

**災害に対する環境事前調査試案
地震災害を例として一**

平成 16 年 4 月

土木学会環境工学委員会災害分科会

目次

はじめに	1
-1 環境事前調査の目的	1
-2 災害の種類	1
-3 対象とする災害	2
既往の地震災害調査における環境調査事例	3
-1 概要	3
-2 水道	3
-3 下水道	5
-4 廃棄物	6
-5 大気汚染・その他	7
地震災害時の環境事前調査の項目と方法	8
-1 水道	8
-2 下水道	9
-3 廃棄物	9
-4 大気汚染・その他	10
まとめと提言	12

はじめに

-1 環境事前調査の目的

災害が発生すると、住宅やビルなどの建築物の崩壊や火災の発生などにより地域住民に多大な被害をもたらす。同時に、上下水道、ガス、電気、道路などのライフラインが遮断されるため日常生活が著しく阻害されるとともに、以下のような理由から環境リスクが増加する。

- ・水道水や飲料水の汚染
- ・汚水処理施設破壊による水汚染、衛生上の問題
- ・廃棄物の不適切な処理による環境汚染、衛生上の問題
- ・化学物質貯蔵施設の破損による有害物質の漏洩
- ・廃棄物野焼き、家屋取り壊しなどによる大気汚染物質の放出

このような環境リスクの増大に迅速に対応し、その低減を図るためには、災害直後の環境状態や環境リスクに関わるライフラインの状態を現地調査によってすみやかに把握することが重要であり、これまで幾度となく環境調査が実施されてきた。一方、災害発生後の環境調査をより迅速かつ効率的に実施するためには、災害発生前の環境事前調査が有効と考えられる。例えば、

- ・災害後の現地調査によって調査すべき項目や方法を検討しておくこと。
- ・災害前の状態からどのリスクがどのくらい増加しているか把握するために観測データを整備しておくこと。
- ・上下水道や廃棄物処理施設のような環境系ライフラインの被害予測方法や対応計画を検討しておくこと。

などがあげられる。本試案は、災害に対する環境事前調査の考え方を整理したものである。

-2 災害の種類

災害とは、「異常な自然現象や人為的原因によって、人間の社会生活や人命に受ける被害」

(広辞苑)と定義される。災害の発生要因(cause)と環境影響(effect)の関係を整理すると図1のようになる。例えば、災害はその発生原因によって自然災害、事故災害、社会災害に分類される。ここでは、近年様々な問題が発生している道路やダム、港湾などの社会インフラ整備にともなって発生する環境問題も広義の災害と位置付け「社会災害」としている。表1は災害の分類例を示す。

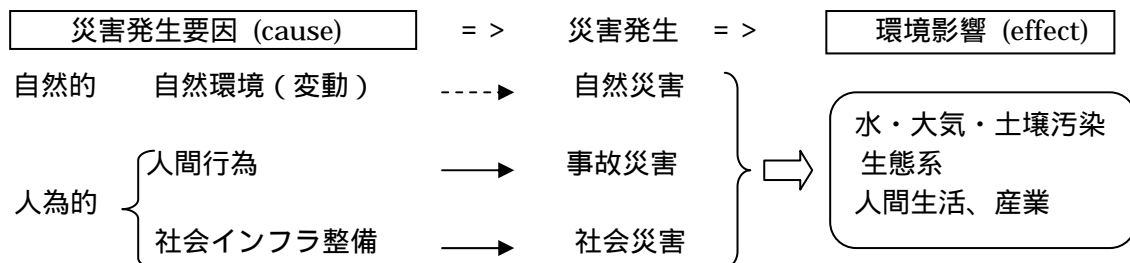


図1 災害に係わる cause-effect 関係

-3 対象とする災害

本調査では次の理由から地震災害を対象とする。但し、他の災害も調査対象としていく必要があることは言うまでもない。

地震災害はわが国で被害が大きな災害の一つである。

多様な環境影響が生じるという意味でも地震は代表的な災害である。

地震災害発生後の環境調査事例が多い。例えば以下のとおり。

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告書（阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会；平成*年）
- ・ 阪神・淡路大震災による水環境への影響と対策（（社）日本水環境学会；平成9年6月）
- ・ 1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書（三陸はるか沖地震災害調査委員会；平成*年）
- ・ 兵庫県南部地震と環境（国立環境研究所；平成7年7月）

