

S-17-1 災害・事故に対する化学物質リスク管理 基盤の構築 (JPMEEERF18S11710)

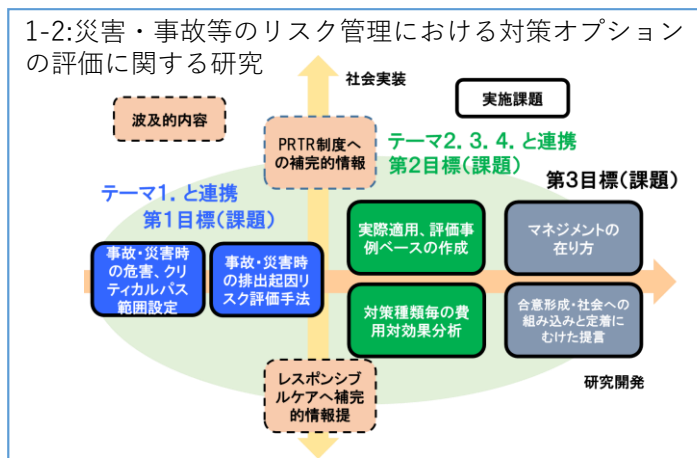
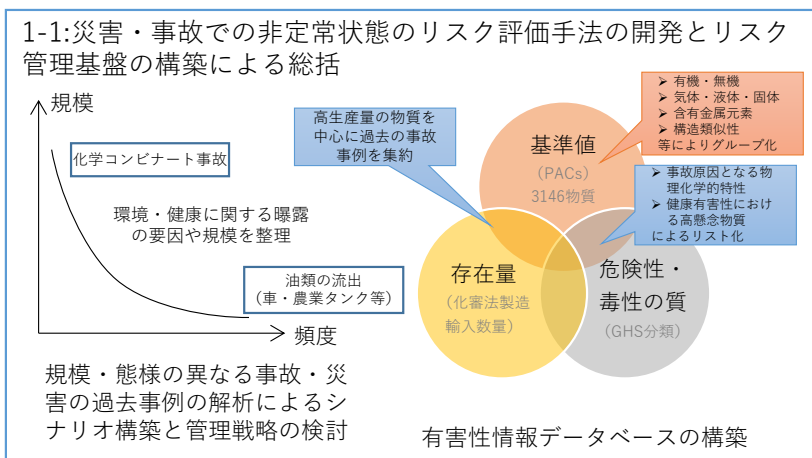
平成30年度～令和4年度

- テーマリーダー 鈴木規之(国立環境研究所)
- サブテーマ1 鈴木規之、小山陽介、小池英子、柳澤利枝、小口正弘(国立環境研究所)
- サブテーマ2 東海明宏、小島直也、伊藤理彩(大阪大学)、中久保豊彦(お茶の水女子大学)
- サブテーマ3 川口真以子(明治大学)
- サブテーマ4 三宅祐一(横浜国立大学)、徳村雅弘(静岡県立大学)

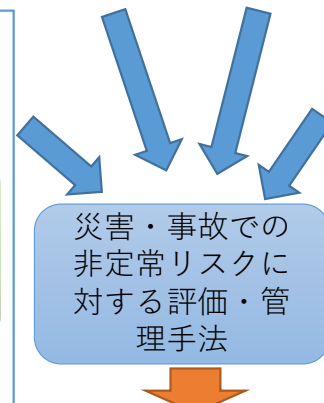
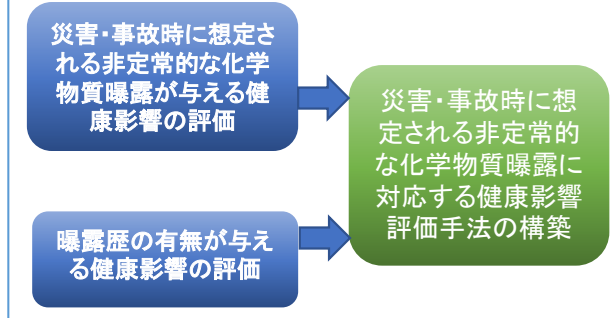
研究の背景と目的

- 災害・事故に伴う化学物質の流出や拡散に対して、環境汚染の視点から対応が求められるが、その方法、体制は確立されていない
- 高頻度・小規模の火災・流出等事故から大災害の対応まで体系的な方法論の確立が必要
- S-17-1課題では、S-17課題全体の課題のうち
 - 災害・事故での化学物質リスク管理で想定される非定常リスク評価手法
 - リスク管理における対策オプションの評価の研究
 - 曝露把握手法などの研究
 - S-17全体の成果を統合して格納し、情報や技術を広く行政、市民に活用可能とするための情報基盤の構築
- を担当することを目的

S-17-1 災害・事故に対する化学物質リスク管理基盤の構築



1-3:非定常状態における健康リスク評価手法の基礎的検討



1-4:災害・事故等の非定常状況下における曝露量把握手法に関する研究



全体目標

災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要となる、

- ・災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念と化学物質、シナリオ、評価手法などの例示、
- ・段階的リスク論に基づく対策オプション評価モデル、
- ・災害・事故時の個人曝露量の新たな評価手法を確立し、
- ・これらをテーマ2-4の成果も併せて迅速に事象の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。

テーマ2
災害・事故における異常検知と影響予測手法の開発

災害・事故時における統合的リスク管理基盤

テーマ3 速やかかつ網羅的な化学物質把握のための分析手法の開発

テーマ4
災害・事故への対応力強化に関する研究

サブテーマ1:災害・事故での非定常状態のリスク評価手法の開発とリスク管理基盤の構築による総括

研究目標【サブテーマ1】

災害・事故での非定常状態のリスク評価手法の方向性および災害・事故における化学物質等の漏出・排出シナリオを体系的に提示する。また、S-17全体を統括し、全サブテーマごとの研究成果を横断的に統合し、災害・事故に起因する化学物質リスクに対処する主体が活用可能な形で情報基盤として提供する。

リスクガバナンスの観点による災害・事故に伴う化学物質リスクへの対処の概念的な枠組みの考察

災害・事故において想定される化学物質等の排出シナリオおよび統合的リスク管理基盤を構築するための概念的シナリオの構築

サブ3との連携課題として
・実験成果はサブ3で一体として
・統合的リスク管理基盤への統合は統合的リスク管理基盤の開発で報告

統合的リスク管理基盤の開発

研究計画

①災害・事故における化学物質等の漏出・排出シナリオの策定

- ・ 漏出・排出シナリオ構築の検討では、既存の事故データベースを網羅的に検索し、自然災害、火災・爆発、流出などの事故態様の類型化の検討を行う。
- ・ 漏出・排出シナリオ構築として事故態様の類型化の第一次案を作成する。

