

関厚が一刀両断

鹿角市の未来が決まる市長選に出馬

鹿角市市長選の勝利に向けて

- 関厚先輩の市長選出馬を聞き、義によって助太刀いたす
- 決戦日は、6月20日（日）
- 現市長は、児玉一氏（4期目）
- 立候補者は岩船勝弘氏（60）、関厚（67）、藤井陽光氏（73）の三つ巴

鹿角市市長選の勝利に向けて

□ まずは、関厚陣営の「強み、弱み、追い風、向かい風」を整理し、地盤、看板を固めたい。

	強み	弱み	備考
	<ul style="list-style-type: none"> ● ご本人の熱い想い ● 支援団体、組織のサポート ● 家族の理解と支援 ● 京都大学農学部林学科卒、剣道部卒 ● 農林水産省、地元コミュニティや同窓会 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 花輪小・中学校・高校、友人や親族 ◆ 地元での趣味会、サークル、文化活動 	<ul style="list-style-type: none"> ● 立候補経験無し（新人） ● 資金不足（？） ● 事務所スタッフ数や経験不安 ● 演説の技術（官僚経験で十分か？） ● スピーチ内容と大衆へのアピール（文才は十分！一般向け内容？） ● ICTの選挙活用の経験 	<p>強みを活かし、弱みを減らす取組が必要！ 地盤を開拓！</p>
	追い風環境	向かい風（逆風）環境	
	<ul style="list-style-type: none"> ● 前市長路線の検証と対策強化 ● 改革や新風に期待する市民の存在 ● 農林行政、観光振興等と雇用促進施策 ● 秋田県政との足並み合致 	<ul style="list-style-type: none"> ● 競合する候補者の存在 ● 前市長の後継候補の存在（？） ● 既存市議会と政党との調整問題 	<p>市議会の構成、方向の理解と調整必要か</p>

鹿角市市長選の勝利に向けて

- 選挙は、「ヒト、モノ、カネ、データ、メディア」の活用で、民心を獲得すること
- 1. ヒトとは、ご本人のアピール、スタッフの充足とマネジメント、有権者（地域リスト作成）、支援政党や団体等
- 2. モノは、選挙事務所、選挙カー、辻立ちでの必要グッズ等。選挙演説原稿も必須アイテム
- 3. カネは、選挙資金等。手作り選挙で支出は抑制。領収書、入出金簿は専門の経理に一任
- 4. データは、地区ごとの有権者数に基づくリスト（サンプル後掲）、有権者獲得目標の明示。地区巡回コースとスケジュール、巡回や辻立ちでの集客反応（データ集計と検証分析）等で日々更新。
- 5. メディアは、秋田魁含めたマスメディア、SNSやブログでの受発信等

鹿角市市長選の勝利に向けて

- ヒトの活用について、まず関さんを爽やかにプレゼンテーションしたい。
- シンボルカラーを決めましょう。お好きな色で。おすすめはブルー。京大体育会は濃青。「十和田ブルー」とか強調すべし。ネクタイやたすきも統一感が必要でっせ。
- 演説時は、マスクはやめて麻生副総理みたいにフェイスシールドがよろしいのでは。
- 選挙スタッフ人員、各地区出身で地域事情に精通している方を雇用すべき。これは完了か！
- SNS、ブログ等の情報受発信ができるスタッフがおれば非常に心強いので活用しましょう。
- 前回の有権者数、投票者数、各立候補者の獲得者数等も参考です。
- 秋田県内の政党本部、各種支援団体の協力取付で人的資産の充足を図る。これは既に完了！
- 京都大学農学部林学科同窓会、剣道部（剣友同窓会は既に認識）、農林水産省、地元コミュニティや同窓会（花輪小・中学校・高校、友人や親族、地元での趣味会、サークル、文化活動）のキーパーソンをリストアップし、協力・支援を呼掛ける。これは完了か！

鹿角市市長選の勝利に向けて

- モノの活用について、事務所は既に構えて居られると思います。選挙カー、ポスターとか広報チラシ等も準備されていると思います。
- 原稿は、関さんの文才にまったく不安はありません。
- スピーチは、つかみが大事。滑舌良く語りかけて下さい。目線は剣道の目付。相手を捉え、自分を強調。瞬きは控えめに。なお、原稿・公約のポイントは3つが適正值です。「この3つ、これが言いたい」というのがあれば、十分です。聴いてる方も4つ以上は憶えていない。
- 選挙カーでのスタッフにも、関さんの原稿・公約のポイントを必ず強調するようにお伝え下さい。
- カネは、選挙資金等の管理は通常通りですが、「票をまとめる」と言ってくる輩が出た場合は、断るもよし、話を聞くのもよし。但し、対応はお一人ではなく複数人で会うべき、会話は（コソソリ）スマホとかで録音すべきです。

鹿角市市長選の勝利に向けて

- 毎日の選挙活動で、関陣営、岩船陣営、藤井陣営の手応えや反応も見えてくると思います。
- こうした反応を、データとして「見える化」し、自陣営の勝利に向けて分析して下さい。
- 講演会、選挙カーでの聴衆集客の反応は大事なデータです。巡回後にリストに「日時、地区、天気、男女/年齢/お仕事の様子ごとの人数、うち好反応の客数、その他」を日報に作成しましょう。巡回コースと地図に落としましょう。折れ線グラフとかで変化を分析して下さい。
- 花輪町、十和田町、尾去沢町、八幡平村での「地盤強度」を測り、選挙終盤での強化地区の目安として下さい。もちろん、地区特性や聴衆属性に応じた演説内容などのカスタマイズも必要です。
- マスメディアの取材には、質問項目などを事前に把握・想定し、効果的な広報手段として大いに活用して下さい。SNSやブログでの受発信も活用したい。反応も把握できる。
- 質問には一問一答。自分の得意分野なデータで裏付けして、感銘に答える。官僚時代の関厚を思い出して堂々と論じる。
- 上杉謙信も言うてます。「運は天にあり。鎧は胸にあり。**手柄は足にあり**」 選挙は**足と舌**です。



建白書

鹿角市 関厚市長殿

京都大学剣道部OB有志

鹿角市新市長 関厚先輩を応援する趣意書

- 新型コロナ禍で国内外の体制、地域社会、個々の生活や人生観も急激に変化した令和三年。
- 都市圏/地方の別なく、国民の生活基盤が大きく揺らぐ事態に不安や閉塞感も顕在化している。
- こうした社会背景下に、関厚先輩が郷里の秋田県鹿角市長選に立候補し、見事当選した。
- 劣勢を跳ね返した関先輩の快挙を称えるも、重責の中で新生鹿角市の舵取りは待ったなし。
- 二極化/格差の中で疲弊する「地方」の例にもれず、鹿角市の行政実態は正に前途多難と推察。
- ここに、**京大剣道部**OB有志が、関先輩の望郷熱情に賛同し、**赤心**から応援するものである。
- 大学卒業40年余の素浪人衆、現場経験と柔らかな発想で少々お役に立てれば、誠に幸甚なり。
- まずは、基本的な企業経営方針やビジネス戦略手法に則り、僭越ながら提案するものなり。

関市長の行政アクションプラン発動に向けて〈謹言建白〉

□ 任期の中で「ヒト、モノ、カネ、データ、制度」を活用し、行政組織をトップマネジメントするための提言

1. コミュニケーションの活性化

- 「政治は言葉」、聞く力と話す力を最大限発揮。積極的な対話による相互理解で、市議会及び市町村職員との関係を深める。毎日10人面会実行。自らの情報受発信で聞かせる、魅せる、伝える。
- 問題の共有と解決施策の方向付けが当面の目標。関市長独自**ビジョン**構築の大前提でもある。

2. データの活用

- 市勢情報や行政データは貴重なインフラ。重要な情報や数値は完全に把握し論理的に考察する。
- 鹿角市の有り様をデータで捉え、統計的分析で傾向を知り、「見える化」することで**ビジョン**に反映。

3. ビジョンの提示

- 関市長**独自の展望**を早々に打ち出す。公約の実現。市民は行政が掲げる明るい未来を知りたい。
- 秋田県総合計画との協調。市内の民間企業/公共機関/第3セクターの連携によるエリアマネジメントの着手。データに裏付けされた重要課題の抽出と解決への道筋を予算裏付しロードマップで提示。


関厚ビジョン確立に向けて「SWOT自己分析」の事例

□ まずは、鹿角市の「SWOT：強み、弱み、追い風、向かい風」を整理し、課題を共有する。

	強み	弱み	備考
内部の特性	<ul style="list-style-type: none"> ● 青森県・岩手県・秋田県三県の要 ● 優秀で真面目な行政人材、市民の郷土愛 ● 観光資源 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 十和田八幡平国立公園指定 ◆ 温泉、スキー場 ◆ 芸術/美術振興、文化施設、祭事等 ● 特産物 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 農産物、森林資源、鹿角ブランド ● 強みを列記・・・ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 少子高齢化と人口減 ● 市経済規模縮退、雇用/後継問題 ● 都市施設老朽化、行政サービス不足 ● ブランド力や魅力の対外認識不足 ● IT活用や情報発信力が貧相 ● 弱みを列記・・・ 	<p>強みを活かし、弱みを解消する工夫や取組が必要。 経営資源を開拓！行政資源と連携</p>
	追い風環境	向かい風（逆風）環境	
外部の環境	<ul style="list-style-type: none"> ● 世界遺産登録によるアウトバウンド促進 ● 北東北ゴールド構想との連携 ● 国の補助・支援制度の活用 ● リモートワーク、移住傾向 ● 追い風を列記・・・ 	<ul style="list-style-type: none"> ● コロナ禍による観光客減少 ● 近隣との観光業の競合 ● 商業施設の不足、利便性の欠如 ● 厳冬期の自然環境、雪害 ● 向かい風を列記・・・ 	<p>追い風を活用する。弱みの解消、向かい風のリスクをチャンスに</p>

関厚ビジョン確立に向けて「チャート自己分析」事例

□ 都市計画等の現状をベースに「Up or Out」テーマを整理し、施策の目的や方向を整理する。

	現状からのステップアップ（既定路線延長） 	新規施策への取組	備考
付加価値検討	<ul style="list-style-type: none"> ● 既定路線の推進、時宜に叶った軌道修正 ● 新生関市政の視点からの付加価値 <ul style="list-style-type: none"> ◆ IT化の推進（庁務デジタル化実現へ） ◆ 現状資産を活かし、市民満足度の向上 ◆ 施策のコストベネフィット分析 ● ステップアップのメニューを列記・・・ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 新規施策（関厚ビジョン）の構想打ち出し ● 地域課題へのソリューション提示 ● 事業計画、資金・人事・制度の構想 ● 事業展開の準備、地域への浸透 ● 公共サービスの満足と効果の分析評価 ● 新規テーマ抽出と必要項目を列記・・・ 	ステップアップ、バージョンアップ
	現状の市政環境	リニューアル・新規の行政課題	
維持か変更の判断	<ul style="list-style-type: none"> ● 総合計画等をおさらい <ul style="list-style-type: none"> ◆ 鹿角市総合計画 ◆ 鹿角市都市計画マスタープラン ◆ 部門別計画、まちづくり施策 ● 公約の具体化、着手ポイントの模索 ● 前児玉市政から踏襲する施策、修正や更新する施策を整理、選択と集中 ● 現状の認識項目を列記、優先順位付け・・・ 	<ul style="list-style-type: none"> ● 行政環境や事業/資産を見直し（棚卸し） ● 採算性評価、事業脱却も検討しスリム化 ● 市長のトップセールスによる産業振興 ● 一次産業のIT化、三次産業の広域連携等 ● リモートワーク支援、空き家問題連携 ● ふるさと納税、観光業+α、コミュニティビジネス等の起業家支援 ● 新規テーマ列記、スタートアップの課題・・・ 	現状ステージから脱出・新たな取組

関市長の行政アクションプラン発動に向けて < 提言 >

□ 半世紀（反省期？）を共にする青山茂生による指摘

1. 顕在化している最重要課題（ミッション）の認識

- 鹿角市のホームページに掲げる施策は総花的であり、絞り切れていないとの印象。鹿角市の最大の問題は「人口減少」。
- 統計資料によれば、1972年（関市長が大学入学時）には約5万人の市人口は、2001年には4万人、2020年には3万人まで減少し、2040年には2万5千人を切るとも予測。このままでは市消滅の危機感あり。
- この「人口減少への対策」が関市長の重要なミッションである。

2. まずは関市長公約の実現、続いて施策候補の検討

- 出産を増やす施策（安心して子供が産めるよう産婦人科医の確保、子育てしやすい環境づくり（保育所、ひとり親世帯の支援）、2人目、3人目、4人目の子作りに励む親への支援、補助
- 若者が都会へ流出しないような施策（地場産業の振興、テレワークが可能なインターネット環境の整備、市役所が率先して（年功序列ではなく）優秀な若い人の抜擢・登用）、移民の受け入れ及び他府県からの人材の受け入れも視野）
- 人手のかからない効率的な市政の推進、日本一の市政のデジタル化推進（若い人の活躍の場、市政運営の合理化）

3. 関厚ビジョンのコンセプトは？鹿角で「一所懸命」

- 関市長自らのテーマであるが、参考までに御提言。Diversity、Equity and Inclusion（D E & I）つまり、多様性、公平性、包括性（多様性を持った人たちを認め受け入れる懐の深さ）などを念頭に市政を改革するのは如何。
- 中央で培った人脈や知見、行政体験を活用し、産官学の垣根を超えたビジョンを鹿角市政の場で人生集大成すべき。

（財）新潟県環境衛生研究所 御中

**奥三面ダム建設による周辺水域環境への
影響評価シミュレーション**

- 平水時、低水時及び増水時のケーススタディー

作 業 報 告 書

平成11年1月

（株）社会情報システム

目次

1.はじめに	1
1.1 作業の目的	1
1.2 対象領域	2
1.3 作業の概要	3
2.計画準備と資料整理	7
3.シミュレーションモデルの概要	8
3.1 流動シミュレーションモデル	8
3.2 水質予測シミュレーションモデル	12
4.流動ケースの実施	17
4.1 流動シミュレーションの実施	17
4.2 交換率シミュレーションの実施	84
5.現況ケース（三面ダム）の実施	141
5.1 水温拡散再現シミュレーションの実施	141
5.2 COD拡散再現シミュレーションの実施	164
5.3 SS拡散再現シミュレーションの実施	177
6.将来ケース（奥三面・三面ダム）の実施	191
6.1 水温拡散予測シミュレーションの実施	191
6.2 COD拡散予測シミュレーションの実施	229
6.3 SS拡散予測シミュレーションの実施	249
7.考察とまとめ	271
7.1 ケーススタディの評価	271
7.2 まとめ	286

補遺 水温躍層の評価について

1.はじめに

三面川総合開発事業の一環として現在建設中である奥三面ダムは、洪水調節、耕作地での水源確保、内水面漁業に資する流水調整、発電等の多目的な活用が期待されている。一方、こうしたダム建設が下流域の水系に与える影響を予め把握することは、豊かな自然環境の保全と地域社会の健全な発展を維持する上で重要である。

例えば、三面ダム建設・供用後の現在、三面ダム貯水池の冷濁水長期滞留を原因とする下流への放流水温低下等の問題点が指摘され、水域環境改善のための施策が検討実施されている。

1.1 作業の目的

本作業は、建設中の奥三面ダム貯水池、三面ダム貯水池及び流入河川（三面川、未沢川）等から構成される三面川流域水系の水理現象を再現・予測するために開発された数理シミュレーションモデルを適用し、通年のダム貯水池流況や平水時、低水時及び増水時における水質環境項目の変動を再現・予測評価することを目的とする。

1.2 対象領域

本解析作業の対象領域を次図に示す。三面ダム貯水池については現況の形状を、奥三面ダム貯水池については将来の供用時点を想定してモデル化した。

図1-1 解析対象領域 (1:約50,000)

1.3 作業の概要

(1) 作業の流れ

本報告では、奥三面ダム建設を想定した奥三面ダム貯水池と三面ダム貯水池及び流入河川流域をリンクした流動・水質予測モデルによるケーススタディ結果を取りまとめた。

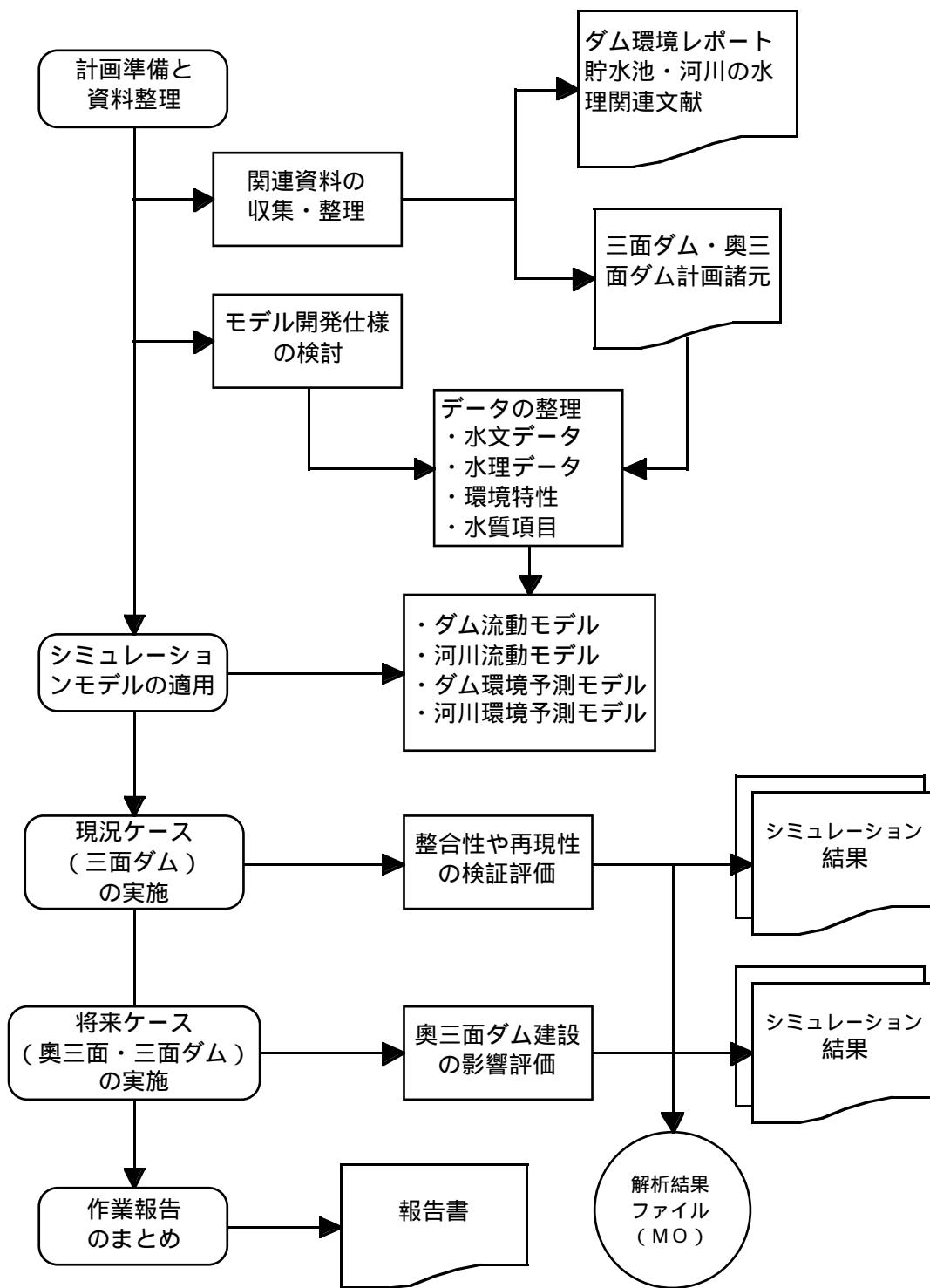


図1-2 作業のフロー

(2) 適用したモデル

三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池を対象に湖内流動及び水質変化を再現予測する次のシミュレーションモデルを所定のケーススタディに適用した。

湖内流動モデル

三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池における流動過程を2次元の流れ（北向きの流速と東向きの流速）として数理モデル化する。

水質予測モデル

三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池での冷濁水塊の滞留状況を予測評価するために、月別河川流入量や降水量に依存する湖水交換率、表層水温、COD（化学的酸素要求量）、SS（浮遊物質）を例に、こうした環境項目の拡散・変動過程を数理モデル化する。

また、モデル方程式を与えられた初期値・境界値条件に対して解くために、解析対象領域を再現精度等を考慮した適当な間隔で離散化（メッシュ化）し、数値解析手法として有限差分法を適用した。

(3) 解析項目

シミュレーションモデルにより解析評価した項目は、次の通りである。

表1-1 解析項目

<p>流速</p>	<p>三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池における流速の月毎変化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1988 年から 1997 年の 1 月～ 12 月 (1 年間) の平水時流量 ・ 1988 年から 1997 年の 1 月～ 12 月 (1 年間) の低水時流量 ・ 平成 3 年 (1991 年) 7 月 17 日、平成 5 年 7 月 14 日、平成 7 年 7 月 13 日からの 30 日間の各増水時流量
<p>湖水交換率</p>	<p>三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池における湖水交換率の日変化</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1988 年から 1997 年の 1 月～ 12 月 (1 年間) の平水時流量
<p>水温</p>	<p>三面ダム貯水池の水温分布、湖内の特定観測ポイント (3 点、 図 4-1 参照) の水温時系列変化の再現ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平水時における 5 月から 11 月の水温 ・ 低水時における 7 月から 9 月の水温 ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 10 日間の水温 <p>三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池の水温分布、湖内の特定観測 ポイント (計 6 点、図 4-1 参照) の水温変化の予測ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 平水時における 5 月から 11 月の水温 ・ 低水時における 7 月から 9 月の水温 ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 10 日間の水温
<p>C O D</p>	<p>三面ダム貯水池での C O D 分布と時系列変化の再現ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 低水時における 7 月から 9 月の C O D ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 30 日間の C O D <p>三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池の C O D 分布、時系列変化の 予測ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 低水時における 7 月から 9 月の C O D ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 30 日間の C O D
<p>S S</p>	<p>三面ダム貯水池での S S 分布と時系列変化の再現ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 増水時 (連続洪水) の平成 3 年 7 月 17 日からの 30 日間の S S ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 30 日間の S S ・ 増水時 (増水 2 回) の平成 7 年 7 月 3 日からの 30 日間の S S <p>三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池の S S 分布、時系列変化の予 測ケース</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 増水時 (連続洪水) の平成 3 年 7 月 17 日からの 30 日間の S S ・ 増水時 (洪水 1 回) の平成 5 年 7 月 14 日からの 30 日間の S S ・ 増水時 (増水 2 回) の平成 7 年 7 月 3 日からの 30 日間の S S

(4) 考察

三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池での冷濁水塊の滞留状況を予測評価するケーススタディの結果より、次のような知見を得た。

- ・1988年から1997年の1月～12月（1年間）の水文データから三面ダム貯水池における平水時、低水時及び増水時の月別流速分布を求めた。
- ・1988年から1997年の1月～12月（1年間）の水文データを適用し、ダム供用を想定した奥三面ダム貯水池における平水時、低水時及び増水時月別流速分布を求めた。
- ・1988年から1997年の1月～12月（1年間）の平水時における三面ダム貯水池月毎交換率を求めた。これより、3月から5月、7月、11月と12月には1月以内の湖水が完全に交換されると考えられる。
- ・1988年から1997年の1月～12月（1年間）の平水時における奥三面ダム貯水池交換率を月毎に求めた。これより、4月と5月には1月以内の湖水が完全に交換されるが、これ以外では1月以上を要すると考えられる。
- ・平水時における5月から11月、低水時における7月から9月、増水時（洪水1回）の平成5年7月を想定した三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池の表層水温分布、特定調査点（各ダムで3点）での水温時系列変化を求めた。
- ・低水時における7月から9月、増水時（洪水1回）の平成5年7月を想定した三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池のCOD拡散状況、特定調査点でのCOD時系列変化を求めた。
- ・増水時3パターンとして、平成3年7月17日（連続洪水）、平成5年7月14日（洪水1回）、平成7年7月3日（増水2回）からの30日間における三面ダムと奥三面ダム貯水池内のSS拡散状況、特定調査点でのSS時系列変化を求めた。

2. 計画準備と資料整理

今回の環境影響評価シミュレーションモデルの開発及び基本的なケーススタディの実施に必要なデータや各種の水文、気象及び環境調査結果等を収集整理した。

奥三面ダム貯水池建設予定地から三面ダムに至る三面川流域での水質環境データ、ダム諸元等としては、次表に挙げる資料を主に適用した。

表2-1 資料一覧

資料名称	備考
周辺地形図	円吾山、相模山、三面、徳網（国土地理院、1/25,000）
三面ダム事業概要	ダム平面図、縦断図等、ダム諸元、貯水池容量、集水域等
奥三面ダム事業概要	計画平面図（1/2,500）、縦断図等、ダム建設予定地、ダム諸元、貯水池容量、集水域等
新潟県気象月報	村上観測所気象データ （1992年～1997年、1月～12月期間の日データ） 気温、降水量、日照量、降雪・積雪量（三面観測所冬季5カ月）
過年度水質調査結果一覧	平水時及び増水時の水質項目 （1988年～1997年、5月～11月期間の毎月1回調査） 気温（8地点）、水温（13地点）、pH（8地点）、 EC（8地点）、COD（8地点）、SS（10地点）、 濁度（12地点）、DO（8地点）、BOD（8地点）、 T-N（8地点）、T-P（8地点）、大腸菌（8地点）、 透視度（8地点）
平成9年度河川水質調査結果一覧 （表及びグラフ）	平水時及び増水時の水質項目 （1997年5月～11月期間毎月1回調査、採取8地点） 気温、水温、pH、EC、COD、SS、濁度、DO、BOD、 T-N、T-P、DTN、DTP等貯水池層別データ採取あり
三面ダム管理月報	平水時及び増水時の水質項目 （1986年～1997年、1月～12月期間の毎日） 降水量、流入量、放流水温、放流量等

3. シミュレーションモデルの概要

数値モデルに入力すべき設定条件やパラメータを整理し、三面ダム貯水池及び奥三面ダム貯水池（ダム供用平成13年）における流動と水質環境項目（水温、SS、COD等）の拡散・変動状況を再現或いは予測するシミュレーションモデルの概要についてまとめた。

3.1 流動シミュレーションモデル

ダム貯水池へ流入する河川と貯水池内の流動特性に注目し、次のモデル方程式を適用した。

(1) 貯水池流動モデル

流入河川を境界条件とする貯水池内の流動は、その鉛直方向の流動は微小であると考えられるため水平方向の流量を未知関数とする次の非線形平面2次元モデルによって表現することができる。

運動方程式：流量、流速を計算する式

$$\frac{M}{t} + u \frac{M}{x} + v \frac{M}{y} = -g(h+h) \frac{h}{x} + K_h \left(\frac{^2M}{x^2} + \frac{^2M}{y^2} \right) - \frac{gn^2}{(h+h)^{4/3}} M \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$\frac{N}{t} + u \frac{N}{x} + v \frac{N}{y} = -g(h+\eta) \frac{\eta}{y} + K_h \left(\frac{^2N}{x^2} + \frac{^2N}{y^2} \right) - \frac{gn^2}{(h+\eta)^{4/3}} N \sqrt{u^2 + v^2}$$

連続方程式：水位を計算する式

$$\frac{\eta}{t} + \frac{M}{x} + \frac{N}{y} = 0$$

但し、

t : 時間 (単位: 例えば秒)、 x : 東西方向の座標軸、 y : 南北方向の座標軸、

M : x 方向の線流量 (水面から湖底までの流速総和: $m^2 / 秒$)、

N : y 方向の線流量 (水面から湖底までの流速総和: $m^2 / 秒$)、

u : x 方向の平均流速 ($m / 秒$)、 v : y 方向の平均流速 ($m / 秒$)、

g : 重力加速度 ($m / 秒^2$)、 h : 水深 (m)、 η : 基準静水面からの水位 (m)、

K_h : 渦動粘性係数 ($m^2 / 秒$)、 n : 湖底摩擦粗度 ($秒 / m^{1/3}$)

である。

各変数、パラメータのイメージを次図に示す。

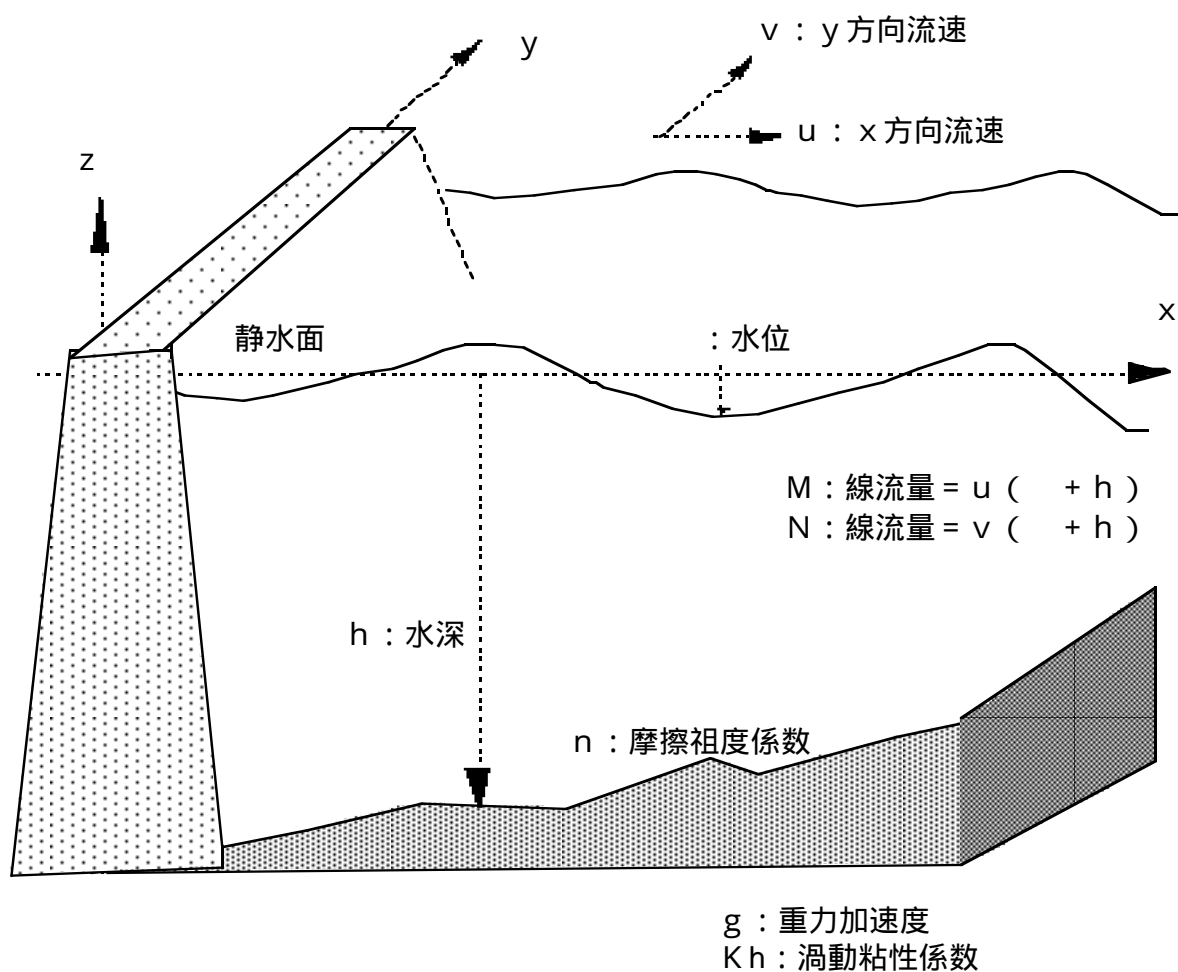


図3-1 貯水池内流動モデル

(2) 河川流動モデル

ダム貯水池へ流入し、或いはダム堰から流出する河川流動過程は、その主流方向の流動が卓越することから、次の1次元開水路モデル(自由水面を有し河川幅や水深が変化する河川での非定常流を表現したモデル)を適用することができる。

運動方程式：河川流量や流速の変化を計算する式

$$\frac{Q}{t} + \frac{Q^2}{x} \left(\frac{Q^2}{A} + g \cdot A \cdot h \right) = -g \cdot A \cdot \left(I + \frac{n^2 \cdot |Q| \cdot Q}{A^2 \cdot R^{4/3}} \right)$$

連続方程式：河川水位や有効断面積の変化を求める式

$$\frac{A}{t} + \frac{Q}{x} = 0$$

但し、

- t：時間(単位：例えば秒)、x：河川主流方向の座標軸、
- Q：河川流量(m³/秒)、A：流水部分の断面積(m²)、
- h：川底からの実水深(m)、g：重力加速度(m/秒²)、
- I：川床勾配(-)、n：川底の摩擦粗度(秒/m^{1/3})
- R：径深(水理的平均水深 = A/S : m)、
- S：潤辺(水に接している河川の断面延長 : m/秒)

である。

各変数、パラメータのイメージを次図に示す。

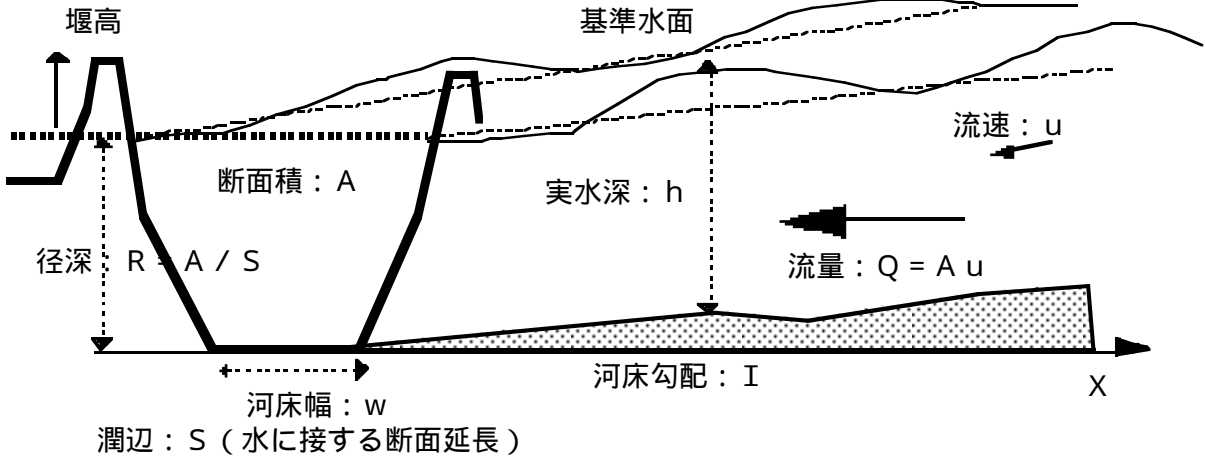


図3-2 河川流動モデル

3.2 水質予測シミュレーションモデル

三面ダム及び奥三面ダム貯水池における流動予測結果（流速分布）に基づいて、冷濁水塊の滞留状況を把握するために、環境水質項目の拡散・生産・自浄過程を予測シミュレーションするモデルを適用した。

環境指標としての水温変化、汚濁水塊分布（COD、SS等）等の挙動を表現する数理モデルについては、移流拡散方程式と所定の負荷境界条件を連立させる。

今回適用したモデルは、環境水質項目に応じた次の4モデルである。

(1) 交換率予測モデル

河川流入と降水によるダム貯水池内の水塊移動と交換（滞留）状況を予測するために、月毎の流況に対し月初め（各月第1日目）の湖水が1月間でどの程度交換（排出）或いは滞留するのかをシミュレーションモデルにより予測した。後述するように貯水池や湖沼では、水交換過程と生態系による富栄養化の進行は密接な関係がある事が知られている。

また、この交換率予測モデルを元に、所定の負荷境界条件を連立させることで、ダム貯水池内の冷濁水塊と生産性が高い夏場の汚濁水塊が与える下流への影響をさらに詳細に評価するケーススタディを実行できる。

湖水交換率予測方程式：河川流入と降水による湖水交換率、水塊移動を計算する式

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_h \frac{\partial C}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_h \frac{\partial C}{\partial y}) + \beta \cdot \frac{\partial C}{\partial t}$$

但し、

C ：月初の水塊に対する交換率、 D_h ：水平方向の媒質拡散計数、

：降水量と集水面積に依存する実効流入係数

(2) 水温拡散予測モデル

水表面での熱収支と夏場に確認されている温度躍層内での水温分布を考慮した表層水温の分布をシミュレーションモデルにより予測した。

水温拡散方程式 : 2次元熱移流拡散方程式、日射量に応じた水表面での熱収支等を計算する式

$$\frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_h \frac{\partial T}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_h \frac{\partial T}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (D_v \frac{\partial T}{\partial z}) + \frac{Q}{C_v \cdot \rho}$$

但し、

T : 水温、Q : 水表面からの熱収支フラックス (日射量、熱放射量、熱輸送量の関数で後掲参照)、 D_v : 垂直方向の熱拡散計数、 C_v : 比熱、 ρ : 水密度

(3) COD 拡散予測モデル

河川からの流入負荷、底泥からの溶出、流下に伴う自浄作用を考慮したCODの分布をシミュレーションモデルにより予測した。

COD 拡散方程式 : 2次元COD移流拡散方程式、自浄作用や底泥溶出、流入負荷による汚濁現象等を計算する式

$$\frac{\partial C_{od}}{\partial t} + u \frac{\partial C_{od}}{\partial x} + v \frac{\partial C_{od}}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_h \frac{\partial C_{od}}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_h \frac{\partial C_{od}}{\partial y}) + \frac{C_{od}}{R_{cod} \cdot z} - L \cdot C_{od}$$

但し、

Cod : COD濃度、R : 底泥からの溶出速度、z : 水深、

L : 流下に伴う自浄係数

(4) SS 拡散予測モデル

河川からの流入負荷、流下に伴う沈降効果を考慮したSSの分布をシミュレーションモデルにより予測した。

SS 拡散方程式 : 2次元浮遊濁質移流拡散方程式、沈降による表層希釈効果等を計算する式

$$\frac{\partial S}{\partial t} + u \frac{\partial S}{\partial x} + v \frac{\partial S}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} (D_h \frac{\partial S}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (D_h \frac{\partial S}{\partial y}) - \frac{W_s S}{Z}$$

但し、

S : SS 濃度、 W_s : 沈降速度、z : 水深

4. 流動ケースの実施

三面川水系の流況・環境予測シミュレーションモデルに対して、水文条件、水理条件、環境指標の変動等を適切にモデル化し、基本的なケーススタディを実施した。

なお、現在建設工事中である奥三面ダム貯水池については、予測ケーススタディの前提として三面川における観測記録に基づいて、上流域における流入配分（三面川、未沢川、沼沢等）を設定した計算ケースを試行的に実施した。

4.1 流動シミュレーションの実施

三面・奥三面ダム貯水池における流動シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

流動解析の基本的条件を次表に示す。

表4-1 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 三面ダム貯水池 (三面ダム上流約10.5 kmの貯水池) ・ 奥三面ダム貯水池 (奥三面ダム上流約6 km × 6 kmの貯水池) 	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 三面ダム貯水池 ・ 奥三面ダム貯水池 を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面貯水池) 図4-3 (奥三面貯水池)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) 	3.1節(1)、(2)モデル式参照
数値解法	有限差分法 (2段階ラックス・ウェンドロフ法とリーブ・フロッグ法)	参考文献(1)
初期条件	各ダム貯水池において満水位相当で、流速は計算開始時点ではゼロ分布 (各月定常流の計算時には前月最終結果を初期分布と設定)	
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 貯水池下流：各ダム堰上端からの自然越流想定 ・ 三面貯水池上流：三面川上流からの月毎流入量 (猿田川流入含まず) ・ 奥三面貯水池上流 ：三面川の月毎流入量を各集水面積により三面川上流 (65%)、未沢川 (33%)、沼沢 (2%) と配分 ・ 変動の激しい増水時は日観測流量を境界設定 	表4-2、表4-3
解析時間	<ul style="list-style-type: none"> ・ 平水時と低水時は1年間 ・ 平成3年～7年の増水時は30日間 	表2-1に準拠

表 4 - 2 三面川流量（奥三面・三面ダム貯水池流入量）

1988年～ 1997年の平均	平水時流量 ($\text{m}^3 / \text{秒}$)	低水時流量 ($\text{m}^3 / \text{秒}$)	降水量 ($\text{mm} / \text{日}$)
1月	17.2	13.66	9.56
2月	12.3	10.27	8.52
3月	28.63	18.73	4.66
4月	67.12	53.04	5.43
5月	49.81	38.91	5.12
6月	23.41	16.95	7.39
7月	26.16	15.08	9.61
8月	12.92	9.06	6.90
9月	15.13	10.71	7.58
10月	16.92	11.72	8.20
11月	35.37	22.09	11.16
12月	31.31	23.32	9.40

表4-3-1 平成3年増水時三面川流量

平成3年	日	降水量 (mm/ 日)	流入量 (m ³ /秒)
7月	17	56	199.71
	18	31	113.21
	19	9	83.15
	20	42	271.50
	21	0	115.97
	22	57	172.07
	23	24	104.71
	24	78	234.64
	25	14	181.56
	26	0	85.85
	27	0	62.88
	28	0	52.32
	29	0	29.65
	30	0	31.49
	31	0	27.96
8月1日以降は8月の平均流入量として 59.3 (m ³ / 秒) を適用			

表4-3-2 平成5年増水時三面川流量

平成5年	日	降水量 (mm/日)	流入量 (m ³ /秒)
7月	14	66	303.49
	15	16	113.12
	16	2	109.04
	17	4	69.37
	18	9	57.20
	19	0	47.39
	20	0	40.86
	21	0	29.54
	22	0	25.90
	23	0	23.95
	24	2	22.50
	25	3	20.21
	26	4	24.76
	27	4	20.27
	28	1	19.56
7月29日以降は8月7日迄の平均流入量 20.5 (m ³ /秒) を適用			

表4-3-3 平成7年増水時三面川流量

平成7年	日	降水量 (mm/日)	流入量 (m ³ /秒)
7月	3	47	109.00
	4	0	34.56
	5	0	26.29
	6	8	16.43
	7	0	20.23
	8	18	18.28
	9	66	303.49
	10	16	113.12
	11	2	109.04
	12	4	69.37
	13	9	57.20
	14	0	47.39
	15	0	40.86
	16	0	29.54
	17	0	25.90
	18	0	23.95
	19	2	22.50
	20	3	20.21
	21	4	24.76
	22	4	20.27
	23	1	19.56
7月24日以降は平均流入量として 20.5 (m ³ /秒) を適用			

図4-1 三面・奥三面ダム貯水池（NO.は水質観測点）

図4-2 三面貯水池のメッシュ分割

図4-3 奥三面貯水池のメッシュ分割

No.1-1（三面川）No.1-2（末沢川）No.2（奥三面ダム）No.3（猿田川合流後）

No.4（二子島上流）No.5（三面ダム）

平水時流速分布（1988年～1997年）三面ダム貯水池 奥三面ダム貯水池

図4-4-1（1月）図4-4-2（2月）図4-4-3（3月）図4-4-4（4月）図4-4-5（5月）

図4-4-6（6月）図4-4-7（7月）図4-4-8（8月）図4-4-9（9月）図4-4-10（10月）

図4-4-11（11月）図4-4-12（12月）

図4-5-1（1月）図4-5-2（2月）図4-5-3（3月）図4-5-4（4月）図4-5-5（5月）

図4-5-6（6月）図4-5-7（7月）図4-5-8（8月）図4-5-9（9月）図4-5-10（10月）

図4-5-11（11月）図4-5-12（12月）

低水時流速分布（1988年～1997年）三面ダム貯水池 奥三面ダム貯水池

図4-6-1（1月）図4-6-2（2月）図4-6-3（3月）図4-6-4（4月）図4-6-5（5月）

図4-6-6（6月）図4-6-7（7月）図4-6-8（8月）図4-6-9（9月）図4-6-10（10月）

図4-6-11（11月）図4-6-12（12月）

図4-7-1（1月）図4-7-2（2月）図4-7-3（3月）図4-7-4（4月）図4-7-5（5月）

図4-7-6（6月）図4-7-7（7月）図4-7-8（8月）図4-7-9（9月）図4-7-10（10月）

図4-7-11（11月）図4-7-12（12月）

増水時流速分布（出力例：平成3年、5年、7年の開始時点）

三面ダム貯水池 奥三面ダム貯水池

図4-8-1（平3.7.17）図4-8-2（平5.7.14）図4-8-3（平7.7.3）図4-9-1（平3.7.17）

図4-9-2（平5.7.14）図4-9-3（平7.7.3）

(2) 計算結果

流動解析の結果から、ダム貯水池内の流速ベクトル分布を次図に示す。

表4-4 出力イメージ(流速ベクトル)

解析対象	平水時	低水時	増水時
三面ダム貯水池	図4-4-1(1月)	図4-6-1(1月)	図4-8-1(平3.7.17)
	図4-4-2(2月)	図4-6-2(2月)	図4-8-2(平5.7.14)
	図4-4-3(3月)	図4-6-3(3月)	図4-8-3(平7.7.3)
	図4-4-4(4月)	図4-6-4(4月)	
	図4-4-5(5月)	図4-6-5(5月)	
	図4-4-6(6月)	図4-6-6(6月)	
	図4-4-7(7月)	図4-6-7(7月)	
	図4-4-8(8月)	図4-6-8(8月)	
	図4-4-9(9月)	図4-6-9(9月)	
	図4-4-10(10月)	図4-6-10(10月)	
	図4-4-11(11月)	図4-6-11(11月)	
	図4-4-12(12月)	図4-6-12(12月)	
奥三面ダム貯水池	図4-5-1(1月)	図4-7-1(1月)	図4-9-1(平3.7.17)
	図4-5-2(2月)	図4-7-2(2月)	図4-9-2(平5.7.14)
	図4-5-3(3月)	図4-7-3(3月)	図4-9-3(平7.7.3)
	図4-5-4(4月)	図4-7-4(4月)	
	図4-5-5(5月)	図4-7-5(5月)	
	図4-5-6(6月)	図4-7-6(6月)	
	図4-5-7(7月)	図4-7-7(7月)	
	図4-5-8(8月)	図4-7-8(8月)	
	図4-5-9(9月)	図4-7-9(9月)	
	図4-5-10(10月)	図4-7-10(10月)	
	図4-5-11(11月)	図4-7-11(11月)	
	図4-5-12(12月)	図4-7-12(12月)	

