67	3	10	30
有機ファイン	8	53	13	87	12	80	8	53	8	53	7	47	2	13	15
無機化学	8	53	12	80	12	80	12	80	8	53	7	47	4	27	15
石油・ガス	19	63	28	93	24	80	27	90	14	47	27	90	1	3	30
その他	5	29	9	53	9	53	6	35	8	47	10	59	4	24	17
全体	59	55	86	80	78	73	76	71	58	54	71	66	14	13	107

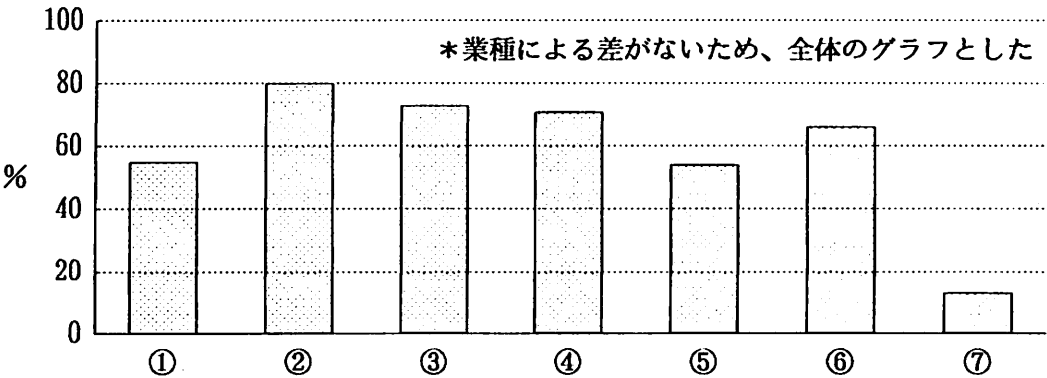


図11 地震時にオペレーターが行う基準

*すべての業種において、プラントが停止した場合でも、停止しない場合でも、オペレーターはかなりの作業を実施しなければならない。これがパニック状態の後であれば、作業能力低下を考慮することが必要ではないだろうか。

*その他の意見としては、『地震動員に係る基準』『警備、環境安全室へパトロール結果を報告する』などがあった。

問12 今回の大震災のような事態において、今後プラントの停止はどうあるべきだと思いますか。

- ①安全を最優先させ、人の判断を介在させず、すべてのプラントを地震震度計との連動でインターロック停止させるべきである。
- ②プラントの種類によって、自動停止するプラントと、人（オペレータなど）の判断で停止するプラントに区別すべきである。
- ③自動停止は、計器の誤作動などがありかえって不安全な面もあるので、すべてのプラントを人（オペレータなど）の判断で停止すべきである。
- ④その他 （ ）

●プラント業種別の回答数

プラント	①安全優先		②プラント区別		③人が判断		④その他		合計
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	9	30	20	67	1	3	—	—	30
有機ファイン	1	7	13	86	—	—	1	7	15
無機化学	2	13	13	81	1	6	—	—	16
石油・ガス	11	35	12	39	5	16	3	10	31
その他	1	6	15	88	—	—	1	6	17
全 体	24	22	73	67	7	6	5	5	109

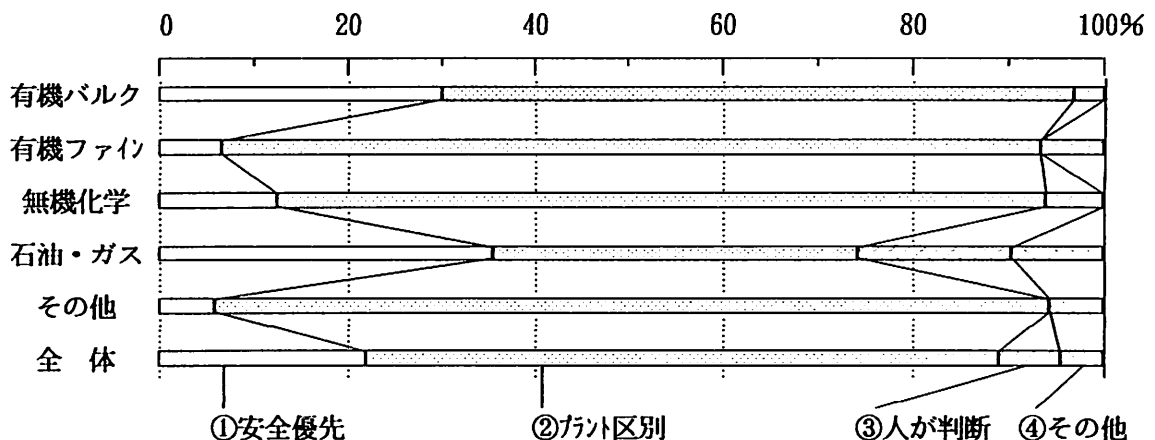


図12 プラント停止のあるべき姿

*問5と同様に、震度計によるインターロックを推奨しているのは、有機バルクと石油・ガスで多い。全体的な傾向は、プラントの種類によって停止判断を変えるべきというものに偏っており、有機ファインではその傾向が著しい。注目されるのは、自動停止の際の震度計誤作動を不安視しているのが、石油・ガスに多いことである。公共性が強いが故の安定供給責任によるものだろう。

*その他の意見として、『一旦全員を計器室に集合させ、安全確認を行った後停止する』『自動/手動（人の判断）の選択は今後詳細検討要』『自動手動停止の得失検討中』『自動/手動の利害得失を詳細検討要。現在明確な回答なし』など、比較的同じ見解が多かった。

問13 緊急時には情報の収集およびその判断が重要だとされていますが、阪神大震災ではどうでしたか。

- ①情報が不足して判断に支障があった。
- ②誤情報が氾濫して結果的に正確な判断ができなかった。
- ③情報は十分であり、特に問題はなかった。
- ④情報は不足していたが、特に問題はなかった。
- ⑤その他 ()

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	—	—	1	4	4	17	4	57	9	13
②	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
③	4	80	2	29	4	16	5	22	—	—	15	22
④	1	20	5	71	16	64	12	52	2	29	36	54
⑤	—	—	—	—	4	16	2	9	1	14	7	11
合計	5		7		25		23		7		67	
非該当	31	—	10	—		—		—		—	41	—

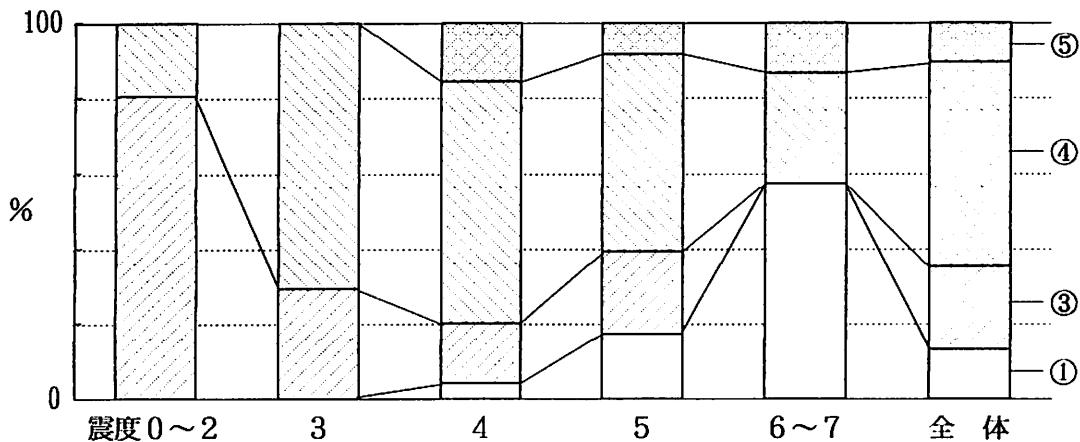


図13 緊急時の情報収集の実態

*情報の不足というのが、震度3以上で大きくなっている。これは実際には、震度に関係なく情報は不足していたが、特に震度5以上では判断に支障が出るほどだったため、強く感じたための結果であろう。

*その他の意見としては、『勤務外従業員への電話連絡が取りにくかった』『プラントの状況を把握するために時間がかかった』などが挙げられていた。

問14 交替オペレーターの直人員数を決めている基準は何ですか。

- ①阪神大震災のような緊急時でも、応援者なしで十分対応できる人員。
- ②運転、監視、分析、巡回などすべての作業量を基準とした人員。
- ③休憩時間でも必要な処置がとれるような人員。
- ④バッチ数、バッチ釜の数を基準にした人員。
- ⑤その他（

●プラント業種別の回答数

	①緊急対応		②作業量		③休憩対応		④バッチ数		⑤その他		合計
プラント	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機・バルク	7	23	17	57	1	3	3	10	2	7	30
有機・ファイン	1	6	8	47	1	6	3	18	4	23	17
無機・化学	3	16	12	66	1	6	1	6	1	6	18
石油・ガス	13	41	18	56	—	—	—	—	1	3	32
その他	—	—	11	69	—	—	2	12	3	19	16
全体	24	21	66	58	3	3	9	8	11	10	113

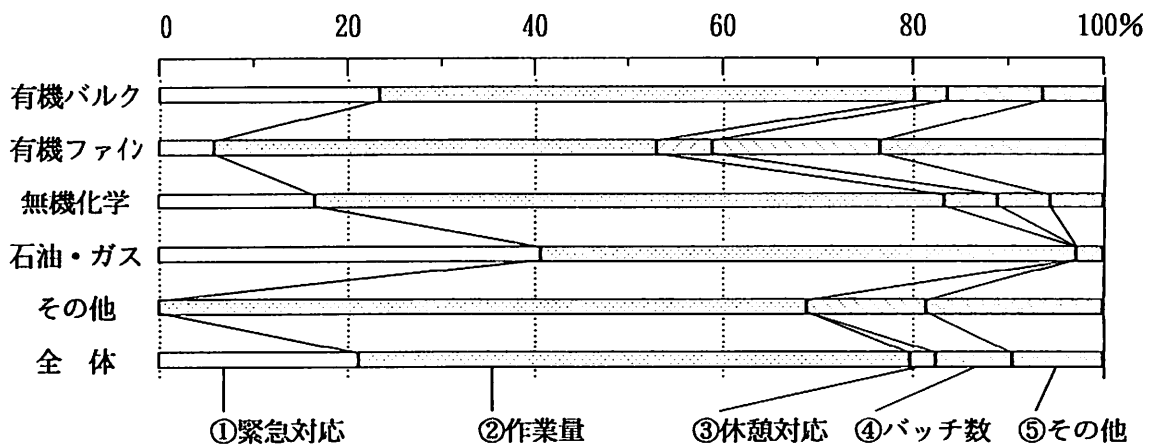


図14 交替オペレーター人員決定要素

*オペレータの直人員は、作業量基準で決めている事業場が多い。ただし石油・ガスでは緊急時対応可能な人員を確保しているところが4割を占めており、災害発生時のリスクを最小限にとどめようという姿勢の表れであろう。

*その他の意見は、『(緊急時は)1次2次措置まで』『有事に安全にプラント停止し、一次処置ができる人数』『地震以外のトラブルに対応できる人数』『全装置の緊急停止が可能、ただし最低限必要操作(一次操作)』『異常停止時の対応』などがあつた。

問15 阪神大震災の対応として、実際人数的にはどうでしたか。

- ①オペレータの人数不足を感じた。
②オペレータの人数は十分だったが、運転責任者（判断者）の不足を感じた。
③オペレータも運転責任者も両方とも不足を感じた。
④人数としては問題がなかった。
⑤その他 （ ）

