

13.1 はじめに

平成7年兵庫県南部地震は大都市を直撃した大地震であったため、災害廃棄物の発生は約2000万トンにも及ぶ莫大なものとなり、技術的のみならず行政的、社会的、環境的な様々な問題を誘発した、現代都市型災害のもたらした新しい出来事となった。さらに多量の災害廃棄物の埋立により造成される土地の跡地利用が将来必要とされることから、今後はその地盤工学的特性についても注意が払われなければならない。このような観点から「災害に伴う廃棄物ワーキンググループ」では災害廃棄物の合理的な処理および最終処分を行うことを目的として、地盤工学の分野だけでなく、災害廃棄物の処理に関わる様々の専門あるいは立場のメンバー（表13.1.1）が集まり、システム論的な調査活動を行った。なお、神戸市環境局災害廃棄物対策室、伊丹市震災復興推進班、大阪湾広域臨海環境整備センターの関係各位には、本ワーキンググループの視察と資料収集に際し便宜を図って頂いた。ここに厚く感謝する次第である。

表13.1.1 災害に伴う廃棄物ワーキンググループ メンバー

主 査：	林 春男（京都大学防災研究所）	
アドバイザー：	嘉門雅史（京都大学防災研究所）	
メンバー：	碓井照子（奈良大学文学部地理学科）	13.3.1(1)執筆担当
	岡田純治（（株）中堀ソイルコーナー）	13.2.2執筆担当
	小野 諭（中央開発（株））	13.3.3執筆担当
	角本 繁（（株）日立製作所中央研究所）	13.3.1(2)執筆担当
	亀田弘行（京都大学防災研究所）	
	熊谷弘一（（株）熊谷組工事本部）	13.3.2(4)執筆担当
	谷口時寛（神戸市長田区役所）	13.3.2(1)執筆担当
	楡井 久（千葉県水質保全研究所）	
	林 栄一（全国解体工事業団体連合会）	
	檜垣貫司（大成建設（株）技術研究所）	13.3.2(3)執筆担当
	東尾啓司（鹿島建設（株）建設事業本部）	
	久野典男（（株）熊谷組工事本部）	
	保賀康史（（株）鴻池組土木本部）	13.3.2(2)執筆担当
	馬渡裕二（（株）間組土木統括本部）	13.2.2執筆担当
幹 事：	勝見 武（京都大学防災研究所）	

13.2 災害廃棄物の処理処分状況の概要

13.2.1 災害廃棄物に関する法体系と被災地域における震災前の廃棄物事業の状況

「廃棄物処理法」によれば、「災害その他の理由により、特に必要となった廃棄物を市町村が処理するときは、それに要する費用を国庫補助できる」とあり、これに該当するものが災害廃棄物である。災害廃棄物とは、災害に伴う廃棄物全般を指し、不要になったものであって、処理・処分にあたっては一般廃棄物・産業廃棄物に準じた取り扱いが求められる。災害廃棄物の解体撤去処理のうち、市町村が手がけたものは一般廃棄物という整理がなされ、国庫補助対象となっている。

関西地方は首都圏に次いで人口過密で産業活動の活発な地域であり、廃棄物管理に対する危機感が叫ばれてきたことから、圏内の地方自治体が参画してフェニックス（大阪湾広域臨海環境整備センター）が設立され、廃棄物の広域処分による適正処理が行われてきた。このフェニックスは、京都、大阪、神戸を中心とする関西圏内の最終処分地として廃棄物を受け入れるものであり、阪神・淡路大震災においても単なる処分場の提供だけでなく、また複数の基地と処分場を所有していたためリスク分散を図ることができ、自治体を超えた処分場を提供できたという点からもその役割が注目された。また、神戸市も他の大都市に比べると処分場の容量には恵まれていた。

13.2.2 災害廃棄物の処理処分にに関する経過

兵庫県では数回の検討を経て、災害廃棄物の発生量を図13.2.1に示すように2000万トンと推計しており、

災害廃棄物の処理に対し、再利用、再資源化の方向を目指して適正な処理の流れを示している。図13.2.2は神戸市の災害廃棄物の処理のフローである。表13.2.1は兵庫県により出された、処理計画における災害廃棄物の発生量・リサイクル量である。コンクリートがらおよび金属くずを重点的に再利用することを目標とし、残りの40%弱は（焼却処理などをして）フェニックス等に最終処分するとされている。また、リサイクル量のうち、特にコンクリートがらは1000万トン以上を新規の海面埋立にあてられている。表13.2.2には災害廃棄物に関する経過を主に新聞記事よりとりまとめて示した。

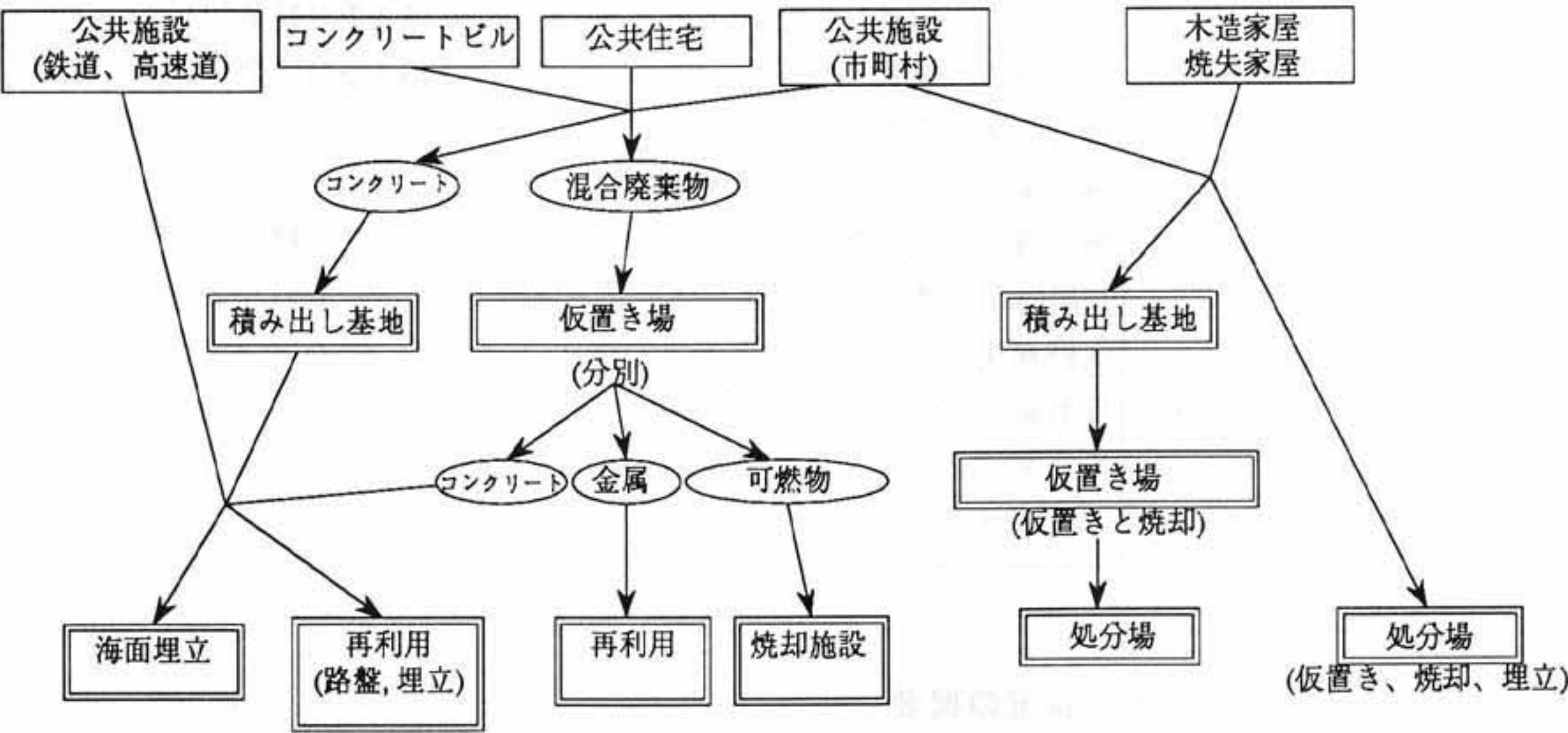
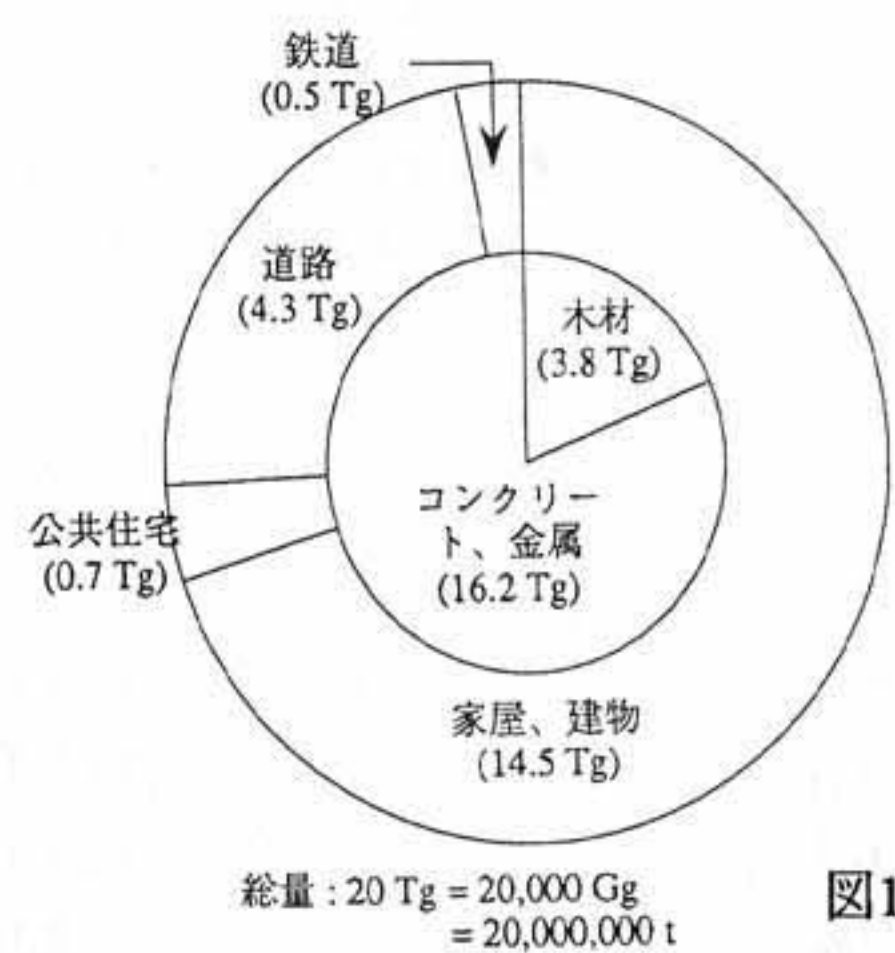


表13.2.1 兵庫県における災害廃棄物の発生量と有効利用計画

災害廃棄物発生量	再生利用材料の種類と量	用途
不燃性廃棄物 (16200 Gg)	コンクリート (12500 Gg)	埋立：11000 Gg 建設材料：1500 Gg
	金属 (510 Gg)	鉄鋼原料
可燃性廃棄物 (3800 Gg)	木材 (80 Gg)	パルプ、燃料、肥料
Total：20000 Gg	13090 Gg (65.5 %)	

兵庫県災害廃棄物処理計画による。

表13.2.2 災害廃棄物の処理処分に関する経過

年 月	主なできごと	排出（解体・撤去など）	中間処理（焼却・破砕・仮置）	最終処分（埋立処分など）	その他（環境モニタリングなど）
95年 1月	17 兵庫県南部地震発生 M7.2直下型地震 19 村山首相被災地視察 20 東海道新幹線 京都-新大阪間復旧 23 代替バス輸送開始 27 中国自動車道全通 28 国道43号全線開通 31 天皇后両陛下被災地訪問	19 阪高3号神戸線解体開始 19 芦屋・西宮ごみ収集開始 24 倒壊家屋数:警察庁発表 兵庫県 55,429戸 大阪府 801 その他 196 計 56,426戸 25 建物損壊:たん,一般家屋 全壊 32,000棟 半壊 42,000棟 28 がれき処理費用1/2を国が負担 29 損壊戸数 約95,000戸 がれき800万㎡(1,100万t) 災害廃棄物対策三省連絡会 29 損壊家屋解体申込み受付:神戸市	24 神戸5ヶ所の焼却場機能停止 24 国鉄貨物駅跡に仮置き場を用意(500t山積み) 25 ごみ処理能力半減:豊中市伊丹市グリーンソート 31 甲子園浜13haが仮置き場に、廃材搬入券の発行で規制:西宮市	25 大阪湾フェニックス1,500万㎡受入れ可能:厚生省 26 神戸港突堤間埋め立て新岸壁建設計画:運輸省 27 がれきを摩耶埠頭などに埋立:運輸省方針発表 28 被災地からの粗大ごみ半額で受入れ:フェニックス 30 六甲719ソート南333haに埋立て計画:神戸市 30 木材ごみ埋立て不許可:大阪湾フェニックス	28 大気・地下水汚染状況の緊急調査を決定(環境庁)
95年 2月 95年 2月	1 阪神電鉄三宮-高速神戸間復旧 8 JR芦屋-住吉間再開 11 阪神御影-青木間で運転再開 13 阪急御影-王子公園間で運転再開 16 神戸市営地下鉄全線開通 17 1ヶ月:避難所生活者21万人	3 陸上自衛隊による本格的な撤去作業始まる:伊丹市 4 解体・撤去建物約96,000がれき約650万㎡(780万t):兵庫県試算	1 甲子園浜で野焼き, 2,100tのごみの山:西宮市 3 宝塚・神戸違法野焼き:宝塚市1/23から砕石工場で2,800㎡/日 神戸市は布施畑処分場で1,000㎡/日 7 木材焼却施設新設を国に要望:神戸市 8 厚生省 野焼きを黙認 17 南芦屋浜でも焼却 20 廃棄木材リサイクル検討:兵庫県 24 3号-712期地区で簡易焼却施設建設へ:神戸市	10 布施畑処分場1年で8万t、2,000t/日(4万㎡)処理 10 フェニックスへがれきの埋立て開始:神戸市 11 がれきの投棄場 南芦屋浜に新設:芦屋市 18 3号-712期埋立地をがれき集積に利用:神戸市 20 神戸港がれき埋立て申請出願:神戸市 23 フェニックスへ直送指導:西宮	6 環境庁汚染調査開始(12日まで) 16 大気汚染調査へ:環境庁 22 高濃度7スベスト検出:大阪の研究所 23 野焼き有害物質検出:大学研究者グループ 23 緊急環境調査報告出る 25 野焼き周辺大気調査へ:環境庁・兵庫県
95年 3月	1 さんちか一部営業開始 13 阪急王子公園-三宮間で運転再開 15 県復興本部発足	1 がれき量上方修正:県 倒壊家屋約144,000棟 がれき1,850万t(45%増) 民間住宅・たん 1,300万t 公共事業 480万t 公営住宅 70万t 1 災害廃棄物処理推進協議会発足 8 大丸神戸店解体急たん 25 解体処理費94億円不足:西宮市	3 野焼き中止:宝塚市(2/23から総量約3万㎡) 3 野天焼き中止を通知:兵庫県 14 須磨海浜公園にごみの山(最終千数百万t):神戸 18 甲子園浜不法投棄横行1日5,000t:西宮市	14 コンクリート片を宅地のかさ上げに再利用検討:伊丹市	2 宝塚市で野焼き 環境調査実施:環境庁 5 たん内機器の70%回収進まず 8 第2次水質モニタリング調査30日まで:環境庁 9 第2次大気環境モニタリング緊急調査16まで:環境庁 13 最終処分場緊急調査23まで:環境庁
95年 4月	1 JR灘-住吉間運転再開で東海道線全通 8 山陽新幹線姫路-新大阪間運転再開 81日ぶり 27 自衛隊完全撤収	14 災害廃棄物処理計画発表:兵庫県 倒壊家屋処理推進部会設置	11 不法投棄防止に新搬入許可証発行と市民監視:芦屋市 27 甲子浜(80万㎡仮置)に仮設焼却炉設置:西宮市	19 新港突堤埋立(240万㎡)免許出願:神戸市・運輸省	6 第2次大気調査結果出る 27 第2次水質調査結果出る 最終処分場調査結果も

数字は実施日または記事掲載日を示す。

表13.2.2 災害廃棄物の処理処分に関する経過（続き）

年 月	主なできごと	排出（解体・撤去など）	中間処理（仮置き・破碎）	最終処分（埋立処分など）	その他(環境モニタリングなど)
95年 5月	22 神戸新交通ポートライナーが 島内部分運行 28 神戸市大地震発生	7 被災分譲マンション協議会発 足 12 大雨で三宮解体待ちビル 倒壊 29 神戸市約3万棟解体	10 仮設焼却炉稼働. 2炉160 ㎡/日能力:川西市 初 溜池で分別:武庫川77ミ リ-ハート跡地:尼崎市 19 仮設焼却炉1号機完成 16t/日:西宮市・甲子園浜 24 米から神戸に破碎機無 償貸与. 能力40t/時間	8 布施畑処分場への道路 規制開始:兵庫県警 9 南東部の大阪湾5ha埋立 約30万㎡:西宮市	15 米国NGOがれきりリサイクルな どを提言
95年 6月	12 阪急神戸線が全線開通 18 芦屋市が全避難所閉鎖 22 神戸電鉄が全通 26 阪神電鉄160日ぶりで 全線復旧	30 解体進捗率68.6% (対象12万3,733棟) 災害廃棄物撤去率65.6% (全量1,438万5千t)			
95年 7月	17 震災から半年 避難所生活 17,629人	14 未発注解体は困難物件 残る 16 GIS被災家屋受付で威力 発揮:長田区役所			13 神戸西区伊川谷に4万t 不法投棄:2業者 14 主婦14人の監視カメラで 不正搬入を防止:芦屋市 24~28 第6次大気環境調査 7ヵ所:土追跡調査:環境庁
95年 8月	23 六甲ライナー218日ぶりで全 線開通	31 公費解体申込み〆切:神 戸市 31 1,405件の公費解体終了 :川西市	31 7ヵ所の仮置き場を閉鎖 :川西市		23 伊川谷不法投棄業者ら 4人逮捕
95年 9月		8 公費解体受付数60,707 :神戸市 14 公費解体年内終了見通 し:西宮市 17,041件申込み済	7 2ヵ所の仮置き場10/13で 閉鎖:宝塚市 5,700件,63万t見込み		11 第6次大気調査結果発表 安定状態. 解体現場飛散 防止対策浸透:環境庁

数字は実施日または記事掲載日を示す。

13.2.3 し尿処理・ごみ処理

地震による被災により水道、下水、電気などのライフライン施設の機能が麻痺したため、し尿の処理が災害廃棄物処理の第1番目に生じる問題となった。ピーク時には32万人が1150ヶ所の避難所に避難したが、地震後10日間で3900の架設トイレが設置された。また、生活からの廃棄物も、平常時と異なった特徴を持つと考えられ、食事や飲料用の容器、大型ごみが地震直後から発生した。ラジオ用を中心に使用された電池や、水、ガス、電気の不通のため、調理できなくなった生ごみの排出が通常時より多いことが予想される。ごみ収集業務は地震後4、5日は停止し、これらの廃棄物は路上に蓄積された。また、収集業務復旧後も、多くの生ごみは何日も仮置き場にストックされた状態であった。

ごみ中の有害物質による環境汚染も重大な関心事である。兵庫県では震災前から冷蔵庫からのフロンガスの回収に務めてきたが、震災後もボランティア等の協力を得て、1995年4月までに5000台の廃棄、放置された冷蔵庫を収集し、フロンガスの回収が行われた（小林，1995）。

13.2.4 解体と災害廃棄物の発生

災害に伴い発生する廃棄物としては、損壊を受けた構造物の撤去によるもの、倒壊家屋によるもの、被災地の生活から排出されるものの三つに大別できよう。

表13.2.3に倒壊家屋の件数を示す。特に木造家屋の倒壊が著しいといわれているが、全域で約12万件もの家屋の解体が必要とされている。神戸市の中心地である三宮から住宅の多い東灘区、芦屋市、西宮市にかけて、土地利用密度の非常に高いところで、家屋の倒壊率が高かった。これらの地域から特に集中的にがれきが搬出されるが、その内容としては瓦片、土砂などの不燃物、廃木材等の可燃物、家具、生活用品、電気製品等々、様々の種類のものが含まれており、そのほとんどが分別されずに混合状態で搬出されている。