平水時流速分布（1988年～1997年平均）

低水時流速分布（1988年～1997年平均）

増水時流速分布（出力例：平成3年、5年、7年の開始時点）

4.2 交換率予測シミュレーションの実施

三面・奥三面ダム貯水池における交換率予測（水塊移動により各月初めの水が排出された割合）シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

交換率解析の基本的条件を次表に示す。

表4-5 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 三面ダム貯水池 ・ 奥三面ダム貯水池 	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	<ul style="list-style-type: none"> ・ 三面ダム貯水池 ・ 奥三面ダム貯水池 を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面) 図4-3 (奥三面)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) 水質予測モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 交換率予測 (水塊移動) 方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(1) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
初期条件	各ダム貯水池において平水時月初 (各月第1日目) の水塊の交換率は一律0%とし計算開始	
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸: 水塊の移動はなし (反射境界) ・ 三面貯水池上流: 上流からの新鮮な水を供給 ・ 奥三面貯水池上流 : 三面川上流 (65%)、末沢川 (33%)、沼沢 (2%) と配分された新鮮な水を供給 ・ 降水による水供給: 集水面積からの表面流出が不明であるので湖面への直接降水量のみ寄与 (実効係数 = 100%) 	表4-2
解析時間	1988年～1997年の平水時各月 (但し、湖内全域が100%交換達成まで)	表2-1に準拠

(2) 計算結果

平水時における交換率解析の結果から、ダム貯水池内の月初めの交換率分布、特定点(各3点)での交換率時系列変化、及び交換率の各月比較等を以下の図に示す。

表4-6 出力イメージ(湖水の交換率)

解析対象	平水時毎月初の5日目を出力	備考
三面ダム貯水池	図4-10-1(1月) 図4-10-2(2月) 図4-10-3(3月) 図4-10-4(4月) 図4-10-5(5月) 図4-10-6(6月) 図4-10-7(7月) 図4-10-8(8月) 図4-10-9(9月) 図4-10-10(10月) 図4-10-11(11月) 図4-10-12(12月)	5日毎の交換率は 付録MOへ出力
奥三面ダム貯水池	図4-11-1(1月) 図4-11-2(2月) 図4-11-3(3月) 図4-11-4(4月) 図4-11-5(5月) 図4-11-6(6月) 図4-11-7(7月) 図4-11-8(8月) 図4-11-9(9月) 図4-11-10(10月) 図4-11-11(11月) 図4-11-12(12月)	5日毎の交換率は 付録MOへ出力

三面ダム貯水池の交換率（月初5日目）

- 図4-10-1 (1月) 図4-10-2 (2月) 図4-10-3 (3月) 図4-10-4 (4月)
- 図4-10-5 (5月) 図4-10-6 (6月) 図4-10-7 (7月) 図4-10-8 (8月)
- 図4-10-9 (9月) 図4-10-10 (10月) 図4-10-11 (11月) 図4-10-12 (12月)
- 図4-11-1 (1月) 図4-11-2 (2月) 図4-11-3 (3月) 図4-11-4 (4月)
- 図4-11-5 (5月) 図4-11-6 (6月) 図4-11-7 (7月) 図4-11-8 (8月)
- 図4-11-9 (9月) 図4-11-10 (10月) 図4-11-11 (11月) 図4-11-12 (12月)
- 図4-12-1 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム1月)
- 図4-12-2 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム2月)
- 図4-12-3 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム3月)
- 図4-12-4 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム4月)
- 図4-12-5 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム5月)
- 図4-12-6 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム6月)
- 図4-12-7 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム7月)
- 図4-12-8 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム8月)
- 図4-12-9 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム9月)
- 図4-12-10 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム10月)
- 図4-12-11 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム11月)
- 図4-12-12 特定点での交換率時系列変化 (三面ダム12月)
- 図4-13-1 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム1月)
- 図4-13-2 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム2月)
- 図4-13-3 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム3月)
- 図4-13-4 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム4月)
- 図4-13-5 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム5月)
- 図4-13-6 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム6月)
- 図4-13-7 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム7月)
- 図4-13-8 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム8月)
- 図4-13-9 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム9月)
- 図4-13-10 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム10月)
- 図4-13-11 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム11月)
- 図4-13-12 特定点での交換率時系列変化 (奥三面ダム12月)
- 図4-14 交換率の各月比較 (三面ダム貯水池)
- 図4-15 交換率の各月比較 (奥三面ダム貯水池)

奥三面ダム貯水池の交換率（月初5日目）

特定点での交換率時系列

- ・ 三面ダム貯水池

No3 : 猿田川合流点、No4 : 二子島上流、No5 : 三面ダムサイト

- ・ 奥三面ダム貯水池

No1-1 : 三面川上流、No1-2 : 末沢川上流、No2 : 奥三面ダムサイト

交換率の各月比較（三面ダム貯水池、奥三面ダム貯水池）

5. 現況ケース（三面ダム）の実施

奥三面ダム建設以前の時点を想定し、三面ダム貯水池を解析対象とした水質項目の変動をシミュレーションした。

5.1 水温拡散再現シミュレーションの実施

三面ダム貯水池における水温拡散再現シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

水温シミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表5-1 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	三面ダム貯水池	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	三面ダム貯水池 を50mメッシュで離散化	図4-2(三面)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル ・運動方程式(流速、流量を計算) ・連続方程式(水位、河川断面積を計算) 水温拡散予測モデル ・水温拡散(熱保存)方程式	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(2) モデル式参照
数値解法	有限差分法(アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケース と解析期間	三面ダム貯水池について次の3ケース ・平水時(5月から11月の7月間) ・低水時(7月から9月の3月間) ・増水時(平成5年7月14日からの10日間)	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点での表層水温	表5-2、表5-3、 表5-4
境界条件	・湖岸境界:熱移動なし(断熱境界) ・上流境界:三面ダム貯水池での観測値を入力 ・湖面境界:日照時間と日射量から熱収支を計算 ・表層下水温:水温躍層時、混合時に応じて設定	表5-2、表5-3、 表5-4 表5-5 表5-6

表5-2 貯水池水温（平水時）

表層水温（ ）		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	備考
奥三面	No2	10.4	16.2	19.7	22.3	18.1	12.9	7.8	境界条件
三面	No3								
	No4								
	No5	13.4							
備考		初期条件							

（出所：過年度河川水質調査結果一覧）

- 1) 三面貯水池の境界条件は奥三面貯水池のNo 2 での観測値を適用
- 2) 5月時点での初期条件はNo 2 とNo 5 の観測値を内挿補間
- 3) No 5 での水温は欠測のためNo 2 の水温に3度を加算（以下でも同様）

表5-3 貯水池水温（低水時）

表層水温（ ）		7月	8月	9月	備考
奥三面	No2	19.7	22.3	18.1	境界条件
三面	No3				
	No4				
	No5	22.7			
備考		初期条件			

表5-4 貯水池水温（増水時：平成5年7月14日～）

表層水温（ ）		7/14	7/15	7/16	-	-	7/20	7/21 以降	備考
奥三面	No2	15.8	14.2	14.2	14.5	14.8	15.0	15.3	境界条件
三面	No3								
	No4								
	No5	18.8							
備考		初期条件							

ダム貯水池表面での熱収支については、日射量と日照量から次のようにモデル化した。

表層水温の拡散式における熱収支項 ($Q / C v \cdot$) における水表面からの熱収支フラックス Q は吸収日射量 Q_s とほぼ同等と仮定し水面での全日射量 Q_s^1 を湖面での反射率 r とすると、両者の関係は次式で表現できる。

$$Q = (1 - r) \times Q_s^1$$

反射率は、通常0.07程度であり、 Q_s^1 は晴天時の日射量 Q_{s0} と次の関係がある。

$$Q_s^1 = \{1 - (1 - D) n\} \times Q_{s0}$$

ここに、 D は太陽高度などによって決まる係数で、中緯度 (30度 ~ 45度) では約0.33程度となる。また、 n は雲量 ($0 < n < 1$) で解析期間における新潟県気象月報 (村上観測所気象データ、表2-1) の日照量 (時間 / 日) から想定した。

表5-5 完全晴天時の日射量 : Q_{s0} (cal/cm²・日)

緯度	35度	40度
1月	348.4	280.6
2月	481.4	407.1
3月	596.8	548.4
4月	700.0	666.7
5月	741.9	738.7
6月	783.3	783.3
7月	751.6	748.4
8月	703.2	680.6
9月	626.7	586.7
10月	487.1	432.3
11月	393.3	323.3
12月	309.7	248.4

(参考文献2 : 海洋環境シミュレーション)

さらに、平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では夏季の7/25～9/24には6 m程度の水温躍層が確認され、一方秋季の11/18～11/21にはほぼ完全混合状態となっている。従って、今回の表層水温シミュレーションに当たっては、下層との熱収支を考慮し下層境界条件として次のように設定した。

表5-6 表層下水温条件（三面貯水池No4、二子島上流地点）

水温（ ）	夏季					秋季		
	7/25	8/26	9/24	10/20	11/11	11/19	11/20	11/21
表層 (0.5m)	25.7	25.3	18.9	13.2	8.8	8.1	8.6	9.7
7.0m	15.5	20.5	17.3	12.7	8.4	8.3	8.6	8.7
下層 / 表層	0.60	0.81	0.92	0.96	0.95	1.02	1.00	0.90

- ・夏季平水時には、6 mの躍層厚を有する表層に対し下層は60%から90%程度にまで水温が低下すると考えられる。
- ・秋季増水時には、表層と下層とは水温変化が小さい。
- ・従って、補遺に示すパラメータサーベイの結果、5月から9月中旬までの水温シミュレーションに当たっては、下層の境界条件として表層水温の80%の水温であると設定した。
- ・11月については、下層の境界条件として表層の90%の水温を設定した。
- ・9月中旬から11月については、表層の80%と90%間で内挿補間した水温を適時設定した。

(2) 計算結果

三面ダム貯水池における平水時、低水時及び増水時を想定した水温拡散解析の結果から、ダム貯水池内の水温分布、特定点（3点）での水温時系列変化を以下の図に示す。

表5-7 出力イメージ（表層水温分布）

対象	出力図	備考
三面ダム 貯水池	平水時 図5-1-1（5月）～図5-1-7（11月）	15日目の水温
	低水時 図5-2-1（7月）～図5-2-3（9月）	15日目の水温
	増水時 図5-3（例：平成5.7.18）	5日目の水温

三面ダム貯水池の水温分布

三面ダム 平水時

図5-1-1 (5月) 図5-1-2 (6月) 図5-1-3 (7月) 図5-1-4 (8月) 図5-1-5 (9月)

図5-1-6 (10月) 図5-1-7 (11月)

三面ダム低水時 図5-2-1 (7月) 図5-2-2 (8月) 図5-2-3 (9月)

三面ダム増水時 図5-3 (例 : 平成5.7.18)

図5-4-1 水温時系列変化 (三面ダム平水時)

図5-4-2 水温時系列変化 (三面ダム低水時)

図5-4-3 水温時系列変化 (三面ダムH5増水時)

特定点での水温時系列

・三面ダム貯水池

No3 : 猿田川合流点、No4 : 二子島上流、No5 : 三面ダムサイト

5.2 COD拡散再現シミュレーションの実施

三面ダム貯水池におけるCOD拡散再現シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

CODシミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表5-8 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	・ 三面ダム貯水池	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	三面ダム貯水池を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面)
モデル方程式	<ul style="list-style-type: none"> 河川・ダム貯水池流動モデル ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) COD拡散予測モデル ・ COD拡散方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(3) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケースと解析期間	三面ダム貯水池について次の2ケース <ul style="list-style-type: none"> ・ 低水時 (7月から9月の3月間) ・ 増水時 (平成5年7月14日からの30日間) 	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点でのCOD	表5-9、表5-10
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸境界：COD流入負荷なし (山林、農地からの栄養塩負荷や周辺生活排水なし) ・ 上流境界：三面川上流での観測値を入力 ・ 三面貯水池底面 ：二子島～三面ダムサイトでの底泥からCOD増加につながる栄養塩溶出を設定 ・ 三面貯水池底面 ：奥三面ダムサイト上流1km区間での底泥からCOD増加につながる栄養塩溶出を設定 	表5-9、表5-10 表5-11

表5-9 貯水池COD（低水時）

COD (mg /)		7月	8月	9月	備考
奥三面	No2	1.33	1.23	1.28	境界条件
三面	No3				
	No4				
	No5	2.13			
備考		初期条件			

（出所：過年度河川水質調査結果一覧）

- 1) 三面貯水池の境界条件は奥三面貯水池のNo2での観測値を適用
- 2) 7月時点での初期条件はNo2とNo5の観測値を内挿補間
- 3) No5でのCODは昭和63年、平成元年、平成9年7月の平均値を採用

表5-10 貯水池COD（増水時：平成5年7月14日～）

COD (mg /)		7/14	7/15	7/16	-	-	7/20	7/21 以降	備考
奥三面	No2	25	12.5	0	0	0	0	0	境界条件
三面	No3								
	No4								
	No5	2							
備考		初期条件							

- 1) No5でのCODは汚濁が達していないことから2(mg /)と設定

平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では上流からの流下に従ってCOD値が上昇している。これは、貯水池内の富栄養化による有機物生産或いはダムサイト近くに堆積した底泥からの栄養塩（流木や落葉中のリン、窒素化合物）流出がCOD増加に寄与している可能性もある。

平成10年度報告書に記述したように三面ダム貯水池では顕著な富栄養化は進行しにくいと考えられるため、本シミュレーションでは、底泥からの栄養塩溶出に起因するCOD増加を想定した。

こうした観点から底泥からの溶出境界条件としては試行的に次のように設定した。

表5-11 底泥からの溶出条件

地点	三面ダム			奥三面ダム		
	ダムサイト直下	二子島上流	猿田川合流後	ダムサイト直下	上流1km地点	さらに上流域
想定COD溶出速度 (g/m ² /日)	1.15	0.0	0.0	1.15	0.0	0.0
	この間内挿補間		一律	この間内挿補間		一律

(参考文献3：湖沼工学)

- ・「湖沼工学」によれば、琵琶湖北湖の底泥から全リン（T-P）溶出速度が11.5（mg/m²/日）であり、CODへの換算係数を100程度としてCOD溶出速度を想定した。
- ・溶出区間は堆砂が顕著なダムサイト周辺であると考えられるため、貯水池の下流域に各々想定した。
- ・なお、流下に伴う自然浄化効果は不明であり、ここではCOD拡散方程式にある浄化係数 $L = 0$ とした。

(2) 計算結果

低水時及び増水時を想定したCOD拡散解析の結果から、ダム貯水池内のCOD分布、特定点(3点)でのCOD時系列変化を以下の図に示す。

表5-12 出力イメージ(COD分布)

対象	出力図	備考
三面ダム 貯水池	低水時 図5-5-1(7月)~図5-5-3(9月)	15日目のCOD
	増水時 図5-6(例:平成5.7.18)	5日目のCOD

三面ダム貯水池のCOD分布 (mg /)

三面ダム 単位：mg /

低水時 図5-5-1 COD (7月) 図5-5-2 COD (8月) 図5-5-3 COD (9月)

増水時 図5-6 (例：平成5.7.18)

図5-7-1 COD時系列変化 (三面ダム低水時)

図5-7-2 COD時系列変化 (三面ダムH5増水時5)

特定点でのCOD時系列

・三面ダム貯水池

No3 : 猿田川合流点、No4 : 二子島上流、No5 : 三面ダムサイト

5.3 SS 拡散再現シミュレーションの実施

三面ダム貯水池における濁水の影響評価のためにSS 拡散再現シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

SSシミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表5-13 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	・ 三面ダム貯水池	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	三面ダム貯水池を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面)
モデル方程式	<ul style="list-style-type: none"> 河川・ダム貯水池流動モデル ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) SS 拡散予測モデル ・ SS 拡散希釈方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(4) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケース と解析期間	三面ダム貯水池について次の3ケース <ul style="list-style-type: none"> ・ 増水時 (平成3年7月 17日からの30日間) ・ 増水時 (平成5年7月 14日からの30日間) ・ 増水時 (平成7年7月3日からの30日間) 	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点でのSS分布	表5-14、表5-15、 表5-16
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸境界：SS流入負荷なし (山林、農地からの浮遊物負荷等なし) ・ 上流境界：三面川上流での観測値を入力 ・ 沈降速度：貯水池内でSSの沈降を設定 	表5-14、表5-15、 表5-16

表5-14-1 貯水池SS（増水時：平成3年7月17日～）

SS (mg /)		7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	備考
奥三面	No2	181	21	0	214	34	38	境界条件
三面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

（出所：平成9年度河川水質調査結果一覧）

表5-14-2 貯水池SS（増水時：平成3年7月23日～）

SS (mg /)		7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28 以降	備考
奥三面	No2	21	172	110	23	11	0	境界条件
三面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

- 1) 三面貯水池の境界条件は奥三面貯水池のNo2での観測値を適用
- 2) 初期条件はNo2とNo5の観測値を内挿補間
- 3) No5のSSは汚濁が達していないことから1(mg /)と設定(以下でも同様)

表5-15 貯水池SS（増水時：平成5年7月14日～）

SS (mg /)		7/14	7/15	7/16	7/17	7/18	7/19	7/20	7/21 以降	備考
奥三面	No2	250	15	19	9.5	0	0	0	0	境界条件
三面	No3									
	No4									
	No5	1								
備考		初期条件								

表5-16-1 貯水池SS（増水時：平成7年7月3日～）

SS (mg /)		7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	備考
奥三面	No2	170	17	7	0	0	0	境界条件
三面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

表5-16-2 貯水池SS（増水時：平成7年7月9日～）

SS (mg /)		7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14 以降	備考
奥三面	No2	250	15	7.5	0	0	0	境界条件
三面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では上流からの流下に従ってSS値が減少している。これは、湖内での拡散・希釈及びSSの重力による沈降が寄与していると考えられる。

参考文献3：湖沼工学によれば、

- ・植物プランクトンについては、琵琶湖で0.12 (m/日)、霞ヶ浦0.05 (m/日)、諏訪湖0.2 (m/日)
- ・またリン化合物については通常0.03 ~ 0.06 (m/日)、窒素については0.03 (m/日)程度との報告がある。

本シミュレーションではこうした知見を基に、SSの沈降速度を0.2 (m/日)と設定した。

(2) 計算結果

平水時及び増水時を想定したSS拡散解析の結果から、ダム貯水池内のSS分布、特定点(3点)でのSS時系列変化を以下の図に示す。

表5-17 出力イメージ(SS分布)

対象	出力図	備考
三面ダム 貯水池	増水時 図5-8-1(例:平成3.7.21)	5日目のSS
	増水時 図5-8-2(例:平成5.7.18)	5日目のSS
	増水時 図5-8-3(例:平成7.7.7)	5日目のSS

三面ダム貯水池のSS分布 (mg /)

三面ダム 単位：mg /

図5-8-1 S S (例：平成3.7.18) 図5-8-2 S S (例：平成5.7.18)

図5-8-3 S S (例：平成7.7.7)

図5-9-1 S S時系列変化(三面ダムH3増水時)

図5-9-2 S S時系列変化(三面ダムH5増水時)

図5-9-3 S S時系列変化(三面ダムH7増水時)

特定点でのSS時系列

・三面ダム貯水池

No3 : 猿田川合流点、No4 : 二子島上流、No5 : 三面ダムサイト

6. 予測ケース（奥三面・三面ダム）の実施

奥三面ダム建設時点を想定し、奥三面・三面ダム貯水池を解析対象とした水質項目の変動をシミュレーションした。

6.1 水温拡散予測シミュレーションの実施

奥三面・三面ダム貯水池における水温拡散予測シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

水温シミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表6-1 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 奥三面ダム貯水池 ・ 三面ダム貯水池 	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	奥三面ダム貯水池、三面ダム貯水池を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面) 図4-3 (奥三面)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) 水温拡散予測モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 水温拡散 (熱保存) 方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(2) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケースと解析期間	奥三面・三面ダム貯水池について次の各3ケース <ul style="list-style-type: none"> ・ 平水時 (5月から11月の7月間) ・ 低水時 (7月から9月の3月間) ・ 増水時 (平成5年7月14日からの10日間) 	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点での表層水温	表6-2、表6-3、表6-4
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸境界：熱移動なし (断熱境界) ・ 上流境界：奥三面ダム貯水池での観測値を入力 ・ 湖面境界：日照時間と日射量から熱収支を計算 ・ 表層下水温：水温躍層時、混合時に応じて設定 	表6-2、表6-3、 表6-4 表6-5 表6-6

表6-2 貯水池水温（平水時）

表層水温 ()		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	備考
奥 三面	No1-1	8.5	16.6	19.4	20.4	16.3	12.2	7.9	境界条件
	No1-2	10.2	15.0	18.2	21.6	16.8	12.4	8.0	境界条件
	No2	10.4							
三面	No3								
	No4								
	No5	13.4							
備考		初期条件							

（出所：過年度河川水質調査結果一覧）

- 1) 5月時点での初期条件はNo 2 とNo 5 の観測値を内挿補間
- 2) No 5 での水温は欠測のためNo 2 の水温に3度を加算（以下でも同様）

表6-3 貯水池水温（低水時）

表層水温 ()		7月	8月	9月	備考
奥 三面	No1-1	19.4	20.4	16.3	境界条件
	No1-2	18.2	21.6	16.8	境界条件
	No2	19.7			
三面	No3				
	No4				
	No5	22.7			
備考		初期条件			

表6-4 貯水池水温（増水時：平成5年7月14日～）

表層水温 ()		7/14	7/15	7/16	-	-	7/20	7/21 以降	備考
奥 三面	No1-1	16.5	14.2	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	境界条件
	No1-2	16.5	14.2	14.5	14.5	14.5	14.5	14.5	境界条件
	No2	15.8							
三 面	No3								
	No4								
	No5	18.8							
備考		初期条件							

ダム貯水池表面での熱収支については、日射量と日照量から次のようにモデル化した。

表層水温の拡散式における熱収支項 ($Q / C v \cdot$) における水表面からの熱収支フラックス Q は吸収日射量 Q_s とほぼ同等と仮定し水面での全日射量 Q_s^1 を湖面での反射率 r とすると、両者の関係は次式で表現できる。

$$Q = (1 - r) \times Q_s^1$$

反射率は、通常0.07程度であり、 Q_s^1 は晴天時の日射量 Q_{s0} と次の関係がある。

$$Q_s^1 = \{1 - (1 - D) n\} \times Q_{s0}$$

ここに、 D は太陽高度などによって決まる係数で、中緯度 (30度 ~ 45度) では約0.33程度となる。また、 n は雲量 ($0 < n < 1$) で解析期間における新潟県気象月報 (村上観測所気象データ、表2-1) の日照量 (時間 / 日) から想定した。

表6-5 完全晴天時の日射量 : Q_{s0} (cal/cm²・日)

緯度	35度	40度
1月	348.4	280.6
2月	481.4	407.1
3月	596.8	548.4
4月	700.0	666.7
5月	741.9	738.7
6月	783.3	783.3
7月	751.6	748.4
8月	703.2	680.6
9月	626.7	586.7
10月	487.1	432.3
11月	393.3	323.3
12月	309.7	248.4

(参考文献2 : 海洋環境シミュレーション)

さらに、平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では夏季の7/25～9/24には6 m程度の水温躍層が確認され、一方秋季の11/18～11/21にはほぼ完全混合状態となっている。従って、今回の表層水温シミュレーションに当たっては、下層との熱収支を考慮し下層境界条件として次のように設定した。

表6-6 表層下水温条件（三面貯水池No4、二子島上流地点）

水温（ ）	夏季					秋季		
	7/25	8/26	9/24	10/20	11/11	11/19	11/20	11/21
表層 (0.5m)	25.7	25.3	18.9	13.2	8.8	8.1	8.6	9.7
7.0m	15.5	20.5	17.3	12.7	8.4	8.3	8.6	8.7
下層 / 表層	0.60	0.81	0.92	0.96	0.95	1.02	1.00	0.90

- ・夏季平水時には、6 mの躍層厚を有する表層に対し下層は60%から90%程度にまで水温が低下すると考えられる。
- ・秋季増水時には、表層と下層とは水温変化が小さい。
- ・従って、補遺に示すパラメータサーベイの結果、5月から9月中旬までの水温シミュレーションに当たっては、下層の境界条件として表層水温の80%の水温であると設定した。
- ・11月については、下層の境界条件として表層の90%の水温を設定した。
- ・9月中旬から11月については、表層の80%と90%間で内挿補間した水温を適時設定した。

(2) 計算結果

奥三面・三面ダム貯水池における平水時、低水時及び増水時を想定した水温拡散解析の結果から、ダム貯水池内の水温分布、特定点（各3点）での水温時系列変化を以下の図に示す。

表6-7 出力イメージ（表層水温分布）

対象	出力図	備考
奥三面ダム 貯水池	平水時 図6-1-1（5月）～図6-1-7（11月）	15日目の水温
	低水時 図6-2-1（7月）～図6-2-3（9月）	15日目の水温
	増水時 図6-3（例：平成5.7.18）	5日目の水温
三面 ダム貯水池	平水時 図6-4-1（5月）～図6-4-7（11月）	15日目の水温
	低水時 図6-5-1（7月）～図6-5-3（9月）	15日目の水温
	増水時 図6-6（例：平成5.7.18）	5日目の水温

奥三面ダム平水時 奥三面ダム低水時 奥三面ダム増水時 三面ダム平水時
三面ダム低水時 三面ダム増水時

図6-1-1 (5月) 図6-1-2 (6月) 図6-1-3 (7月) 図6-1-4 (8月) 図6-1-5 (9月)

図6-1-6 (10月) 図6-1-7 (11月) 図6-2-1 (7月) 図6-2-2 (8月) 図6-2-3 (9月)

図6-3 (例 : 平成5.7.18) 図6-4-1 (5月) 図6-4-2 (6月) 図6-4-3 (7月)

図6-4-4 (8月) 図6-4-5 (9月) 図6-4-6 (10月) 図6-4-7 (11月) 図6-5-1 (7月)

図6-5-2 (8月) 図6-5-3 (9月) 図6-6 (例 : 平成5.7.18)

図6-7-1 水温時系列変化 (奥三面ダム平水時)

図6-7-2 水温時系列変化 (奥三面ダム低水時)

図6-7-3 水温時系列変化 (奥三面ダム増水時)

図6-7-4 水温時系列変化 (三面ダム平水時)

図6-7-5 水温時系列変化 (三面ダム低水時)

図6-7-6 水温時系列変化 (三面ダム増水時)

奥三面ダム貯水池の水温分布

三面ダム貯水池の水温分布

特定点での水温時系列

- ・ 奥三面ダム貯水池

No1-1：三面川上流、No1-2：未沢川上流、No2：奥三面ダムサイト

- ・ 三面ダム貯水池

No3：猿田川合流点、No4：二子島上流、No5：三面ダムサイト

6.2 COD拡散予測シミュレーションの実施

奥三面・三面ダム貯水池におけるCOD拡散予測シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

CODシミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表6-8 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 奥三面ダム貯水池 ・ 三面ダム貯水池 	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	奥三面ダム貯水池、三面ダム貯水池を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面) 図4-3 (奥三面)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) COD拡散予測モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ COD拡散方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(3) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケースと解析期間	奥三面・三面ダム貯水池について次の各2ケース <ul style="list-style-type: none"> ・ 低水時 (7月から9月の3月間) ・ 増水時 (平成5年7月14日からの30日間) 	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点でのCOD	表6-9、表6-10
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸境界：COD流入負荷なし (山林、農地からの栄養塩負荷や周辺生活排水なし) ・ 上流境界：奥三面ダム貯水池内の三面川上流、末沢川での観測値を入力 ・ 三面貯水池底面 <ul style="list-style-type: none"> ： 二子島～三面ダムサイトでの底泥からCOD増加につながる栄養塩溶出を設定 ・ 三面貯水池底面 <ul style="list-style-type: none"> ： 奥三面ダムサイト上流1km区間での底泥からCOD増加につながる栄養塩溶出を設定 	表6-9、表6-10 表6-11

表6-9 貯水池COD（低水時）

COD (mg /)		7月	8月	9月	備考
奥 三 面	No1-1	1.0	0.57	0.83	境界条件
	No1-2	1.43	1.1	1.53	境界条件
	No2	1.33			
三 面	No3				
	No4				
	No5	2.13			
備考		初期条件			

（出所：過年度河川水質調査結果一覧）

- 1) 7月時点での初期条件はNo2とNo5の観測値を内挿補間
- 2) No5でのCODは昭和63年、平成元年、平成9年7月の平均値を採用

表6-10 貯水池COD（増水時：平成5年7月14日～）

COD (mg /)		7/14	7/15	7/16	-	-	7/20	7/21 以降	備考
奥 三 面	No1-1	30	15	0	0	0	0	0	境界条件
	No1-2	30	15	0	0	0	0	0	境界条件
	No2	25							
三 面	No3								
	No4								
	No5	2							
備考		初期条件							

- 1) No5でのCODは汚濁が達していないことから2(mg /)と設定

平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では上流からの流下に従ってCOD値が上昇している。これは、貯水池内の富栄養化による有機物生産或いはダムサイト近くに堆積した底泥からの栄養塩（流木や落葉中のリン、窒素化合物）流出がCOD増加に寄与している可能性もある。

平成10年度報告書に記述したように三面ダム貯水池では顕著な富栄養化は進行しにくいと考えられるため、本シミュレーションでは、底泥からの栄養塩溶出に起因するCOD増加を想定した。

こうした観点から底泥からの溶出境界条件としては試行的に次のように設定した。

表6-11 底泥からの溶出条件

地点	三面ダム			奥三面ダム		
	ダムサイト直下	二子島上流	猿田川合流後	ダムサイト直下	上流1km地点	さらに上流域
想定COD溶出速度 (g/m ² /日)	1.15	0.0	0.0	1.15	0.0	0.0
	この間内挿補間		一律	この間内挿補間		一律

(参考文献3：湖沼工学)

- ・「湖沼工学」によれば、琵琶湖北湖の底泥から全リン（T-P）溶出速度が11.5（mg/m²/日）であり、CODへの換算係数を100程度としてCOD溶出速度を想定した。
- ・溶出区間は堆砂が顕著なダムサイト周辺であると考えられるため、貯水池の下流域に各々想定した。
- ・なお、流下に伴う自然浄化効果は不明であり、ここではCOD拡散方程式にある浄化係数 $L = 0$ とした。

(2) 計算結果

低水時及び増水時を想定したCOD拡散解析の結果から、ダム貯水池内のCOD分布、特定点(3点)でのCOD時系列変化を以下の図に示す。

表6-12 出力イメージ(COD分布)

対象	出力図	備考
奥三面ダム 貯水池	低水時 図6-8-1(7月)~図6-8-3(9月)	15日目のCOD
	増水時 図6-9(例:平成5.7.18)	5日目のCOD
三面 ダム貯水池	低水時 図6-10-1(7月)~図6-10-3(9月)	15日目のCOD
	増水時 図6-11(例:平成5.7.18)	5日目のCOD

奥三面ダム低水時 奥三面ダム増水時 三面ダム低水時 三面ダム増水時

図6-8-1 (7月) 図6-8-2 (8月) 図6-8-3 (9月) 図6-9 (例：平成5.7.18)

図6-10-1 (7月) 図6-10-2 (8月) 図6-10-3 (9月) 図6-11 (例：平成5.7.18)

図6-12-1 COD時系列変化 (奥三面ダム低水時)

図6-12-2 COD時系列変化 (奥三面ダム増水時)

図6-12-3 COD時系列変化 (三面ダム低水時)

図6-12-4 COD時系列変化 (三面ダム増水時)

奥三面ダム貯水池のCOD分布 (mg /)

三面ダム貯水池のCOD分布 (mg /)

特定点でのCOD時系列

- ・ 奥三面ダム貯水池

No1-1：三面川上流、No1-2：未沢川上流、No2：奥三面ダムサイト

- ・ 三面ダム貯水池

No3：猿田川合流点、No4：二子島上流、No5：三面ダムサイト

6.3 S S 拡散予測シミュレーションの実施

奥三面・三面ダム貯水池における濁水の影響評価のためにS S 拡散予測シミュレーションの計算条件と解析結果を以下にまとめた。

(1) 計算ケース

SSシミュレーション解析の基本的条件を次表に示す。

表6-13 計算条件

項目	条件	参照
解析領域	<ul style="list-style-type: none"> ・ 奥三面ダム貯水池 ・ 三面ダム貯水池 	図4-1 (水質観測点記載)
メッシュ構成	奥三面ダム貯水池、奥三面ダム貯水池を50mメッシュで離散化	図4-2 (三面) 図4-3 (奥三面)
モデル方程式	河川・ダム貯水池流動モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ 運動方程式 (流速、流量を計算) ・ 連続方程式 (水位、河川断面積を計算) SS 拡散予測モデル <ul style="list-style-type: none"> ・ SS 拡散希釈方程式 	3.1節(1)、(2) 及び3.2節(4) モデル式参照
数値解法	有限差分法 (アップストリーム法)	参考文献(1)
計算ケースと解析期間	奥三面・三面ダム貯水池について次の各3ケース <ul style="list-style-type: none"> ・ 増水時 (平成3年7月17日からの30日間) ・ 増水時 (平成5年7月14日からの30日間) ・ 増水時 (平成7年7月3日からの30日間) 	表2-1に準拠
初期条件	各計算開始時点でのSS分布	表6-14、表6-15、表6-16
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・ 湖岸境界：SS流入負荷なし (山林、農地からの浮遊物負荷等なし) ・ 上流境界：奥三面貯水池内の三面川上流、末沢川での観測値を入力 ・ 沈降速度：貯水池内でSSの沈降を設定 	表6-14、表6-15、表6-16

表6-14-1 貯水池SS（増水時：平成3年7月17日～）

SS (mg /)		7/17	7/18	7/19	7/20	7/21	7/22	備考
奥 三面	No1-1	102	13	6	148	31	68	境界条件
	No1-2	102	13	6	148	31	68	境界条件
	No2	181						
三 面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

（出所：平成9年度河川水質調査結果一覧）

- 1) 初期条件はNo2とNo5の観測値を内挿補間
- 2) No5のSSは汚濁が達していないことから1(mg /)と設定(以下でも同様)

表6-14-2 貯水池SS（増水時：平成3年7月23日～）

SS (mg /)		7/23	7/24	7/25	7/26	7/27	7/28 以降	備考
奥 三面	No1-1	22	120	80	22	11	0	
	No1-2	22	120	80	22	11	0	
	No2	21	172	110	23	11	0	境界条件
三 面	No3							
	No4							
	No5	1	1	1	1	1	1	
備考								

表6-16-1 貯水池SS（増水時：平成7年7月3日～）

SS (mg /)		7/3	7/4	7/5	7/6	7/7	7/8	備考
奥 三 面	No1-1	57	2	1	0	0	0	境界条件
	No1-2	100	1	1	0	0	0	境界条件
	No2	170						
三 面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

表6-16-2 貯水池SS（増水時：平成7年7月3日～）

SS (mg /)		7/9	7/10	7/11	7/12	7/13	7/14 以降	備考
奥 三 面	No1-1	330	16	8	0	0	0	境界条件
	No1-2	330	16	8	0	0	0	境界条件
	No2	250						
三 面	No3							
	No4							
	No5	1						
備考		初期条件						

平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では上流からの流下に従ってSS値が減少している。これは、湖内での拡散・希釈及びSSの重力による沈降が寄与していると考えられる。

参考文献3：湖沼工学によれば、

- ・植物プランクトンについては、琵琶湖で0.12 (m/日)、霞ヶ浦0.05 (m/日)、諏訪湖0.2 (m/日)
- ・またリン化合物については通常0.03 ~ 0.06 (m/日)、窒素については0.03 (m/日)程度との報告がある。

本シミュレーションではこうした知見を基に、SSの沈降速度を0.2 (m/日)と設定した。

(2) 計算結果

平水時及び増水時を想定したSS拡散解析の結果から、ダム貯水池内のSS分布、特定点(各3点)でのSS時系列変化を以下の図に示す。

表6-17 出力イメージ(SS分布)

対象	出力図	備考
奥三面ダム 貯水池	増水時 図6-13-1(例:平成3.7.21)	5日目のSS
	増水時 図6-13-2(例:平成5.7.19)	5日目のSS
	増水時 図6-13-3(例:平成7.7.7)	5日目のSS
三面 ダム貯水池	増水時 図6-14-1(例:平成3.7.21)	5日目のSS
	増水時 図6-14-2(例:平成5.7.19)	5日目のSS
	増水時 図6-14-3(例:平成7.7.7)	5日目のSS

奥三面ダム増水時 三面ダム増水時

図6-13-1 (例：平成3.7.21) 図6-13-2 (例：平成5.7.18) 図6-13-3 (例：平成7.7.7)

図6-14-1 (例：平成3.7.21) 図6-14-2 (例：平成5.7.18) 図6-14-3 (例：平成7.7.7)

図6-15-1 S S時系列変化 (奥三面ダム平3増水時)

図6-15-2 S S時系列変化 (奥三面ダム平5増水時)

図6-15-3 S S時系列変化 (奥三面ダム平7増水時)

図6-15-4 S S時系列変化 (三面ダム平3増水時)

図6-15-5 S S時系列変化 (三面ダム平5増水時)

図6-15-6 S S時系列変化 (三面ダム平7増水時)

奥三面ダム貯水池のSS分布 (mg /)

三面ダム貯水池のSS分布 (mg /)

特定点でのSS時系列

- ・奥三面ダム貯水池

No1-1：三面川上流、No1-2：未沢川上流、No2：奥三面ダムサイト

- ・三面ダム貯水池

No3：猿田川合流点、No4：二子島上流、No5：三面ダムサイト

7. 考察とまとめ

三面ダム及び現在建設中である奥三面ダムが流域水系に与える影響を把握するため、水質環境を再現・予測するシミュレーションモデルを適用し、ケーススタディを実施した。本作業により得られた知見を以下に取りまとめた。

7.1 ケーススタディの評価

(1) 流動予測のケース

現在建設工事中である奥三面ダムの上流貯水池から三面川ダムに至る水系を解析対象として、流入河川流量を入力条件とした流況を再現或いは予測した。

本年度は、平水時及び低水時の通年流況に加えて、7月増水時における流動シミュレーションを実施した。増水時には、各ダム貯水池の断面積が相対的に小さい上流河川域での流速が非常に大きいことがわかる。

(2) 交換率予測のケース

三面・奥三面ダム貯水池における平水時交換率を月毎に予測した。交換率は滞留日数の逆数であり、富栄養化の支配的な指標として評価されている。定性的には栄養塩の流入負荷と交換率で富栄養化の判定も可能であり、簡易評価のために実用化されている。

平水時を想定した本ケースでは、三面・奥三面ダム貯水池については交換率が減少する時期、すなわち河川流入量が少なく、また水温が高くなる夏季以外は、富栄養化の要件には至らないと考えられる。しかし、何れもダム貯水池も将来的に夏季に濁水が続くようであると短期的に富栄養化が進み、流域の利水環境が悪化することも十分あり得る。奥三面ダム貯水池では、三面ダム貯水池に比べて特に6月から9月にかけて交換率が小さい(従って、滞留日数が増加する)ことも懸念される。

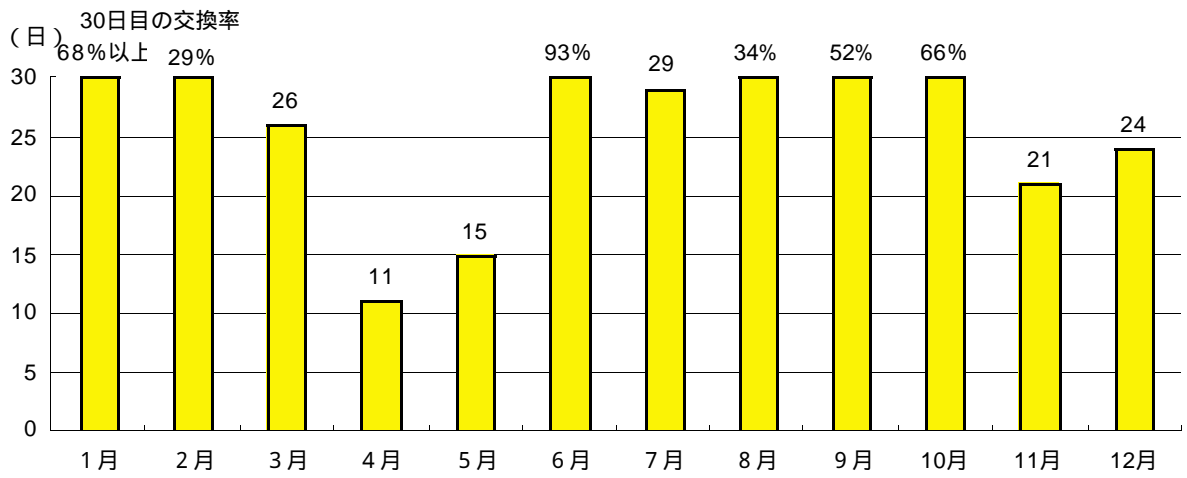


図7-1 三面ダム貯水池の交換日数（平水時）

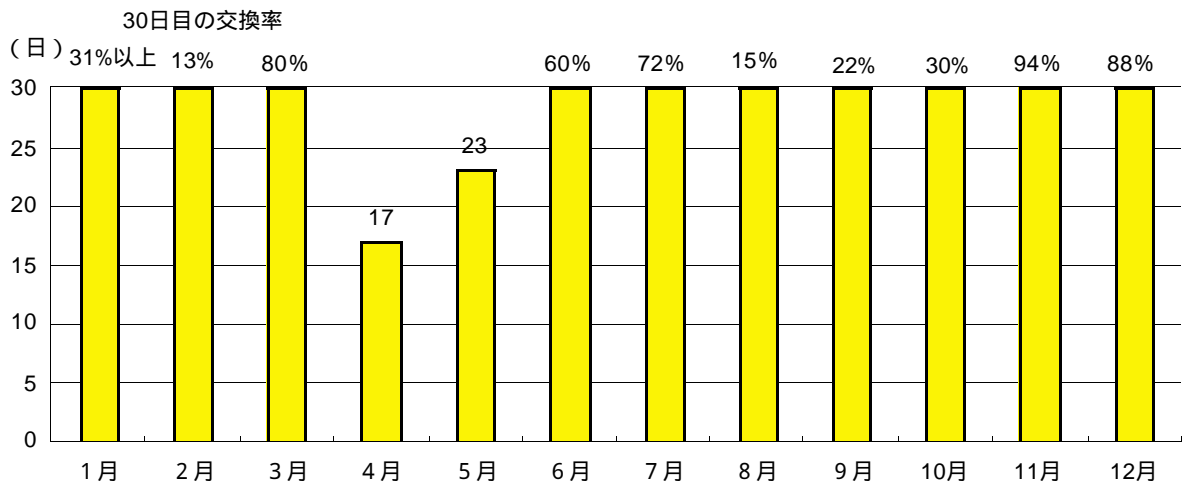


図7-2 奥三面ダム貯水池の交換日数（平水時）

(3) 水温拡散予測のケース

三面・奥三面ダム貯水池における水温拡散予測は、冷濁水塊の滞留と富栄養化という課題に密接に関連する。三面ダム貯水池での現況ケースと奥三面ダム建設時点での将来ケースでは、平水時、低水時及び増水時ともに、現況ケースより将来ケースの方が三面ダム内の水温がやや上昇している。これは、奥三面ダム貯水池における大気との熱交換により、三面ダム貯水池への流入水温が熱量を供与されているためと考えられる。

図7-3 現況の三面ダム水温時系列（平水時）

図7-4 将来の三面ダム水温時系列（平水時）

図7-5 現況の三面ダム水温時系列（低水時）

図7-6 将来の三面ダム水温時系列（低水時）

一方、奥三面ダム貯水池では、将来的な供用時点を想定した予測ケースを実施した。平水時及び夏季低水時での水温変化については次図に示すとおりであるが、観測点No. 2（ダムサイト）が境界での水温（No.1-1三面川、1-2末沢川）に比べて上昇した値が大気との熱循環に依存すると考えられる。

図7-7 奥三面ダム水温時系列（平水時）

図7-8 奥三面ダム水温時系列（低水時）

(4) COD 拡散予測のケース

三面ダム貯水池での河川水質調査結果によれば、貯水池内では上流からの流下に従ってCOD値が上昇していることから、ダムサイト近くに堆積した底泥からの栄養塩（流木や落葉中のリン、窒素化合物）流出がCOD増加に寄与していると想定した。

同様に、奥三面ダム貯水池での予測ケースでも、CODの底泥溶出境界をモデル化した。が、実際の運用時点に堆砂状況等の設定が有効であるのかは定かでない。現在の河床付近の有機物堆積（家屋や田畑、植生）状況から湛水後の溶出境界を推定することも重要と考えられる。

各ダム貯水池におけるCOD拡散シミュレーションの結果、三面ダム貯水池での現況ケースと将来ケースでの比較については、低水時と平成5年増水時ともに現況ケースより将来ケースの方がCODが上昇している。特に、増水時にこうした傾向が顕著であるが、底泥溶出境界を含めた奥三面ダム貯水池からのCOD供給により、三面ダム貯水池への流入CODが増加したためと考えられる。