②災害・事故での非定常状態のリスク評価手法の開発

- ・ 非定常リスク評価手法について、サブテーマ1-3の基礎的検討を補完しつつ評価方法論の予備的検討、評価手法を討議する専門家ワークショップの試みを開始

- ・ 統合的リスク管理基盤構築に導入すべき事項の検討、情報基盤としての基礎設計の実施

③統合的リスク管理基盤の構築

テーマ1
サブ2,3,4成果

テーマ2
プラットフォーム

テーマ3
分析法・DB

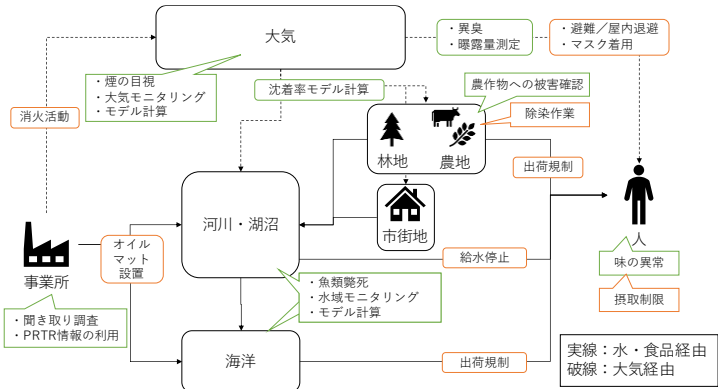
テーマ4
情報基盤・分析・
処理技術

S17全体の成果
を格納し活用可能とする

リスクガバナンスの観点による災害・事故に伴う化学物質リスクへの対処の概念的な枠組

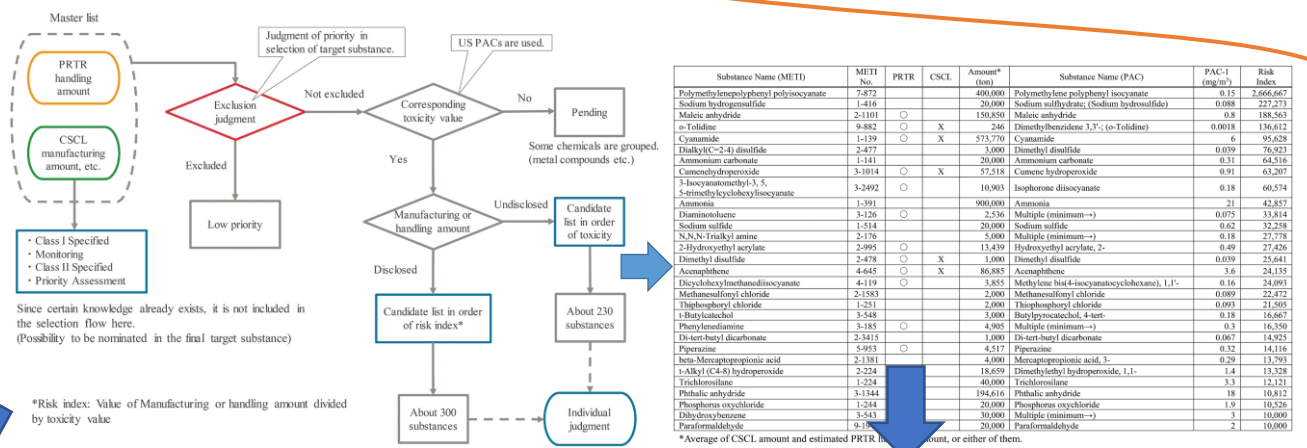
物質、要因、事例、排出シナリオ等で異なる災害・事故に伴う化学物質リスクに対処するリスクガバナンスの構造とS17各課題の役割

災害・事故において想定される化学物質等の排出および概念的シナリオの構築



IRGC framework*	災害・事故に起因する化学物質リスク管理における課題	S17における取り組み	横断的、関連
リスク事前評価	情報の準備 基礎方法の準備	1(1)物質、シナリオ 4(1)物質、排出源情報の準備 1(3)非定常リスク評価手法 1-1904課題	1(2)大阪府での横断的ケーススタディー 2(1)水道での横断的ケーススタディー
リスク見積もりと関心の評定	迅速検知・モニタリング手法 予測・評価手法	1(4)曝露把握 2(2)迅速検知 2(3)予測手法 3(1)(2)(3)観測、検知 4(2)継続監視	
受け入れられるか判断	情報共有手法 判断手法	2(4)情報共有、表示 1(1)リスク評価手法	
行動への意思決定と実践	意思決定支援 実践技術	1(1)情報基盤 2(1)迅速検知と対応 4(1)自治体の対応 4(3)対策技術	

*リスクガバナンス論からみた震災復興過程のリスク評価の方向, 盛岡 (2012)環境情報科学, またWhite paper on risk governance, IRGC (2005)



カテゴリ	事故の起動要因	仮想事例	想定対象物質	排出量及び時間
油	洪水、温暖化等の豪雨あるいは単独の流出	豪雨での冠水により鉄工所で、2000Lタンク10個分の低粘度油(焼入れ用)が河川および周辺土壤に流出。	パラフィン系低粘度鉱油	20,000kg 瞬間的
火災	火災	大型倉庫(プラスチック製品を大量保管)で発生した火災が数日にわたり継続。消火剤の散布もあり、大気経路の健康影響と周辺農地への影響、消火流出物による周辺農地への影響の懸念。	PAHs、難燃剤、消火液(界面活性剤)および廃水	- 300h
有機VOC	地震、津波など自然災害あるいは単独の事故	可塑剤等の製造工場で、1,2-ジクロロエタン回収中に爆発事故。火災発生で溶剤や医薬・農薬中間体に燃え広がる。	1,2-ジクロロエタン、トルエン、ジフェニルホスホリルモノクロリド、りん酸トリフェニル	6,000kg 12h

統合的リスク管理基盤の開発

□ Webシステムとして開発

- <https://www.nies.go.jp/dchemcore/>にて公開中

□ 多彩なメニュー(①)

- 状況別メニュー
- 目的別メニュー(②)
- 情報全体からの検索(③)

□ データの構造化・タグ付与

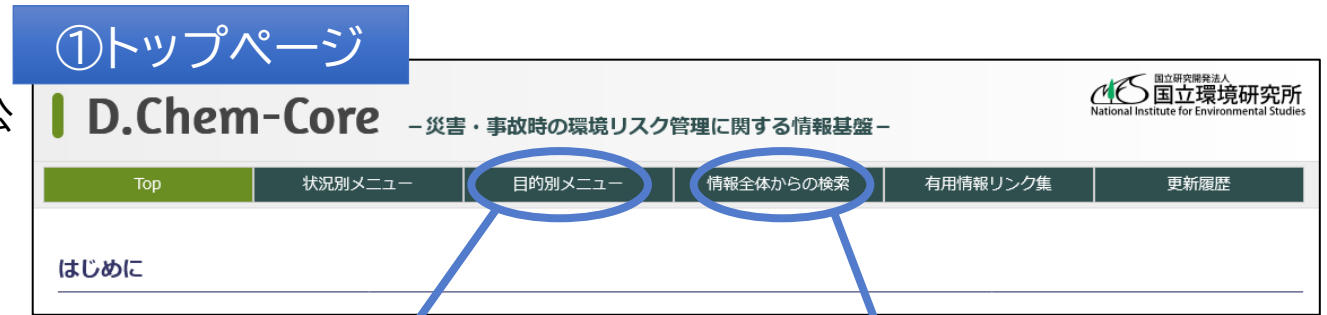
- 起動要因やシナリオ要素の情報タグを全ての情報に付与(③)
- 多角的かつ迅速な検索を可能に

