

阪神・淡路大震災における災害廃棄物の発生と処理の実態について

勝見 武・林 春男・楡井 久・嘉門 雅史

GENERATION AND MANAGEMENT OF DISASTER WASTE DUE TO THE GREAT HANSHIN-AWAJI EARTHQUAKE

By Takeshi KATSUMI, Haruo HAYASHI, Hisashi NIREI and Masashi KAMON

Synopsis

The 1995 Hyogoken-Nambu earthquake of January 17, 1995 resulted in a devastating damages to the highly developed urbanized region of Kansai, and created a total of 20,000 Gg (20,000,000 ton) of debris. Debris clearance in two years became an urgent and difficult emergency management issue for the disaster managers in Kobe city and Hyogo prefecture. The status of debris clearance was summarized for each of the demolition operation phase, transportation, crushing and separation at a temporary storage location, disposal at final landfill site phases in terms of problems and state of progress. In practice, most of the debris may be either disposed of at landfill sites or reused as materials for construction. Management state by the Kobe Municipal Government, Itami City and Osaka Bay Regional Offshore Environmental Center is reviewed in detail.

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2000万トン以上にも及ぶ大規模なものとなり、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。もちろん、災害廃棄物の発生は兵庫県南部地震以前にも、北海道南西沖地震や鹿児島県水害などその他の大災害においてもみられたが¹⁾、兵庫県南部地震のもたらした災害廃棄物問題はその発生量、処理処分、環境影響、社会的影響などどの面をとってみても比較にならないほど規模が大きく、現代都市型災害のもたらした特徴と位置づけることができる。Table 1には、兵庫県南部地震による災害廃棄物の発生量を、神戸市ならびに兵庫県における一般廃棄物、関西地方ならびに我が国全体における建設廃棄物（発生土は含まない）の年間発生量との比較して示した。被災地の自治体にとっては数年から二十数年分の廃棄物が一度に発生し、その処理が必要とされたことになる。

Table 1 Comparison between the disaster waste generation due to the earthquake and normal waste generation

Disaster waste due to the 1995 Hyogoken-Nambu Earthquake	20000 Gg
Municipal waste in Kobe city per year	600-700 Gg
Municipal waste in Hyogo prefecture per year	2300 Gg
Construction waste in Kansai area in fiscal year 1993	14000 Gg
Construction waste in Japan in fiscal year 1993	76000 Gg

1 Gg = 1000 ton

今後、大都市での防災計画を立案する上では、「防災」の視点に、この災害廃棄物問題に代表される「環境」の視点を絡めることが重要視され、阪神・淡路大震災での災害廃棄物の発生の実態と処理処分の問題点を整理しておくことは重要なことと考えられる。その一方で、地震の発生時期（季節、時間）、地域特性などが「災害」と「環境」の相互作用に及ぼす影響は大きく、例えば、同じ規模の災害が夏期におこっていれば、廃棄物のもたらし不衛生問題により疫病の発生など直接人命に関わる被害が拡大し得たことも指摘されている²⁾。また、フェニックス（大阪湾広域臨海環境整備センター）や神戸市の確保していた処分場、沿岸地域の大規模埋立地等々、その地域の有していた災害廃棄物処理に関わるポテンシャルは、きわめて地域特性の強いものである。すなわち、災害廃棄物問題のケーススタディーを議論するにあたっては、その一般性と特殊性を意識することが不可欠である。

この災害廃棄物処理の問題に関して、環境衛生工学、廃棄物学の分野を中心に調査研究が行われている^{3)~6)}。また、防災の観点からも災害廃棄物処理が重要であることが指摘されている^{7),8)}。一方、著者らは、社団法人地盤工学会「阪神・淡路大震災調査委員会」に設けられた「災害に伴う廃棄物ワーキンググループ」の企画・中心メンバーとして活動を行ってきた。本ワーキンググループは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、今後その地盤工学的特性に注意が払われなければならないことを鑑み設置されたものであり、地盤工学（環境地盤工学）、環境衛生工学、地理情報学、防災工学（防災危機管理）等にあたる分野のメンバーにより総合的な調査活動を行ったものである。本報では、本ワーキンググループの活動成果^{9),10)}に基づき、阪神・淡路大震災における災害廃棄物処理の概要をとりまとめるとともに、災害廃棄物の処理処分の典型事例である神戸市、伊丹市、大阪湾広域臨海環境整備センターでの災害廃棄物処理をとりあげ、その特徴と問題点を明らかにする。

