

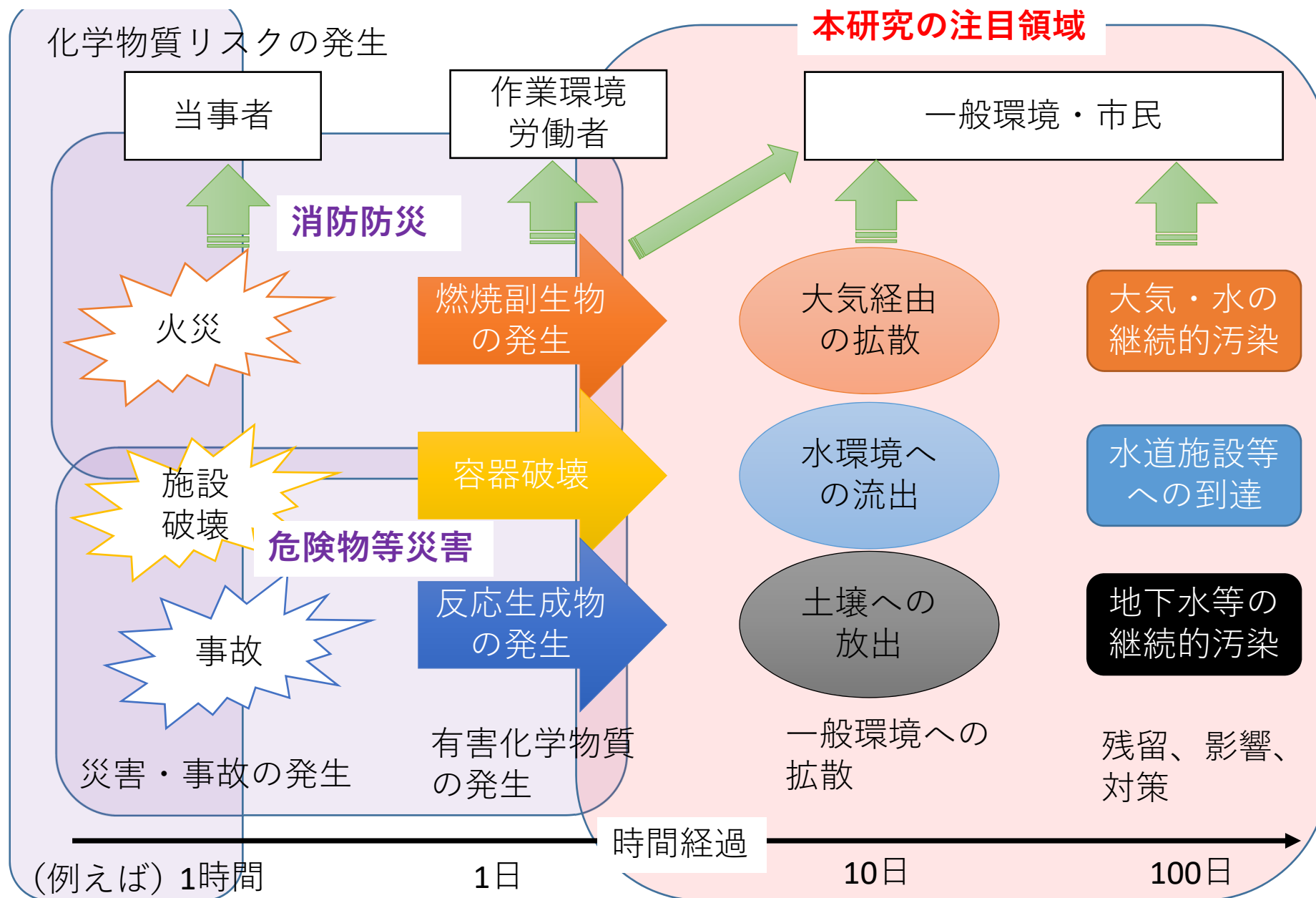
災害・事故での化学物質リスクと その対処 —新たな課題と今後の取り組み—

国立研究開発法人国立環境研究所

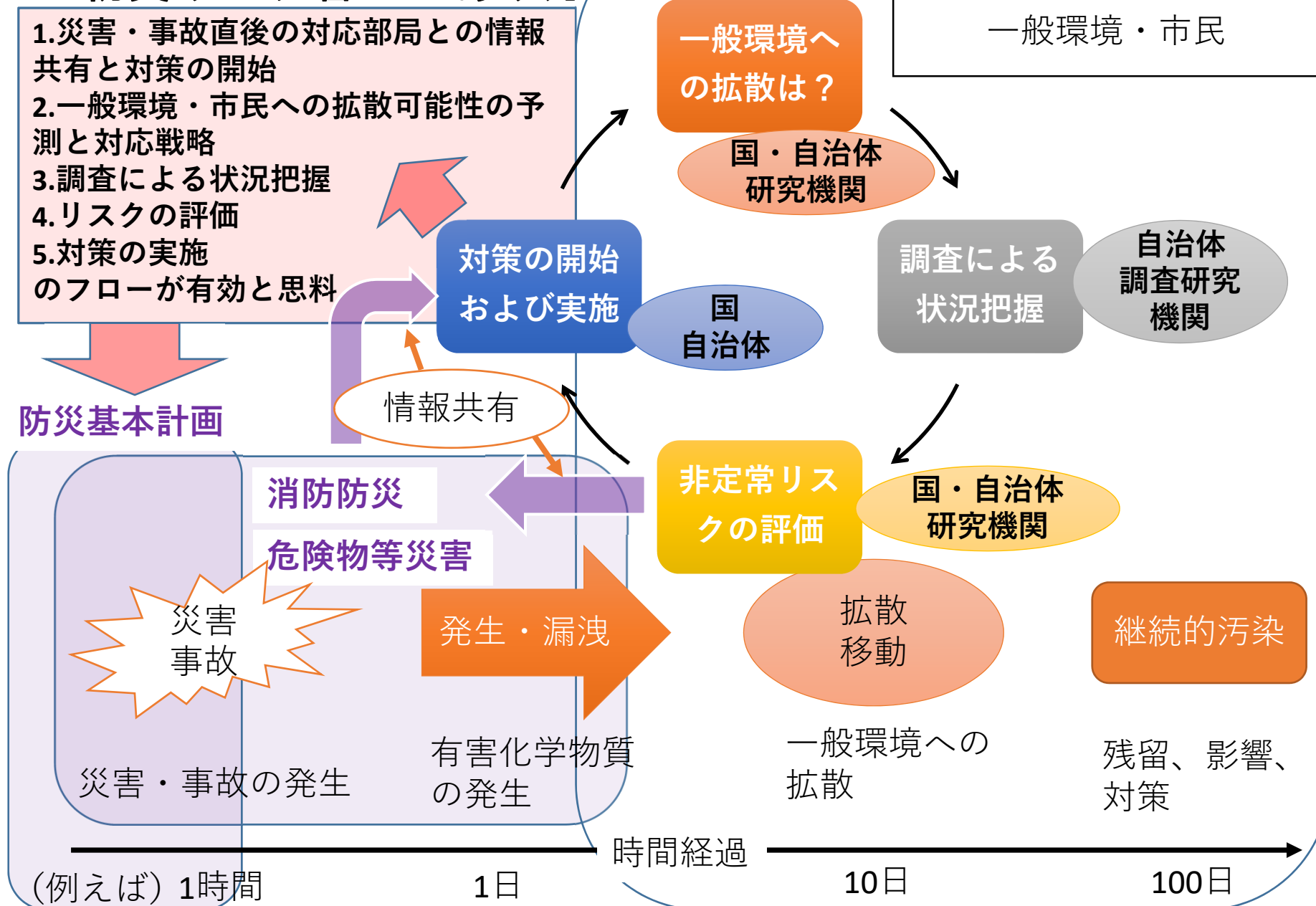
鈴木規之¹、小山陽介¹、小池英子¹、柳澤利枝¹、今泉圭隆¹、
小口正弘²

1) 環境リスク・健康研究センター、2) 資源循環・廃棄物研究センター

本研究が注目する研究領域



災害・事故に起因する化学物質リスク管理のあり方



何が必要か

- ケースの設定
 - 災害・事故の態様
 - 災害・事故に起因する化学物質流出・排出の態様
 - 流出・排出される物質
 - 環境条件
- 対応技術
 - 監視・発見の技術
 - 観測・分析の技術
 - 評価技術
 - 対策技術
- 対策技術
 - 継続的な監視
 - 環境修復