表1 災害の分類と環境との関連

		災 害		災害発生に係 する環境変化要因	災害による環境影響	
大分類		中分類	小分類			
自然災害	地震	出火・延焼			大気汚染、廃棄物	
		家屋崩壊			廃棄物	
		ライフライン	上水、下水			上水、下水
			ガス			大気汚染
			電気、通信網			
			交通			大気汚染（渋滞）
		津波				
	原子力施設				放射性汚染	
	風水害				気候変動、都市化	
		家屋浸水				
		ライフライン				
		都市河川氾濫				
		土砂災害				
		風害	建物崩壊			
	高波					
渇水				気候変動、都市化	上水	
火山災害	溶岩流、泥流、 降灰、火山灰				生態影響	
	火山ガス				大気汚染、生態影響	
雪害				気候変動		
人為災害	事故災害	海上災害			水質汚染、大気汚染	
		航空災害			スモッグ	
		鉄道・道路災害				
		原子力災害				放射性汚染
		危険物災害	危険物の漏洩流出	都市化		大気汚染、水質汚染
			火災・爆発	都市化		
		火災	都市火災	都市化		
	森林火災		気候変動		大気汚染、生態影響	
社会災害	各種の社会インフラ整備 によって引きおこされる被害		多種多様な 社会インフラ整備	多種多様（環境影 響評価項目全般）		

既往の地震災害調査における環境調査事例

-1 概要

環境事前調査で調査すべき項目と内容を把握するために、既往の事後環境調査報告書をレビューする。対象とした報告書は次のとおりである。

- ・ 阪神・淡路大震災調査報告書（阪神・淡路大震災調査報告書編集委員会）
- ・ 1994年三陸はるか沖地震災害調査報告書（三陸はるか沖地震災害調査委員会）
- ・ 兵庫県南部地震と環境（国立環境研究所）

レビューする上での視点は次のとおりである。

- ・ 大きな地震災害後に、環境工学分野でどのような調査が実施されてきたか？
どのようなことがどこまでわかっているか？ 課題は？
- ・ 事前に調査しておくの良い調査項目にはどのようなものがあるか？

以下、水道、下水道、廃棄物、大気汚染・その他について示す。

-2 水道

水道施設は言うまでもなく社会生活の基盤施設であり、災害によってその機能が低下することは都市生活者にとって大きな影響を及ぼすことになる。

水道における地震被害調査では、水道施設（貯水施設、取水施設、浄水施設、ポンプ場、配水池）、管路（導水管、送水管、配水管、給水管）、水道局庁舎など施設、装置などのハード面の被害調査と、応急給水や復旧支援作業などソフト面を含む対応状況に関する調査がなされてきた。また、国、県、市町村、市民のそれぞれの立場からの被害への対応、復旧支援などの行動についてもまとめている。施設関係の被害調査内容を表2に示す。

更に、水道施設でも電気、通信など他の社会基盤施設を利用していることや、応急給水の際には給水車による水の輸送のために管路ではなく道路を利用することになることから、水道施設の復旧、応急対応のためには他の社会基盤施設との相互関連についても十分検討しておくことが重要である。このため、「阪神・淡路大震災調査報告書」でも、「市民生活及び各種社会基盤施設との相互関連」として水道の機能障害による社会への影響と、他の社会基盤施設の被害による水道への影響の二つの面から調査結果がまとめられている。以下に調査項目を示す。

- a) 水道の機能障害の影響
 - 1) 市民生活
 - 2) 消防
 - 3) 医療
 - 4) 廃棄物中間処理施設
 - 5) その他の影響
- b) 他の社会基盤施設の被害による影響
 - 1) 停電による影響
 - 2) 通信と道路の機能低下による影響