2. 災害廃棄物の処理処分状況の概要

2.1 災害廃棄物に関する法体系・行政措置と経過

「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、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。兵庫県南部地震では、震災が阪神間全域に及ぶ大規模なものであること、個人の処理能力を超えること、公共空間の確保が急務なこと、人名・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、倒壊危険家屋の解体撤去に当たり、その費用を個人でなく行政が負担することとなり、災害廃棄物処理事業が進められた。

兵庫県では数回の検討を経て、災害廃棄物の発生量を Fig. 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。Fig. 2 は神戸市の災害廃棄物の処理のフローである。Table 2 は兵庫県により出されている、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、リサイクル量は全体として 65 % と高いが、これは新規の海面

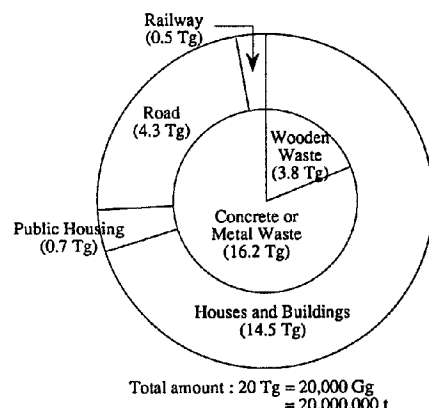


Fig. 1 Debris generation due to the earthquake estimated by Hyogo Prefectural government.

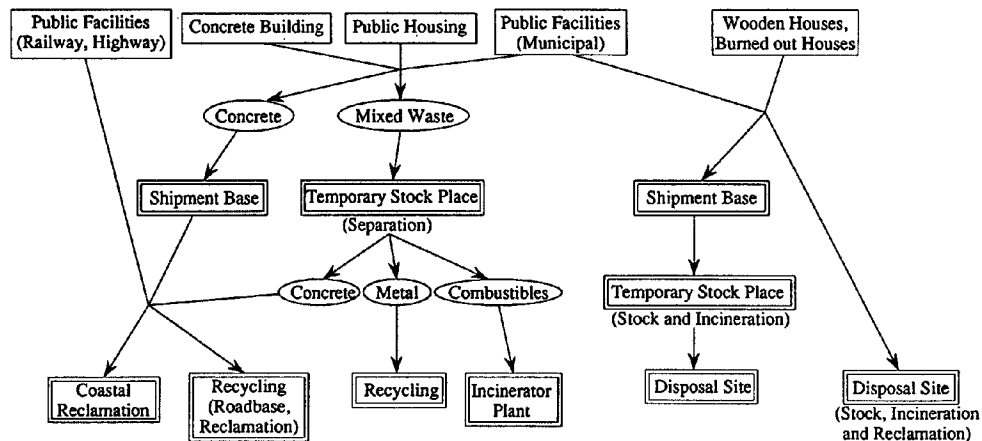


Fig. 2 Management plan for disaster waste by Kobe municipal government.

Table 2 Generation of disaster waste and the recycling plan of Hyogo prefectural government.

Waste generation	Type and amount of recycling material	Purpose
Noncombustible waste (16200 Gg)	Concrete (12500 Gg)	Reclamation : 11000 Gg Construction : 1500 Gg
	Metal (510 Gg)	Steel manufacture
Combustible waste (3800 Gg)	Wood (80 Gg)	Pulpwood, Fuel, Fertilizer
Total : 20000 Gg	13090 Gg (65.5 %)	

1 Gg = 1000 ton

埋立を行うのに、実に1100万トンものコンクリートがらがあてられるためである。

2.2 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¹¹⁾。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と考えられている。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、多くの生ごみが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¹²⁾。

2.3 家屋・構造物の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。

Table 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12万件以上の家屋の解体が必要とされた。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

Table 3 The number of houses destroyed and progress of dismantling

City	Number of households (A)	Number of houses completely destroyed (B)	Number of houses partially destroyed (C)	Destruction ratio (%) (D)*	Number of houses expected to be dismantled
Kobe city	579259	67421	55145	16.4	70734
Nishinomiya city	162246	19500	16300	17.0	18230
Ashiya city	33643	4661	3943	19.7	5120
Amagasaki city	192340	4880	25520	9.2	6183
Takagaduka city	71558	1339	3718	4.4	4811
Itami city	65690	1369	7200	7.6	2512
Other cities	—	—	—	—	4205
Awaji Island	—	—	—	—	8639
Total	—	—	—	—	120644

Data are based on the statistics of Hyogo prefectural government and Kobe Municipal government.