表13.2.3 被害を受けた家屋の数と解体状況

都市	世帯数	全壊 家屋数	半壊 家屋数	全壊率 (%)	要解体 家屋数	解体率 (%)	
						3月末	5月末
神戸市	579259	54949	31783	12.2	73817	25.3	52.3
東灘区	77219	11171	3098	16.5			
灘区	55361	11693	3559	24.3			
中央区	52283	4947	3420	12.7			
兵庫区	53334	8374	4422	19.8			
長田区	53306	12525	4994	28.2			
須磨区	66293	6042	4093	12.2			
垂水区	87313	90	5520	3.3			
西宮市	162246	17716	13474	15.1	17041	25.6	69.4
芦屋市	33643	2543	1519	9.8	5250	30.4	60.1
尼崎市	192340	603	3966	1.3	5192	1.5	26.5
宝塚市	71558	1339	3718	4.5	4787	10.9	71.4
明石市	-	-	-	-	2634	10.8	44.0
伊丹市	65690	354	623	1.0	2613	33.2	55.0
北淡町	3682	1341	550	38.2	2150	55.7	99.5
合計	-	-	-	-	122037	26.7	57.7

世帯数は、神戸市各区の世帯数は神戸市企画調整局（平成6年），神戸市以外の世帯数は総務庁統計局県統計課（平成5年10月），淡路島の世帯数は人口からの推定値による。全壊家屋数，半壊家屋数，撤去率等は兵庫県、神戸市の資料による。全壊率は、全壊家屋数と半壊家屋数に0.5を乗じたものを世帯数で除して求めた。

損壊した構造物からは主にコンクリートがら、鉄くず等が発生する。一般家屋に比較すれば分別が容易である。阪神高速神戸線の倒壊現場は、国道の確保のために早い時期に（1月20日から10日間）撤去されたが、この撤去による災害廃棄物の搬出量は46276トンにのぼっている。その中でも、破碎されたコンクリートがらの一部は、路盤材として再利用するため、処分場（フェニックス）内にてストックされている（入江，1995）。

構造物や家屋の解体撤去は総合建設業者あるいは建設関係会社によって行われている。全域で約13万件もの家屋が解体の対象とされており、この解体が急ピッチで進められているのが、この震災の特徴でもある。表13.2.3には倒壊家屋の解体処理の状況を掲載している。震災から2ヶ月後の3月31日には約26%の家屋が、5月末には58%が解体されている。解体撤去が急がれることは、分別や適正処理を難しくするため環境への負荷が大きくなる。一方、解体撤去が遅れば、倒壊家屋中の貴重品等は降雨に曝され財産価値を失っていく。

解体撤去に伴い、粉塵の発生が問題視され、ビルの解体はシートを覆い、あるいは散水しながらの作業が推進された。また、アスベストの飛散による環境影響も懸念された。表13.2.4はアスベストの環境濃度調査結果である。解体現場周辺では、一般環境に比べてやや高い値を示しており、解体撤去によるアスベスト飛散の影響がみられるが、工場の敷地境界規制である10本/lを超える地点はみられなかった。

構造物の解体撤去には、いくつかの工夫がなされた。阪神高速神戸線では、高架の路盤や桁を解体撤去する際、がらの落下による走行車両の防護と舗装面の保護のため、防護用のマウンドが形成され、解体作業にはニブラー（圧砕機）が用いられた。

表13.2.4 大気中のアスベスト測定結果

測定地点	測定日時	最小値、最大値	中央値	平均値
阪神地域（一般）	2/6-12, 1995	ND - 4.9 f/l	1.0 f/l	1.0 f/l
阪神地域（一般）	3/9-16, 1995	0.3 - 6.0 f/l	1.0 f/l	1.2 f/l
阪神地域（一般）	4/24-28, 1995	0.2 - 2.1 f/l	1.0 f/l	0.9 f/l
解体作業現場付近	3/9-16, 1995	0.8 - 7.7 f/l	2.6 f/l	3.0 f/l
解体作業現場付近	4/24-28, 1995	0.9 - 9.5 f/l	5.4 f/l	3.8 f/l
一般レベル（道路付近）	-	ND - 3.7 f/l	-	0.43 f/l
一般レベル（住宅地）	-	ND - 1.2 f/l	-	0.14 f/l
一般レベル（事業地）	-	ND - 1.3 f/l	-	0.17 f/l

大気環境モニタリング調査（環境庁大気保全局）による。

13.2.5 災害廃棄物の仮置きと中間処理

交通網の寸断、渋滞、岸壁の損壊などで最終処分場まで持ち込むことのできない災害廃棄物は仮置き場に山積みされた。倒壊家屋からの災害廃棄物は、解体して発生したもののうち90%近くが仮置き場で保管されていた状態である。仮置き場の条件としては、被災地からの距離（搬入車両が解体現場から仮置き場まで一日に1～複数回往復できること）と十分なスペースが求められる。阪神地区は過密な地域であったが、市内の公園だけでなく、埋立により土地造成されたウォーターフロント地域が災害廃棄物の仮置き場としての役割を果たした。しかしながら、ウォーターフロント地域へはアクセス道路が限られており、さらに道路網の寸断ともあいまって深刻な交通渋滞を引き起こした。また、仮置き場の処理能力も問題となった。1台の災害廃棄物運搬車両が仮置き場に入場し、廃棄物を搬入する際に、仮置き場内の無秩序（特に初期の段階）、荷下ろしの不慣れと非効率等々が生じたと考えられる。

西宮市甲子園浜では、不燃物、廃木材、生ごみの3種類に分類され、山積みされていた。しかし、災害廃棄物の搬入量に比べ仮置きスペースが充分ないことと、生ごみなどの不衛生問題から、いくつかの仮置

き場で不法の野焼きが実施された。4月末に全面的に中止されるまで、野焼きは続けられた。また、解体業者によっては、自分の土地で廃棄物を不法に焼却（野焼き）した例もある。表13.2.5は野焼きに係る大気環境調査結果である。一部ダイオキシンなどの発生もみられるが、一般大気環境濃度レベルと比較し、直ちに健康影響が問題となるレベルではないと判断されている。4月からはいくつかの仮置き場にて簡易の焼却炉や破碎機が導入され、適正処理の方向に向かいつつある。

表13.2.5 野焼きに関わる大気汚染測定結果

物質	最小値、最大値	中央値	一般値	環境基準
HCl	ND - 4 ppb	ND		
Formaldehyde	ND - 10 mg/m ³	ND	- 32 mg/m ³	
Acetaldehyde	3 - 11mg/m ³	7mg/m ³	- 22 mg/m ³	
Acrolein	ND	ND		
Dioxin	0.0000 - 0.0023 ng/m ³	0.0001 ng/m ³	0.00262 ng/m ³	
Benzo[a]pyrene	ND - 2.7 ng/m ³	1.0 ng/m ³	- 3.5 ng/m ³	
PCB	ND	ND		
As	ND	ND		
Phosgen	ND	ND		
HCN	ND	ND		
CO	ND - 0.9 ppm	0.3 ppm	0.6 - 19.7 ppm	10 ppm
CO ₂	12 - 68 ppb	23 ppb	15-261 ppb	40 - 60 ppb

大気環境モニタリング調査（環境庁大気保全局）による。

13.2.6 災害廃棄物の最終処分と再利用

表13.2.6は被災地周辺の廃棄物最終処分場の容量である。フェニックスを中心に、発生の予想される災害廃棄物の全量を受け入れるキャパシティーがあり、また新規の埋立計画も推進されている。

表13.2.6 廃棄物の受入容量

	場所	容量 (m ³)
新規の埋立地	ポートアイランド（神戸市）	700000
	摩耶埠頭（神戸市）	1200000
	六甲アイランド南（神戸市）	2200000
	新港東（神戸市）	2400000
	鳴尾 他（阪神）	900000
	小計	7400000
既存の埋立処分地	尼崎沖（フェニックス）	4000000
	泉大津沖（フェニックス）	11000000
	布施畑（神戸市）	8000000
	淡河（神戸市）	7000000
	大阪港（大阪市）	2000000
	堺泉北（大阪府）	400000
	稲穂（兵庫県）	1200000
	小計	33600000

兵庫県災害廃棄物処理計画による。

最終処分における問題の一つは、最終処分場までの搬送の確保ならびに処分場での時間当たりの受け入れ能力である。最終処分場への経路が限られており、加えて処分場の時間当たりの投棄能力を超えているため、災害廃棄物運搬車両による交通渋滞がおり、例えば、神戸市内から布施畑処分場あるいは淡河処分場への搬入には4～5時間を要した。図13.2.3は神戸市布施畑処分場での災害廃棄物の受入状況であり、毎週60Gg以上もの災害廃棄物を受け入れており、付近の慢性的な交通渋滞の原因ともなった。フェニックスについては、積み出し基地（神戸基地）自体が地震の被害を受けて供用できなくなったため、仮の積み出し基地を確保するまでは神戸市内からの海上輸送が不可能であった。

ここではまた、廃棄物の分別も問題となっている。フェニックスでは、不燃物を埋め立てる安定型処分場を提供しており、コンクリートがら等の災害廃棄物が受け入れられている。しかし、投入された廃棄物には海面に浮遊する可燃物も混ざっており、1日5～6m³程度回収しストックしている（入江，1995）。

神戸市では、災害廃棄物対策と港湾復興事業とを併せて計画した。すなわち、図13.2.4に示すように災害廃棄物を震災港湾地区（摩耶埠頭）の埋立に使用し、大型バースを建設するというものである。

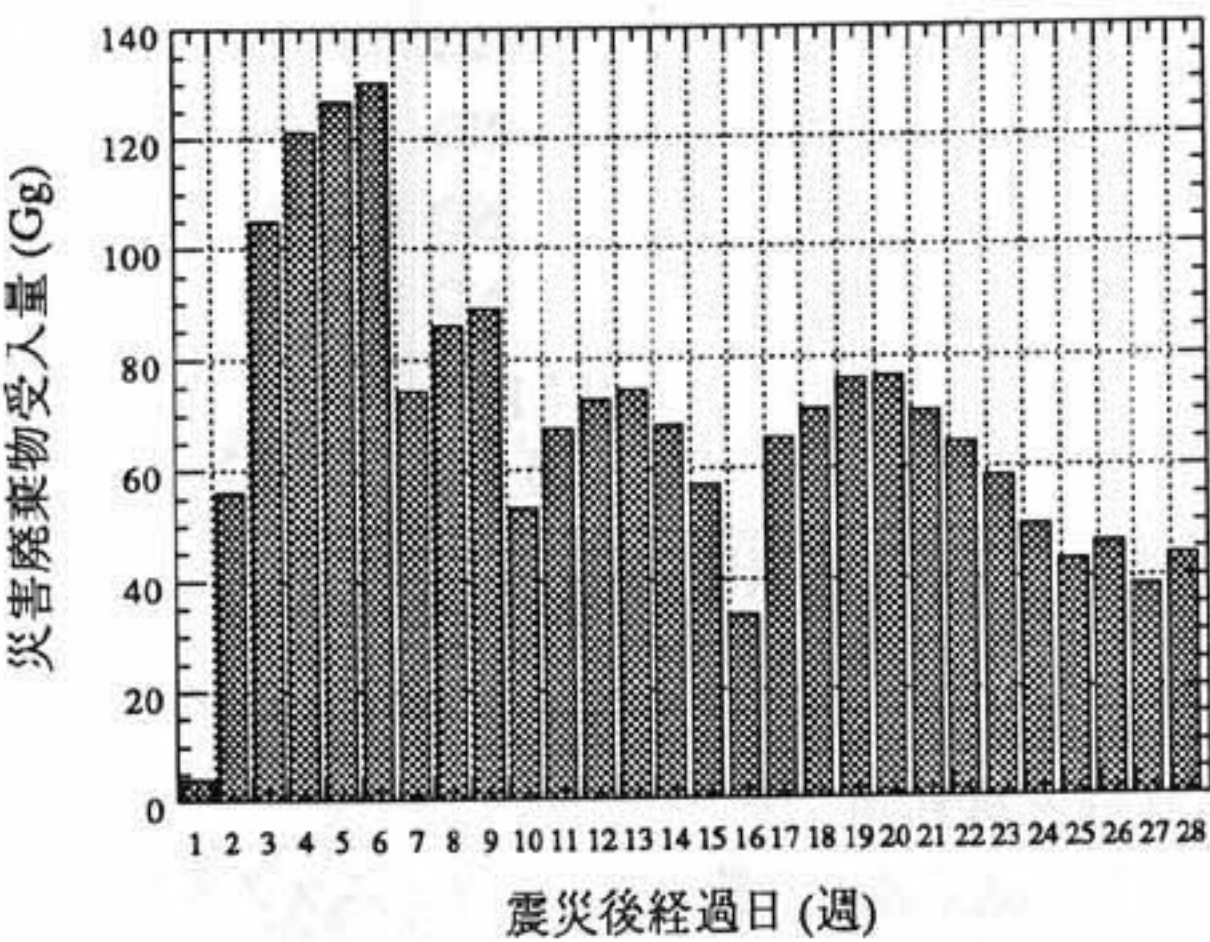


図13.2.3 神戸市布施畑処分場での災害廃棄物受入状況

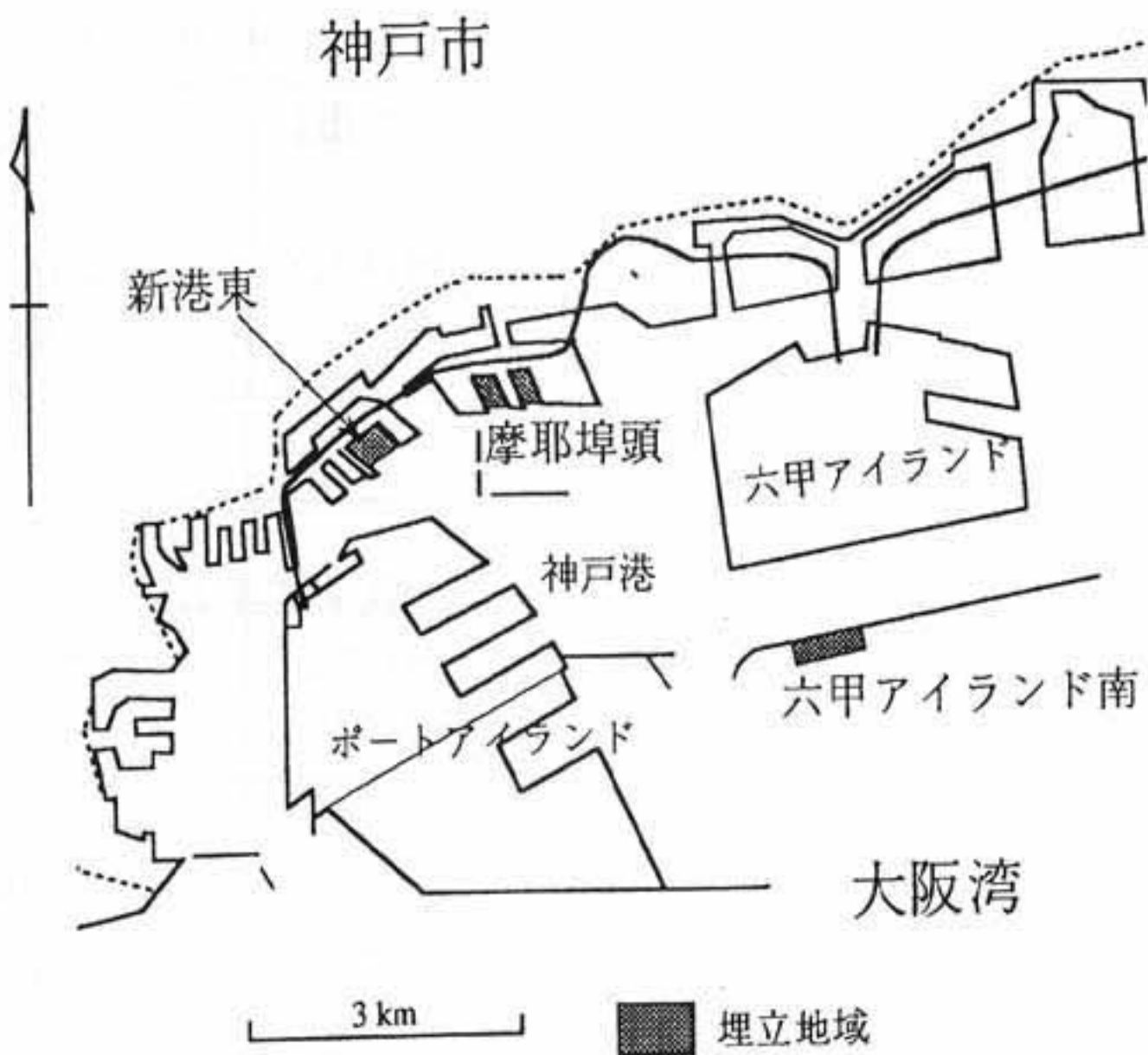


図13.2.4 神戸港におけるコンクリート廃棄物の受入計画

13.3 災害廃棄物の処理処分の事例

13.3.1 GISによる災害廃棄物業務への支援と解析

(1) 防災GISによる家屋解体・撤去作業の時系列分析

奈良大学地理学科では、京都大学防災研究所都市施設耐震センターと協同でがれき撤去事業の学術的ボランティア支援をしてきた。この活動は、地理情報システム（Geographic Information System : GIS）学会の防災GIS分科会（主査：亀田弘行，副査：角本繁，京都大防災研究所）とGIS学会関西支部事務局（奈良大学地理学科碓井研究室）の活動のもとに実施された防災GIS活動と呼ばれるものである。すなわち，防災GIS活動とは，震災地域の復興事業を推進するために地理情報システム（GIS）を利用した専門技術集団による学術的ボランティア活動であり，災害データベース構築の一つとしてがれき占拠による交通不能箇所調査や震災地域で見られるがれき撤去の進捗状況が現地調査された。この現地調査は，神戸市から尼崎市にいたる（北淡町，神戸市垂水区，西区，明石市は除く）広域調査で，奈良大学防災調査団（団長：實清隆，副団長：碓井照子，酒井高正，奈良大学地理学科）が定期的な実施した。1回当たり110人の学生達のパワーで1996年1月までに10回の現地調査が実施された（2月より7月までは1ヶ月毎，8月以降は3ヶ月毎）。現地調査の結果は，ゼンリンの電子住宅地図をベースにRINZOでデータ入力され，GISソフトDiMSIS，ARC/INFOにより国土地理院の発行するデジタル地図（数値10000）上に広域地図化がされた（碓井ほか，1995）。具体的には，国土地理院の10000分の1の地形図17枚の範囲を地形図1枚当たり6から7区画に分類して，学生が現地調査をし，数種類のGISソフトを利用して災害データベースを作成したものである。これらの活動成果から，地震発生後3週間，3ヶ月，6ヶ月の撤去状況を下記に分析する。

(i) 地震後3週間目のがれき撤去の分布

地震後3週間目にあたる2月9，10日に第1回調査が実施された。この調査の目的は，がれきで占拠された交通不能箇所の現況把握であり，がれき撤去状況は補足的に調査されたにすぎない。がれき撤去数が少ない故に，DiMSIS上に入力された国土地理院発行の「数値地図10000」に撤去箇所の位置を入力している。数値地図には，建物形状のレイヤーがなく，建物1軒レベル精度での入力が不可能であり，位置の精度は街区レベルである。4月以降の調査からは，ゼンリンの電子住宅地図ベースでの入力作業が始まり，建物レベルでの位置精度が可能になるが，2月段階ではこれらの電子地図の入手が困難であった。しかし，当時のがれき撤去はほとんどなされておらず，街区に1カ所ある程度であった。