表2 阪神・淡路大震災時の水道施設関連の地震被害調査内容の概要

被害対象		調査方法	調査結果
貯水・取水施設		現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・アースダム堤体のリップラップの剥離 ・貯水池土堰堤の崩壊 ・崖崩れで取水口が全壊
浄水施設	フロック形成池	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・流入渠のずれによる漏水 ・伸縮目地の損傷
	薬品沈澱池	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・排泥弁室の漏水 ・集泥設備の水没 ・伸縮目地の損傷 ・傾斜管、傾斜板の損傷、落下
	急速ろ過池	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・流出渠にクラック発生 ・洗浄配水管の損傷 ・表洗管の破損
	緩速ろ過池	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・下部集水装置の破損によるろ材の流出 ・壁、底版にクラック、漏水 ・伸縮目地の損傷
	排水処理設備	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・脱水機の支持柱にクラック発生 ・建屋の基礎が崩落
	その他の設備	現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・ポンプ室にクラック発生 ・場内配管から漏水発生、配管が蛇行 ・薬品貯留槽の破損 ・電気計装設備の接続線の破断
ポンプ場		現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・柱、梁等にクラック発生 ・場内配管から漏水
配水池		現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・伸縮目地の損傷 ・躯体にクラック発生 ・接合井との接続部が損傷 ・コンクリートブロック積み隔壁が崩壊
管路		現地調査	<ul style="list-style-type: none"> ・遠心力鉄筋コンクリート管の継手部で漏水 ・鋳鉄管印籠継手部の抜け出し、管自体の折損 ・ダクティル鋳鉄管の耐震管路（S形）以外の管路で被害が多い ・S形継手を用いたダクティル鋳鉄管については、液状化現象が生じた地域でも地上漏水に至る被害例はなし ・鋼管（橋梁添架管、水管橋）の伸縮継手の損傷、座屈 ・硬質塩化ビニル管の折損 ・弁類、消火栓等の属具自体や管との接続部の折損等

-3 下水道

地震災害の対象となる下水道施設は、大きく、管路、ポンプ場、処理場に分けられる。いずれの施設も破損し、機能停止するとともに都市生活に大きな支障をきたす。と同時に、周辺環境にも重大な影響を及ぼすこととなる。レビューした各調査報告書から、当時実施された環境に関連すると思われる調査内容を表3に一括して示す。

管路の被害調査に関しては、都市機能の早期回復を目指して破損部の調査は広範囲に実施されている。ただし、破損部からの流水による土壌や周辺水域への影響に関する調査報告は見当たらない^{注)}。

ポンプ場、処理場の被害調査に関しては、場内の管渠の破損、各処理施設の機能停止状態、機械類の破壊などが調査されている。ポートアイランド処理場では地震前後の処理水量と放流水CODの変化が調査され、放流水域への水質影響調査が実施されている。

表3 阪神・淡路大震災時の下水道における地震被害調査内容の概要

被害対象		調査方法	調査結果
管路	汚水枝線	現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> マンホールの浮上・沈下 構造物(マンホール・管渠)の損傷 流水状況 取り付け管や接続樹の破損
	汚水幹線	現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> 幹線と枝線の接続部の損傷により、幹線内に土砂が流入しての管渠閉塞の有無 運河を横断する水管橋の落橋状況 管渠破損による漏水 シールドトンネルのセグメントの破損
	雨水管渠	現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> 滑動による雨水幹線吐口の破壊 プレキャストボックスやヒューム管継ぎ手からの土砂の流入 水路の無筋コンクリート製側壁の転倒破壊 石積み側壁の崩壊
ポンプ場	現地踏査	<ul style="list-style-type: none"> 管渠からの泥水流入による水没での機能停止 停電と自家発冷却水槽破損による機能停止 圧送管系統支障による送水不能 機械設備の破損 場内地盤沈下による配管の破損 	
処理場	現地踏査 水質のモニタリング	<ul style="list-style-type: none"> 最初沈殿池の流入渠の破断、水処理施設の目地の破断、管廊の浸水による二次処理施設の機能停止 施設の不等沈下 放流渠の破損 施設クラック 配管類の変形・破損、機械類の破損 ポートアイランド処理場における地震前後の処理水量と放流水CODの変化調査 	

注)(社)日本水環境学会「阪神・淡路大震災による水環境への影響と対策」(平成9年6月)において、陸水と土壌環境への影響に関する調査結果が報告されている。

-4 廃棄物

災害時に発生する廃棄物には、一般廃棄物や産業廃棄物のほか、災害によって生じたコンクリートガラ、鉄くず、木屑などの災害廃棄物、水道や下水道が使用できないための人の糞尿がある。表4に阪神・淡路大震災時に自治体を実施した廃棄物関係の環境調査概要を示す。