- 情報の蓄積と活用
 - 物質の所在、量、影響、特性などの情報蓄積
 - 災害・事故などの緊急時に活用可能な情報基盤

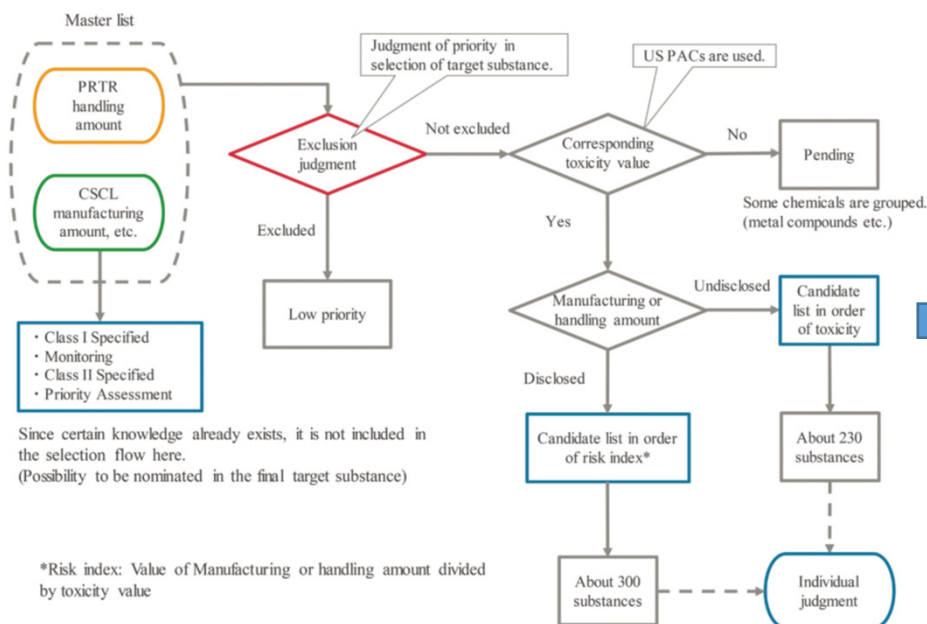
何が必要か

- ケースの設定
 - 災害・事故の態様
 - 災害・事故に起因する化学物質流出・排出の態様
 - 流出・排出される物質
 - 環境条件
- 対応技術
 - 監視・発見の技術
 - 観測・分析の技術
 - 評価技術
 - 対策技術
- 対策技術
 - 継続的な監視
 - 環境修復
- 情報の蓄積と活用
 - 物質の所在、量、影響、特性などの情報蓄積
 - 災害・事故などの緊急時に活用可能な情報基盤

懸念化学物質の選定

- 工業用途物質（化審法、PRTR）および農薬を対象とし、物質の選定・ランク付けを実施
- 毒性および存在量に基づくリスク指標により、候補物質の序列化を実施（選定フロー下図参照）