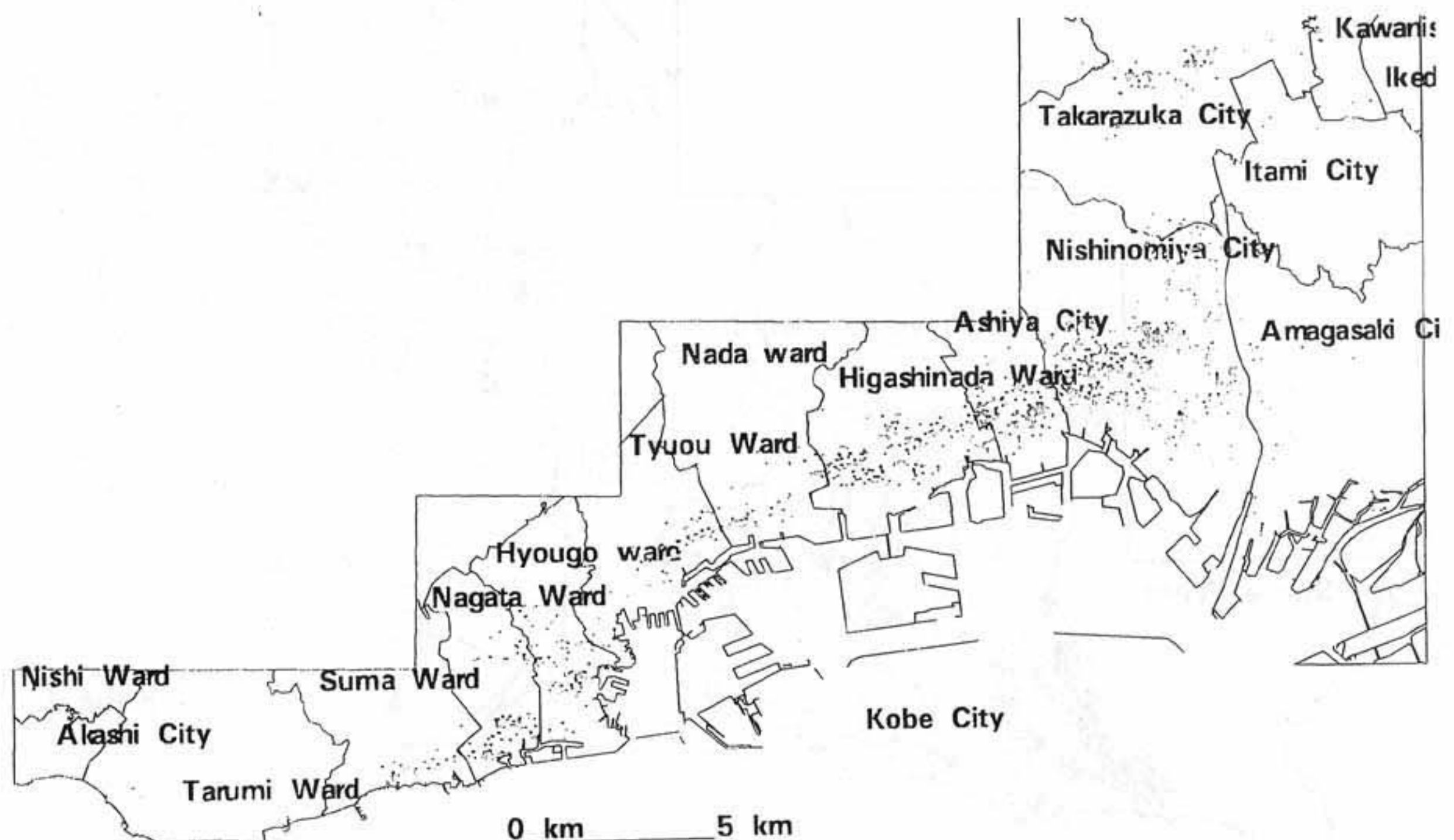


図13.3.1.1 1995年2月のがれき撤去状況（地震後3週間目）



図13.3.1.2 須磨区における1995年4月のがれき撤去状況（地震後3ヶ月目）

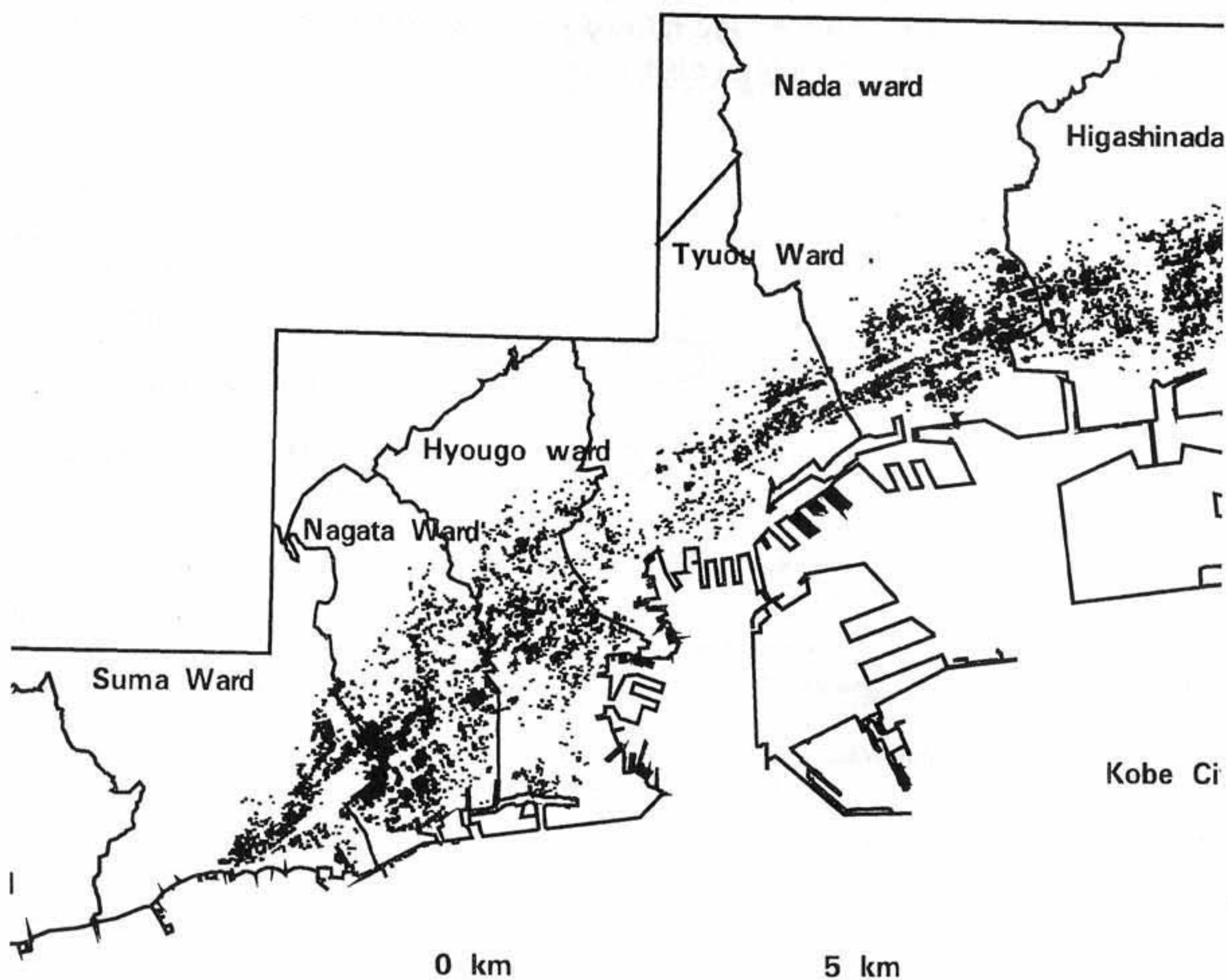


図13.3.1.3 1995年4月のがれき撤去状況（地震後3ヶ月目）

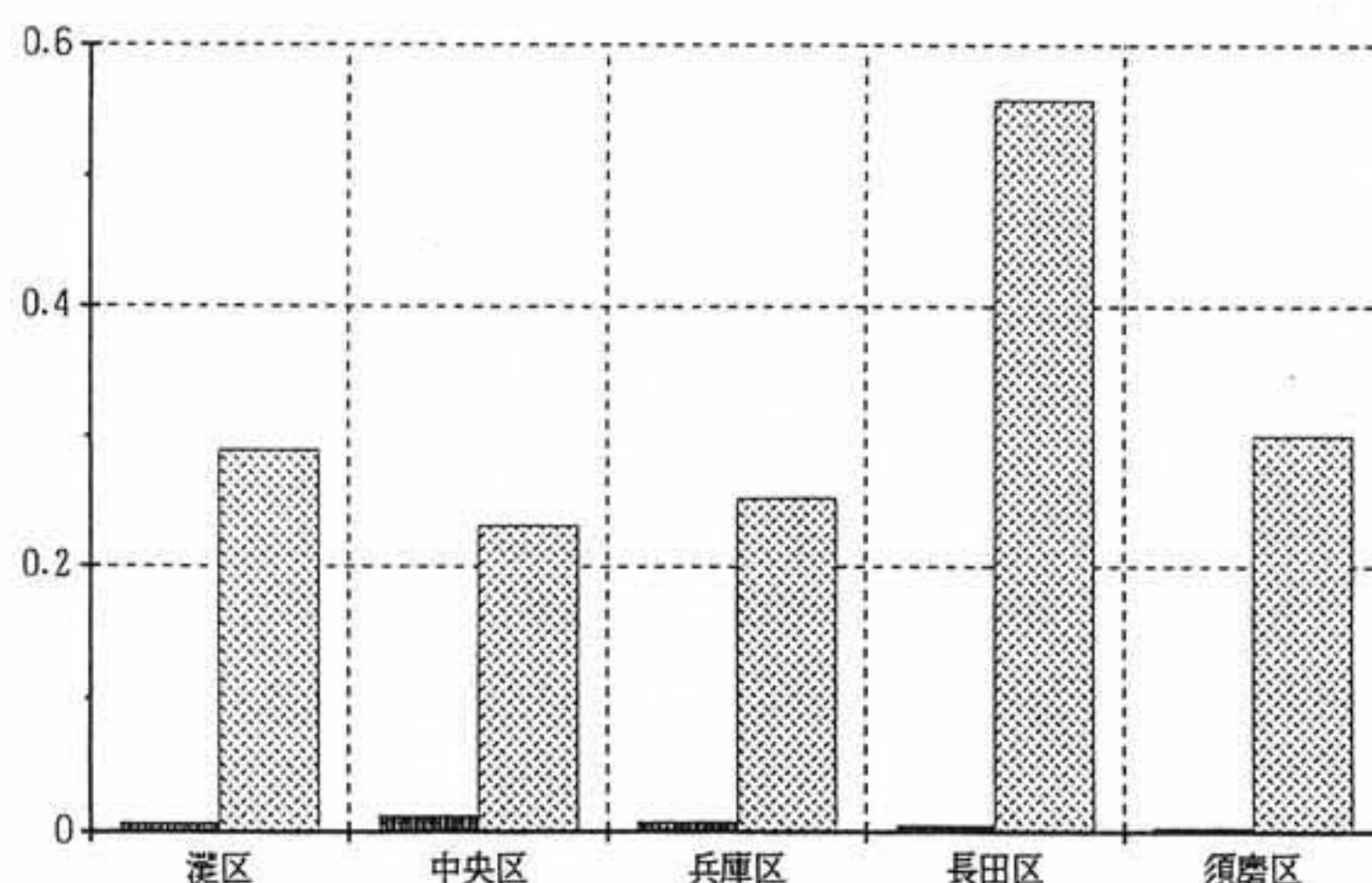


図13.3.1.4 神戸市区別撤去比率の比較（1995年2月および4月）

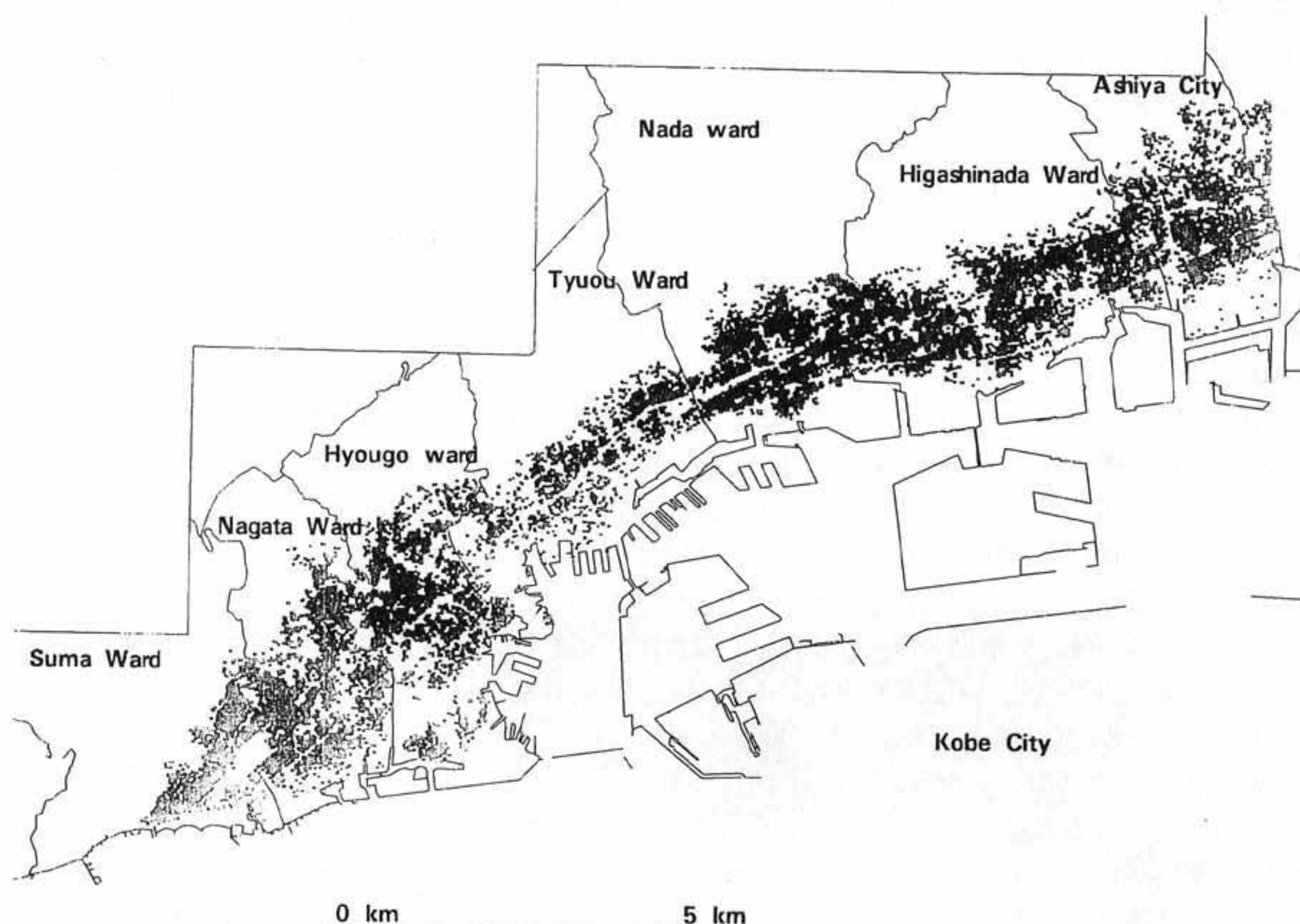


図13.3.1.5 1995年7月のがれき撤去状況（地震後6ヶ月目）

2月上旬は、人命救助・救急活動から復旧・復興事業への移行期で人命救助がほぼ終了し、がれきの撤去が小規模に手探り状態で開始した時期であった。図13.3.1.1は、2月9、10日の第1회가れき撤去・交通不能箇所調査によるがれき撤去の分布図である。この段階において撤去が目立つ地域は、大阪市に近い交通条件のよい西宮市、川西市、尼崎市の地域であり、自衛隊伊丹駐屯地に隣接していた伊丹市や宝塚市でも撤去が比較的目立っている。しかし、神戸市や芦屋市ではきわめて少なく、JRが不通であり、交通条件の悪い神戸市西部の長田区や須磨区においては撤去数は極端に少ない。神戸市において比較的撤去比率の高い地域は、中央区等の都心地区でありここでは、がれきによる道路交通不能箇所の少ない地域である。都心地域では、銀行や大手会社の事業所が営業活動再開のために独自に撤去作業を実施し始めた所も多く、これもその要因であろう。2月初旬における撤去は、殆どの街区で実施されておらず、撤去されていても街区に1カ所のパターンが大半であり、小規模な撤去がかなり分散的に進行していたことがわかる。この段階では、家屋の解体と撤去について明確な行政の施策がとられておらず撤去は、個人レベルで進行していた。

(ii) 地震後3ヶ月目の撤去状況の分布

地震後3ヶ月めの4月下旬のがれき撤去調査は、第5回がれき撤去・建物調査（4月16日、17日）として実施された。この調査結果からは、ゼンリンの電子住宅地図をベースに入力され、建物レベルでの位置精度が保証された。ゼンリンの電子住宅地図では、1軒の建物でも居住者が複数の表札をかかえて区分居住している場合には、1棟の建物に区切り線が入っており、それぞれに居住者名が明記されている。従って、ゼンリンの電子住宅地図を入力原図として使用した場合、撤去総数は、建物棟数より多くなる。また、撤去に必要な解体・撤去申請書は、建物所有者が役所に届け出るものである。マンションやテラスハウスなどの区分所有者も家屋解体・撤去申請書を家屋所有者ベースで申請するため、役所で把握される申請書の数、は、建物棟数を正確にあらわすものでもない。また、市町村により基準が異なる場合も多い。正確な建物撤去棟数を計算するには、2500分の1の国土基本図によらねばならないが、電子化された国土基本図は、神戸市、芦屋市、西宮市の3市にしかなく、他の地域では、紙地図しかない。また、それぞれの自治体で発行年次が異なり、かなり古い地図もあり地震直後の建物をすべて表現しているとは言い難い。さらに、2500分の1の国土基本図では、空中写真による屋根形状で建物を識別するため、判読ミスの場合もある。一方、消防関係で調査された撤去棟数は、建物1棟レベルに準拠している場合が多いが、2戸一のテラスハウスや、極端に隣接した長屋形式の一戸建て建物では棟数が少なく計算される場合もある。従って、撤去建物棟数の正確な数字をだすことは極めて難しく、行政から出される資料もまちまちである。また、撤去状況の正確な把握のためには、広域調査全域にわたる大縮尺の電子地図が必要であるが日本の現状では、この点で不揃いであった（碓井、1995）。従って、防災上も国土の空間データ整備事業が必要とされる（高坂、1995）。図13.3.1.2は、撤去箇所を拡大表示した須磨区の一部である。以下の分布図で一見つづれば、重なったように見える箇所は、建物レベルで入力されていることがわかる。GISを利用する場合、拡大に耐えられるデータ精度が要求される（碓井照子、實清隆、酒井高正、1995）。今回は、建物レベルでの位置精度でRINZOに入力したのがれき撤去場所の位置情報をDiMSISで公共測量座標の第VI系に変換し、位置参照（Georeferencing）されたのがれき撤去場所データをARC/INFOにインポートしてのがれき撤去の分布図を作成した。

西宮市以東のデータ入力は、ゼンリンの電子住宅地図がないため、これらの地域については、現在でも建設省建築研究所で作成された2500分の1被災現況図の電子地図（GDS上で稼働）に現在入力中である。従って図13.3.1.3は、4月下旬の神戸市のみのがれき撤去状況を示したものである。2月より撤去数が急増していることがわかる。図13.3.1.4は、2月と4月の市区別撤去数の比較をしたものであるが、長田区での急増が著しい。ただし、このデータは、前述したゼンリンの住宅地図ベースのため、実際の建物棟数より多く計算される傾向がある（碓井・亀田・角本、1995）。これは、後述するようにGISによる撤去業務の効率化が進行し、面的で大規模な撤去が可能になったからである。火災地域の面的撤去と密集した地域での撤去が長田区の特徴であるが、GIS導入効果を示しているといえる。

(iii) 地震後6ヶ月目の撤去状況の分布

地震後6ヶ月になると撤去業務のすべての自治体で急速に増加している（図13.3.1.5）。撤去の遅れていた東灘区、灘区等において顕著な撤去数の増大がみられる。長田区においても解体物件として難しい地域を除き、撤去業務はほぼ山場を過ぎている。5月から7月にかけては、家屋解体・撤去申請書の行政的処理が完了し、実質的な撤去が進んだ時期である。解体家屋は、個人の私有財産である故に、地方自治体における解体家屋・撤去申請書の受理と家屋台帳上での確認作業が必要になる。これらの行政手続きが、自治体で滞り実質的な撤去作業が4月以降になったのである。長田区では、この処理にGISを導入したため、他区より早く撤去作業が進行したといえる。7月時点で、未撤去の箇所の多くは、これらの行政手続きの未処理な場所であり、家屋所有権の錯綜した家屋や、法的に未登記の場所、申請書の未提出など様々な遅延理由が考えられる。