□ 他テーマとの連携

- 全員参加の対面での机上演習で意見集約し、システム改良(計2回)
- 各研究成果を格納(②)

□ 地図検索機能

- 地図上での情報検索機能
- ユーザーデータを地図上で表示する機能
- 地図データのインポート・エクスポート



②目的別メニュー

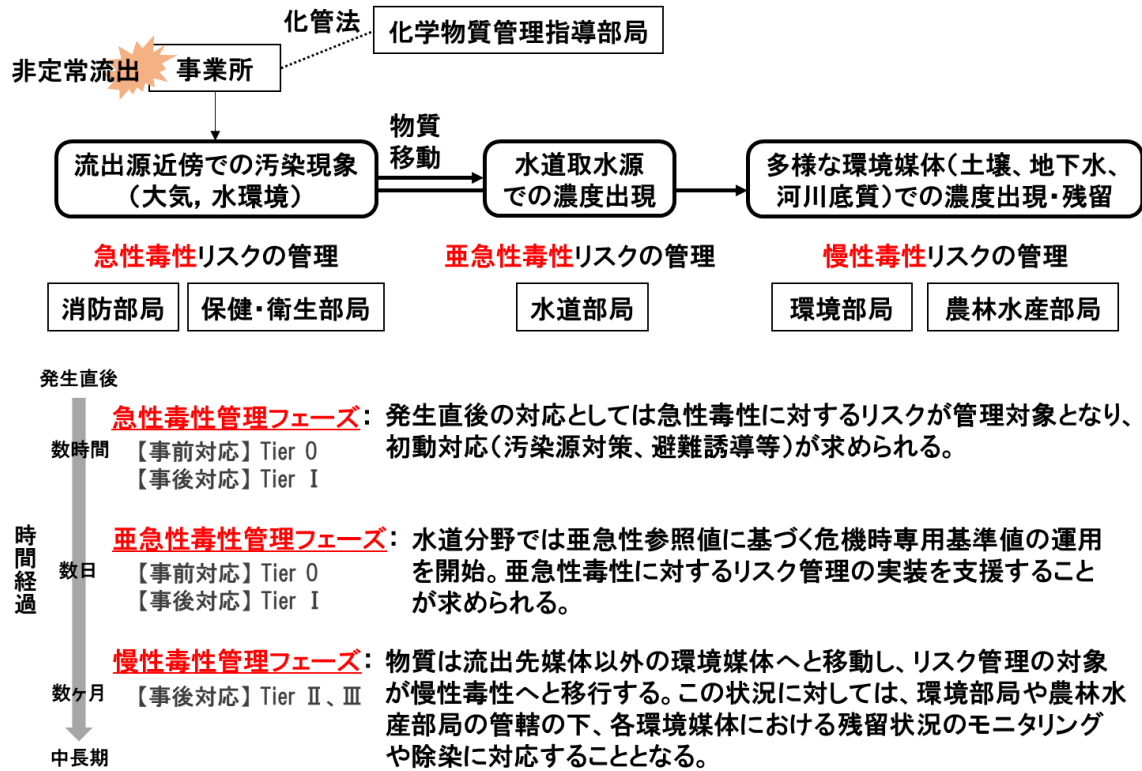
+ 物質情報検索	テーマ4-1 PRTR推定在庫量
+ 地理情報検索	テーマ1-4, 2-2, 3-1, 3-2, 3-3, 4-1, 4-2 各種分析法
+ 分析法検索	テーマ2-3 モデル予測
+ 曝露予測	テーマ1-2 ケーススタディ
+ 発災シナリオとケ...	テーマ4-3 物質別除去技術
+ 除去技術の検索	