→PRTR対象物質の取扱量はサブテーマ4-1と連携



Substance Name (METI)	METI No.	PRTR	CSCL	Amount* (ton)	Substance Name (PAC)	PAC-1 (mg/m ³)	Risk Index
Polymethylenepolyphenyl polyisocyanate	7-872			400,000	Polymethylene polyphenyl isocyanate	0.15	2,666,667
Sodium hydrosulfide	1-416			20,000	Sodium sulfhydrate; (Sodium hydrosulfide)	0.088	227,273
Maleic anhydride	2-1101	○		150,850	Maleic anhydride	0.8	188,563
o-Tolidine	9-882	○	X	246	Dimethylbenzidine 3,3'; (o-Tolidine)	0.0018	136,612
Cyanamide	1-139	○	X	573,770	Cyanamide	6	95,628
Dialkyl(C=2-4) disulfide	2-477			3,000	Dimethyl disulfide	0.039	76,923
Ammonium carbonate	1-141			20,000	Ammonium carbonate	0.31	64,516
Cumenehydroperoxide	3-1014	○	X	57,518	Cumene hydroperoxide	0.91	63,207
3-Isocyanatomethyl-3, 5, 5-trimethylisobornyl isocyanate	3-2492	○		10,903	Isophorone diisocyanate	0.18	60,574
Ammonia							42,857
Ammonium nitrate							33,814
Ammonium sulfate							32,258
Ammonium chloride							27,778
Ammonium hydroxide							27,426
Ammonium carbonate							25,641
Ammonium bicarbonate							24,135
Ammonium nitrate							24,093
Ammonium sulfate							22,472
Ammonium chloride							0.089
Ammonium hydroxide							0.093
Ammonium carbonate							0.18
Ammonium bicarbonate							0.3
Ammonium nitrate							0.067
Ammonium sulfate							0.32
Ammonium chloride							0.29
Ammonium hydroxide							1.4
Ammonium carbonate							3.3
Ammonium bicarbonate							18
Ammonium nitrate							1.9
Ammonium sulfate							3
Ammonium chloride							2

複数の物質リストを作成

*Average of CSCL amount and estimated PRTR handling amount, or either of them.

災害・事故時に環境排出が懸念される化学物質

容易に作成は出来ないが、以下のような情報をもとに考察
少なくとも、既存のPRTRやインベントリと異なる物質が多数含まれる

対象物質リストの作成

* 緊急時・作業環境などの基準をベースに
基準値リストを作成（吸入ばく露中心）

(Acute Exposure Guideline Levels)

AEGL：約300物質
(PAC：約3000物質)
(Protective Action Criteria)

ACGIH,環境化学会
：約500物質

IRIS：約500物質

水道亜急性参照値：18物質

曝露条件を統一
(例えば1週間)

基準値
リスト

ハザード情報の解析

* 共通物質について、利用可
能なハザード情報をエンドポ
イントごとに整理

発がん性

特定臓器
毒性

変異原性

GHS：約3000物質

急性毒性

生殖毒性

感作性

懸念物質の追加（経口ばく露含む）

曝露可能性の推定

* 物性

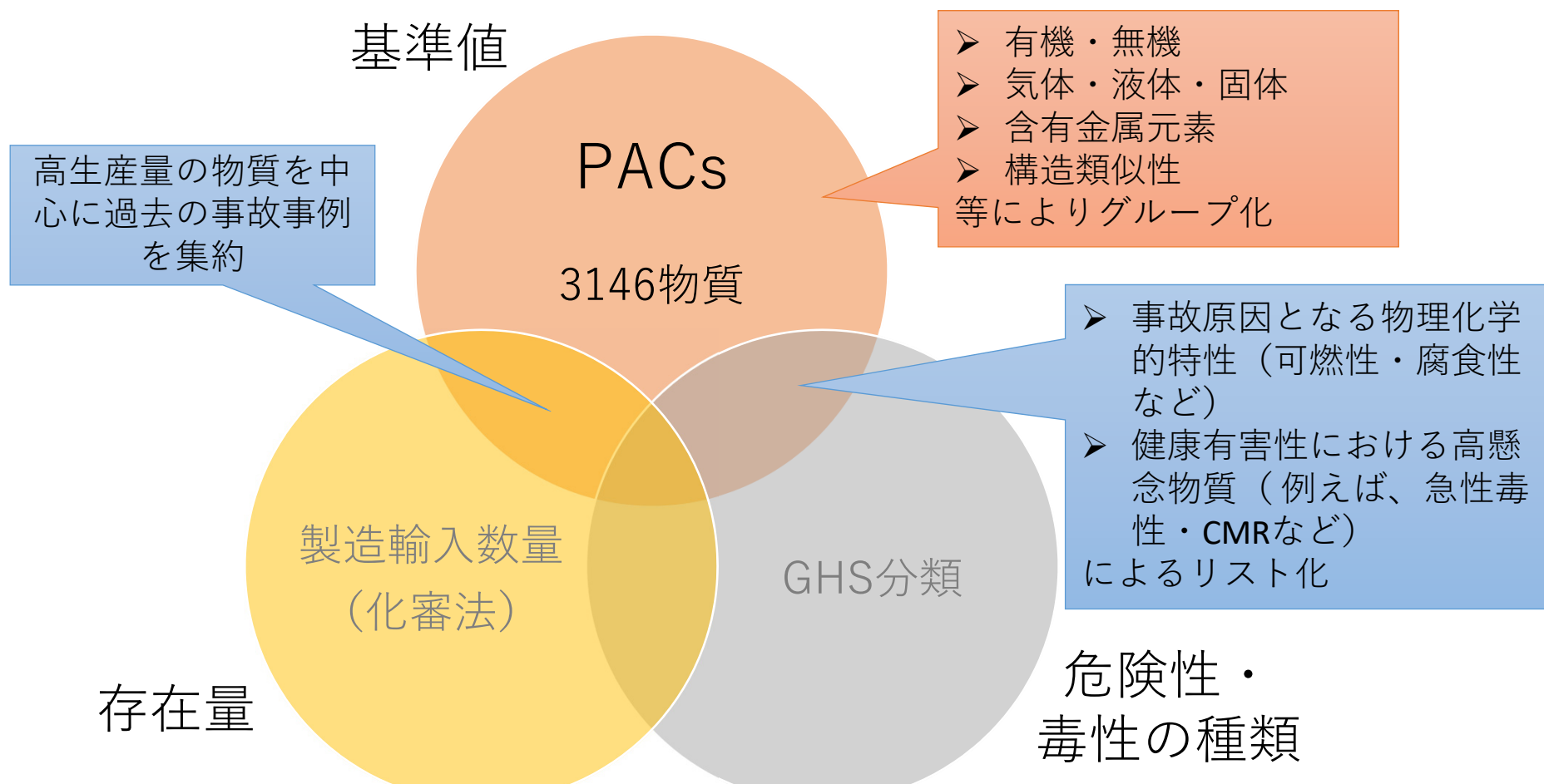
* 製造使用量、用途

* 過去事例

⇒ これらから、事故時の排出可能性
の予測シナリオを構成

- 排出可能性とハザードに基づくリスク指標に
より毒性エンドポイントごとに順位付け
- 共通物質を軸にランキングを集約
- 正確な評価は明らかに不可能だが、スタート
リストとしての順位付けを目標として実施