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	1	17	—	—	—	—	1	14	2	3
②	—	—	—	—	2	9	—	—	—	—	2	3
③	—	—	—	—	2	9	2	8	2	29	6	10
④	2	100	5	83	13	56	14	59	4	57	38	61
⑤	—	—	—	—	6	26	8	33	—	—	14	23
合計	2		6		23		24		7		62	
非該当	34	—	11	—	1	—	—	—	—	—	46	—

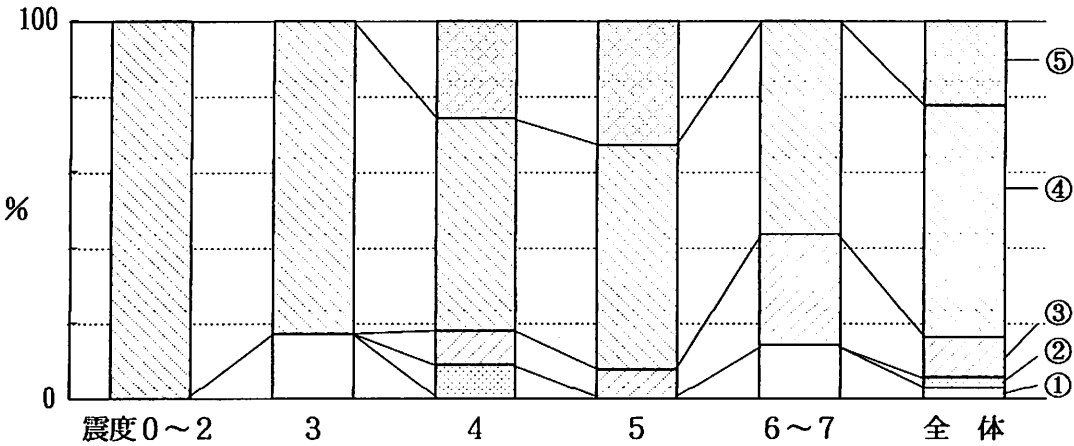


図15 緊急対応の人員の充足度

*震度3以下ではほとんどが本設問に該当しないため、データとしては各震度ごとでは少なくなりました。従って、全体の数値で判断したほうが良いだろう。人数的に問題なしとしているところが多いが、その中身は、何もできないうちにプラントが停止してしまったとか、応援者がただちに駆け付けたため人手の確保ができたなど様々であろう。

*数は少ないが、やはり震度6以上になると、人数不足を感じる割合が増えている。

*その他の意見に、『幸いにも緊急事態にならなかったので不明』があるが、これに代表されるプラントはかなり多かったのではないだろうか。

49	緊急ケースを想定し、動員体制を予め明確にし、周知しておく。
60	プラントの安全停止処置を行うための、必要最小限の人員は確保している。以後は必要に応じ、社内、公設機関の応援を依頼する。
87	休日、夜間、緊急時のための人員確保は場外からの応援。
88	日勤時は間接部門が応援。トラブル時は当該以外の部門が応援。地震のような広範囲の場合は今後検討。
95	すでに職住近接し、工場幹部も夜間、休日でもすぐ対応できる所に誰かが居る。

*この設問では1件の意見しかなかったが、問22の意見欄に多くみられるように、ある震度以上になれば自動出社にしているところが多い。

問17 阪神大震災で、実際にオペレータは落ち着いたアクションを取れましたか。

- ①地震直後はほとんど何もできなかった（何が起きたかわからなかった）。
- ②プラント停止にかかりきり、緊急連絡が後手にまわった。
- ③緊急連絡に手間取り、プラント停止や2次作業に手が回らなかった。
- ④プラントの状態について、結果的にかなり誤った判断をした。
- ⑤特に問題なく、マニュアル通りに落ち着いてアクションが取れた。
- ⑥その他 （

●震度別の回答数

震度	0~2		3		4		5		6~7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	—	—	5	20	7	29	2	25	14	21
②	—	—	—	—	1	4	—	—	2	25	3	5
③	—	—	—	—	—	—	—	—	1	13	1	2
④	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
⑤	2	100	5	83	13	52	11	46	1	12	32	49
⑥	—	—	1	17	6	24	6	25	2	25	15	23
合計	2		6		25		24		8		65	
非難	34	—	11	—	1	—		—		—	46	—

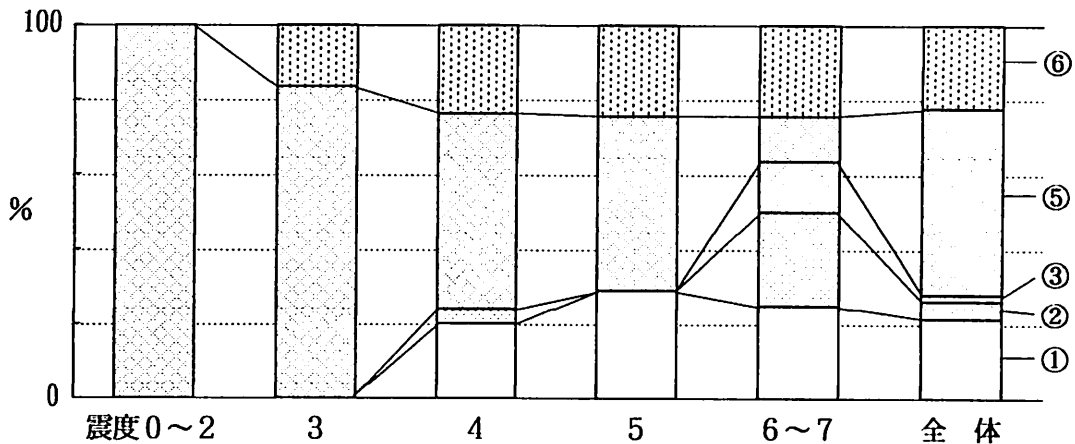


図17 オペレーターの実際のアクション

*震度4以上でマニュアル通りの落ち着いたアクションが取りにくくなっている。プラントの停止作業や緊急連絡など、何をして良いか分からないほどのパニック状態だったことが想像できる。

*その他の意見としては、『個人差がある』『パニックに近い状態だったが、緊急停止操作はなんとか実施できた』『地震の最中は何もしなかった。装置は停止してないので点検のみ行った』などがあった。

問18 阪神大震災で実際に起きたオペレーション内容、オペレーターの行動、その他をお書き下さい
 (例) ・揺れが激しくボードタッチが狙いどおりできない ・オペレーターが椅子から転げ落ちた
 ・CRTが全部消えた ・頭の中が真っ白になった ・爆発かと思った ・従業員安否確認に
 何日もかかった ・道路事情で出社できなかった ・ボランティアで出社してこない
 など、例と同じことが起きた場合はそれも含めて書いて下さい。

●皆さんからいただいた貴重な意見を震度別に原文のまま掲載します。

①地震直後（5分ぐらい）

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
7	51	異常事態（生産設備が大きく揺れた）と感じ、避難するのに精一杯だった。
6	5	揺れが激しく何が起きたか分からなくなった。ボイラ爆発かと思った。ボイラ室に急行したとき余震があり、この時は本当に怖かった。
	6	激しい揺れと共に全停し、しばらく行動できなかった。自家発電機自動起動後、通常マニュアルどうりアクションした。
	38	地震の騒音のためアラームも聞き取れず、シフトマネージャーの運転停止指令も部分的にしか聞こえなかったため、プラントによっては地震鎮静の数分後によりやく停止させることができた。
	54	動けず、机の下にもぐりこむのが精一杯。おさまっても、しばらくは動けず。
	73	幸い停電にならなかったため、比較的落ち着いて行動した。LPG元栓停止、危険物施設等の点検。緊急連絡始動。
	103	停電のため全プラント停止した。
5	108	全停電で真っ暗になり、動くことに不安を感じた。
	1	オペレーターは1人も出勤しない状況だった。
	16	瞬時は揺れが激しくボードタッチもできなかったが、幸い工場の停電等もなく、設備の点検がほぼマニュアルどうりに確認できた。
	24	停電でプラント稼働停止と、暗くなったため不安を持った。地震のせいで停電になったと思った（実際はボイラ水位異常で停止＝自家発停止）。
	26	机にしがみついた。ロッカーが倒れてきたのでおさえながら揺れがおさまるのを待った。自転車でパトロール中、ハンドルを取られたため降りて待った。アラームが同時に鳴りだし、一瞬パニックになった。
	27	発生直後はかなり動揺していた。その後責任者の冷静な判断で、要員の安否、プラントの状態（管制室計器）等マニュアルに従った行動がまずまず取れた。
	41	揺れによる計器の誤指示でかなり発報。震度の確認後、マニュアルどうり装置の緊急停止に入った。
	45	アラームが数箇所鳴った。地震がさらに大きくならないか不安だった。地震時、机に支えられた。物の転倒、落下は無かった。水銀スイッチが1台作動してコンプレッサー停止。装置の一次点検にすぐ行けなかった。
	49	揺れがおさまった後、ただちにオペレータ全員の点呼を行い無事を確認した。全員にそれぞれのポジションの点検と異常の有無の報告を指示した。
	59	固定してないものが倒れ、天井からはコンクリート、モルタル片が落ち、紙が切れた（製紙会社）。全員座り込んで思い通り動けない。揺れがおさまらない中、オペレータ全員ワイヤールームに集った（ワイヤー片寄り等、用具損傷を防ぐため）。揺れがおさまってから、機器の異常の有無を点検した。
	61	地震中は何もできなかったが、地震放送（発生後30秒で放送）があったので少し安心した。
	68	約半数の人がその場から動けなかった。机の下などへ逃げた。
	74	揺れが激しく監視室内で動けなかった。屋外ではしゃがみ込んだ。巡視中の要員は気が動転し、事務所へどう戻ったか記憶がない。ボイラは稼働中であつたため、緊急停止した。
	94	中央制御室にて主要設備に異常のないことを確認した。パトロール者は一次、二次点検の準備をした。

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
5	95	停電もなく、ただちにマニュアルどうり中央制御室での異常確認とプラント点検開始。シフト長より幹部へ状況連絡。
	97	揺れが激しくボードタッチが困難になることもあった。とにかく装置の異常および直運転要員のケガ等の有無の確認を最優先した。
	100	爆発かと思った。タンクレベル計のアラームが一斉に鳴り出した。本震中は机につかまっているのがやっとで、何もできなかった。パネル監視がやっと。本震がおさまるとただちに全員計器室に集合し、全工程の計器指示をチェック。
4	14	出社前で、会社における行動は変わりなかった。
	17	キーボード作業が不可能。
	18	地震計で25ガルを確認し、班長が現場パトロールを指示した（マニュアルどうり）。
	20	自宅または通勤途中で地震を感じた者がほとんどであった。
	22	何が起きたか分からない状態。
	28	稼働中設備の状態確認作業実施。人員確認。
	34	保安センターの一斉指令により、各現場はパトロールを行い結果を報告。各施設異常なし。
	37	震度4であったが、パネル操作ができない状況ではなかった。地震により液面計アラームが多数発生したので、パネル操作を行った。
	55	スプリンクラー配管破損。オペレータが発見して元バルブ停止。保全グループに連絡。
	56	建屋の3、4階では、地震発生時点で立っていられないうくらい揺れたが、地震がおさまってからは人員確認、プラントのパトロール等、決められたマニュアル通りに行動できた。
	60	揺れている間は何もできなかった。揺れがおさまってすぐにプラントを停止した（外が暗くてプラントの状態が把握できなかったから）。
	66	激しい揺れの中で、緊急停止ボタンを必死で押した。
	69	身の安全をまず第一とした。異常箇所の点検を行った。
	83	重要設備、機器の巡回点検実施。
	84	プラントが緊急停止すると思った。机の下に入った。家と家族のことが心配になった。何をしようか分からなかった。バルブにハンドル回しがかけられなかった。塔が揺れ、倒れるかと思った。消火器がボックスから飛び出した。→全体的に地震体験の少ない若年者がパニック状態になった。
3	96	オペレータ全員の所在確認。アラームの処理（特にレベル計）。現場の一次点検。
	98	装置異常の巡回点検を実施。運転を継続。
	104	運転停止しないかDCSを見ていた。大きな地震と思った。振れが大きく何もできず。
	106	CRTでの操作状況確認。
	31	震度3であったため、設備、運転異常の有無点検を行うべく行動開始。
	40	機器に異常なし。プラント内を点検した。
	43	地震を体感後、自己防衛（静観）。ボード操作上の問題なし。
	79	巡視点検を行い、異常の有無を確認した。
	80	一斉に警報が発せられ、特に液面計の指示が大きく振れ、アナンシエータした。オペレータは不安を感じたが、プラントは停止せず、その後の点検パトロールでも異常なかった。