※「テーマ1-3 非定常の健康リスク評価」は個別情報として掲載

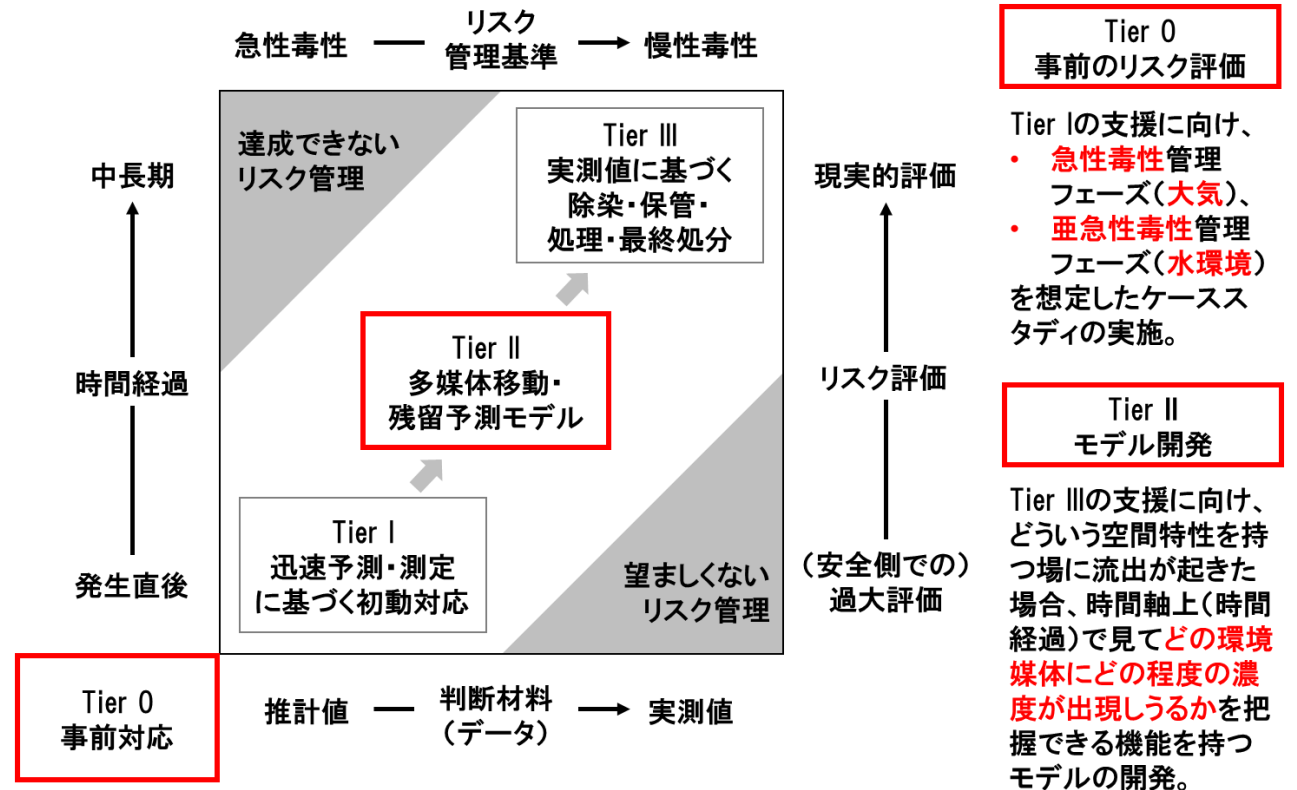
③情報全体からの検索

サブテーマ2: 災害・事故時等のリスク管理における 対策オプションの評価に関する研究

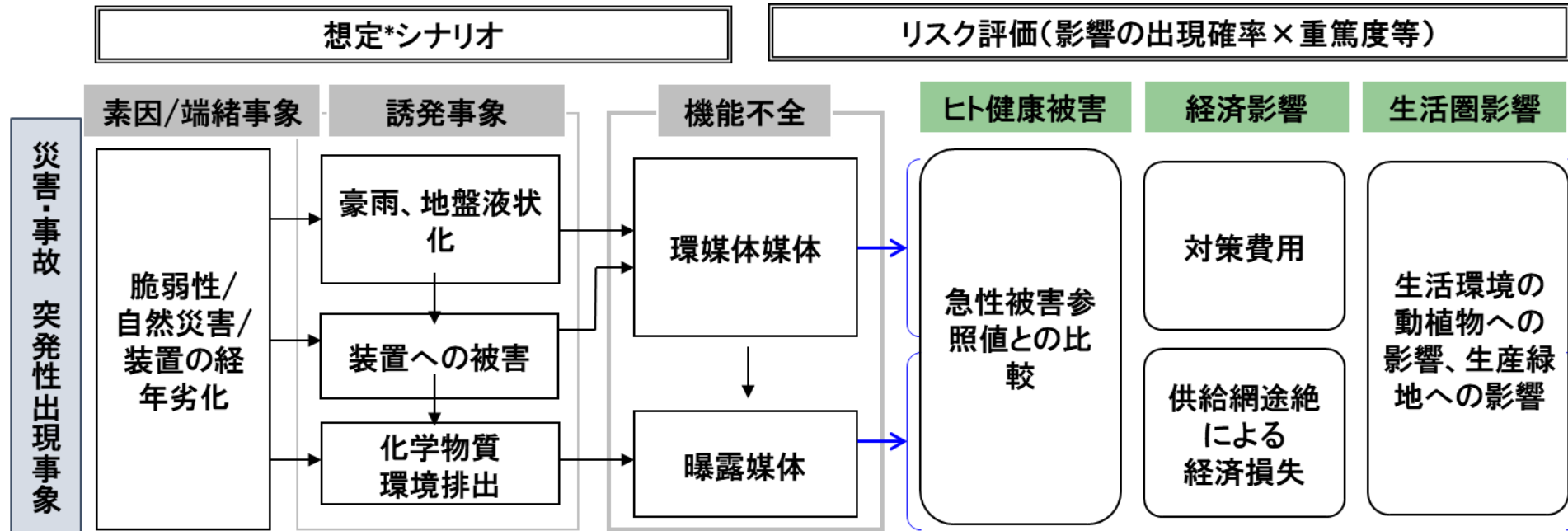
本研究で対象とする環境媒体とリスク管理



本研究で提案するTiered approach



サブテーマ2 シナリオ作成:端緒事象から事象展開



想定*このような条件下での推算・類推結果

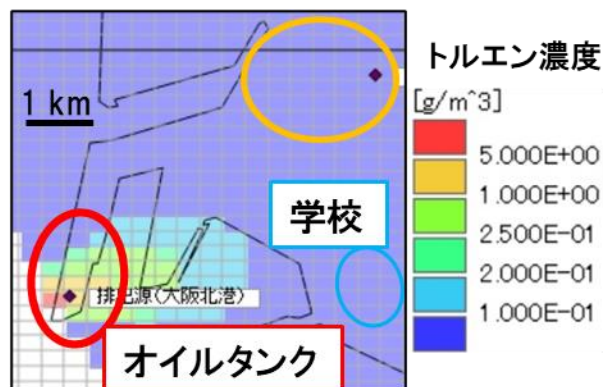
事前評価の視点から曝露媒体を特定した
ケーススタディ

サブテーマ2 対策オプション 解析事例

気圏

i) Tier I急性毒性
基本ケース

南海トラフ地震
震度6弱
選定物質:トルエン
非平常/平常:374,600倍
回復時間:4時間以上



防油堤・防止堤の設置で、学校や大型アミューズメントパークへの拡散を阻止。

水圏

ii) Tier I~II亜急性毒性
基本ケース

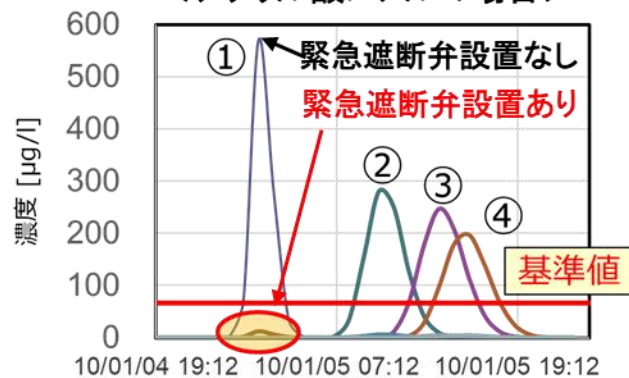
上町断層地震
震度6強
選定物質:アクリル酸メチル
非平常/平常:57,000倍
回復時間:21時間