*) $D = (B + 0.5 \times C) / A \times 100 (\%)$

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。これらは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た⁶⁾。

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12万件以上もの家屋が解体の対象となっているにも関わらず、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。Table 3には倒壊家屋の解体処理の状況を併せて示している。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⁶⁾。震災から1年後の1996年3月末には90%以上の家屋の解体撤去が終了し、権利関係等の問題で解体作業の難しい建物の解体が残っている状態である¹³⁾。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。環境庁による大気中のアスベスト濃度調査によれば、解体現場周辺では一般環境に比べてアスベスト濃度がやや高く、解体撤去によるアスベスト飛散の影響がみられたが、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ず、行政的には解体作業による環境影響は少ないとされた¹²⁾。

2.4 災害廃棄物の仮置きと中間処理

災害廃棄物の処理を特徴づけたものとして、廃棄物の仮置きと仮置き場における中間処理が挙げられる。

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った。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。

災害廃棄物の搬入量に比べ仮置きのスペースが充分なことと、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。1995年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。環境庁により行われた野焼きに係る大気環境調査によれば、一部ダイオキシンなどの発生もみられたが、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た¹²⁾。1995年4月からはいくつかの仮置き場にて簡易の焼却炉や破砕機が導入され、仮置きされた廃棄物の減量化が図られるとともに、適正処理の方向に向かいつつある。

2.5 災害廃棄物の最終処分

災害廃棄物も一般廃棄物や産業廃棄物と同様、最終的には廃棄物処分場に受け入れられることになる。**Table 4**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（大阪湾広域臨海環境整備センター）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た。

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の限界である。最終処分場は市街地から離れた場所に位置する例が多くアクセス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こった。例えば、この交通渋滞により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。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。

処分される廃棄物の種類、分別不徹底の問題も最終処分に関わる重要な問題である。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⁶⁾。

廃棄物最終処分場の容量だけでも数字の上では災害廃棄物を受け入れることが可能であるが、将来の廃棄物処分場の確保が困難と考えられることから、特にコンクリートがらについては新規の埋立に埋立材料とし

Table 4 Capacity of disposal site

	Location	Capacity (m ³)
New coastal reclamation site	Port Island (Kobe city)	700000
	Maya Wharf (Kobe city)	1200000
	South Rokko Island (Kobe city)	2200000
	Sinminato Higashi (Kobe city)	2400000
	Naruo and others (Hanshin)	900000
	Subtotal	7400000
Existing disposal site	Amagasaki-oki (Phoenix)	4000000
	Izumiohtsu-oki (Phoenix)	11000000
	Husehata (Kobe city)	8000000
	Ougo (Kobe city)	7000000
	Port of Osaka (Osaka city)	2000000
	Sakai-Senboku (Osaka pref.)	400000
	Inaho (Hyogo pref.)	1200000
	Subtotal	33600000

Data is based on the disaster waste management plan of Hyogo prefectural government.

て利用することが計画された。

3. 神戸市での処理状況

神戸市内の被災家屋数は、全壊 67,421 棟、半壊 55,145 棟、全焼 7,046 棟、半焼 331 棟であった。このうち要解体件数は約 70,700 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、破碎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。神戸市での処理フローは Fig. 2 に示した通りである。Fig. 3 は廃棄物処理施設の配置図である。