②少し状況が分かり、落ち着いて行動できるようになる間（1時間ぐらい）

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
7	51	落下物が床面に転がっていたが、設備の安全点検だけは行った。勤務者全員の安全を確認した。建物外での待機を指示した。
6	5	ボイラ室、受配電設備の点検。屋外配管（ラック上）漏洩箇所点検。建物損傷調査（外観）上司および係員宅への電話連絡（不通多し）、および連絡用に監視室常駐。
	38	屋外がまだ暗かったので現場の状況が不明確であり、人身災害を懸念して点検に出ていくことの判断がしにくかった。
	54	被害の把握と応急処置。非常停止の必要な設備の把握。電源を切り、元栓、元バルブ閉。
	73	工場幹部が比較的早い時間で出社、2時間以上掛かった人もいた（通常30分）。ただちに被害調査実施。本社へ第1報。従業員、家族の安否確認実施。立入り禁止区域の認定。
	103	停止したプラント安全点検の実施と安全停止処置確認。
5	108	マニュアルどうりの処置に動いた。
	1	近在の居住者が徒歩・自転車で出勤し、機器・配管等の点検をした。

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
5	6	当日勤務者（夜勤）の人員確認、設備点検も比較的スムーズに実施できた。ただし電話不通のため、職制連絡がかなり遅れた。
	16	従業員、家族の安否確認は早期に完了した。津波等の波及的事象の状況がつかめず、一部不安もあった。
	24	明るくなったこと、指揮者（課長・室長）が出動してきたこともあり、安全確認、不具合点検などを実施した。
	26	他のオペレーターの無事を確認。プラント配管、タンクの漏れがないか点検に回った。停電時の手動操作を行い、異常の無いことを確認した。
	27	現場の状態確認や、上司への連絡等、基準に従った行動が取れている。上司が出社して、その指示に従った行動をした。
	41	マニュアルに従って地震後の安全確認、および装置緊急停止後の措置を実施。
	45	地震後一次点検に行った。特に装置の運転上問題は無かった。破損箇所もなし。装置停止の判断について不安が生じた。家庭が気になった。
	49	装置の一部停止作業を実施した。構内全域の異常の有無を点検し、安全を確認した。宿直者より緊急呼出し招集を行った。
	59	部分補正しながら10分ぐらいで通常操業に戻った。製品に異常が出てきたので、一部手動で操業した。余震でトラブルの発生があったが、即通常操業に戻した。建屋、構造物に異常がないか確認した。
	61	職場の責任者（自宅）との電話連絡により指示を受け、設備の点検を行った。
	68	仲間を呼んだ。自分の周囲を点検した。現場へ走った。
	74	作業員、保安要員が直ちに集合し、危険物、火気、一般設備等各担当部門の点検を実施した。工場連絡防災ルートにより、管理職、従業員への連絡をした。
	94	パトロール者が現場確認を行った。
	95	順次プラント点検実施。工場幹部到着（15分後）、対策本部を設置し全権委譲。
4	97	上長が出社し、権限の移管が完了し、上長の指示に従った。パトロールによる安全確認。家族の安否の確認。
	100	プラント一次処置の実施。プラント重要部の一次安全点検。非番オペレータの呼出し。
	17	職制への連絡、被害状況の確認のための巡回点検を実施。一部のプラントは設備被害のため運転継続不可。手動にて停止。
	18	通常作業を続行。
	20	道路事情などで出社できない者が数名いた。
	22	プラント停止作業、現場状況確認作業に移る。
	28	屋外設備、建物状態確認作業実施。
	37	特に問題なし。現場パトロール点検後、状況報告。
	55	補修作業段取り。
	60	プラントの停止および点検、見回り。
3	83	周囲が明るくなってきたのでプラント高所、一般設備機器を含めた巡回点検を再度実施。
	96	現場二次点検を実施して、異常箇所の確認。常日勤者出社。
	104	設備の点検・巡回を行った。計装室で設備の異常の有無を確認した。
	106	現地パトロールでの異常の有無確認。
3	31	設備点検を継続、および運転監視。
	43	マニュアルに定められた緊急点検を実施し報告。

③その後の後始末的アクションとトップの姿勢

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
7	51	従業員の安否確認に最終的に4日間を要した。電話不通の場合は、現地へ出向いて所在確認をした。道路事情で出社できなかった。
6	5	8:30ごろからプラントの被害状況の調査を行ったが、出社人員が少なく、特に幹部不在でロスが生じ、調査には丸1日以上かかった。従業員の安否確認を行ったが、全て判明するまで約1週間要した。
	38	各マネージャー、担当者の駆付けが迅速だったので、事後の対応がスムーズにできた。
	54	駐車場への避難。車内で暖房。指示待ち。

震度	No	オペレーション内容、オペレーターの行動、トップの姿勢
6	73	被害従業員への援助（水、風呂）。生産復旧に向けてのアクション（原材料の入荷メド立たず）。地域社会への対応（風呂の解放、救援物資等）。
	108	他工場、他部門からの応援を得て、まず電解部門の立上げに尽力した。
5	1	被害状況のトップへの報告。原料等の業者への搬入中止要請。未出勤者の安否確認。
	6	道路、交通事情で出社できない人もかなりいたが、約2日間で生産できる人員は確保できた。生産設備の被害も比較的少なく、生産活動に必要な復旧工事（応急含む）も約2日間で完了した。
	16	被災者等の救援やボランティア活動を行った。新たな基準作成の必要を感じ、防災マニュアル等の再整備を行った。
	24	当日昼にはすべての幹部が集合できた。午後から再稼働に入り始めた。
	26	電源復帰後、用役供給確認。制御機器、計器のチェックで異常なしを確認。管理責任者立会いの下で、再稼働した。
	27	今回の震災に伴い、大規模地震防災対策検討ワーキンググループを発足させ、工場設備の調査および対策基準等について検討した。その答申による具体的なアクションも決定した。
	41	応援（日勤者）出社後、設備の詳細点検を実施。被害のないことを確認後スタートアップ準備に入った。
	45	装置の状況報告。
	49	安全確認が完了するまで、すべての入出荷作業を停止した。緊急体制を編成し、設備の詳細点検を実施した。
	59	家族の安否確認のため、自宅に電話した。5:47に地震が発生し、管理職が来たのが6:30で、マニュアルがないためか何も指示がなかった。機械の大きなズレ、折損が数箇所有り。
	61	地震対策本部を設置し、被害の有無の確認を行った。また本社、ユーザー等への連絡を行い、状況を伝えた。
	68	上司の指示により、元バルブの閉止、各階のパトロール等を行った。
	74	緊急集合した管理職、オペレータで状況の再チェック、人的物的被害のチェックを行い報告。設備点検をさらに実施し、本社、関連部署との連絡を取った。余震対策（生産停止、要員避難、設備停止基準を150→80ガルに変更他）を実施した。
	94	保全チームと合同でプラント等の詳細点検を行った。
	95	対策本部指示により、情報収集、詳細点検等を実施。
	97	交替勤務者の交通機関のマヒによる出社遅れ。被害箇所の確認。
	100	プラント二次処置の実施。プラントの詳細な安全点検の実施。
4	20	建物内外の点検、被害状況の報告を保安統括者へ行った。
	22	不具合箇所の確認巡回。従業員安否確認。職制からの対処指示。
	55	水浸パネル交換作業。TIC、TR等交換。モーター交換。
	56	地震処置マニュアルの教育実施。とっさの処置の再確認。
	60	社内各所への連絡と運転開始準備。
	66	管理職が出動し、その指示で後片付けを始めた。
	69	交通機関マヒのため、出社不能者が数人発生。
	96	常日勤者出社後、総点検実施（震度4のため、装置も運転を続行した）
3	104	配管の一部破損の応急処置を行った。
	31	日勤者出勤後、急の為に設備総点検を行った。
3	80	阪神地区の物流を中心とした対策、原料、製品の物流に対する処置をプロジェクト方式で情報を一括管理しアクションを起こした。

問19 緊急時のマニュアルで、オペレータがとっさに行動できるような工夫は何かありますか。

- ①ある。 ⇨ どんな工夫ですか ()
- ②特別な工夫はない。
- ③その他 ()

●プラント業種別の回答数

プラント	①工夫あり		②工夫なし		③その他		合計
	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	21	70	8	27	1	3	30
有機ファイン	7	47	8	53	—	—	15
無機化学	5	33	8	53	2	13	15
石油・ガス	19	63	10	33	1	3	30
その他	5	29	9	53	3	18	17
全 体	57	53	43	40	7	7	107

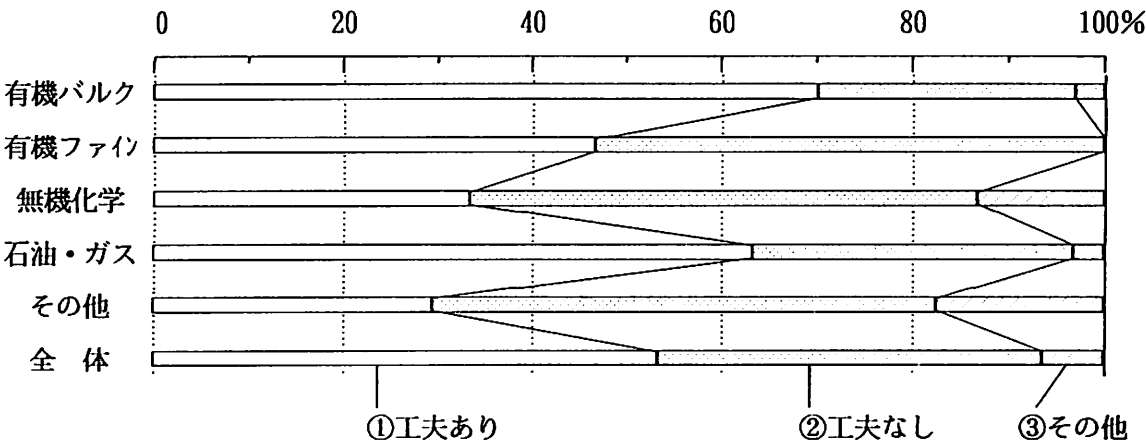


図19 緊急時マニュアルの工夫

*業種別では有機バルクと石油・ガスでところが多い。全体では半数ほどの事業場が何等かの工夫をしている。以下にその工夫の内容を原文のまま掲載する。

No	緊急時マニュアルの工夫
3	ワンタッチSD。
4	避難ルートの掲示。
6	定期的な教育訓練の実施が有効。
13	安全第一まず避難、フロアーに安全場所を指定。
16	緊急時措置マニュアルの常設と訓練実施。
18	通報、停止処置ライン等、慌てても処置の確認が可能なチェックボードを使用している。
20	異常時の措置マニュアルに準じ、定期的な教育の実施。
21	処置基準マニュアル。
25	緊急時の行動をカード化している。
30	東海大地震に備え、地震時行動基準を定めてある（静岡県）。