(iv) まとめ

- 1) がれきの撤去作業は、3月下旬より4月にかけて急増するが、2月段階では、個人レベルの小規模な撤去が進展したにすぎない。2月の撤去は、大阪に隣接した交通条件のよい市町村に比較的多く、西から東にいくにつれ撤去数は極端に少なくなる。
- 2) がれき撤去の申請書の処理に2ヶ月ぐらいを要し、4月以降、行政による撤去作業が急速に進展する。5～7月のがれき撤去のもっとも盛んな時期である。分布的には、長田区での撤去業務の進捗がもっとも早く、がれき撤去業務効率化へのGIS導入効果がみられる。

- 3) がれきの撤去は、原則として撤去申請書の受付順になされたため、小規模、分散的な非効率な撤去作業が行われた。長田区では、GISにより撤去業者へのエリア別発注をしたため効率性がよかった。
- 4) 家屋の解体・撤去は、私有財産の処分であるため、固定資産管理システムとの連動が必要であり、GISの導入効果が高い。つまり、震災後のがれき撤去は、解体家屋が、私有財産であり、そのため家屋台帳の照合等による行政手続きが撤去作業を実質的に遅延させた理由である。しかし、撤去業務の遅れは、被災民にとっては、死活問題であり、避難所数の推移や避難生活とは無関係なものではない。

(2) 次世代地理情報システムと倒壊家屋撤去申請支援

「災害はいつ起こるか分からない」とか「予想しなかった事態が起こった」という言葉は、被災後に実感する。この予想しない事態が起こった時に、その状況を調査、集計、伝達、整理、可視化することによって、始めて災害対策ができる。今回の災害でも批判が多かった初動体制の遅れを極力押さえるためには、災害管理情報システムの構築が必要である。

地理情報システムでは、被災地域の時々刻々変化する災害情報を含めた、その地域の情報全般を処理することができる。つまり、このシステムを用いると災害情報が効果的に管理できる可能性があることになる。そこで、阪神・淡路大震災を機に、地理情報システム学会では、防災GIS分科会(京大防災研まとめ)が中心になって、この検討を進めてきた。

災害時には、逐次緊急度の高い情報処理の支援から、災害状況の分析、復興計画の立案、などが必要になる。以下、今回開発した災害管理空間情報システム(DiMSIS)と、被災地域支援として行なった倒壊家屋撤去申請の支援について報告する。

(i) 地理情報システムによる情報処理

地理情報処理の目的は、被災状況などの地域の状態を把握し、適切な判断を可能にする事にある。そのためには、平面的な記述を前提にした地図を超越した情報処理の考え方が必要となる。地図の記述上の制約を回避し、計算機的能力を生かす一システムの考え方を図13.3.1.6に示す。この方法の特徴は、計算機の中に現実の地域の模型(地域モデル)を構築することにある。つまり、計算機の処理できる数値情報で、地域の状態を表現することである。現実世界は立体空間に広がり、しかも時間変化がある。そこで、道路縁や家の位置などをその3次元的な軌跡で記述し、それらの数値は地図の縮尺に関係なく必要な精度の測量データとして表現する。

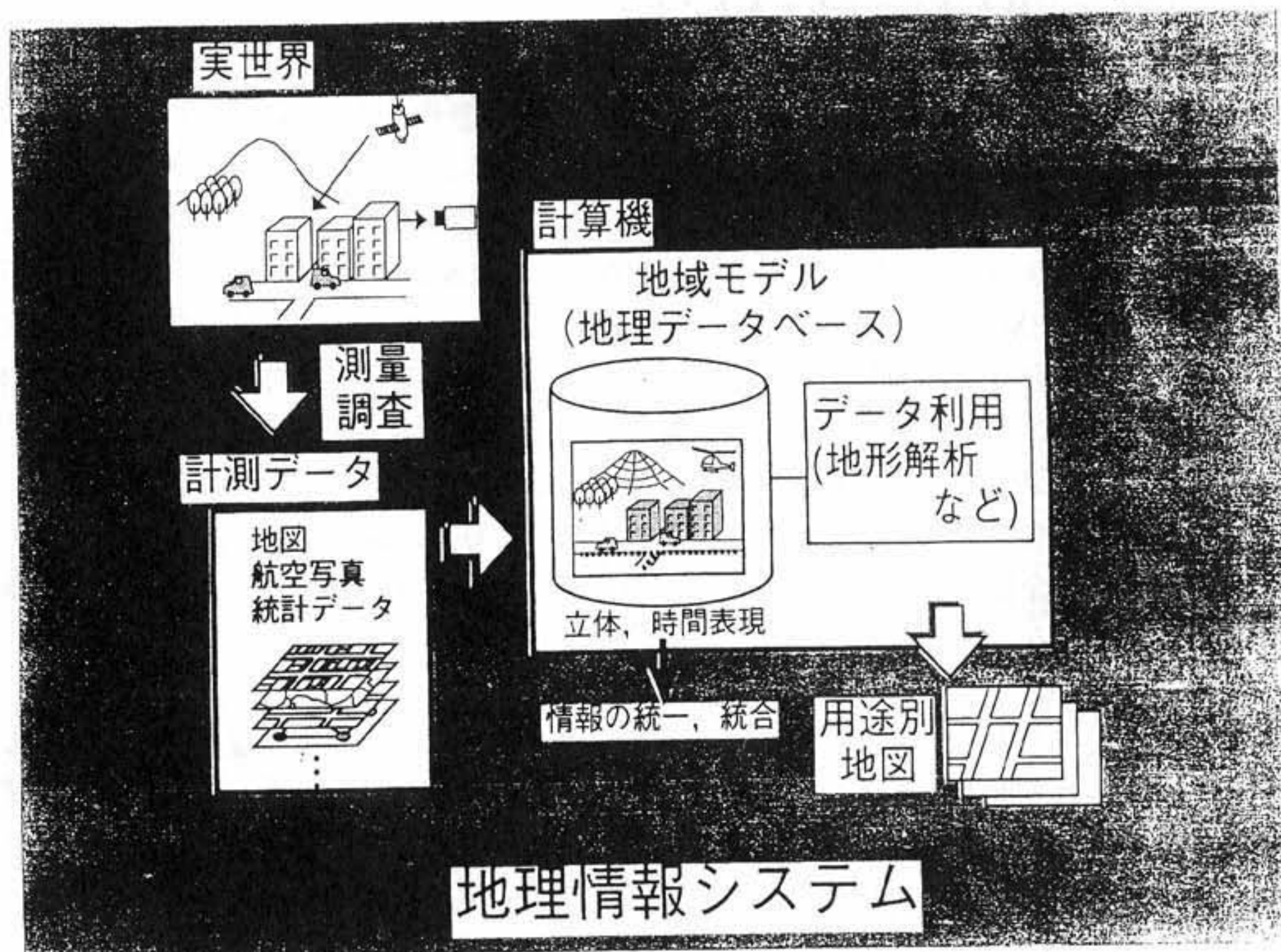


図13.3.1.6 地理情報システムの構成

この地域の模型を構築するために、対象地域を測量して作成した地図は良い設計図面となる。さらに、各種の統計データ、測量データ、各種台帳類などもこの模型を記述する情報として統合される。この統合情報処理によって、以下の付加価値が期待できる。

- 1) この模型では対象地域が数値で記述されるため、仮想的な図化による目的別地図の出力、地形の立体的な解析、立体表現などができる。また、地下に埋設された公共施設や地域の被災状況なども統合的に管理、参照できる。
- 2) 従来は何重にも重複させて持っていた情報の統合管理によって、情報の相互利用が可能になり、データ間の矛盾を避けたり、管理する情報の量を削減することができる。その結果として、小さなハードウェアで効率的な処理が可能になる。
- 3) 従来は元図ごとに重複して、経費のかかるデータベース更新が必要となっていたが、ここでは、重複した更新作業が避けられるため、更新作業の工数の大幅低減ができる。
- 4) 各地域の模型は指定の地域を回転楕円体（球体）を考慮して記述されるため、衛星写真などの計測データとの整合も可能になる。地球を短周期で計測できる高解像度衛星画像の利用なども期待される。

(ii) 災害管理空間情報システム(DiMSIS)

建築、土木、地盤工学などの関連研究機関で調査、分析した被災情報を地理情報として統合管理し、被災情報を整理分析するための支援を目指して、「災害管理空間情報システム」(Disaster Management Spatial Information System)を開発した。特に以下の点を重視した。

- 1) 誰でも使用できるシステム
 - ・誰でも容易に入手できるデジタル地図データベースが使用できること。
 - ・必要不可欠な機能は非専門家でも容易に使用できること。マニュアルを見なくても使いこなせること。
 - ・一般に普及しているOS(Windowsなど)の上で実行できること。
- 2) 拡張性のあるシステム
 - ・マルチメディア処理ができ、拡張性があること。
 - ・研究者が独自に作成する分析プログラム、データなどを結合しやすいこと。
 - ・立体、時間管理を前提にした上位システムと整合性が良いこと。
- 3) 使用効率を重視したシステム
 - ・大量な状況データが最高効率で入力できること。
 - ・廉価な小型パソコン、携帯型パソコンなどで、十分な速度で動作すること。

ここで、開発したシステムDiMSISは、Windows3.1の環境下で動作する。アップルカンパニー作成の地図システムRINZO/Windows-DMは、同社開発の住宅地図利用基本システムを基に構築されており、独自の工夫により応答が早く操作性が良いことを特徴としている。DiMSISとも協調使用ができる。いずれのシステムもそれぞれの工夫で地図データを圧縮しているため、国土地理院発行の数値地図(阪神地区17図相当)だけを用いる場合は、最低3Mバイト程度のディスク容量で、また、神戸市、芦屋市などの住宅地図データ（ゼンリン提供）を組み合わせても数十Mバイト前後の容量で最小の処理は可能である。自治体で作成しているデジタルマッピング地図データ(都市計画図など)や住宅地図は詳細分析に向き、数値地図は全体集計や広域の状況分析に効果的であるため、相補的な使用が期待できる。いずれの基盤地図を用いて収集された状況データも自動整合処理を介して統合管理される。航空写真、高所カメラ、スナップ写真などの画像データも併用できる。今後、さらに総合的に災害情報を扱えるように汎用化した災害管理情報システムへと発展させる計画である。

(iii) 倒壊家屋撤去申請支援

大震災などでは、大量の家屋が倒壊し、ライフラインが寸断される。今回の震災でも、人命救助に続いて倒壊家屋の解体、がれき撤去、ライフラインの復旧が必要になった。しかも、緊急に対策を要する件数は膨大なものになったため、まず、状況把握と各種の受付業務の効率向上が必要になった。被災地では、10万棟以上の家屋の解体が必要になり、自治体では解体申請受け付け業務を行っている。長田区などの被害の大きい区では1万件を越える申込を短期間に処理することを余儀なくされていた。申請書の処理は進められていたが、効率の向上をはかるために、多くの家屋が倒壊した神戸市長田区でその業務に地理情報システムを応用する試みを行った。その処理の流れは図13.3.1.7のようになり、以下の機能を実現する。

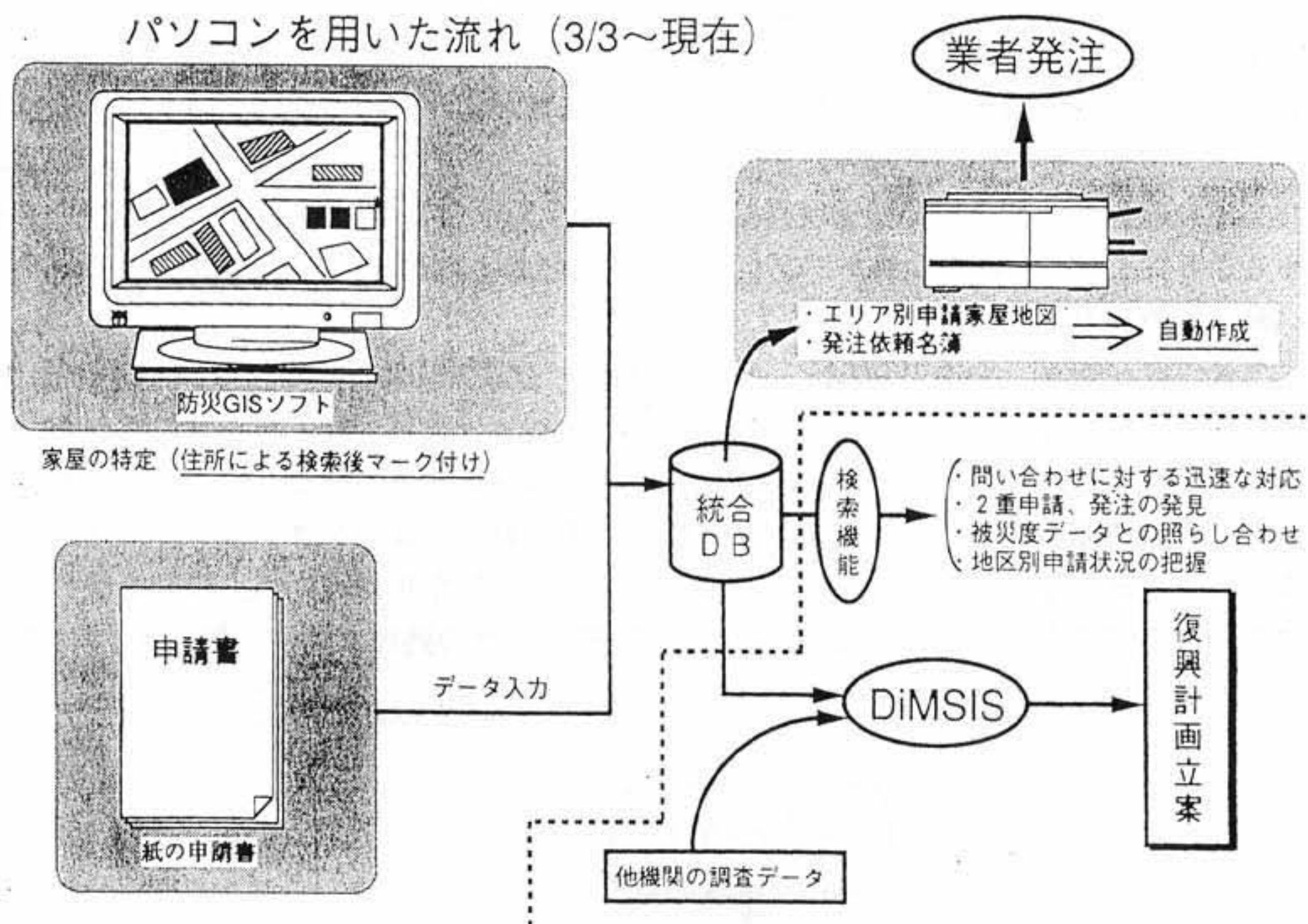


図13.3.1.7 パソコンによる解体申請受付

- 1) 解体家屋の位置の確定と申請登録：RINZO-DMを利用して、住所検索や目標物検索をすることによって、申込者に直接確認しながら、家屋の所在地を確定する。その場所に申請受理の状況を登録する。
- 2) 申請事項、所有者名などの登録：DiMSISで、入力した申請内容を家屋の位置情報と関係付ける。
- 3) 状況判断と発注書作成：地区(町丁目、街区単位)ごとの地図上に、申請状況を表示することによって、その地区の状況を把握し、解体業者への発注書を出力する。ここで、危険度などの調査データとの照合、状況分析も行う。
- 4) 問い合わせ、申請内容変更：問い合わせがあると、住所、申請者、受付番号などで必要事項を検索し、申請状況を把握する。要求があれば、内容を変更する。
- 5) 集計と工程管理：地区別、発注業者別、期間別などに、該当家屋数を集計することによって、解体工事の進行状況を把握することができる。

区役所職員、ボランティア学生などを含む多数の関係者が努力した結果として、この活動は十分な効果を発揮させることができた。ここで、計算機システムの役割は、要求の地図と申請情報を要求に応じて高速に表示することであった。特に、危険家屋の解体申請状況や発注状況などのように情報の統合表示が重要であった。

(iv) 防災情報システム

いつ、どんな事態が起こるか分からない自然災害に対応できる防災情報システムの構築が望まれる。そのためには、被災地域の情報を処理するための地理情報処理が重要である。ここで、自然災害にも耐えられるシステムの構築を目指して、努力することは大切である。しかし、いかなる災害にも打ち勝ち破壊されない人工物を作り上げられると考えるのは危険である。自然の営みに対して謙虚でなくてはならない。情報機器についても同じである。最悪の状況下では被災地域の防災システムも破壊される前提に立って地域を守るシステムを構築すべきである。システム開発には、各方面からの知見を集める必要があるが、考慮すべきと思われる項目を提示したい。

- 1) 可搬型情報システム：予期できない不安定な動作環境下でも使用できる必要がある。また、状況が良ければ据置型のシステムとの連動も可能であること。
- 2) 専門家でなくても使用できるシステム：被災地では人的資源が限られるため、計算機使用経験者なら誰でも操作できるシステムが望ましい。
- 3) 平常時に使用しているシステム：平常業務に使用できないシステムは経済効率が悪く、また、臨機応変な対応と即応的使用も制限される。

- 4) 複数システムの連動：自立分散型で協調作業に使用できるシステムが望ましい。
- 5) 最新の地域データベース：自治体ごとに管理される地域のデータベースが必要である。

バックアップデータの保管については他の自治体との連携が考えられる。例えば、姉妹提携した自治体間で相互にデータベースを保持し、有事に支援するなどの工夫が有効と思われる。情報収集には、1995年初めに打ち上げが計画されている高解像度衛星画像(分解能:3m, 2年後に1m)の利用が期待できる。この画像を利用することによって、状況変化を把握しやすくなると考えられる。

13.3.2 神戸市での処理状況

神戸市内の被災家屋数は、全壊54,949棟、半壊31,783棟、全焼7,046棟、半焼331棟、合計94,109棟であった。このうち要解体件数は約74,000棟、災害廃棄物の発生量は1千数百万 m^3 と推定されている。これに対する処理目標は、平成7年度中の解体、撤去、搬出の完了、平成8年度中の焼却、埋立などの最終処分の完了とされている。処理の基本的な考え方としては、発生現場においてはコンクリート、金属、木質系可燃物に分別することを徹底するとともに、リサイクル減量化と効率的な処理のため、破砕機焼却炉等の機械類を積極的に利用することが図られている。図13.3.2.1は神戸市での処理フロー、図13.3.2.2は廃棄物処理施設の配置図である。