図7-9 現況の三面ダムCOD時系列（低水時）

図7-10 将来の三面ダムCOD時系列（低水時）

図7-11 現況の三面ダムCOD時系列（H5増水時）

図7-12 将来の三面ダムCOD時系列（H5増水時）

一方、奥三面ダム貯水池では、低水時及び増水時でのCOD変化予測ケースを次図に示す。これより、観測点No.2（ダムサイト）が上流境界でのCOD（No.1-1三面川、1-2末沢川）に対する上昇分とピークのタイムラグが把握できる。増水時のCOD完全排出は滞留が著しい夏季のため、次月に持ち越すと考えられる。

図7-13 奥三面ダムCOD時系列（低水時）

図7-14 奥三面ダムCOD時系列（H5増水時）

(5) SS 拡散予測のケース

三面ダム貯水池での河川水質調査結果によれば、流下に従ってややSS値が減少していることから、沈降が寄与していると考えた。

各ダム貯水池におけるSS拡散シミュレーションの結果、三面ダム貯水池での現況ケースと将来ケースでの比較については、連続洪水を想定した平成3年増水時には現況ケースより将来ケースの方がSS値が下降している。これは、流下に際して沈降による濃度減衰が将来ケースの方が顕著であるためと考えられる。増水のパターンが異なる平成5年及び平成7年増水時のケースでは、こうした顕著な傾向は指摘できない。

図7-15 現況の三面ダムSS時系列（平3増水時）

図7-16 将来の三面ダムSS時系列（平3増水時）

図7-17 現況の三面ダムSS時系列（平5増水時）

図7-18 将来の三面ダムSS時系列（平5増水時）

図7-19 現況の三面ダムSS時系列（平7増水時）

図7-20 将来の三面ダムSS時系列（平7増水時）

一方、奥三面ダム貯水池における3パターンの増水時SS変化予測ケースを次図に示す。これより、観測点No.2（ダムサイト）でのSS濃度値の拡散・希釈傾向が把握できる。

図7-21 奥三面ダムSS時系列（平3増水時）

図7-22 奥三面ダムSS時系列（平5増水時）

図7-23 奥三面ダムSS時系列(平7増水時)

7.2 まとめ

ダム貯水池での水理的挙動と水質環境を再現する数理モデルを適切に適用することで、今後の奥三面ダム建設・運用後の環境への影響を評価する現実的なケーススタディが可能となり、広域かつ長期間にわたる水質環境保全対策に資する有効な工学的対策を提示できると考えられる。

さらに、堆砂量の増大による水質汚濁化、富栄養化の進行等が懸念される際に、必要な環境保全、改善のための各種対策事業等をモデル化することで、経済的かつ効果的な事業の優先度を評価することも可能である。

また、各種環境対策事業の実施については、その設定要件の有効性、継続性、実現性、経済性等の観点から詳細に検討することが望まれている。今後とも環境問題と公共事業への関心が高まると考えられ、事業選択の評価基準の確立に今回開発したシミュレーションモデルは、合理的かつ有効なソリューションを提示すると期待できる。

参考文献

数値解析の応用と基礎 伊藤剛編、アテネ出版

海洋環境シミュレーション 横山長之編、白亜書房

湖沼工学 岩佐義朗編著、山海堂

河川工学 高橋裕著、東京大学出版会

自然の浄化機構 宗宮功編著、技法堂出版

湖の環境学 平井幸弘著、古今書院

環境流体汚染 松梨順三郎編著、森北出版

河川汚濁のモデル解析 国松孝男・村岡浩爾編著、技法堂出版

貯水池における水理学的富栄養化対策の有効性に関する考察 宮永洋一・松梨史朗、

電力中央研究所報告U88066

貯水池富栄養化予測の汎用モデル 宮永洋一、電力中央研究所報告U86015

奥三面ダム建設による周辺水域環境への影響評価シミュレーション（平成9年度報告）

補遺 水温躍層の評価について

平成9年度河川水質調査結果一覧によれば、三面ダム貯水池では夏季の7/25～9/24には6m程度の水温躍層が確認され、一方秋季の11/18～11/21にはほぼ完全混合状態となっている。従って、今回の表層水温シミュレーションに当たっては、下層との熱収支を考慮し下層境界条件として次のように設定した。

補表1 表層下水温条件（三面貯水池No4、二子島上流地点）

水温（ ）	夏季					秋季		
	7/25	8/26	9/24	10/20	11/11	11/19	11/20	11/21
表層 (0.5m)	25.7	25.3	18.9	13.2	8.8	8.1	8.6	9.7
7.0m	15.5	20.5	17.3	12.7	8.4	8.3	8.6	8.7
下層 / 表層	0.60	0.81	0.92	0.96	0.95	1.02	1.00	0.90

- ・夏季平水時には、6mの躍層厚を有する表層に対し下層は60%から90%程度にまで水温が低下すると考えられる。
- ・秋季増水時には、表層と下層とは水温変化が小さい。

こうした観測結果に基づいて、下層の境界条件として表層水温に対する温度低下率を特定するために、次表に示すパラメータサーベイを実施した。

補表2 パラメータサーベイ実施条件（三面貯水池平水時の再現）

計算ケース	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	
1 下層 / 表層の比	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	補図1
2 下層 / 表層の比	0.9	0.9	0.75	0.75	0.75	0.9	0.9	補図2
3 下層 / 表層の比	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	補間	0.9	補図3

この3ケースの実行により、観測値との整合性が高いと考えられるケース3の設定条件を採用した。すなわち、以下の条件で水温拡散シミュレーションを実施した。

- ・ 5月から9月中旬までの水温シミュレーションに当たっては、下層の境界条件として表層の80%の水温であると設定した。
- ・ 11月については、下層の境界条件として表層の90%の水温を設定した。
- ・ 9月中旬から11月については、表層の80%と90%間で内挿補間した水温を適時設定した。

補図1 ケース1（三面貯水池平水時の水温）

補図2 ケース2（三面貯水池平水時の水温）

補図3 ケース3（三面貯水池平水時の水温）

**名古屋市防災会議地震対策専門委員会
第4小委員会（土木構造物被害想定）**

津波被害想定報告書

平成9年3月

中日本建設コンサルタント（株）

1 . 調査の概要

1.1 目的

1944年（昭和19年）12月7日13時35分に発生した東南海地震（マグニチュード8級）は、中部・東海地方に死者1,223名、建物全壊34,946戸、建物流出3,129戸、建物半壊60,993戸という大きな被害を与えた。

この東南海地震（1944）は、東部熊野灘から遠州灘を震源とする海洋性地震であり同時に巨大津波をもたらし、痕跡高調査によれば熊野灘沿岸で5～6m、志摩半島沿岸で2～3m、遠州灘沿岸で2～3mの津波高に達したと考えられる。

本業務は、発生後50年余を経た東南海地震をモデル化し、同規模の地震津波（以下では、津波と呼ぶ）が現在の名古屋港港湾区域に襲来したケースを想定して、海岸・河川利用特性を反映した津波被害について予測調査した上で津波防災行政に資する基礎資料を提示することを目的とする。

1.2 基本方針

津波の発生から襲来までの挙動を予測するシミュレーションモデルを開発し、東南海地震津波（1944）を再現して当時の痕跡高と計算値を比較することで本モデルの整合性を検証する。さらに、詳細にメッシュ分割した名古屋市前面海域及び遡上の危険性が高いと考えられる河川域を解析対象領域として、海域での津波挙動と河川での津波遡上過程を予測し、海岸堤防施設や河川堤防施設が整備された現況での津波被害を想定する。

1.3 検討項目及びフロー

津波による被害想定に当たって、次のような検討項目が挙げられる。また、検討フローを次図に示す。

表 1.1 検討項目

津波の到達時刻	地震発生後、名古屋港内に津波が到達する時刻
港内の波高分布	津波最大波による名古屋港内の波高分布
海岸での安全性	海岸越波、浸水と名古屋港内の流況予測評価
河川遡上時の水位上昇	津波遡上による名古屋港内河川域での水位変動
河川堤内地の安全性	河川域での越波、浸水の評価と河川堤防の整備効果

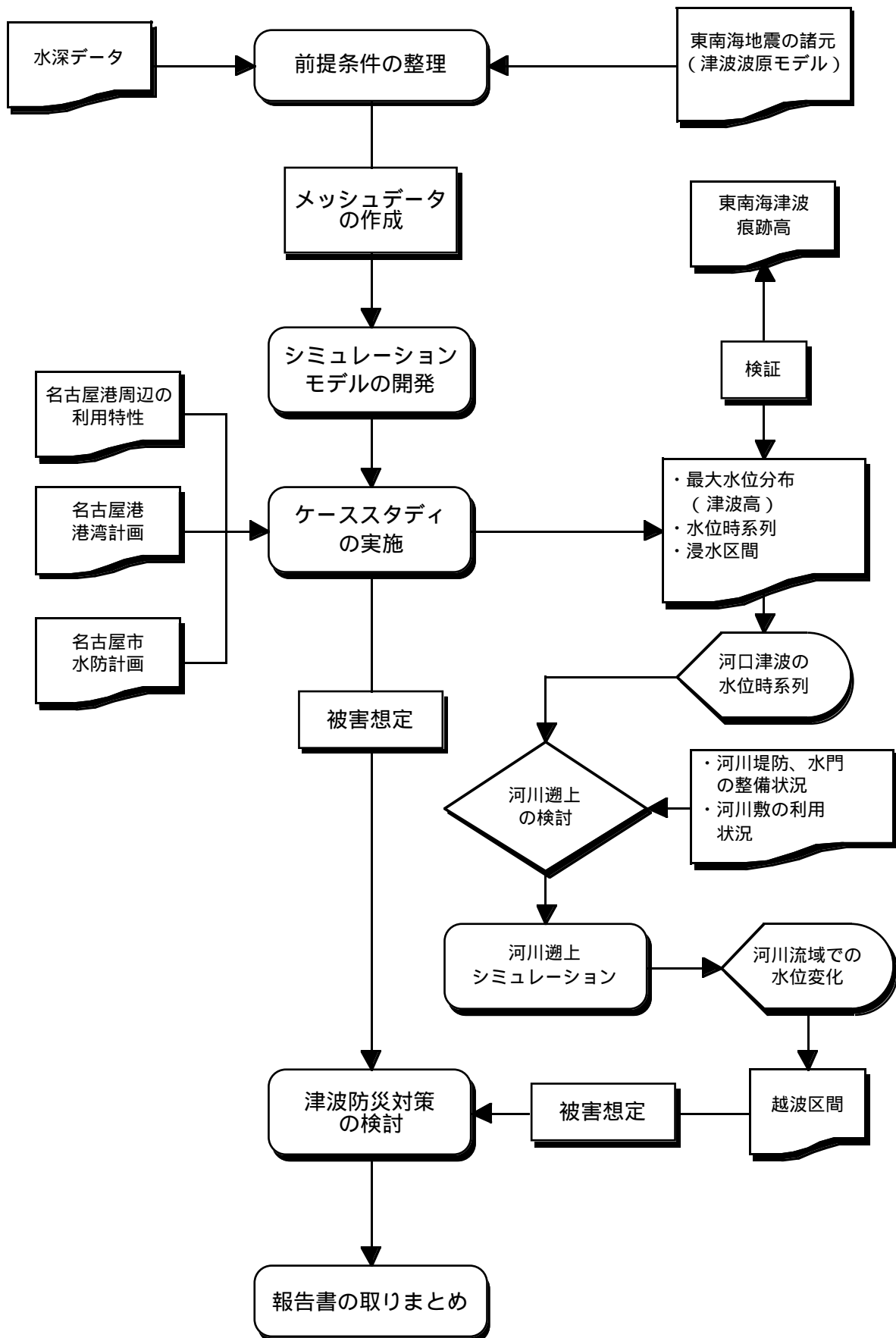


図 1.1 被害想定検討フロー

2 . 既往の津波被害

今回被害想定の対象とした東南海地震は、1944年（昭和19年）12月7日に東部熊野灘から遠州灘を震源とする海洋性地震である。

2.1 東南海地震津波の被害状況

東南海地震津波（1944）による愛知県、三重県、和歌山県及び静岡県における被害様相（飯田1985）を以下に示す。

表 2.1 愛知県の津波被害（1 / 2）

名古屋市 港区 地震で死者11人、負傷者170人、住家全壊618、同半壊1,810、同破損786、非住家全壊474、同半壊1,867の被害があった。道路の陥没10カ所、船舶の沈没3、同破損39あり。床上浸水150戸に達した。地盤の沈下25～40cm、潮位の急な上昇が見られ、最大40cmあった。これは地震と同時であり地盤が沈下したことを示したのであったが、地震後1時間余で津波がきた。船舶の被害や家屋の床上浸水などから考えると1～1.5mの高さの波がきたものと思われる。堀川にも水位が上昇し、津波が堀川を逆上したが、津波の被害はなかった。名古屋港では防波堤及び岸壁、護岸及び道路等に沈下、決潰、滑出等の地震被害があり、二号地、十号地、中央埠頭の岸壁、十号地、九号地、七号地、六号地、四号地、中央埠頭の護岸に沈下、滑出、石積倒壊などあり、上屋も全壊及び破損があった。津波も浸入して浸水したところがあった。
名古屋市 南区 地震で死者91人、負傷者189人、住家全壊392、同半壊3,733、同破損2,860、非住家全壊68、同半壊652、同破損112、家屋全焼2、同半焼7の被害があった。堀川辺に津波が来ているが高さは数十cmくらいと思われる。
知多郡 内海 川口で津波の高さは70cmくらいであったが、被害はなかった。
知多郡 豊浜 津波のようなものが来たという程度であった。波高数十cm。
知多郡 師崎 ここでは愛知県土木部の検潮所があり、その検潮記録によると津波は押波で始まっているが、水位の上昇は徐々のようである。周期は30分くらいで、検潮記録の最大振幅は50cmである。実際の波高は約1mの所もあった。
知多郡 武豊 検潮儀は地震のため針が飛び記録がとれていない。この付近は沈下した。波の高さは数十cmくらいであった。

表 2.1 愛知県の津波被害 (2 / 2)

<p>幡豆郡 一色</p> <p>港湾事務所の話によると、震後 1 時間半くらいして唸を発し、泥水の高さ 1 尺位のもの物凄い速度で先行し、漸次 5 尺位となり、暫くして引きこれを 4 回程繰り返した。最後の津波は震後 3 時間半くらいであったという (中央气象台、1945)。観測地点は海浜から 1 km くらい入った入江の中であったという。検潮儀があったが、観測していなかつ</p>
<p>幡豆郡 西浦</p> <p>形ノ原の南の西浦で住家全壊 14、同半壊 200、非住家全壊 29、半壊 25、工場全壊 12、同半壊 8、死者 1 あり、愛知県土木課の検潮儀があった。引潮で始まった小津波が観測されて</p>
<p>渥美郡 田原</p> <p>住家全壊 55、同半壊 224、非住家全壊 109、同半壊 188、死者 2 人、負傷者 1 人の地震被害があった。田地や埋立地では泥水を噴出し、汐川や蜷川の岸では堤防が所々沈下した。また吉胡地内の凸出の低湿地地約 0.5 × 0.25 km は海水面下に沈下した。海水が海岸低地に侵</p>
<p>渥美郡 福江</p> <p>地震で住家全壊 115、同半壊 336、非住家全壊 144、同半壊 299、死者 1 人、負傷者 1 人であり、海岸寄りの各地で小規模な地割れや岸壁の崩れがあった。海岸にいた人の話では南東方向にゴーという音を聞き地震を感じたが、地割れが起こり出したので逃げたという。田地で水を噴出した所がある。福江町向山にある愛知県の検潮儀は地震後 30 分位にして引潮に始まる津波を観測している。波高約 50 cm。津波が始まる前から平均汐位が急上昇している。なお、14 日の朝には高潮時にスケールアウトするようになったので、ペンの位置を水位 40 cm くらい下げたという。なお、潮が今まで足首くらいしかかかれなかったのに、地震後膝までくるようになった所があるという。海水に浸って見えた江比間付近の岩礁は大潮の高潮時でも波が来なかったのに、潮位が上昇し海水に浸るようになった。この付近では地震後 30 ~ 40 cm の陸地の沈降が短時間内に起こったと考えられる。</p>
<p>遠州灘 赤羽根</p> <p>地震で住家全壊 62、同半壊 214、非住家全壊 259、同半壊 91、死者 3 人の被害を生じた。田地では噴水した箇所もあった。地盤が 20 ~ 30 cm くらい沈下した。地震後正確でないが 10 分位して、潮が一町ほど引き、その後 15 分位で水位が上昇し 2 度くり返された。潮の高さは数十 cm から 1 m 程度のところがあったという。</p>
<p>伊良湖</p> <p>地震の被害は少なく、全壊家屋 1、半壊家屋 4、非住家全壊 10、同半壊 52 であったが、堀切地内では被害が大きく、全壊 14、半壊 105 となっている。地震後潮が引き、少しして上昇してきた。高さは 1.5 m 内外であった。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (1 / 6)

<p>桑名 地震で死者 2 人、傷者 39 人、住家全壊 116、同半壊 230、非住家全壊 8、同半壊 3、鉄道 3 力所、防波堤 2 力所破壊した。地盤沈下 30cm。地震より 120 分後に津波、高さ 50cm。</p>
<p>四日市 埋立地に少し被害。橋と岸との接点がひどく被害。石原産業の大煙突は上から 1 / 3 (42m) の個所で折れた。住家全壊数 76、同半壊数 487、非住家全壊 191、同半壊 200、死者 23、負傷者 71、鉄道 2 力所、岸壁 1 力所破損、四日市第 2 海軍燃料廠で地盤沈下し、設備、施設に被害が大きく、地震後 1 ヶ月後も完全復旧ができなかった。津波は高さ 50cm。地盤沈下 23 ~ 34cm。</p>
<p>津 地震で死者 3 人、負傷者 45 人、住家全壊 102、同半壊 190、非住家全壊 15、同半壊 55、岩田橋が中折落下した。津波は震後 40 分で高さ 1.9m であった。地盤沈下 25 ~ 30cm。川口の車夫の話では震後 15 分で 4 尺の津波がきて 4 回繰り返したという。</p>
<p>松阪 負傷者 6 人、住家全壊 80、同半壊 415、非住家全壊 9、同半壊 37、鉄道 18 力所、堤防 3 力所、道路 7 力所損壊。地盤沈下 33 ~ 70cm。津波は震後 22 分で僅かな押波から始まり、周</p>
<p>伊勢・宇治山田 地震で死者 9 人、負傷者 9 人、住家全壊 228、同半壊 1,425、非住家全壊 86、同半壊 481、津波で流出家屋 154、行方不明 1 人、鉄道 4 力所、橋梁 5 力所破損した。津波は伊勢大湊で高さ 2 m、震後 20 分後に来た。</p>
<p>堅神 津波の高さは 1.5m</p>
<p>鳥羽 死者 2 人、負傷者 2 人、家屋全壊 19、半壊 58、鉄道 1 力所、道路 2 力所、堤防 33 力所破壊。小浜では津波による流出家屋があり、場所により波高が大きい。流出は家屋 1、納屋 4、浸水家 235、船舶 6 被害。神島で死者がでた。津波の高さ 1.5m、震後 20 分 (15 分または 30 分) 後にきた。検潮儀記録 0.53m。地盤沈下 30cm。</p>
<p>志摩 郡全体で死者 33 人、家屋全壊 19、同半壊 58、浸水 235、堤防決壊 33 力所。地盤沈下 20 ~ 30cm。津波の高さ 3 m。</p>
<p>鏡浦 浸水家あり。高さ 2 m。</p>
<p>的矢 住家非住家半壊各 2、津波の高さ 3 m、浸水被害あり。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (2 / 6)

<p>国府 非住家半壊 4、死者32、津波の高さ 3 m。</p>
<p>甲賀 津波の高さ 3 m。半壊住家・非住家各 1。志島で死者 1 人。</p>
<p>波切 津波の高さ3.5m。住家半壊 8、同半壊18、非住家全壊16、同半壊85。</p>
<p>片田 波高 3 m、家屋全壊 3、半壊11。</p>
<p>布施田 波高2.2m。家屋全壊 1、半壊 2。</p>
<p>船越 津波の高さ3.5m。内浦 3 m、住家全壊 1、同半壊 3、非住家全壊10、同半壊20。</p>
<p>和具（外浦） 津波の高さ 5 m。</p>
<p>越賀 津波の高さ 4 m。非住家半壊 3。</p>
<p>浜島 津波で田畑に浸水。負傷者 3 人、家屋全壊10、同半壊17。</p>
<p>和具（内浦） 津波の高さ 3 m、住家半壊 4、非住家全壊 1、同半壊 6。</p>
<p>宿田曾 住家全壊 1、同半壊10、非住家全壊10、同半壊12、浸水家屋200戸。波高2.5m。</p>
<p>神原（神津佐） 死者 1 人、住家全壊 3、同半壊 9、非住家全壊 1、同半壊 10、浸水住家79、非住家浸水 12、波高 3 m。</p>
<p>五ヶ所 住家全壊 5、同半壊 124、非住家全壊 12、同半壊 33、流出家屋 6、浸水住家 151、同非住家23。波の高さ 3 m。</p>
<p>穂原（内瀬） 死者 1 人、波高 2 ~ 3 m、浸水家屋があった。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (3 / 6)

<p>迫間浦 津波の高さ3.5m。浸水、流出家屋があった。</p>
<p>南海（礫浦） 浸水住家150戸、浸水非住家51戸。住家全壊10、同半壊28、非住家全壊3、同半壊10、負</p>
<p>鵜倉（贅浦） 波の高さ4～5m。住家全壊40、同半壊9、非住家全壊5、同半壊7、死者2人、負傷者3人、流出家屋16、浸水家屋250。</p>
<p>吉津（神前浦） 死者39人、負傷者185、住家全壊350、同半壊150、非住家全壊31、同半壊37、流出家屋336戸、浸水家屋245、橋梁1、道路1カ所。津波は地震後15分から5回きた。1回目と5回目が波高が大きく、被害は2回の津波で生じた。神前では沿岸部5m、橋付近6.7mあり、村山では海より650m、伊勢地方面では550m、それぞれ陸地に浸入した。津波の高さ6.7m（羽鳥、1978）、地盤沈下50～60cm。</p>
<p>古和（島津） 地震に被害殆どなく、津波の被害は主であって、死者34人、負傷者109、住家全壊250、同半壊88、非住家全壊34、同半壊29、流出家屋278、浸水77。津波の高さ6m。地震による被害はほとんどなかったが、地震後15分後から4回津波襲来し、第1波と第3波の波高が大きく大被害をうけた。海岸から150m離れた畑まで押し上げられた漁船もあり、波高は海岸で5～5.5m、橋付近は最高6mであった。地盤沈下30～80cm。死者21人、行方不明6人、流出家屋294軒、倒壊228軒（三重県災害史）。死者24人、流出家屋121戸、納屋37、倒壊住家41、同納屋11、半壊住家47、同納屋6、浸水55戸（甘露寺住職記）。</p>
<p>棚橋 津波の高さは5.5m。流出家屋21、倒壊家屋15。</p>
<p>新桑竈 津波の高さは4.5m。流出家屋10、倒壊家屋11。</p>
<p>栃木竈 津波の高さは5m。死者1人、流出家屋3、倒壊家屋14。</p>
<p>小方竈 波高5.5m。流出家屋5、倒壊家屋10。</p>
<p>方廣 波高5m。流出家屋5、倒壊家屋11。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (4 / 6)

<p>錦</p> <p>死者64人、負傷者3人、住家全壊414、同半壊65、非住家全壊157、同半壊40、流出家屋420、浸水家屋290。山に近い少数の家は浸水程度で難を免れたが、低地にあった大部分の家屋は倒壊流出してしまった。この町の背後の山はきわめて峻しいため道路は皆海岸線に平行で、高い所へ登る道は町の両端で小川に沿って北上するのが唯一つ作られていたに過ぎない。津波が襲ってきて人々が避難の終わらないうちに多数の人命を失った。津波は6度押し寄せた。農地の被害田43反、畑99反、農道1km、津波の高さ6m。漁具の被害多く、船46隻流出、破損55隻、漁網17統。</p>
<p>名倉</p> <p>死者20人、住家全壊9、同半壊4、非住家全壊6、同半壊1、流出家61、浸水47、堤防1決壊。波高4～6m。</p>
<p>紀伊長島</p> <p>死者16人、負傷者16人、住家全壊154、同半壊42、非住家全壊38、同半壊2、流出家屋121、浸水家屋1,167軒。津波の高さ4.5～5m。町が低地にあるため床上浸水多数あった。</p>
<p>海野</p> <p>波高4.6m。</p>
<p>三野瀬 (三浦)</p> <p>死者3人、負傷者1人、行方不明1人、住家全壊64、非住家全壊5、流出家屋54、波高5m。</p>
<p>須賀利</p> <p>住家全壊6、同半壊57、非住家全壊4 (73)、同半壊26、負傷者1人。流出家屋23、浸水83。波の高さ5m。</p>
<p>矢口浦</p> <p>波高6mであるが高い所は8mともいう。浸水家屋50、流出家屋が多かった。</p>
<p>引本</p> <p>住家全壊50、同半壊18、非住家全壊53、同半壊11、流出住家37、同非住家4、死者4人、負傷者3人、流出家屋37、同納屋4、津波の高さ3～4m。浸水家屋360戸。市街地が低</p>
<p>相賀</p> <p>死者2人、住家全壊9、同半壊39、非住家全壊1、流出家屋60、浸水家屋11、津波の高さ4～5m、襲来時間7～10分。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (5 / 6)

<p>尾鷲</p> <p>津波の被害が大きかった。第 1 波が引いたときには水深 0m の雀島の海底が見えたという。第 2 波が一番大きく、北川など各河川を逆流し、家屋を将棋倒しにしたので被害が大きく、津波は豊栄橋まで達した。波の襲来は 5 回あったが、死者の多く出たのは第 1 波後に避難していた人々が、高台から下りて家財を持ち出そうとしていたところへ第 2 波がさらに強く襲いそれにさらわれたためである。町の北部を流れる川と千家山の下にある堀に沿って勢いよく津波が押し上げ、それら周辺では海岸から 5,150m までの家屋を倒壊した。川沿いでは川から 5,500m の奥まで浸水家屋がでた。北部では水位が低いにもかかわらず、多数の家屋が倒壊したのは 100 トン前後の汽船数隻が津波で押し上げられたためである。尾鷲の一部では波高 10m にも達した。死者 96 人、負傷者 40 人、住家全壊 646、同半壊 181、非住家全壊 44、同半壊 2、流出家屋 548 (604)、浸水家屋 1,644 (2,731)。波の高さ 5 ~ 10m。波が 10 ~ 20 分できた。漁船流出 42 隻、漁船破壊 22 隻であったが、地震被害としては大したことはなかった。道路 5 カ所、岸壁 2 カ所破壊した。</p>
<p>九鬼</p> <p>死者 4 人、負傷者 1 人、全壊住家 75、同非住家 9、住家半壊 4、流出家屋 102、波の高さ 2.8 ~ 4 m。浸水家屋 400。湾の奥では埋立地の陥没が 2 m 以上。浸水家屋の多いのは湾全</p>
<p>名古・早田</p> <p>低地に家屋が少なかったため、防波堤があったため被害が少なかった。波の高さ名古 3.5 m、早田 4 m。</p>
<p>三木浦</p> <p>湾の入口に近く、家が密集しているが、高台へ避難しやすかったため死者はなかった。波の高さ 5 m であったが、被害はひどくなかった。</p>
<p>三木里</p> <p>津波の高さ 5.5m。北輪内村では流出家屋 89、全壊家屋 90、半壊家屋 58、浸水家屋 194。</p>
<p>賀田</p> <p>湾の最奥部で V 字型をなし、地上は湾の両側が急斜面の山になっているので、波高が高くなって被害を大きくしたと考えられる。死者 19 人がでた。波の高さ 7.9m で震後 20 分できた。南輪内村の被害の大部分は賀田におけるもので、家屋全壊 7、同半壊 69、死者 19、流出家屋 186、浸水 55 戸。</p>
<p>古江</p> <p>死者 1 人、波の高さ 6 m。</p>
<p>曾根</p> <p>死者 3 人、波の高さ 6 m。</p>

表 2.2 三重県の津波被害 (6 / 6)

<p>梶賀 死者 1 人、賀田・曾根・古江・梶賀等南輪内村全体で死者 24 人、流出家屋 187、浸水家屋 150、全壊家屋 6、半壊 36 であった。波高 6 m。</p>
<p>甫母 高さ 3 m の石垣の上に家屋が密集していたので床下浸水程度で、波の高さ 5.5 m。</p>
<p>二木島 波の高さ 7.1 m で、V 字型湾の最奥部にあり被害は賀田ほどではないが、死者 5 人、流出家屋 20、全壊家屋 13、半壊 3、床上浸水 76 となって被害も大きかった。津波の流速は賀田より小さかったのであろう。</p>
<p>小向 倒壊流失家屋 25、他の家も 2 階の腰板付近まで浸水した。波の高さ 3 ~ 4 m。</p>
<p>遊木 3 ~ 4 m の石垣上に家屋があり、軒先まで浸水した。波の高さ 3 ~ 4 m。</p>
<p>新鹿 死者 16 人、負傷者 1 人、住家全壊 150、同半壊 5、非住家全壊 225、同半壊 18、流失住家 157、同非住家 295、浸水家屋 252。新鹿は約 450 戸のうち海寄りの 157 戸が流出し、195 戸が倒壊するという惨状を呈したという資料もある。宅地は緩傾斜であるが、波高が大きいため津波は容易に浸入した。海岸には約 3.6 m の堤防と一部防風林があったが、津波を防げなかった。第 3 波が最高で海面上で 6 m、湾の奥部で約 10 m に達した。</p>
<p>甫木 波高 5 m。</p>
<p>古泊 3 ~ 4 m の石垣上に家屋が立地しており被害が比較的少なかった。波高 5.5 m。</p>
<p>大泊 津波は宮川を逆上し、上流地区で浸水し被害を生じたが、海岸に高い石垣があり被害はなかった。波高 5.5 m。</p>
<p>木本 波高 3 m。津波であまり被害はなかった。</p>
<p>熊野浦 波高 3 m。津波の被害は市街地が高台のため、あまりなかった。</p>
<p>鷓殿 死者 3 人を出したが家屋の被害はあまりなかった。波高 3.5 m。</p>

表 2.3 和歌山県の津波被害

<p>新宮 市の北西部の熊野川口の町は振動が大きかった。死者 6 人、負傷者 38 人、家屋倒壊 67、同半壊 146 であった。埋立地の浮島町では道路に亀裂ができたが、あまり倒壊家はなかった。上下動は余り強くなかったが、横振が烈しかった。熊野神社の石燈籠は大部分転倒した。津波は高さが 3 m で材木の流出が、1,500 石あった。</p>
<p>勝浦 被害は死者 24 人、行方不明 3 人、家屋流出 10、同倒壊 7、同半壊 40、床上浸水 578、床下浸水 245 であった。以上は津波によるものであり、地震動によるものはなかった。震度は</p>
<p>那智・天満 被害は死者 10 人、家屋流出 195、同倒壊 17、同半壊 74、床上浸水 270、床下浸水 50 であった。津波は 4 ~ 5 m で勝浦湾より優勢な津波がきて、堤防を 2 箇所決壊し、その長さ 20 m に達した。そして天満の津波は勝浦の背後から襲い、勝浦町の被害を大きくした。津波は 5 回きたが、最初のが最も大きかった。</p>

表 2.4 静岡県の津波被害

<p>下田 下田町、須崎町 2.1 m、大工町 1.6 m、柿崎 2.5 m、腰越 1 m の津波の高さで、稲生沢川右岸の須崎・長屋・原・大工等各町一帯では浸水高 70 cm に達し、住家 186 棟、非住家 22 棟の浸水と沈没船 6 隻、破損船 80 隻を出した（東南海大地震概報・静岡県気象災害誌）。</p>

2.2 東南海地震津波の波高と到達時刻

東南海地震津波（1944）の痕跡高調査による津波高分布を次図に示す。また、津波の第1波の到達時刻と波源域を図示する。

図2.1 東南海地震津波の波高分布（m）

図2.2 東南海地震津波の到達時刻（分）と波源域

3. 海洋における津波数値シミュレーション

名古屋港における津波挙動を予測解析するために適用したシミュレーションモデルの概要、想定条件及び検証と予測結果について取りまとめた。

3.1 海洋津波シミュレーションモデル

津波は海洋性地震や海底火山の爆発等に起因する深海底の急激な隆起或いは沈降運動がそのまま大規模な波動として伝播し、浅水効果（波が砕けない浅海域では、エネルギー流速がほぼ保存され、波速が遅くなるが逆に波高が大きくなる現象）により波高を増大させながら海岸に到達する現象である。

津波の特性として、水深に比べ波長が非常に長い長波であり、海底から海面までがほぼ一様に水平運動するため、通常鉛直方向の流動を無視することで、次の非線形平面2次元モデルによって取り扱うことができる。

運動方程式

$$\frac{M}{t} + u \frac{M}{x} + v \frac{M}{y} = -g(h+\eta) \frac{\eta}{x} + K_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) - \frac{gn^2}{(h+\eta)^{4/3}} M \sqrt{u^2+v^2} + fN \quad (3-1)$$

$$\frac{N}{t} + u \frac{N}{x} + v \frac{N}{y} = -g(h+\eta) \frac{\eta}{y} + K_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) - \frac{gn^2}{(h+\eta)^{4/3}} N \sqrt{u^2+v^2} - fM \quad (3-2)$$

連続方程式

$$\frac{\eta}{t} + \frac{M}{x} + \frac{N}{y} = 0 \quad (3-3)$$

但し、

t : 時間、 x : 東西方向の座標軸、 y : 南北方向の座標軸、

M : x方向の線流量 = $u \cdot (h + \eta)$ 、 N : y方向の線流量 = $v \cdot (h + \eta)$ 、

u : x方向の平均流速、 v : y方向の平均流速、

g : 重力加速度、 h : 基準潮位面からの水深、 η : 基準潮位面からの水位変動、

K_h : 渦動粘性係数、 n : 海底摩擦係数、 f : 地球自転を考慮したコリオリ係数

$f = 2 \sin(\phi)$ 、 ω : 地球角速度 (2 / 24時間)、 ϕ : 対象領域の緯度

である。各変数、パラメータのイメージを次図に示す。

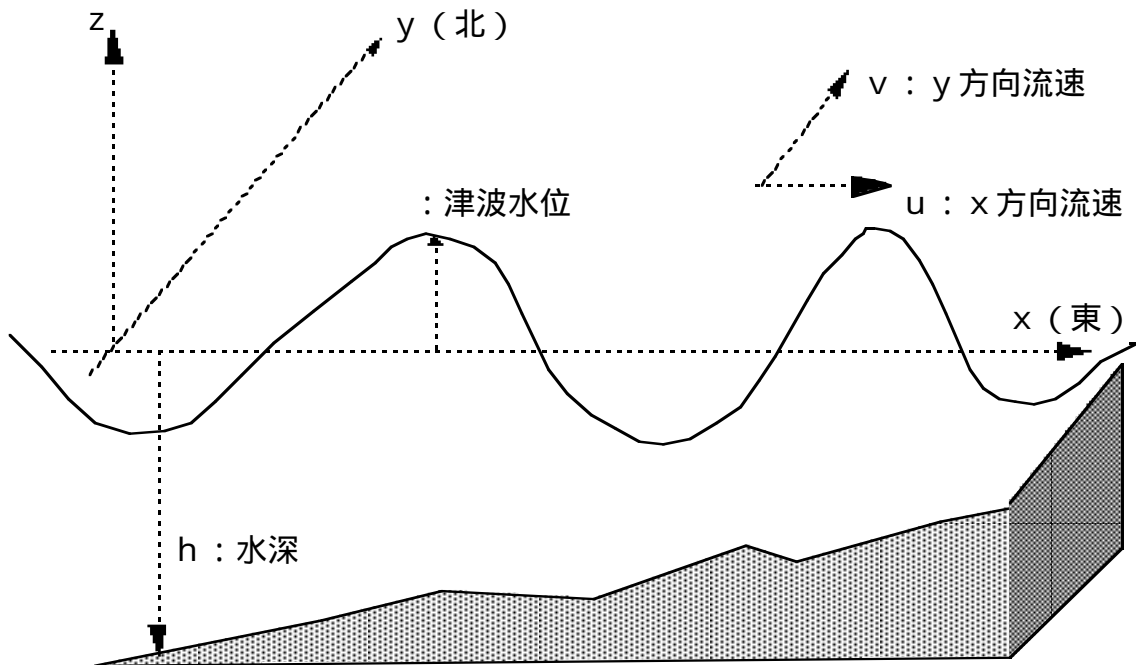


図 3.1 海洋津波モデル

3.2 解析領域

津波シミュレーションの解析対象領域は、東南海地震の波源域及び愛知県を含む太平洋（伊豆半島～駿河湾～遠州灘～伊勢湾・三河湾～紀伊半島、及び北緯33度15分以上）とし、モデル方程式に有限差分法を適用した数値シミュレーションを実施するために格子メッシュを採用する。メッシュ間隔の構成については、沖合いにおいて最大2,000mとし、沿岸に向かって順次メッシュ間隔を2分割していき、名古屋市前面海域では予測精度を勘案してメッシュ間隔を62.5mまで細分化する。津波解析領域とメッシュ構成を次図に示す。

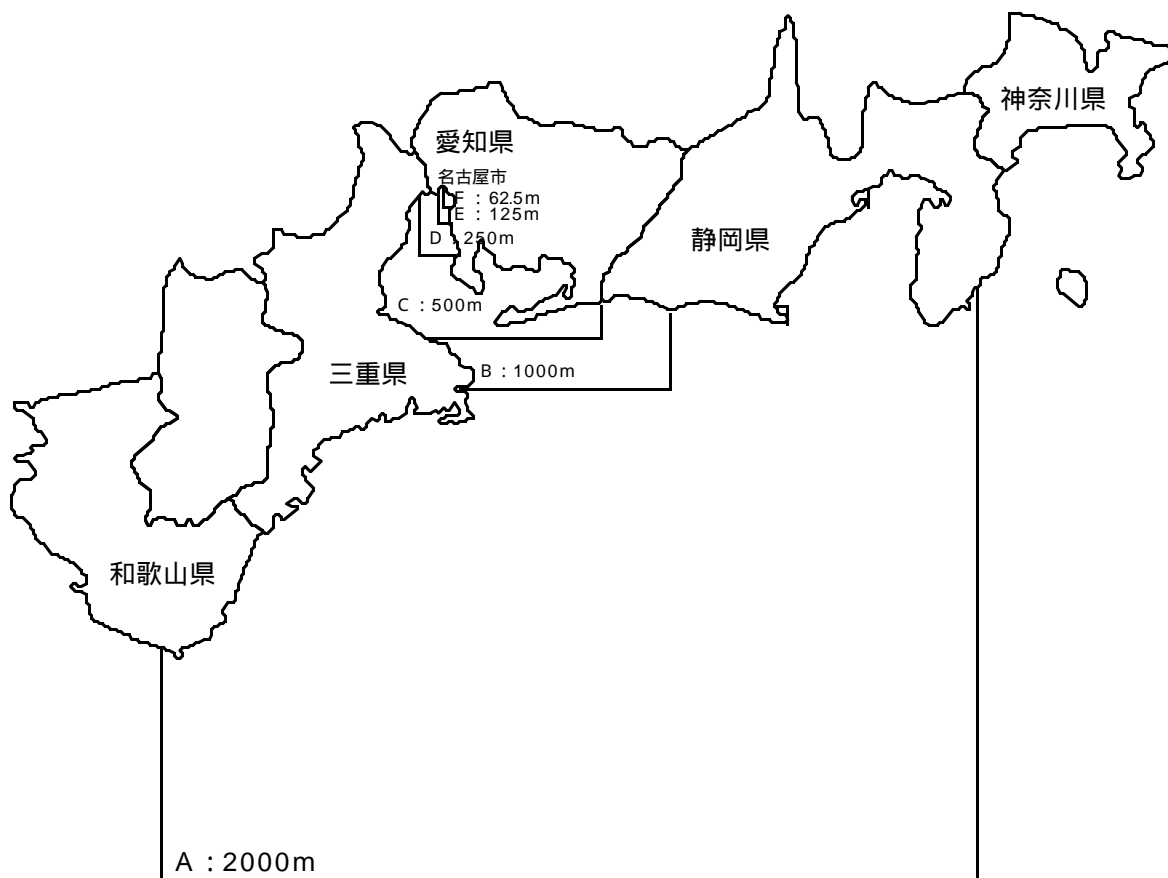


図 3.2 解析領域とメッシュ構成

3.3 初期条件と境界条件

想定されている東南海地震は遠州灘南方の断層運動（南海トラフ）に起因すると考えられる。南海トラフでは、毎年3～5cm程度の速さでフィリピン海プレートがユーラシアプレートの下に沈み込んでおり、その陸側プレート先端では沈み込みに応じた歪みが蓄積し、その弾性的反発が引き金となり地震及び津波が発生すると考えられる。

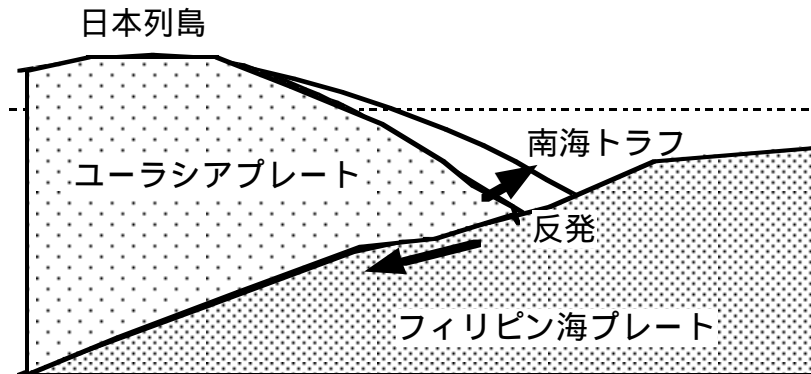


図3.3 プレートと活断層

また、想定津波の波原域については、次の断層モデル（石橋モデル）を適用した。

表3.1 断層パラメータ

	走向	長さ	幅	傾斜角	縦ずれ	横ずれ	上端深度
東側断層	N65° E	80 km	80 km	24°	3.7m	1.6m	20 km
西側断層	N65° E	110 km	70 km	24°	3.7m	1.6m	3 km

断層パラメータに基づいて断層周辺の海底面変位の分布が津波の波源域として求められる。この波源域内の水位変動を解析領域内のメッシュに割り当て、津波シミュレーションの初期水位分布とした。

10 20 30 40 +5 +10 +20 +40 +80 +100

破壊の出発点 南海トラフ 駿河トラフ 水平変動

図3.4 津波の波原域(石橋モデル)

なお、東南海地震による地盤の隆起・沈降変位については、同解析結果及び現地踏査報告により、名古屋市周辺では最大40cmの沈降が確認されている。しかしながら、木曽川河口部では1mに近い土地の沈降も観測されており、今回の津波被害想定に当たっては、相対的な津波高を算定する際にこうした地盤沈降量として防災上の観点から一律0.5mの沈下を設定した。

さらに、境界条件としては海洋沖合いでは透過境界、海岸部では反射境界を想定した。

3.4 津波水位の潮位補正

防災上の観点から、想定される津波による水位上昇を合理的かつ十分保守的に評価するために、津波襲来時点の潮位は、朔望平均満潮位（H.W.L：各月最高満潮位を1年以上平均した海面高さ）として、T.P.+1.2m（T.P.：東京湾中等潮位、海拔高さの基準面）にあるとした。従って、被害想定時の津波水位に対しては前節で述べた地盤沈降量を含む次式による補正を実施した。

$$\begin{aligned} \text{津波高 (T.P.+m)} &= \text{津波水位 (潮位基準の計算値)} + \text{地盤沈降量 (名古屋港0.5m想定)} \\ &+ \text{朔望平均満潮位 (T.P.+1.2m想定)} \end{aligned} \quad (3.4)$$

なお、後述するように東南海地震津波（1944）に対するモデルの整合性を検証するケースでは、当時の潮位変動を勘案して、次式による補正を実施した。

$$\begin{aligned} \text{津波高 (T.P.+m)} &= \text{津波最大水位 (潮位基準の計算値)} + \text{地震発生時の潮位 (T.P.+0.2} \\ &\text{m)} \end{aligned} \quad (3.5)$$

図 3.5 名古屋港の潮位

3.5 想定条件

海洋における津波シミュレーションの計算手法と基本的な計算条件を次表にまとめた。

表 3.2 津波シミュレーションの計算条件

項目	条件
解析領域	東南海地震の波源域及び愛知県沿岸域を含む太平洋（伊豆半島～相模灘～駿河湾～遠州灘～紀伊半島、及び北緯 33度15分以上）：図 3.2 参照
モデル 方程式	非線形平面 2 次元モデル ・運動方程式：式（3-1）、（3-2）参照 ・連続方程式：式（3-3）参照
数値解法	有限差分法（ラックスウェンドロフ法とリーブフログ法を併用）
メッシュサイズの構成	沖合での2,000mから沿岸に向かって順次分割していき、名古屋市前面海域は62.5mメッシュまで細分化：図 3.2 参照
時間間隔	離散化に伴う計算時間間隔は2.0秒
初期条件	波源域として石橋モデルに基づく鉛直変位分布を設定、海岸部での地盤沈降量を考慮：図 3.4 参照
境界条件	沖合海洋では透過境界、海岸部では反射境界を設定
渦動粘性係数	$K_h = 10\text{m}^2 / \text{秒}$
海底摩擦係数	$n = 0.003\text{m}^{-1/3} \cdot \text{秒}$
潮位補正	地震発生時の潮位：朔望平均満潮位（T.P.+1.2m）に基準潮位を設定、東南海地震津波（1944）の検証ケースでは、当時の潮位（T.P.+0.2m）を設定：図 3.5 参照
計算時間	東南海地震（1944）当時の記録より、津波の最大波を十分含む時間帯として地震発生後 5 時間
出力情報	・特定水位点（名古屋港湾区域内に26点、後述）における水位時系列 ・津波の到達時刻 ・最大波高の分布 ・流速ベクトル分布