No	緊急時マニュアルの工夫
31	自動化による停止操作の簡略化。カード、手帳方式による停止チェックリストの常時所持。
32	一次作業をトラブル別に想定カード化している。
35	操作室のカードケースに要点を記入し、入れておく。
36	点検基準も優先順位を明確にする。
37	緊急停止操作作業分担カードをパネルに常備。
38	ＩＴＶによるプラントエリアの監視。
39	各オペレータの行動内容を定めたカードを操作室に常備し、緊急時にそのカードにより一次、二次操作を確実に行う。また各機器には、操作後次のなすべき行動を記載したマグシートを貼っており、それに従い行動する。
41	緊急停止方法のワンパターン化およびシーケンス化。 地震後の点検項目を段階的にリスト化（初期→１次→２次）。
42	マニュアル表示および計器室内表示。
43	取るべき行動、緊急点検内容のチェックリスト化。緊急操作のカード化。
44	緊急ＳＤ操作カードをオペレーターが常時携帯している。
47	定期的な緊急停止訓練、緊急停止手順の現場表示。
48	エマージェンシー訓練 ２回／月
50	現場に「…を閉止、次は…」等の表示板がある。定期的にシャット訓練を実施している。
55	行動基準を制定している。
56	身近にある「安全な避難所」の表示がある。
61	150 ガル以上場合は、放送でプラント停止のアナウンスがある。放送文（３種類）に従って処置基準が定めてある。
63	阪神大震災のような重大トラブルは、オペレータの判断を待たず、自動運転停止して、油ポンプのメカ洩れ等による２次災害発生防止対策を取るべきである（計画中）。
64	緊急時の操作アローを大型スクリーンに写し出す。
66	携帯電話による緊急連絡。
68	プラントで、緊急時の種類ごとに行動の優先順位を決めておき、訓練する。
69	建屋強固部への避難。
70	緊急時の一次および二次行動リストカードを各自に持たせている。
72	ＣＲＴへガイダンス兼チェックリスト。
74	緊急停止マニュアルおよび緊急停止スイッチ。
75	感震器連動の自動停止。初期行動指針カード。
76	全系停止シーケンスの設置。
77	定期的模擬訓練。
79	ボイスＡＮＮ等。
81	装置ごとの一括ＳＤシーケンス。
84	主任（直長）が号令をかけ整列させる。
85	トレーニングをしっかりとやる。
87	必要事項をカード化、緊急時にオペレータがこれを持ちチェックする。
88	日常の総合防災訓練や想定訓練。
92	緊急措置マニュアルの整備、訓練の実施。
93	フローチャート等の活用。
94	震度に応じた行動パターンをパネル化し図示している。
95	震度レベルに対応したマニュアル整備。Ａ３用紙１枚で発災事象毎に取るべき処置や連絡先等を整理。
96	エマージェンシーカードの所持。
97	各オペレータ担当部分の操作手順のポケットカード化、および必要操作弁の色塗り。
98	構内放送。
101	緊急ポケットハンドブック（各自に配布）。教育訓練を実施。

*マニュアルの工夫という意味で、各社ともにいろいろ考えているようだが、実際その工夫が今回の地震で、役に立ったかどうかの問いを設けるべきであったと反省している。

*何等かの工夫を検討している企業は、上記の意見を参考にしていきたい。

問20 阪神大震災で、オペレータの役割の重要性を強く感じたことは何ですか。重要度の高いものを最高2つまで選んでください。

- ①限られた情報を整理分析して、プラント停止の判断を行う。
- ②余震を含めた2次災害防止のための安全確認、確保の作業を行う。
- ③情報を正確に職制に連絡する。
- ④消防自動車、救急車などの緊急出動要請。
- ⑤ケガ人の有無を含めた要員の安全の確認。
- ⑥想定外の異変に対する臨機応変の処置。
- ⑦その他 ()

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	4	29	4	44	11	44	4	17	1	14	24	31
②	10	71	7	78	15	60	15	65	6	86	53	68
③	1	7	1	11	2	8	7	30	1	14	12	15
④	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
⑤	7	50	1	11	8	32	8	35	4	57	28	36
⑥	6	43	5	56	10	40	6	26	2	29	29	37
⑦	—	—	—	—	1	4	3	13	—	—	4	5
母数	14		9		25		23		7		78	
非該当	21	—	8	—		—		—		—	29	—

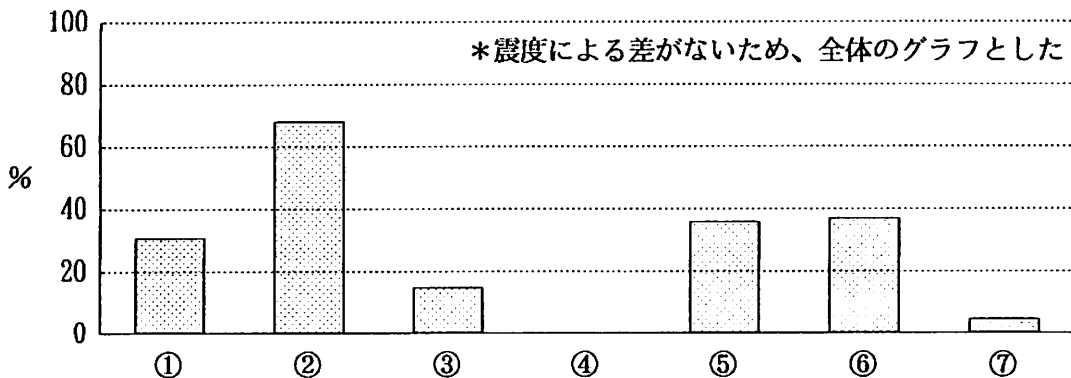


図20 オペレーターの役割の重要性

*直接的な被害を受けなかった事業場（震度3以下）は、災害時を想定して回答したものと推定されるが、被害を受けたところの回答と大きな差はなかった。ただ震度5の意見で、『情報を正確に職制に連絡する』が多いのは特徴的で、現実はそうでなかったからではないかと思われる。

*その他には、『想定外の異変をできるだけ少なくするためのマニュアル整備と教育訓練』があった。

問21 普段実施している防災訓練や教育は、阪神大震災に対して有効でしたか（複数回答可）。

- ①地震の規模が大きすぎて、訓練はほとんど役に立たなかった。
 ②緊急の自衛消防隊は（隊員が自プラントの停止にかかりきりで）編成が遅れた。
 ③緊急の自衛消防隊は（出向くべきプラントが多すぎて）なかなか出動できなかった。
 ④訓練では想定しないトラブル（制御電源系統ダウン、液状化現象など）が多く、訓練はあまり役に立たなかった。
 ⑤複合したトラブルが多すぎて、対処の優先順位付けができなかった。
 ⑥訓練どうり対処でき、訓練は有効だと思う。
 ⑦その他 （ ）

●震度別の回答数

震度	0～2		3		4		5		6～7		全 体	
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%
①	—	—	1	2.5	1	4	2	9	4	5.7	8	14
②	—	—	—	—	—	—	1	5	—	—	1	2
③	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1.4	1	2
④	—	—	—	—	1	4	2	9	4	5.7	7	12
⑤	—	—	1	2.5	1	4	—	—	2	2.9	4	7
⑥	—	—	2	5.0	10	40	9	41	1	1.4	22	38
⑦	—	—	1	2.5	14	56	10	45	—	—	25	43
母数	0		4		25		22		7		58	
非該当	35	—	13	—		—		—		—	48	—

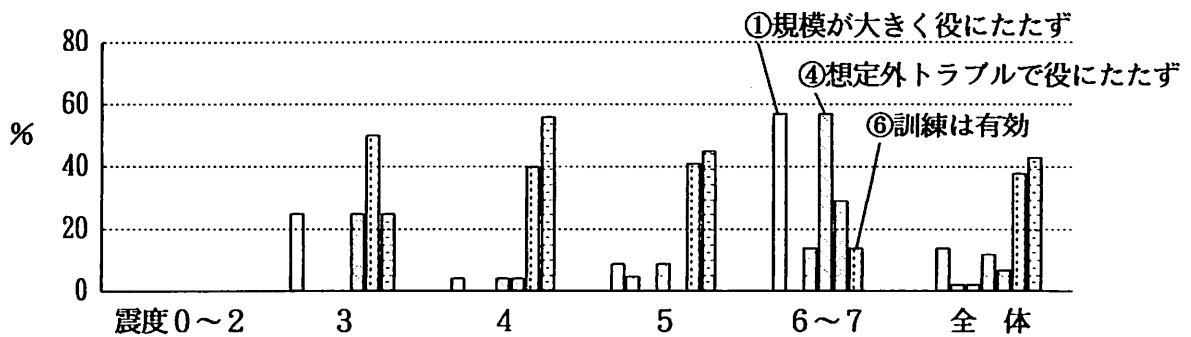


図21 防災訓練や教育の有効性

*①と④は役に立たない、⑥は役に立つということだが、震度5以下では役に立つという意見が多く、震度6以上では役に立たないという意見が多い。大規模災害では訓練の効果はないのだろうか。

*その他の意見は、『2次災害が発生しなかったので、防災訓練は生かされたと思う』『必ずしも訓練どうりではないが、訓練は有効と考える』『運転続行したので訓練の効果不明』『地震を想定した訓練が必要』『消防や重油流出防止を中心とする防災訓練をはじめとし、緊急連絡訓練等を実施している。今回直接的な関連はなかったが、日頃からの訓練は有効だったと思う』『今回は80ガルで対処できたが、500ガル前後であれば有効かどうか疑問』『従来の訓練（緊急停止、防災）だけでは不十分と思う』などがあつた。

問22 電話回線の不通などで、緊急連絡網での従業員への連絡ができなかったという事例がありますか何か特別な方策がありますか。

- ①オペレータにもポケットベルを持たせている。
 ②オペレータにも携帯電話を持たせている。
 ③社宅、独身寮などへの専用回線（社内電話）がある。
 ④N T Tの通常回線が停止したら、幹部、職制、応援オペレータには連絡できない。
 ⑤その他 （ ）

●プラント業種別の回答数

プラント	①ポケベル		②携帯電話		③専用回線		④連絡不能		⑤その他		合計
	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	件数	%	
有機バルク	—	—	1	3	6	19	10	32	14	45	31
有機ファイン	1	6	—	—	2	13	10	63	3	19	16
無機化学	1	6	—	—	3	19	6	38	6	38	16
石油・ガス	—	—	—	—	3	10	4	14	22	76	29
その他	—	—	—	—	2	12	9	53	6	35	17
全 体	2	2	1	1	16	15	39	36	51	47	109