災害・事故時に環境排出が懸念される化学物質



高生産量以外のうち、いくつかのランキング指標で上位になった複数のグループから、共通性、重要性等の高いものを総合的に判断（分析可能性、試験可能性もある程度考慮）
百程度の目標物質リスト作成を目標。各サブの意見やニーズを議論して構成する検討中。

災害・事故で懸念される？物質（農薬以外） －平常時とかなり異なるものも

Table 4 Substances list sorted in descending order of risk index (Risk index is obtained by dividing amount by PAC-1)

Substance Name (METI)	METI No.	PRTR	CSCL	Amount* (ton)	Substance Name (PAC)	PAC-1 (mg/m ³)	Risk Index
Polymethylenepolyphenyl polyisocyanate	7-872			400,000	Polymethylene polyphenyl isocyanate	0.15	2,666,667
Sodium hydrogensulfide	1-416			20,000	Sodium sulfhydrate; (Sodium hydrosulfide)	0.088	227,273
Maleic anhydride	2-1101	○		150,850	Maleic anhydride	0.8	188,563
o-Tolidine	9-882	○	X	246	Dimethylbenzidine 3,3'; (o-Tolidine)	0.0018	136,612
Cyanamide	1-139	○	X	573,770	Cyanamide	6	95,628
Dialkyl(C=2-4) disulfide	2-477			3,000	Dimethyl disulfide	0.039	76,923
Ammonium carbonate	1-141			20,000	Ammonium carbonate	0.31	64,516
Cumenehydroperoxide	3-1014	○	X	57,518	Cumene hydroperoxide	0.91	63,207
3-Isocyanatomethyl-3, 5, 5-trimethylcyclohexylisocyanate	3-2492	○		10,903	Isophorone diisocyanate	0.18	60,574
Ammonia	1-391			900,000	Ammonia	21	42,857
Diaminotoluene	3-126	○		2,536	Multiple (minimum→)	0.075	33,814
Sodium sulfide	1-514			20,000	Sodium sulfide	0.62	32,258
N,N,N-Trialkyl amine	2-176			5,000	Multiple (minimum→)	0.18	27,778
2-Hydroxyethyl acrylate	2-995	○		13,439	Hydroxyethyl acrylate, 2-	0.49	27,426
Dimethyl disulfide	2-478	○	X	1,000	Dimethyl disulfide	0.039	25,641
Acenaphthene	4-645	○	X	86,885	Acenaphthene	3.6	24,135
Dicyclohexylmethanediisocyanate	4-119	○		3,855	Methylene bis(4-isocyanatocyclohexane), 1,1'-	0.16	24,093
Methanesulfonyl chloride	2-1583			2,000	Methanesulfonyl chloride	0.089	22,472
Thiophosphoryl chloride	1-251			2,000	Thiophosphoryl chloride	0.093	21,505
t-Butylcatechol	3-548			3,000	Butylpyrocatechol, 4-tert-	0.18	16,667
Phenylenediamine	3-185	○		4,905	Multiple (minimum→)	0.3	16,350
Di-tert-butyl dicarbonate	2-3415			1,000	Di-tert-butyl dicarbonate	0.067	14,925
Piperazine	5-953	○		4,517	Piperazine	0.32	14,116
beta-Mercaptopropionic acid	2-1381			4,000	Mercaptopropionic acid, 3-	0.29	13,793
t-Alkyl (C4-8) hydroperoxide	2-224	○		18,659	Dimethylethyl hydroperoxide, 1,1-	1.4	13,328
Trichlorosilane	1-224			40,000	Trichlorosilane	3.3	12,121
Phthalic anhydride	3-1344	○		194,616	Phthalic anhydride	18	10,812
Phosphorus oxychloride	1-244			20,000	Phosphorus oxychloride	1.9	10,526
Dihydroxybenzene	3-543			30,000	Multiple (minimum→)	3	10,000
Paraformaldehyde	9-1941			20,000	Paraformaldehyde	2	10,000

災害・事故で懸念される？物質（農薬） —Risk indexが大きいものが多い

Table 6 Pesticides list sorted in descending order of risk index (Risk index is obtained by dividing shipping amount by ADI)

CAS No.	Substance name	Pesticide classification	Shipping amount (ton or kL)	ADI (mg/kg/day)	Risk index
533-74-4	Dazomet	Soil fungicide	2,844	0.0025	1,137,545
8018-01-7	Mancozeb (Manzeb)	Organic sulfur fungicide	2,140	0.00625	342,328
333-41-5	Diazinon	Organophosphorus insecticide	348	0.002	173,737
950-37-8	Methidathion (DMTP)	Organophosphorus insecticide	118.4	0.001	118,390
120068-37-3	Fipronil	Phenylpyrazole insecticide	22	0.0002	107,836
55-38-9	Fenthion (MPP)	Organophosphorus insecticide	48	0.0005	96,099
95465-99-9	Cadusafos	Nematicide	21	0.00025	84,816
122-14-5	Fenitrothion (MEP)	Organophosphorus insecticide	411	0.005	82,231
98886-44-3	Fosthiazate	Nematicide	78	0.001	78,384
85-00-7	Diquat	Bipyridylum herbicide	132	0.0019	69,642
2597-03-7	Phenthoate (PAP)	Organophosphorus insecticide	90	0.0015	60,253
12427-38-2	Maneb	Organic sulfur fungicide	296	0.005	59,235
94-74-6	MCPA	Phenoxy acid herbicide	108	0.002	53,873
556-61-6	Methylisothiocyanate	Nematicide	121	0.0025	48,372
74712-19-9	Bromobutide	acid amide herbicide	483	0.01	48,315
1194-65-6	Dichlobenil	Nitrile herbicide	181	0.004	45,125
34643-46-4	Prothiofos	Organophosphorus insecticide	66	0.0015	43,674
1910-42-5	Paraquat	Bipyridylum herbicide	85	0.002	42,575
2212-67-1	Molinate	Carbamate herbicide	85	0.0021	40,610
2797-51-5	Quinoclamine	Other synthetic herbicides	79	0.0021	37,456