評価地点

- ① 磯島
- ② 一津屋
- ③ 柴島
- ④ 淀川

<アクリル酸メチルの場合>



緊急遮断弁の導入により、河川全体の回復期までの時間が21時間短縮。

土壌圏

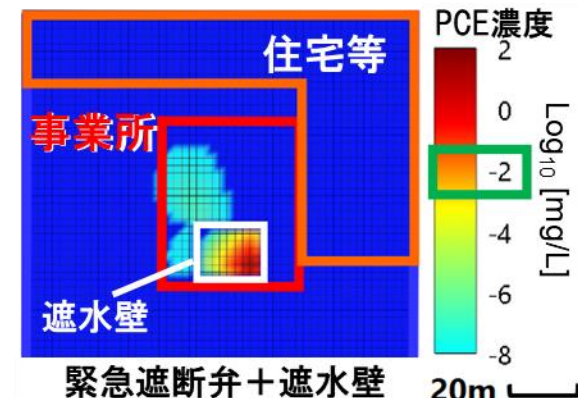
iii) Tier I~III慢性毒性
基本ケース

上町断層地震
震度6強
選定物質:テトラクロロエチレンと二次生成物質
非平常/平常:20,000倍
回復時間:100年間以上



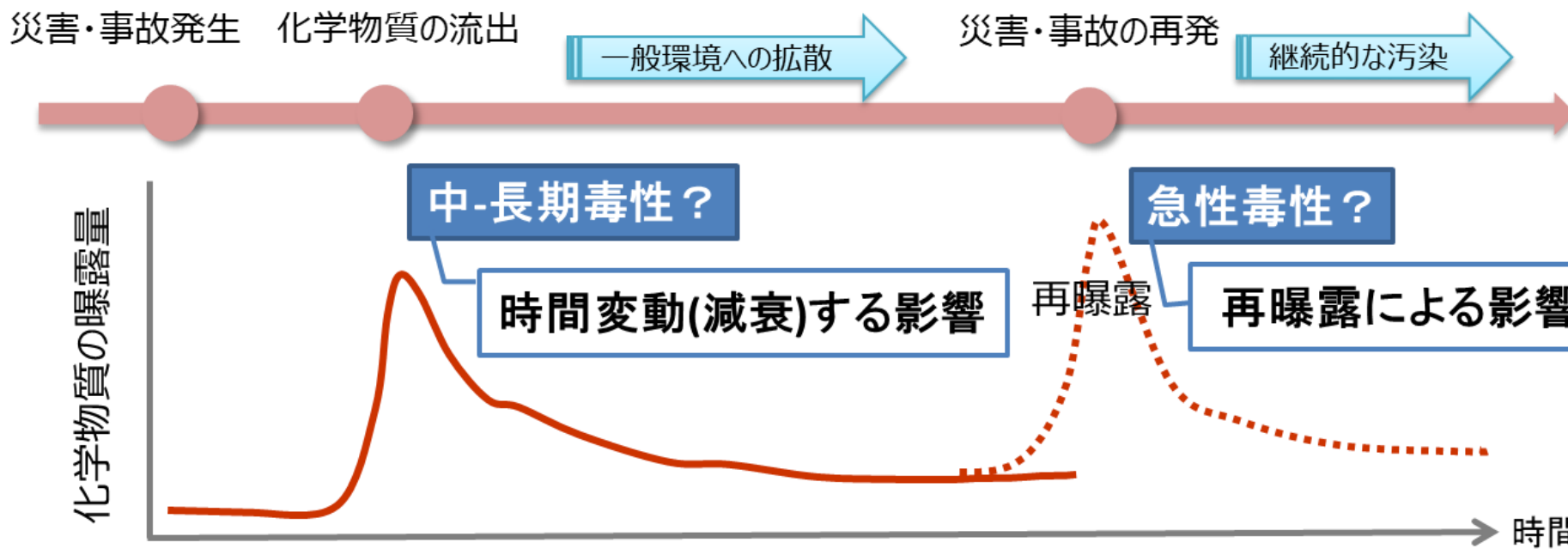
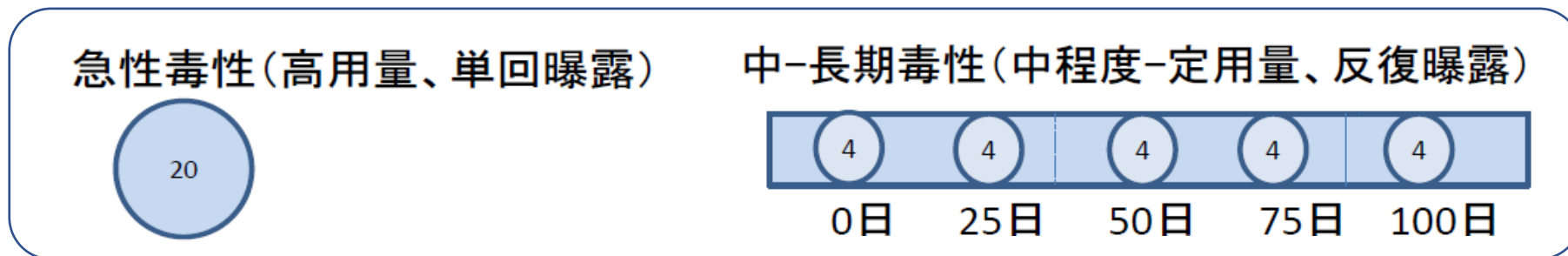
評価地点