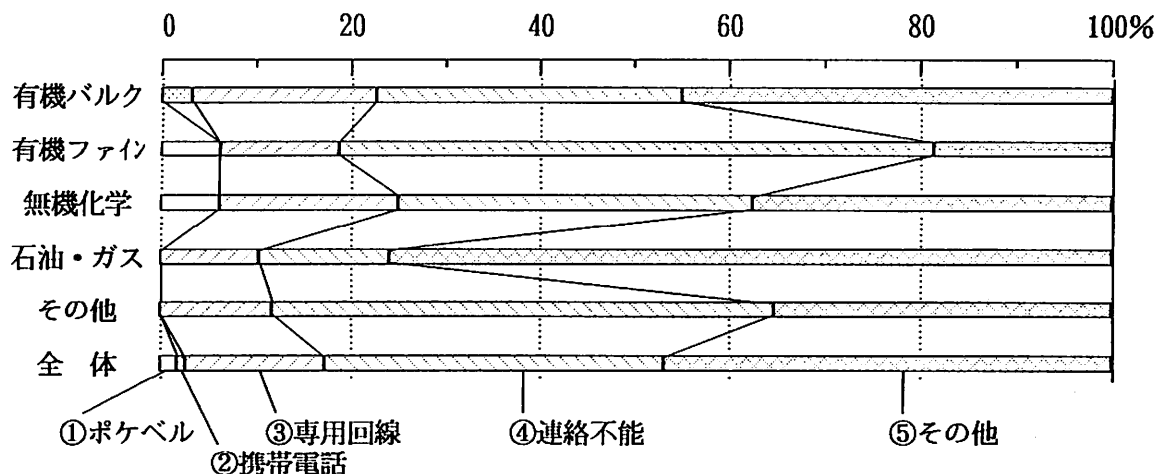


図22 緊急時の従業員への連絡方法

*ここでは応援のオペレータにいかにして連絡するか、という設問をしたつもりであったが、回答の多くは「その他」を選択し、幹部や職制にポケベルまたは携帯電話を持たせるという意見になってしまった。以下にその他の意見を掲載する。

4	自宅を地域別にグループ分けし、グループ内の連絡体制をルール化。
8	防災優先電話のみ。
16	居住地区別緊急連絡体制の確立。
18	管理職クラスのポケットベル携帯を義務づけている。

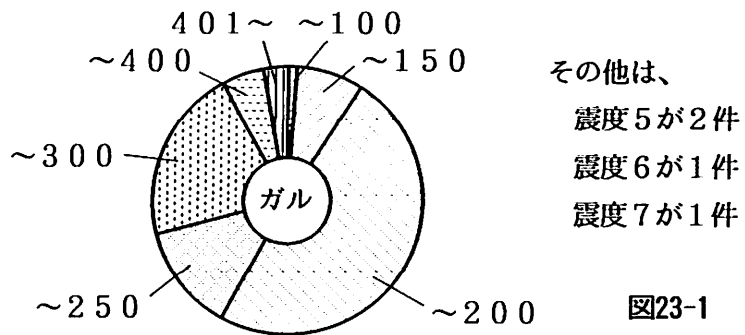
24	幹部、職制に携帯電話を持たせている。
26	統括者が携帯電話を持っている。
27	公的情報で出勤するシステムになっている。
31	工場幹部にポケベルを携帯させている。
33	自動呼出しシステム、幹部・職制のポケベル、携帯無線。
36	部課長にポケベルを持たせている。
37	独身寮が工場より徒歩5分ぐらいのところにあり、伝令、呼出し可能。
40	課長以上がポケットベル所持。
41	幹部は携帯電話を持ち、災害時は優先電話となっている。
43	幹部のほとんどはポケベルを持ち、一部携帯電話も持たせている。
48	ポケベルを持たせる。
53	震度5以上の場合、限定した要員に事前に出勤要請をしておく。
55	幹部はポケットベルまたは携帯電話を持たせ、連絡網を築いている。
56	幹部、職制には緊急連絡用のポケットベルを持たせている。
58	地震後にオペレーターにも携帯電話を持たせるようにした。
63	震度5以上の地震時には、出勤可能者は出勤するように規定化されている。
64	夜間休日において、震度4の地震発生時は課長、係長ならびに指名した者、震度5以上の場合 は全員が出社することにしている。
65	幹部、職制にはポケベルを持たせている。工場内には携帯無線電話を配置している。震度4で、 連絡がなくても全員出社としている。
68	災害時優先電話（NTTと契約）が5回線あり役に立った。
69	携帯電話を配備した。
70	重要加入電話に2回線加入している。
71	必要部署の係長以上にポケットベルを持たせている。
75	自社出社規定。
76	幹部、職制にポケットベル、携帯電話を持たせている。アマチュア無線局の加入者を増やす。 NTT回線の二重化および多様化。
77	震度4で自動的に出勤、ただし工場外部に集合場所を置く。
79	保全員、製造職制、工場幹部にはポケットベルを持たせている。
89	社宅が工場から近いので伝令を出す。
93	一定震度以上で自動出社。
94	震度5以上で自動出社となっている。
95	震度5以上では自動出社。
97	震度4以上で工場周辺の社宅居住者に緊急招集。震度5以上で自動的に男子従業員の緊急招集 基準がある。
98	COSMO-CATS利用。優先指定電話（2回線）の利用。防災無線（防災相互通信用無線）の利用。 幹部はポケットベル所持。
100	地震対策基準を改訂し、回線不通の場合は自動出社とした。
105	社員の多くは工場に近く、連絡が取りやすい。

問23 プラントの主要建物、ストラクチャーの耐震設計強度は何ガル（震度）ですか。それは建設後何年経過していますか。もし現状の耐震強度が分かれば記入して下さい。

耐震設計強度 _____ガル 建設後の年数 _____年
現在の耐震強度 _____ガル

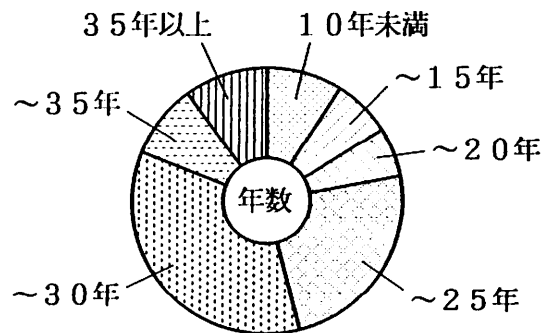
●耐震設計強度（全業種）

ガル	件数	%
0～100	1	1
101～150	6	8
151～200	37	49
201～250	10	13
251～300	16	21
301～400	4	5
401～	2	3
その他	4	--
合 計	80	



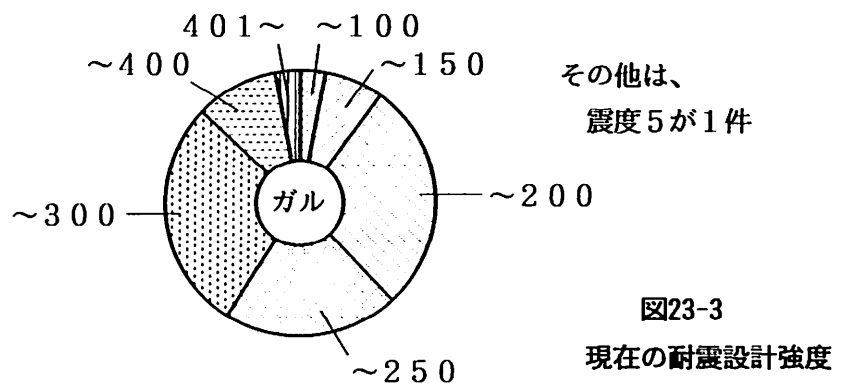
●建設後の年数（全業種）

	件数	%
10年未満	8	9
10～15年	6	7
15～20年	6	7
20～25年	21	23
25～30年	31	35
30～35年	8	9
35年以上	9	10
合 計	89	



●耐震設計強度（全業種）

ガル	件数	%
0～100	1	3
101～150	3	8
151～200	11	28
201～250	8	20
251～300	11	28
301～400	4	10
401～	1	3
その他	1	--
合 計	40	



*設計強度では196gal(=0.2G) と、294gal(=0.3G) が多くなっている。LNG貯槽などは、400gal以上の設計になっている。

*現在の耐震設計強度の設問は、建設後何年か経過したプラントの耐震強度を答えたものと、現在建設するとしたらどんな強度にするかを答えたものがあり、質問の仕方がまちがった。

問24 貴事業場での耐震設計に関する基準、指針は何を使用していますか。

主要建物 ()
 オープンストラクチャー ()
 電気計装設備 ()

●主要建物（全業種）

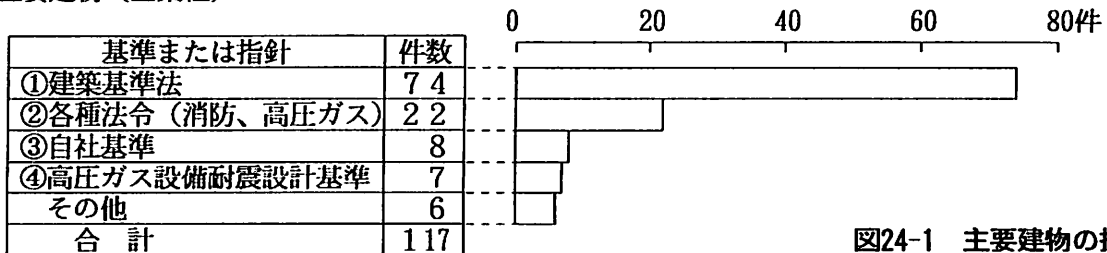


図24-1 主要建物の指針

●オープンストラクチャー（全業種）

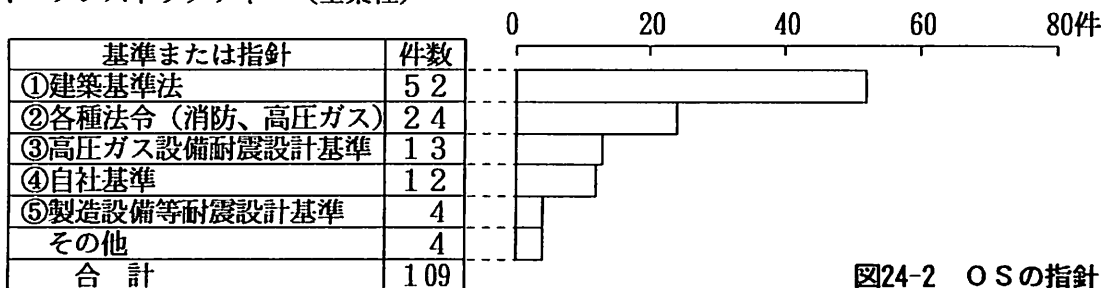


図24-2 OSの指針

●電気計装設備（全業種）

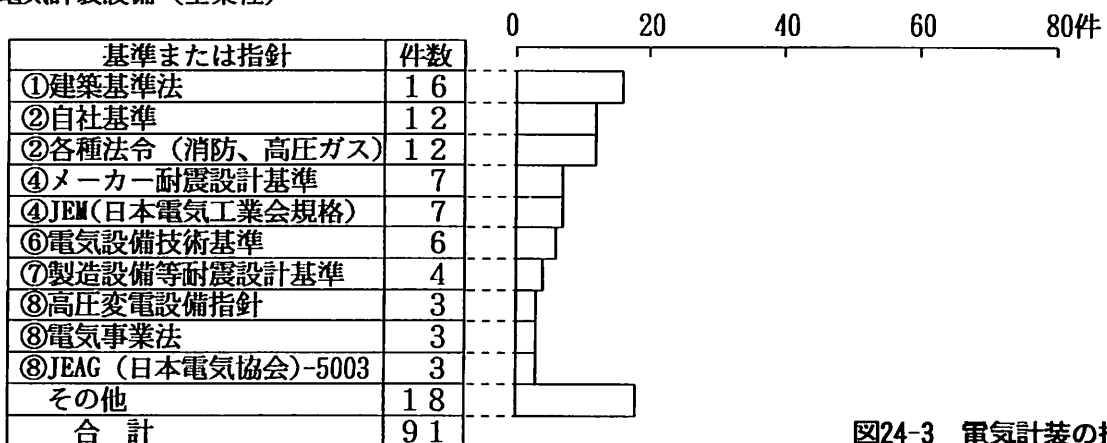


図24-3 電気計装の指針

*主要建物（操作室など）と、オープンストラクチャー（プラント）は、ほとんどが建築基準法としているが、実際には消防法や高圧ガス取締法などの各種法令を同時に満たす設計を行っているものと思われる。