非定常状態に対するリスク評価 手法の開発

国立環境研究所

明治大学

- ・ 変動するリスク要因による、非定常的なリスク評価手法確立のための課題構築
 - ・ 変動する曝露要因による非定常リスクの評価手法
 - ・ 短期・長期曝露の複合影響
 - ・ 非定常環境の生態影響
- ・ 異なる規模の課題への対応
戦略の方向性も検討

環境基準等

急性毒性

消防防災・危険物
等災害は急性毒性
に関心

急性毒性

急性毒性（単回曝露）vs.慢性毒性（長期連続曝露）いずれでもない曝露・影響形態が懸念されるのではないか？
⇒時間変動する曝露条件下における可逆および不可逆な影響
⇒短期影響と長期影響の複合

災害・事故に伴う有害化学物質の曝露

災害
事故

発生

放出

継続的汚染

災害・事故の発生

有害化学物質
の発生

一般環境への
拡散

残留、影響、
対策

時間経過

(例えば) 1時間

1日

10日

100日

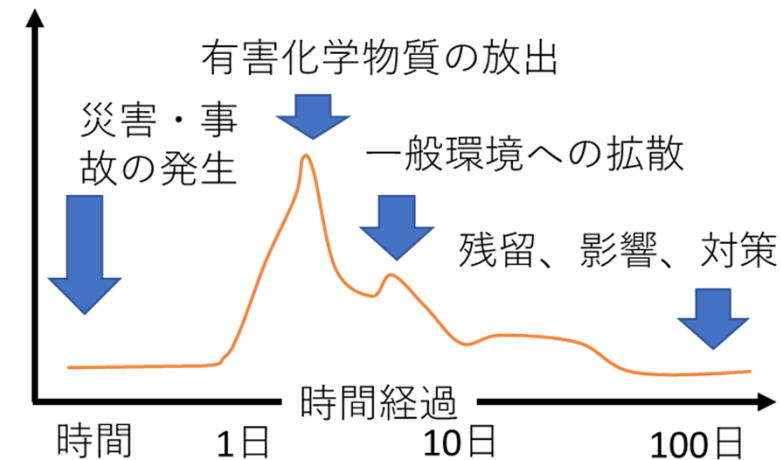
リスク評価手法構築への課題構築 の考え方、想定

- 曝露。ハシ構築
る。動と構
す。変性を
動響露連法
変影響関方
る。びのる
なすよとえ
常対おんら
定に量一とる
非露露タてす

- 異を響。ハを
で動影「+」
ス変に量係
一)切「関
ケつ適る応
のろをけ反
てあ露付一
べで曝ひン
するむ結一築
(な含にタ構
多性存報出ず
- 要既情がは
必、性定る
うら毒推あ
扱か性のう
をと慢か用ど
質こ・等有か
物る性何は能
なあ急られ可

このような曝露の結果としての健康影響を評価したい

曝露または影響



生体影響を考える上での曝露量の指標(1)

積算曝露量

- 例えば発がん性
 - 積算的な曝露総量が影響を決定する指標となると多く理解されている
 - 弱い曝露強度 × 長時間 = 強い曝露強度 × 短時間

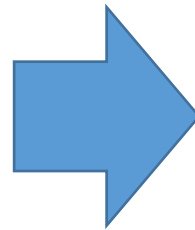
曝露強度

- ある種の殺菌作用の薬効
 - 基本的には最大曝露強度によって作用が決定される
 - 持続時間が無関係なわけではないとしても、強度がより重要

生体影響を考える上での曝露量の指標(2)

間欠的な曝露

- 例えばアレルギー反応
 - 最初の単回または短期曝露によって直接には影響が見られない
 - その後の追加的な曝露によって、最初の単回または短期曝露とは異なる影響が発現



曝露量の指標を

- 曝露強度
- 時間変動パターン
- 反復

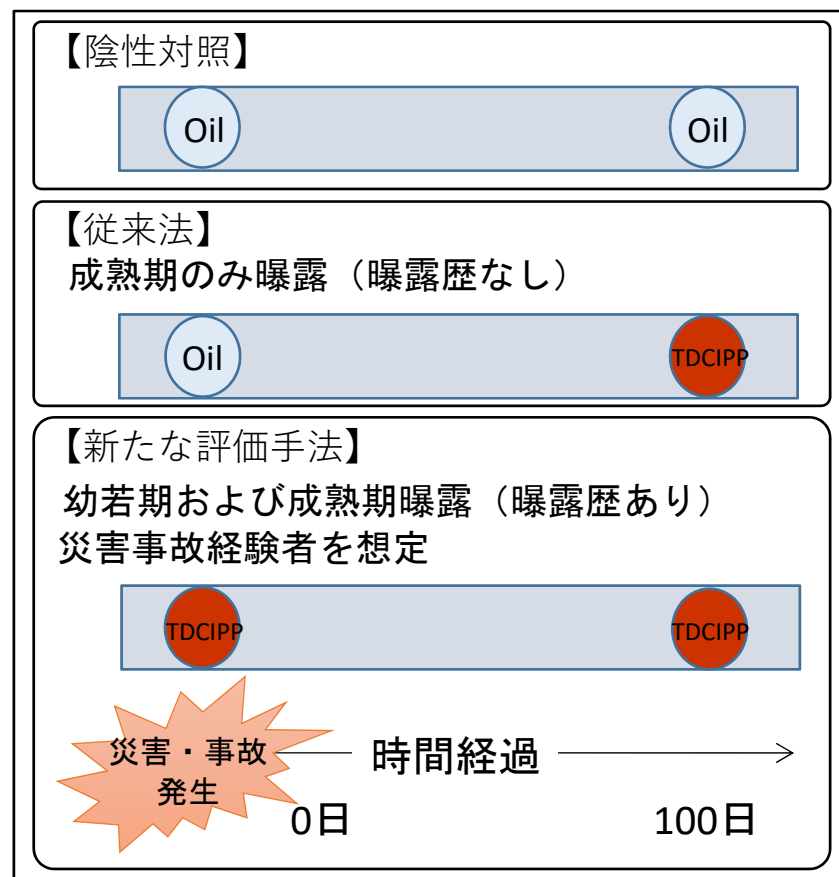
の3要素に分解できると想定し、これらの何らかの組み合わせによって、多様な曝露変動に一般的に応用可能な曝露指標が構成できないか