3.6 海洋津波シミュレーション結果

東南海地震を想定して、名古屋港港湾区域を中心とした海域における津波の挙動を予測するシミュレーションを実施した。

(1) モデル整合性の検討

今回適用した津波シミュレーションモデルの整合性を検討するために、津波高の計算値を東南海地震(1944)の津波高(痕跡高、聞き取りによる波高等)と比較した。なお、地震発生当時の津波挙動を再現するために、防潮効果を有すると考えられる現状の高潮防波堤、ポートアイランド及び潮見埠頭を計算領域から削除した海岸地形(港湾整備以前の地形に近いと考えられる)を想定した。また、東海、中部地方沿岸各地における東南海地震津波(1944)の高さ(m)、第1波の到達時間(分)については前章「2. 既往の津波被害」に記載したとおりである。

東南海地震津波発生時点の1944年12月7日13時35分は、当日の伊勢湾(名古屋港)の満潮時より2時間20分遅れで理論潮位(後掲する付録1参照)はT.P.0.2m程度と算定されるため、潮位補正とT.P.上地盤高さ(標高)への換算については次式を適用した。

$$\text{津波高 (T.P.+m)} = \text{津波最大水位 (潮位基準の計算値)} + \text{地震発生時の潮位 (T.P.+0.2 m)} \quad (3.6)$$

東南海地震津波との比較結果を表3.3及び図3.6に示す。なお、参考として遠州灘～伊勢湾～熊野灘にかけての16地点での水位時系列を付録2に後掲した。

これらの比較結果から、本シミュレーションモデルは、総体的に1944年東南海地震津波高の分布を再現し、さらにその計算値は痕跡高をやや上回ることから、防災計画策定における被害想定を目的とするケーススタディへの適用性を有すると考えられる。

表3.3 1944年東南海地震との比較検証

地名	想定東南海地震津波 (再現シミュレーション計算値)			1944年東南海地震津波 (痕跡記録)		水位変化図 (付録2に 掲載)
	水位(m)	波高(m)	到達時間(分)	波高(m)	到達時間(分)	
静岡県 松崎	1.0	1.2	13	1.5		-
土肥	1.0	1.2	17	1.0		-
沼津	1.8	2.0	22	1.0		-
清水	1.1	1.3	19	2.0	10	-
焼津	1.5	1.7	16	1.5		-
御前崎	3.0	3.2	地震直後	2.0~	5~10	付図2.1
舞阪	2.6	2.8	地震直後	1.0	5	付図2.2
愛知県 伊良湖	2.2	2.4	18	1.5	15	付図2.3
形原	2.0	2.2	68	0.5	40~50	付図2.4
内海	1.7	1.9	37	0.7		付図2.5
名古屋(堤防削除)	1.4	1.6	101	1.0~		付図2.6
三重県 四日市	1.8	2.0	74	0.5		付図2.7
大湊	2.4	2.6	36	2.0	20	付図2.8
鳥羽	3.3	3.5	9	2.0	20	付図2.9
波切	2.3	2.5	地震直後	3.5		付図2.10
船越	2.4	2.6	地震直後	3.5		付図2.11
和具	5.9	6.1	6	3.0~		付図2.12
御座	2.9	3.1	11	2.5		付図2.13
英虞	2.6	2.8	12	2.9		付図2.14
五力所	5.0	5.2	17	3.0		付図2.15
尾鷲	4.8	5.0	13	5.0~10	20	付図2.16

図 3.6 津波高分布の比較

(2) 名古屋港内の水位変動

高潮対策として港湾外郭施設等が整備された現状の名古屋港港湾区域内における想定津波シミュレーションの結果から津波水位の時系列変化（基準潮位からの海面変動）を求めた。水位変化を出力する特定水位点としては、図3.7に示す26点を選定した。各点における水位時系列変化を図3.8-1～3.8-26に示した。

東南海地震（1944）発生時の記録によると「幡豆郡一色において最後の津波は震後3時間半くらいであった（中央气象台、1945）。」という記載がある。これより、想定東南海地震津波の影響が続くと考えられる時間帯としてシミュレーション時間を海洋及び河川共に地震発生後5時間とした。

今回の名古屋港内各所の水位変動シミュレーション結果によると、地震発生後3時間程度を経過した頃から津波による水位が最も上昇すると予想される。さらに、海岸地形が複雑な内港地区では、地震発生後4時間を経過して最大水位上昇が観測されることも考えられ、津波による水位変動が減衰し潮位の静穏を保つまで潮位の監視を含む警戒体制の継続が必要である。

水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)
水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分) 水位 (m) 時間 (分)

図 3.7 港湾区域内の特定水位点

图 3.8 - 1 津波水位 (南 5 区)

图 3.8 - 2 津波水位 (南 4 区)

図 3.8 - 3 津波水位（東航路）

図 3.8 - 4 津波水位（ホートアイランド地先）

图 3.8 - 5 津波水位（西航路）

图 3.8 - 6 津波水位（西 5 区）

图 3.8 - 7 津波水位 (西 8 区)

图 3.8 - 8 津波水位 (西 4 区)

図 3.8 - 9 津波水位 (南 3 区)

図 3.8 -10 津波水位 (信濃川河口)

图 3.8 -11 津波水位（南 2 区）

图 3.8 -12 津波水位（北航路）

图 3.8 -13 津波水位（金城埠頭南）

图 3.8 -14 津波水位（9号地南）

图 3.8 -15 津波水位（金城埠頭北）

图 3.8 -16 津波水位（9号地）

图 3.8 -17 津波水位 (11号地)

图 3.8 -18 津波水位 (10号地)

图 3.8 -19 津波水位（天白川）

图 3.8 -20 津波水位（8号地）

图 3.8 -21 津波水位（7号地）

图 3.8 -22 津波水位（堀川）

图 3.8 -23 津波水位（中川）

图 3.8 -24 津波水位（荒子川）

図 3.8 -25 津波水位（庄内川）

図 3.8 -26 津波水位（日光川）

(3) 津波の到達時刻

名古屋港へ地震発生後に津波が到達する時刻を次表にまとめた。ここでは港内該当時点での基準潮位に対して水位変化が始まる（或いは所定の高さまで水位が上昇する）時刻を津波の到達時刻と定義した。

表3.4 港湾区域における津波予想到達時刻

津波	定義	到達時刻（分）		
		ホートアイランド	金城埠頭	ガーデン埠頭
第1波	地震発生後初めて検出された ±5cmの水位変動	80	94	101
1mの波	初めて検出された+1.0m の水位変動（T.P.+2.7mに相当）	118	136	115
最大波	最大水位上昇値	259	213	272

(4) 津波高の分布

名古屋港港湾区域における津波高（地震時の地盤沈降と潮位補正を勘案し、T.P.換算した最大津波の高さ）を表3.5及び図3.9にまとめた。

津波高への補正とT.P.上への換算を次式に示す。

$$\begin{aligned} \text{津波高 (T.P.+m)} &= \text{津波水位 (潮位基準の計算値)} + \text{地盤沈降量 (名古屋港0.5m想定)} \\ &\quad + \text{朔望平均満潮位 (T.P.+1.2m想定)} \\ &= \text{津波水位 (計算値)} + 1.7 (\text{m}) \end{aligned} \quad (3.7)$$

表 3.5 名古屋港における津波高 (T.P.+m)

測点No.	該当地点名	最大水位上昇	津波高	備考
1	南5区	1.7	3.4	知多市
2	南4区	1.5	3.2	知多市
3	東航路	0.8	2.5	-
4	ホ-トアイント`地先	0.9	2.6	-
5	西航路	1.0	2.7	-
6	西5区	1.7	3.4	弥富町
7	西8区	1.4	3.1	弥富町
8	西4区	1.0	2.7	飛島村
9	南3区	1.0	2.7	知多市
10	信濃川河口	1.2	2.9	知多市・東海市
11	南2区	0.8	2.5	東海市
12	北航路	0.8	2.5	-
13	金城埠頭南	0.8	2.5	名古屋市
14	9号地南	0.8	2.5	名古屋市
15	金城埠頭北	1.0	2.7	名古屋市
16	9号地	0.8	2.5	名古屋市
17	11号地	0.9	2.6	名古屋市
18	10号地	1.1	2.8	名古屋市
19	天白川	1.1	2.8	名古屋市・東海市
20	8号地	1.1	2.8	名古屋市
21	7号地	1.1	2.8	名古屋市
22	堀川	1.2	2.9	名古屋市
23	中川	1.1	2.8	名古屋市
24	荒子川	1.1	2.8	名古屋市
25	庄内川	1.1	2.8	名古屋市
26	日光川	1.0	2.7	名古屋市・飛島村

図 3.9 津波高分布 [() 内は津波最大水位]

津波高 (T.P.m) = 津波最大水位 + 地盤沈降量 (0.5m) + 朔望平均満潮位 (1.2m)

3.4(1.7) 3.2(1.5) 2.5(0.8) 2.6(0.9) 2.7(1.0) 3.4(1.7) 3.1(1.4) 2.7(1.0) 2.7(1.0) 2.9(1.2)
2.5(0.8) 2.5(0.8) 2.5(0.8) 2.5(0.8) 2.7(1.0) 2.5(0.8) 2.6(0.9) 2.8(1.1) 2.8(1.1) 2.8(1.1)
2.8(1.1) 2.9(1.2) 2.8(1.1) 2.8(1.1) 2.8(1.1) 2.7(1.0)

4 . 河川における津波数値シミュレーション

名古屋港内の想定東南海地震津波のシミュレーション結果に基づいて、名古屋市低地を流下する河川における津波遡上過程をモデル化した。

シミュレーション対象は、自然河口を有する感潮河川で下流域の社会利用特性を勘案し津波浸水被害が与える影響が特に懸念される河川として庄内川及び天白川とした。これらの河川は水門等が設置されていないため、津波が遡上する危険性が高いと考えられる。

図 4.1 河川の位置

4.1 河川遡上シミュレーションモデル

河川における津波遡上過程は、その主流方向の流動が卓越する事から次の1次元開水路モデル（自由水面を有し河川幅や水深が変化する河川での非定常流を表現したモデル）を適用することができる。

運動方程式

$$\frac{Q}{t} + \frac{Q^2}{x} \left(\frac{Q^2}{A} + g \cdot A \cdot h \right) = -g \cdot A \cdot \left(I + \frac{n^2 \cdot |Q| \cdot Q}{A^2 \cdot R^{4/3}} \right) \quad (4-1)$$

連続方程式

$$\frac{A}{t} + \frac{Q}{x} = 0 \quad (4-2)$$

但し、

t : 時間、x : 河川遡上方向の座標軸、Q : 流量、A : 河川流水部の断面積

g : 重力加速度、h : 実水深、I : 河床勾配、n : 河床の摩擦粗度係数、

R : 径深（河川流水断面積 / 潤辺 S）、S : 潤辺（水に接する辺長）

である。各変数、パラメータのイメージを次図に示す。

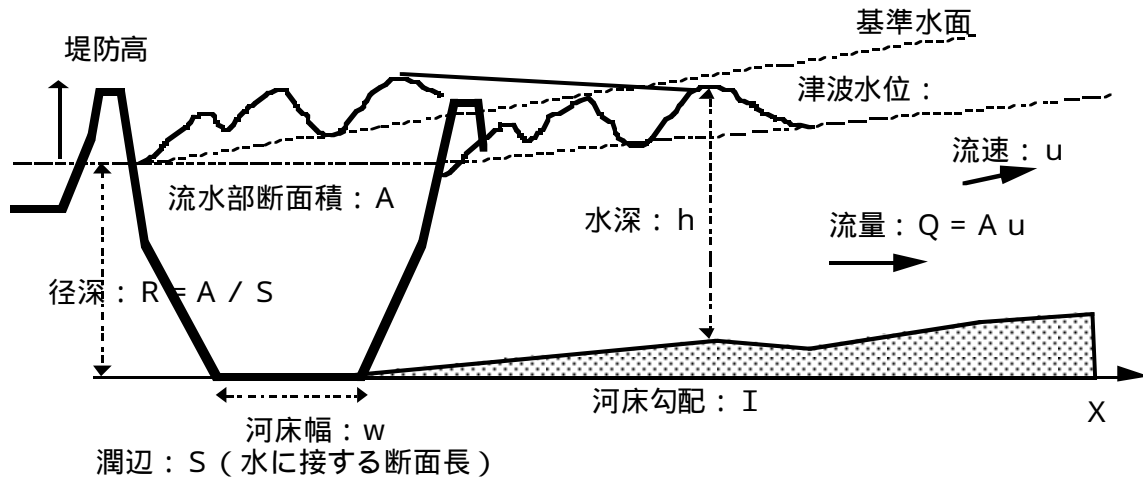


図 4.2 河川津波モデル

シミュレーション対象の河川形状を、河川平面図、縦断面図及び横断面図等の計画資料を基に次のようにモデル化する。

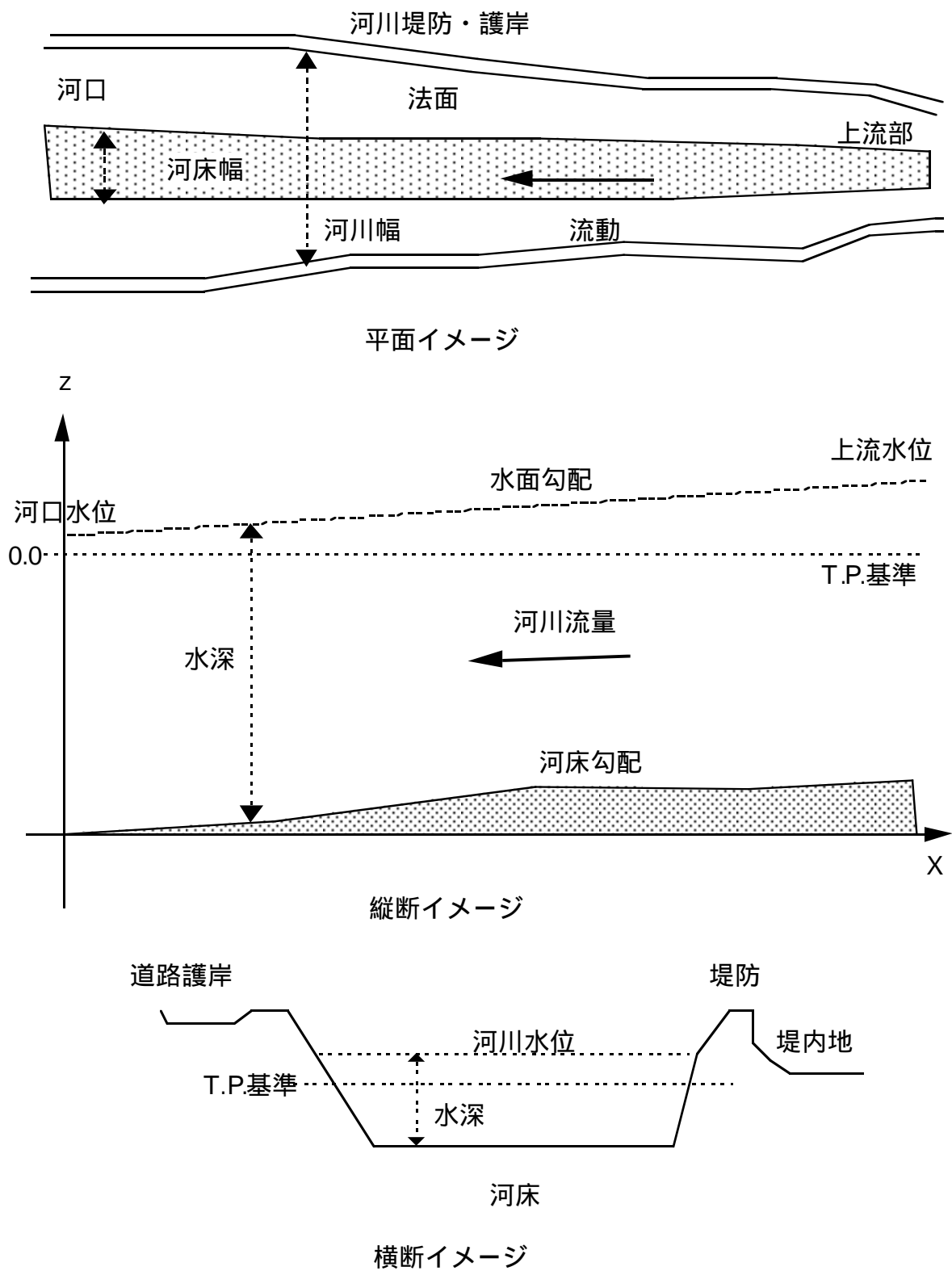


図 4.3 河川形状モデル

4.2 河口での津波水位変動

解析対象である庄内川、天白川の河口での津波挙動を海側境界条件と想定した。その河口での津波水位時系列を次図に示す。なお、河口水位の基準面は、海洋津波シミュレーションの設定条件に準拠して、T.P.+1.2mとした。

図4.4 津波水位（庄内川河口）

図4.5 津波水位（天白川河口）

4.3 想定条件

河川を遡上する津波シミュレーションの計算手法と基本的な計算条件を次表にまとめた。

表 4.1 河川津波シミュレーションの計算条件

項 目	条 件
計算領域	各河川の感潮区間、河口における津波の入射波高及び河床高を勘案し、河口から <ul style="list-style-type: none"> ・庄内川では約20 k m ・天白川では約7 k m の河川下流域
モデル方程式	1次元開水路モデル <ul style="list-style-type: none"> ・連続方程式 : 式(4-1) 参照 ・運動方程式 : 式(4-2) 参照
数値解法	有限差分法(2段階ラックス・ウェンドロフ法)
メッシュサイズ	河川形状(河床幅、横断形状、河床高)を20mメッシュで数値化
時間間隔	離散化に伴う計算時間間隔は0.05秒
初期条件	河口での潮位T.P.+1.2 mを維持しうる定常流
境界条件	<ul style="list-style-type: none"> ・河口: 津波による水位時系列 ・上流: 自由透過境界
地盤沈下	地震発生と同時に、河川流域(護岸、河床)は一律0.5m沈下
摩擦粗度係数	$0.05\text{m}^{-1/3} \cdot \text{秒}$
出力情報	<ul style="list-style-type: none"> ・特定水位点での水位時系列(後述) ・河川域での最大水位分布

4.4 河川遡上津波シミュレーション結果

名古屋市内の解析対象河川として、庄内川と天白川を遡上する津波の挙動を予測するシミュレーションを実施した。

(1) 庄内川での津波挙動

津波遡上による庄内川の水位時系列変化を次の特定点でサンプリングした。

各特定点での水位時系列変化を図4.6-1～4.6-10に示す。また、庄内川下流域における最大水位(T.P.上)と護岸天端高(地震と同時に地盤は0.5m沈下)との比較を図4.7に示した。

表4.2 庄内川

No.	該当地点	河口からの距離
0	河口	0.0 k m
50	庄内新川橋	1.0 k m
170	明德橋	3.4 k m
188	正徳橋	3.76 k m
225	一色大橋	4.5 k m
443	万場大橋	8.86 k m
520	大正橋	10.4 k m
720	枇杷島橋	14.4 k m
790	新名西橋	15.8 k m
980	新川中橋	19.6 k m

図4.6-1 庄内川河口(0.0km)

図4.6-2 庄内新川橋(1.0km)

图 4.6 - 3 明德桥 (3.4 km)

图 4.6 - 4 正德桥 (3.76 km)

図4.6-5 一色大橋 (4.5 km)

図4.6-6 万場大橋 (8.86 km)

図 4.6 - 7 大正橋 (10.4 k m)

図 4.6 - 8 枇杷島橋 (14.4 k m)

図 4.6 - 9 新名西橋 (15.8 k m)

図 4.6 - 10 新川中橋 (19.6 k m)

図4.7 庄内川での水位分布 (T.P.m)

T.P.m 護岸高 (沈下0.5m) 水位 河床 (沈下0.5m) 河口距離 (km) 橋脚部

庄内新川橋明德橋正徳橋一色大橋万場大橋大正橋枇杷島橋新名西橋新川中橋

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

河川敷高 (沈下0.5m)

(2) 天白川での津波挙動

津波遡上による天白川の水位時系列変化を次の特定点でサンプリングした。

各特定点での水位時系列変化を図4.8-1～4.8-6に示す。また、天白川下流域における最大水位(T.P.上)と護岸天端高(地震と同時に0.5m沈下)との比較を図4.9に示した。

表4.3 庄内川

No.	該当地点	河口からの距離
0	河口	0.0 k m
43	千鳥橋	0.86 k m
118	天白扇川橋	2.36 k m
210	大慶橋	4.2 k m
290	天白橋	5.8 k m
325	藤川合流点	6.5 k m

図4.8-1 天白川河口(0.0km)

図4.8-2 千鳥橋(0.86km)

図 4.8 - 3 天白扇川橋 (2.36 k m)

図 4.8 - 4 大慶橋 (4.2 k m)

図4.8-5 天白橋 (5.8 km)

図4.8-6 藤川合流点 (6.5 km)

図4.9 天白川の水位分布 (T.P.m)

T.P.m 護岸高 (沈下0.5m) 水位 河床 (沈下0.5m) 河口距離 (km) 整備済区間

千鳥橋天白扇川橋大慶橋天白橋藤川合流点

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位 (m) T.P.0m 時間 (時) 水位 (m) T.P.0m 時間 (時)

水位

5 . 被害想定

東南海地震津波をモデル化した数値シミュレーションを実施し、特定重要港湾として多目的に利用されている名古屋港の港湾区域、海岸域における津波挙動、さらに名古屋市内を流れる庄内川、天白川流域における津波遡上過程を予測した。

本章では、こうした予測結果を基に名古屋市を対象に海岸施設及び河川施設等の防災効果を踏まえた津波による被害想定について取りまとめた。

5.1 名古屋港における津波被害想定

海洋津波のシミュレーション予測結果から名古屋港における想定津波の様相については次のように考えられる。

- ・地震発生後、港内では1時間30分程度を経過して津波第1波が襲来する。
- ・第1波襲来後、海面上昇と下降を繰り返しながら港内各所で0.8～1.7m程度の水位にまで達する。
- ・地震発生と同時に0.5m程度地盤が沈降し、津波襲来が朔望満潮位時点（T.P.+1.2m）であると想定したケースでは、津波高さは現行の海岸施設に対して T.P.+2.5～3.4m程度にまで達する。
- ・引波時の水位低下は最大でも基準潮位から - 1.0m程度である。

（1）名古屋港の海岸保全施設

名古屋港は、想定東南海地震の波源域から80km程度の距離を有し、平均水深が約20mと浅海域の伊勢湾奥に位置するため、津波が到達するまで東南海地震が発生してから1時間30分程度の猶予があると考えられる。

また、名古屋港では昭和34年9月26日に襲来した伊勢湾台風を契機に高潮対策事業が進み、沖合いの高潮防波堤を始め、内港部の防潮堤や防潮水門、木材港の流出防止柵等が整備されている。さらに、市街地を保全する防潮壁の天端高は伊勢湾台風時の最高潮位名古屋港基準面（+5.31m、T.P.換算で+3.9m）を上回るT.P.+4.6m～5.1mを維持しており、地盤沈下対策としては嵩上げ工事が実施されている。

図 5.1 海岸保全施設

图 5.2 防潮壁

図 5.3 名古屋市前面海岸での想定津波高、()内は津波最大水位
津波高 (T.P.+m) = 津波水位 + 地盤沈降量 (0.5m) + 朔望平均満潮位 (T.P.+1.2m)

(2) 津波被害想定

こうした海岸施設が整備されている現在の名古屋港において1944年東南海地震津波と同規模の津波が襲来するとしたケースでは、その被害の様相は次の様に想定できる。

なお、いずれの想定についても断層運動に起因する地盤沈降量は一律0.5mと仮定しており、その沈降量を津波高の相対的な増加分に反映させて、堤防や護岸の天端高との比較評価としている。また、海岸保全のための海岸構造物は地震動・ゆれ及び地盤液状化等によりその防災機能が維持できない程の著しい物的被害を受けないものと考えた。

名古屋市域の港湾区域での津波被害について次の様に想定できる。

- ・名古屋市地先の金城地区及び9号地埠頭では、津波高はT.P.+2.5mに達するが、この地区では護岸天端高が上回るため（金城地区：T.P.+3.4m、9号地埠頭：T.P.+2.8~3.4m）、津波による越波や物揚場への浸水はないと考えられる。
- ・名古屋市地先の内港地区埠頭では、津波高はT.P.+2.8mに達する。この地区では波の集中と反射波の重複により波高が増幅しやすい埠頭取付け部の凹状となった泊地では物揚場の一部（T.P.+2.6m）はわずかながら浸水するが、物的被害はないと考えられる。
- ・ガーデン埠頭周辺の親水空間として開放された箇所では、T.P.+2.8mに達する津波高は最も低い護岸天端高（T.P.+2.1m）を上回り、津波浸水や遡上の危険性があるため、行楽客、児童や高齢者等の災害弱者への適切な避難誘導が必要である。

なお、図5.2に示すように高潮防災対策として整備された防潮壁（T.P.+4.6m~5.1m）により、名古屋港後背地の市街地への津波遡上は阻止できると考えられる。

さらに、海岸からの浸水・越波以外に次のような被害が想定される。

- ・港内における引き波時の水位下降は、-0.5~-1.0m程度と考えられるため、十分な水深を持つ港内岸壁での船舶の海底着座等の事故は回避できるが、越波の危険性が高い埠頭護岸では、特に引き波による物揚場放置物、船具の流出事故が発生すると考えられる。特に、地震発生時に車両転落や船舶、船具の滑落の危険性がある埠頭では、物揚場への資材放置や駐車規制或いは転落防止の車止め等の対策が効果的である。
- ・水面貯木場での木材流出は既設の防波堤、波除堤により阻止されるが、場内の棧橋、作業船舶等へ衝突する危険性がある。

- ・港内での津波流速分布を図 5.4 ~ 5.7 に示す。津波の流速は、地震発生後100分程度を経過して顕著となり、開口幅の狭隘な潮見橋（8号地と9号地間）では最大波の襲来と共に約2.5m / 秒程度に達し、浮遊物の護岸、船舶への衝突や底泥の巻き上げ等が起こる危険性が高い。なお、浚渫により水深が確保された北航路では流速は遅くなり、0.4 ~ 0.5 m / 秒程度に過ぎないと予想される。
- ・港内船舶の津波対策としては、津波襲来までの猶予時間を念頭に泊地係留或いは港外沖合いへの待避等を選択し、流出や衝突事故を未然に防ぐことが重要である。そのため、港湾管理者等の防災行政に關与する機関は状況に応じた的確な避難広報と誘導を実施する必要がある。

こうした津波を原因とする被害想定と海岸保全施設の現況評価の結果から、次の点が指摘できる。

名古屋港では、津波による埠頭護岸・物揚場への部分的な越波及び浸水はあるものの、その越波量及び浸水深は小さく、名古屋市地先の内港地区において大きな物的被害はないと考えられる。

但し、港内の航路や泊地では船舶の衝突、流出事故を防ぐために効果的な係留励行や誘導指示が望ましい。

特に、地震発生時に車両転落や船舶、船具の滑落の危険性がある埠頭では、物揚場への資材放置や駐車を規制する必要がある。

さらに、人的被害を軽減するためには、地震即津波の危険性を迅速に広報し、津波警報が解除されるまで海岸・河口付近での水位変動に注意し、適切な避難行動を続けることが重要である。

名古屋市ガーデン埠頭 4号地堀川 5号地 6号地 7号地 8号地 9号地10号地11号地12号地
金城埠頭潮見橋庄内川天白川日光川内港地区山崎川
名古屋市ガーデン埠頭 4号地堀川 5号地 6号地 7号地 8号地 9号地10号地11号地12号地
金城埠頭潮見橋庄内川 天白川日光川内港地区山崎川
名古屋市ガーデン埠頭 4号地堀川 5号地 6号地 7号地 8号地 9号地10号地11号地12号地
金城埠頭潮見橋庄内川天白川日光川内港地区山崎川
名古屋市ガーデン埠頭 4号地堀川 5号地 6号地 7号地 8号地 9号地10号地11号地12号地
金城埠頭潮見橋庄内川天白川日光川内港地区山崎川

図5.4 名古屋港の流速分布（地震100分後） 1 m / 秒

図 5.5 名古屋港の流速分布（地震140分後） 1 m / 秒

図 5.6 名古屋港の流速分布（地震180分後） 1 m / 秒

図 5.7 名古屋港の流速分布（地震220分後） 1 m / 秒

5.2 河川における津波被害想定

東南海地震津波による浸水被害が特に懸念される河川として庄内川及び天白川を対象とした遡上シミュレーションを実施した。河川を遡上する津波の様相については次のように考えられる。

- ・ 庄内川では地震発生後 1 時間30分を経て津波がその河口に到達し、時速15 km (約4.2m / 秒) 程度の流速で河川を遡上する。入射波高の最大水は 1.1m程度であるが、遡上に伴い河川幅のやや狭隘となった流域では 1.4m程度に増幅する箇所もある。
- ・ 天白川では地震発生後 1 時間 20分を経て津波がその河口に到達した後、時速 9 km (約2.6m / 秒) 程度の流速で河川を遡上する。入射波高の最大水位は 1.1m程度であるが、遡上に伴い河川幅のやや狭隘となった流域では 1.4m程度に増幅する箇所もある。

こうした河川遡上シミュレーションの結果を踏まえて、河川整備事業が進められている名古屋市域を流れる河川として、庄内川・新川、天白川・扇川及び山崎川下流域での被害について次のように考察できる。これらの河川は何れも河口に水門を持たない感潮河川である。

なお、河川における想定についても断層運動に起因する地盤沈下は一律0.5mと仮定しており、地震発生と同時に0.5m沈下した河川堤防の防災効果を評価した。また、堤内地保全のための河川堤防や水門等の構造物は地震動・ゆれ及び地盤液状化等によりその防災機能が維持できない程の著しい物的被害を受けないものと考えた。

(1) 庄内川・新川

庄内川及び名古屋港に河口を有する新川での津波遡上被害について次の様に想定できる。

- ・庄内川を遡上する津波による最大水位分布を護岸天端高 (T.P.+m) と比較した。庄内川は3 km程度の下流域を背割堤で新川と並行して流れ、名古屋市域に相当する右岸護岸天端高は、伊勢湾台風クラスの高潮対策として最下流域で現況T.P.+6.0m (沈下量0.5mを想定した場合T.P.+5.5mに相当) であり、津波遡上時の河川上昇水位を上回る。また、庄内川流域で護岸が低い一色大橋周辺でもT.P.+3.8m (沈下量0.5mを想定した場合T.P.+3.3m) と該当個所の津波水位 (T.P.+2.6m) より高い。従って河川護岸堤内地 (市街地) への越波や浸水被害は発生しないと考えられる。
- ・庄内川水系の新川についても、下流域では庄内川を対象とした津波遡上シミュレーション予測結果とほぼ同じような様相を示すと考えられる。庄内川と背割堤で区画される新川では沈下量0.5mを想定した場合でも護岸天端高は津波遡上時の河川上昇水位を上回り浸水被害は発生しないと考えられる。
- ・庄内川では、万場大橋緑地 (現況護岸堤防T.P.+7.7m以上、河川敷T.P.+3.0m以上) より上流の河川敷は現在広域避難場所に指定されている。こうした避難場所では津波による全面浸水はないものの、河岸の近くでは一部浸水や低地での湛水の危険性があるため避難に際しては水位の急変に注意し、河岸に近づかないことが人的被害を軽減する上で重要である。
- ・万場大橋緑地の下流域に位置する庄内川の河川敷では浸水の危険性があり、地震発生と同時に行楽客や釣り客に対して堤防内の高所への退避を広報する必要がある。津波警報が解除されても河川下流域では引き波による流出事故の危険性がある。遡上した津波の流下時は水位が低くとも下げ流速が卓越するため、海岸に比べて河川流域では水位が静穏を保つまで時間がかかる。そのため、こうした河川敷では河川水位の急変に備えた十分な監視と警戒行動を要する。
- ・東南海地震 (1944) 発生時の記録によると「幡豆郡一色において最後の津波は震後3時間半くらいであった (中央气象台、1945)。」という記載がある。これより、想定東南海地震津波の影響が続くと考えられる時間帯を海洋及び河川共に地震発生後5時間とした。庄内川流域での河川水位時系列 (図4.6参照) によると、地震発生後4時間を過ぎて最大水位の上昇が検知されている。これは遡上する津波と流下する河川流との重畳等に起因するものと考えられるが、防災上の観点から、河川の水位と流れが静穏を保つまで河川の監視を含む警戒体制の継続が必要である。特に感潮河川下流域では、海岸部に比べて遡上した津波による影響が長引くと予想される。また、津波襲来時の潮位や河川水位は、こうした津波挙動や被害様相を想定する上で重要なファクターと考えられる。

図 5.8 庄内川での津波水位

図 5.9 庄内川河川敷の広域避難場所

(2) 天白川・扇川

天白川及び名古屋港に河口を有する扇川での津波遡上被害について次の様に想定できる。

- ・天白川を遡上する津波による最大水位分布を護岸天端高(T.P.上m)と比較した。天白川では、河口から3.5km区間が護岸天端高T.P.+5.0m(沈下量0.5mを想定した場合には、T.P.+4.5mに相当、なお、天白川流域での地盤沈降量は0.2m程度であるとの予測結果も提示されている)に整備されているため、津波遡上時にも護岸堤内地への越波、浸水被害は発生しないと考えられる。

- ・天白川水系の扇川についても、下流域では庄内川を対象とした津波遡上シミュレーション予測結果とほぼ同じような様相を示すと考えられる。天白川と背割堤で区画される扇川では沈下量0.5mを想定した場合でも護岸天端高は津波遡上時の河川上昇水位を上回り、津波遡上時にも護岸堤内地への越波、浸水被害は発生しないと考えられる。

(3) 山崎川

- ・名古屋港の湾奥に流れ込む山崎川では、その下流域(南区)では現況の道路護岸高がT.P.+3.3m程度あり、現在計画中の河川整備事業により堤防護岸はT.P.+4.6mに嵩上げされるため、沈下量0.5mを想定した場合(なお、山崎川流域での地盤沈降量は0.2m程度であるとの予測結果も提示されている)でも津波遡上による浸水被害は発生しないと考えられる。

- ・山崎川に隣り合う堀川では、現在は水門が整備されているが、東南海地震(1944)発生時の記録によると「津波が堀川を逆上したが、津波の被害はなかったが高さは数十cmくらいと思われる。」という記載がある。こうした河川では、水門や排水機場(ポンプ施設)が地震動・ゆれや液状化に対する信頼性を確保しておくことが堤内地を保全する必要条件となる。

図 5.10 天白川での津波水位

5.3 防災対策への提言

中部・東海地方に大きな被害をもたらした1944年東南海地震から50年余が過ぎた現在、科学と工学の進歩により、その災害発生のメカニズムはある程度解明されている。

本調査では、名古屋市防災会議における地震対策のうち津波防災対策面を支援するために、シミュレーションモデルの適用により津波挙動の予測結果に基づいた津波被害想定を実施した。

今後の地震防災計画の策定を図る上では、こうした地震・津波による被害想定結果を踏まえた合理的かつ機能的なハード面の施設整備及びソフト面の運用と防災情報の整備が重要と考えられる。

一般的に、津波に対する海岸と河川における防災対策を支援する事業としては、

- ・ 遡上河川河口部での耐震水門の整備
- ・ 防潮堤防の整備、護岸の嵩上げ
- ・ 親水海岸では堤防の緩傾斜構造化や陸閘門整備による避難路の確保
- ・ 泊地での船舶係留施設や海面貯木場での流木防止柵の整備

等が有効であるが、名古屋港では既に整備されている高潮対策事業がほぼ機能的には十分な防災効果を有している。

さらに、こうした港湾・海岸施設整備によるハード的な防災事業計画の運用を支援し、補完するソフト的な地域防災対策、例えば、

- ・ 東南海地震津波に対する基礎知識と災害情報の認識
- ・ 避難場所及び危険区域の表示、避難路の設定及び住民への周知
- ・ 高潮堤防に設置された閘門や河川部の水門の的確な操作
- ・ 避難警報システム、誘導體制（住民、港湾・海岸作業従事者、行楽客、災害弱者）の充実と非常時の的確な運用体制

等の実現が、社会的利用度の非常に高い港湾を控えた名古屋市の都市防災機能と安全性を確保する上での必須条件であると考えられる。

参考文献

- 1) 1944年東南海地震の地変、震害および発生について：飯田汲事
愛知工業大学研究報告No.11 1976年
- 2) 東海地方地震・津波災害誌：飯田汲事 1985年
- 3) 愛知県被害津波史：飯田汲事、愛知県防災会議地震部会発刊 1981年
- 4) あいちの港湾：愛知県土木部港湾課 平成4年
- 5) 名古屋港の港湾構造物の概況：名古屋港管理組合資料
- 6) 広域避難場所図：名古屋市消防局防災室 平成8年度版

排水路シミュレータの開発（機能拡張について）

平成9年9月17日

現在の注水・排水プロセスをモデル化したプログラムに対して、次の機能を付加しております。

立抗の追加（排水過程における位置と本数を任意設定）

ポンプ性能を反映したモデル化（管抵抗と実揚程を考慮した排水量の定式化）

プログラムインターフェースの整理（パラメータ入力とファイル出力部分の変更）

また、仕様変更部分について記載しますので、以下の考え方でよろしいでしょうか？

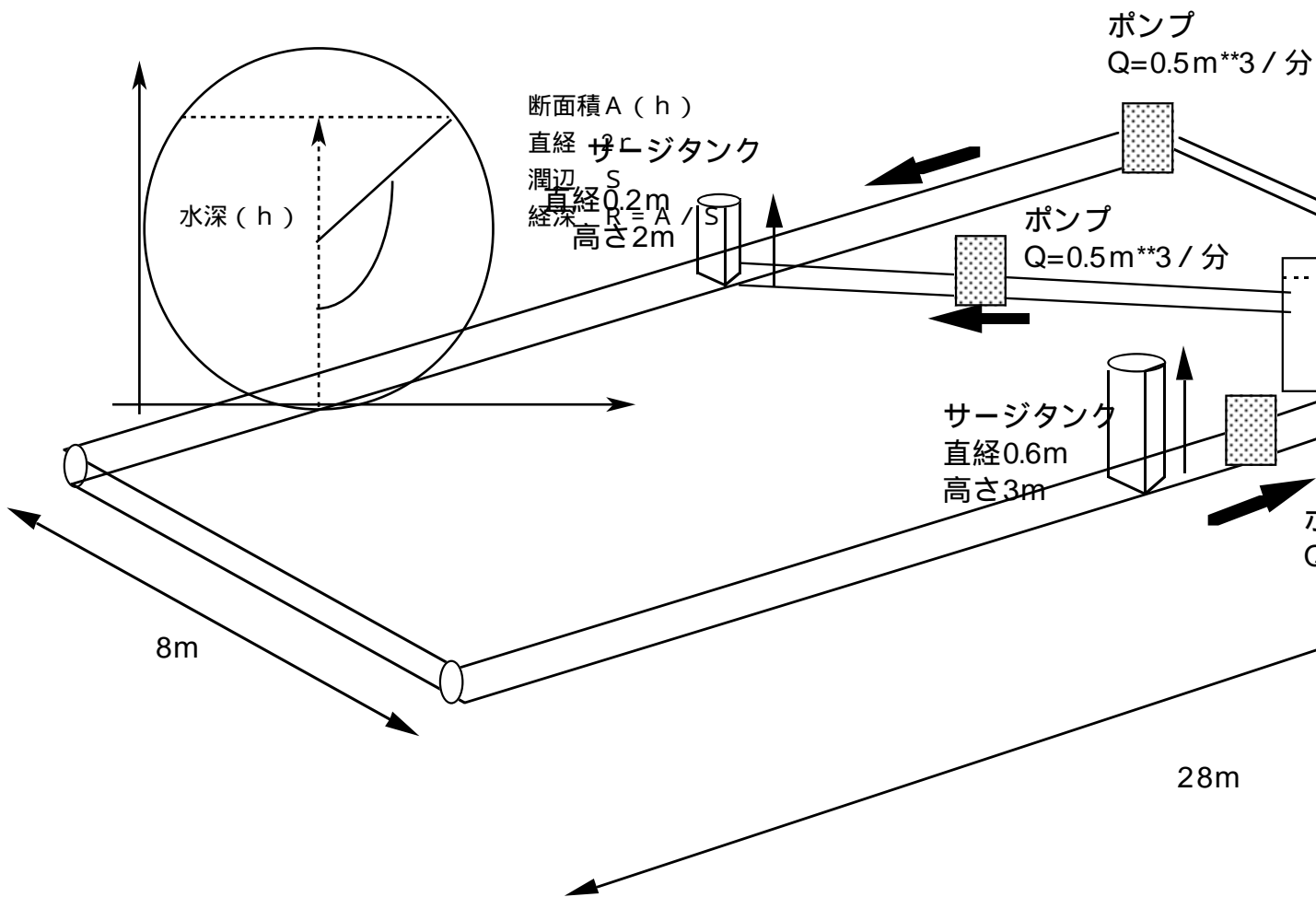
立抗の追加

$$\frac{Q}{t} + \frac{1}{x} \left(\frac{Q^2}{A} + g \cdot A \cdot h \right) = -g \left(\frac{n^2 |Q| \cdot Q}{A \cdot R^4 / 3} \right) + Dif(Q)$$

$$Dif(Q) = K_h \frac{\partial^2 Q}{\partial x^2}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q$$

モデルレイアウト



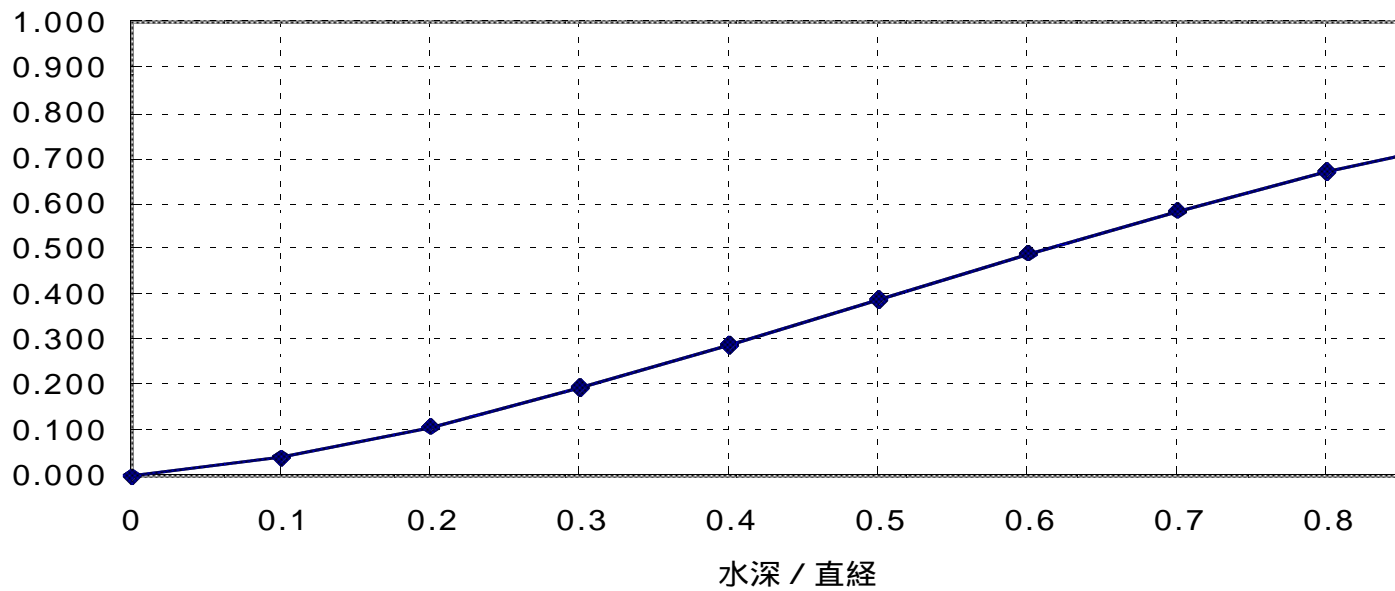
パイプ内の水深と有効断面積、潤辺（経深）の関係

$$A(h) = \theta r^2 + (h - r)\sqrt{h(2r - h)}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{r-h}{h}$$

$$S = 2r\theta$$

断面積（直径**2に対する比）



新潟県港湾航空局 御中

両津港基本計画策定調査

(加茂湖汚濁負荷解析業務)

報告書

平成7年11月

(財)新潟県環境衛生研究所

目 次

1.はじめに	1
調査の目的	1
本報告の概要	3
2.水域環境指標の整理	5
自然環境の現況	5
社会環境の現況	13
3.水質環境シミュレーションモデルの開発	17
対象水域	17
数理モデルの適用	21
4.ケーススタディの実施	24
流況	25
濃度拡散状況	39
5.評価と考察	107

1.はじめに

調査の目的

新潟県佐渡島東部の加茂湖は、両津湾に開口部を有する汽水湖である。

閉鎖性の強い加茂湖では、公共用水域としての水質基準は概ね達成しているものの、その汚濁指標としての化学的酸素要求量（COD）や大腸菌数は増大しており、主要産業の一つである生食用カキの養殖環境は、年々悪化しているとの指摘がある。