*電気計装設備は企業によって千差万別で、その他の意見は13種類にもものぼっている。

問25 阪神大震災を契機に、緊急時の対応マニュアルの見直しなどを行いましたか。あるいは見直しを行う予定ですか（複数回答可）。

- ①プラント停止基準の見直し。
- ②緊急連絡の実施方法（電話の不通時の対応など特殊なシステム）。
- ③応援者の出勤命令（自宅も被害に遭っている、道路事情が悪いなど）。
- ④耐震設計基準、機器選定基準など。
- ⑤制御系、コンピューターのデータ保護、計器選定基準など。
- ⑥消防隊などの出動基準。
- ⑦オペレータの避難経路、避難方法など。
- ⑧食料、水などの備蓄。
- ⑨特に見直しを考えていない。
- ⑩その他（

●全業種の合計回答数

	件数	%
①	58	57
②	67	66
③	39	38
④	31	30
⑤	14	14
⑥	14	14
⑦	38	37
⑧	41	40
⑨	3	3
⑩	21	21
母数	102	

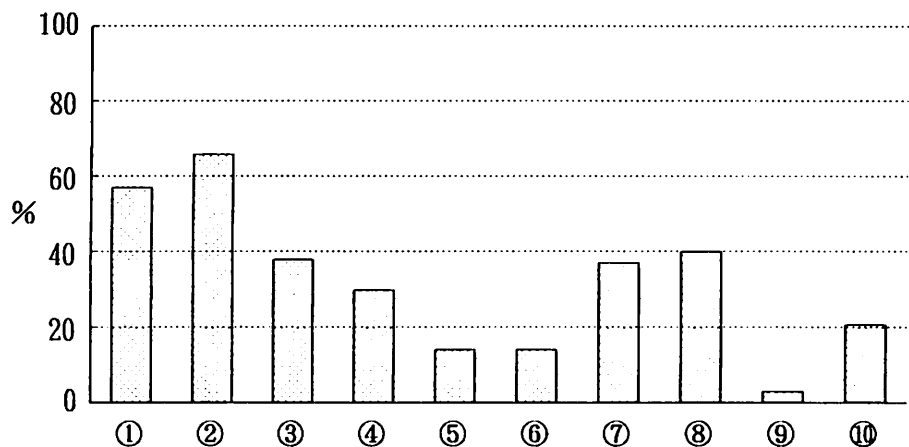


図25 緊急時の対応マニュアルの見直し

*多くの事業場が緊急連絡方法、プラント停止基準などの見直しを行っている。そのほかにも応援者の出勤、オペレータの避難などがあるが、食料、水などの備蓄を考えているところが4割もあるのが特徴的である。

*その他の意見としては、『地震、火災を含めた防災基準の見直し』『全体の見直し』『1～9の項目を含む全般について、全体的に見直す予定』『既存設備の部分的な耐震検討。電気設備の耐震対策検討、部分的対策実施』『在宅者の安否確認』『津波対策の見直し』『地震時の行動基準策定』『感震計設置→場内自動アナウンス』『工水、自家発燃料の備蓄について検討している』『地震対策基準見直し（防災体制、詳細点検ルール化）、出社基準見直し』『ハード、ソフト全般について、全社ベースで検討中』『緊急時対応のマニュアルの新規作成および改正を行った』があった。

問26 その他地震に対するコメント、アンケート解析に対する研究会への要望などを記入して下さい

●皆さんからいただいた意見を原文のまま掲載します。

1	今回の地震が5:47という早朝であったという条件の下での回答であることを十分考慮した上での解析。
2	阪神大震災を契機に地震対策総点検・対策計画書によりハード面ソフト面の調査検討を開始した。
8	今回の震災では当工場では被害は皆無でしたが、他山の石とせずいろいろな参考としたいので、アンケート解析ご苦労さまですがよろしくお願いします。
9	大阪工場は製剤プラントのみであとは研究所のため、また今回の地震が勤務時間外の早朝であったため、アンケートにほとんど無関係で十分な回答ができませんでした。
11	阪神大震災を契機に、地震発生時の基準化を行った。
20	阪神大震災を今後の教訓にしたい。
26	工場の建築物（プラント）の耐震設計の検討。
43	当社は震度3ではほとんど影響なかった。私どもとしては震度6を経験した化学工場の運転員の当日の行動には非常に興味を持っており、震度ごとのアンケート結果に期待しています。
44	阪神大震災関連の各種メディアでは、下水道関連の情報が無い。各事業所の主排水溝は埋設ヒューム管なので、その影響を知りたく、何等かの機会があればご教示願います。
53	化学工場における、タンク・配管の転倒・破損による、薬品や溶剤の流出と処置に関する具体的方法について知りたい。それに伴う着火・爆発防止方法について、世の中の事例を知りたい。
55	各社の対応法は様々であり、一貫性が乏しいように思われる。全国的な統一ガイドラインの制定が望まれる。
57	フランスでは当初原子力発電所で地震計と自動停止が接続されていたが、現在ではオペレーターの判断を介在させるようにしている（欧州各地にプラントを多数有している回答者）。
61	今回の質問で「大震災」とありますが、特に問15、25は震災がない事業所は回答していいのかよく分からない。「兵庫県南部地震」と「阪神大震災」の用語の使い分けをしてほしい。すべて「阪神大震災」を「兵庫県南部地震」に読み替えて回答しています。
68	停止すると危険なプラントについては、バックアップ電源の確保が必要である。
85	業界でのガイドライン作りに役立ててもらいたい。
92	地震時被災の復旧について、事前の準備状況と実際に調査、整理願います。
97	地震発生中（揺れている最中）の緊急停止に関する問題点等の解析を希望します。電話不通時の社員安否情報等の確認方法について。

*皆さんの意見を参考にして研究会で種々の解析を行い、今後のオペレーションの発展に役立てていきたいと考えています。

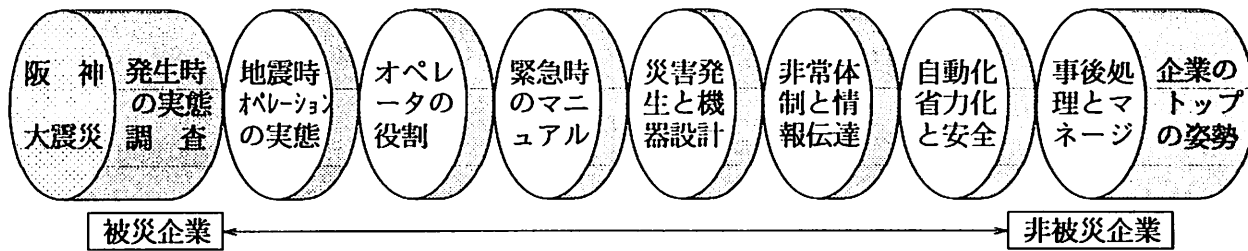
*アンケートへのご協力ありがとうございました。

アンケート集計結果のまとめ

今回のアンケート集計を終えて、ワーキンググループとして種々の切り口での解析を試みた。全体の回答数は108件と多いが、業種別または震度別にまとめるとその数はかなり限定され、とくに震度6または7の回答は合計で7件と少ないこともあり、満足のいく解析にはなりえなかったことを最初にお断りしておきたい。

ここでは、回答から数値的に直接読み取れるもの、数値の裏にあるものの推定、設問あるいは生の意見に対する専門家の意見などを交えてまとめを行った。今後の地震を初めとした災害時の対応の仕方について若干の提言をしている部分もあり、地震時（緊急時とは異なる）のプラントオペレーションについてその基本的な姿勢や方向性を探っている企業の方の参考になれば幸いである。

解析はアンケートの設問を考える際にイメージした、以下のような切り口で行った。



これらの切り口には互いに関連する内容が多く、必ずしもそれぞれが独立した解析にはなっていないが、全体としての方向性で読み取っていただきたい。

1. 地震時のオペレーションとオペレータの役割

今回のような大地震が起きた場合には、プラントの運転を継続すべきか、あるいは停止すべきかが問題になる。自動的にインターロック停止する場合を除いて、シフト長をはじめとするオペレータは運転継続可否をとっさに判断しなければならない。もちろん停止基準がある場合でも、一斉放送されるまでにはしばらく時間がかかると予想されるからである。この判断基準はプラントの性格により大きく異なるため、一概にすべてを同じレベルで論じることはいできない。例えば、危険物や高圧ガスを扱っていないプラントでは、機器損壊や配管漏洩があっても事後処理の問題で済んでしまうからである。従ってここでは、自動的インターロック停止機構を有していないプラントで、危険物や高圧ガスなどの“危険性の高い”プラントに絞って考えてみる。

今回の地震では震度4以上で設備面、操作面での影響が出ている（問2、3、9、13、17、18、21）。とっさの判断として、生産重視か安全確保かは一つの基準になる。また別の側面からは、緊急時こそ運転継続の技量の見せどころとの気質も一部では働くかもしれない。ただ、こういった選択の余地がある状況はあまり被害が大きい場合のことで、問18

表1 地震直後の状況と規準案

震度	オペレータなどの状況	規準案
7～6	パニック状態またはそれに近い恐怖心、不安	オペレータは保身のみで良い プラントは自動停止機構にすべき
5		
4	運転継続可否の判断は可能	停止基準を設定してオペレータに対応させる
3～0	設備、操作にはほとんど影響なし、冷静	事後点検等の規準に基づく対応

の意見からは、震度5以上ではほとんど自らの身を守ることが精一杯で、プラントの危険状態にまで考えが及んでいないことである。一方、震度3以下ではほとんどプラントの異常が起きていないことからとっさの判断は不要であろう。プラントの停止または緊急操作の必要性の判断ができるのは、震度4から5の前半のごく限られた範囲だけである。これ以上の震度では「揺れが激しくボードタッチができない」「緊急停止ボタンを必死で押した」などの意見に代表されるように、とっさの判断、行動は不可能と考えたほうが良い。震度4～5しか想定していない規準は大地震の前では無力である。以上述べたことから、震度別の地震直後の対応の規準案として、オペレータなどの状況を加味してまとめた表1が推奨されよう。