通常の廃棄物のほかに、災害時発生する廃棄物として、倒壊したビルや道路のコンクリートガラ、鉄材、木造家屋の木屑などの発生量が推定されている。避難所において発生したごみや尿尿対策も保健衛生上、重大問題となる。また、ごみを処分場に運搬するトラックによる騒音、振動も生活環境上、問題となる。

震災後、各自治体では防災総合計画を見直し、災害廃棄物についても検討された。

表4 阪神・淡路大震災時に自治体によって実施された廃棄物関係の環境調査概要

対象廃棄物	調査内容		調査結果
一般廃棄物	実態調査	廃棄物の種類	混合ごみ、可燃ごみ、不燃ごみ、資源ごみ、粗大ごみ、自己搬入ごみ
		処理、処分法	焼却処分、埋め立て
		尿尿	水洗化、非水洗化の割合
産業廃棄物	状況調査	廃棄物の種類	汚泥、建設廃材、鋳さい、動物糞尿
		処理、処分法	埋め立て、再生利用
災害時発生廃棄物	現地調査	種類	コンクリートガラ、金属屑、木屑
		発生量の推定	兵庫県住宅・建築物系、公共公益施設系合計で2000万t
		処分場、処理施設の調査	重大な震災被害はなかった。
		尿尿対策	仮設トイレの設置、バキューム車の確保
最終処分場	現地調査	環境保全と環境監視	1)安定型 ・浮遊物対策としての汚濁防止膜の設置 ・清掃船による浮遊物の除去 ・濁度測定強化 ・有害項目の監視頻度強化
			2)管理型 ・浮遊物対策としての汚濁防止膜の設置 ・バックホウ等による浮遊物の除去 ・有害項目の監視頻度強化
		沿道の交通量調査	
		騒音、振動調査	監視頻度の強化

-5 大気汚染・その他

表5は、阪神・淡路大震災時に国立環境研究所が実施した環境調査の概要を示す。国立環境研究所は災害発生後の4週間後に現地に入り、大気汚染、液状化、廃棄物、景観などについて現地調査した。

大気汚染関係では、有害化学物質、ビル解体による粉塵・アスベストおよび廃棄物の野焼きによる汚染について報告している。これらの影響を把握するために大気環境濃度の緊急モニタリング調査を実施し、平常時濃度や環境基準と比較することによってそれらの影響を評価した。その結果、環境濃度は一般的な都市域での濃度レベルに近いが、やや高いレベルであり、直ちに健康影響が問題となるようなことはないとしている。しかし、場所や汚染物質によっては一定の大気環境の悪化が認められたため、継続的なモニタリングが必要との認識も示された。

表5 阪神・淡路大震災時に国立環境研究所が実施した環境調査概要 (大気汚染・その他)

被害対象		調査内容		調査結果
大気汚染	大気汚染一般	現地踏査	大気環境測定局の被害確認	一時的な欠測状態、 移設に伴うデータ不連続
			道路網の被害と渋滞状況	
		緊急モニタリング調査 (複数回実施、環境庁大気保全局)	有害化学物質6項目を17地点で測定	一般的な都市域での濃度レベルに近い
	ビル解体による粉塵、アスベスト問題	現地踏査	目視調査	不十分な飛散防止策
		緊急モニタリング調査 (複数回実施、環境庁大気保全局)	・追跡継続調査 17地点でアスベスト測定 ・建築物解体現場周辺調査 20地点でアスベスト測定	一般的な都市域での濃度レベルに比べやや高い
	廃棄物の野焼き	現地踏査	目視調査	野焼きの確認、 住宅地への焼却灰飛来
緊急モニタリング調査 (複数回実施、環境庁大気保全局)		ダイオキシンなど13項目を3ヶ所(3~4地点/1ヶ所)で測定	都市域の濃度レベルの範囲内であるが、野焼きの影響を受けている地点はやや高い	
液状化など	現地踏査、発生地点把握、 粒度試験	大阪湾沿岸48地点で採取した噴砂の粒度試験	液状化地点マップ作成 液状化地点のほとんどが人口 改変地(特に浅海埋立地と人工島 で顕著) 48地点での粒度試験データ	
	現地踏査、土壌分析	亀裂断層面の土壌分析 (六甲アイランド、ポートアイランド)		
景観	現地踏査		景観面での特徴的事象 テント群、緑地でのゴミ集積場、 高架道路や文化財の崩壊	