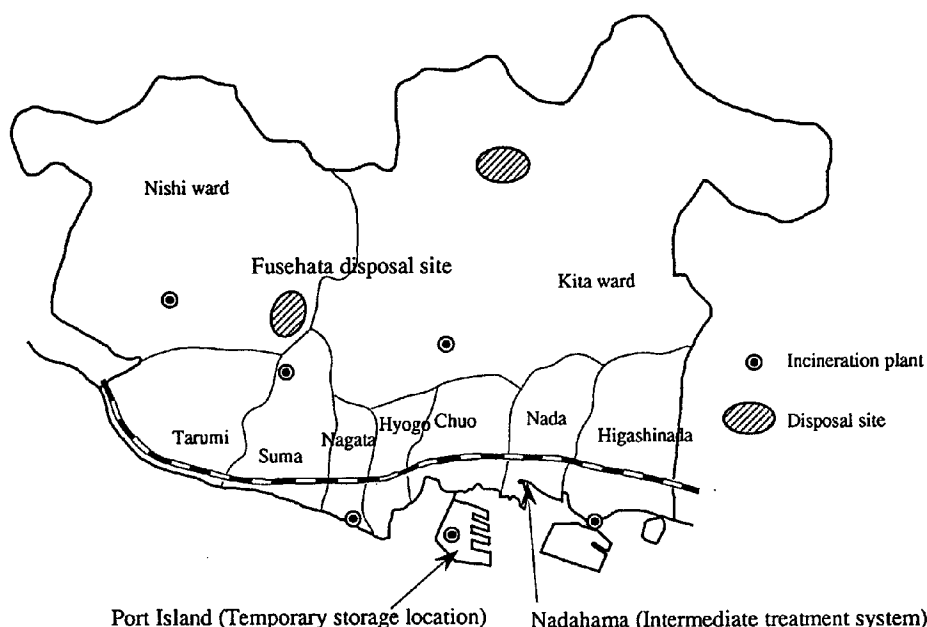


Fig. 3 Location of the waste management plant in Kobe city

3.1 ポートアイランド仮置き場での処理

ポートアイランド二期地区に設けられた中間処理基地は、分譲前の広大な海面埋立て地の一部を使用できたもので、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た。同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 を超えるとされており、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。

神戸市内で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へ揚陸後、ダンプトラックに積み替えられて島内の仮置き場及び分別場所へ運ばれた。中間処理基地は約 20 ha (仮置きヤード 114,000 m^2 , 分別ヤード 38,000 m^2 , 焼却ヤード 23,000 m^2) の広さがあり、分別場所ではフォーク装着バックホー (0.35 m^3 級) が用いられ、高さ 5 m に積み上げられた災害廃棄物が、粗大不燃物 (30 cm 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た。

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50 cm以上ならば破砕機でチップ化され、簡易焼却炉(40 t/日×2台、4月より稼働)で焼却処理される。木材破砕には米国製(回転式、40 t/日)と日本製(二軸剪断式、70 t/日)が1台ずつ使用されている。

可燃・不燃物の混在した中小混合物は200 t/日もの処理能力を持つキルン炉(200 t/日×2台、10月より稼働、**Photo 1**)で焼却処理され、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。

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。

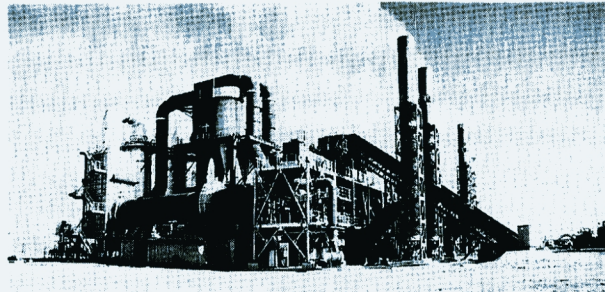


Photo 1 Incineration plant in the temporary storage location in Port Island.

3.2 灘浜分別場での処理

灘浜に設けられた分別場では、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が行われた。この施設は神戸市の無料処理場である。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150 m×60 m=9,000 m²である。

本分別場には、倒壊現場で出来る限り分別されたコンクリートがらを主とした廃棄物を積載した10 tダンプトラックが搬入する(破砕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、入門時に入場を拒否される)。入場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槽が幅8 m、長さ20 m、深さ4 mを4槽連結したピットを2基)に積載物を投入する(**Photo 2**)。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(**Photo 3**)。これらをシャワーによって一方の集水溝に入れる。

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られ、積み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られる。なお、溢れた

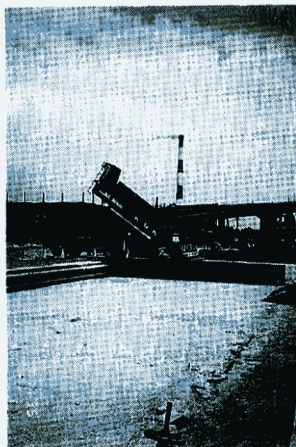


Photo 2 Debris investment into the water pool in the separating system in Nadahama.