液状化危険度の高い淀川下流地区



緊急遮断弁+遮水壁の導入で、敷地外への汚染地下水流出を阻止。

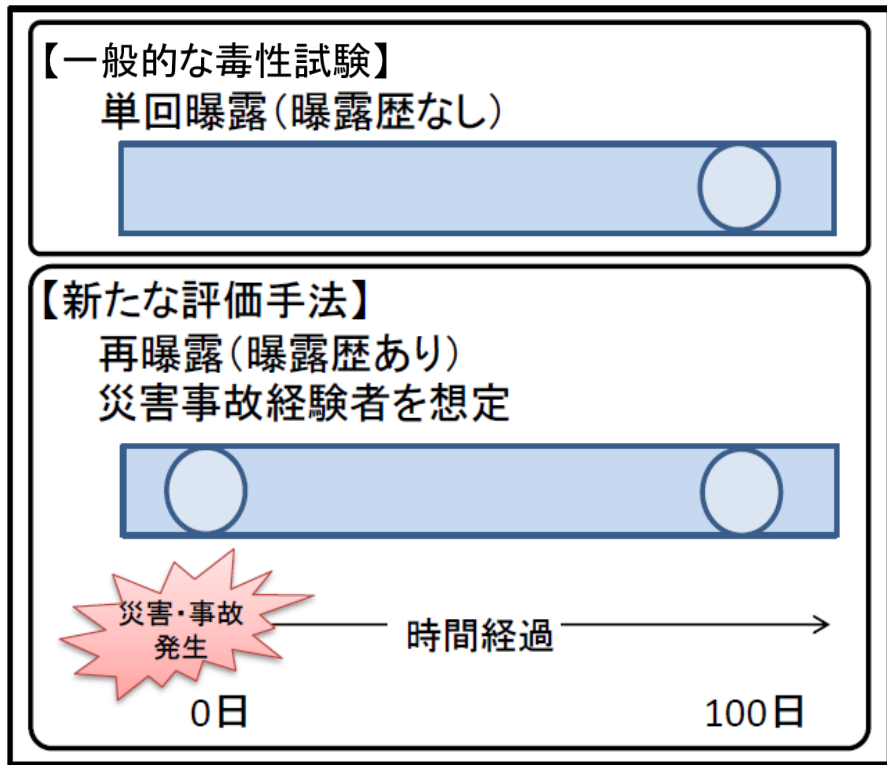
サブテーマ3: 非定常状態における健康リスク評価手法の基礎的検討



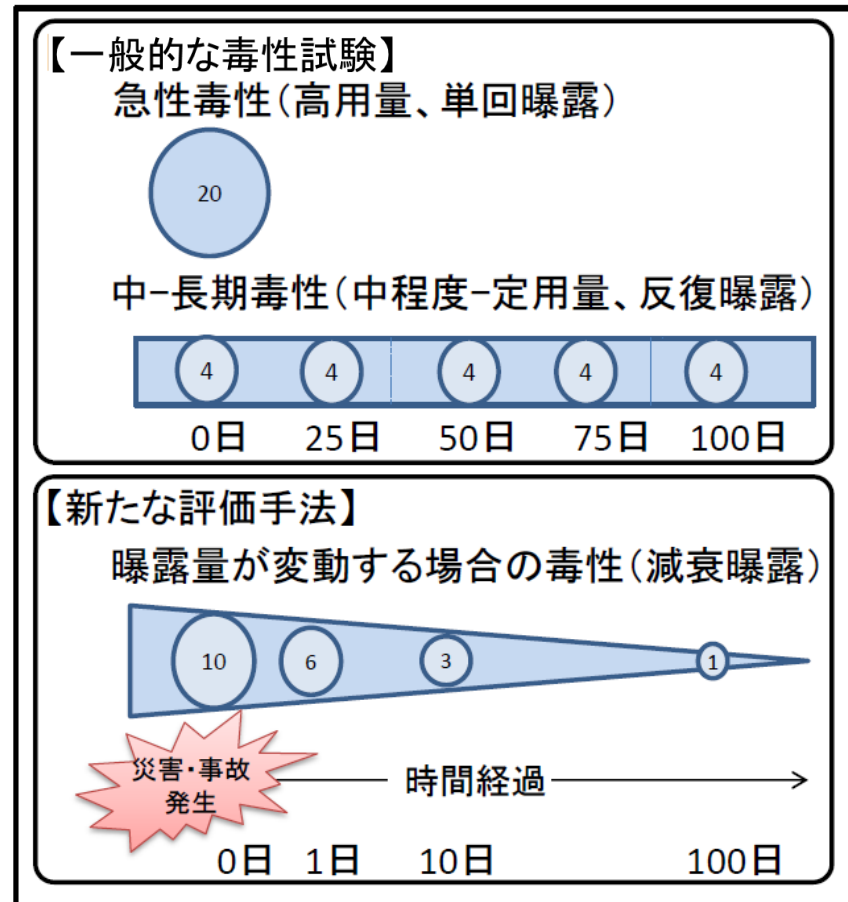
非定常状態における化学物質曝露を想定した健康影響評価は検討されていない

非定常時に想定される曝露形態を考慮した評価手法

付加的曝露が与える影響の評価
《実験1》 曝露歴の有無が与える健康影響評価

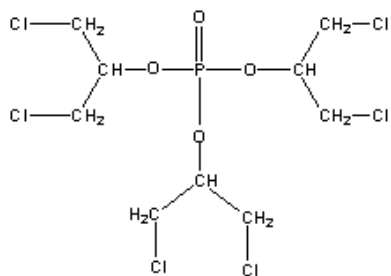


時間とともに減衰する非定常的曝露の評価
《実験2》 曝露量の変動が与える健康影響評価



災害・事故時に予測される非定常的な曝露の影響

TDCIPP: リン酸トリス(1,3-ジクロロ-2-プロピル) CAS番号13674-87-8



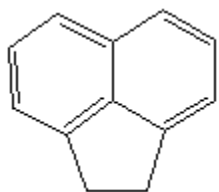
使用例: プラスチック発泡剤、リン酸エステル系難燃剤

特定標的臓器毒性(反復曝露): 区分1(腎臓・精巣)

「曝露歴の有無が与える健康影響」→ 新生仔期 影響あり
→ 若齢期 影響なし

「曝露量の変動が与える健康影響」→ 影響なし

Acenaphthene CAS番号:13674-87-8



使用例: 染料原料、殺菌・殺虫剤

特定標的臓器毒性(反復曝露): 分類できない

「曝露歴の有無が与える健康影響」→ 新生仔期 影響なし

「曝露量の変動が与える健康影響」→ 影響なし

影響がない場合は従来手法で概ね評価可能

曝露歴等の非定常的な曝露を考慮した新たな健康影響評価手法の必要性及び有用性が示唆
曝露歴試験には時期特異性、物質特異性がある可能性

サブテーマ4： 災害・事故等の非定常状況下における曝露量把握手法に関する研究

- ▶ 災害・事故等の非定常状況下における化学物質への曝露状況を迅速に把握するために、拡散型パッシブサンプラーを用いた揮発性有機化合物(VOCs)の個人曝露量把握方法の検討
- ▶ 拡散型のパッシブサンプラーの適用が難しい半揮発性有機化合物(SVOCs)の個人曝露量把握方法の検討



➡ 生体に対する影響の観点から曝露量を迅速に把握する手法を構成し、他のサブテーマにおけるリスク評価のための曝露量情報を直接的に取得する手法の開発を最終目標とする。

拡散型パッシブサンプラーによるVOCsの個人曝露量評価法の提案

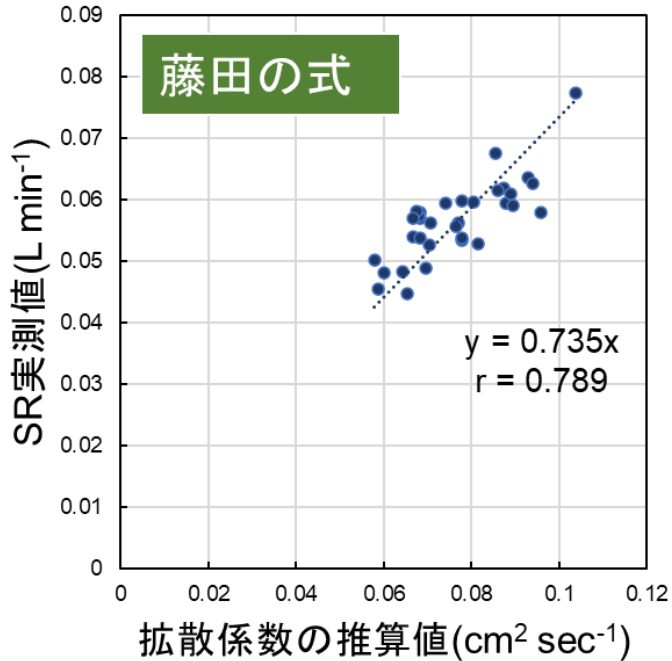
$$SR = \frac{60 \times 10^{-3} \times A \times D_{AB}}{Z}$$

SR: サンプルングレート ($L \text{ min}^{-1}$)

A: 有効拡散面積 (cm^2)

Z: 拡散距離 (cm)

D_{AB} : 分子拡散係数 ($\text{cm}^2 \text{ sec}^{-1}$)