(資料:「兵庫県南部地震と環境」(国立環境研究所 F-84-'95/NIES))

地震災害時の環境事前調査の項目と方法

本章では、「 既往の地震災害調査における環境調査事例」の結果をもとに環境事前調査の対象項目を整理し、調査方法を提案する。

-1 水道

(1) 調査項目

1) 施設の現状と災害による被害予測と対応計画

調査対象地域における水道事業体数、規模、施設および運転状況など基本事項の把握が第一に必要である。ついで災害発生時に予測される被害の把握を行う。たとえば地震発生を想定した場合、施設、建築物の耐震基準、管網の耐震管布設箇所などから施設の被害程度、供給可能水量、水質などを想定しておく必要がある。併せて、避難場所における避難住民の生活環境を確保するために、給水、排水処理、廃棄物処理、大気環境等を調査しておくことが望ましい。

2) 給水量、給水水質の確保

給水車等による応急給水の場合の水源、水量の確保方法、および飲料水としての安全性確保の方法等について把握しておく必要がある。また、配水管網の復旧に伴い管路による給水を再開する場合の安全性確保の方法についても検討しておく必要がある。

3) 他の社会基盤施設との関連

停電によるポンプ場の運転停止、道路の破損、交通渋滞による給水車による飲料水運搬作業に対する支障など、水道施設に被害があった場合またはなかった場合でも、他の社会基盤施設の被害によって、給水を確保することができなくなる場合がある。このような水道以外によって影響を受ける因子をあらかじめ明らかにしておく必要がある。

また、水道施設の被害によって都市生活へ被害を及ぼす可能性についても検討しておく必要がある。地下水への浸出では水質的に問題となることはほとんどないと考えられるが、管破損による地上への漏水と家屋への浸水の可能性、他の社会基盤施設（電気、ガス）などへの影響や、配水池、貯水池などの破損による大量の水の流出による被害のおそれなども考慮しておく必要がある。

(2) 調査方法

1) 施設の現状と災害による被害予測と対応計画

- ・事業体数、事業体規模、施設能力、導水管の種類、送配水管の種類・各施設の耐震度などを事業体ごとに調査する。
- ・災害による被害予測について、事業体ごとに防災計画や、ない場合にはアンケート、ヒアリングなどにより調査する。
- ・災害時の対応、復旧計画などについて各事業体の耐震化計画などを元に調査を行う。
- ・病院、工場など一般市民以外で給水がなくなった場合の、影響の範囲、程度も把握しておく必要がある。

2) 給水量、給水水質の確保

- ・拠点浄水場、配水池、大口径配水管など給水量を確保するための場所を把握する。
- ・塩素注入量、残留塩素試験など飲料水を給水する場合の安全性の確保方法を耐震化計画やアンケート、ヒアリングなどによって調査する。

3) 他の社会基盤施設との関連

- ・電気、ガス、道路などの被害可能性の把握、想定される被害における水道の影響度を調査する。
- ・水道施設の破損による漏水、出水などで引き起こされる生活環境、他の社会基盤施設への影響、環境への影響をこれまでの調査報告書などから把握する。