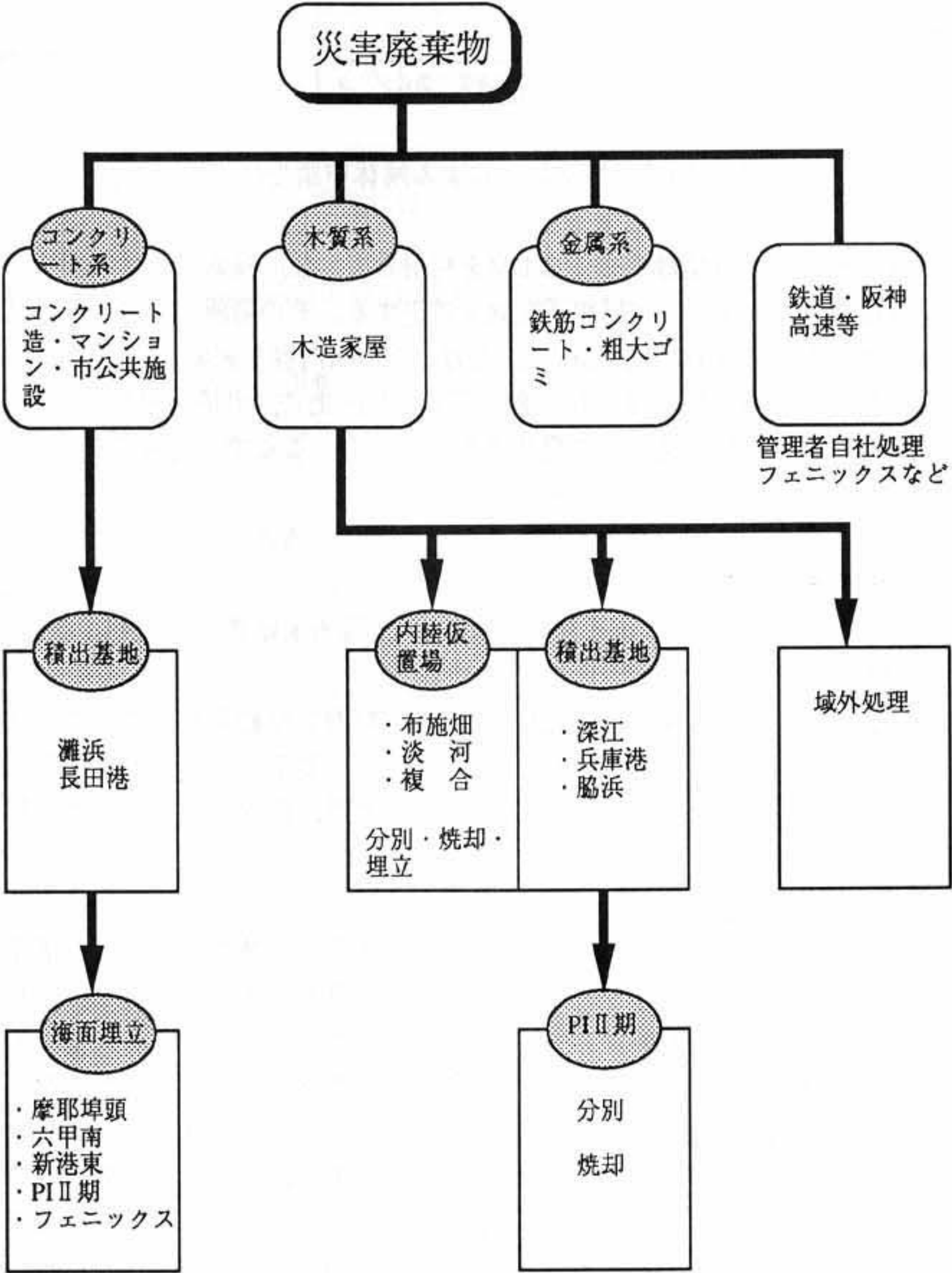


図13.3.2.1 神戸市における処理フロー

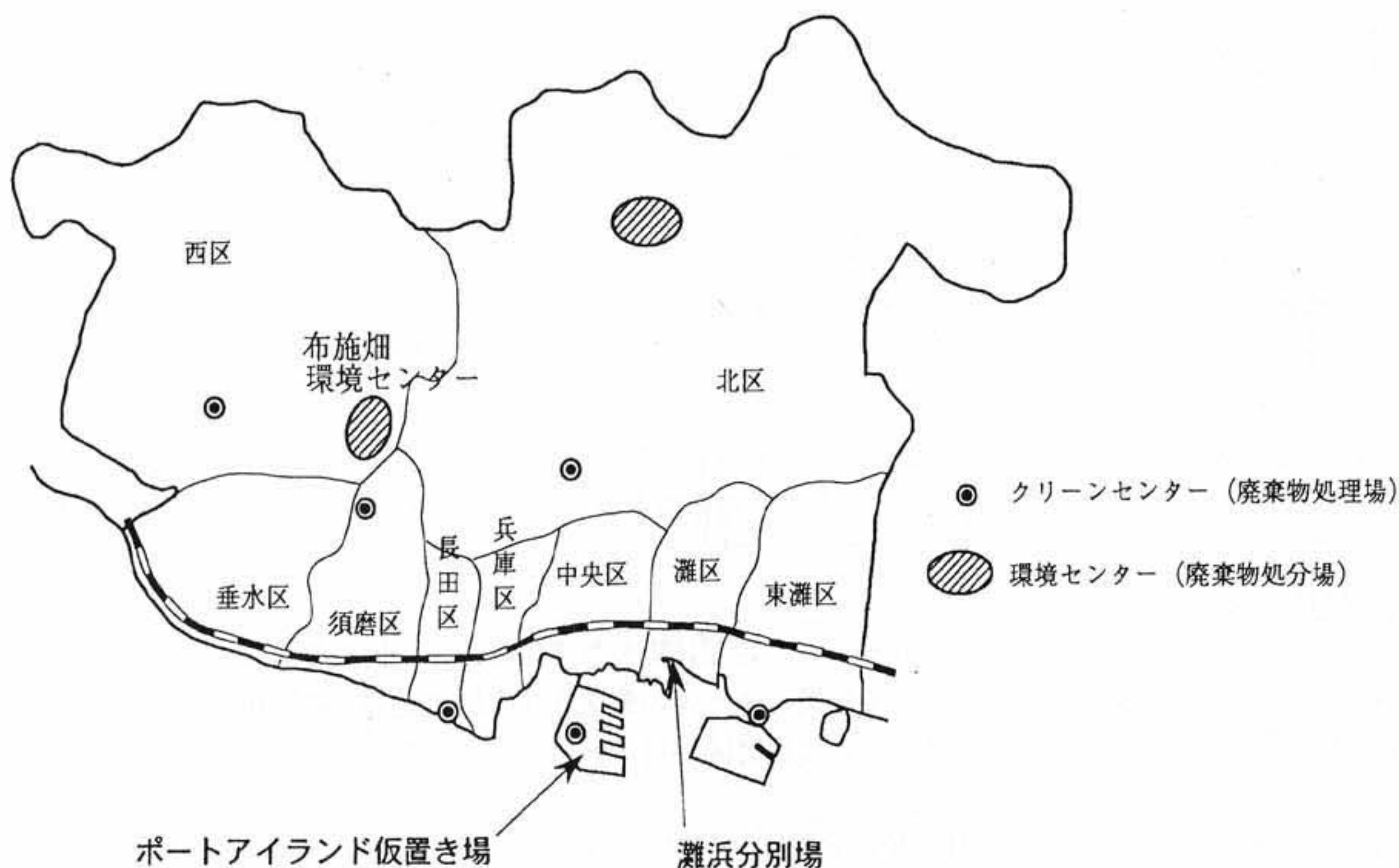


図13.3.2.2 廃棄物処理施設配置図

(1) 神戸市長田区での解体処理手続き

(i) 解体撤去費用の公費負担とその問題点

住民からの強い要望を受け、内部で検討を重ねた結果、今回の震災が阪神間全域に及ぶ大規模なものであること、個人の処理能力を越えること、公共空間の確保が急務なこと、人命・財産に危険が及ぶこと、家屋倒壊の危険性を早急になくす必要性が強いことなどから、倒壊の恐れのある家屋の解体撤去に当たり、その費用を個人でなく行政で負担することが決まり、長田区役所においても倒壊危険家屋の解体撤去に向けての作業が始まった。提出書類は神戸市統一様式で、原則として建物所有者が自己の建物の解体撤去に関する願い出書を各区の本部長に提出する方法で、占有者がいればその人の同意、長屋なら隣接者の同意、そして周辺の人々の同意が取れていることを条件に受付を始めた。当初の事務の流れでは、所有者からの願い出を受け、事情を聞き、そのあと現地に行き、倒壊の恐れがあるかないか、危険度はどれ位か、倒壊すれば隣接のどういう施設に影響を与えるのか、ということ进行调查する手順であった。

しかし、いざ受付を始めてみると、想像以上の人が押し寄せ、思いもかけない混乱となった。受付初日は1月29日、日曜日にもかかわらず、588件の願い出書が出された。1月30日の月曜日には1020件、1月31日は1394件、2月1日701件、2月2日541件と、わずか5日間で4244件の願い出があった。受付開始は9時からにもかかわらず、早い人は朝6時から区役所のカウンターに並んでいた。並んでいる人の整理、願い書の用意と書き方の説明、事情のヒヤリングで大変な作業となり、最初の5日間に予想以上の人が一斉に押し寄せたため、あとの事務処理が滞った。つまり、

- 1) 受付が応援職員を含めた臨時的な体制で、しかも一度に多くの書類を受理したため、書類の記載事項を十分チェックできなかった。とりわけ、占有者を始めとする関係者の同意書が不十分であった（震災で家が倒壊状態のため、実印はもとより印鑑のない人が多くサインだけの記載やボールペンがないので鉛筆による記載も多かった）。
- 2) 建物の所在地について、本人が申し出に来るわけだから間違いはないものと考えられたが、願い出書の住所が住居表示でなく地番であったり、間違っていたり、建物所有者の名前はわかっていても占有者の名前がわからず地図上で物件の特定ができない、といった問題が生じた。
- 3) 余りに大量に書類が提出されたため、物件の所在地別分類や地図上への落としこみ、書類の内容チェックに手間取り、業者発注するまでに1ヶ月近くかかった。そのため、願い出者に対し改めて解体していかどうかの意思確認や解体日程の調整が必要となり、電話による確認作業を行ったが、この作

業のための要員（返電を受ける人も含む）も10人以上必要となった。

- 4) 現地調査のため、区に建築職の職員が派遣されたが、4500件を越える物件を迅速に見ていくことは不可能であった。ところが、地元建築家の尽力により、新日本建築家協会の全面的協力が得られた。平日は本来の業務のため土・日曜日に限られたが、岡山・山口を中心に九州・四国からも応援があり、2月の毎土・日曜日、延べ200人にのぼる建築士によって長田区内の家屋の倒壊の危険性についての診断が行われた。
- 5) 事務量が相当量になり、臨時の人員が急遽必要となった。また、確認作業のための電話（急ぐため携帯電話で対応）やチェック用・書き込み用の住宅地図（約30冊必要）、現場調査用のカメラ、コピー機等の手配も急務であった。
- 6) 市民からの問い合わせに答えるマニュアルが十分でなく、解体撤去の内容の変更も余儀無くされた。倒れかかった塀や門・非常階段等のみでも解体撤去の対象とするのか、大企業の範囲は？、神社仏閣はどうするのか、など処理で解釈が揺れ動いた。

(ii) 長田区での対応・地理情報システムの導入

上述のように、解体の申し込みが殺到しこの処理に追われていた時、企画調整局より「京都大学で研究されているパソコンを使った地図による防災システムの倒壊危険家屋の処理への応用」について、一番件数の多い長田区とパソコン処理の進んでいる須磨区へ打診があった。このシステムの特徴は次の通りである。

- 1) ベースとなる地図に市販の住宅地図と都市計画図を使い、誰にでも使えて見やすくなっていること。
- 2) 願い出書の整理にマイクロソフトのエクセルを使い、所在地別・所有者別の分類が可能となり、執行管理が容易なこと。
- 3) 地図のもとになっているRINZOとエクセルをつなぐのが、DiMSISという京大防災研究所の開発したシステムで、これにより地図情報と家屋情報がリンクすること。

こうしてこのシステムを導入したが、実際やり始めると、次のような問題点が出てきた。

- 1) 職員がパソコンに慣れていず、操作、特にプログラムになると全く手が出せなかった。
- 2) 受付当初から導入しておけば、一貫した処理ができたが、途中から導入したため、書類の入力・チェックが二度手間となり、事務のロスが大きかった。
- 3) 入力作業に相当の時間と人が必要であった（この点については京大防災研究所並びに奈良大学地理学教室の全面的な協力を頂いた）。

しかし、これらは導入に伴う過渡的な問題で、メリットの方がはるかに大きかった。地理情報システムを活用することにより、

- 1) 地理的な空間内に存在する『もの』を体系的に分類し、相互の関係を明らかにし実世界のモデルとして記述すること
- 2) 『もの』が占める場所とそれぞれの『もの』の属性を記録（入力）し管理すること
- 3) 『もの』の存在する場所、『もの』を説明する属性（文字数値、画像等）を検索すること
- 4) 検索された結果を加工し、情報として表示、出力すること」が可能となった（坂内・角本）。

このような地理情報システムは、行政機関にとって有益なシステムと考えられる。今回の大震災に起因する倒壊危険家屋の解体撤去に際し、地理情報システムをモデル的に使用し、その有用性が十分証明された。今後行政としてこのシステムを本格的に導入し、いろんな分野に応用していくことは可能だが、当面は防災の面での利用が考えられよう。

(iii) 発注にかかる問題

実際に解体撤去を行うのは解体業者だが、その発注方式としては市が直接発注する方式と、個人が自ら業者発注する方式（三者契約方式と清算方式）の二つがある。これらの問題点は次の通りである。

- 1) 国庫補助事業としては行政発注の形式が要件となっているため、解体責任が個人から行政に転嫁されやすいこと
- 2) 市内に解体専門業者が少ないため、一度に大量処理できる体制になく、全国から多数の業者が集まったが、法外な値段を請求したり、隣家に損害を与えたり、道路や側溝を壊して放置するなど、業者の指導監督が十分にできなかったこと
- 3) 窓口での受付・応対、申し出人の意思確認・位置の特定・業者発注などの事務手続きに追われ、業者

の執行管理が不十分になったこと

- 4) 解体撤去した廃材・がれきの搬送ルート、仮置き場・置き場、分別・焼却施設・場所、最終処分地の手当が遅れ、対策が事後になったこと

上記の問題点は、日々変化し、当初からその対応策があったわけではない。また、物理的・制度的な制約から、1自治体で対応できないものもある。しかし、関係者の協力により、発注単価の適正化（特に廃材廃棄にかかる経費の算定）、執行体制の充実（地区別の業者発注方式の採用・人員の増強）等が行われ、相当に事業は進んだ。

土地の形状（起伏にとんだ丘陵地帯・急峻な地形等）、複雑な権利関係（借地・借家関係や陰悪な近隣関係、私道を巡る経費負担等）が、解体作業のネックになってきている。どうしても、作業のしにくい所が残り、単価の調整や権利関係の整理が課題となっている。

(iv) 課題

今回の震災により、初めて「災害廃棄物」という概念で、倒壊危険家屋の解体撤去を公費負担で処理する仕組みができたわけだが、実務上はかなりの課題を残したように考えられる。例えば、

- 1) 解体撤去の対象となる家屋特定の困難さ：当該家屋と地図上のポイントとのズレ、不明確な表示（住居表示と地番・家屋番号の混乱）
- 2) 権利関係の不明確さ：家屋所有者の確認（登記簿の提出や固定資産税台帳による確認の困難さ）
- 3) 事務効率の向上：システムとして事務の流れを構築すること（受付・書類のチェック・権利関係の確認・業者発注・申し出者への連絡・荷物等の搬出・解体撤去という流れをつかみ、どこに人的資源を投入し、どこにパソコン等の電子機器を投入するか、適切なシステムが必要である）
- 4) 発注手続きの迅速化：地区割りによる業者の選定、個人発注の容認、土木事務所の活用（日常から土木工事で業者を使っており、工事の執行管理等のノウハウが蓄積されている）
- 5) 廃棄物の分別：量・置き場の問題はあるが、長期的視点から見て、分別は必要

といったことがあげられるが、これらのことは、今振り返って言えることで、作業の途中ではその時の対応が全てだったと言わざるを得ない。災害時ということで、かなり乱暴なことも許された部分もあるが、平時から非常時に役立つ仕組みを構築し、運用し、それを活用できる人材を雇用していくことは、相当の困難と負担を伴うものと考えられる。しかし、住民情報やライフラインの情報は、それぞれの部署で管理されているわけで、これらを非常時に有機的に連携できるシステムを考え、また、誰にでも使えるシステムを備えていれば、少ない負担でシステムを維持管理できる可能性はある。地理情報システムを始めとする電子的手段の効用には目を見張るものがあり、これと人的資源の効率的な組み合わせを十分考え、短期に所期の目的を達成できる仕組みを構築することは必要である。

(2) ポートアイランド仮置き場での処理

神戸市内で震災により発生した木質系災害廃棄物のうち深江、脇浜、兵庫の積出し基地に集められたものは、船に積み替えられて海上運搬され、ポートアイランド二期地区(以下、PI2期)へ揚陸後、ダンプトラックに積み替えられて島内の仮置場及び分別場所へ運ばれている（仮置き場位置図参照）。神戸市の説明によれば、PI2期には、今回の地震で数10cmの地盤沈下が生じたが、不等沈下が生じていないため、地震直後より島内での処理については運搬車両の走行、作業には支障がなかった。

中間処理基地面積は図13.3.2.3に示す約20ha（仮置ヤード114,000m²、分別ヤード38,000m²、焼却ヤード23,000m²）の広さがあり、分別場所では、フォーク装着バックホー(0.35m³級)が用いられ、高さ5mに積み上げられた災害廃棄物が、粗大不燃物(30cm以上のコンクリート等)、金属類、粗大可燃物(柱・梁材等)と残りの中小混合物に分別されている。

コンクリート等は、圧碎機付バックホーで破碎し埋立てに用いられ、金属類は回収業者によりリサイクルされる。柱・梁等は、そのまま長さ50cm以上ならば破碎機でチップ化され、簡易炉(40 t/日×2台、4月より稼働)で焼却処理される(写真13.3.2.1)。木材破碎には米国製(回転式、40 t/日)と日本製(二軸剪断式、70t/日)が1台ずつ使用されている（写真13.3.2.2）。

可燃・不燃物の混在した中小混合物はキルン炉（200t/日×2台、10月より稼働）で焼成され、炉排出土砂は埋立て材として有効利用され、また集塵灰は布施畑及びフェニックスへ搬出される。排ガスはマルチサイクロンで処理されている。

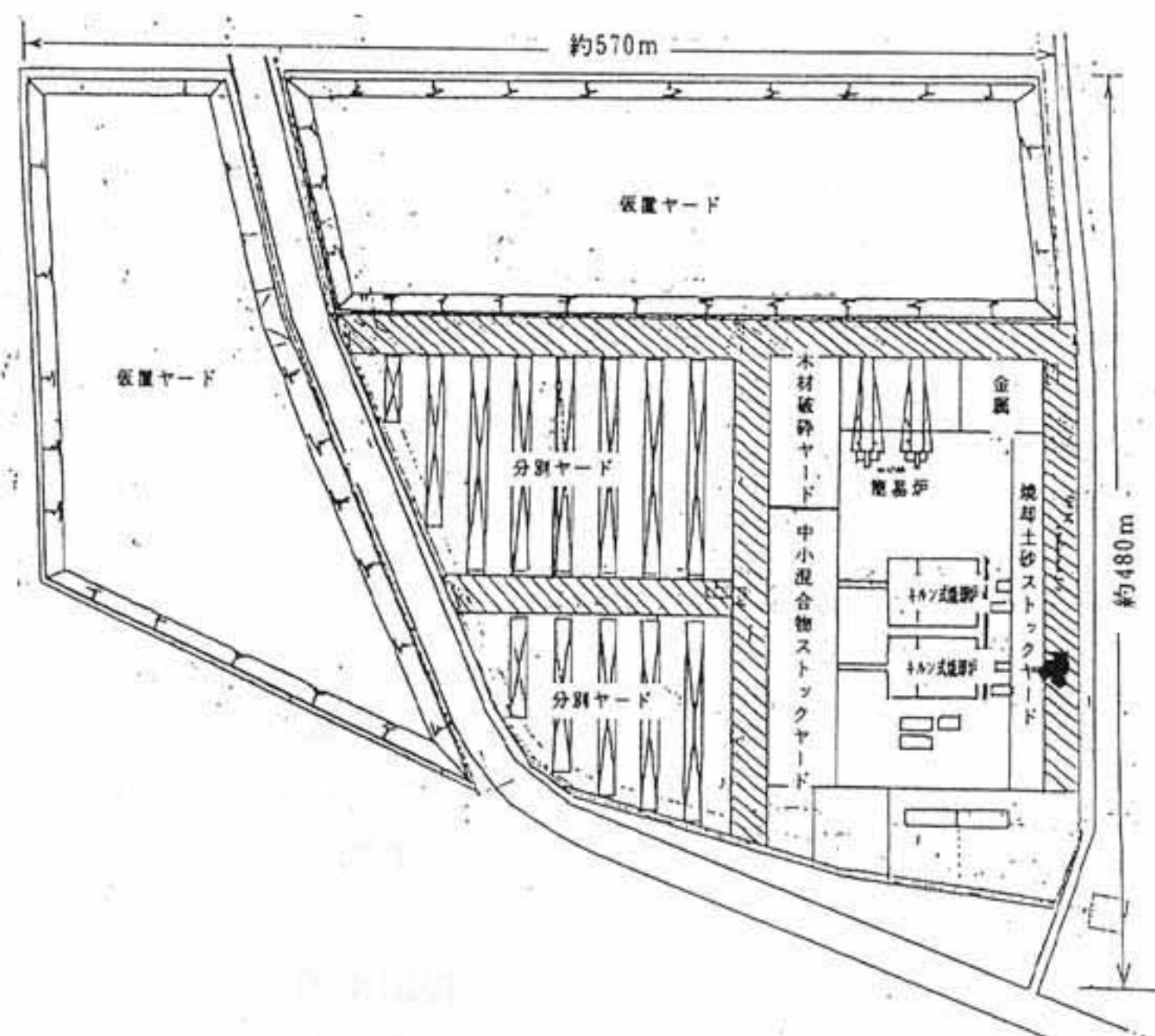


図13.3.2.3 ポートアイランド仮置き場における中間処理施設配置図

このキルン炉は民間遊休施設を改造移設したもので、平成9年3月まで稼働の予定となっているが、広大な用地の中にあってもその大きさは目を引き、分別ヤードに積み上げられた災害廃棄物の山とともに、被害の甚大さと処理作業量の大きさが実感される（写真13.3.2.3）。