* 毒性学として相当に難しいかもしれないが
まずは基礎的な方向性を探る実験に取り組む

現在までの研究結果

TDCIPP曝露歴の有無が与える健康影響の評価



群構成

Oil／Oil群

Oil／TDCIPP群

TDCIPP／Oil群

TDCIPP／TDCIPP群

経時的計測：体重・摂食量・飲水量

解剖時評価

➤ 臓器：重量測定、一部病理検査

肝臓・腎臓・脾臓・副腎・心臓

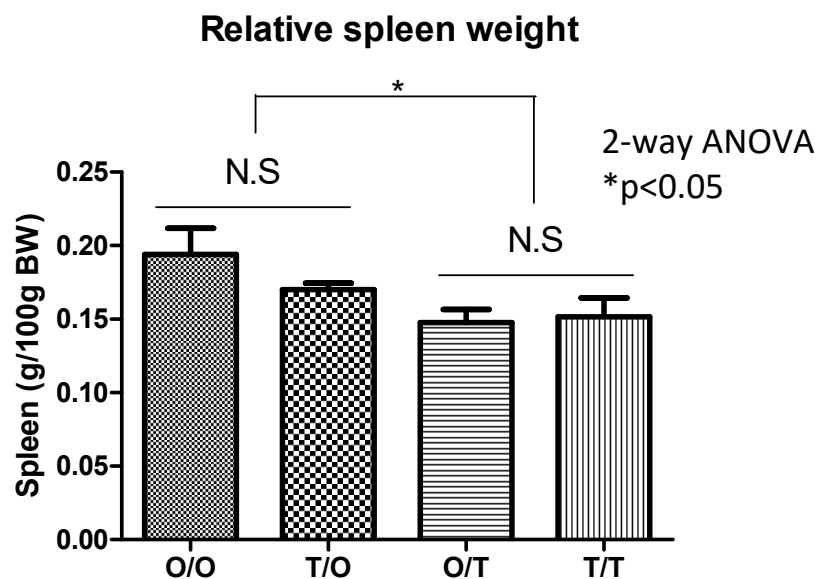
下垂体・精巣・精巣上体・生殖器

➤ 血液：血液検査、血液生化学検査



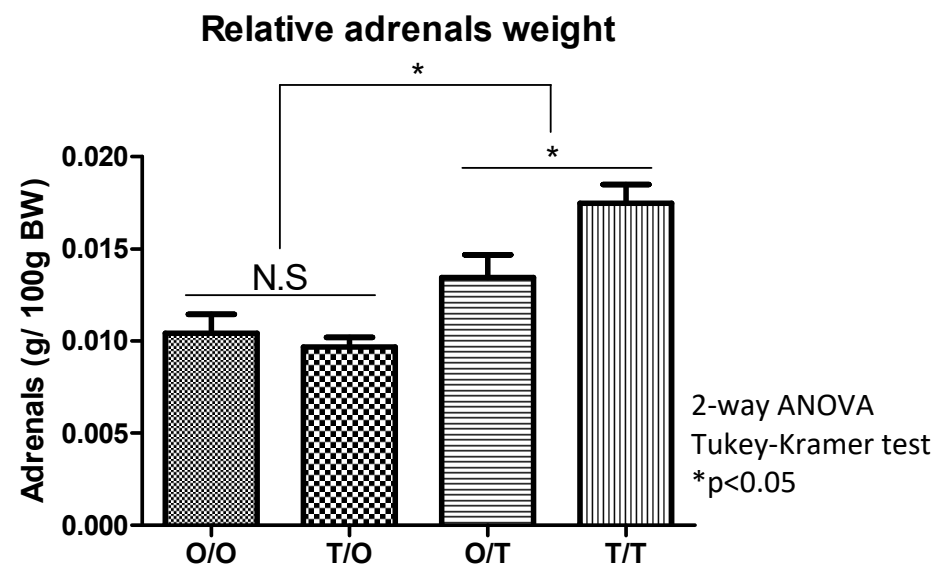
臓器重量

脾臓



幼若期の曝露歴の有無にかかわらず、
成熟期の曝露で相対脾臓重量が低下

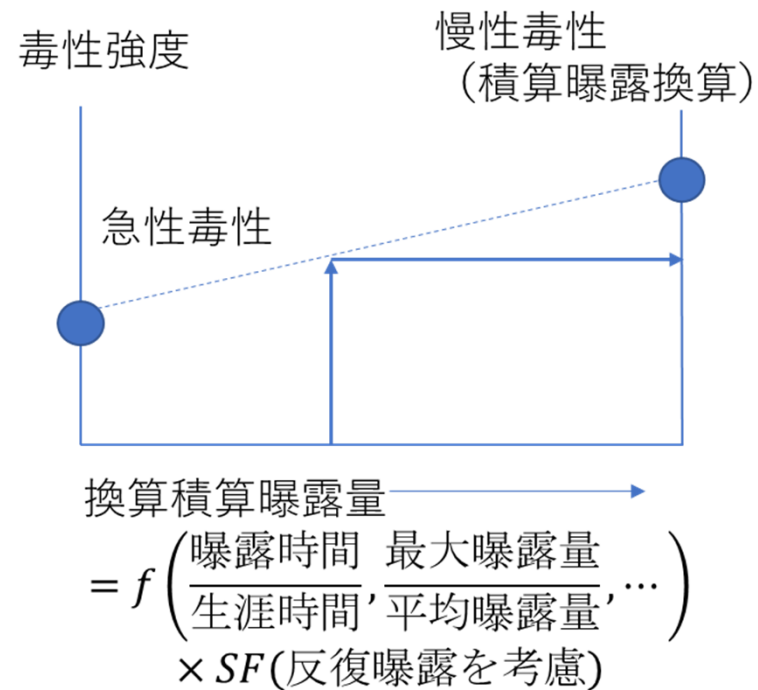
副腎



幼若期に曝露歴があると、
成熟期の曝露で相対副腎重量が増加

非定常健康リスク評価手法としての の目標イメージ

- 広く利用可能な（既存の）急性毒性と慢性毒性からの何らかの換算を可能とすることを目指して検討
 - いくつかのモデル物質により、パターン化された曝露パターンと影響の関係を把握
 - この実験成果をもとに、さまざまな曝露変動のパターンに対して、右図のイメージのような一般定式化、整理が可能かを今後考察する