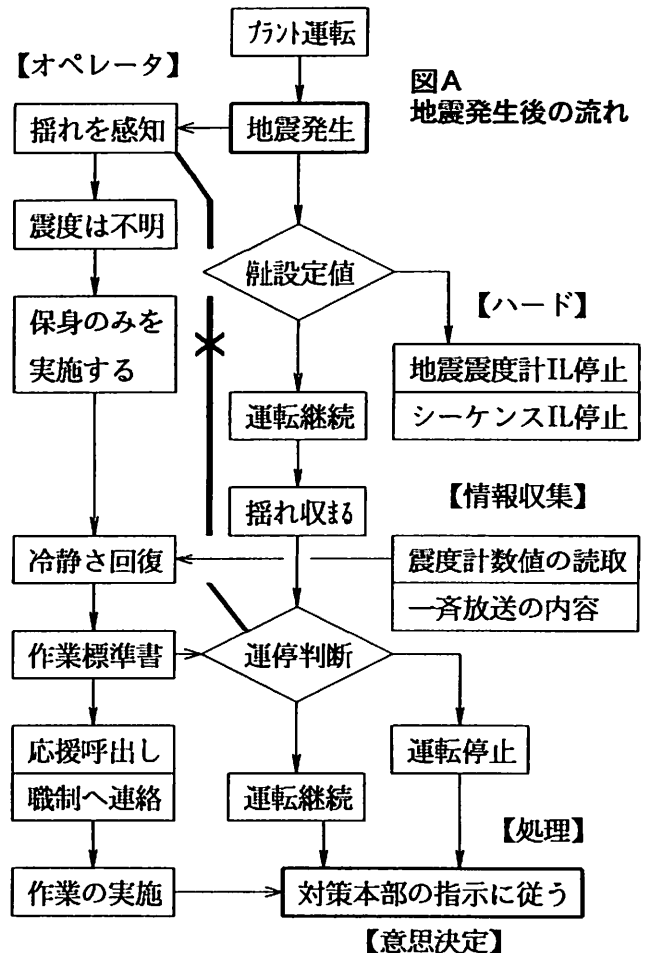
また地震発生時の一般的な対応の仕方として、次のような考え方も参考にならないだろうか。

(右図参照)

- 地震が発生してオペレータが揺れを感知した瞬間に、運転or停止の判断をさせて緊急停止ボタンを押すような規準ではダメということ(図の太線)。逆に言えば、余裕を持って押せる状態なら、大きな被害にはならない。ここでは、まず保身のみを考え、揺れが収まり震度の確認を行ってから判断させることをベースに考えるべきである。
- その後、呼出しと現場処置を行う。
- もちろん、その間の時間遅れが致命的な問題になるような性格のプラントであれば、地震計とのインターロック連動や、主要機器停止からのシーケンシャル停止を設置すべきである(すでにこのケースは多い)。
- また、地震の震度別に規準を変えるのはパニック時には役に立たない。先に述べたように、設備面、操作面で影響が出る震度4以上の地震発生の場合は、安全確保を最優先事項とし、プラント停止基準やオペレータの行動基準は極力1種類にして、対策本部の指示を仰ぐという考え方に移行していくことが望ましいだろう。

次にオペレータの心理状況から、行動指針を探ってみる。表2は表1中の「オペレータなどの状況」をもう少し詳しくしたものである。当然のことながら、震度、経過時間によって心理状態の変化がある。阪神大震災を生き延びた教訓とすべき内容が凝縮されていると考えられるが、これらを考慮した行動指針なりマニュアルになっているかどうか、反省点でもあり、今後改善すべき課題でもあるだろう。緊急手動操作の内容を吟味することも大切だが、それができない状況もありうるという前提でマニュアル化しなくてはならない。

ただ今回のパニックは、停電になると真っ暗になるような時刻であったこと、職制がまったくいないような時刻であったことなど、最悪に近い状況で起きたものであることは確かである。だからこれほどのパニックになった、と言えなくもない。反面、地震のあとに火災、爆発、毒ガス漏洩などさらに重大



な災害が起きていたら、震度4でももっと深刻なパニックを引き起こしかねない。これらについての解析は残念ながらできないが、危機管理という面では十分な考慮が必要になるであろう。

緊急時の作業量の観点では、問11, 14, 15が参考になる。地震発生後にオペレータが行う作業内容はかなり多岐に亘っている。一方、直人員は定常時の運転作業量から決められており、緊急時対応にはほとんど手が回らないと予想される。ところが、実際に人員の不足を感じたのは、震度6以上でも43%、震度4以上では17%と少ない。すべての2次作業ができたかどうかは読み取れないが、かなりの緊急部分は自動化で対処できたのではないだろうか。その意味でも極力手動操作を減らすことが重要であろう。例えば職制への連絡や応援呼出しにしても、ボタン1つで自動電話が次々にかかっていくようなシステムの導入などもそのひとつであろう。

2. 緊急時のマニュアルと防災訓練

緊急事態発生直後のオペレータの初期動作は、直観的な行動が先にたっており、勘や経験に頼っている部分がある。しかし、数分間以上経過して落ち着いた時点では、マニュアルに従った手順の処理が行われている。地震発生の場合には、前の項でも触れたが、初期には何もしないで身の安全を守るだけに徹した方がよい。その意味では、地震時以外の体が自由に動かせるような緊急時と、動くことさえままならない大地震では、おのずとマニュアルの在り方

表2 オペレータの心理状態の変化

震度	地震直後（約5分後）	その後の状況（約1時間後）
7～6	・避難や身を守るので精一杯 ・暗闇での恐怖心、不安感 ・騒音でアラームが聞こえず ⇒ほとんどパニック状態	・安全点検、応急処置、漏洩防止、安否確認、応援呼出 ・工場幹部の一部出社 ⇒少し冷静さを取り戻す
5	・オペレータ安全確認、点呼 ・不安を持つ人、冷静な人 ・運転停止、運転継続等様々 ⇒パニック～冷静の色々	・被害調査、対応策検討 ・マニュアル通りの行動 ・幹部出社、対策本部設置 ⇒ほぼ冷静さを取り戻す
4～3	・ほとんど運転継続 ・アラーム処理、異常点検 ・マニュアル通り対応 ⇒ほぼ冷静に操作、対応	・一部稼働中のプラント停止 ・現場パトロール、異常処理 ・通常作業、補修準備開始 ⇒平常に近い、冷静さ保持

表3 マニュアルの工夫と訓練の有効性

観	マニュアルの工夫、訓練の内容	観	1時間後
6	ITVによるプラントエリアの監視	×	×
5	定期的な教育訓練の実施	○	○
5	緊急時措置マニュアルの常設と訓練	○	
5	地震放送によって措置基準の定めあり	○	△
5	緊急時種類ごとの行動の優先順位で訓練	×	△
5	緊急停止マニュアル、緊急停止スイッチ	×	○
5	震度に応じた行動パターンのパネル化と図示	○	○
5	マニュアルと処置連絡先をA3用紙に整理	○	○
5	操作手順のポットカード化とバルブ色塗り		○
5	緊急停止方法のワンパターン化とシーケンス化	○	○
4	通報、停止措置をチェックボード化	○	○
4	異常措置マニュアル、定期的な教育実施	×	×
4	緊急停止操作分担カードをパネルに常備	○	○
4	行動基準を制定	○	○
4	身近にある安全な避難所の表示	○	○
4	携帯電話による緊急連絡	×	
4	建物強固部への避難	○	
4	主任が号令をかけ整列させる	×	
4	エマージェンシーカードの所持	○	
4	構内放送	○	

○効果あり △やや効果あり ×効果少ない

は異なるはずである。ただ、心理的に圧迫された状態でのマニュアルどりの行動という面では同じである。その場合に、見やすい、分かりやすい、使いやすいマニュアルになっているかどうかは共通して言える重要な事だろう。問19ではそれらの工夫がいろいろなされているのが伺える。

教育訓練に関しては、問21の結果で震度5以下では有効と考えているが、震度6以上では規模が大きいことと、想定外のトラブルが発生したことにより、あまり有効ではないとの意見が多い。このマニュアルの工夫と教育訓練が、オペレータの冷静な行動に結び付いたかどうかの評価を行った（表3）。

この表はあくまでも問18（オペレータの行動実態）と問19（緊急時マニュアルの工夫）の両方にコメントしたものについてのみである。またこの工夫が、例えば震度4では有効だったが、震度6では効果なし、ということも十分考えられるのでひとつの参考として見ていただきたい。

ここから読み取れるのは、行動の単純化と普段からの訓練の工夫がパニック防止につながることで、地震の後冷静さを取り戻してから行動することを基本にしている所の方が確実に行動できている、という2点であろう。緊急時マニュアルは日頃から使い込んでおく（見直しをする）ことが大切で、それを元に定期的な教育訓練で行動レベルまで到達しておくことが初期動作の適切さにつながるが、繰り返して言うならば、緊急時と地震時のマニュアルの使い分けと別訓練の実施を考慮すべきである。

3. 災害に対する機器設計と自動化、省力化プラントの安全確保

今回アンケート調査を行った化学工業を取り巻く環境を考えると、計器室の統合化、オペレータの少人化は避けて通れない課題である。また制御の高度化によりオペレーションはますます複雑化、ブラックボックス化していくだろう。このような状況で大地震が発生した場合の安全確保について考えてみる。

電気計装設備の耐震設計基準は、一般耐震設計には震度4または5、原子力のクラスAなどは震度6以上が適用されている。ただ実際には震度だけでなく、加速度が継続してかかる時間も加味して論じる必要がある。問3において計器、コンピューター、制御系トラブルや保存データ破壊などの被害を受けたのは3件しかなく、建物や機器破損に比べてかなりタフであると言えよう。

問2においてプラントが停止した工場は24件あるが、そのうち16件が安全に設計通り停止している。残りはほとんどが念の為の手動停止である。電源、空気源、主要設備の停止など地震でなくても発生する個々のアクシデントに関しては、エマージェンシーシャットダウン等のフェールセーフの考え方が確立されていると考えて良いだろう。このような安全に対する姿勢が、何が起こるか予測困難な地震に対しては基本的な対策として威力を発揮する。ただ地震震度計とのインターロック連動については、まだその件数は少ない。とくに西日本では今まで地震の発生が少なかったため、基本的な検討も進んでいないのが実情である。問4、5、6、12について、東日本と西日本のプラント停止に対する差異を比較してみた（表4）。すべてにおいて地震多発地域の東日本の対策が進んでいる。今後は西日本でもこの検討は加速されることが、アンケートのコメントからも推測される。もちろん信頼性が100%でない現状では、地震計を複数個設置して、M out of Nの方式

表4 プラント停止の東西の違い

問4／地震計連動 I L システム有り	
東 ㊦ 39%	
西 ㊦ 10%	
問5／地震震度計は信頼性がある	
東 ㊦ 68%	
西 ㊦ 27%	
問6／プラントの停止基準あり	
東 ㊦ 89%	
西 ㊦ 53%	
問12／プラント停止は地震計と連動すべき	
東 ㊦ 54%	
西 ㊦ 13%	

に頼らざるを得ないことは仕方のないところであろう。

自動化が進んでオペレータの数が少なくなることの対策としては、問16でほとんどが機械化、自動化の推進を挙げている。緊急時のオペレータの作業負荷軽減からも機械化、自動化の必要性を述べてきたが、ただ注意を要するのは、電源や各種用役が確保できるという前提に立つと危険だということの認識を持たなければならないことである。現在まで実施してきた緊急対策用の機械化、自動化の盲点をもう一度点検し直すことも、今回の地震の教訓ではないだろうか。