また、周辺市街地における生活排水の流入は、加茂湖の水質に大きな影響を与えており、その浄化対策が叫ばれている。

本業務では、慢性的な水質低下が問題となっている加茂湖における

- ・ 流入河川、潮汐変化に起因する湖内流動の状況
- ・ 周辺集落からの生活排水の流入と水質汚濁拡散の状況

をシミュレーションモデルにより再現し、特に、昭和40年代後半に整備された両津港の防波堤建設・延長事業及び将来の防波堤計画が、湖内流況や湖水交換、汚濁物質の拡散・希釈及び海域排出に与える影響を把握することを目的としてケーススタディを実施した。

なお、一般的に海域における流動と質量輸送に影響を及ぼす要因としては、潮流、海流、海浜流、風浪等が考えられる。この中で、月や太陽が地球に及ぼす引力と自転による遠心力等を起潮力とする規則的な海面昇降（潮汐）に応じた潮流は、沿岸での物質輸送を促進する流れとしては顕著である。

日本海に面した両津港では、太平洋岸に比べて潮流は小さい（ $1/3 \sim 1/2$ 程度）が、恒常的な物質輸送に対しては最も大きな要因であり、加茂湖の湖水交換過程を評価する上で、潮汐変動を境界条件とする事は十分妥当であると考えられる。

次ページに本調査の作業フローを示す。

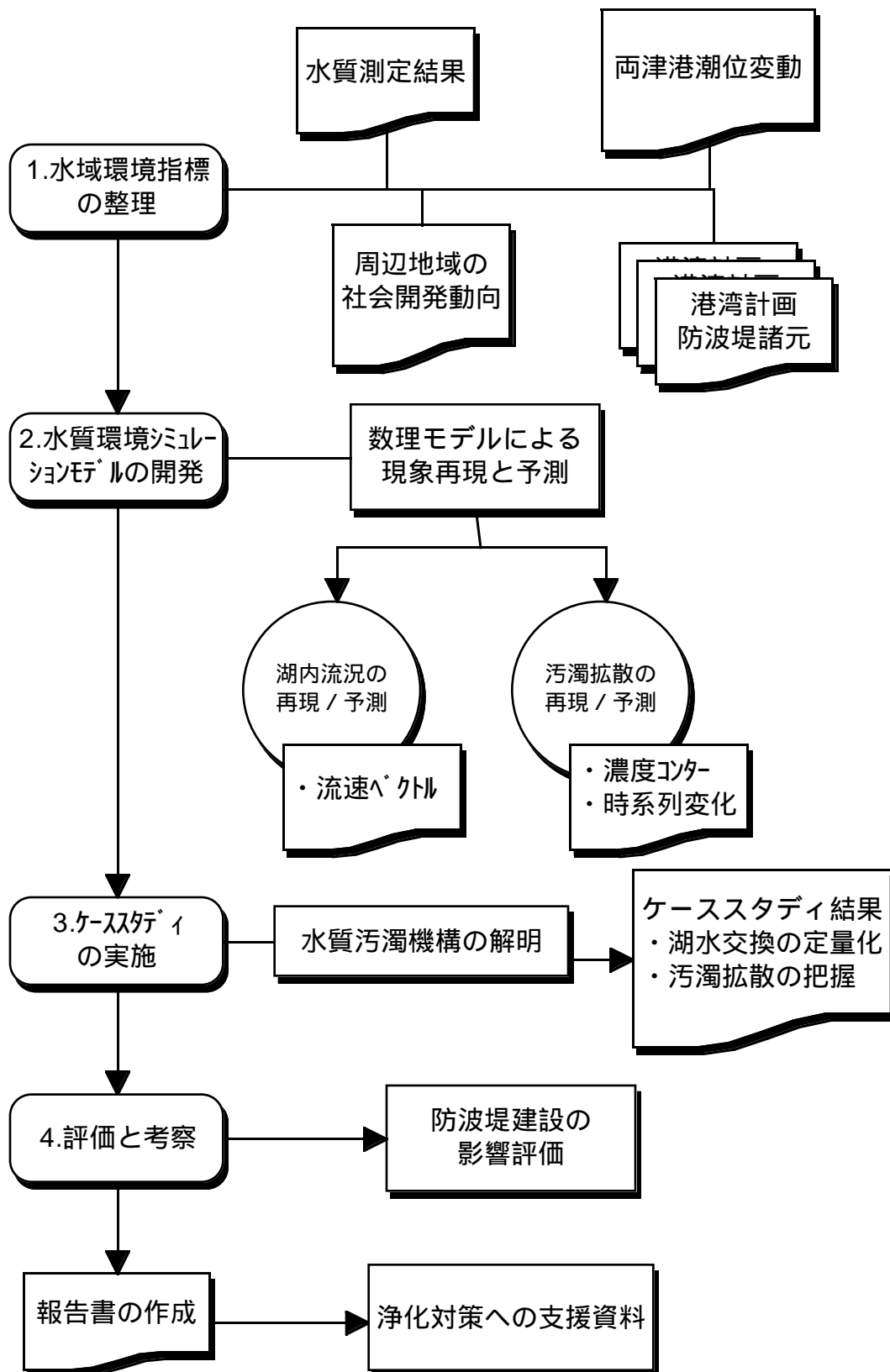


図 1-1 作業フロー

本報告の概要

この報告では、平成5年度時点での両津湾港湾計画・防波堤整備現況をモデル化した地形を比較検証ケースと考え、この現況ケースに対し過去と将来時点における港湾計画外郭施設をモデル化し、周辺水域の流況と水質汚濁拡散状況を再現・予測評価した。

今回実施したケーススタディを次表に示す。

表1-1 モデルケース

ケース	モデル対象時点	想定年次
1	現況	平成5年度、現在の港湾施設
2	将来	改訂後の港湾計画完了時
3	過去	昭和48年度

各ケースでは、既に述べたように、両津港の防波堤建設・延長事業が湖内流況に与える影響を評価するため、これら以外の条件は同等とした。すなわち、

- ・両津湾の潮汐変動
- ・加茂湖内への流入河川流量
- ・外海水フラッシング（湖内への放水）

等の境界条件に関しては同じ条件を設定し、周辺水域の流況と水質汚濁拡散状況をシミュレーション解析した。

また、モデル開発とシミュレーション実施に先立って、以下の現況調査を実施した。

- ・周辺海域、加茂湖の地形、水深データ

解析対象領域における地形図、海図、両津港計画図、加茂湖深浅測量図等を収集整理し、解析に必要なデータについては数値ファイルを作成した。

- ・ C O D 測定データ

現況ケースの解析対象時期を検討し、対象水域における C O D 測定データを調査した。

- ・ 流況等

流入河川流量は、関連調査報告を基に設定した。

- ・ 両津湾潮位データ

両津港外洋境界として、海上保安庁水路部の潮汐データを基に解析対象時期として平成 5 年 8 月上旬の潮位を再現した。

2. 水域環境指標の整理

自然環境の現況

水質環境シミュレーションモデルの構築とケーススタディ実施に必要な自然環境データを収集・整理した。

対象水域

解析の対象水域は、加茂湖及び防波堤等外郭施設を十分含む両津港周辺の水域とする。また、地形図及び港湾計画資料等から解析領域の岸線と水深分布をメッシュ化し、数値データ（メッシュデータ）としてファイルを作成した。

図 2 - 1 計算領域

図 2 - 2 - 1 深浅測量（加茂湖）

図 2 - 2 - 2 水深分布（加茂湖）

図 2 - 3 潮位変動（平成 5 年 8 月 1 日～ 7 日、大潮期に相当）

図 2 - 4 両津港港湾計画（ケース 1、平成 5 年度現況）

図 2 - 5 両津港港湾計画（ケース 2、将来計画改訂時）

図 2 - 6 両津港港湾計画（ケース 3、昭和 48 年度）

COD測定データ

加茂湖、流入河川（外城川、貝喰川、長江川、天王川、地蔵川）、両津港周辺海域等の対象水域における公共用水域水質測定結果から、生活環境項目CODを調査し、現況水質及び経年変化を整理した。これより、防波堤建設が与える影響を評価するケーススタディに関して、

- ・基準年（直近の調査年次として平成5年）
- ・解析対象期間（潮汐の周潮を考慮し、約7昼夜-14周潮-程度、季節としては汚濁の顕著な夏季として、平成5年8月1日からの7日間を想定）
- ・調査地点でのCOD基準値（例えば、基準年/解析期間の平均値）

等を設定した。

表 2 - 1 公共用水域水質調査結果 (C O Dmg / l、平成 5 年度 7 月 ~ 9 月)

地点名		年月日	採取位置	C O D 値
両津湾 (甲水域)	N o . 1	93/07/07	上中混合	1.1
		93/08/04	上中混合	0.7
		93/09/01	上中混合	1.9
両津湾 (甲水域)	N o . 2	93/07/07	上中混合	1.2
		93/08/04	上中混合	0.9
		93/09/01	上中混合	1.3
両津湾 (甲水域)	N o . 3	93/07/07	上中混合	1.0
		93/08/04	上中混合	1.0
		93/09/01	上中混合	1.7
両津湾 (乙水域)	N o . 4	93/07/07	上中混合	1.8
		93/08/04	上中混合	1.0
		93/09/01	上中混合	1.1
両津湾 (丙水域)	N o . 5	93/07/06	上層	2.7
		93/07/06	中層	1.8
		93/08/03	上層	3.6
		93/08/03	中層	2.7
		93/09/07	上層	1.3
		93/09/07	中層	1.5
両津湾 (丙水域)	N o . 6	93/07/06	上層	3.0
		93/07/06	中層	2.2
		93/08/03	上層	3.1
		93/08/03	中層	2.8
		93/09/07	上層	1.5
		93/09/07	中層	1.7
両津湾 (丙水域)	N o . 7	93/07/06	上層	2.8
		93/07/06	中層	2.2
		93/08/03	上層	2.9
		93/08/03	中層	2.8
		93/09/07	上層	1.7
		93/09/07	中層	1.7
両津湾 (丙水域)	N o . 8	93/07/06	上層	3.2
		93/07/06	中層	2.1
		93/08/03	上層	2.7
		93/08/03	中層	2.8
		93/09/07	上層	1.9
		93/09/07	中層	1.8

これより、同年夏季のCOD水域平均値として、

- ・ 海域では、1.225mg / l
- ・ 湖内では、2.354mg / l

を各水域での初期条件として採用する。

流況関連データ

流況シミュレーションにに対する境界条件として、

- ・ 加茂湖へ流入する主要5河川の流量

地藏川、天王川、長江川、貝喰川、外城川、湊地区及び外海水フラッシングの平均流量を設定した。

表 2 - 2 河川流量

河川名	流量 (m ³ / 日)
地藏川	3,599
天王川	6,509
長江川	4,407
貝喰川	3,751
外城川	5,070
湊	150
外海水フラッシング	172,800

(出典：大規模漁場保全事業調査委託の内

[浄化対策調査報告書] 平成 5 年 11 月、新潟県水産

部)

- ・ 両津港の潮位変動

両津港夷地区の平成 5 年夏季 8 月 1 日 ~ 7 日の潮位変動を再現した。その時系列変化を次図に示す。

社会環境の現況

防波堤が湖内水質環境に与える影響を評価するケーススタディに対し、人為的なパラメータとして社会環境要因をモデル化した。

港湾計画

両津港の現在、過去及び改訂後の港湾計画より、

- ・ 外郭施設防波堤等の位置、延長等の諸元
- ・ 浚渫、埋立計画

等を調査し、地形条件と共にモデル化した。（図 2-4、2-5、2-6）

浄化対策等

加茂湖内の流況と水質環境に与える両津港防波堤の影響を検討するために、共通する条件として、過去を想定したケース 3 を含む全ケースについて、外海水フラッシングを流況に対する内部境界条件とした。

3.水質環境シミュレーションモデルの開発

対象水域

解析の対象水域は、加茂湖及び両津港開口部を含む水域（図2-1）とする。

対象水域のメッシュ化に当たっては、地形と港湾外郭施設の再現性を勘案し、詳細な解析評価のために加茂湖開口部周辺では25m、また加茂湖南域では50mのメッシュサイズとした。

なお、各メッシュ図中のNo.は、表2-1記載の水質測定点を示す。

図3-1 メッシュ構成（ケース1、平成5年度現況）

図3-2 メッシュ構成（ケース2、将来計画改訂時）

図3-3 メッシュ構成（ケース3、昭和48年度）

数理モデルの適用

現況再現を目的に、加茂湖内の流況と汚濁拡散状況として、

- ・ 流入河川、開口部での潮汐変化
- ・ 外海水フラッシングの設定
- ・ 防波堤建設、埋立等による現況地形の再現
- ・ 汚濁物質（COD等）の拡散と湖水交換時の排出量評価

等の水理的メカニズムを次のシミュレーションモデルの適用により解析した。

流動モデル

周辺河川の流入、加茂湖内での滞留、開口部外側の海域での潮位変動に依存する湖内と周辺海域の流況を2次元平面流動とみなし、次のモデル方程式で表現する。

- ・ 運動方程式：流速を計算

$$\frac{M}{t} + u \frac{M}{x} + v \frac{M}{y} = -g(h+\eta) \frac{\eta}{x} + K_h \left(\frac{M^2}{2x} + \frac{M^2}{2y} \right) - \frac{gn^2}{(h+\eta)^{4/3}} M \sqrt{u^2+v^2}$$

$$\frac{N}{t} + u \frac{N}{x} + v \frac{N}{y} = -g(h+\eta) \frac{\eta}{y} + K_h \left(\frac{N^2}{2x} + \frac{N^2}{2y} \right) - \frac{gn^2}{(h+\eta)^{4/3}} N \sqrt{u^2+v^2}$$

- ・ 連続方程式：水位を計算

$$\frac{\eta}{t} + \frac{M}{x} + \frac{N}{y} = 0$$

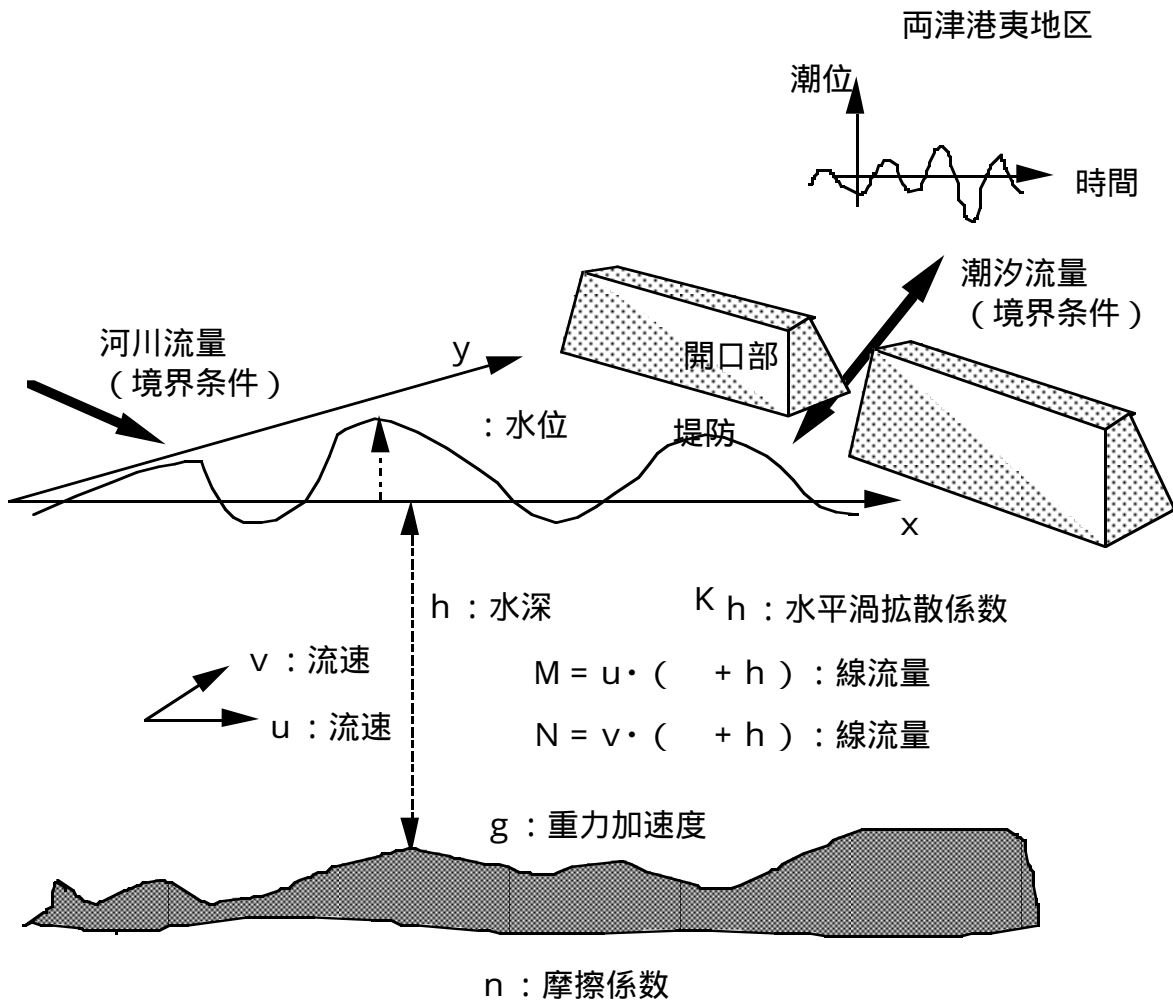


図 3-4 流動モデル

・境界条件

平成 5 年夏季における周辺主要 6 河川及び外海水フラッシング流量、両津湾における潮位変動 (図 2-3) を境界条件としてモデル化する。

・初期条件

現況港湾施設を想定した定常流況 (流速ゼロ、停留状況) を初期条件とする。

汚濁拡散モデル

COD等の集落からの汚濁負荷、海水混合による希釈、対象水域での流況に基づく濁質拡散を2次元拡散現象とみなし、次のモデル方程式で表現する。

・拡散方程式

$$\frac{C_k}{t} + u \frac{C_k}{x} + v \frac{C_k}{y} = D_h \left(\frac{\partial^2 C_k}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C_k}{\partial y^2} \right) - LC_k + q(C_k)$$

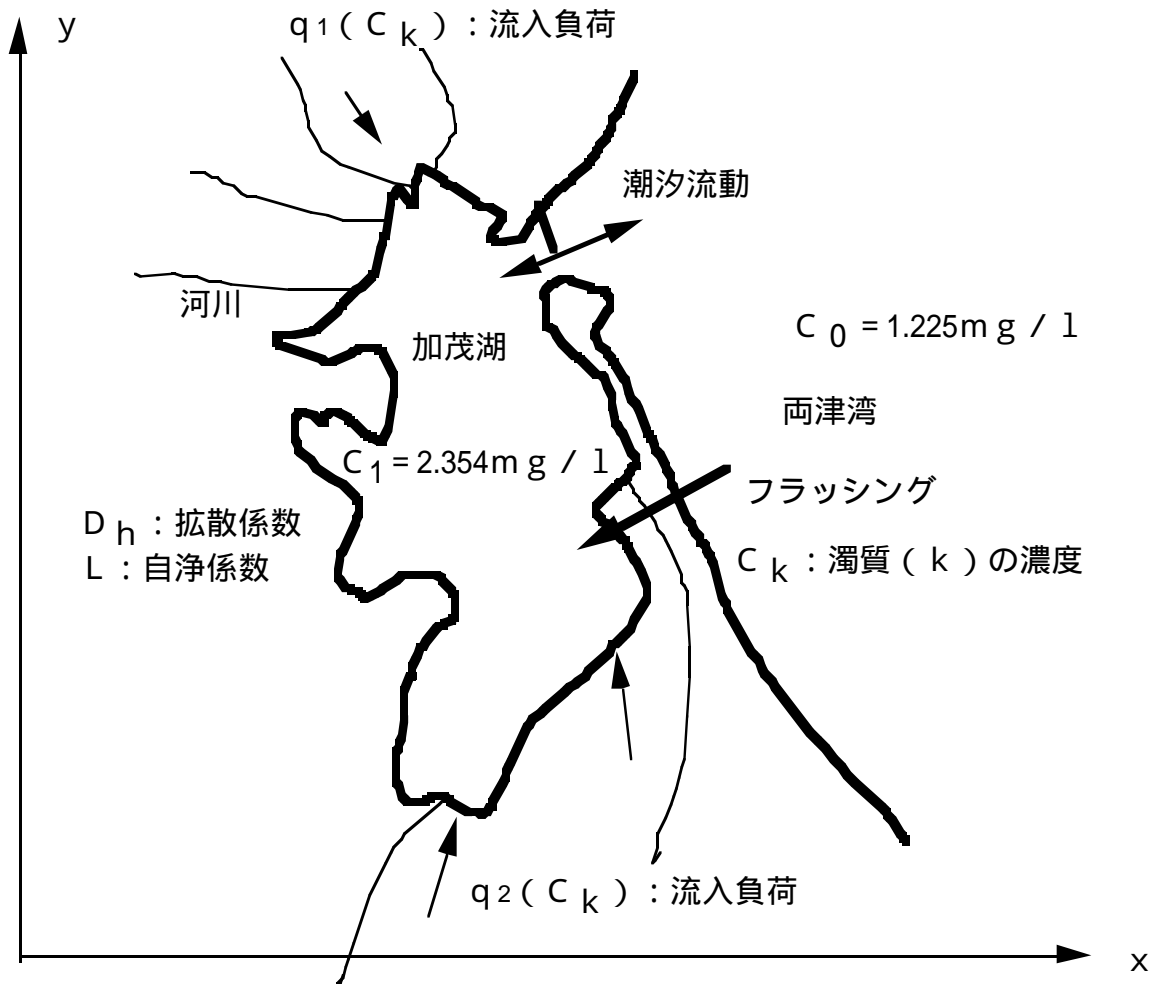


図 3-5 拡散モデル

・境界条件

流入河川及び外界からのCOD負荷流入境界条件としてモデル化する。

・初期条件

現況港湾施設を想定した外界及び湖内COD平均値を初期条件とする。

また、浄化作用については解析期間が短いため考慮しない。

4. ケーススタディの実施

加茂湖及び両津港周辺海域をメッシュ化した領域を解析対象に、シミュレーションモデルを適用し、防波堤等港湾施設が水域環境に与える影響を定量的に評価する。

現在、過去、将来計画の港湾施設を想定した流況とCOD分布をモデルケースとして再現または予測した。ケーススタディ解析の実施条件を次表にまとめた。

表 4-1 基本的計算条件とケーススタディ

項目	条件	
解析領域	加茂湖及び両津港周辺海域を含む水域	
メッシュ構成	加茂湖南域では50m、海域及び開口部周辺では25mのメッシュ化	
モデル方程式	流動モデル ・運動方程式（流量、流速を計算） ・連続方程式（水位を計算） 汚濁拡散モデル	
数値解法	有限差分法（ラックスウェンドロフ法とリーブフログ法を併用）	
解析期間	潮汐の周潮を考慮し約7昼夜（約15周潮）程度、季節としては汚濁の顕著な夏季（平成5年8月1日～7日）	
初期条件	湖内流況の停留時と現況COD平均分布	
境界条件	主要河川からの流量、フラッシング流量、汚濁負荷流入量及び開口部外側の海域における潮位変動とCOD観測値	
計算ケース	ケース1	現況：平成5年度（図24）
	ケース2	将来：改訂後の港湾計画完了後（図25）
	ケース3	過去：昭和48年度（図26）
出力情報	・流速分布（ベクトル分布） ・COD濃度コンター ・水質測定点における濃度比較	

以下に、港湾施設が湖内流況と水質変化に及ぼす影響を評価するケーススタディの結果を取りまとめた。

流況

湖内流況を支配する潮汐変動により、流速変化が顕著となる上げ潮及び下げ潮時点での流速ベクトル分布図を示す。各ケースとも、流速は、狭隘な開口部において、最大値となっている。

表 4-2 流速の比較（開口部）

経過時間	最大流速値			備考
	ケース 1	ケース 2	ケース 3	
3 時間後	0.211m /	0.211m /	0.212m /	最初の上げ潮時
12 時間後	0.177m /	0.177m /	0.177m /	次の上げ潮
16 時間後	0.041m /	0.042m /	0.042m /	高潮位
20 時間後	0.293m /	0.294m /	0.294m /	下げ潮時
ケース 1 に対する通水量増加分	-	+0.24%	+0.35%	過去、将来とも微増
参照図	図 4-1	図 4-2	図 4-3	ベクトル 1cm は 12.5cm / 秒に相当

この流況に関する 3 ケースの結果を比較すれば、

- ・ M_2 潮（半日周潮）を主成分とする潮汐変化に応じた転流現象が確認できる。
- ・ 流速は、狭隘な開口部において最大値を取るが、その大きさは、3 ケース共殆ど変化がない。
- ・ 開口部を經由する通水量の平均は、現況ケース 1 に対して、過去及び将来共にわずかに増加するに過ぎない。すなわち、流況に関しては防波堤整備による影響は非常に小さい。

等の点が指摘できる。

これは、潮汐の周期が12時間程度と非常に長いため、高波対策で建設された防波堤によって沿岸の流況は殆ど影響されることはないためと考えられる。

なお、シミュレーション結果の整合性について、別紙関連報告書（平成5年度両津港港湾計画策定調査委託）の現況調査に基づいて検討した。この報告書に記載された潮流調査結果から、春季及び秋季においては、

- ・ 海域両津港沖側では、反時計回りの環流、平均流速 5 cm / 秒、周期24時間
- ・ 同じく、海域両津港周辺では、平均流速 3 cm / 秒、顕著な周期なし
- ・ 加茂湖内開口部では周期12時間の往復流、水路内での最大流速40cm / 秒、その港湾側では流速 5 cm / 秒、加茂湖側では12～13cm / 秒
- ・ 加茂湖内では、流向不明確、流速微弱（0.5cm / 秒程度、最大でも6.1cm / 秒）

等の潮流の挙動が報告されている。

今回のシミュレーション結果から流況ベクトルの分布をこの潮流調査結果を比較した場合、狭隘な開口部では、同様な12時間周潮の転流現象が確認できる。従って、流向の周期的な挙動についてはシミュレーションモデルの再現性は良好である。

また、流速の大きさについては、シミュレーションモデルでは、メッシュ毎（25m）の横断的な平均流速を出力しているため、調査結果のピーク値に比べてやや小さめの流速値となっていると考えられる。

濃度拡散状況

外海水の入退潮や流入河川及び外海水フラッシングによる流況を基に、周辺水域内のCOD平均値として、

- ・ 海域では、1.225mg / l
- ・ 湖内では、2.354mg / l

を各水域での初期条件とし、現況地形に対する濃度水塊の移動と希釈拡散の様相をシミュレーション解析した。

これより、3ケースについて、

- ・ 計算領域における濃度コンター（等濃度線表示）の時間変化
（図4-4、図4-5、図4-6）
- ・ 湖内水域水質測定点、No.1～No.8での濃度時系列変化
（図4-7、図4-8、図4-9）

をグラフにまとめた。

シミュレーション解析時間は、7日間（夏季、8月1日～7日）である。

濃度コンターの間隔は、初期湖内濃度と海域濃度の差を3%、5%、7%、10%、20%、30%、……、80%、90%、95%、97%と分割している。従って、10%毎の増分は $(2.354\text{mg} / \text{l} - 1.225\text{mg} / \text{l}) / 10 = 0.1129\text{mg} / \text{l}$ となる。

これらの解析結果より、狭隘な開口部を中心に、濃度負荷水塊が周期的に移動しながら拡散、希釈していく様相が把握できる。

また、各ケースの比較により、

- ・ 加茂湖南部での拡散状況としては、外海水のフラッシングによるCOD希釈が顕著であり、この傾向は、時間経過を通じて3ケースとも共通である。
- ・ 加茂湖北部では、開口部を通じての湖水交換が顕著であるが、その拡散パターンは時間経過によらず、3ケースとも同様であり、沖合防波堤の影響は微小である。
- ・ 両津港港湾区域の湊地区、夷地区では加茂湖からの汚濁水塊は沖合防波堤に沿って外洋へ拡散し、こうした防波堤は導流堤としての効果も有している。

- ・外洋への拡散パターンは、防波堤の配置に依存し、現況を想定したケース1では、北防波堤の北航路及び南航路の双方から水塊が移動、拡散している。(図4-4)
- ・改訂後の港湾計画完了時を想定したケース2では、西側沖合防波堤に沿った中央航路及び東側沖合防波堤に沿った南航路へ向けて水塊が移動、拡散する。(図4-5)
- ・現況整備以前を想定したケース3では、防波堤取り付け部の漁港周辺での汚濁水塊停留が著しく、水塊は防波堤に沿った南航路へ移動している。(図4-6)

等の点が指摘できる。

さらに、両津港外防波堤沖の水質測定点におけるCOD濃度の変化より、

- ・港湾区域内で防波堤の外に位置するNo.1、3については、3ケース共に濃度はまったく変化していない。

(図4-7-1、図4-7-3、図4-8-1、図4-8-3、図4-9-1、図4-9-3)

- ・水質測定点No.2については、ケース1は防波堤外側に位置するため、水質濃度は変化していない(図4-7-1)。一方、ケース1及びケース3では、水質測定点No.2が防波堤開口部に位置するため、水質濃度は漸近的に増加する。

(図4-8-2、図4-9-2)

- ・加茂湖開口部に位置する水質測定点No.4では、3ケース共に周潮に応じて濃度値の振動と漸近的な減衰傾向が確認できる。(図4-7-4、図4-8-4、図4-9-4)

- ・さらに、湖内の水質測定点No.5、6、7及び8では、外海水フラッシングにより、3ケース共に緩やかに濃度値が減衰する傾向がある。

等の水質濃度変化の傾向が把握できる。

こうしたケーススタディ結果から、防波堤の建設及び延伸事業により影響を受けるのは両津港港湾区域における防波堤内の航路や泊地に相当する海域であり、そこでの汚濁水塊の拡散パターンに相違があると考えられる。

- 図 4 - 1 - 1 流速分布 (ケース 1 : 3 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 1 - 2 流速分布 (ケース 1 : 12 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 1 - 3 流速分布 (ケース 1 : 16 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 1 - 4 流速分布 (ケース 1 : 20 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 2 - 1 流速分布 (ケース 2 : 3 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 2 - 2 流速分布 (ケース 2 : 12 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 2 - 3 流速分布 (ケース 2 : 16 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 2 - 4 流速分布 (ケース 2 : 20 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 3 - 1 流速分布 (ケース 3 : 3 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 3 - 2 流速分布 (ケース 3 : 12 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 3 - 3 流速分布 (ケース 3 : 16 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)
- 図 4 - 3 - 4 流速分布 (ケース 3 : 20 時間後、1cm は 12.5cm / 秒に相当)

- 図 4 - 4 - 1 濃度分布 (ケース 1 : 半日)
- 図 4 - 4 - 2 濃度分布 (ケース 1 : 1 日)
- 図 4 - 4 - 3 濃度分布 (ケース 1 : 1 日半)
- 図 4 - 4 - 4 濃度分布 (ケース 1 : 2 日)
- 図 4 - 4 - 5 濃度分布 (ケース 1 : 2 日半)
- 図 4 - 4 - 6 濃度分布 (ケース 1 : 3 日)
- 図 4 - 4 - 7 濃度分布 (ケース 1 : 3 日半)
- 図 4 - 4 - 8 濃度分布 (ケース 1 : 4 日)
- 図 4 - 4 - 9 濃度分布 (ケース 1 : 4 日半)
- 図 4 - 4 - 10 濃度分布 (ケース 1 : 5 日)
- 図 4 - 4 - 11 濃度分布 (ケース 1 : 5 日半)
- 図 4 - 4 - 12 濃度分布 (ケース 1 : 6 日)
- 図 4 - 4 - 13 濃度分布 (ケース 1 : 6 日半)
- 図 4 - 4 - 14 濃度分布 (ケース 1 : 7 日)

- 図 4 - 5 - 1 濃度分布 (ケース 2 : 半日)
- 図 4 - 5 - 2 濃度分布 (ケース 2 : 1 日)
- 図 4 - 5 - 3 濃度分布 (ケース 2 : 1 日半)
- 図 4 - 5 - 4 濃度分布 (ケース 2 : 2 日)
- 図 4 - 5 - 5 濃度分布 (ケース 2 : 2 日半)
- 図 4 - 5 - 6 濃度分布 (ケース 2 : 3 日)
- 図 4 - 5 - 7 濃度分布 (ケース 2 : 3 日半)
- 図 4 - 5 - 8 濃度分布 (ケース 2 : 4 日)
- 図 4 - 5 - 9 濃度分布 (ケース 2 : 4 日半)
- 図 4 - 5 - 10 濃度分布 (ケース 2 : 5 日)
- 図 4 - 5 - 11 濃度分布 (ケース 2 : 5 日半)
- 図 4 - 5 - 12 濃度分布 (ケース 2 : 6 日)
- 図 4 - 5 - 13 濃度分布 (ケース 2 : 6 日半)
- 図 4 - 5 - 14 濃度分布 (ケース 2 : 7 日)

- 図 4 - 6 - 1 濃度分布 (ケース 3 : 半日)
- 図 4 - 6 - 2 濃度分布 (ケース 3 : 1 日)
- 図 4 - 6 - 3 濃度分布 (ケース 3 : 1 日半)
- 図 4 - 6 - 4 濃度分布 (ケース 3 : 2 日)
- 図 4 - 6 - 5 濃度分布 (ケース 3 : 2 日半)
- 図 4 - 6 - 6 濃度分布 (ケース 3 : 3 日)
- 図 4 - 6 - 7 濃度分布 (ケース 3 : 3 日半)
- 図 4 - 6 - 8 濃度分布 (ケース 3 : 4 日)
- 図 4 - 6 - 9 濃度分布 (ケース 3 : 4 日半)
- 図 4 - 6 - 10 濃度分布 (ケース 3 : 5 日)
- 図 4 - 6 - 11 濃度分布 (ケース 3 : 5 日半)
- 図 4 - 6 - 12 濃度分布 (ケース 3 : 6 日)
- 図 4 - 6 - 13 濃度分布 (ケース 3 : 6 日半)
- 図 4 - 6 - 14 濃度分布 (ケース 3 : 7 日)

- 図 4 - 7 - 1 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 2 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 3 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 4 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 5 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 6 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 7 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)
- 図 4 - 7 - 8 濃度時系列 (ケース 1 : 正規化濃度)

- 図 4 - 8 - 1 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 2 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 3 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 4 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 5 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 6 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 7 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)
- 図 4 - 8 - 8 濃度時系列 (ケース 2 : 正規化濃度)

- 図 4 - 9 - 1 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 2 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 3 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 4 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 5 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 6 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 7 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)
- 図 4 - 9 - 8 濃度時系列 (ケース 3 : 正規化濃度)

5. 評価と考察

両津港の防波堤建設・延長事業が水質環境に与える影響を評価するため、現況港湾を想定したケースに対し過去と将来時点における港湾計画外郭施設をモデル化し、周辺水域の流況と水質汚濁拡散状況を再現・予測評価した。

表 5-1 モデルケース

ケース	モデル対象時点	想定年次
1	現況	平成5年度、現在の港湾施設
2	将来	改訂後の港湾計画完了時
3	過去	昭和48年度

本業務では、関連する現況調査を整理し、基本となる計算条件の設定、シミュレーションモデルの構成と処理内容、出力イメージ等について整理し、所定のケーススタディを実施し、防波堤等港湾施設が水域環境に与える影響を定量的に評価し、加茂湖の水域環境を保全する浄化対策に資する基礎資料として取りまとめた。

ケーススタディの結果から、加茂湖周辺水域の流況及び汚濁拡散状況に関しては、

- ・流動を支配する潮汐の周期が12時間程度と非常に長いため、潮流の時間変化は緩やかなため、周辺水域の流況への防波堤整備による影響は非常に小さい。
- ・加茂湖では、開口部を通じて湖水が交換されるが、沖合防波堤の影響は微小である。なお、加茂湖南部では、外海水のフラッシングによるCOD希釈が顕著である。
- ・外洋への水質汚濁の拡散パターンは、防波堤の配置に依存するものの、その拡散範囲への防波堤整備による影響は小さい。

等の知見を得た。

従って、防波堤の建設及び改訂後の港湾計画事業により顕著な影響を受けるのは両津港港湾区域における防波堤内の航路や泊地に相当する海域に限られ、加茂湖内への流況と水質環境へ与える影響は非常に小さいと考えられる。

メッシュサイズが異なる境界上での補間について

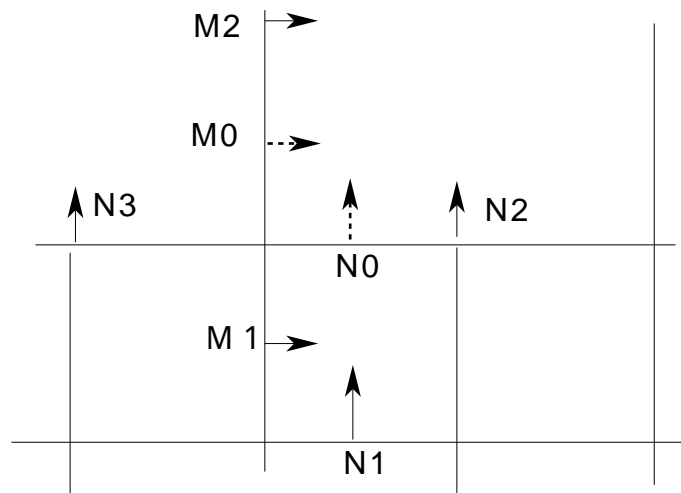
津波予測シミュレーションでは、計算対象領域における各メッシュ毎に流量と水位を計算しておりますが、要求精度と計算効率の点で同一サイズのメッシュで分割せずに、沖合では粗いメッシュを適用し、海岸に接近するに連れてメッシュを細分化することが一般的です。

例えば、メッシュサイズを2分割で順次細分化するケースで、メッシュサイズが異なる境界上では、線形補間により各メッシュで計算に必要な値を求めます。



流量の補間

大小各メッシュで流量が既知の時、次ステップで流量 (M 1 , N 1) を計算するのに必要な境界上の流量 (M 0 , N 0) は内挿補間により求める。



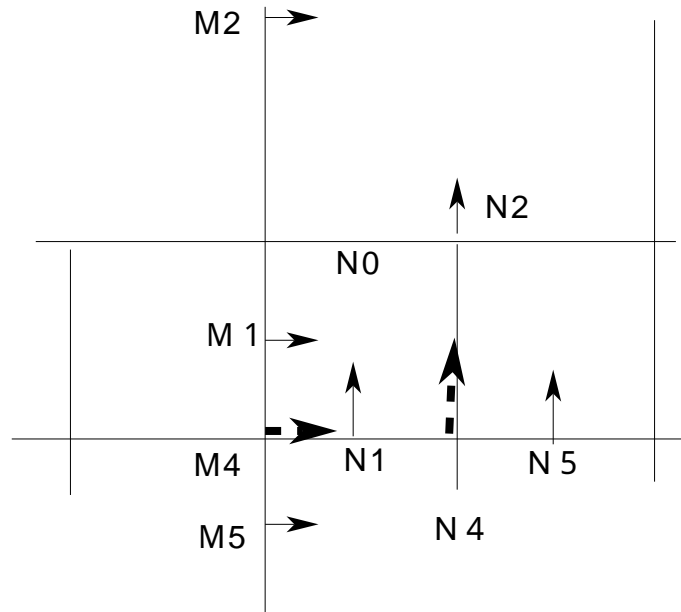
この時、

$$M_0 = (2 \times M_2 + M_1) / 3$$

$$N_0 = (3 \times N_2 + N_3) / 4$$

で計算できる。

また、同様に1,000mメッシュ上の流量 (M_2, N_2) を計算するのに必要な境界上の流量 (M_4, N_4) は内挿補間により求める。



この時、

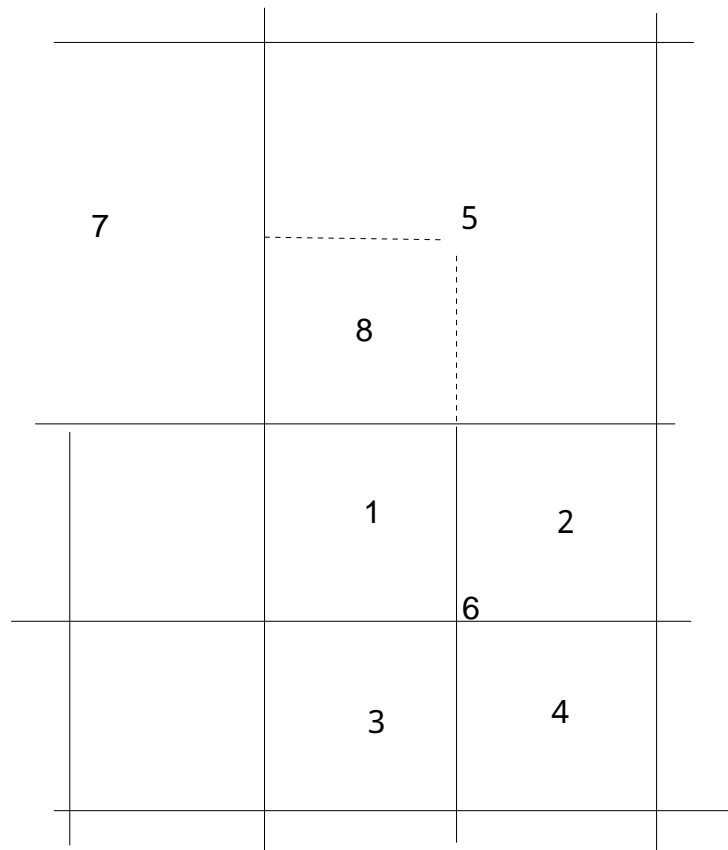
$$M_4 = (M_1 + M_5) / 2$$

$$N_4 = (N_1 + N_5) / 2$$

で計算できる。

水位の補間

大小各メッシュで水位が既知の時、次ステップで1,000mメッシュに対応する境界上の水位 ϕ は内挿補間により求める。



この時、

$$6 = (1 + 2 + 3 + 4) / 4$$

で計算できる。

同様に、500mメッシュに対応する境界上の水位 8 は内挿補間により、

$$8 = (2 \times 1 + 3 \times 3 + 7) / 6$$

で計算できる。

(財)電力中央研究所 御中

4成分イオンの取り扱いについて

平成10年4月
(株)社会情報システム

1.はじめに

線形吸着及び移流拡散現象を対象とした地中物質輸送シミュレーションモデルを基に、さらに一般化を進めて4成分溶質を対象とする1価及び2価イオン交換反応のモデル化について検討した。その検討に当たっては、3成分モデルと同様に、以下の前提を想定した。

- ・トレーサーのカラム内移行を検証するために1次元空間における遅延現象を対象
- ・物理的挙動 - 媒体内の吸着、離脱挙動及び移流拡散プロセス - に対し化学的平衡は常に成立
- ・イオン交換を含む全プロセスを通じて、成分総量は保存

2. シミュレーションモデルの概要

2.1 モデル方程式

モデルの未知関数は、4成分核種- i を添字(1, 2, 3, 4)として各成分の液相濃度(C_1, C_2, C_3, C_4)、及び固相濃度(q_1, q_2, q_3, q_4)とすれば、成分数の2倍の8つの方程式が与えられる。

未知関数の数 = 成分の2倍 = (成分数の拡散方程式) + (成分数 - 1の平衡方程式) + (1つの保存方程式)

(1) 拡散方程式

4成分に対して、次の4式が成立する。

$$\theta \cdot \frac{\partial C_i}{\partial t} + \rho_b \cdot \frac{\partial q_i}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial C_i}{\partial x} = \theta \cdot D \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - \lambda_i (\theta \cdot C_i + \rho_b \cdot q_i)$$

ここで、

θ : 体積含有率 ($\theta = f \cdot S$ 、飽和帯の場合、空隙率 f に一致)、

C_i : 成分 i の液相中濃度、 q_i : 成分 i の固相中吸着量、

ρ_b : 見かけの密度 ($\rho_b = (1 - f) \cdot \rho_s$ 、 ρ_s は真密度)、

v : 地下水流速、 D : 分散係数、 λ_i : 崩壊定数

である。

(2) 平衡方程式

4成分に対して、4 - 1個のイオン交換反応式が成立する。これより、イオン交換平衡定数である3個の選択係数が一意に決定される。例として、以下の5ケースを想定した。

ケース1 (1価、1価、2価、2価の例)

1価のイオン成分 C_1 に対する1価イオン C_2 及び2価イオン C_3 、 C_4 の選択係数は、次式で表される。

$$K_2^1 = \frac{k_d^1}{k_d^2} = \frac{q_1}{C_1} \bigg/ \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1 \cdot C_2}{C_1 \cdot q_2}$$

$$K_3^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^3} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \bigg/ \frac{q_3}{C_3} = \frac{q_1^2 \cdot C_3}{C_1^2 \cdot q_3}$$

$$K_4^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^4} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \bigg/ \frac{q_4}{C_4} = \frac{q_1^2 \cdot C_4}{C_1^2 \cdot q_4}$$

ケース2 (1価、2価、2価、2価の例)

1価のイオン成分 C_1 に対する2価イオン C_2 、 C_3 、 C_4 の選択係数は、次式で表される。

$$K_2^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^2} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \bigg/ \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1^2 \cdot C_2}{C_1^2 \cdot q_2}$$

$$K_3^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^3} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \bigg/ \frac{q_3}{C_3} = \frac{q_1^2 \cdot C_3}{C_1^2 \cdot q_3}$$

$$K_4^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^4} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \bigg/ \frac{q_4}{C_4} = \frac{q_1^2 \cdot C_4}{C_1^2 \cdot q_4}$$

ケース3 (1価、1価、1価、2価の例)