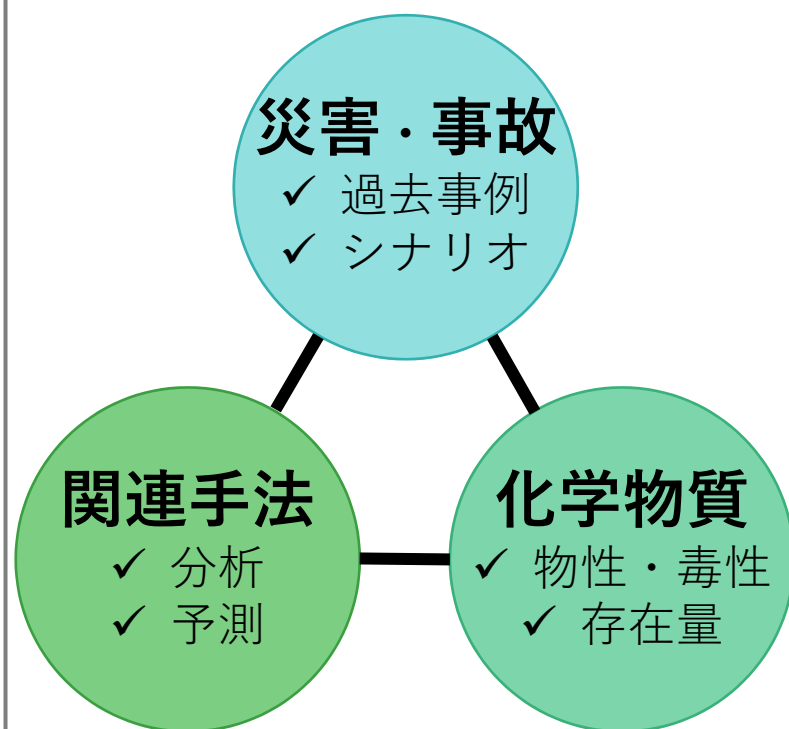


③統合的リスク管理基盤構築

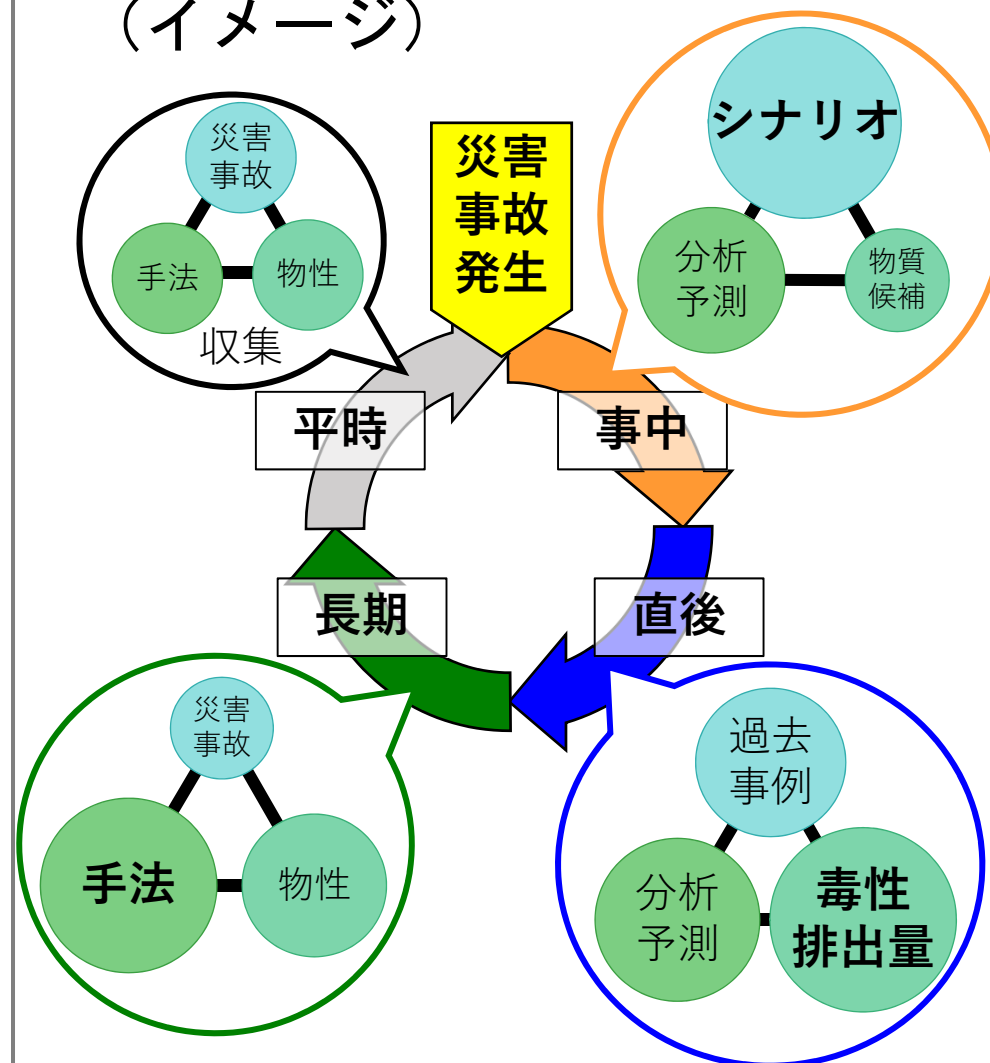
- 情報基盤としての基礎設計を実施
 - S17課題全体の多分野、多様な手法と情報を、災害・事故の推移する状況下で有効に活用するための情報基盤を作ることが目標
- 全サブテーマの横断的な理解と成果
 - サブテーマ横断のワーキング会合（合宿または一日）をこれまで3回実施
 - 排出シナリオWG
 - 情報基盤WG
 - 全体WG
 - サブテーマの研究を横断的に共有するため、共通ケーススタディー物質を選定する試み
 - 本日多くのサブテーマが一部の提示をされると想定

統合DB：データの種類

□関連情報の種類・分類



□状況の推移で変わる必要情報 (イメージ)