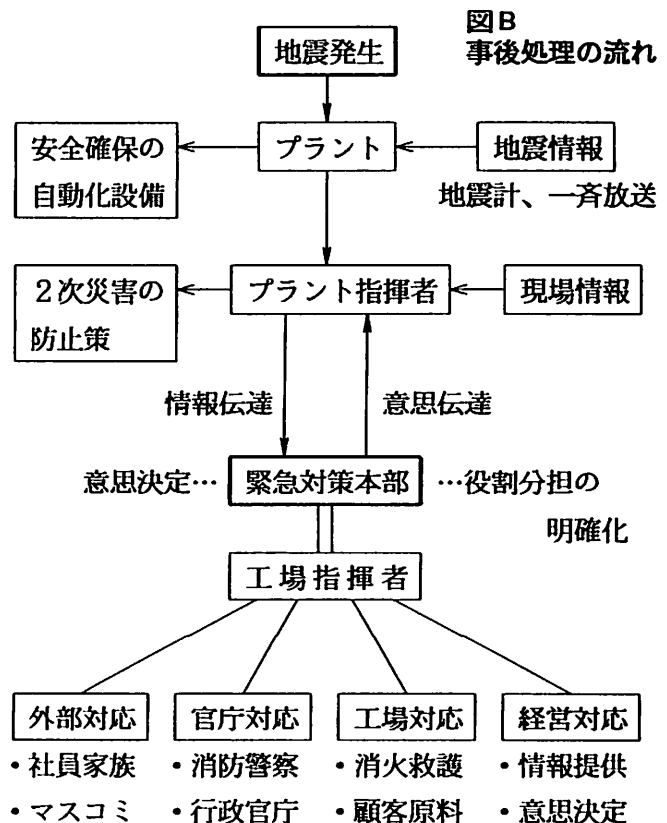
高度制御の問題は直接地震時の安全とは関係ないかもしれないが、制御系統が高度であればあるほどプラント停止後の再スタートは、誤指示、誤動作、ソフト破壊の有無を良くチェックすることが必要になる。また情報システムについても、ホストコンピュータ集中から分散化あるいはバックアップシステム構築の対策も必要になるだろうが、今回のアンケートではこれらについての設問がないため、別の機会の研究を待つことにしたい。

4. 危機管理体制と企業の姿勢

地震発生直後にまず必要な情報は地震の大きさ（震度）であることは間違いない。震度計インターロックで停止する以外は、プラント停止決定の判断基準になっているからである。その方法は計器室内の震度計や一斉放送であるが、その数値で判断しなければならないなら是非地震計インターロックの検討を進めていくべきである。地震計の信頼性がないというなら、一斉放送されるアナウンスも同じ程度に信頼性がない（震度計の値を読んでいるだけだから）。その信頼性に乏しいアナウンスでプラントの運転継続可否を決定するなら、地震計インターロック（M out of N）でもまったく同じリスクだということに気付いていないのではないか。もちろんプラントの特殊性があるので一概には言えないが、オペレータが怪我をしていれば停止することができない状態もあり得るからである。

また停止基準がない場合は、停止判断者ははっきりしているが判断基準は非常に曖昧なものが多い。同様に地震情報をテレビ、ラジオなどのメディアから得るというのは、停電などの場合は情報が得られなくてもかまわない、としか受け取れない。もちろん潜在危険のないプラントの場合はそれで良いかもしれないが。

地震の大きさの次に収集したい情報は、2次災害を防止するための事後のプラント状況と被害者の有無だろう。さらには用役供給の情報も必要になる。問13ではこの緊急時の情報収集に関して、震度6以上で情報不足は80%にのぼり、判断に支障があったという意見だけでも半数を越えている。オペレータおよび判断者の不安解消のため、意思決定体制としての緊急対策本部の早期設置と指揮系統や役割分担の明確化も、その後の混乱防止には是非とも実施すべき項



目である。さらに被害状況の把握は経営トップの重大な関心事であり迅速かつ的確な情報伝達が必要であり、従業員の家族の状況、マスコミ対応、官庁対応など情報伝達の重要性については枚挙にいとまがない。この情報伝達のシステム作り（図B参照）も危機管理体制としては非常に重要な要素であるが、今回のアンケートの趣旨とは若干異なるので、もちろん解析することはできない。ただオペレータの呼出しと職制への連絡の情報伝達手段は、緊急を要するため是非定めておかねばならない項目だろう。問22の回答にみられるように、携帯電話やポケベル、回線の複数化や専用電話などが有効な手段となるだろう。できればそれらを複数設置することも必要である。また今後はあらゆるケースを想定して、無線や通信衛星などの利用も考えておくことが必要になってくるかもしれない。連絡ができないことを想定した出社基準の明確化や交通

手段の確保も予め検討しておくべきことである。事後処理に関する問題点と阪神大震災の教訓から、表5に予め決めておくべきことを列記したので参考にしていきたい。

5. 最後に

天災は忘れた頃にやってくる、喉元すぎれば熱さを忘れる、といった諺を文字どおり忘れてはいけない。今回の阪神大震災を生きた教訓にするために、我々「プラントオペレーション工学特別研究会」では、なんとか被災した企業の生の声を集めようと1995年の春ごろからアンケート調査の計画を始めた。当時はまだJRがやっと開通したばかりで、阪急、阪神の不通と阪神高速神戸線はいつ復旧するか目途も立たない状況で、物流への影響も多大な時期でもあることから、まずワーキンググループのメンバー会社に絞ってアンケートを行った（7件）。結果は予想どうり貴重な経験談などが得られたため、設問内容を練り直し今回のアンケート調査をするに至った。そういった意味でアンケート配布は11月になってしまったが、震災から1年をメドに解析までの終了を目指してきて、なんとかギリギリ間に合った。

アンケートは合計百数十社に送付し、残念ながら被災していないとの理由で回答を得られなかったところを除いて、108件という多数の回答を寄せていただいた。37ページ以降にワーキンググループとしての解析を掲載したが、消化不良の感が強く、ある側面からのひとつの見方と捕らえていただきたい。集計結果をどう見るかは本誌を読んだ方々に決めて貰うべきものである。ただ我々の解析が何かの参考になれば幸いである。

最後に、膨大な量のアンケートに快く協力していただいた企業の方々に、この紙面を借りて改めて感謝致します。併せて、本誌に対するご意見もいただければ幸いです。

表5 事後処理マネージメントの問題点と教訓

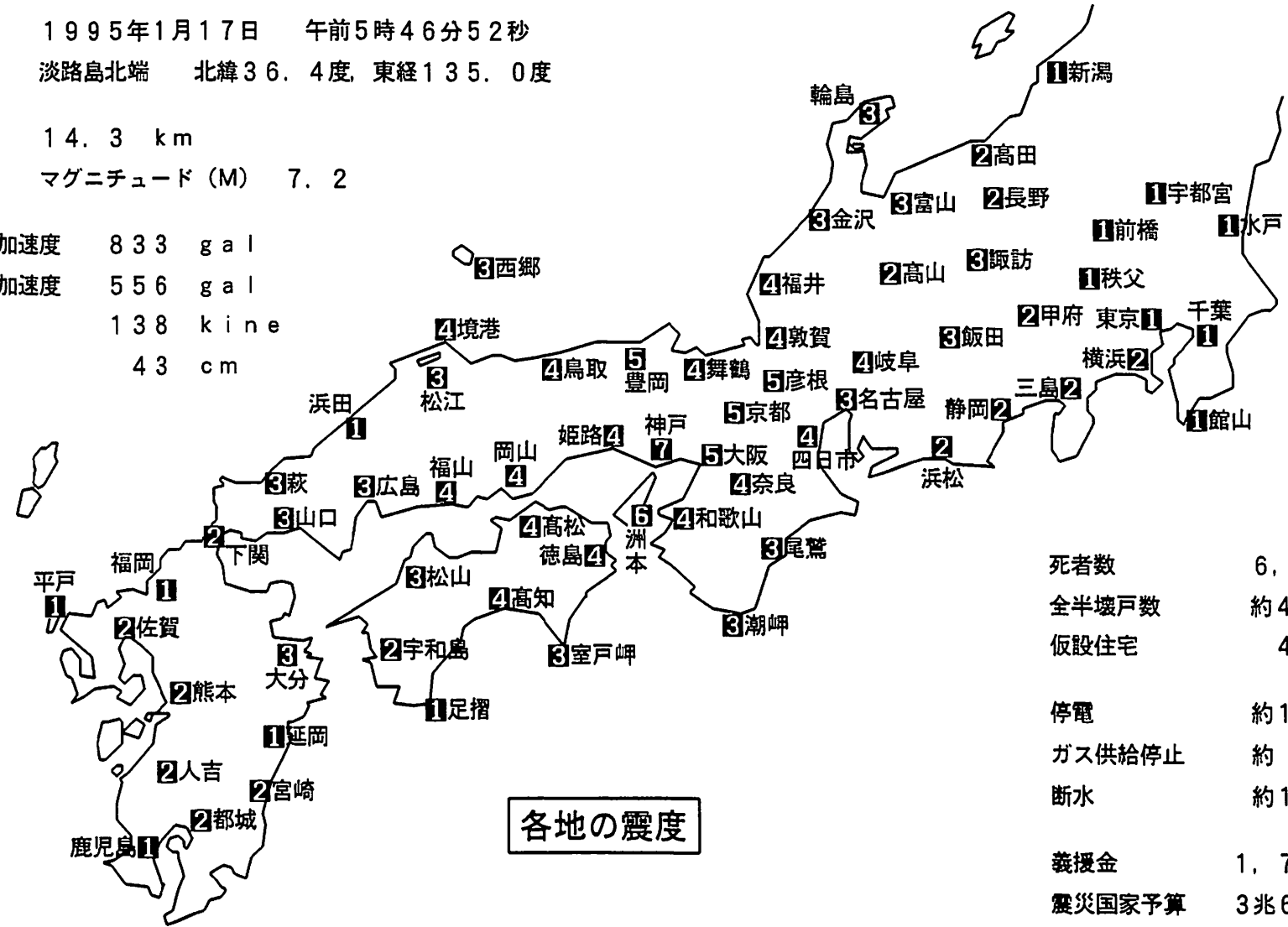
事業所内	従業員の	従業員の安全を確認する方法の決定
	人身保護	2次災害の恐れのある現場の点検方法
	生産設備	2次災害防止体制制定、人と物の調達
	の応急措置と復旧	生産活動再開のための点検、性能確認
		事業所ライフライン(動, 調, 水, 餅)の確保方法
	防災体制の再検討	各種記録類の整理
事業所外		事後の調査点検結果の検討
	従業員と家族	従業員、家族の安否の確認方法
		緊急出社の客観的基準とその周知
		幹部への連絡方法と交通手段の確立
		従業員の生活保護のための援助方法
	本社、顧客、原料	事業所外部との緊急通信連絡手段
		本社、他事業所との情報窓口一本化
		顧客、原料納入者への被害状況連絡
	官公庁	迅速な被害報告と被害状況の整理
		地域復旧のための物資、情報提供
	地域社会	福利厚生施設や物資、情報の提供
		ボランティア活動、見舞い

1996年1月脱稿

兵庫県南部地震（阪神淡路大震災）

地震発生 1995年1月17日 午前5時46分52秒
震源 淡路島北端 北緯36.4度 東経135.0度
震源深さ 14.3 km
地震規模 マグニチュード (M) 7.2

水平最大加速度 833 gal
垂直最大加速度 556 gal
最大速度 138 kine
最大変位 43 cm



死者数	6,348人 *
全半壊戸数	約42万世帯
仮設住宅	48,000戸 *
停電	約100万戸
ガス供給停止	約85万戸
断水	約127万戸
義援金	1,735億円 *
震災国家予算	3兆6,000億円

(*は1996年1月16日現在、他は地震発生直後)