対象物質: 作業環境測定対象物質、PRTR対象物質

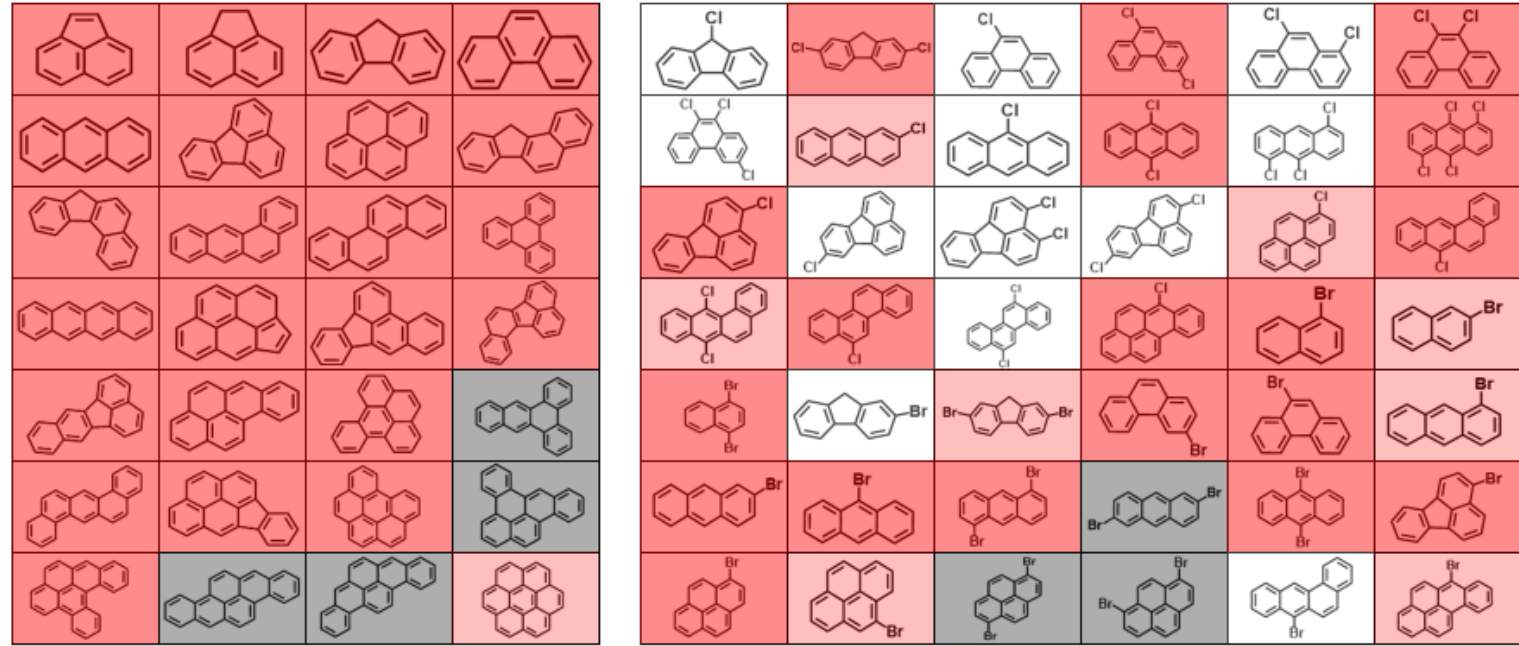
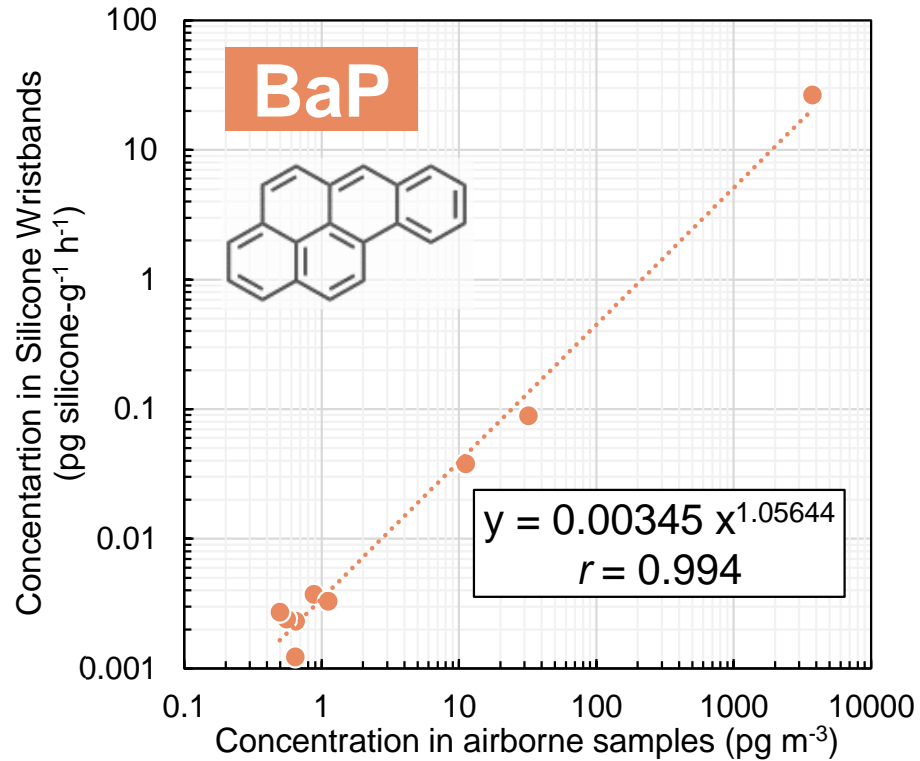
データベースから除外した物質:

- ・金属類、無機物、混合物
- ・沸点 240°C を超える物質、沸点情報が入手困難であった物質
- ・拡散係数推算の際にパラメータが算出できない物質

No.	CAS	物質名	分子式	分子量	沸点 ($^\circ\text{C}$)	臨界温度 (K)	臨界圧力 (atm)	ΔT (K)	ΔP (atm)	推算値 (藤田)	M_{AB}	Σv	推算値 (Fuller)
1	110-54-3	n-hexane	C6H14	86.18	68.7	508.2515611	29.75002796	0.12	1.362	0.070323105	43.36317	127.74	0.077604339
2	108-88-3	toluene	C7H8	92.14	110.6	594.4046196	41.44698281	0.086	1.151	0.07775496	44.08052	111.48	0.081616622
3	100-42-5	styrene	C8H8	104.15	145.3	635.3667499	37.79576136	0.102	1.32	0.069479663	45.33091	127.38	0.075994313
4	100-41-4	ethylbenzene	C8H10	106.17	136.1	618.4228819	35.9712474	0.106	1.378	0.068366029	45.51939	132	0.074671351
5	106-42-3	p-xylene	C8H10	106.17	138.23	621.641552	35.9712474	0.106	1.378	0.068143344	45.51939	132	0.074671351
6	108-38-3	m-xylene	C8H10	106.17	139.1	622.95622	35.9712474	0.106	1.378	0.068052887	45.51939	132	0.074671351
7	95-47-6	o-xylene	C8H10	106.17	138.5	622.0495524	35.9712474	0.106	1.378	0.068115241	45.51939	132	0.074671351
8	107-06-2	1,2-dichloroethane	C2H4Cl2	98.96	83.5	561.1904507	48.12396297	0.074	1.094	0.087407412	44.81937	83.04	0.091583708
9	108-90-7	chlorobenzene	C6H5Cl	112.56	131.7	629.518077	44.86149373	0.083	1.244	0.077071196	46.08017	109.65	0.080391759
10	67-66-3	chloroform	CHCl3	119.38	61.1	533.9192468	52.35735275	0.063	1.17	0.092782584	46.62539	81.21	0.090618981
11	79-01-6	trichloroethylene	C2HCl3	131.39	87.2	570.8614328	45.67837197	0.069	1.356	0.081471366	47.47279	97.11	0.083379714
12	127-18-4	tetrachloroethylene	C2Cl4	165.83	121.3	625.737655	40.80205578	0.068	1.676	0.07052873	49.32336	115.8	0.075911684
13	95-50-1	o-dichlorobenzene	C6H4Cl2	147	180	689.7260274	40.54930796	0.1	1.564	0.066745393	48.40132	128.34	0.073305159
14	79-20-9	methyl acetate	C3H6O2	74.08	92	564.870806	46.36676815	0.087	0.924	0.088324615	41.65158	73.78	0.099705502
15	108-21-4	isopropyl acetate	C5H10O2	102.13	88.6	538.4474554	35.29756159	0.119	1.361	0.07397058	45.13663	114.82	0.079643976
16	110-19-0	isobutyl acetate	C6H12O2	116.16	116.5	567.4412644	31.24946196	0.139	1.588	0.065437771	46.37436	135.34	0.073177763
17	123-92-2	isopentyl acetate	C7H14O2	130.19	142.5	593.1764373	28.03387148	0.159	1.815	0.058708438	47.39387	155.86	0.068023263
18	628-63-7	n-pentyl acetate	C7H14O2	130.19	149.2	598.1354206	27.59675291	0.167	1.832	0.057804816	47.39387	155.86	0.068023263
19	111-15-9	ethylene glycol monoethyl ether acetate	C6H12O3	132.16	156.4	607.7597428	29.82605605	0.168	1.765	0.060066275	47.52281	141.45	0.070903584
20	67-63-0	isopropyl alcohol	C3H8O	60.1	82.3	520.3910729	53.08737068	0.134	0.724	0.103695189	39.09503	72.29	0.103767771