1価のイオン成分 C_1 に対する1価イオン C_2 、 C_3 及び2価イオン C_4 の選択係数は、次式で表される。

$$K_2^1 = \frac{k_d^1}{k_d^2} = \frac{q_1}{C_1} \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1 \cdot C_2}{C_1 \cdot q_2}$$

$$K_3^1 = \frac{k_d^1}{k_d^3} = \frac{q_1}{C_1} \frac{q_3}{C_3} = \frac{q_1 \cdot C_3}{C_1 \cdot q_3}$$

$$K_4^1 = \frac{(k_d^1)^2}{k_d^4} = \left(\frac{q_1}{C_1} \right)^2 \frac{q_4}{C_4} = \frac{q_1^2 \cdot C_4}{C_1^2 \cdot q_4}$$

ケース4 (1価、1価、1価、1価の例)

1価のイオン成分 C_1 に対する1価イオン C_2 、 C_3 、 C_4 の選択係数は、次式で表される。

$$K_2^1 = \frac{k_d^1}{k_d^2} = \frac{q_1}{C_1} \frac{q_2}{C_2} = \frac{q_1 \cdot C_2}{C_1 \cdot q_2}$$

$$K_3^1 = \frac{k_d^1}{k_d^3} = \frac{q_1}{C_1} \frac{q_3}{C_3} = \frac{q_1 \cdot C_3}{C_1 \cdot q_3}$$

$$K_4^1 = \frac{k_d^1}{k_d^4} = \frac{q_1}{C_1} \frac{q_4}{C_4} = \frac{q_1 \cdot C_4}{C_1 \cdot q_4}$$

ケース5 (2価、2価、2価、2価の例)

2価のイオン成分 C_1 に対する2価イオン C_2 、 C_3 、 C_4 の選択係数は、次式で表される。

$$K_2^1 = \frac{(k_d^1)^2}{(k_d^2)^2} = \frac{\left(\frac{q_1}{C_1}\right)^2}{\left(\frac{q_2}{C_2}\right)^2} = \frac{q_1^2 \cdot C_2^2}{C_1^2 \cdot q_2^2}$$

$$K_3^1 = \frac{(k_d^1)^2}{(k_d^3)^2} = \frac{\left(\frac{q_1}{C_1}\right)^2}{\left(\frac{q_3}{C_3}\right)^2} = \frac{q_1^2 \cdot C_3^2}{C_1^2 \cdot q_3^2}$$

$$K_4^1 = \frac{(k_d^1)^2}{(k_d^4)^2} = \frac{\left(\frac{q_1}{C_1}\right)^2}{\left(\frac{q_4}{C_4}\right)^2} = \frac{q_1^2 \cdot C_4^2}{C_1^2 \cdot q_4^2}$$

(3) 保存方程式

各成分の固相交換容量は一定 (q_T) となることから、次の方程式が成立する。

各ケースとも

$$q_1 + q_2 + q_3 + q_4 = q_T$$

(4) 吸着量

各ケースの平衡方程式と保存方程式を連立させて、吸着量 q とその変化率 $\frac{\partial q}{\partial t}$ を代数的に求めた。この導出については付録にまとめた。

一般に、各ケースの ($q_i, \frac{\partial q_i}{\partial t}$) が次の形式で求められた場合、

$$\cdot q_i = q_i(C_i, K_2, K_3, K_4, q_T) \quad i=1,2,3,4$$

$$\cdot \frac{\partial q_i}{\partial t} = A_1 \frac{\partial C_1}{\partial t} + A_2 \frac{\partial C_2}{\partial t} + A_3 \frac{\partial C_3}{\partial t} + A_4 \frac{\partial C_4}{\partial t}$$

$$A_i = A_i(C_i, K_2, K_3, K_4, q_T)$$

拡散方程式の離散化に当たっては、

$$\theta \cdot \frac{\partial C_i}{\partial t} + \rho b \cdot \frac{\partial q_i}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial C_i}{\partial x} = \theta \cdot D \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} - \lambda_i (\theta \cdot C_i + \rho b \cdot q_i)$$

($q_i, \frac{\partial q_i}{\partial t}$) の項における変数の時間ステップを次のように使い分ける。

まず、すべての変数が既知である時間ステップを n 、時間幅 Δt とし、

$$\cdot q_i^n = q_i(C_i^n, K_2, K_3, K_4, q_T)$$

$$\cdot \frac{\partial q_i}{\partial t} \Rightarrow A_i \frac{\partial C_i}{\partial t} = A_i \frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\Delta t} \quad (\text{成分 } i \text{ 同士については前進差分})$$

$$A_j \frac{\partial C_j}{\partial t} = A_j \frac{C_j^n - C_j^{n-1}}{\Delta t} \quad (\text{成分 } j \text{ } i \text{ については後退差分})$$

により、適用する差分方程式系に対して時間積分を実施する。

具体例として成分- i について、移流項についてはアップ・ウインド法を適用した差分方程式を次に示す。

$$\begin{aligned} & \theta \cdot \frac{C_{i,l}^{n+1} - C_{i,l}^n}{\Delta t} + \rho b \cdot \left(A_i \frac{C_{i,l}^{n+1} - C_{i,l}^n}{\Delta t} + A_{\neq i} \frac{C_{j,l}^n - C_{j,l}^{n-1}}{\Delta t} \right) + v \cdot \frac{C_{i,l}^n - C_{i,l-1}^n}{\Delta x} \\ & = \theta \cdot D \cdot \frac{C_{i,l+1}^n - 2C_{i,l}^n + C_{i,l-1}^n}{\Delta x^2} - \lambda_i (\theta \cdot C_i^n + \rho b \cdot q_i^n) \end{aligned}$$

但し、カラム内地下水流速を鉛直下向きに正とした。また、添字- l は鉛直下向き座標のインデックスである。

本節の検討により、3成分モデルと同様4成分2価までのイオン交換反応を考慮したモデルが扱えることがわかった。

$$\alpha = \frac{C_{Ca} \cdot K_{Mg}^{Cs} + C_{Mg} \cdot K_{Ca}^{Cs}}{C_{Cs}^2 \cdot K_{Ca}^{Cs} \cdot K_{Mg}^{Cs}} \quad \text{とおいて}$$

$$q_{Cs} = \frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha \cdot q_T}}{2\alpha}$$

$$q_{Ca} = \frac{C_{Ca}}{C_{Cs}^2 \cdot K_{Ca}^{Cs}} \left(\frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha \cdot q_T}}{2\alpha} \right)^2$$

$$q_{Mg} = \frac{C_{Mg}}{C_{Cs}^2 \cdot K_{Mg}^{Cs}} \left(\frac{-1 + \sqrt{1 + 4\alpha \cdot q_T}}{2\alpha} \right)^2$$

が成立する。

ケース2

$$\beta = \frac{C_{Cl}}{C_{NO_3} \cdot K_{Cl}^{NO_3}}, \quad \gamma = \frac{C_{SO_4}}{C_{NO_3}^2 \cdot K_{SO_4}^{NO_3}} \quad \text{と} \text{お} \text{い} \text{て}$$

$$q_{NO_3} = \frac{-(1+\beta) + \sqrt{(1+\beta)^2 + 4\gamma \cdot q_T}}{2\gamma}$$

$$q_{Cl} = \beta \cdot q_{NO_3}$$

$$q_{SO_4} = \gamma \cdot q_{NO_3}^2$$

が成立する。

2.2 離散化モデル

上記のモデル方程式を連立させ、1次元カラムを離散化した計算量域において、数値積分のために差分方程式（アップウインドスキーム）を適用する。

4成分核種の液相濃度、固相濃度を未知関数とした差分方程式の展開形式については、後掲するプログラム説明に記載する通りである。

なお、計算対象のカラムのレイアウトと境界条件の設定例を示す。

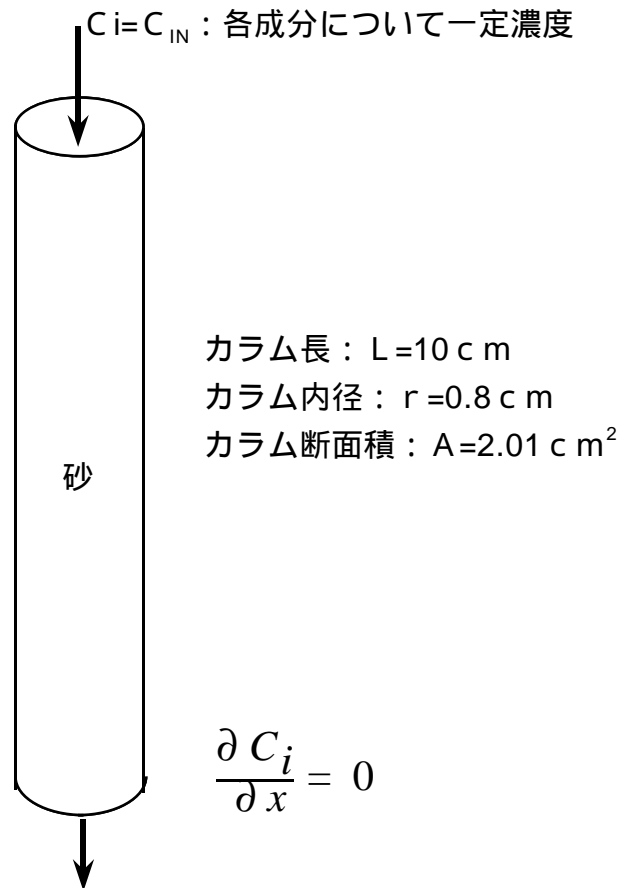


図1 計算レイアウト

(株) 電力計算センター 御中

**タスクフォースの計算
- イオン交換反応モデルの汎用化 -**

報告書

平成 9 年 3 月

(株) 社会情報システム

目次

1. 目的	1
2. シミュレーションモデルの開発	2
2.1 モデル方程式	2
2.2 シミュレーション解法	4
3. ケーススタディの実施	8
3.1 モデルの検証	8
3.2 計算ケース	9
3.3 計算結果	10
4. ソースプログラム	18

1. 目的

地下水による物質輸送シミュレーションモデル - 多成分溶質の1価イオン交換反応、線形吸着及び移流拡散 - を基に、さらに一般化を進めて、3次元地下解析領域における多成分・多価イオン交換反応を再現・予測するモデルを開発する。

なお、モデル開発に当たっては、以下の観点からの検討を行った。

- ・トレーサーのカラム内移行を検証するためには、1次元遅延現象をモデル化
- ・地中媒体中の流況に応じて、2次元、3次元解析への展開も検討
- ・物理的挙動 - 媒体内の吸着、離脱挙動及び移流拡散プロセス - に対し化学的平衡は常に成立
- ・イオン交換を含む全プロセスを通じて、成分総量は保存

2. シミュレーションモデルの開発

2.1 モデル方程式

モデルの未知関数は、一つの成分に対して、液相濃度及び固相濃度の2つとし、従って、成分数の2倍の方程式が与えられる。

(1) 拡散方程式

$$\begin{aligned} & \theta \frac{\partial C_i}{\partial t} + \rho_b \frac{\partial q_i}{\partial t} + \frac{\partial(u \cdot C_i)}{\partial x} + \frac{\partial(v \cdot C_i)}{\partial y} \\ & = D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + D_i \frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2} - \lambda_i (\theta \cdot C_i + \rho_b q_i) \end{aligned}$$

ここで、

θ : 体積含有率 ($\theta = f \cdot s$ 、飽和帯の場合、空隙率 f に一致)、

C_i : 成分 i の液相中濃度、 q_i : 成分 i の固相中濃度、 ρ_b : 見かけの密度

($\rho_b = (1 - f) \cdot \rho_s$ 、 ρ_s は真密度)、 (u, v) : 地下水流速ベクトル、

D_i : 拡散係数、 λ_i : 崩壊定数

(2) 平衡方程式

全成分 I ($I = i$) に対して、 $I - 1$ 個のイオン交換反応式が成立する。これより、イオン交換平衡定数である $I - 1$ 個の選択係数が一意に決定される。例えば、成分 j に対する成分 i の選択係数は、次式で表される。

$$K_j^i = \frac{k_d^i}{k_d^j} = \frac{q_i / c_i}{q_j / c_j}$$

(3) 保存方程式

各成分の固相交換容量は一定となることから、次の方程式が成立する。

$$q_{T, I} = q_i$$

以上のシステムでは、

未知関数の数 = 成分の 2 倍 = (成分数の拡散方程式) + (成分数 - 1 の平衡方程式) + (1 つの保存方程式)

で未知数の数と方程式の数が一致する。

2.2 シミュレーション解法

モデル方程式を数値的に解析するために、3次元有限差分法を適用する。

(1) 離散化モデル

モデル方程式を数値的に解析するために、計算領域（1次元、または2次元空間）と対象時間帯において、離散化する。

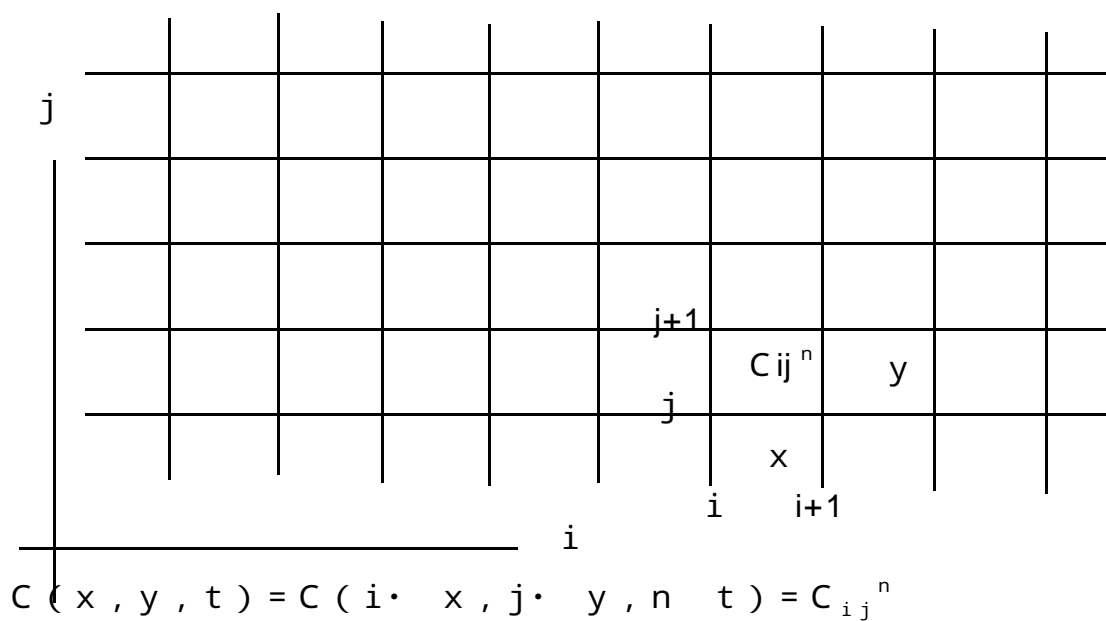


図 2.1 離散化モデル

(2) 数値解析手法

先の拡散方程式を、適切なメッシュ - x , y , z , t - で離散化し、特に対象とする物理系の遅延性を勘案して、最適な差分スキームを適用する。

時間積分による陽解法

また、各時間ステップで

- ・成分間の平衡状態
- ・液相 / 固相の分配状態
- ・固相容量の保存則

が成立するように、与えられた境界条件に対する定常問題を解析する。

反復による陰解法

なお、計算の経済性向上を図る必要があるときは、全部の方程式系を連立させて、そのマトリクス構造を勘案した最適なスキームを検討する。

三重対角形式に対する掃き出し解法（トーマス法等）

こうして、与えられた地下水流況と初期分布、境界条件に対して、多成分多価イオン交換反応モデル方程式を逐次シミュレーション解析することで、任意の時間帯での成分濃度の分布を予測することができる。

各式を左辺に未知関数 $C_{i,j}^{n+1}$ 及び $q_{i,j}^{n+1}$ 、右辺に既知量として差分された連立方程式を整理する。本例では、ADI法適用を前提に、X方向の1次元解析を説明する。2次元領域では、同様に、Y方向の解法を継続する。

$$\alpha_{i,j} C_{i-1,j}^{n+1} + \beta_{i,j} C_{i,j}^{n+1} + \gamma_{i,j} C_{i+1,j}^{n+1} = \varepsilon_{i,j}^n$$

但し、

$\alpha_{i,j}$ 、 $\beta_{i,j}$ 、 $\gamma_{i,j}$ 及び $\varepsilon_{i,j}^n$ は、時間に依存しない係数である。

この差分方程式系は、その係数行列が3重対角行列であるため、未知関数 $\{C_{i,j}^{n+1}\}$ 及び $\{q_{i,j}^{n+1}\}$ に関する連立方程式に次のトーマス法を適用する。ただし、境界での値は、は別途設定された境界条件で与えられるものとする。

計算効率の良いトーマス法では、係数操作により $C_{i,j}^{n+1}$ を消去し、 $C_{i,j}^{n+1}$ については1に正規化する。

$$\begin{bmatrix} 1 & \gamma_{1,j} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \gamma_{2,j} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \gamma_{3,j} & 0 & 0 \\ & & & & & \\ & 0 & & 0 & 1 & \gamma_{i,j} & 0 \\ & & & & & & \\ & & & & & & \\ & 0 & & 0 & & 0 & 1 & \gamma_{I-1,j} \\ & & & & & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} C_{1,j}^{n+1} \\ C_{2,j}^{n+1} \\ C_{3,j}^{n+1} \\ C_{i-1,j}^{n+1} \\ C_{i,j}^{n+1} \\ C_{i+1,j}^{n+1} \\ \\ C_{I-1,j}^{n+1} \\ C_{I,j}^{n+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,j}^n \\ \varepsilon_{2,j}^n \\ \varepsilon_{3,j}^n \\ \varepsilon_{i-1,j}^n \\ \varepsilon_{i,j}^n \\ \varepsilon_{i+1,j}^n \\ \\ \varepsilon_{I-1,j}^n \\ \varepsilon_{I,j}^n \end{bmatrix}$$

したがって、前進掃き出しにより、

$$\gamma'_{1j} = \frac{\beta_{2j} - \frac{\beta_{1j}}{\gamma_{1j}} \gamma_{2j}}{\alpha_{2j} - \frac{\alpha_{1j}}{\gamma_{1j}} \gamma_{2j}}$$

$$\varepsilon'_{1j} = \frac{\varepsilon_{2j} - \frac{\varepsilon_{1j}}{\gamma_{1j}} \gamma_{2j}}{\alpha_{2j} - \frac{\alpha_{1j}}{\gamma_{1j}} \gamma_{2j}}$$

また、後退代入により、

$$\gamma'_{ij} = \frac{\gamma_{ij}}{\beta_{ij} - \alpha_{ij} \gamma'_{i-1,j}}$$

$$\varepsilon'_{ij} = \frac{\varepsilon_{ij} - \alpha_{ij} \varepsilon'_{i-1,j}}{\beta_{ij} - \alpha_{ij} \gamma'_{i-1,j}}$$

$$C_{ij}^{n+1} = \varepsilon'_{ij}$$

$$C_{ij}^{n+1} = \varepsilon'_{ij} - C_{i+1,j}^{n+1} \gamma'_{ij}$$

により解が求められる。

なお、トーマスの解法では丸目による誤差を最小限にするために、

$$|\beta_{ij}| \geq |\alpha_{ij}| + |\gamma_{ij}|$$

であることが必要である。

3. ケーススタディの実施

3.1 モデルの検証

成分の組み合わせ、イオン化傾向、地下水流況等がモデルに与える影響を、数値的に評価する。その上で、実験や実測結果を再現対象としてパラメータサーベイを実施し、特に同定が困難なパラメータを特定する。

3.2 計算ケース

次の15の計算ケースに対し、ケーススタディを実施し、注目する系でのイオン交換反応及び物理的移行による濃度状態をシミュレーション予測する。

また、解析結果をビジュアルに表現し、地下における環境影響評価を工学的に支援する基礎資料を提示する。

表 3.1 計算ケース

計算ケースNo.	Kd (分配係数)	Dx (拡散係数)	K_j^i (選択係数)
1	10	7.0×10^{-3}	0.4
2	50	7.0×10^{-3}	0.4
3	100	7.0×10^{-3}	0.4
4	10	1.0×10^{-3}	0.4
5	50	1.0×10^{-3}	0.4
6	100	1.0×10^{-3}	0.4
7	10	2.0×10^{-3}	0.4
8	50	2.0×10^{-3}	0.4
9	100	2.0×10^{-3}	0.4
10	10	7.0×10^{-3}	0.5
11	50	7.0×10^{-3}	0.5
12	100	7.0×10^{-3}	0.5
13	10	1.0×10^{-3}	0.7
14	50	1.0×10^{-3}	0.7
15	100	1.0×10^{-3}	0.7

3.3 計算結果

ケーススタディ結果から、各成分の時間変化をプロットした。

4. ソースプログラム

第2章 「環境リスク」の概念の整理

2-1 「環境リスク」の概念の全体像

- ・環境リスクには、フィジカルなリスクと社会的リスクの2つがある
- ・フィジカルなリスクとは、環境汚染が人間の健康や生態リスクに与える度合である
- ・社会的リスクとは、企業が環境規制や社会的評価のもとにさらされる危険である。
- ・日本リスク学会では、フィジカルなリスクと社会的リスクが混在している
- ・自然災害は環境リスクと別問題である
- ・「社会的リスク」という用語は今後も検討していく必要がある
- ・フィジカルなリスクは、有害性と暴露性の2つの要素からなる

<委員会における個別のご意見>

○経済学辞典の定義

- ・環境リスクには、フィジカルなリスクと社会的リスクの2つがある。
- ・フィジカルなリスクとは、環境汚染が人間の健康や生態リスクに与える度合である。
- ・社会的リスクとは、企業が環境規制や社会的評価のもとにさらされる危険である。両者は無関係である。
- ・日本リスク学会では、フィジカルなリスクと社会的リスクが混在している。

○米国のテキスト、もしくは環境長期計画の定義

- ・環境リスクシステム (environmental risk system) には、人間に対するリスク (risk to human) と生態系に対するリスク (risk to environment) の2つがある。
- ・社会的リスクは入っていなかった。環境リスクの中に社会的リスクを入れる事は、従来の概念と違う。
- ・環境リスクはフィジカルなリスクという捉え方である。
- ・自然災害は環境リスクと別問題である。

○委員著作の中での定義

- ・環境リスクは、今ある科学の中で証明できるリスク、規制などである程度の不確実性を考えて想定するリスク、更に外側にあるリスク不安という社会的リスクの3つに分けられる。
- ・「社会的リスク」という用語は今後も検討していく必要がある。

○保険に関する議論

- ・環境リスクには、保険で対処できるリスクと本当にリスクを下げることによって対処するリスクの2つがある。
- ・土壌汚染についても汚染があった場合、保険会社の保険はかからない。
- ・環境保険は誰かがほぼリスクがないと断定してかけた保険に対して支払われる。
- ・保険会社の環境保険では、基準に違反していないとして保険料を払った者に対して、基準に違反していることが最終的にわかったものについては払う。

○コンベンショナルな概念

- ・環境リスクはフィジカルなリスクである。
- ・フィジカルなリスクは、有害性と暴露性の2つの要素からなる。
- ・PCBやダイオキシンなどはその毒性にかかわらず、化学的知見とは別に何十倍もの規制が要請される。
- ・地域住民の持つリスクを伴う企業活動への不安は、サイエンス (=フィジカル) ではないソーシャルなリスクである。

(2) 概念の整理

化学物質に起因するリスクの定義について、その概念を整理した。

化学物質に起因するリスクについては科学的知見の観点から大きく以下の6種類に分けられる。

- i. 科学的に危険性が証明できるリスク
- ii. 規制などで不確実性を考えて想定するリスク
- iii. 科学的な知見の解明が済んでいないもの
- iv. 社会的リスクに繋がるもの
- v. 社会的リスク
- vi. 災害事故リスク

さらに、上記を、以下の4つに分類して整理した。ここでは、「環境リスク」の範囲について見直しを行っている。

- I. 「環境リスク」
- II. 「環境リスク不安」
- III. 「社会的リスク」
- IV. 「災害・事故リスク」

「環境リスク」の定義を以下に提案した。

- i. 科学的に危険性が証明できるリスク
 - ii. 規制などで不確実性を考えて想定するリスク
- からなり、さらに
- ・ 受益者と被害者が一致しない場合
 - ・ 受益者と被害者が一致する場合
- に分かれる。
- 受益者と被害者が一致しない場合は、
- ① 環境への有害性 (例: オゾン層破壊のフロンガス)

② 環境経由の直接的有害性

- a) 生態系への影響（例：水生生物影響の亜鉛）
- b) ヒトへの影響（例：水俣病の原因物質水銀（加害者が特定）、焼却炉から出るダイオキシン（加害者不特定））

③ 製品経由の有害性

- c) ヒト（消費者）への影響（例：PCBの製造・使用禁止、家具の塗料等に含まれるホルムアルデヒド（影響あり）、水銀電池廃棄により環境へ放出される水銀（可能性あり））

受益者と被害者が一致する場合は、

- ④ 作業環境によるヒトへの影響（例：作業者の鉛中毒）

「環境リスク不安」の定義を以下に提案した。

iii. 科学的な知見の解明が済んでいないもの

iv. 社会的リスクに繋がるもの

であり、

- ⑤ 生態系への影響不安（例：動植物の絶滅への影響）
- ⑥ 環境系を通じたヒトへの影響不安（例：焼却工場からの微量ダイオキシン）
- ⑦ 製品を通じた消費者への影響不安（例：環境ホルモン）

などであり、科学的な知見の解明が済んでおらず危険性が証明できない（あるいは危険性がないかもしれない）が、心理的・生理的に一般市民が安心を求めため持つ不安、またこのような不安が過剰な報道を引き起こすなど社会的リスクに繋がるものである。

また、「社会的リスク」の定義を以下に提案した。

v. 「社会的リスク」で、

- ・ 報道リスク（例：過剰な報道による企業のイメージダウン）
- ・ 立地特性リスク（例：工場跡地は地価が下がる）
- ・ 消費者の反応（例：所沢のほうれん草の不買）
- ・ 政治リスク（例：過剰な対策を講じることによるコスト増）

など、市場経済への影響である。原因としては、環境リスクに対して誤解を招くような情報提供や一般市民が抱える「環境リスク不安」が過剰な報道を引き起こし、行政が過剰な対策を講じざるを得なくなったりするために起る。

さらに、「災害事故リスク」の定義を以下に提案した。

vi. 「災害事故リスク」で、

- ・ 自然災害や人為的事故が発生するリスク

である。製造工場や輸送車が爆発、燃焼した場合に化学物質が漏洩し、生態系やヒトが被害を受ける可能性があり、「環境リスク」及び「環境リスク不安」の「原因」となり得るものである。

今回の調査においては、上記で定義された

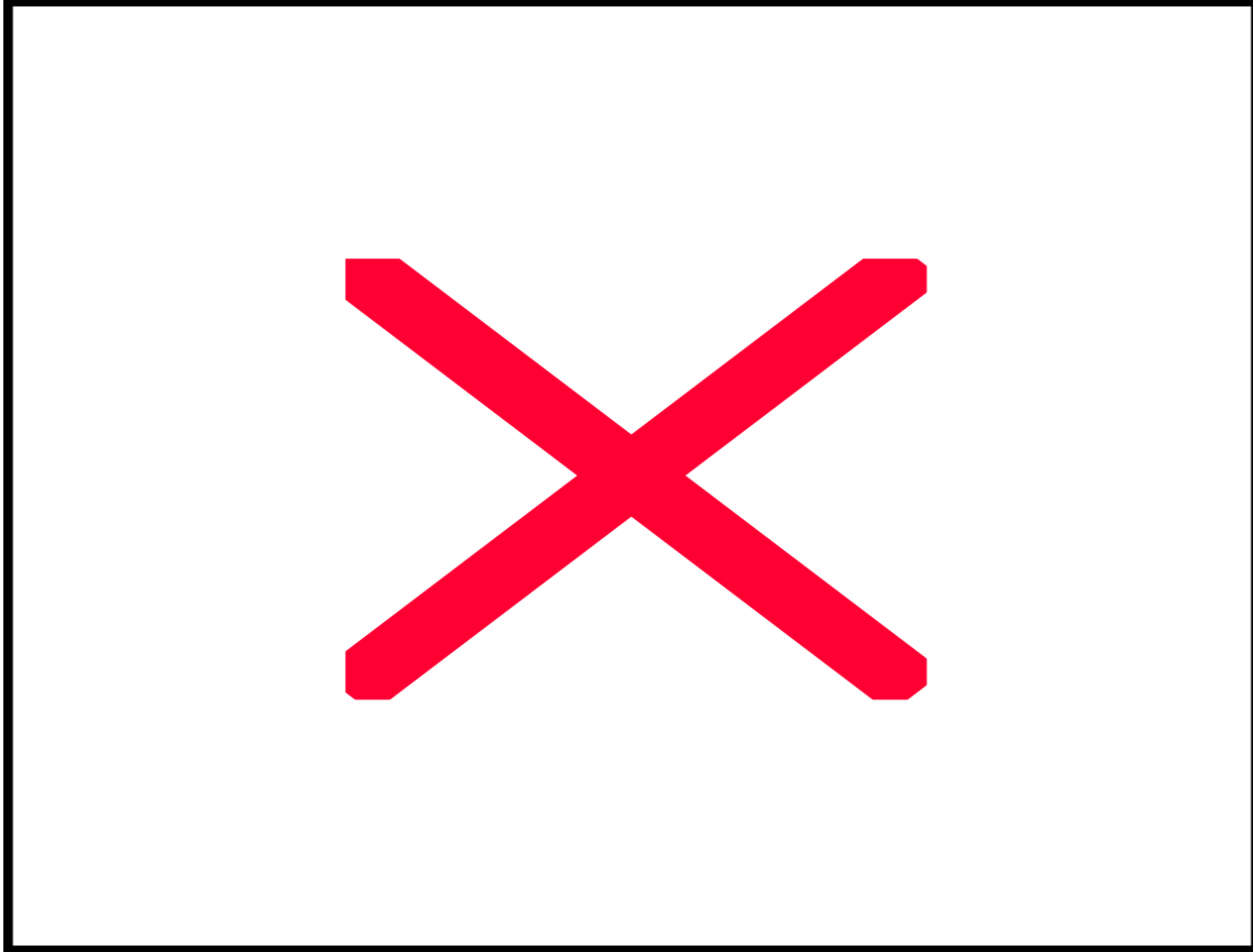
- 「環境リスク」
- 「環境リスク不安」
- 「社会的リスク」

を調査対象とし、「災害・事故リスク」については調査の対象外とした。

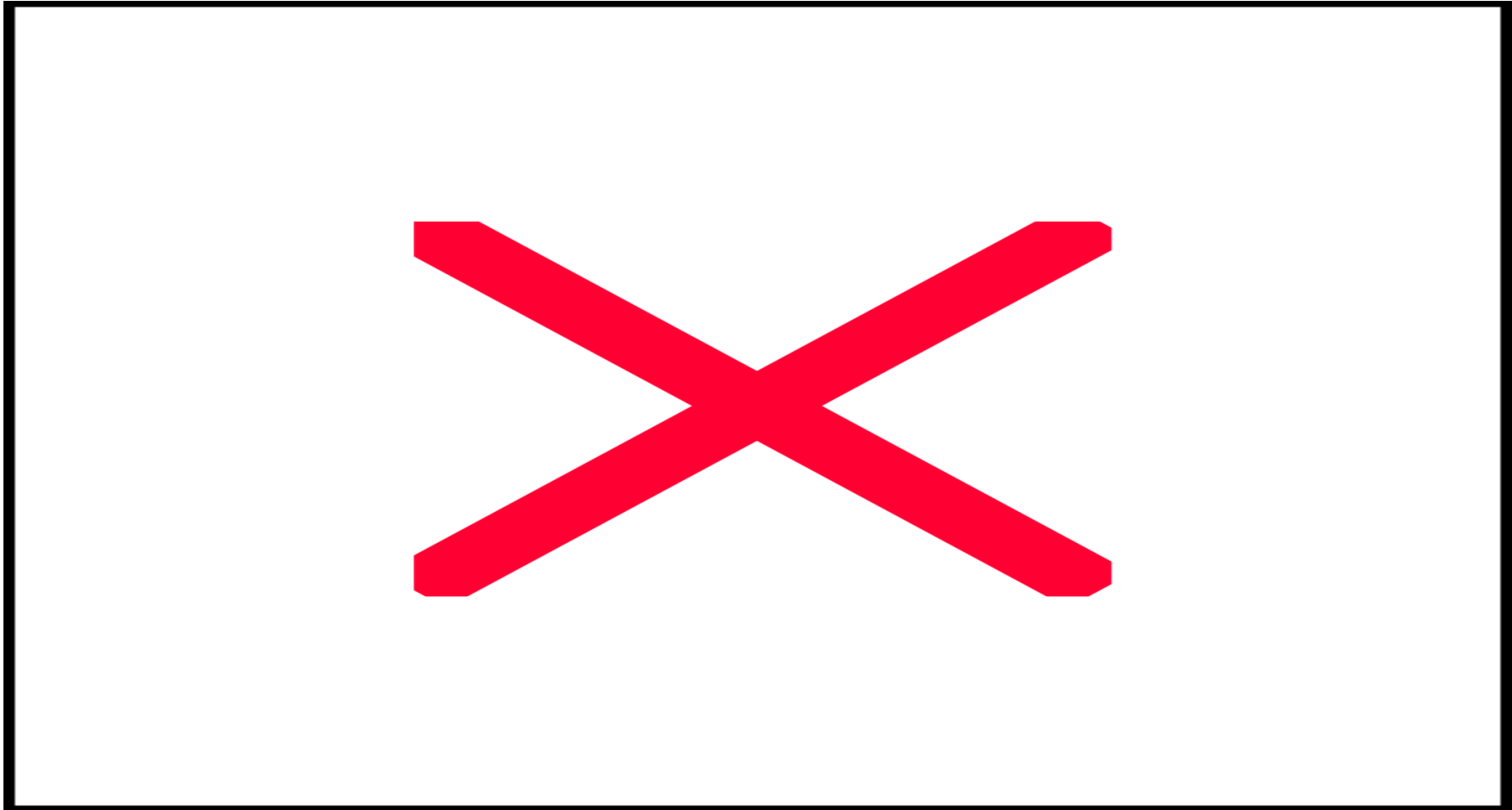
こうした検討を基に、環境リスクの概念図を次図にまとめた。

また、製品のライフサイクルの中で環境リスクの環境配慮設計（DfE:Design for Environmenta）に着目した化学物質リスクを図表に示す。

さらに、社会費用のリスクと利害関係者との対応について、図表に示す。



環境配慮設計 (DfE: Design for Environment) に 着目した化学物質リスク



(3) 有識者によるご意見の概要

○環境リスクの概念図についてのコメント

- ・環境リスク不安という日本語のネーミングに問題を感じるが、こうした心理的不安の解消には情報開示とリスクコミュニケーションの確立が有効である。
- ・社会的リスクは非科学的なリスクでも、社会の反応を見ながら評価することが要求されている。リスク評価として合理的な割り切りでは解決しない。政治的な意味合いでも問題が発生したら何らかの対応が要求される。リスクマネジメントは、こうした社会的リスクに要請される。
- ・環境リスクは、自然科学の分野で定義できるものあり、不確実性を想定したリスクは、リスクアセスメントやリスクマネジメントの対象として区分した方が良い。
- ・作業環境でのリスクは、厚生労働省の扱いで、環境リスク以外に要因も多い。その意味では、この環境リスクの欄外にあってもよい（社会的リスクや環境リスク不安のような位置づけ）。
- ・概念図において、「社会的リスク」と「環境リスク不安」は、オーバーラップしている点がある。概念的には共通する部分が多い。
- ・製品経由の有害性＝ヒト（消費者）への影響を法的に見れば、化審法以外に食品衛生法や家庭を含む生活環境を保全する環境基本法などを含めておくべきである。
- ・作業環境の保安には、事故対応の消防法などを含めておくべきである。

○環境リスクを評価するための指標や手法

- ・化学物質に対する環境リスクの項目を整理し、ソフト的な対策とハード的な対策手法を確認すべきである。
- ・リスクに対して、アセスメント（科学的評価）、マネジメント（アセスメントを基に意志決定、管理）、エバリュエーション（価値評価）の段階があるが、環境リスクにもこうした段階評価ができるのではと思う。
- ・環境リスクについては、科学的にその影響がよくわかっていない化学物質によるものも考えられる。
- ・予防原則の立場で、国際的にも今後は対応すべきであると考えられる。EUでも、REACH規制の導入には、問題が起きる前に予防対策として取り組む姿勢がある。
- ・リスク分析により、科学的根拠の確立のためにも定量評価と有効データの収集は必要である。しかし、日本国内だけの評価分析や規制は、グローバルな環境の下では意味がない。
- ・UNEP（国連環境計画）やEUとの調整、今後環境問題でも日本に大きな影響を与えると考えられる中国の動向などが課題である。EU、米国などの環境先進諸国との相互補完が日本には必要である。
- ・リスクは行政が明確にすべきで、影響が不明であるから規制するといったことが適切であるとはいえない。根拠を示すのが必要で、そのためにはグローバルかつ長期にモニタリ

ングするシステムを整備すべきである。コストの問題もあるので、ニーズを反映した優先順位、例えば発ガン性、発生量などの観点から明確にすべきであろう。

○リスクコミュニケーションについて

・リスクコミュニケーションでは、幅広い情報収集を意味するスキャンと危険性の発生を監視するモニタ機能が要求されている。モニタの感度を上げればノイズを拾うかもしれないが見落としはしない。情報開示の前提としてもこうした機能を活用する必要があり、例えば国際協力が得られれば、多国間で分担してスキャンすれば情報収集や分析コストは軽減できる。

・リスクコミュニケーションは理解の促進にも効果的で色々な意志決定者の参画でコメントを集約することもできる。専門家のリスク評価にも限界があり、責任の分担、長期の課題継続、現時点で科学的に不明事項がある等の課題に対して、国民に公開して判断して貰うという要請がリスクコミュニケーションの登場のきっかけである。なお、こうした価値観の変化には透明性の要求もその原因といえる。

・リスクコミュニケーションのハード対策として、経済的インセンティブを設定することでリスクコミュニケーションを普及させることは可能である。例えば、リスクコミュニケーション対策をしている企業は、環境リスクに対する保険料率を低率にできる優遇策などが手法として考えられる。長期的に見て企業価値の上昇にもつながりメリットは大きい。

・欧州では歴史的に事業者団体がパワーを持っている。ボランティア精神の発露もあり、発言力も強いし、技術者集団が問題意識を持って活動している。日本では、中間的団体が立場的に弱く、パワーがない。

・リスクコミュニケーションは、一般への説明なのか、対策にあたるものなのかといった問題もある。危険であるが産業経済的に必要で便利であるような物質について、代替物質で置き換えるのか、規制するのかといった判断が行政には要求される。

・米国の 33/50 プログラム（自主排出削減プログラム）では、企業の排出削減目標を策定したことで自主的な規制がうまくいった例である。行政の政策基盤の確定、国民の知る権利の満足、環境教育による市民レベルの意識向上なども効果として期待される。

<有識者による個別のご意見>

○環境リスクの概念図についてのコメント

- ・化学物質暴露を素因とするので、ハザード（災害事故）を前提に概念図が構成されているが、こうした環境リスクは狭義の意味ではないか。区分の定義はわかるが、ハザードを伴わない広義の環境リスクもあるはずだ。
- ・化学物質の暴露などの災害を素因としていることはわかるが、環境リスクとしてどういう不確実性があるのかを概念図に説明すべきであると思う。
- ・環境リスクを受け手の側（情報を理解していないグループ、理解しているグループ）で区分しているが、その後の影響の経由パスが右方向に見て、どう関連するのかがわかりにくい。漏れなく重複無く網羅されているのかといった疑問もある。
- ・環境リスクは、自然科学の分野で定義できるものあり、不確実性を想定したリスクは、リスクアセスメントやリスクマネジメントの対象として区分した方が良い。
- ・製品経由の有害性は生態系へ影響を及ぼすこともある。例えば、廃棄された製品が水環境を汚染破壊する例もある。
- ・製品経由の有害性＝ヒト（消費者）への影響を法的に見れば、化審法以外に食品衛生法や家庭を含む生活環境を保全する環境基本法などを含めておくべきである。

- ・作業環境における労働者は自分の領分の知識があるだけで、危険性を納得している訳ではないのではと思う。リスク覚悟の行動を取ることに相当するのは、賃金というインセンティブに対する作業環境の理解である。
- ・情報を理解していないグループ、理解しているグループの区分で、情報とはどの程度の範囲と内容なのかがわからない。また、理解しているグループに対しても環境への有害性、環境経由や製品経由の有害性へ関与するプロセスが必要ではと思う。
- ・「情報を十分に理解しているグループ」には、環境問題の専門家や、活動家、官許 NPO、NGO、マスコミが入るのではと思う。こうした知識人は、よく勉強しているので知識や情報が豊富だ。それ故説明や対応にも配慮すべきであろう。
- ・作業環境でのリスクは、厚生労働省の扱いで、環境リスク以外に要因も多い。その意味では、この環境リスクの欄外にあってもよいのでは（社会的リスクや環境リスク不安のような位置づけ）、環境への有害性、環境経由や製品経由の有害性等のカテゴリーと種類が違う。職場環境と作業環境は違うのか。環境経由で有害性のある場合に職場環境が入るのなら、作業環境は危険を認識している場所との認識なのか。
- ・作業環境の保安には、事故対応の消防法などを含めておくべきである。
- ・環境への有害性は環境経由で生態系へ影響を与えるケースを広義の意味で含むのではと思うが、まずこの区分でも良いような気がする。つまり、環境というフィールドの中に生態系、社会、生活圏、消費者志向などがあるのではと考えられる。
- ・環境リスク不安という日本語のネーミングに問題を感じるが、こうした心理的不安の解

消には情報開示とリスクコミュニケーションの確立が有効である。大げさであるとか、調査してみたなら間違いであった（リスクではなかった）としても、警告の効果もある。膨大な研究成果があっても、リスクがなかったと安心できることもある。報道による不安発生も、報道されないことで見落とされることもある。こうしたリスクの発掘に意味がある。

- ・ 長期的な情報開示活動の継続、話し合いの場を持つような行動に意味がある。
- ・ 環境リスク不安は、予防できないがこうした危険性が予測できるというのならあらゆる可能性をリストアップすることが重要である。リスクコミュニケーションでは、幅広い情報収集を意味するスキャンと危険性の発生を監視するモニタ機能が要求されている。モニタの感度を上げればノイズを拾うかもしれないが見落としはしない。情報開示の前提としてもこうした機能を活用する必要があり、例えば国際協力が得られれば、多国間で分担してスキャンすれば情報収集や分析コストは軽減できる。こうした情報収集や分析は、専門的な知識と時間が必要である。CDC や WHO は、信頼性があり、情報が自然と集まる仕組みが出来ている。
- ・ 欄外に位置する社会的リスクは非科学的なリスクでも、社会の反応を見ながら評価することが要求されている。リスク評価として合理的な割り切りでは解決しない。政治的な意味合いでも問題が発生したら何らかの対応が要求される。リスクマネジメントは、こうした社会的リスクに要請されるものと思われる。
- ・ 環境リスク不安こそ、情報の理解と無理解のグループ分けが有効であると思うのに、こうした区分が何故ないのか。
- ・ また、環境リスク不安の説明区分に、環境リスクの影響として生態系、環境系、製品經由の有害性が列挙しているが、環境への有害性がない。これは、環境への有害性には環境リスク不安を感じないと考えられるためなのか。
- ・ 原発や産廃処理場などは、負の烙印（スティグマ）としてラベルが貼られている。こうした烙印は後から消去しにくい。特定地域へのこうした施設の押しつけは、将来にわたる議論ともなる。地域的な偏りを解消するために長期の環境リスクの課題解決が必要であるが、例えば東京にも原発をとという主張には万が一の事故に対するリスクが大きすぎて現実的でない。地価の下落や観光集客への障害は確かにあるが解決は難しい。一方、雪印やタイレルの事例からも製品への負の烙印は致命的である。商品やブランドに「ケチ」が付くと解消しようがないこともあり、初めに負の烙印を付かないような努力が企業側も必要である。
- ・ 社会的リスクは、本来の環境リスクに対して派生的で増幅しやすい。地域特性によるものなどは計算や測定できないものもある（小学校があって PTA が周辺地域環境に神経質なケースなど）。本来、確率事象として計算できるリスク、データが取得できるリスクを評価すべきであろうが、社会的リスクは推定も定量評価も困難である。

○環境リスクを評価するための指標や手法

- ・環境法制度の参考書は、「環境法 大塚直／著、有斐閣、2002年11月発行」を薦める。
- ・化学物質に対する環境リスクの項目を整理し、ソフト的な対策とハード的な対策手法を確認すべきである。
- ・問題が顕在化した場合に規制することが対策の一つであるが。対処療法としては、あやふやであってもリスクがあることを明らかにし、その影響を調査することが重要であろう。
- ・環境リスクについては、科学的にその影響がよくわかっていない化学物質によるものも考えられる。
- ・様々なリスクがあるが、こうした研究を担う科学者も自分の研究テーマを否定できないため、客観的な優先順位を付けるのは困難である。保険業界なら、事故や死亡率に対する料率算定のノウハウがあるが、環境リスクに対する人間の経済価値を一つの尺度で判定するのは困難である。
- ・リスクに対して、アセスメント（科学的評価）、マネジメント（アセスメントを基に意志決定、管理）、エバリュエーション（価値評価）の段階があるが、環境リスクにもこうした段階評価ができるのではと思う。ベン図の表現で区分できればわかりやすいが、政治的や心理的な評価もあって複雑になるかもしれない。
- ・わが国の環境法制度は、個々の問題に対しては対処療法的な意味で適切に機能しているが長期かつ総合的な問題には、関連する利害関係者や省庁間の調整がうまく機能していないため、スムーズに解決しない。
- ・トップダウン的な図式でいえば、省庁間の足並みが揃えば、地球温暖化やグローバルな公害等の問題も解決に向かうと考えられる。勿論国大的な協調体制があればさらにグローバルな問題へも対処できる。
- ・予防原則の立場で、国際的にも今後は対応すべきであると考えられる。EUでも、REACH規制の導入には、問題が起きる前に予防対策として取り組む姿勢がある。
- ・規制は不要であるといった立場もあるが、行政には一歩踏み込んだ政策が望まれる。
- ・リスク分析により、科学的根拠の確立のためにも定量評価と有効データの収集は必要である。しかし、日本国内だけの評価分析や規制は、グローバルな環境の下では意味がない。農薬規制についても輸入国に対して申し出るように、アジアや世界全体を対象にしたリスク分析制度が必要である。その意味で、日本がこうした行動をリードすべきかもしれないが、スピードとその必要性を訴える姿勢が望まれる。
- ・UNEP（国連環境計画）やラディカルなEUとの調整、今後環境問題でも日本に大きな影響を与えると考えられる中国の動向などが課題である。EU、米国などの環境先進諸国との相互補完が日本には必要である。
- ・中国版のRoHS指令策定の動きもあり、今後のアジア圏の経済成長を前提に、日本でも予防原則で対処する必要性がある。