キルン炉に投入される中小混合物に含まれる可燃物の割合は当初約30%以上あると考えられていたものが実際には10~20%となっておりキルン炉の稼働率低下の原因ともなっている。実際には可燃物、不燃物の選別機化していると考えられる。

このPI2期中間処理基地は、分譲前の広大な海面埋立て地の一部（20ha）を使用することができたもので、神戸市内の災害廃棄物撤去を進める上での大きな助けとなっている。PI2期地区での木質系災害廃棄物の最終受入れ及び処分量は100万 m^3 を超えると考えられており、がれきについても、神戸市の処理計画では70万 m^3 をPI2期へ受入れ、埋立てる予定となっている。

神戸市では、処理用地として市内に広いスペースを確保できた、震災直後は道路上に倒壊した建物などを早急に解体撤去する必要から、当初はそれほど厳しい分別指導が行なわれていなかったこともあり、ミンチ解体（機械を使い、分別しないで解体すること）が行なわれた。そのため被災後しばらくの間ミンチ状態で相当量が積出し基地へ搬入され、各積出し基地が満杯になるとともに、そのままPI2期へ運ばれたと言われている。当初から分別解体を強制していれば受入れ基地以降の処理の負担を軽減できたとも考えられるが、神戸市内の全半壊家屋8万6千棟という圧倒的な数に対する復旧工事の予想以上の進捗を見れば、主要な道路や施設周辺ではミンチ解体もある程度はやむを得なかったのではないかと考えられる。

(3) 灘浜分別場での処理

本分別場では、主としてRC建造物の解体から排出されるコンクリートがらの分別と処理後の積み出しを行っている。この施設は、神戸市の無料処理場である。

コンクリートがらは、リサイクル法で「原材料として利用可能性があるもの」の範疇に入ることから、できるかぎりリサイクルして再利用に努める必要がある。この基本原則にのっとり、神戸市は倒壊ビルから発生するコンクリートがらを、できるだけ現場において分別し、当施設で水による比重分離で木くずやプラスチックと分けて、コンクリートがらをフェニックス等の海面埋立に利用する計画を立てた。

当施設は、ポートアイランドと六甲アイランドの中間の都賀川の西に位置する出光興産オイルタンク基地後に設置している。敷地は、約150m×60m=9,000 m^2 である。図13.3.2.4は施設平面図である。

本施設の処理方法を次に示す。

- 1) 倒壊現場で出来るだけ分別されたコンクリートがらを主とした廃棄物を10tダンプトラックで当分別場に搬入する。入門時には写真13.3.2.4に示すような防塵対策用の散水装置の下を通る。この時、破碎

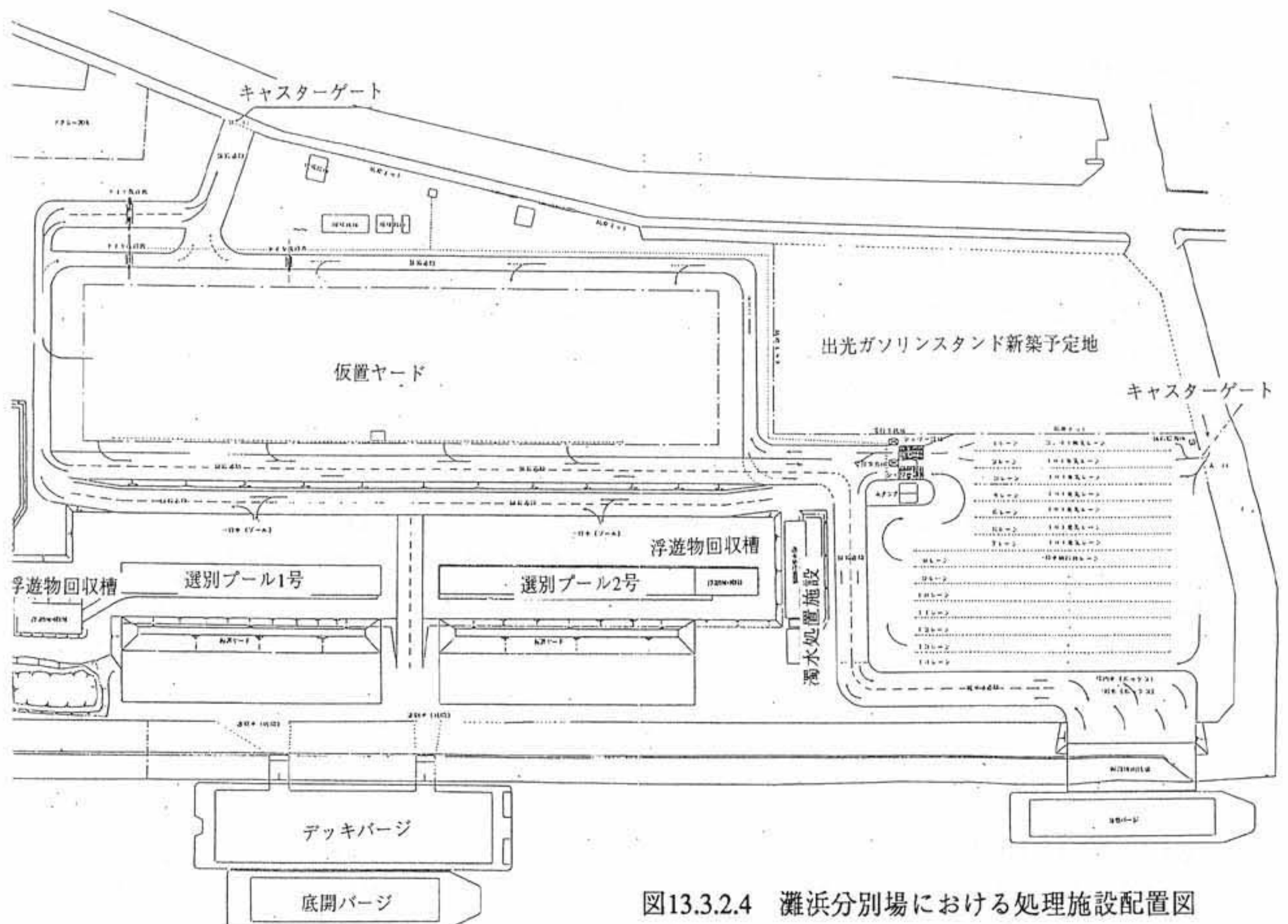


図13.3.2.4 灘浜分別場における処理施設配置図

状態の悪いものやコンクリートがら以外の廃棄物が多いものは入門を拒否される。

- 2) 入門したダンプトラックは、海水を貯めた埋め込み式ピット（1槽の規模が8（W）×20（L）×4（H）mを4槽連結したピットを2基）に投入する（写真13.3.2.5）。投入が終わったダンプトラックは出口から出る。
- 3) ピットに投入されたコンクリートがらは下に沈むが、混在している木質系廃棄物やプラスチックなどは表面に浮く。またその時、コンクリート混和剤の影響と思われるアクが浮く（写真13.3.2.6）。これらをシャワーによって一方の集水溝に入れる。
- 4) ピットの下に沈積したコンクリートがらはバックホーで陸上に上げる。そして、積出し基地からデッキバージによってフェニックスやポートアイランド二期埋立場所に海上輸送して海面埋立に用いる。
- 5) 溢れた海水は、ピットの西端にある排水処理施設で中和処理を行い、シャワー水として循環して再利用している。一方、浮遊物は東の端に集められ、ベルトコンベヤーにより固形物が分取される（写真13.3.2.7）。ピットの底に溜った汚泥はフィルタープレスで脱水される。木質系廃棄物は一箇所に集めて焼却処分する。
- 6) 当施設の処理量は、ピーク時には10tダンプトラックが1日に1200台入ったが、7月の時点では平均600台であった。

災害直後は、交通障害などから倒壊した大型構造物は速やかに解体・撤去してフェニックスで処分した。しかし、混乱が一段落したごろから、神戸市は灘浜と東部4工区に積み出し基地を設置した。そして、灘浜では前に示したような処理方法を4月ごろに試験して、処理できることを確認し、本格的な施設の建設を行い、現在の処理・運搬・処分に至った。本施設の特徴としては下記の点が挙げられる。

- 1) 海水を利用した分別・洗浄で、海水は循環処理していることから、海を汚染する度合は極度に小さい。
- 2) 分別されたコンクリートがらは非常に良質であるので、埋立材料としては適している。
- 3) 汚泥の処分については明確な把握が困難であったが、当施設から発生する汚泥の量は、コンクリートがらの発生量に比べて非常に少ないので大きな問題とはならないであろう。

- 4) 灘浜の積み出し基地のすぐそばに、このような広大な処理スペースが確保できたことは非常に幸いであったと思われる。他の自治体ではどのようなであったかの調査が必要である。

(4) 布施畑処分場での処理処分

多量の災害廃棄物が持ち込まれた布施畑処分場は、全国の大都市の中でも有数の内陸型最終処分場であり、管理型処分場を提供するものである。昭和47年11月より供用開始しており、埋立可能面積102ha、計画埋立量は2,350 万 m^3 である。

処分場そのものの被災状況は、貯留構造物、洪水調節ダム、水処理施設等には何ら被害はみられなかったが、割石とメッシュで囲われたガス抜き通気孔が地震により傾いた状況であった。

布施畑処分場での災害廃棄物の受入状況は図13.2.4に示した通りである。大量の廃棄物が持ち込まれたため、交通渋滞が深刻となった。7月末までの搬入総量は約193万トン（約40万台）にのぼっており、搬入台数は最大5,000～12,000台/日にもなった。なお焼却灰は平成4年度以降フェニックスへ搬入してきたが、震災によりフェニックスへの搬入は中止されたため、布施畑処分場でも処分された。また、アスベスト廃棄物も持ち込まれ、別途保管されている状態である。写真13.3.2.8は処分場の状況である。

持ち込まれた廃棄物は可燃物も多量に含まれるため、平成7年11月には破砕機と焼却炉が導入され、減容化処理を行っている。これらは、災害廃棄物あるいは廃棄物が埋め立てられた地盤（廃棄物層約70m）を30cm厚の碎石層で置き換え、50cmのコンクリートスラブの上に設置されたものである。廃棄物の不等沈下による施設への悪影響を防ぐため、破砕機はスラブ上に設けられた共通架台の上に設置されている。処理設備の概要は下記の通りである。

破砕分別設備：30 t/h × 2系列、回転ふるいと磁選機により可燃物、不燃物、鉄類の3種類に分類される。

連続式焼却設備：100 t/24h × 3系列、順送式ストーカ方式

バッチ式焼却設備：40 t/d × 3系列、固定床方式、煙突は連続式焼却設備と共用

破砕分別設備は国内最大規模のものである。また、この施設のために特別高圧電源（22000V）が確保された。既に持ち込まれている災害廃棄物のうち可燃物を掘り起こし、大柄のものは破砕分別設備にて破砕後、連続式焼却設備にて焼却され、バッチ式焼却設備では破砕されない廃棄物が直接処理される。

13.3.3 伊丹市での処理処分

伊丹市での災害廃棄物処理の特徴として、十分な処分場や仮置き場が市内に無く、また、伊丹空港の存在により野焼きが強く禁止されたため、減容化およびリサイクルのための中間処理が徹底されたことが挙げられる。

この地震による伊丹市の震度は、5程度と推定されている。阪急伊丹駅で甚大な被害が発生し、市内においても全半壊家屋が約8600棟にのぼっており、伊丹市の被害は兵庫県全体の4%を占めている。RC系・S系構造物の被害では、伊丹市では8棟にのぼっている。伊丹市における解体の必要な棟数は木造、RC、S造を含めて2722棟であり、それによって発生する木質可燃系がれきは78000 t、ガラ系は162000 tである。解体を伴わないがれきの発生量は可燃系16000 t、ガラ系262000 tであり、これらは市内4ヶ所の仮置場へ一時的に搬入された。仮置場での搬入量は合計511000 tである。処分量は、リサイクルに139000 t、フェニックスに272000 t、委託を含め焼却が50000 tであり、現場から直接搬入されたものを含め合計で519000 tである。

(i) 処理処分のフロー

図13.3.3.1に災害廃棄物の流れを示す。伊丹市においては震災後3日目（1月20日）から仮置場への分別搬入を徹底した。その結果仮置場の整理、分別処理が円滑に進められた。

(ii) 分別

仮置場においては、解体現場で分別された金属くず、可燃物（木くず等）および不燃物（コンクリートがら等）を廃棄物毎に受け入れ区画を定めている。写真13.3.3.1に示す看板が場内入口に設置され、場内は区画毎に整理されており、搬入の際に厳しくチェックが行われた。写真13.3.3.2は廃木材、写真13.3.3.3は畳類の仮置き状態である。

手作業による分別には処理能力に限界があるため写真13.3.3.4および5に示す選別機が導入されており、ふるいによって大粒径の木片やコンクリート片と小粒径の土砂に分別している。写真13.3.3.6は振動ふるいによって選別された30cm以下の土砂状のものであり、そのままフェニックスへ搬出予定のがれきである。

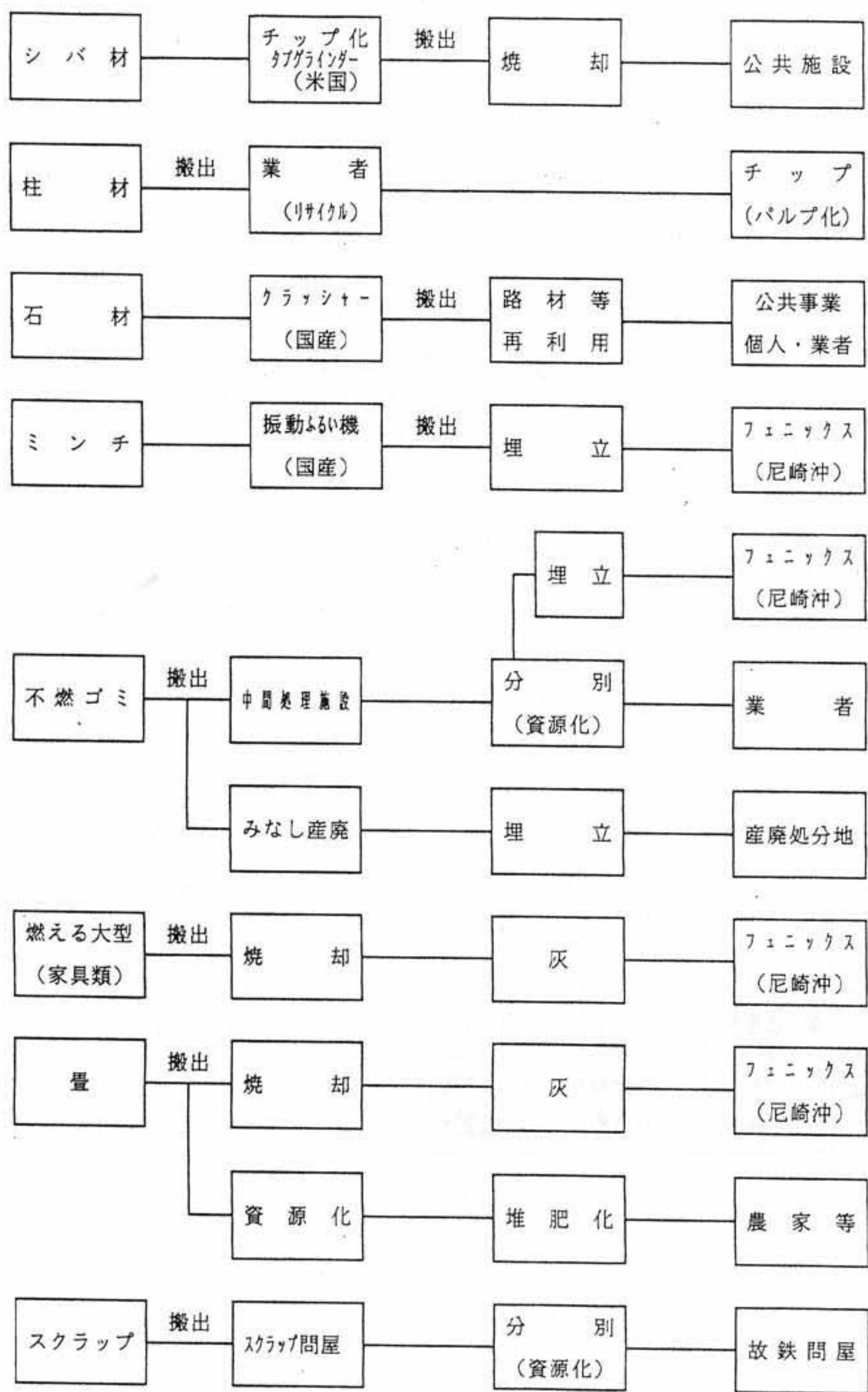


図13.3.3.1 伊丹市における災害廃棄物の処理の流れ

廃木材として分別された廃棄物の中には泥や金属が混入しているため、写真13.3.3.7に示すノッチタンクを設けて水処理を行っている。この場合は木材は浮遊物となり、沈殿物は不燃物として取り扱われている。

(iii) 破碎

仮置場に破碎機を設置して有効利用または焼却のため不燃物および可燃物を破碎している。選別機によって木くずやコンクリートがらと土砂に分けた後、各々別々に破碎機によって破碎している。写真13.3.3.8は木くずの破碎機である。木くずをチップ化した後、処理を京都市に依頼している。

(iv) 焼却

他市においては仮置場では野焼きが法律（廃棄物の処理及び清掃に関する法律）に違反し、大気汚染が問題となったため中止しているが、伊丹市では、航空路に当たっており、当初から野焼きは不可であった。焼却はクリーンランドの自己焼却場および京都市等に委託して行った。

(v) 再生利用（リサイクル）および有効利用

金属くずは回収業者に委託し、鉄筋・鉄屑等は製鋼用に再生利用される。

コンクリートがらは破砕機によって破砕し、必要に応じふるい機を用いて粒度調整を行って、埋戻材等への再生・有効利用が計画されている。具体的にはコンクリートがらを3～4cm以下に破砕し、宅地の嵩上げに有効利用されている。

木くずは選別し良質材はチップにして合板用や製紙用のパルプの原料に、悪質材はチップにした後、代用エネルギー等の燃料用に再生利用される。

畳は、専門業者に委託して、一部堆肥化などに再生利用される。

13.3.4 フェニックスでの災害廃棄物受入状況

フェニックスでは、1990年1月から尼崎処分場にて、1992年1月から泉大津処分場にて、それぞれ廃棄物の受入が開始された。フェニックス計画では近畿2府4県の約170市町村が廃棄物の受入が可能な「広域処理対象区域」に指定されており、廃棄物は排出者により搬入施設（積出基地：尼崎、神戸、播磨、津名、大阪、堺、泉大津、和歌山）までトラックで搬送され、受入が行われた後、バージ船で処分場（尼崎処分場、泉大津処分場）まで海上輸送される。

フェニックスでの被災状況は、尼崎処分場で地盤沈下、ケーソン護岸の段差、一部区画での液状化、中仕切り舗装のクラックなどが見られたが、供用に支障は無かった。しかし、神戸基地は護岸や投入ステージが著しく変状し、しばらく供用できない状態となった（入江・森，1995）。

表13.3.4.1はフェニックスの計画容量ならびに残容量であり、これをもとに、平成11年度以降分の安定型処分場の容量1500万m³を前倒しして、災害廃棄物（安定型）を受け入れる方針を決めた。

表13.3.4.1 大阪湾フェニックスセンターの計画値および残容量

		受入計画 容量	残容量（H6 年11月末）	年間平均受入量 （H7年度以降）	受入終了 予定年度	災害廃棄物 受入可能量
安定型区画	尼崎沖	11,000	6,291	600	16～17	3,891
	泉大津沖	20,000	17,521	1,600	16～17	11,121
管理型区画	尼崎沖	4,000	2,130	400	10	530
	泉大津沖	10,000	8,228	2,000	10	228