統合DB：個別情報ページ（試作）

選択個別情報

- 個別情報の種類 事故事例
- 個別情報の名称
- 事故原因

個別情報の概要

起動要因

起動要因大分類	起動要因中分類	起動要因小分類	関連性
事故	爆発	中規模	

一般化シナリオ

	事前（平時・実施）	事中（事故が起きている最中）	直後（事故停止後）	残留・長期
発生源	行政区	行政区	行政区	
対象物質	取扱物質			
気象等条件				
排出量・速度				
燃焼中濃度分布		対象・媒体	対象・媒体	

二次元の大分類情報

個別情報一覧

一般情報

事前（平時・実施） 事中（事故が起きている最中） 直後（事故停止後）

発生源	行政区	都道府県

詳細な情報（時間軸ごとタブ表示）

関連付情報

事前（平時・実施） 事中（事故が起きている最中） 直後（事故停止後）

発生源	対象物質・取扱物質・物質ID	対象物質・取扱物質・CAS番号	対象物質・取扱物質・用途
1	エビスルフィド	-	化学品の合成原料（重合原料を含む。）
2	硫黄	7704-34-9	化学品の合成原料（重合原料を含む。）

詳細な物質一覧（時間軸ごとタブ表示）

関連する個別情報の検索

発生源大分類を選択 発生源中分類を選択 発生源小分類を選択 記述内容を選択

And

発生源大分類を選択 発生源中分類を選択 発生源小分類を選択 記述内容を選択

類似データの検索

関連情報の検索機能

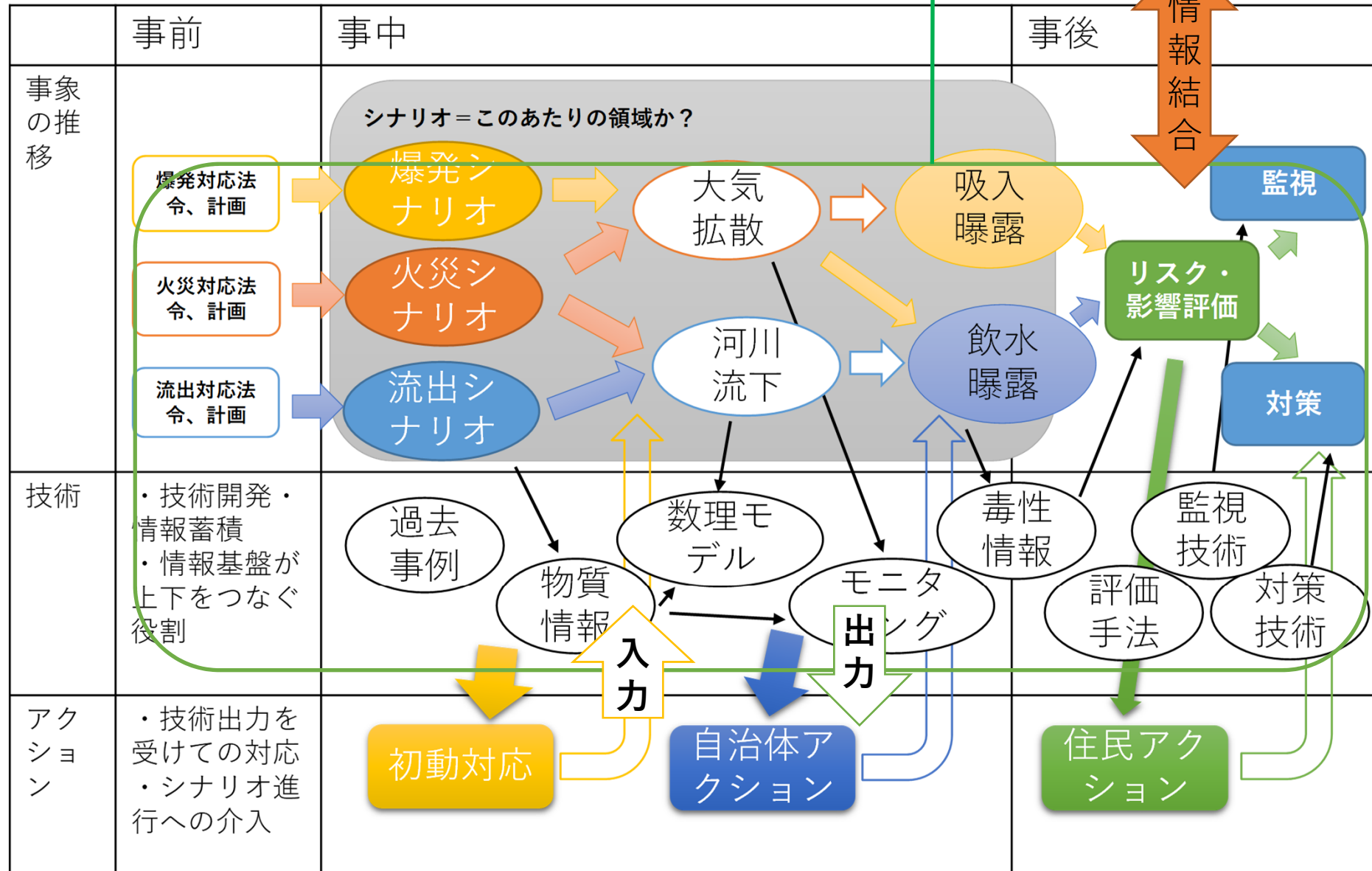
- ・試用版のDBとWebページを構築
- ・情報の分類方法が修正されても柔軟に対応可能
- ・様々な情報を格納できる設計を採用
- ・NIESの化学物質データベースにリンク済み

情報基盤：

事象の推移、対応技術、アクションを参照、入力、シミュレーション、データ取得を可能とする

S17情報基盤：過去情報、シナリオ、分析・観測技術、モデル、物質情報、対策技術情報、評価技術などを各成果を格納し活用可能とする

SIP4D



災害・事故時において必要な知見と技術

- 物質と所在：PRTR、優先対応物質リスト
- 危機管理部局との連携：消防、警察、危険物等災害
- 災害・事故拡散後の対応技術
 - シミュレーション
 - 緊急監視
 - 網羅分析
 - リスク評価
- 長期対策
 - 監視分析
 - 処理技術