- ・なお、科学的根拠で規制が必要でないとわかった場合に規制を緩和し、解除できるような仕組みも必要ではないか、といった質問があるが、予防原則の普及には問題である。リスクは行政が明確にすべきで、影響が不明であるから規制するといったことが適切であるとはいえない。根拠を示すのが必要で、そのためにはグローバルかつ長期にモニタリングするシステムを整備すべきである。コストの問題もあるので、ニーズを反映した優先順位、例えば発ガン性、発生量などの観点から明確にすべきであろう。今回の BSE 事件の例でも科学的評価と感情論が混在しており、責任を負う立場や外交面での対応など、噛み合わないことが前提にあるようだ。
- ・RoHS 指令の有害元素規制についても、暴露に至らないレベルでの影響は厳密にはわかっていないこともある。RoHS 指令については、環境問題ではなく貿易問題であるとの意見もある。現時点では、使わないとした評価対策が確立しているが、産業界では不満もあるようだ。
- ・EU では、重金属をターゲットにしている。大気汚染に厳しい日本では脱硫、脱硝装置が普及しているなど、国情によって対応に違いが生じている。クリーン開発メカニズム（CDM）との協調は必要と考えられる。

○リスクコミュニケーションについて

- ・リスクコミュニケーションは理解の促進にも効果的で色々な意志決定者の参画でコメントを集約することもできる。専門家のリスク評価にも限界があり、責任の分担、長期の課題継続、現時点で科学的に不明事項がある等の課題に対して、国民に公開して判断して貰うという要請がリスクコミュニケーションの登場のきっかけである。なお、こうした価値観の変化には透明性の要求もその原因といえる。
- ・リスクマネジメントの導入や普及が有効であるが、その前提は、リスクコミュニケーションの充実である。
- ・日本での環境保全に対する対策として、製品や制度に対する規制を掛けるという行政手段があるが、こうした規制は一旦しきい値を設定すると緩めることができない。BSE に対する全島検査要求のドタバタ劇などは極端から極端に走る傾向の表れである。失敗体験と学習効果を経てリスクコミュニケーションの必要性が認知され、実際は歯がゆい進展ながら、新しいコンセンサスが得られる。
- ・企業サイドの視点から、メーカーや企業と消費者との接点は、マーケティング分析結果や広報組織であろうが、情報公開制度で全社が対応しなければならない様になったことも変化である。環境情報教育によりリスクコミュニケーション的なマインドが根付いた。
- ・リスクコミュニケーションのマニュアルや手順的なこだわりは、効果的でない。簡単で自社で工夫した事例があれば良いのはと思う。広報や議論になれていない日本人の体質

もあるが、お天気キャスターのように何かワンポイントで情報を伝えるスキルは必要であるが、どうも暗黙知の形式化が苦手であるようだ。消費者向けの製品メーカーは、顧客を知っており、こうしたノウハウは蓄積されている。

- ・一般市民の声は、必ずしも環境活動家や消費者団体の意見とは一致しないし、影響されないとも思うが、大衆の行動の引き金にはなるようだ。市民の声は、抽出による入手かインタビューなどが良いのではと思う。
- ・日本人は、諸外国に比べてもリスクゼロへの要求が大きいとはいえない。また、行政や研究者への信頼が高いともいえる。なお、諸外国では、NGO、医者（ホームドクター）などへの信頼が高いようだ。さらに、「安全と安心」についての考え方も、日本人は「安全」は科学的な視点から、「安心」は心理的な側面で判断している。欧米では「安心」という概念が理解できないようであり、「安心」は個人の問題と理解しており、その意味で「安心」を担保する日本行政は過保護であると思う。
- ・リスクコミュニケーションのハード対策として、指標や手法のあり方は専門外でわからないが、経済的インセンティブを設定することでリスクコミュニケーションを普及させることは可能である。例えば、リスクコミュニケーション対策をしている企業は、環境リスクに対する保険料率を低率にできる優遇策などが手法として考えられる。長期的に見て企業価値の上昇にもつながりメリットは大きい。
- ・リスクコミュニケーションを法制度として整備し、規制するよりは、まずルール化のテーマに上げることが必要だ。今は幸い環境ブームで、熱が冷めないうちに定着させたい。こうしたルール化にあたっては、外部への積極的な広報と第三者の意見提出の仕組みが必要である。社会の安全に対する法規体制にも合致する。欧州では、予防原則の観点からREACHの事例があるが、わが国でもこうした事例を参考にした行動が起こっている。
- ・なお、欧州では歴史的に事業者団体がパワーを持っている。ボランティア精神の発露もあり、発言力も強いし、技術者集団が問題意識を持って活動している。日本では、中間的団体が立場的に弱く、パワーがない。NPO や NGO を育成する視点が必要である。パートナーシップを根付かせるために、まずパートナーを育てることが要求されている。
- ・日本でも、東海村の人身事故を経緯に、原子力学会が原子力安全基準を独自に作成する動きがある。これは政府の事故調査委員会とは別に東海村の事故を専門家独自に検証する必要を感じたからだ。また、情報を発信することの重要性も認識されている。
- ・利害関係者の参加で、目に見えないルールを見えるように公開し、ノウハウの蓄積と普及がリスクコミュニケーションを文化として根付かせることが必要である。こうした行動は前倒しに勧めて欲しい。
- ・リスクコミュニケーションは、一般への説明なのか、対策にあたるものなのかといった問題もある。危険であるが産業経済的に必要で便利であるような物質について、代替物質で置き換えるのか、規制するのかといった判断が行政には要求される。
- ・法律の学会では、予防原則は、法律の課題としては外れており、国際的にもテーマとし

ては議論されていない。ドイツでは、1970年代の環境行政の進展を基に、環境に対する事前警戒原則が一般的となり、原子力の安全問題もあって、環境リスクの評価要請が普及した。

- ・なお、原子力安全評価は、イベントに対する確率評価が体系的でわかりやすい。環境リスクは、何が起こるかわからない点で統計的な定義が困難であり、データ収集と分析、結果の開示が望まれる。
- ・科学的分析と政策による規制は違うこともある。化学物質に対するリスクの評価領域と危険と判断される領域の境界ははっきりしていない。カドミウム、水銀や鉛の人体に蓄積される際の危険性も、データでの蓄積量は計量可能であり、魚食の多い食生活でどうかといったことも様々な勧告はあるが、実はよくわからない。
- ・米国の33/50プログラム（自主排出削減プログラム）では、企業の排出削減目標を策定したことで自主的な規制がうまくいった例である。行政の政策基盤の確定、国民の知る権利の満足、環境教育による市民レベルの意識向上なども効果として期待される。

第3章

3-2 自主取組などソフト的リスク低減対策の現状に関する考察

(1) 日本におけるソフト的リスク低減対策の現状

○MSDS、PRT Rなどの制度に関する文献資料は当方にはありません。以前、返却しました。

(2) 米国におけるソフト的リスク低減対策の現状

○行政での取組対策

- EPA (**Environmental Protection Agency**) の研究開発部門では化学物質の毒性値について人間の健康への影響について調査報告を行うために、IRIS¹と呼ばれる広範囲にわたり詳細な情報を集めたデータベースを管理している。IRIS の目的は現地調査や学術研究に基づいた化学物質の現実的な毒性値を提供することにある。
- EPA の有毒化学物質のデータベースは露出評価を行い、また実際のデータから算定された毒性値が含まれており、非常に有用である。これらの測定は、既知の人間の発癌性物質及び動物実験のデータに基づいている。IRIS には現在約 534 種類の化学物質がデータベースに登録されている。
- EPA で用いられている環境リスク評価は以下の 4 つの要素から構成されている：すなわち、有害性検証、用量 - 反応 評価、曝露評価、リスク特性である。IRIS ウェブサイトによると、「IRIS 内のデータは、ある状況下での当該化学物質に関する公衆健康リスク特徴づけに使用でき、そのことが公衆の健康を守るためのリスク管理判断につながることになる」としている。
- EPA における SPFF (**Sustainable Futures Pilot Project**) の主な目的は、一般社会で使用される化学物質の安全確保である。化学物質製造企業は安全性を証明するために、毎年何百万ドルもの費用を毒性のテストに費やしている。生産されている化学物質のうち、2000 程度は医薬品関連、2000 程度は農薬用途、そして残りの 80,000 ほどは通常の市場用途に用いられている。SFPP はコンピューターテクノロジーとデータベースを用いて、PMNs における化学物質の検査の促進を図る実験的な取り組みである。
- SFPP は TSCA5 条によって定められた PMNs における化学物質承認過程を短縮することをその目的としている。多くの場合、中小の化学物質製造企業は大企業のような財政上の資源はなく、このプロセスは時間も費用もかかる困難なものとなりうる。化学物質が潜在的な環境リスクを有しているかを判断する PMN の過程を早めるための実験的プログラムである SFPP が EPA と 2 つの私企業、PPG Industries 社 (化学コーティング製造業者) および Eastman Kodak 社、との間で着手された。関連情報は SFPP のウェブサイト上にある 2 つの白書に記されている。
- 化学物質製造企業は、化学物質が潜在的な環境リスク特性を有するかどうかを判断するために、PMN を提出しなければならない。また EPA では SAR² と呼ばれる分析により、当該化学物質や物質が何らかのリスクを負っているかどうかを予測している。
- EPA に産業界は、化学物質をテストする役割を担わせ、企業自身に負担を負わせている。これによって産業界も資金や時間を節約することにつながる。

¹ Integrated Risk Information System, 統合リスク情報システム

² Structural Activity Relationships, 構造活性相関

○業界団体での取組対策

- CSB (U. S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board) は OSHA や EPA³のような取締機関ではない。CSB は事故原因の調査を行うが、罰金や罰則は与えない。事故の直接の原因は器具の故障や人間のミスまたは予想外の化学反応や他の危険によることが多いが、CSB の究極的な目標は事故の根本的な原因を突き止めることであり、CSB の調査スタッフは化学、機械分野の技術者、産業界の安全問題専門家、それに民間、公共分野からの様々な専門家から構成されており、調査スタッフの多数は化学産業の工場での長年の経験を有している。
- CSB は重大な事例（傷害事例など）に携わることができる権限が付与されているため、リスクに焦点をあわせるのではなく、ダメージ（損害）に焦点をあてた活動を行っている。
- 一方で、CSB の調査は事故の原因究明を行うことで将来における類似事故防止のための提言を目的としている。そのため CSB はリスク評価過程に遡及的ながらも密接に携わっており、また CSB の提言はリスクの軽減・回避方法について将来における問題を先取りしたものであることが求められている。
- SOCMA (Synthetic Organic Chemical Manufacturers Association) はバッチプロセスによる化学物質メーカーの業界団体である。バッチプロセスは、通常中小規模の特殊化学製品、ファインケミカルの製造者を代表している。
- 会員企業によって製造される化学物質は性能向上機能を持つ。つまり製造された化学物質は使用された物質や化学製造法の性能向上に寄与する。食品添加物や活性薬理成分がこれに該当する。また、これらの化学物質は特殊な化学物質製造分野やニッチな化学製造市場を指す“中間物”と呼ばれることもある。中間物の応用範囲は様々な分野や製品に広範囲に渡っている。
- 化学物質データとしては、IUCLID⁴がある。これはヨーロッパ諸国が OECD において HPV Program⁵として任意に始めたものであり、米国では HPV Challenge と呼ばれている。
- ACC (American Chemistry Council) における REACH 対応については、米国企業にはリスク評価を行う規制面からの圧力が強くかかっているが、特に世界的に競争している企業にとっては規制による圧力は競争に不利に働くおそれがある。EU の REACH⁶の取り組みは企業に対して”極度の評価”を義務付けており、企業はその使用法や役割に関わらず危険な化学物質の徹底的な定量的分析を行うことを求められている。
- リスクには2つの要素があり、1つは有害性であり、もう1つは使用と曝露に関するリ

³ Environmental Protection Agency, 米国環境保護庁

⁴ The International Uniform Chemical Information Database, EU 既存化学物質データベース

⁵ High Production Volume Program, 高生産量化学物質プログラム

⁶ Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals, 化学物質の登録、評価、及び認定

スクである。REACH の問題点は化学物質の有害性にのみ注目していることにある。

- REACH はリスクをその有害性の面からのみ定義することによって、化学業界に実際上の困難を不必要に課している。ある種の化学物質は容易に代用物を用いることができないことから、リスクの考慮においては使用と曝露の側面を欠かすことはできない。
- 化学物質の使用法や曝露リスクを考慮しない REACH の規制の結果、米国企業が多くの資源を容易に代用できない化学物質のリスク評価のために割かなければならなくなる危険性がある。企業に対して化学物質の有害性のみを理由として新たな負担を求める前に、使用法や曝露リスクの軽減の程度についての考慮がなされるべきである。
- TSCA は化学業界と EPA の間の対話を促進するのに役立ってきた。特に、TSCA は化学物質の使用法に基づく情報の作成をもたらした。そしてこの情報は 34 種類の PBT⁷に限定した PMN⁸の制度によって大きく補完されてきた。PMN によって企業にはリスク・危険性の管理体制を示す必要が生じたが、過去 5, 6 年に新たに化学物質を PBT s に加えるための申請書は出されていない。PMN s は機密扱いとされている。
- EPA のモデルである PBT `rofiler は企業が化学物質の PBT 特性をモデルするために開発された。

<行政での取組対策>

(1) U.S. Environmental Protection Agency - Office of Research and Development

①EPA-IRIS について

- EPA の研究開発部門では化学物質の毒性値について人間の健康への影響について調査報告を行うために、IRIS⁹と呼ばれる広範囲にわたり詳細な情報を集めたデータベースを管理している。IRIS の目的は現地調査や学術研究に基づいた化学物質の現実的な毒性値を提供することにある。IRIS は単に文献からだけでなく、現地調査からのデータなどを用いることにより毒性値の判断を行っている。毒性値の算定は IRIS データベースの利用者などに判断材料を与えることを目的としている。
- 毒性値は全て慢性値であり、通常以下の 2 点から構成される：
 - 1) 参照値(RFC s)
空気中の 1 立方メートルあたりの毒性量 (単位：マイクログラム)
 - 2) 参考用量(RFD s)
人間の一日体重 1 キログラムあたりの一生に渡る経口摂取量 (単位：ミリグラム)

⁷ Persistent Bioaccumulative and Toxic Chemical, 難分解性化学物質

⁸ Pre-Manufacture Notification, 製造前届出

⁹ Integrated Risk Information System, 統合リスク情報システム

- EPA の有毒化学物質のデータベースは露出評価を行い、また実際のデータから算定された毒性値が含まれており、非常に有用である。これらの測定は、既知の人間の発癌性物質及び動物実験のデータに基づいている。IRIS には現在約 534 種類の化学物質がデータベースに登録されているおり、そして毎年データベースには新たな化学物質が加えられている。化学物質の毒性値評価は通常コントラクターによってなされる。新しい化学物質の毒性値評価は毒性評価委員会の構築を伴う。最初に EPA 内部において検討が行われ、次に化学物質に関する情報は地域オフィスでの検討のために事務局へと送られる。科学者および大学の学者も化学物質の毒性レベルの検討や化学物質に関する学術文献を調べるために調査を行う。こうして全ての内部検討が終了した段階で外部による検討にかけられることになる。学術分野からの化学専門家または産業界関係者からなる特別委員会が組織され、通常ワシントン DC において関連文書や文献について議論される。NRC¹⁰も年間ベースで委員会の結論に検討を加える。これらの検討の結果、化学物質はデータベースに研究結果および調査結果とともに載せられることになる。
- 多くの有害化学物質の中からデータベースへ登録するものを選ぶ流れとしては、まず化学物質は地域管理官によって推薦され、推薦された化学物質は調査およびデータベース登録の”候補に挙げられ”る。候補にあがった化学物質は健康リスクの可能性に基づいて選ばれている。次に EPA 内部の適当な専門家が当該化学物質の責任者として割り当てられる。2004 年には化学物質の一般からの推薦も始まり、現在では一年に 100 件以上の推薦がある。推薦のなかには州政府からのものや、または一般企業からのものまでもある。

②環境リスクの考え方

- EPA で用いられている環境リスク評価は以下の 4 つの要素から構成されている：すなわち、有害性検証、用量 - 反応 評価、曝露評価、リスク特性である。
IRIS ウェブサイトによると、「IRIS 内のデータは、ある状況下での当該化学物質に関する公衆健康リスク特徴づけに使用でき、そのことが公衆の健康を守るためのリスク管理判断につながることになる」としている。
- 基本的なフレームは、用量 - 反応に関する情報を測定することである。用量 - 反応情報は一般的なものであり、特定の事例に集中はしない。例として、IRIS は既知の人間の母集団が癌にかかるのに必要な平均曝露量を提供するが、もしそのデータが存在しない場合には、動物に害を及ぼすと判明している量に関する情報を提供することになる。

(2) Sustainable Futures Pilot Project (以下 SFPP) - The U.S. Environmental Protection Agency (以下 EPA)

①SPFF について

¹⁰ National Research Council, 全米研究委員会

- SFPP の EPA における主な目的は、一般社会で使用される化学物質の安全確保である。化学物質製造企業は安全性を証明するために、毎年何百万ドルもの費用を毒性のテストに費やしている。生産されている化学物質のうち、2000 程度は医薬品関連、2000 程度は農薬用途、そして残りの 80,000 ほどは通常の市場用途に用いられている。SFPP はコンピューターテクノロジーとデータベースを用いて、PMNs における化学物質の検査の促進を図る実験的な取り組みである。
- SFPP は TSCA5 条によって定められた PMNs における化学物質承認過程を短縮することをその目的としている。多くの場合、中小の化学物質製造企業は大企業のような財政上の資源はなく、このプロセスは時間も費用もかかる困難なものとなりうる。化学物質が潜在的な環境リスクを有しているかを判断する PMN の過程を早めるための実験的プログラムである SFPP が EPA と 2 つの私企業、PPG Industries 社（化学コーティング製造業者）および Eastman Kodak 社との間で着手された。関連情報は SFPP のウェブサイト上にある 2 つの白書に記されている。

②環境リスクの考え方

- EPA は環境リスクに関して標準的な見解を持っており、ウェブサイト¹¹において明確に定義されている。

「物質の潜在的なリスク（リスクベース）、または潜在的に相当な生産量と相当または重要な人間の物質に対する曝露またはかなりの環境への排出（曝露ベース）に基づく健康および環境に対する影響に関するデータが未だ存在しない新しい物質」

この定義は SOCMA のものと類似している。環境リスクは”リスクベース”または”曝露ベース”分類わけされており、TSCA5 条(e)において定義されている。

- 化学物質製造企業は、化学物質が潜在的な環境リスク特性を有するかどうかを判断するために、PMN を提出しなければならない。また EPA では SAR12 と呼ばれる分析により、当該化学物質や物質が何らかのリスクを負っているかどうかを予測している。

③企業の経営や社会不安などに影響を与える環境リスクの評価方法

- EPA では産業界が環境リスクの評価および危険な化学物質に関する社会不安の軽減についてより大きな役割を担うことを目指している。EPA はある種の”監視人”として問題の起こりうる箇所を識別することが役割であり、そのためにもテクノロジーにより化学物質の有毒性を早期に判断できるようになることが望ましい。
- 現実には大多数の化学物質は一度もテストされることはない。たとえば建築資材の店のほとんどの品には化学物質が含まれている（密閉剤、コーティング、殺虫剤、塗料などを含む）が、EPA はそれら全ての化学物質が安全であると保証することはできない。し

¹¹ <http://www.epa.gov/opptintr/newchemes/expbased.htm>

¹² Structural Activity Relationships, 構造活性相関

かし一般には政府がこれらの製品の危険性から社会を守っていると考えられている。EPA のできることには限界があり、だからこそ EPA は産業界に化学物質をテストする役割を担わせ、企業自身に負担を負わせている。これによって産業界も資金や時間を節約することにつながる。

<業界団体での取組対策>

(1) U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board - (以下 CSB)

①CSB について

- CSB のウェブサイト¹³には CSB の使命に関する詳細な記載があるが、以下はその抜粋である。:

“CSB は OSHA や EPA¹⁴のような取締機関ではない。議会は CSB をそれらの機関から独立させることで、取締りやその実施の効果に対しての適切な調査を可能にした。

CSB は事故原因の調査を行うが、罰金や罰則は与えない。事故の直接の原因は器具の故障や人間のミスまたは予想外の化学反応や他の危険によることが多いが、CSB の究極的な目標は事故の根本的な原因を突き止めることであり、通常それは安全管理システムの欠如である。CSB の調査スタッフは化学、機械分野の技術者、産業界の安全問題専門家、それに民間、公共分野からの様々な専門家から構成されており、調査スタッフの多数は化学産業の工場での長年の経験を有している。”
- CSB は重大な事例（傷害事例など）に携わることができる権限が付与されているため、リスクに焦点をあわせるのではなく、ダメージ（損害）に焦点をあてた活動を行っている。
- 一方で、CSB の調査は事故の原因究明を行うことで将来における類似事故防止のための提言を目的としている。そのため CSB はリスク評価過程に遡及的ながらも密接に携わっており、また CSB の提言はリスクの軽減・回避方法について将来における問題を先取りしたものであることが求められている。
- CSB はプロセス安全管理分析を用いて、企業が正しくリスクを認識していたかどうかを判断する。例えば、管理が不十分であった場合、危機的状態は認識されていたか、従業員がリスクに対して正しい教育・指導を受けていたか、といったプロセス上の項目を検討するものである。
- CSB は調査対象となった企業に対してリスク軽減のための方策が適切に実施されているか追跡調査を行っている。その目的は、CSB から提示された対応策によってリスクが軽減されているかを確認することである。ただし、CSB がフォローアップレポートを出すより先に、企業が自らリスクを認識し、適切な対応を敷くケースが多い。
- CSB は独立した政府機関であり、同様な業績に基づいた予算配分手法によって成果を計ることを定められてはいない。CSB の有効性は通常毎年発表する調査の数によって評価されてきた。しかしながら、この事例の数によって CSB の成果を判断することは、最終的な目標が事故の減少であることを考えると必ずしも正当なものかどうかは分からない。

¹³ http://www.csb.gov/index.cfm?folder=Mission_History&page=index

¹⁴ Environmental Protection Agency, 米国環境保護庁

②環境リスクの考え方

- CSB では、環境リスクを CSB が一般世間に公表するに至ったものとして捉えている。
- CSB は調査対象とする事故を決定する必要があるが、その際の基準として、当該事故が“死傷または重大な財産的損害”が発生しているかどうか判断の主な考慮要素となる。環境へのダメージは後者に含まれている。

(2) Synthetic Organic Chemical Manufacturers Association(以下 SOCMA)

①SOCMA について

- SOCMA はバッチプロセスによる化学物質メーカーの業界団体である。バッチプロセスとは、通常、契約により“バッチ生産”と呼ばれる注文生産によって製造されるものである。中小規模の特殊化学製品、ファインケミカルの製造者を代表している。バッチプロセス企業は通常は小規模な企業であるが、ダウケミカル社のような大企業もバッチ生産を行っており、SOCMA のメンバーとなっている。
- バッチプロセスとは、通常の継続的な化学物質製造とは異なるプロセスである。以下は SOCMA のホームページで説明されているプロセスの違いである。

“バッチ生産においては、化学者が化学物質を混合して化合物を作りだす。バッチ生産は比較的小規模で行われ、複数の段階を踏む必要があるが、バッチ生産は連続生産では製造することのできない高機能で特殊な化学物質を可能にする。他の製造方法と違い、バッチ生産者は年間に何百もの対品種の化合物を製造できる。それに対し連続生産においては化学物質の反応体を常に供給し続けて連続的に同種の物質を製造する事で、大量生産が可能となる。”
- 会員企業によって製造される化学物質は性能向上機能を持つ。つまり製造された化学物質は使用された物質や化学フォーミュラの性能を向上に寄与する。食品添加物や活性薬理成分がこれに該当する。また、これらの化学物質は特殊な化学物質製造分野やニッチな化学製造市場を指す“中間物”と呼ばれることもある。中間物の応用範囲は様々な分野や製品に広範囲に渡っている。
- SOCMA と ACC15との違いは、ACC は大規模な化学物質市場を代表しており、製造方法の面でも連続生産が主になっており、バッチ生産の SOCMA 企業とは異なっている。また ACC メンバー企業には多くの多国籍企業も含まれている。しかしながら多くの企業は両団体に所属している。

②環境リスクの考え方

- 従来から、緊急対応を要する事例を環境リスクと定義されることが多い。その特徴として 1) 内在的危険性、および 2) 潜在的曝露の二つが挙げられる。
- 曝露のレベルによって区分している。1) 無有害影響量（観測不可能な規模の曝露）と、

¹⁵ American Chemistry Council, 全米化学工業協会

その対極として 2) 日々曝露しているものの二つの切り口がある。曝露レベルは、doze (体重 1 キロ当たりの量 (単位ミリグラム)) を用いており、環境リスクの基本的なフレームとなる。EPA では 100 分の 1 以下の比率を用いている。

- 化学物質データとしては、IUCLID16がある。これはヨーロッパ諸国が OECD において HPV Program¹⁷として任意に始めたものであり、米国では HPV Challenge と呼ばれている。

(3) American Chemistry Council - (以下 ACC)

①REACH について

- 米国企業にはリスク評価を行う規制面からの圧力が強くかかっているが、特に世界的に競争している企業にとっては規制による圧力は競争に不利に働くおそれがある。EU の REACH¹⁸の取り組みは企業に対して” 極度の評価” を義務付けており、企業はその使用法や役割に関わらず危険な化学物質の徹底的な定量的分析を行うことを求められている。
- リスクには 2 つの要素があり、1 つは有害性であり、もう 1 つは使用と曝露に関するリスクである。REACH の問題点は化学物質の有害性にのみ注目していることにある。
- REACH はリスクをその有害性の面からのみ定義することによって、化学業界に実際上の困難を不必要に課している。ある種の化学物質は容易に代用物を用いることができないことから、リスクの考慮においては使用と曝露の側面を欠かすことはできない。鉄鋼業界に例えると、鉄鋼業界では何百、何千もの異なった等級のステンレススチールを製造しておりその多くは特殊な使用目的のために特化して製造されている。REACH の化学リスクの取り扱い方は、まるで鉄鋼業界が全ての種類のスチールを全く同じものとして取り扱うかのようなものになっている。
- 化学物質の使用法や曝露リスクを考慮しない REACH の規制の結果、米国企業が多くの資源を容易に代用できない化学物質のリスク評価のために割かなければならなくなる危険性がある。企業に対して化学物質の有害性のみを理由として新たな負担を求める前に、使用法や曝露リスクの軽減の程度についての考慮がなされるべきである。
- REACH と同様な姿勢を示すものとして、臭素系難燃剤に使用される化学物質の残留性に対する人々の非難がある。確かに残留性は有害だが、この場合は難燃剤という用途に十分な注意を払う必要がある。難燃コーティングは残留しなければ何の意味もない。残留性には確かに問題点もあるが、この場合製品の効果は残留しなければならないことに十分留意する必要がある。

②環境リスクの考え方

- 環境リスクは 1) 化学物質の有害性、および 2) 化学物質の使用・曝露リスクの 2 点に

¹⁶ The International Uniform Chemical Information Database, EU 既存化学物質データベース

¹⁷ High Production Volume Program, 高生産量化学物質プログラム

¹⁸ Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals, 化学物質の登録、評価、及び認定

よって定義される。例えある化学物質が有害だったとしても、その化学物質に関するリスクは使用法や予想される曝露レベルによっては軽減、または消滅させることができる。

ライフ・サイクル・アプローチによって環境リスクを定義することにも、通常の場合ライフサイクルはリスクに対処することのできる一当事者に全体の管理が及ばないことから問題がある。化学物質の製造者やその顧客はしばしば更に顧客を持ち、化学物質は特殊な使用法で用いられたり、またそれを用いてさらに製品が製造されたりする。従って、化学物質が使用された製品に関するリスクは常に顧客の連鎖を上がっていき製造者に帰着するわけではない。

- ・ 実際のフレームは個別企業によって定められるが、ACCはレスポンシブル・ケアを通じてフレームの設定に影響を及ぼしている。

③人の健康や生態系に影響を与える Physical な環境リスクの考え方

- ・ TSCA は化学業界と EPA の間の対話を促進するのに役立ってきた。特に、TSCA は化学物質の使用法に基づく情報の作成をもたらした。そしてこの情報は 34 種類の PBT¹⁹に限定した PMN²⁰の制度によって大きく補完されてきた。PMN によって企業にはリスク・危険性の管理体制を示す必要が生じたが、過去 5, 6 年に新たに化学物質を PBT s に加えるための申請書は出されていない。PMN s は機密扱いとされている。
- ・ EPA のモデルである PBT `rofiler は企業が化学物質の PBT 特性をモデルするために開発された。
- ・ HPV Challenge は、最大規模の有害性の情報に関する産業界の自主的な取り組みであり、大きな成果をあげた。2, 150 種類の化学物質が 2005 年のプログラムの完了までに含まれることになり、これは今までで最大の規模である。
- ・ HPV Challenge の成功は” 十分な知識が存在することを示し、化学系企業は自らが扱っている化学物質について十分な知識がないという考えを退ける” ものである。企業は使用する化学物質の全てのリスクについて知ろうとはしない、という考えは以前では EPA のような政府機関には当然のものとして受け止められてきたが、このプログラムはその逆を示している。情報は単に電子化されて共有されてこなかっただけである。HPV Challenge がこの問題の解決につながった。

④企業経営や社会不安への環境リスクの評価方法

- ・ EPCRA²¹の結果整備された TRI²²プログラムがあげられる。EPA によれば、“EPCRA の主目的は地域社会と市民に地域における化学物質による危険性について情報を公開することである。また” EPCRA の 313 条は州政府および EPA に毎年産業施設から排出また

¹⁹ Persistent Bioaccumulative and Toxic Chemical, 難分解性化学物質

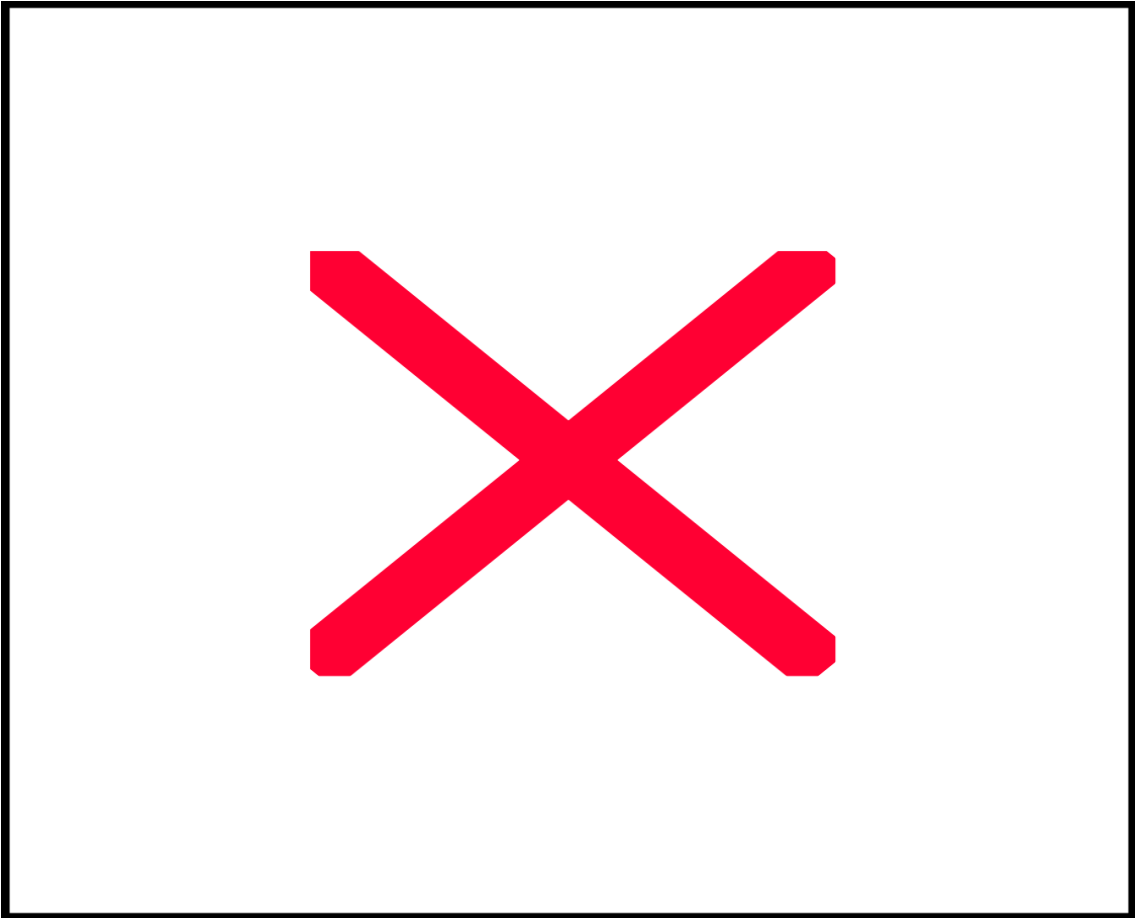
²⁰ Pre-Manufacture Notification, 製造前届出

²¹ Emergency Planning and Community Right-to-Know Act, 緊急計画および住民の知る権利に関する法律

²² Toxic Release Inventory, 有害化学物質排出目録 <http://www.epa.gov/tri/>

は移転される一定の有毒な化学物質に関してデータを収集し、それを TRI によって社会に提供しなければならない”とされている。

- TRI プログラム（”知る権利”）を通して、企業は多くの情報を例えば州政府や地元の緊急対策計画委員会が”施設の性格や関係するリスクについて理解するために、“提供してきた。
- 結果として現在では企業の行動の限界について理解を深め、また情報が公開される前にリスクを軽減または回避する行動を企業が取ることになった。すなわち、TRI はリスク削減の倫理の向上をもたらしたことになる。



3-3 制度面の費用対効果に関する考察

○委員会におけるご意見

- ・ 費用効果分析は（費用／効果）で、費用便益分析は（便益-費用）である。対策をしたときに起こる様々な影響を悪いものと良いものを分けて、悪いものは費用として金銭的に算出し、良いものは物理的な効果として表現する。
- ・ 費用効果分析は、その大きさによって対策や規制の優先順位をつける方法である。優先順位をつけるという意味では費用効果分析の方が望ましい。
- ・ リスク便益分析は基本的には費用効果分析をリスクに関してやっている。リスク便益分析に基本的に単位リスク削減費用を単位リスク削減便益と比較すれば費用便益分析ということになる。
- ・ 便益評価の定量化や金銭化にはスタンダードがある。欧米では、死亡一件減らすのに便益がいくらかというもののオフィシャルバリューがある。定量化に関しては経済分析というよりはリスク評価側のガイドラインにある程度は基づいていると思われる。
- ・ 公共の観点で費用便益を考える場合、例えば人に害を与える媒体で水とか大気とかいう場合と、私有財産で売買の対象になる土地となるとどうなるのかで対策を進めるかどうかの評価が違うものである。企業活動に代表される私的な立場と公的な観点では、評価の難しい問題である。
- ・ 世界的に RIA（規制影響分析）イコール費用便益分析ではない概念も最近出ている。RIAの目的は、アメリカでは効率性の達成、便益と費用を比べて便益がどうなっているかであった。最近ではアカウンタビリティだとか、規制の説明責任、あるいはステークホルダーへの説明が割りと重視されてきている。EUのインパクト・アセスメントは目的としてまずそれを挙げている。

岡委員のコメントがわかりませんでしたので、岸本委員のコメントのみまとめました。

<委員会における個別のご意見>

- ・ 環境リスクの削減効果について、部分的にしか金銭評価はしていないから費用便益分析を積極的にやってないものと、削減効果があるにも拘らず、金銭評価まで全くやっていないものがある。
- ・ 費用効果分析は（費用／効果）で、費用便益分析は（便益-費用）である。対策をしたときに起こる様々な影響を悪いものと良いものを分けて、悪いものは費用として金銭的に算出し、良いものは物理的な効果として表現する。
- ・ 費用効果分析は、健康リスク削減を目指すものとしたら、排出削減量や曝露削減量が健康影響改善量という形で効果一単位を獲得するためにいくらかかっているかということを示すものである。排出ならば1トン排出削減費用であり、効果が健康リスク削減であったら1リスクいくらかかるか、あるいはガン発生を一件減らすのにいくらかかるかというような形で、その大きさによって対策や規制の優先順位をつけるという方法で

ある。

- 費用便益分析は、健康リスク削減まで定量化して、さらにそれを金銭価値化する。便益も費用も金銭の項目にして評価し、便益が費用を上回ったらその対策あるいは規制は社会にとって意味がある、利益が生まれる、といったやり方である。経済学の教科書的に言うと費用便益分析は望ましいとされている。
- 割り算も引き算も基本的には同じことである。優先順位をつけるときに、便益引く費用の純便益というもので優先順位していくときと、割って優先順位をしていくときは当然違うわけで、優先順位をつけるという意味では費用効果分析の方が望ましい。
- リスク便益分析というのは基本的には費用効果分析をリスクに関してやっているものである。我々が行っている健康リスク削減対策に関してやる時、リスクベネフィットあるいはリスク便益分析は実質上費用効果分析と同じことである。リスク便益分析に基本的に単位リスク削減費用を単位リスク削減便益と比較すれば費用便益分析ということになる。何と比較するかによって、費用便益分析にもなる。
- 便益評価の定量化や金銭化にはスタンダードがある。欧米では、死亡一件減らすのに便益がいくらかというもののオフィシャルバリューがある。定量化に関しては経済分析というよりはリスク評価側のガイドラインにある程度は基づいていると思われる。疫学調査や動物実験のデータがあれば変わってくるものだと考えている。
- ラドンの規制の時に、井戸水の飲み水のラドンを規制するかどうかを、費用便益解析、費用効果分析をやったのに、最終的にリジェクトされた。かなり丁寧にやったのに、飲み水の規制は費用がかかりすぎて効果がないということで、最終的にリジェクトされた。こういう費用便益を考える場合、例えば人に害を与える媒体で水とか大気とかいう場合と、私有財産で売買の対象になる土地とかとなるとどうなるのかで対策を進めるかどうかの評価が違うものである。私的な立場と公的な観点では、評価の難しい問題である。製品の中に有害物質が入っているのを除去しようとした場合に、除去することによって売れる確率とかその企業が生き残る確率とか、そういう観点に興味がある。公害問題の頃には環境省は、産業連関的に考えれば総公害投資が与える経済波及効果はプラスという評価をしている。
- 企業活動における公害対策費用のようなケースは、経済影響分析、公平分析と本調査の中で一番下に2つ続いている。影響を受ける人や企業の立場はどうかというような話が多分出ている。最近はそのような推計をすべきであるとか、業界ごとに分類してその業界ごとに売り上げの何%ぐらいと予想されるか、あるいは中小企業に絞ってまさに売り上げの何%、あるいは倒産するかもしれない企業がどのくらいいるか、雇用はどのくらいになるかといった影響を調べるということが、最近の評価書にはかなりの部分で記載されている。
- 出来高でフレキシビリティ・アクトがあつて、要するにそういうことが影響ありと見なされたときに、多少融通を利かして緩和したり、こういう提案を下さいというよう

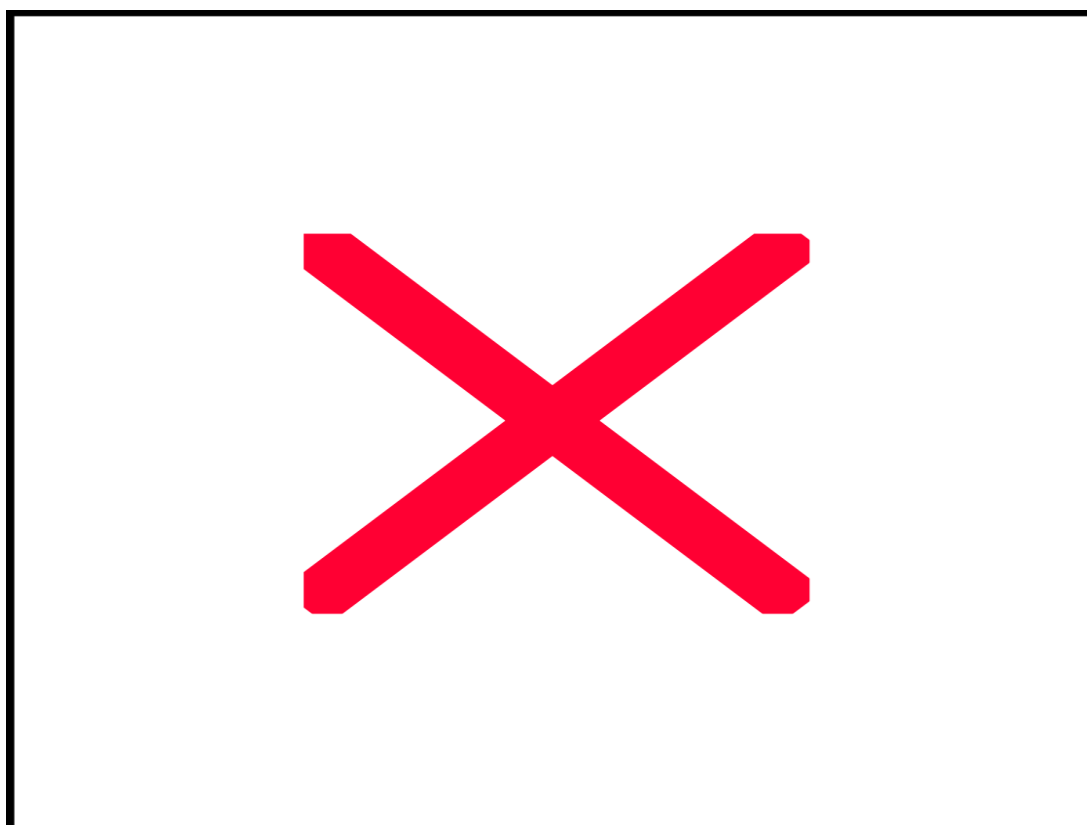
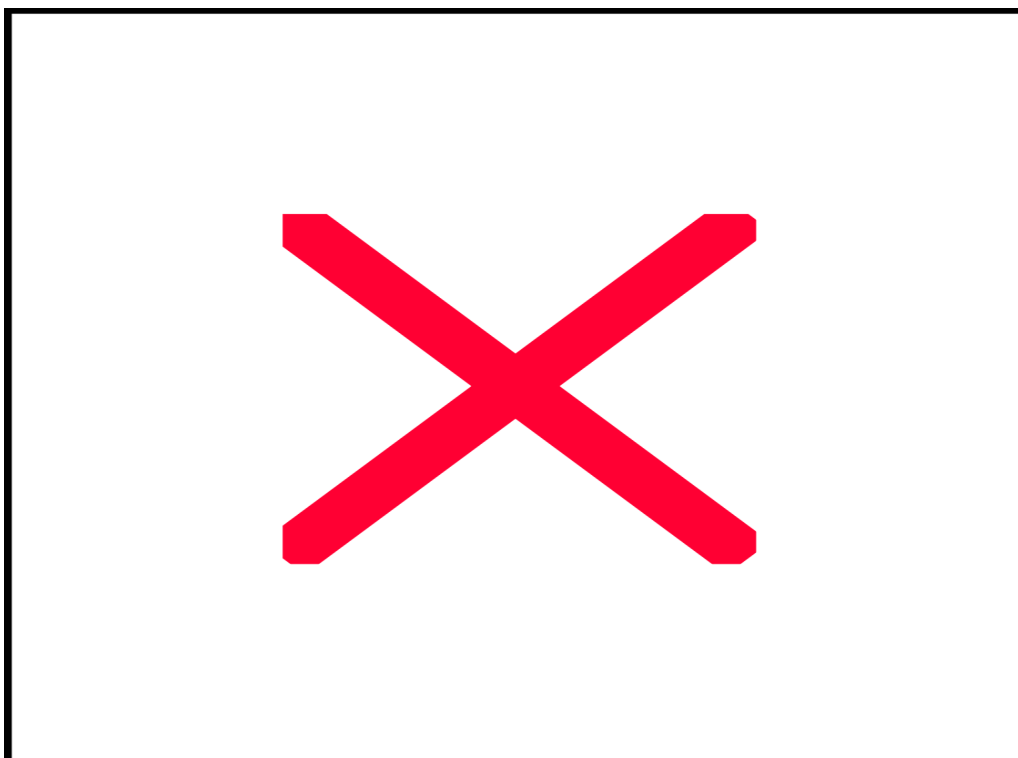
な法律案となる。