➡ 作業環境測定対象およびPRTR対象のVOCsについて、SR推算値のデータベースを構築
→ **【S-17】情報基盤システムへ実装**

シリコンパッシブ法によるSVOCs(PAHs)の個人曝露量評価法の提案



 : $p < 0.01$
 : $p < 0.05$
 : No significant correlation
 : $n \leq 2$

大気中濃度とシリコンリストバンドでの捕集量の関係

大気中濃度とシリコンリストバンドでの捕集量の相関係数の p 値

- ➡ ガス態物質と粒子態物質に関わらず、51種のPAHsで大気中濃度とシリコンリストバンドでの捕集量に有意な正の相関関係が認められ、シリコンリストバンドでの捕集量から大気中濃度を概算できることが示唆された。

	研究目標	目標の達成状況
サブテーマ1	<p>災害・事故での非定常状態のリスク評価手法の方向性および災害・事故における化学物質等の漏出・排出シナリオを体系的に提示する。また、S-17全体を統括し、全サブテーマごとの研究成果を横断的に統合し、災害・事故に起因する化学物質リスクに対処する主体が活用可能な形で情報基盤として提供する。</p>	<p><u>目標通りの成果をあげた。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・災害・事故での非定常リスク評価手法の方向性を共同で実施したサブテーマ3において示した ・化学物質等の漏出・排出シナリオの体系的な提示 ・全サブテーマの研究成果を横断的に統合する情報基盤D.Chem-Coreの公開
サブテーマ2	<p>災害・事故の発生のタイミングと活用データの組合せで構成した段階的リスク論に基づいた対策オプション評価モデルを構築するとともに、包括的整理で抽出された政府、自治体、学会等が推奨する対策オプションを踏まえ、気圏、水圏、土壌圏の3つの環境媒体をとりあげた代表事例の対策評価を通じて、PRTR対象物質を範囲として適用可能な災害・事故時のリスク対応戦略を提案する。</p>	<p><u>目標を大きく上回って達成した。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・気圏、水圏、土壌・地下水を対象としたプロトタイプモデルを構築 ・淀川水系、大阪市を対象とした対策オプション評価を実施 ・対応戦略の優先順位を明らかにした。全体として、当初の目標を大きく上回って達成した。
サブテーマ3	<p>実験動物を用いて、化学物質の「曝露歴の有無が与える健康影響」および「曝露量の変動が与える健康影響」について毒性学的検討を行い、災害や事故で想定される非定常状態の健康リスク評価のための実験的影響評価手法を構築する。</p>	<p><u>目標通りの成果を挙げた。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・2つのモデル化学物質(TDCIPPとAcenaphthene)を対象に、曝露歴の有無が与える健康影響評価、および曝露量の変動が与える健康影響評価を完遂した。 ・TDCIPPにおいては「曝露歴の有無が与える健康影響の評価」で有意な影響を見出したことから、曝露歴を考慮した評価手法が有用であることが分かった。
サブテーマ4	<p>災害・事故時のVOCsの個人曝露量評価を行うために、パッシブサンプラーを用いた個人曝露量評価法の精度評価を行い、個人曝露量の算出に不可欠なサンプリグレートの実測値を拡充する。また、サンプリグレートの推算法を提案し、得られたサンプリグレートの推算値と実測値をサブテーマ1で作成した情報基盤に実装する。さらに、SVOCsの個人曝露量評価法として、シリコン素材を用いた個人曝露量評価法の実用性を評価する。</p>	<p><u>目標通りの成果を挙げた。</u></p> <ul style="list-style-type: none"> ・揮発性有機化合物(VOCs)に関しては拡散型パッシブサンプラーを用いた個人曝露量把握方法を検討した。各対象物質のサンプリグレート算出し、影響を与える環境条件(風速、湿度、温度、濃度変化等)の影響は非常に小さく、災害・事故を想定した実環境で十分使用可能であることを示す ・幅広い物性を持つVOCsに適用できるサンプリグレートの推算方法を検討し、合計165物質についてサンプリグレートデータベースを構築した ・VOC以外の半揮発性有機化合物(SVOCs)にシリコンパッシブ法に関する情報を収集し、その適用可能性を検討した。51種のガス態・粒子態PAHs・XPAHsにおいて、シリコンリストバンドでの捕集量から大気中濃度を推算できることが明らかになった。

テーマの研究目標の達成

災害・事故に起因する化学物質リスク管理に必要な
となる、
・災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念
と化学物質、シナリオ、評価手法などの例示、
・段階的リスク論に基づく対策オプション評価モ
デル、
・災害・事故時の個人曝露量の新たな評価手法を
確立し、
・これらをテーマ2-4の成果も併せて迅速に事象
の推移に応じて必要な主体に提供可能とする。



目標どおりの成果をあげた。
・災害・事故での非定常状態のリスク評価の概念、化学物質の種類、シナリオ等
をサブテーマ1が中心になり全テーマの連携によって明らかにした。
・段階的リスク論に基づく対策オプションの評価をいくつかの事例研究により
示した。
・非定常のリスク評価につながる具体的な毒性学的知見を示した。
・災害・事故時の個人曝露量評価に必要なパッシブサンプラーの精度評価
と実用性を明らかにした。また、
・全テーマの成果を迅速に事象の推移に応じて提供可能とするD.Chem-
CoreのWeb情報システムを開発した。

研究成果の発表状況、国民との科学・技術対話

査読付き論文	26件
査読付き論文に準ずる成果発表	0件
その他誌上発表(査読なし)	4件
口頭発表(学会等)	81件
「国民との科学・技術対話」の実施	10件
マスコミ等への公表・報道等	1件
本研究費の研究成果による受賞	8件
その他の成果発表	0件

公開講演会「災害・事故に伴う化学物質リスクへの対処をどうするか？
ー環境研究総合推進費 戦略的研究開発課題S-17「災害・事故に起因
する化学物質リスクの評価・管理手法の体系的構築に関する研究」予定
成果講演会」(主催:国立環境研究所、共催:株式会社堀場製作所、地方
独立行政法人大阪府立環境農林水産総合研究所、後援:大阪府、国立大
学法人大阪大学、国立保健医療科学院、国立研究開発法人産業技術総
合研究所、2023年2月28日、航空会館7階大ホール、参加者延べ
230人(現地参加者 50人、オンライン参加 180人))

ほか計10件