-2 下水道

(1) 調査項目

1) 水質汚染

管路破損部から流出する下水が、周辺の河川、湖沼、海などの水環境に流入し、下水に含まれる有害物質による汚染の危険性がある。

ポンプ場では、ポンプが故障すれば一時的に下水の排出ができず、場外へそのまま流出し、水環境を汚染する危険がある。

処理場では、沈殿槽や曝気槽が破壊すると一度に大量の汚水が流出し、周辺の水環境を汚染する危険がある。

2) 土壌、地下水汚染

管路の破壊により、流出した下水が土壌、地下水を汚染する危険がある。

(2) 調査方法

1) 水質汚染

管路内の汚染源の把握

- ・合流式および分流式の敷設状況と平常時の最大、最小水量
- ・管路内の土砂の堆積量

ポンプ場からの流出下水の把握

- ・ポンプ破損停止時の流出量
- ・流出水の水質

処理場からの流出下水の把握

- ・施設の亀裂部からの流出量
- ・流出水の水質

2) 土壌・地下水汚染

- ・ポンプ場、処理場周辺の土壌・地下水の事前、事後調査

-3 廃棄物

震災によって発生する廃棄物からの環境汚染の原因を予測し、実際に生じる震災の種々のパターンに対応した廃棄物環境影響マニュアルを作成する必要がある。

(1) 調査項目

1) 水質汚染

ごみ集積所からの汚水の流出

一度、集積所に集められてごみから汚水が流れ出て、周辺を汚染する危険がある。
処分場からの漏出

- 2) 大気汚染
 - 廃棄物から粉塵
 - 廃棄物の野焼きによる煙の発生、有害物質の放出
- 3) その他
 - 廃棄物運搬時の騒音、振動

(2) 調査方法

- 1) 水質汚染
 - ・集積所や処分場候補地の事前調査
 - ・集積所や処分場からの汚水量の推定
- 2) 大気汚染
 - ・野焼き地の選定、周辺環境調査
 - ・一度に燃やす量とばい煙の量推定
- 3) その他
 - ・運搬用トラックの台数把握
 - ・住宅地を考慮した運搬経路の選定

-4 大気汚染・その他

(1) 調査項目

- 1)大気汚染
 - 有害化学物質の漏出
ガソリンスタンド地下タンクや工場・事業所の貯蔵施設が地震によって破壊し、貯蔵されていた有害化学物質が大気中に漏出する危険性がある。
 - ビル解体による粉塵、アスベスト
ビルの崩壊、不十分な飛散防止策のもとでのビル解体工事によって、有害な物質を含む浮遊粒子状物質やアスベスト等の有害物質が大気中に放出する危険性がある。
 - 廃棄物の野焼き
廃棄物の野焼きにより大量の有害物質が大気中に排出されると考えられる。
- 2)その他
 - 液状化
特に沿岸部や埋立地において多数の液状化現象が発生すると想定される。
 - 有害化学物質漏出による水・土壌汚染
ガソリンスタンド地下タンクや工場・事業所の貯蔵施設が地震によって破壊し、貯蔵されていた有害化学物質が土壌や地下水、河川に漏出する危険性がある。

(2) 調査方法

- 1)大気汚染
 - 有害化学物質貯蔵量の事前調査
 - ・PRTR データの活用したデータベース整備
 - ・危険地域の事前把握

浮遊粒子状物質、有害物質の大気濃度測定

- ・ 継続測定地点におけるデータベース整備

臨時廃棄物処理候補地の環境アセスメント

- ・ 環境アセスメントによる環境影響の小さな野焼き候補地の事前選定
- ・ 野焼きに関するマニュアル作成

2)有害化学物質漏出による土壌汚染、水汚染

有害化学物質貯蔵量の事前調査

- ・ PRTR データの活用したデータベース整備
- ・ 危険地域の事前把握

危険地域における継続的な濃度測定

まとめと提言

以上の検討結果をもとに、環境事前調査にて実施すべき内容を提言としてまとめる。

< 提言 1 > 調査項目リストの作成

災害発生の事前・事後に調査すべき対象項目をスコーピングし、調査項目リストとして整理する。調査項目リストのイメージは表6のとおりである。

表6 調査項目リスト(イメージ)

分類	調査項目	調査方法	
		事前調査	事後調査
・ 大気汚染 ・	・ 有害化学物質の漏出 ・	貯蔵量の把握 (PRTR データの活用) 環境濃度の定点測定 危険地域の把握	主要貯蔵施設の崩壊状況の把握 環境濃度の測定、変化把握 影響の解析・評価

< 提言 2 > 環境リスク変化把握のための災害対応環境データベースの作成

災害発生によって、災害前の状態からどのリスクがどのくらい増加しているかを把握するために環境データベースを作成する。データベースの構成イメージは表7のとおりである。

表7 災害対応環境データベースの構成(イメージ)

分類	調査項目	データの種類	データのレベル	使用可能なデータソース
・ 大気汚染 ・	・ 有害化学物質の漏出 ・	貯蔵量 環境濃度 危険地域	発生源別・物質別 月一回の測定 施設、土地利用のマップ化	PRTR 調査結果 有害化学物質モニタリング PRTR 調査結果など

< 提言 3 > 環境系ライフラインの被害予測方法と対応計画の作成

上下水道や廃棄物処理施設のような環境系ライフラインの被害予測方法や対応計画を検討・作成しマニュアル化を図る。