単位：千m³

入江（1995）による。

災害廃棄物の受入は、1月24日から尼崎市、伊丹市、宝塚市からの災害廃棄物が搬入された。図13.3.4.1は尼崎基地での廃棄物搬入実績であり、震災廃棄物の占める割合が徐々に高くなっている（入江・森，1995）。また、図13.3.4.2は、地震後3ヶ月の間のフェニックスへの災害廃棄物搬入状況であり、道路鉄道幹線の復旧に併せて災害廃棄物が持ち込まれたことが示される。すなわち、国道43号線上に倒壊した阪神高速神戸線からの解体廃棄物は震災後3週間の間に持ち込まれており、4月に全線復旧したJR線からの廃棄物は2月末から3月上旬に災害廃棄物搬入のピークをむかえた。自治体では、神戸市以外の都市からの災害廃棄物の搬入の割合が非常に高い。一方、神戸市では、布施畑処分場や多くの仮置き場が活用され、また、フェニックスへ災害廃棄物を搬入する神戸基地が被災し海上輸送が不可能となったため、フェニックスへの搬入量は少なく、さらに1995年度には新規の埋立計画が策定されたことにより、フェニックスへの持ち込みは無くなっている。なお、災害廃棄物は完全に分別が行われているとは言えず、海洋投入される安定型処分場の区画には、木片などの可燃物が浮遊していた状態であり、この回収物の処理が課題である（入江，1995）。

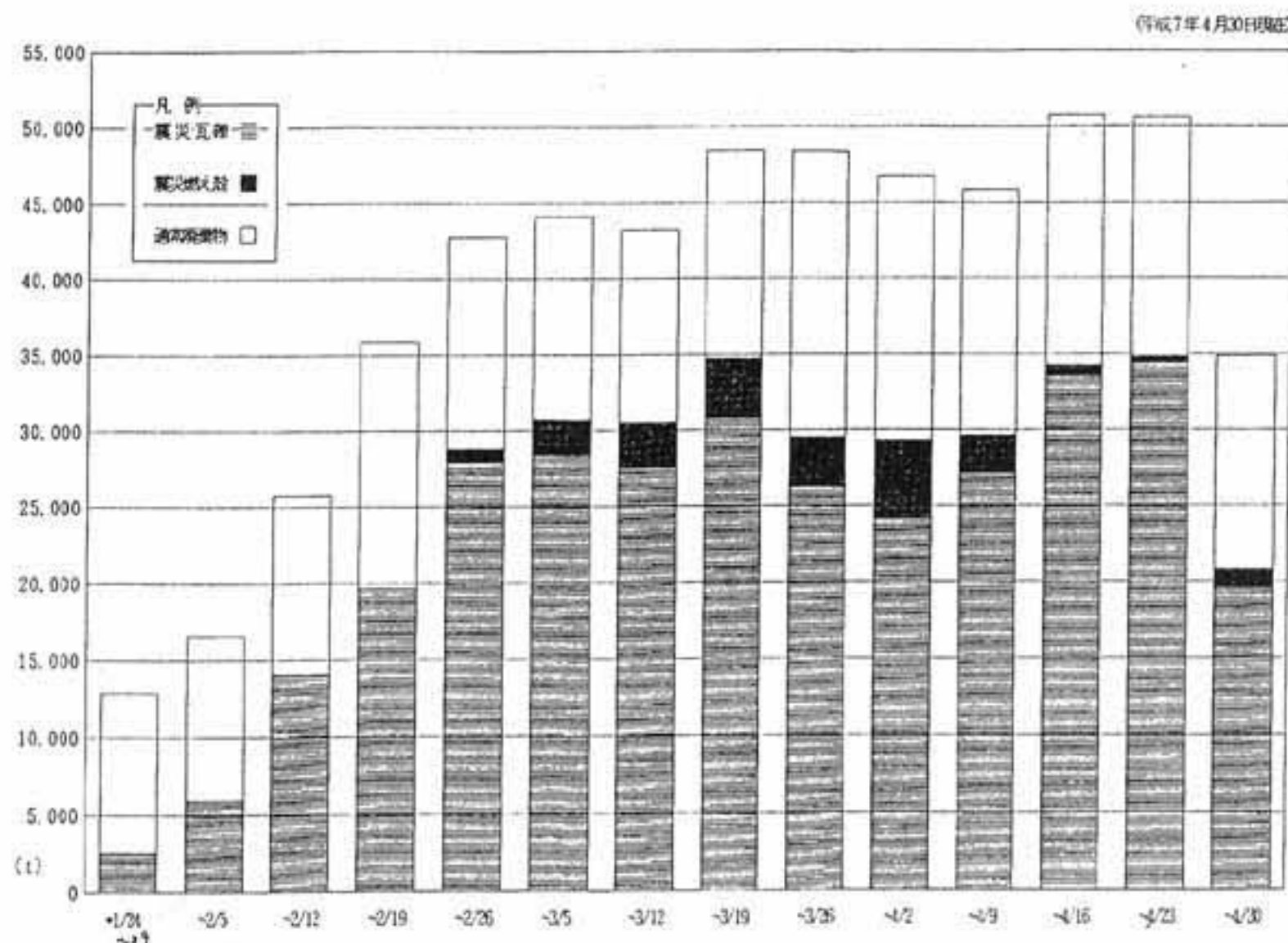


図13.3.4.1 フェニックス尼崎基地での搬入実績（入江・森，1995）

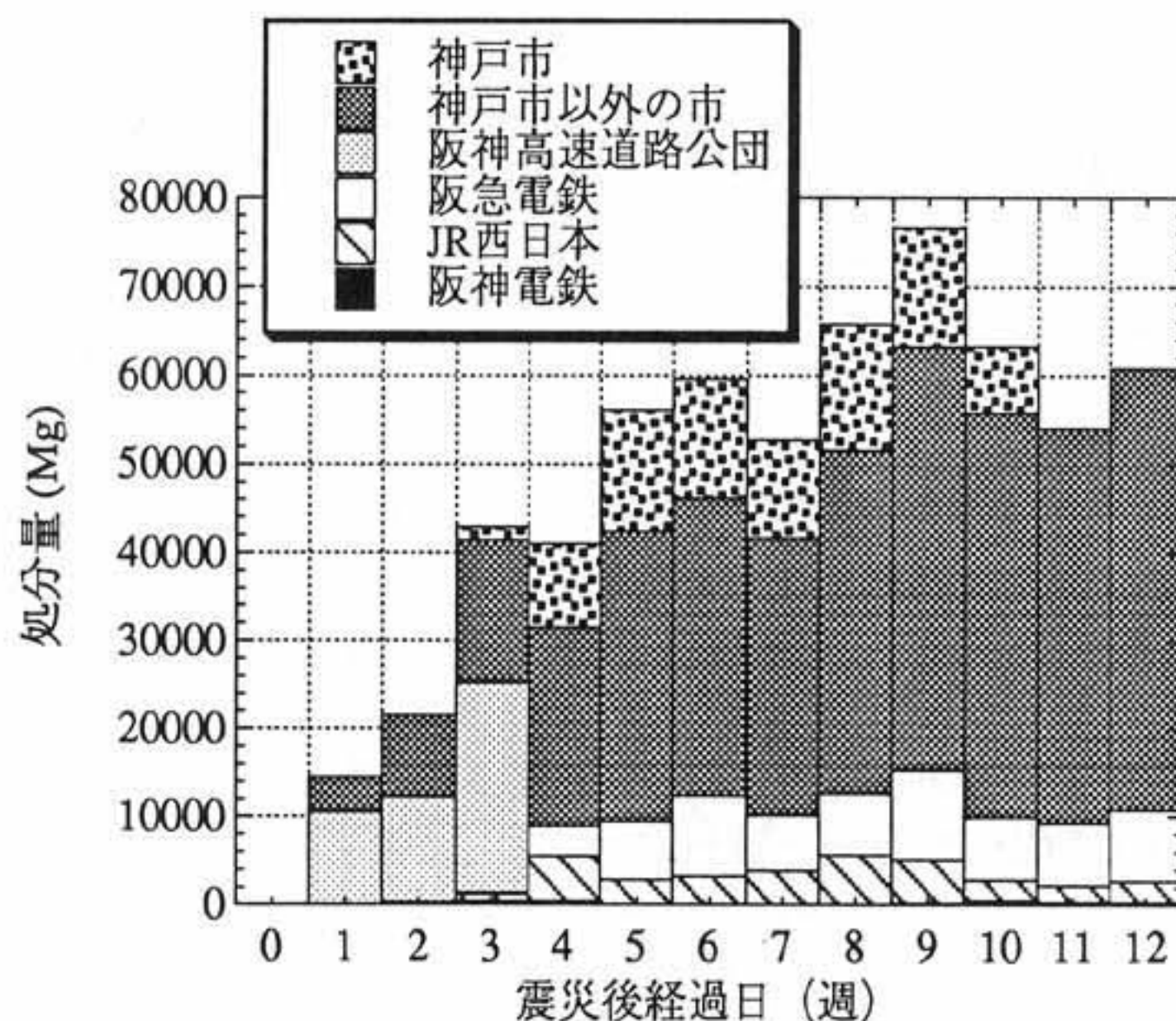


図13.3.4.2 フェニックスへの災害廃棄物受入状況（入江，1995を編集）

13.4 まとめ

以上のように、兵庫県南部地震による災害廃棄物の発生と処理の実態についてみてきたが、地震による被害の規模がすさまじく大きく、大量の災害廃棄物が発生したにも関わらず、復興、復旧を滞り無く進捗させるため、行政側は災害廃棄物処理に対して2年間という目標期間を設定し、処理処分が遂行された。そのため、災害廃棄物処理は著しく早く進んだのがこの震災における特徴でもあろう。一方、そのため多くの過程（処理工程）で、様々なひずみをもたらしたのも事実であり、解体手続きの不手際など行政サービスの問題、分別の不徹底などリサイクル化の問題、仮置き場での野焼きなどの環境問題等多くの問題が顕在化した。地盤工学の立場からは、災害廃棄物で造成された地盤の特性の問題は今後も継続して議論される問題であろう。

今回の災害廃棄物処理に関する問題は、神戸市から芦屋市、西宮市、伊丹市にかけての極めてローカルな地区で起こった問題であり、これをそのまま一般化して議論することはできない。海と山に挟まれた東西に狭い地区に家屋や構造物が密集しており、いくつかの幹線道路も被災を受けた。これらネガティブな要因の一方で、神戸市には全国の政令都市でも有数の内陸型の管理型処分場（布施畑）を有しており、被災地区全域には仮置き場として活用できた大規模埋立地がウォーターフロント地区に並んでいた。さらに、

自治体を超えた廃棄物受入を満たすフェニックス（大阪湾広域臨海環境整備センター）も、災害廃棄物の受け入れに大きく貢献した。被災の時期が異なれば、可燃性廃棄物特に生ごみの処理と衛生問題が顕在化したことも考えられる。今後あるいは事前に災害廃棄物処理の問題を考える際には、復旧・復興というゴールだけでなく、処理場や処分場のキャパシティー、仮置き場として利用しうる土地面積と受入稼働能力、災害廃棄物処理による環境影響などを考慮した上で、対策がたてられるべきである。また、復旧・復興事業の中に災害廃棄物のリサイクルを位置づけ、可能ならコンクリートがら等良質の廃棄物で埋立を行うなど防災対策としてもリサイクルを考えること、広域処理を可能にするようなシステムについて認識を持つておくことなどが望まれよう。

参考文献

廃棄物学会：特集 災害と廃棄物対策、廃棄物学会誌、Vol.6, No.5, 1995.

永田勝也：災害廃棄物への対応と課題－阪神・淡路大震災から考えること－、pp.345-350.

高月 紘・酒井伸一・水谷 聡：災害と廃棄物性状－災害廃棄物の発生原単位と一般廃棄物組成の変化－、pp.351-359.

島岡隆行：自然災害における災害廃棄物の発生特性と処理方策に関する調査研究、一廃棄物学会研究委員会自主研究の中間報告－、pp.360-372.

春風敏之：兵庫県における災害廃棄物とその対策、pp.373-379.

藤原輝夫：神戸市の災害廃棄物対策、pp.380-393.

中道民広・井上 求：災害時の廃棄物処理技術、pp.394-401.

京都大学環境衛生工学研究会編：環境衛生工学研究、Vol.9, No.3, 1995.

春風敏之：兵庫県における災害廃棄物処理、pp.116-120.

小林悦夫：阪神・淡路大震災後の大気汚染対策、pp.121-124.

中島國勝：阪神・淡路大震災後の水質保全対策、pp.121-124.

粕谷明博・岩佐恵治：廃棄物処理とそのシステムに関連して、pp.144-149.

入江登志男・森 一男：大阪湾広域臨海環境整備センター事業の現況と兵庫県南部地震災害廃棄物の搬入状況等について、pp.150-152.

(社)日本廃棄物コンサルタント協会・国際廃棄物協議会・国連環境計画／国際環境技術センター：震災廃棄物対策国際シンポジウム報告書、1995.

入江登志男：阪神・淡路大震災「がれき始末日記」、資源環境対策、Vol.31, No.4～（連載中）、1995.

碓井照子(1995)：英国におけるGISデータベース整備の現状－阪神・淡路大震災復興事業にも緊急に必要とされる英国型GISデータベース整備事業、ESTREA, 1995-4, 統計情報研究開発センター、8-14

碓井照子(1995)：奈良大学情報処理センターにおける阪神・淡路大震災災害データベースの作成、奈良大学情報処理センター年報、6, pp.31-41.

碓井照子・亀田弘行・角本繁(1995)：阪神・淡路 大震災の復興過程における瓦礫撤去状況調査からみた神戸市長田区における防災GIS導入効果の分析、地理情報システム学会講演論文集、4, pp.39-42.

碓井照子・小長谷一之(1995)：阪神・淡路大震災における道路交通損傷の地域的パターン◇GISによる分析、地理学評論、69A, pp.621-633.

碓井照子・實清隆・酒井高正(1995)：阪神・淡路大震災の災害データベース作成と防災GIS－奈良大学防災調査団の実践的活動から－、地理情報システム学会講演論文集、4, pp.33-38.

亀田弘行(1995)：兵庫県南部地震をふまえた大都市災害に対する総合防災対策の研究、文部省研究プロジェクト報告書.

Kameda, H., Kakumoto, S., Iwai, S., Hayashi, H. and Usui, T. (1995): "DiMSIS: A geographic information system for disaster information management of the Hyogoken-nambu earthquake," Jour. NDS, Vol.16, No.2, pp.89-94.

高阪弘行(1995)：情報スーパーハイウェーとGIS、GIS－理論と応用、3-1, PP.53-60.

坂内正夫・角本 繁(1992)：コンピューターマッピング、昭晃堂.

GIS利用動向調査委員会(1995)：『GIS利用動向調査－震災対策GIS調査報告書』、国土地理院.

楡井 久：阪神・淡路大震災の災害廃棄物、京都大学防災研究所年報、第38号B-2, 1995.