Photo 3 Lixivium in the water pool in the separating system in Nadahama.

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される。一方、浮遊物は連結水槽の端に集められ、ベルトコンベヤーにより固形物が分取され、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。木質系廃棄物は一括して焼却処分される。

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。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) 灰汁として汚泥が発生するが、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と考えられる。4) 灘浜積み出し基地に隣接して広大な処理スペースを確保できたため、分別作業と積み出し作業とを効率的に行うことが可能となった。なお、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、1995 年 7 月の時点では平均 600 台であった。

3. 3 神戸市における災害廃棄物の最終処分と再利用

被災地域における廃棄物の受入容量は Table 4 に示した通りであり、災害廃棄物の全量を受け入れる能力があることが示される。Table 5 は全国政令指定都市の廃棄物処分場の残余容量を示したものである。都市規模の大きく異なる東京都を除けば、最終処分場の残余容量は神戸市が最も大きい。人口との比較で示せばこの傾向はさらに顕著であり、(残余容量/人口) では本州に位置する都市が概ね $2\text{m}^3/\text{人}$ 以下であるのに対し、神戸市では (残余容量/人口) が $5.7\text{m}^3/\text{人}$ ときわめて高い数字を示す。すなわち、神戸市は全国の政令指定都市の中でも有数の、廃棄物の最終処分場に恵まれた (その努力を蓄積してきた) 都市であるといえる。

多量の災害廃棄物が持ち込まれた布施畑処分場 (布施畑環境センター) 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 102 ha、計画埋立量は $2,350\text{万 m}^3$ である。処分場そのものの地震による被災状況は、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 Fig. 4 に示す通りであり、毎週 60 Gg 以上もの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。1995 年 7 月末までの搬入総量は約 193 万トン (約 40 万

Table 5 Available volume for waste disposal in landfill site
the big cities

City	Available volume (m^3)	Population (10^4)	Available volume/ Population (m^3/person)
Sapporo	559	138.8	4.03
Sendai	583	64.2	9.08
Chiba	7	74.3	0.09
Tokyo	1490	815.2	1.83
Yokohama	138	278.7	0.50
Kawasaki	59	102.0	0.58
Shizuoka	65	45.7	1.42
Nagoya	187	207.0	0.91
Kyoto	30	145.4	0.21
Osaka	674	255.8	2.64
Kobe	763	135.2	5.65
Hiroshima	148	88.1	1.68
Kitakyusyu	327	105.5	3.10
Fukuoka	698	104.9	6.65

Date are based on the statistics of the Ministry of Health and Welfare (1993).

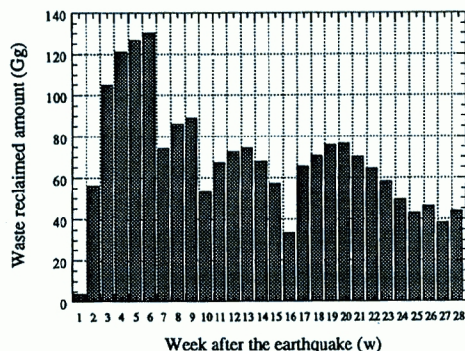


Fig. 4 Amount of disaster waste reclaimed at the Fusehata disposal site.



Photo 4 Waste disposal at the Fusehata disposal site.

台) にのぼっており、搬入台数は最大5,000～12,000台/日にものぼった。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、別途保管された。**Photo 4**は処分場の状況である。

持ち込まれた廃棄物には可燃物も多量に含まれるが、それらがそのまま埋め立てられ、処分場の容量不足が危惧されるため、平成7年11月には破砕機(30t/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)と焼却炉(連続式:100t/24h×3系列、順送式ストロカ方式、バッチ式:40t/d×3系列、固定床方式、煙突は連続式バッチ式共用)が導入され、一旦埋め立てられた廃棄物を再度掘り起こし、減容化処理が行われた。破砕機ならびに焼却炉は、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。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)が確保されている。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ている。

一方、災害廃棄物の受入容量を確保するため、神戸市では新規の埋立計画が立てられた。これは災害廃棄物対策と港湾復興事業とを併せて計画したものであり、**Fig. 5**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。これにより、大量の災害廃棄物が埋立材料として再利用されることになる。