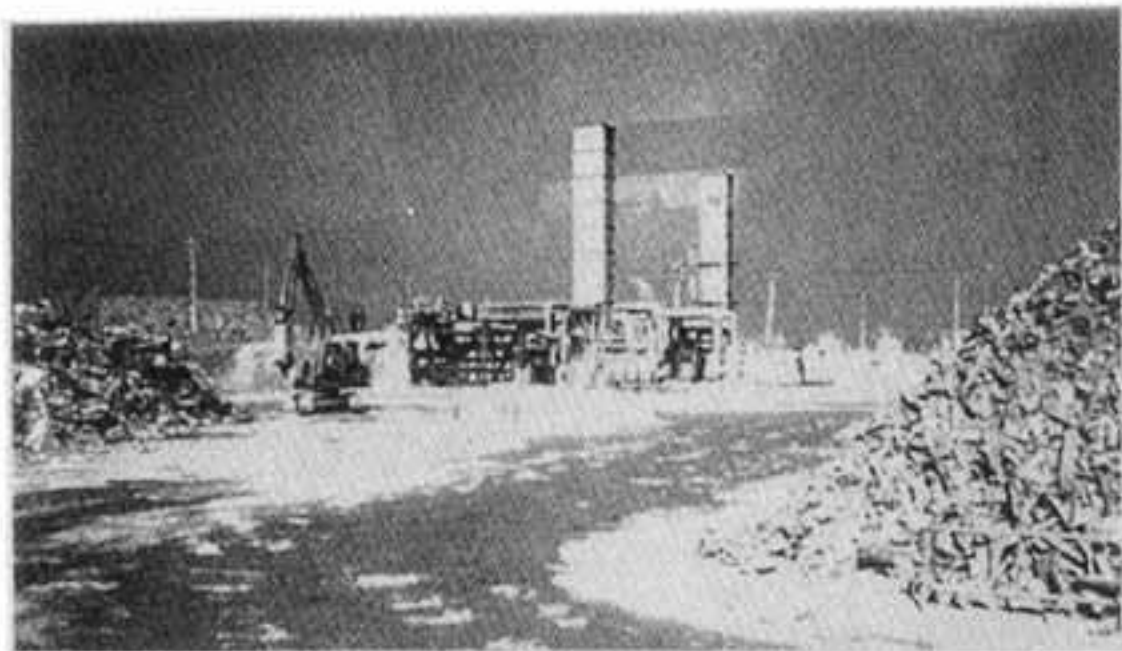


写真13.3.2.1 簡易焼却炉（ポートアイランド仮置き場）



写真13.3.2.2 木材破砕機（ポートアイランド仮置き場）

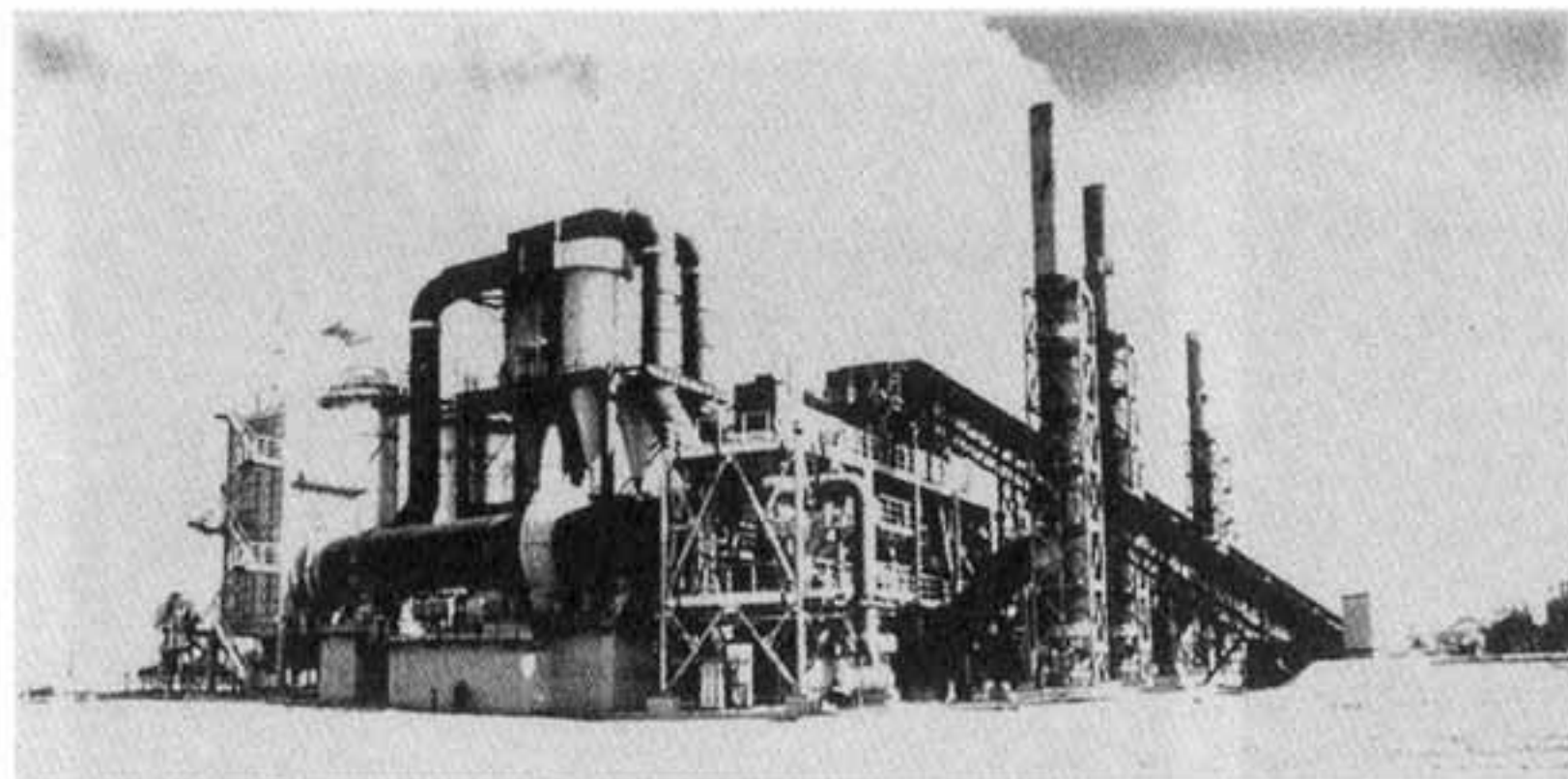


写真13.3.2.3 キルン焼却炉（ポートアイランド仮置き場）

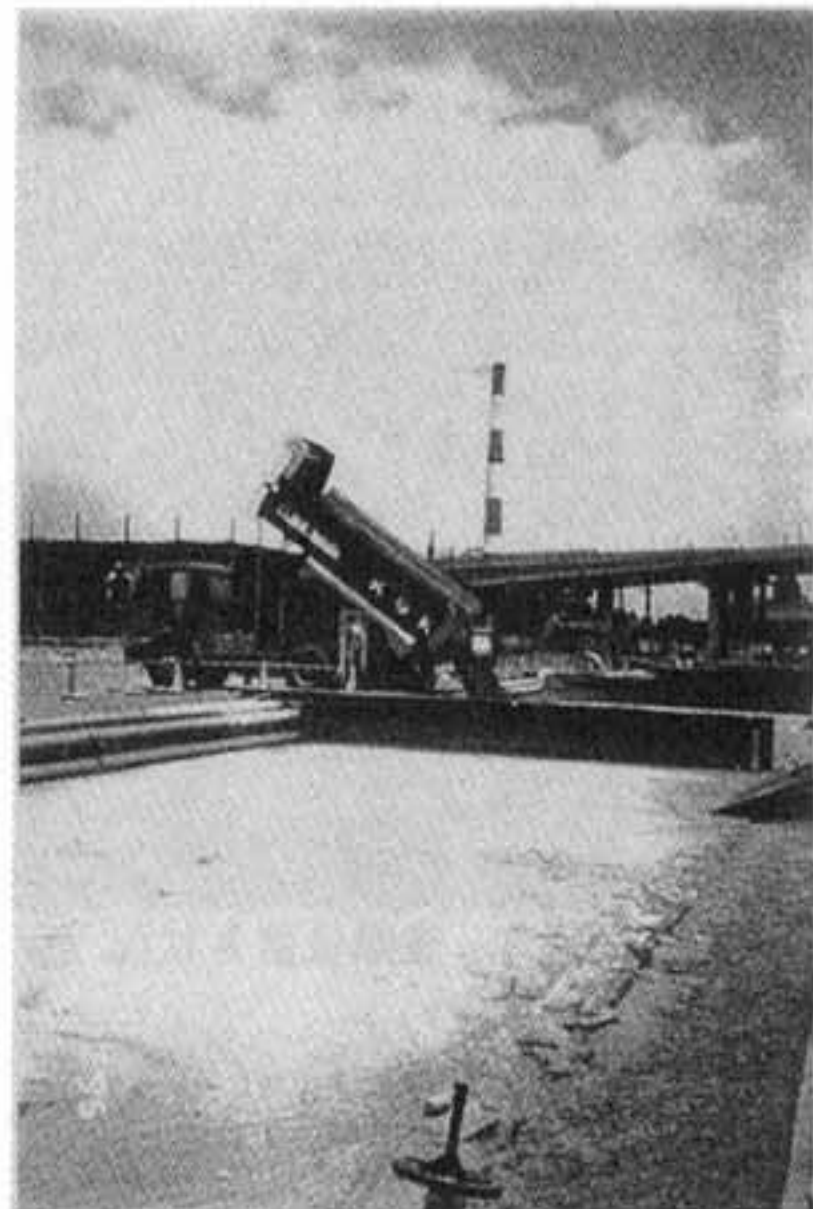


写真13.3.2.5
コンクリート塊の選別プー
ルへの投入（灘浜分別場）

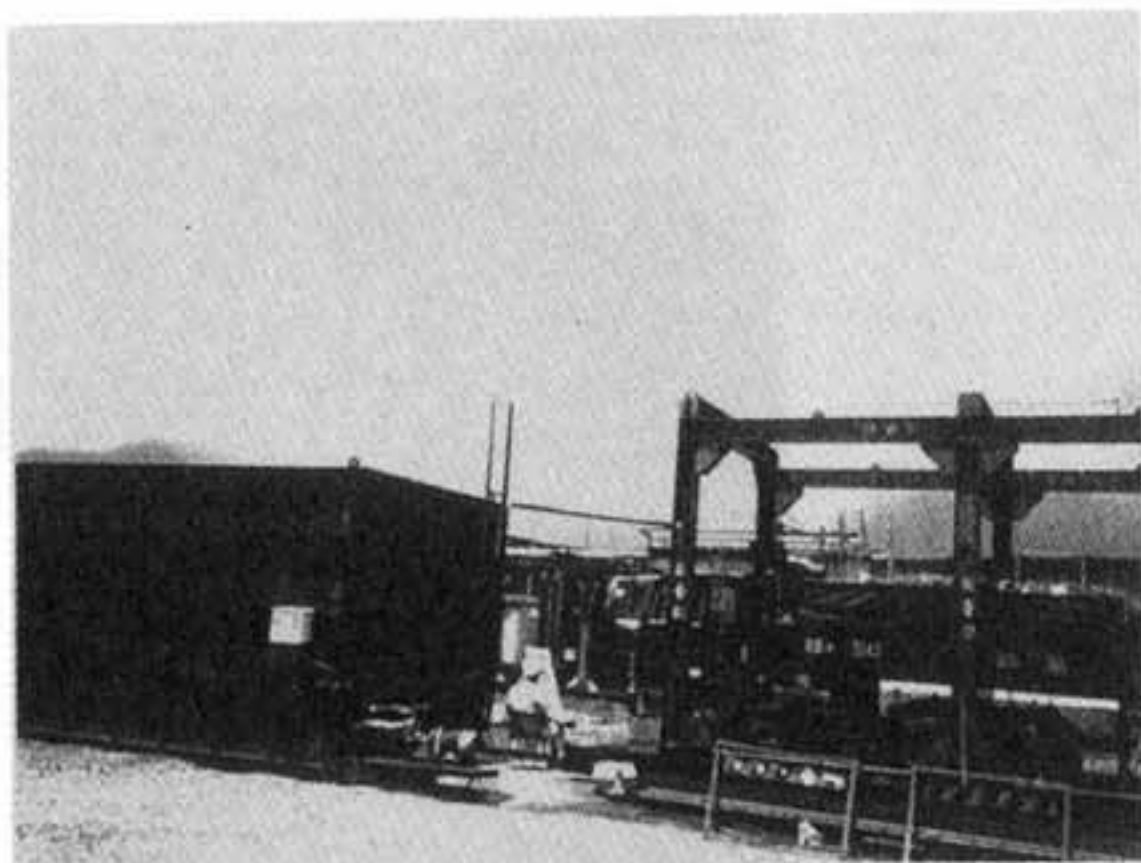


写真13.3.2.4 散水による防塵対策（灘浜分別場）



写真13.3.2.6 選別プールに浮遊したアク（灘浜分別場）

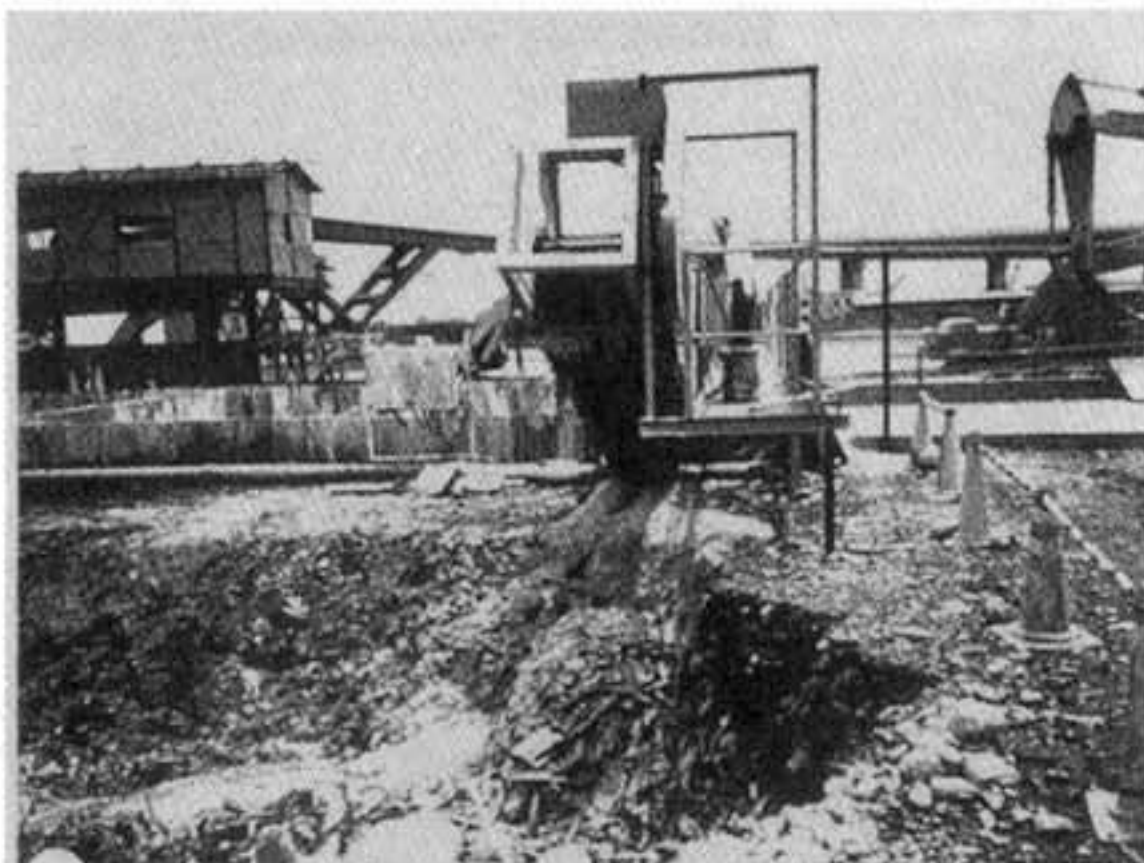


写真13.3.2.7 浮遊物除去のためのベルトコンベアー
（灘浜分別場）



写真13.3.2.8 布施畑処分場での災害廃棄物処分状況

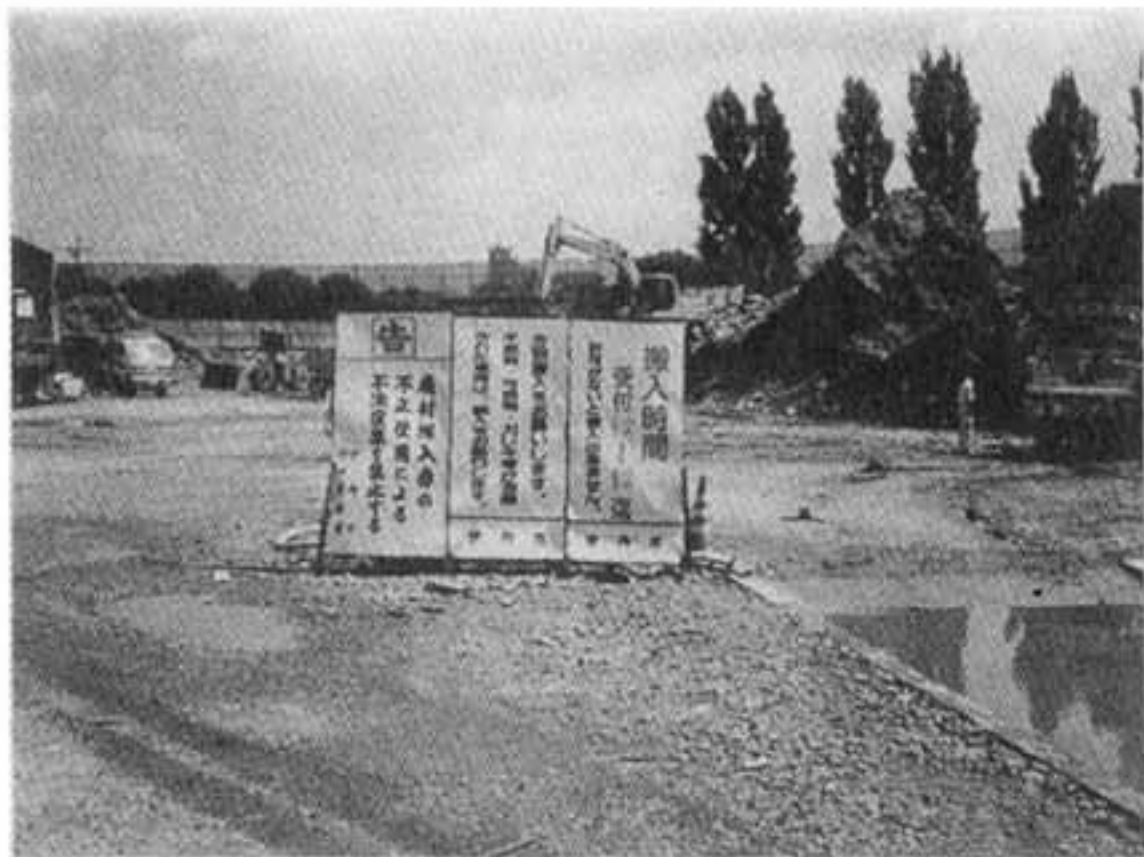


写真13.3.3.1 伊丹市の仮置き場の状況



写真13.3.3.2 木材仮置き状況（伊丹市の仮置き場）



写真13.3.3.3 量類仮置き状況（伊丹市の仮置き場）



写真13.3.3.4 選別機（伊丹市の仮置き場）

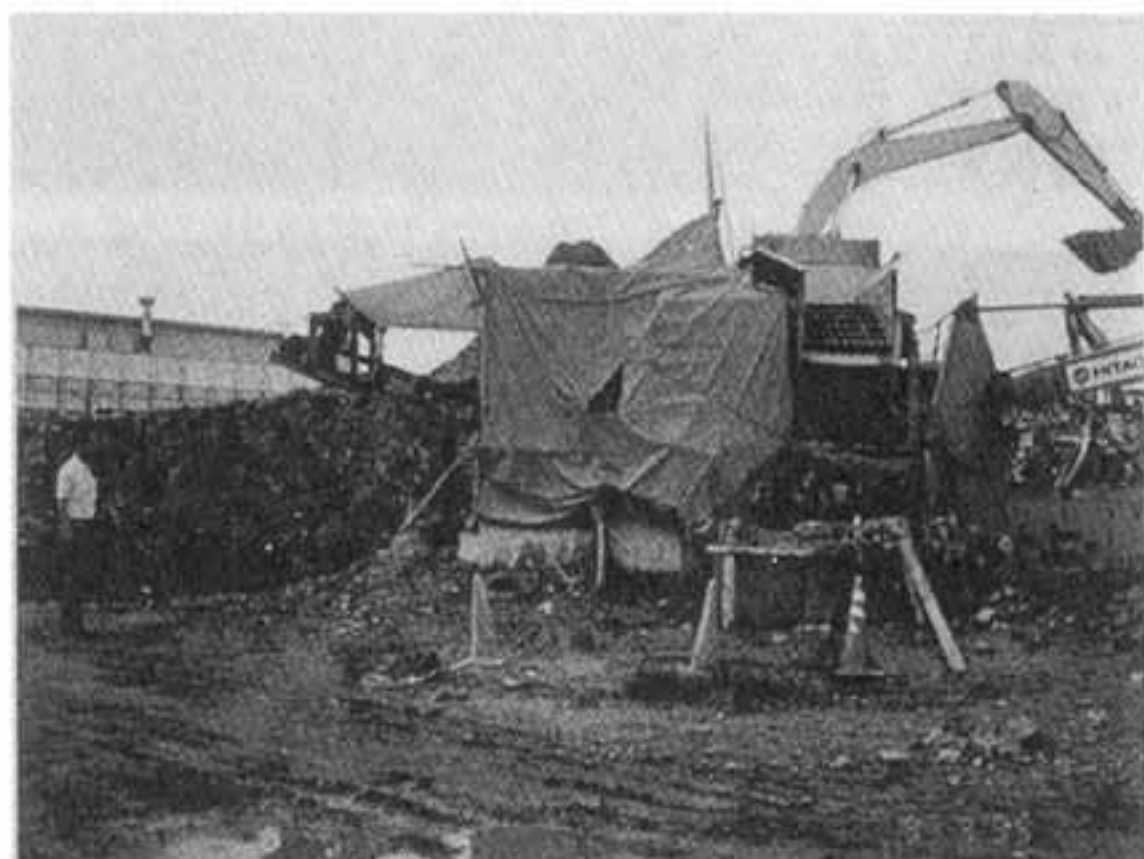


写真13.3.3.5 振動ふるい（伊丹市の仮置き場）



写真13.3.3.6
振動ふるいを通過したがれき
（伊丹市の仮置き場）

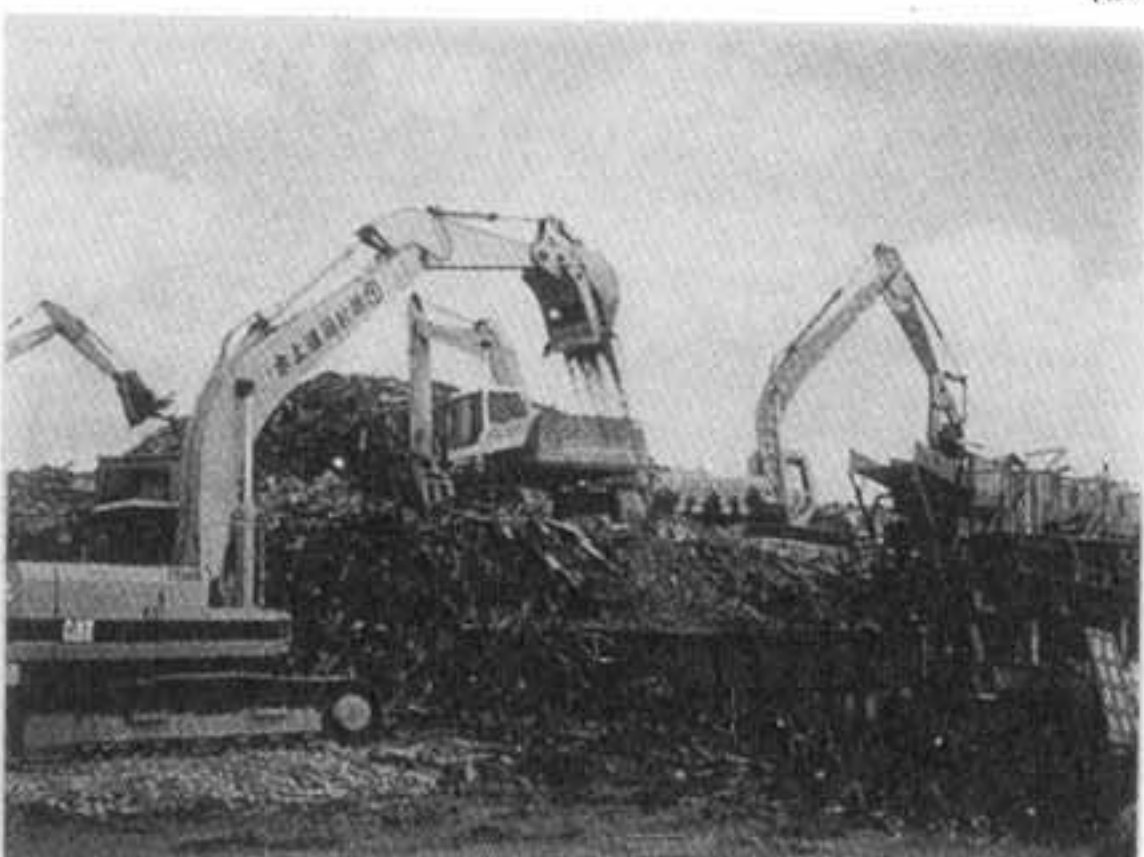


写真13.3.3.7 廃木材の水処理用ノッチタンク（伊丹市の仮置き場）



写真13.3.3.8 木くずの破砕機（伊丹市の仮置き場）