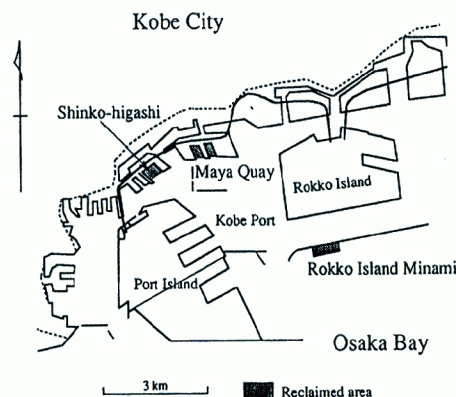


Fig. 5 Reclamation plan for concrete debris in Kobe Harbor.

4. 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ているため、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。伊丹市では、十分な処分場が市内に無いため、従来から廃棄物処分量の減容化に努力がはられてきたというバックグラウンドも重要である。

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廃棄物は78000t、不燃系廃棄物は162000tである。解体を伴わないがれきの発生量は可燃系16000t、不燃系262000t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511000tである。処分量は、リサイクルに139000t、フェニックスに272000t、委託を含め焼却が50000tであり、現場から直接搬入されたものを含め合計で519000tである。

Fig. 6 に伊丹市における災害廃棄物の処理の流れを示す。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。分別搬入の決定直後は、仮置き場管理者（市側）と災害廃棄物の処理を行う事業者との間でかなりの軋轢もあったが、管理者側が分別搬入を徹底周知させたことにより、その後、仮置場の整理、分別処理が円滑に進められた。

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）を種類別に受け入れる区画が定められており、搬入の際に厳しくチェックが行われた。**Photo 5** は廃木材、**Photo 6** 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選別機（**Photo 7** および**8**）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された。**Photo 9** 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される。廃木材として分別され

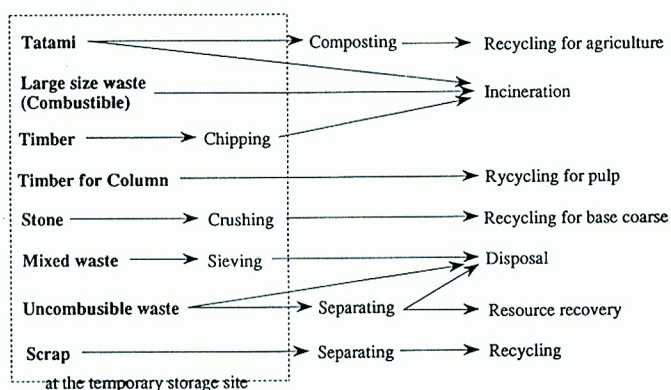


Fig. 6 Management flow for disaster waste in Itami city.

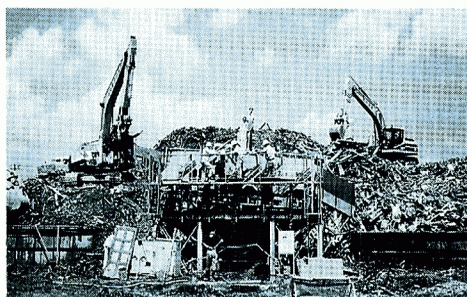


Photo 5 Stockpile of wooden waste in the temporary storage location in Itami city.



Photo 6 Stockpile of Tatami in the temporary storage location in Itami city.

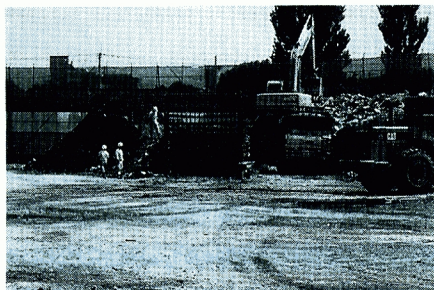


Photo 7 Separator in the temporary storage location in Itami city.

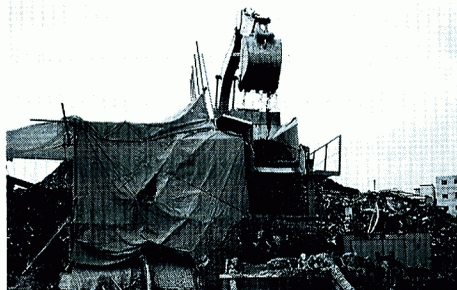


Photo 8 Vibration separator in the temporary storage location in Itami city.



Photo 9 Stockpile of the treated debris in the temporary storage location in Itami city.



Photo 10 Water pool for the separating in the temporary storage location in Itami city.

た廃棄物の中には泥や金属が混入しているため、**Photo 10** に示すノッチタンクにより浮遊選別が行われ、木材（浮遊物）と不燃物（沈殿物）が分別された。

有効利用や焼却を行うためには適当な大きさに破碎することも必要である。仮置き場では破碎機が設置され、不燃物および可燃物が破碎された。分別収集ならびに選別処理された木くず、コンクリートがら、土砂は各々別々に破碎機によって破碎された。**Photo 11** は木くずの破碎機である。木くずをチップ化した後、焼却処理は同市の焼却場ならびに京都市に委託された。



Photo 11 Chipping machine for wooden waste in the temporary storage location in Itami city.

有効利用についても積極的に進められた。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た。コンクリートがらは破碎機によって破碎し、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・有効利用が推進された。具体的にはコンクリートがらを3～4 cm 以下に破碎し、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た。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ことが推進された。

5. フェニックスでの災害廃棄物受入

阪神・淡路大震災による災害廃棄物処理にフェニックス（大阪湾広域臨海環境整備センター）が果たした役割は大きい。フェニックス計画は近畿約170市町村の廃棄物の受入が可能な「広域処理」を実現しているものであるが、阪神・淡路大震災では阪神高速道路公団やJR私鉄各社、ならびに阪神間の各都市の災害廃棄物を自治体の枠組みを越えて受け入れることができた。

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¹⁴⁾。

阪神大震災による災害廃棄物については、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）を受け入れる方針が決められた⁶⁾。災害廃棄物の受入は、1月24日から尼崎

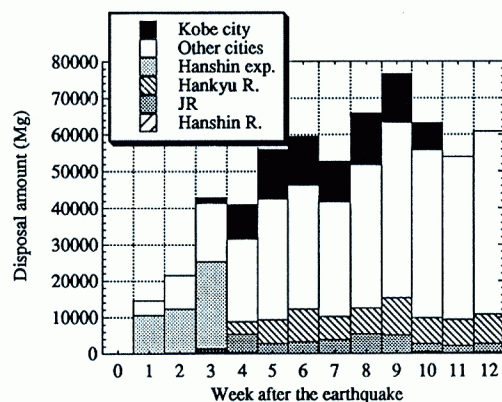


Fig. 7 Disposal amount in the Phoenix Disposal site for 3 months after the earthquake.

市、伊丹市、宝塚市からの災害廃棄物が搬入され、震災直後、日時の経過とともに搬入された全廃棄物のうち震災廃棄物の占める割合が徐々に高くなって、尼崎基地で6~7割を占めるに至った¹⁴⁾。Fig. 7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。Fig. 8には地震後約1年間の受入状況⁶⁾を示すが、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く、これらの都市の災害廃棄物受入に大きく貢献していることが示される。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。1995年1月24日の搬入開始から1996年1月23日までの1年間に搬入された災害廃棄物は約230万トンで、兵庫県および大阪府の災害廃棄物の埋立量全体(517万トン、1995年12月末)の40%以上を占めている⁶⁾。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

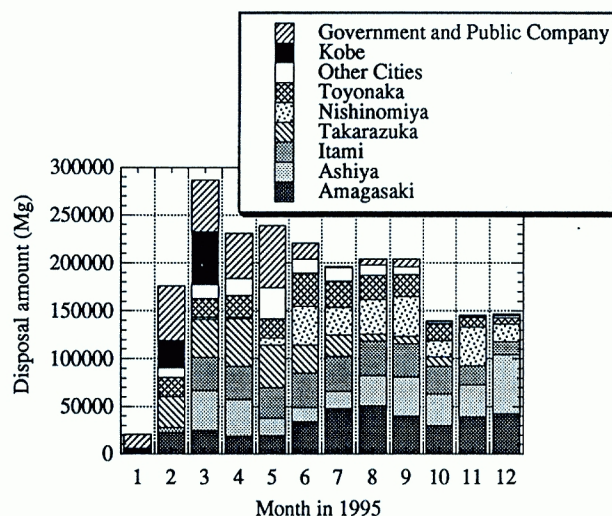


Fig. 8 Disposal amount in the Phoenix Disposal site for 1 year after the earthquake.

区画には、木片などの可燃物が浮遊していた状態であり⁶⁾、この回収物（Photo 12）の処理ならびに、木片が混入した地盤の工学的性質の把握が課題とされる。

6. まとめ

兵庫県南部地震による災害廃棄物の発生と処理の実態の調査を行ったが、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、解体申請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数の問題が顕在化した。

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。神戸市、伊丹市、フェニックスにおけるそれぞれの事例からは、以下のことを教訓として強調することができよう。

- (1) 廃棄物の処理にあたっては何と言っても最終的な受け入れ先（最終処分場ならびに有効利用）の確保が不可欠である。その点、神戸市は全国でも有数の廃棄物最終処分場を確保しており、さらに新規の埋立計画を推進することができた。
- (2) 伊丹市のように廃棄物処理事業に対して非常に制約条件の多い場合、災害廃棄物の徹底分別、リサイクルが有効な方策となる。そのためには震災前から廃棄物問題に対する認識をもっておくこと、ならびに震災直後に廃棄物処理の方向を決定し、それを徹底することが非常に重要であった。
- (3) フェニックスでは自治体の枠を超えた形で廃棄物の最終処分場を提供することにより、特に神戸市以外の都市の災害廃棄物の受入に貢献した。

謝 辞

社団法人地盤工学会 阪神・淡路大震災調査委員会「災害に伴う廃棄物ワーキンググループ」のメンバー、亀田弘行（京都大学防災研究所）、角本 繁（㈱日立製作所）、碓井照子（奈良大学）、岡田純治（㈱中堀ソイルコーナ）、小野 諭（中央開発㈱）、熊谷弘一（㈱熊谷組）、谷口時寛（神戸市長田区役所）、林 栄一（全国解体工事業団体連合会）、楡垣貫司（大成建設㈱）、東尾啓司（鹿島建設㈱）、久野典男（㈱熊谷組）、保賀康史（㈱鴻池組）、馬渡裕二（㈱間組）の各氏には、本報のもとなる調査活動とともに行って頂いた。また、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、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。

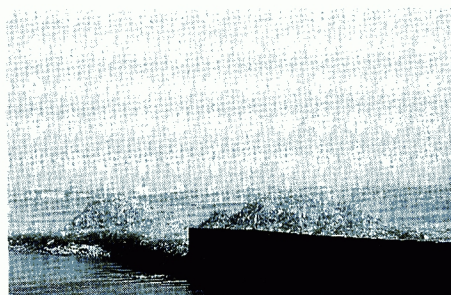


Photo 12 Stockpile of the salvaged wooden waste at the Phoenix site.

参考文献

- 1) 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，廃棄物学会誌，Vol.6, No.5, 1995, pp.360-372.
- 2) 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—，廃棄物学会誌，Vol.6, No.5, 1995, pp.351-359.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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, 1995～Vol.32, No.4, 1996.
- 7) 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, pp.103-115, 1995.
- 8) Kameda, H., S. Kakumoto, S. Iwai, H. Hayashi and T. Usui : DiMSIS : a geographic information system for disaster information management of the Hyogoken-Nambu earthquake, Jour. Natural Disaster Science, Vol.16, No.2, 1995, pp.89-94.
- 9) 災害に伴う廃棄物ワーキンググループ：災害廃棄物，地盤工学会阪神・淡路大震災調査委員会報告書，1996.
- 10) Haruo Hayashi and Takeshi Katsumi : Generation and management of disaster waste, Special issue of Soils and Foundations, JGS, 1996, pp.349-358.
- 11) 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，環境衛生工学研究，Vol.9, No.3, 1995, pp.144-149.
- 12) 小林悦夫：阪神・淡路大震災後の大気汚染対策，環境衛生工学研究，Vol.9, No.3, 1995, pp.121-124.
- 13) 石谷隆史：災害時の廃棄物処理，災害廃棄物フォーラム，廃棄物学会，1996, pp.24-33.
- 14) 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，環境衛生工学研究，Vol.9, No.3, 1995, pp.150-152.