- 世界的に RIA（規制影響分析）イコール費用便益分析と世の中では思われていますが、そうではない概念も最近出ている。要するに RIA の目的は何か、アメリカでは効率性の達成、便益と費用を比べて便益がどうなっているかだけであった。最近はお会計だとか、そういう規制の説明責任、あるいはステークホルダーへの説明が割りと重視されてきている。EU のインパクト・アセスメントは目的としてまずそれを挙げている。
- 企業側からすると、学問的ですがごくいいものだと思うが、実際どういうところで投資判断するのか。測定点で一番とか二番とかの濃度が出ている所、これはもう実際に良い悪いは別にしてお金はいくらかかってもいいから下げる。次に量が多いところ、ベスト5に入るようなところだったら、とにかく下げる、2割でもいいから。その時に今話題になっている、潰れるか潰れないか、やっつ潰れるのなら潰してしまえというのが経営陣の考え方です。さっきの四日市の話もそうですが、会社が潰れてもいい、全体の負担の方が大事だということである。
- 企業が個別に判断するっていうのは難しい。行政の中にもリスクが定着すれば、こういうことは必ずしもやらないようになるかもしれない。もうひとつは個別の企業の損得、例えば 10 億円の価値があっても浄化コストが 3 億円かかる、それを反映した社会全体を、国が規制の時に考えなければいけないということは別だってことはある。ある程度分けざるを得ない。だから、例えば三菱化学といった大企業が全部外国に行ってしまったら、日本は大変というのであれば、やはりそこは判断せざるを得ないということになる。それがある種の費用便益のところの便益、命の値段にある程度反映されてきているという気はする。例えば一人の命が失われれば、対策に 5 億とか 6 億円とかかけている。実際の命はそんなに価値はない。だけど実際そこまでかけてきているということは、色々な意味の職業賃金法のようなものから出てきている。
- 企業の意思決定の判断根拠は絶対値よりは相対評価である。要するに、今も状況よりちょっとでもいいところがあればそっちへ行く。ポリシーに基づいてとは口で言ってるだけではないかとも思われる。
- リスク便益分析は、すべての場合に計算はできない。公害問題のときに環境投資をしていたら経済的には上がったというのは嘘と言ったら大げさだが、あれは例えば窒素水俣工業がお金をかけていけば、こういうことは起きなかつただろう。しかし同じ規制が全部の企業にかかったときにどうだったのかという解析は全然されていない。だからあれはやっぱり嘘で、公害出したから日本は繁栄したというわけではなくて、みんなの意識が上がってきたし、生活程度が上がれば、一人の命を救うお金はあがってくるわけで、あの時はやっぱり意識が低かった。
- CO₂ の規制が非常に厳しくなれば海外に移転するだろうけれど、今まで環境対策を理由に海外に切り替えたという話はない。海外の方が環境対策は進んでいる。海外に切り

かえた企業で最新型の環境対策をしてないところはない。

- 環境規制で企業が儲かるという話は確かにある。四日市事業所では排水処理や焼却炉はいいのが残っている。四日市で何か事業をしたい人には、土地もあるし、廃水処理、廃棄処理も格安でできますよとすることができる。
- 企業合同と規制の間に微妙な関係があると思う。例えば今のものより代替品が高ければだれも買わない。その製品で健康被害があるのかどうかと関係なく、代替品を開発しようという意欲が企業にあるように見える。

<Clean Air Act の事例>



第4章 企業からみた「環境リスク」に関する考察

4-1 企業における「環境リスク」の捉え方

○委員会におけるご意見

- ・ 国内企業の競争を有利にしようという REACH の意図は法律に記載している。地域内の産業の活性化が最初にある。
- ・ REACH になって化学物質に関する規制は全部 REACH に集まる原則になった。ところが、RoHS と ELV はまだ REACH に入っていない。REACH に引用されないものは無効だという話になってもおかしくない。
- ・ おかしな規制であっても、EU で法律になってしまった以上対応しなければいけない。対応するためにコストが発生する。そのコストを他社にもイーブンに発生させたい。国内だけでつくっているところや輸入しているところなども公平であるようにすべきだ。
- ・ アメリカと EU はニュートラルアクセプタンスが進んでいる。アメリカで承認されればヨーロッパの技術も自動的に了承されるという流れがあるようで、このままだと日本だけ取り残される。
- ・ 化学物質についての情報については、国の関与とすればいいと思う。それから企業秘密の問題もある。オーディネイションリティというものを国でしっかり管理すればよい。例えば計算した結果の成分情報やリスク情報、例えばリスクがあるレベルより低いということ、出してあげられるような仕組みをつくる。

<委員会における個別のご意見>

- ・ 国内企業の競争を有利にしようという REACH の意図は法律に記載している。地域内の産業の活性化が最初にある。全体で新しい政策を出していく時は、必ず産業の活性化を目的とすることが前提であり、それは環境であろうと同じことである。
- ・ 域内の産業を活発にすることについて具体的なことは書いてないが、外国製品にくらべて優れた製品がより売れるように、環境も配慮した製品に対して環境を配慮していない安かろう、悪かろうといった製品が売れなくなるようにということである。
- ・ リスクとして捉える際に、規制に関する資料を集める必要がある。例えば、RoHS のような資料が無いようなものは、プリコーショナルプレスお墨付きでとっている。だから具体的科学的証拠がなくてもいい。それがプリコーシャルだと。それに対して外国は日本もアメリカもサイエンティックに反論している。だから RoHS はおかしい。
- ・ REACH になって化学物質に関する規制は全部 REACH に集まる原則になった。ところが、RoHS と ELV はまだ REACH に入っていない。あれは RoHS や ELV の含有物質禁止というのがなくなるのではないか。REACH に引用されないものは無効だという話になってもおかしくない。
- ・ 域内の企業はのんびりしているイメージを受けるが、やはり HP などのトップ企業はこういう可能性を常に考えているので、日本と同じくらい準備はかなりまじめにしている。

むしろ、中国で製品をつくらせている日本を疑っているくらいである。中国でつくらせてしっかりとした管理ができはざがないと思われている。

- おかしな規制であっても、ヨーロッパで法律になってしまった以上対応しなければいけない。対応するためにコストが発生する。そのコストを他社にもイーブンに発生させたい。国内だけでつくっているところや輸入しているところなども公平であるようにすべきだ。
- ここ 20 年くらいの化学物質の新規開発の数を調べたら、日本に比べアメリカは相当多い。ただEUは日本に比べて本当に少ない。そこでEUは REACH で新規物質の規制だけ緩めようとした。つまり新規の規制が厳しすぎて、新規開発が進まないということである。だから新規物質のところだけは相当 REACH は緩くしてくるという話となる。
- アメリカとヨーロッパはニュートラルアクセプタンスが進んでいる。裏取引していそうで、アメリカで承認されればヨーロッパの技術も自動的に了承されるという流れがあるようで、このままだと日本だけ取り残される。
- OECDでも米国のEPAのシステムは皆に使える、どうぞ使ってくださいとしている。例えば暴露評価のやり方とかから何まで。どう見ても一緒に進んでいるようにしか思えない。表向きは REACH に反対しているが、システムは共同のものにしようということでEUはアメリカの同意をもらおうとしていると思う。
- 産総研で、次のNEDOプロというプロジェクトをどうするかということで、どう考えても何らかの形の REACH 対応のプロジェクトしか考えられないと思っている。REACH 対応に関して、日本でこういうシステムをつくるから使ってくれでよいのか。
- 当事者である化学業界としては、新規物質に登録するのはアメリカが一番楽だと思う。要するに日本でつくるからたくさんデータを取って登録する時に全部つけて渡すけれど、アメリカの場合はいくつかのデータを渡せば向こうが勝手に評価してくれて足りないデータとしてこれとこれ取るべきと言ってくれる。アメリカで認められて、EUに認められるならこんな楽なことはない。
- 化学物質についての情報については、国の関与とすればいいと思う。それから企業秘密の問題もある。なかなか一般の人たちは情報をだしていけない。オーディネイショナリティというものを国でしっかり管理すればよい。例えば計算した結果の成分情報やリスク情報、例えばリスクがあるレベルより低いということを出してあげられるような仕組みをつくる。あとでみなさんデータを預けてください、という形もあると思う。例えば1トン以下のもので使っていたら届け出が必要とした場合、この製品の使用量は1トン以上か1トン以下かと調べるために、その用途にいくら使っているかについてお客さんに聞いて回らなきゃならない。だけど皆出すのは嫌だ。それでは、その代わりに国が集めてあげればいい。
- 今日日本の化審法の中で一番問題になっているのは他の企業も含めて1トンを越えるかどうかというのを集めてこなくてはならない、でみんな嫌がっている。このせいで、お

互いに生産を妨害することが起こってくる。

- ・ 化審法は少なくとも一社あたり何トンとかにしたいと思っているのだけど、逆に言うと今EUの規制としても全体として何トンという管理が必要になりそうである。

○有識者のご意見

- ・ 環境リスクの中でも、科学的な不確実性（科学的リスク）、社会的な不確実性（社会的リスク）についても分けて考えていかないといけない。
- ・ 環境リスクの中でも風評被害が大きなリスク要因になっている。
- ・ 意図的にリスクと捉えなければならないリスクと、非意図的に発生するリスクがある。意図的に捉えなければならないリスクとは、計量的に計測できるリスクのことであり、化学物質に有害性などがある。非意図的に発生するリスクとは、以前は全く問題にならなかったものが、今日の調査・試験によって、RoHS 指令のように有害性が指摘されることである。意図的・非意図的に関らず、企業が責任をとって担保しなければならないリスクであるという認識である。
- ・ 化審法が生物多様性の面で改正されたが、そのようなリスクを一企業で受けることができない。
- ・ EUにおける REACH を非常に危惧している。化学メーカーから組立・成型会社にも責任を負わせるものと考えている。化学物質の評価を自らが負うことになる。化学的な知見がない企業でも責任を負わなくてはならないことになる。
- ・ ・六価クロム、塩ビ、亜鉛削減は、削減しなければならない状況になっているので、ゼロリスクを目指している。

<有識者の個別のご意見>

- ・ リスクとハザードを混同して解釈している人が多い。
- ・ 環境リスクの中でも、科学的な不確実性（科学的リスク）、社会的な不確実性（社会的リスク）についても分けて考えていかないといけない。
- ・ 環境リスクの中でも風評被害が大きなリスク要因になっていると認識している。
- ・ 意図的にリスクと捉えなければならないリスクと、非意図的に発生するリスクがある。意図的に捉えなければならないリスクとは、計量的に計測できるリスクのことであり、化学物質に有害性などがある。非意図的に発生するリスクとは、以前は全く問題にならなかったものが、今日の調査・試験によって、有害性が指摘されることである。意図的・非意図的に関らず、企業が責任をとって担保しなければならないリスクであるという認識である。そのリスクを軽減するために、専門家や取引先から情報を収集し、自己防衛に努める必要がある。
- ・ 企業が直面しているリスクには、安全だと言われて積極的に使用していたものが、化学的知見が発達するにつれて危険性が表面化してくるリスク、シックハウスや臭いなど製品

の使用段階で発生するリスク、廃棄段階で発生するリスク、ヨーロッパの RoHS 指令に代表される製品規制の施行によるリスクなどがある。

- 自社技術、自社製品に特化しすぎていると、ある物質が規制に対象になってしまった時に今まで強みだったものが、急に弱みになってしまうこともありうる。
- O157 で厚生省が初期に原因がカイワレである疑いがあると発表したことについて、リスク評価の観点から、情報が限られた状況でも疑わしいものについて暫定的な情報を公開したことは評価に値することだと認識している。
- 地域協議会を開いているが、そのような場で、交通事故とのリスクを比較して説明をしても、化学物質によるリスクを理解していただけないのが現実である。
- 企業における一番のリスクは、将来その化学物質が悪いということになった場合、どのような対策を講じればよいのかが分からないことである。後になって、使用している化学物質が悪いと言われても困る。トリクロロエチレンの土壤汚染の問題は、後で発覚して分かったことである。また、化学メーカーから含まれている化学物質を開示してもらえない場合もある。混合物を扱う場合には、含まれている化学物質がリスクとなる。そのため、調達ガイドラインで全ての化学物質を記載するよう防止策を講じている。
- 化審法が生物多様性の面で改正されたが、そのようなリスクを一企業で受けることができない。
- 欧州における REACH を非常に危惧している。化学メーカーから組立・成型会社にも責任を負わせるものかと考えている。化学物質の評価を自らが負うことになる。化学的な知見がない企業でも責任を負わなくてはならないことになり、困っている。
- 六価クロム、塩ビ、亜鉛削減は、削減しなければならない状況になっているので、ゼロリスクを目指している。削減する対象となる化学物質は、名前が有名なもの、マスコミ等で取り上げられやすいものである。また、他社の動向により、追随して削減目標を立てる場合もある。消費者の安心と信頼性確保の観点から、誤報も含めて危惧される情報が企業から出ないことが必要である。
- 環境報告書に記載しているもので、削減目標にしている物質の順位付けは行っていない。世間一般で有害と言われているものを指定して、アピールしている。
- 化学物質の評価自体は、あたるかどうか分からないし、対策が立てられないと考えている。化学物質を作る会社が、そのあたりをやってもらうことを期待している。
- 化学的な裏づけのないままに、科学者のエゴや面子、政治的な背景で規制が決定される事がある。そういった科学的ではない背景による規制の動きを早く察知しなければ、企業は悪者になってしまう。そういった面も企業にとってはリスクになり得る。

○米国企業における環境リスク対策の費用対効果（便益）分析

- ・ 費用対効果分析は”企業がリスクの削減のためにどれだけ費用をかけるのか”、ということを決める手段といえる。企業が重大なリスクを削減しようとするのは企業の利潤追求目的のためであり、環境リスクを削減すること自体が目的ではないと考えられている。
- ・ 企業は許容することのできないリスクを削減するために活動している。その一例としては、TRI（有害化学物質排出目録）を通じて、施設からの有害物質の排出量の削減に向けて取り組んでいる。TRIを通じてこういった大量・低リスクの排出物を削減することにより、最低限の費用で全体の排出量の最大限の削減を図っている。
- ・ このような手法を費用対効果分析と呼ぶ代わりに、費用効率性という表現を用いている。費用効率性という表現には費用対効果分析の場合に伴う否定的な意味はなく、企業が環境リスク削減に必要な資源を最も効率の良い形で用いているということを意味する。費用対効果分析は効果とは社会の利益であると考えられている政府機関の活動に対して用いられるべき表現である。
- ・ 費用対効果の実例としては、二酸化塩素の濃度上昇についての分析が挙げられる。以前ならばEPAの規制にかかるリスクを恐れて1%を超えて二酸化塩素を使用することはなかったが、二酸化塩素の濃度を上げることがビジネス上の利益に繋がると判断した。結果としてコスト削減のみならず、水使用量の削減により環境にも非常に良い影響を与えることに繋がった。
- ・ 費用対効果分析が、有効かどうかは会社の規模、複雑さ、そして財政上の安定性が環境リスクに対して有効な成果が生み出せるかの重要な要素となる。

<米国企業における環境リスク対策の費用対効果（便益）分析>

- ・ NGOなどの多くの人々は費用対効果分析を”トレードオフ”を判断するための手法としてみているが、”トレードオフ”という言葉にはあるリスクについて取り組むことにより、他の重要なリスクが見落とされているという否定的な意味が含まれる（むしろ強調されている）。そして、費用対効果分析は”企業がリスクの削減のためにどれだけ費用をかけるのか”、ということを決める手段として見られているといえる。つまりリスク削減は企業にとって責任でしかなく、効果とは「企業にとっての効果」であり、企業が重大なリスクを削減しようとするのは企業の利潤追求目的のためであり、環境リスクを削減すること自体が目的ではないと考えられている。
- ・ しかし実際には企業は許容することのできないリスクを削減するために活動している。その一例としては、TRI（有害化学物質排出目録）を通じて、施設からの有害物質の排出量の削減に向けて取り組んでいる。幾つかの施設では排出量は多いが、排出される有害物質はしばしば”低リスク”であり、TRIを通じてこういった大量・低リスクの排出

- 物を削減することにより、最低限の費用で全体の排出量の最大限の削減を図っている。
- このような手法を費用対効果分析と呼ぶ代わりに、費用効率性という表現を用いている。費用効率性という表現には費用対効果分析の場合に伴う否定的な意味はなく、企業が環境リスク削減に必要な資源を最も効率の良い形で用いているということの意味する（むしろ強調している）。費用対効果分析は効果とは社会の利益であると考えられている政府機関の活動に対して用いられるべき表現である。
 - 費用対効果の実例としては、前述の二酸化塩素の濃度上昇についての分析が挙げられる。以前ならばEPAの規制にかかるリスクを恐れて1%を超えて二酸化塩素を使用することはなかったが、二酸化塩素の濃度を上げることがビジネス上の利益に繋がると判断した。結果としてコスト削減のみならず、水使用量の削減により環境にも非常に良い影響を与えることに繋がった。
 - PSM に関して言えば、費用対効果の点からは有効性は低いと考えている。関係するデータも有効性を示してはいない。
 - 一般的に有効かどうかは会社の規模、複雑さ、そして財政上の安定性が環境リスクに対して有効な成果が生み出せるかの重要な要素となる。
 - 費用対効果分析に対して懐疑的な見方をしている。
 - 費用対効果分析は環境リスクの計画の中には含まれていない。費用対効果分析は政府への報告のために必要な場合にのみ行われており、政府がそのような規定を設けている場合を除いて、費用分析は環境の安全に関しての理由付けとしては使われていない。費用対効果分析は推定値であり、実際の情報を提供するものだと考えていない。
 - 費用対効果分析は、政府に対する計画書や報告書において規定されていた場合に用いられている。
 - 当社では、組織的に費用対便益効果の分析は行っていない。過去の経営判断は主に法令順守を目的としたものであり、最も費用の低い方法を採用してきた。
 - 規制準拠を目的とした費用対効果の一例として、MACT23に対する準拠が問題となったとき、当社は多くの方式を検討したが、結局 2002-2003 に巨額の投資を必要とした新しい結合材の開発ではなく、ホルムアルデヒド結合材を繊維グラス製断熱材の材料として使い続ける方式を選択した。ホルムアルデヒド結合材を使用しながら MCAT に準拠する安価な手段を発見することに成功したためホルムアルデヒド結合材を使用し続けることが可能だったが、競合する他社はその手段が発見できなかったために MACT 準拠のために多額の費用支出を選択したのだろうと考えている。
 - 漂白過程において使用される二酸化塩素の使用量を意図的に規制量よりも増加することで費用を削減し、また環境にも利益をもたらしたが、費用削減や環境に関する利益のために規制を意図的に超えたことはない。

4-2 企業におけるリスク低減対策の現状に関する考察

²³ Maximum Achievable Control Technology Standards, <http://www.epa.gov/ttn/atw/eparules.html>

○委員会におけるご意見

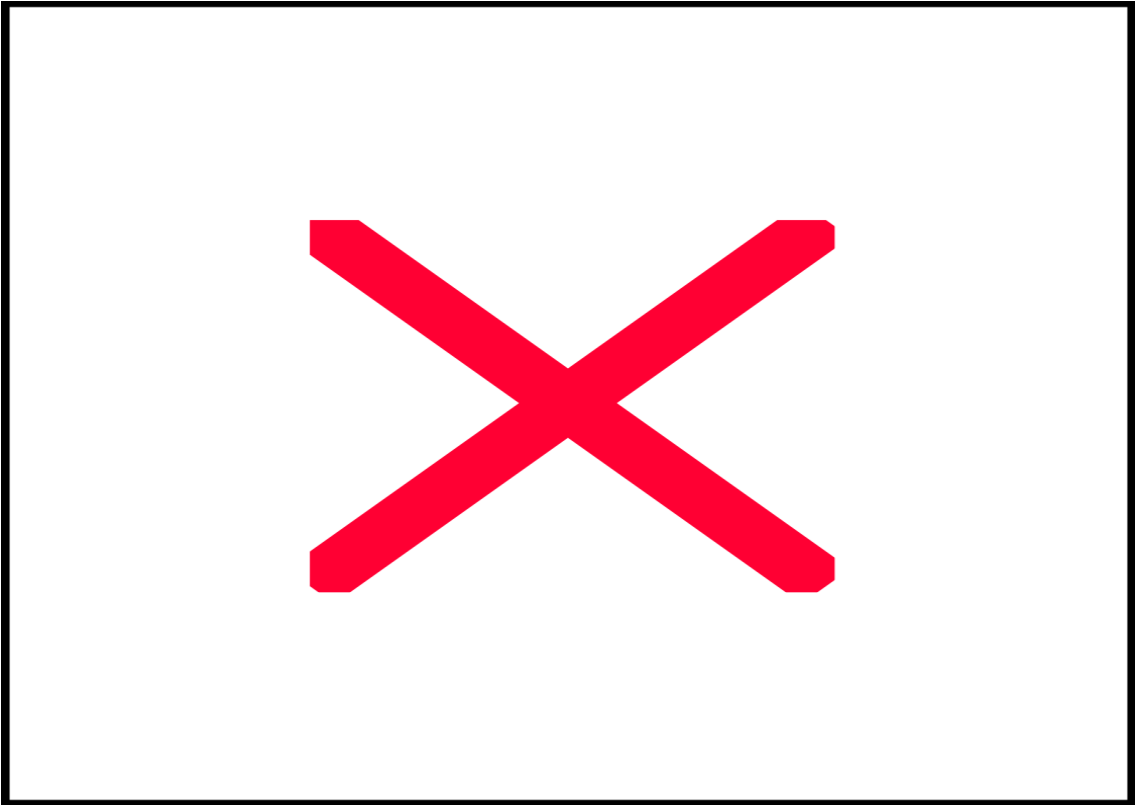
- ・ 土壌・地下水汚染に対して、各企業は汚染を把握し、影響が出ないような処置をしている。問題が発生しても、各方面に影響が波及するのを防ぐために、基本的にはコンビナートの他の企業に伝えない。
- ・ 行政指導に従って対策を行うと、外部の不安はおさまりやすい。工場敷地の外に汚染の影響を及ぼさない限りは、行政に指導を受けることはない。
- ・ 近年になって、汚染の有無に関わらず、数年毎に環境汚染状況の測定・報告を行うことを求めるようになった。
- ・ 汲み上げる水量が一定水準を越える場合、汲み上げにより汚染も移動し、逆効果である。
- ・ 困るのは廃棄物処分場の排水。汲み上げた水には多量の有害物質が含まれており、それを活性炭に沈着させても焼却が困難である。
- ・ 工場敷地で汚染が生じた場合の対策として、売却可能なレベルまで浄化して売るという選択肢はまず無い。
- ・ 従来なら、工場を廃止して汚染物質の排出届を出さないという方策をとっていた。しかし減損会計が導入されるので、売却はしないにしてもキャッシュフローが入る土地にする必要があり、大企業にとっても厳しい。
- ・ 汚染された土地の不動産評価について、資産査定において汚染を考慮する試みが始まっている。一方、固定資産税は安くなる。
- ・ 土地の用途によって全く異なる。工業系の利用ならば売却も可能で、過剰な汚染対策をする必要がない。宅地系の利用の場合は、売却は非常に困難である。
- ・ アメリカのスーパーファンドについては、リスクやコストを考慮するため、汚染基準値は無い。スーパーファンドには、汚染の負担は現在の施設所有者ではなく有害物質が発生した当時の所有者が行うという原則があるため、売買はスムーズに行われる。

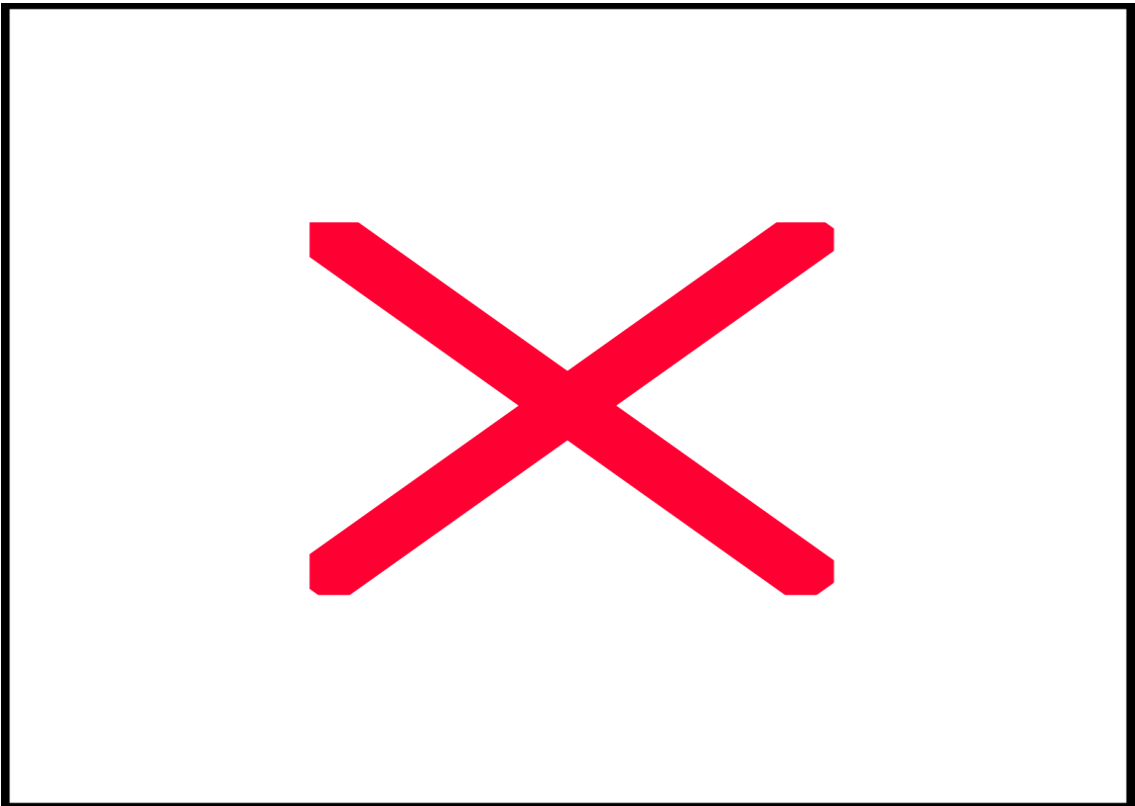
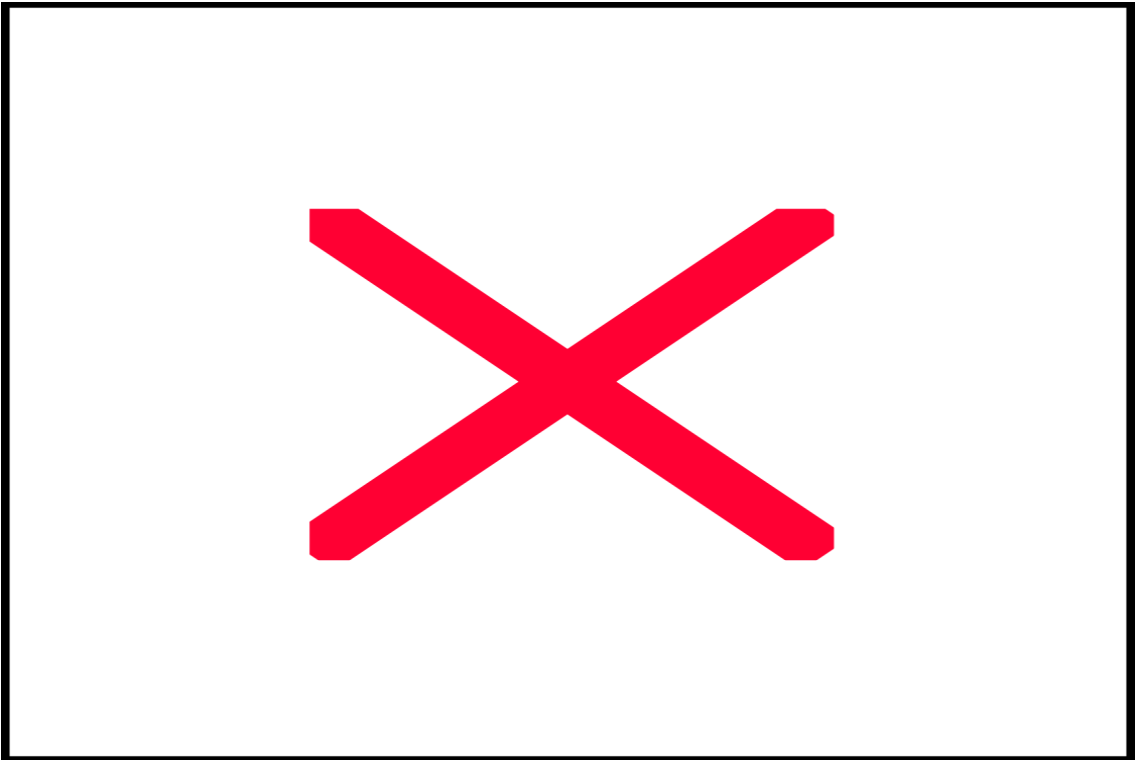
<委員会における個別のご意見>

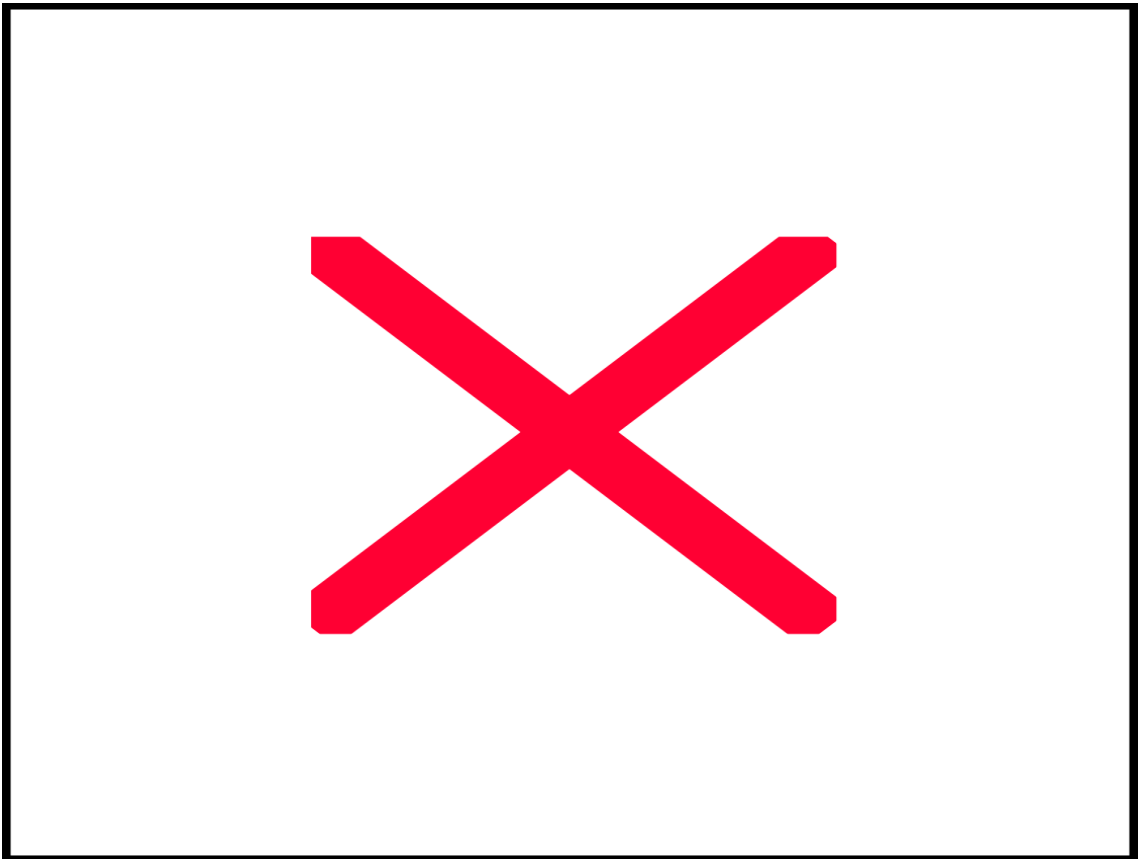
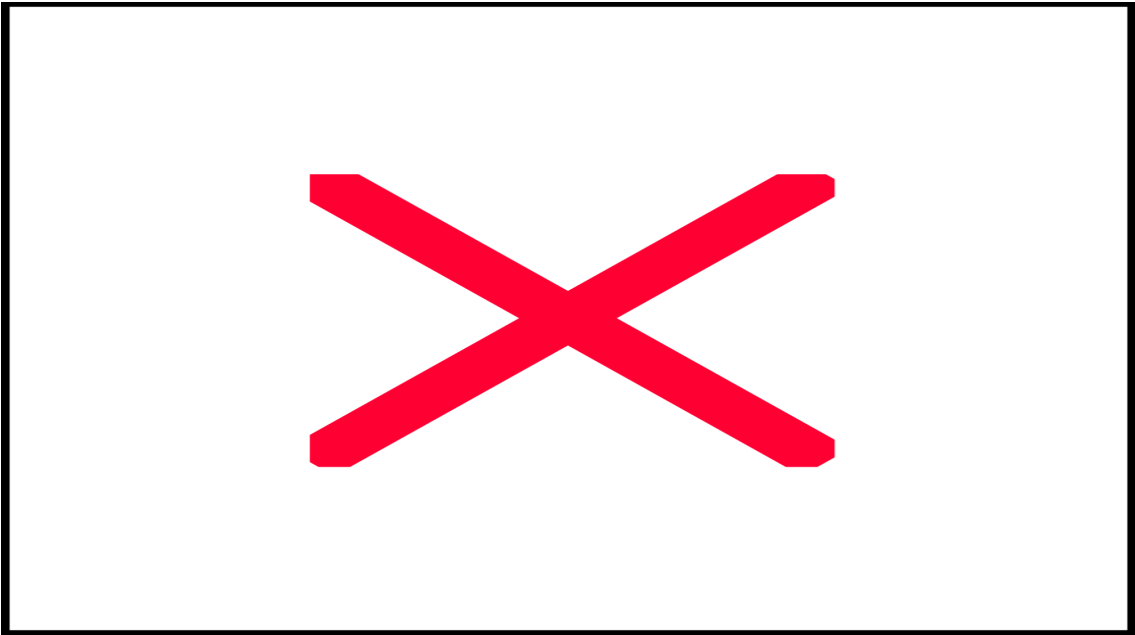
- ・ 土壌・地下水汚染に対して、各企業は汚染を把握し、影響が出ないような処置をしている。
- ・ 問題が発生しても、各方面に影響が波及するのを防ぐために、基本的にはコンビナートの他の企業に伝えない。
- ・ 行政指導に従って対策を行うと、外部の不安はおさまりやすい。
- ・ 工場敷地の外に汚染の影響を及ぼさない限りは、行政に指導を受けることはない。
- ・ 近年になって、汚染の有無に関わらず、数年毎に環境汚染状況の測定・報告を行うことを求めるようになった。
- ・ 汲み上げる水量が一定水準を越える場合、汲み上げにより汚染も移動し、逆効果である。
- ・ 基本的には、敷地教会内に汚染がある場合、粘土層まで基礎をつくり、たまる水量を減らしている。それにより、汲み上げ回数を一時間に十回程度におさえている。

- ・ 困るのは廃棄物処分場の排水。汲み上げた水には多量の有害物質が含まれており、それを活性炭に沈着させても焼却が困難である。
- ・ 直接摂取についての本来の考えは、ヨーロッパの ISO で議論されているバイオアベレージを輸入したものである。ISO の場合、ヨーロッパではゴミは焼却場で燃やし、焼却物は土に戻すため、環境への暴露は防げないという背景がある。それを日本に適応すると、過剰規制になりやすい。
- ・ 工場敷地で汚染が生じた場合の対策として、売却可能なレベルまで浄化して売るという選択肢はまず無い。
- ・ 従来なら、工場を廃止して汚染物質の排出届を出さないという方策をとっていた。しかし減損会計が導入されるので、売却はしないにしてもキャッシュフローが入る土地にする必要があり、大企業にとっても厳しい。
- ・ なお、汚染による減価計算における「浄化における費用」とは完全浄化、すなわち想定される最適用途に応じた汚染除去を行うための費用であり、汚染除去のレベルは、環境基準で決定される。
- ・ 汚染された土地の不動産評価について、資産査定において汚染を考慮する試みが始まっている。一方、固定資産税は安くなる。
- ・ 土地の用途によって全く異なる。工業系の利用ならば売却も可能で、過剰な汚染対策をする必要がない。宅地系の利用の場合は、売却は非常に困難である。
- ・ アメリカのスーパーファンドについては、リスクやコストを考慮するため、汚染基準値は無い。
- ・ スーパーファンドには、汚染の負担は現在の施設所有者ではなく有害物質が発生した当時の所有者が行うという原則があるため、売買はスムーズに行われる。
- ・ 具体的事例として、不動産売買のケースで「指針」に基づく対策と「法」に基づく対策で、費用が 6 億円・15 億円と大きく差が生じたのは、入れ替える土量が原因である。また、6 億円で済んだのは土壤汚染対策基本法の施行前だったからである。

<不動産の環境リスク対応の例>







○有識者のご意見

- ・ 被害が発生していない問題について、必要以上に騒ぎたてて、そこに資源を浪費してしまうのは得策ではない。しかし、世間が関心を集める問題に関して、議論を集中して政治的な決定を行うのは、民主的な観点からは価値あることだと考える。
- ・ 政治学的には正しい市民参加の決定プロセスが非合理的になってしまうのは、問題である。市民が積極的に参加していくと、熱心すぎて意思決定のコストを押し上げしまうという問題が発生する。
- ・ 自ら事故情報を発信した企業に対しては、行政措置を軽減するなどの対応が必要である。企業が事故情報を発信しやすい環境を作っておくことが、情報の透明性を高め、社会全体での隠匿によるリスクを軽減することにつながる。
- ・ 長年の研究の結果たどり着いた、リスクコミュニケーションと経済的手法に関する結論は、保険であった。
- ・ 自主的取組は、現場で取り組んでいるものが担当するのが、一番実効性が上がると考えている。

<有識者の個別のご意見>

- ・ 被害が発生していない問題について、必要以上に騒ぎたてて、そこに資源を浪費してしまうのは得策ではない。しかし、世間が関心を集める問題に関して、議論を集中して政治的な決定を行うのは、民主的な観点からは価値あることだと考える。世の中には、よりリスクの高い問題は山積しているのに、そちらを無視して特に顕在化していない問題にコストをかけるのは、効率的なマネジメントではない。
- ・ 政治学的には正しい市民参加の決定プロセスが非合理的になってしまうのは、問題である。市民が積極的に参加していくと、熱心すぎて意思決定のコストを押し上げしまうという問題が発生する。
- ・ 市民の教育は、1ヶ月、1年でできるような簡単な問題ではない。10年20年と長い歳月をかければ可能かもしれないが、市民を集めて、比較的短期で十分に理解できるレベルまで教育を施そうとするのは不可能であろう。
- ・ 自ら事故情報を発信した企業に対しては、行政措置を軽減するなどの対応が必要である。企業が事故情報を発信しやすい環境を作っておくことが、情報の透明性を高め、社会全体での隠匿によるリスクを軽減することにつながる。
- ・ AIU が企業向けの環境事故保険を発売している。保険会社がこのような保険を販売管理

することは、行政が企業を監視、管理するより、よりシビアに、より詳細に監視可能になるよい仕組みであると考えている。リスクに関する豊富なノウハウを持つ保険会社などが、ビジネスを通してリスクを管理することが最も効率的である。

- 自主的取組は社会全体での資源配分を最も効率化させるかもしれないが、化学物質は局所的な問題であるので、地域の住民をどのように納得させていくのかを考えていかなければならない。
- 長年の研究の結果たどり着いた、リスクコミュニケーションと経済的手法に関する結論は、保険であった。保険会社がリスクコミュニケーションと経済的手法を結びつけ、信頼性のある保険会社がリスクコミュニケーションの基礎となる情報を提供し、情報としての透明性を高める。保険のプレミアムが経済的なインセンティブを与え続けることにより持続的である。自治体の情報公開などを利用する仕組みを作っておけば、情報もオープンにできる。
- 自主的取組は、現場で取り組んでいるものが担当するのが、一番実効性が上がると考えている。自主的取組の余地があるかないか、余地がない場合は規制と言うことにするのが筋ではないのか。実行計画が自主的であって、それを第三者が評価する仕組みが必要である。
- 大防法は、自主的取り組みができるところに規制がかかって、自主取組ができない中小企業に自主取組を課している。これは逆効果である。

4-3 PRTR データに基づく企業の環境リスク低減効果（一例）

- | |
|--|
| <ul style="list-style-type: none">• PRTRデータを基に、化学物質の低減状況を試算し、企業の行動が実際にどの程度のリスク低減に貢献したかを記載• リスクの算定方法の一例として紹介 |
|--|

第5回の資料に該当する記述がありましたが、記載の仕方がわかりませんでした。
すみません。

<PRTR排出量データに基づく企業のリスクレベル削減効果の試算結果>

(1) 調査の目的

企業の化学物質管理対策で想定しているリスクレベルがどの程度のレベルであるかを、PRTR届出排出量から把握すること。

(2) 試算方法

○対象物質

ベンゼン

○インプットデータ

上記対象物質に関する以下のデータ

- ・ PRTR 排出量届出データ（平成 12 年度、平成 13 年度）
2001 年度のベンゼン排出量が各都道府県内 1 位だった事業所（2000 年度のデータが存在しない場合には 2 位・3 位…だった事業所（1 位と 2 位に大きな格差がある場合も同様））のデータを使用

○モデルの仮定

- ・ モデルは分子量(物質ごとに異なる) と気象条件（一番近くの気象局データを選択）を入力する以外、ガス状物質はすべて同じと仮定。
- ・ 濃度は排出量に比例して減る。

○ リスク計算

- ・ ユニットリスクレベルを 5.0×10^{-6} とする。
- ・ 人口密度は、各市郡（東京のみ区）につき、平成 16 年度版全国市町村要覧のデータを元に算出したものを使用する。

○使用したプログラム

METI-LIS

4-4 企業の「環境リスク」対策の費用対効果に関する考察

第4回委員会では、岸本委員の意見が一部該当しますが、「3-3」に既に記載しましたので、関連企業内の有識者の意見のみとしました。

○関連企業内有識者のご意見

- ・ 環境リスク対策の中でも、地下水の浄化が最も費用がかかる。
- ・ 物質の使用を完全に禁止しなくても、ある程度のレベルまで減らせばリスクがなくなるならば、そのレベルまで下げるのが最もコストも少なく済む。そのような分析を化学的にアプローチする手法を開発してもいいが、その前に、世間が、ある一定のレベルまでの削減で納得し受け入れてくれる必要がある。
- ・ 過去に土壌汚染事故を起こしている関係で、社内の環境管理体制が確立しているので取り組みやすい。
- ・ リスク対策の費用対効果分析は、勉強を始めたところである。費用対効果分析ツールも開発し始めている。
- ・ リスクを解析するために多額のコストが必要になるのであれば、リスクベネフィットを評価せずに対象の化学物質の使用を禁止したほうがよっぽどコストを低く抑えられる。
- ・ 企業資産の7割から8割を占めるとも言われる無形資産の起因するところは、問題を起こさないといった企業イメージであり、その規模は莫大である。したがって、REACHなどで指定される化学物質については、リスクの有無、程度、リスクベネフィットに関わらず削減していく方向で持っていくしかない。
- ・ 製品価格に対策費用を反映できないので、リスク対策はコスト純増にはかからない。
- ・ 費用対効果は考えている。ある程度の有害性以下であり、専門家等の情報から今後も比較的問題が発生しないと考えられる化学物質については、費用対効果の面から、代替品を模索している。ただし、有害性が高いもの及び今後問題になりそうな化学物質については、原則禁止としている。
- ・ 当社では、取り扱っている化学物質を、禁止、削減、適正管理物質に分類している。まず、第一に法令、条約、通達で定められている化学物質については、法令・条約・通達ごとに、禁止及び削減に区分けしている。更に、禁止及び削減にあたらないものについても、当社のリスク評価指針に則り、評価を行い、その結果適正管理化学物質となるかを判断している。取りまとめた結果については、月に1度、グループ内の化学物質を取り扱っている担当者を集め、勉強会を開催している。この勉強会では、併せて規制についても議論を行っている。
- ・ B A T (Best Available Technology) という言葉がある。B A Tのどこに力点をおくのか。ベストに力点が置かれすぎて available に力点がいけない、費用対効果が悪いものになっている。

＜企業内有識者の個別のご意見＞

- 地下水の浄化が最も費用がかかる。操業中の地域の土壌や地下水についても、できる範囲で調査し、汚染が見つければ浄化をしている。
- 物質の使用を完全に禁止しなくても、ある程度のレベルまで減らせばリスクがなくなるならば、そのレベルまで下げるのが最もコストも少なくて済む。そのような分析を化学的にアプローチする手法を開発してもいいが、その前に、世間が、ある一定のレベルまでの削減で納得し受け入れてくれる必要がある。
- 過去に塩素系溶剤で土壌汚染事故を起こしている関係で、社内で化学物質起源のリスクを下げる必要性についての共通認識が形成され、社内の環境管理体制が確立しているので取り組みやすい。
- リスク対策の費用対効果分析は、勉強を始めたところである。費用対効果分析ツールも開発し始めている。
- 非常に厳しい基準に対応するため、製品から発生する化学物質を測定すること自体に大きなコストが掛かってくる。測定機器ごとによる誤差範囲も広い。
- リスクを解析するために多額のコストが必要になるのであれば、リスクベネフィットを評価せずに対象の化学物質の使用を禁止したほうがよっぽどコストを低く抑えられる。したがって、現状は、リスク評価に積極的にコストをかけて行っている状況ではない。
- 企業資産の7割から8割は無形資産であるとの報告が出ている。この無形資産の起因するところは、問題を起こさないといった企業イメージであり、その規模は莫大である。したがって、REACHなどで指定される化学物質については、リスクの有無、程度、リスクベネフィットに関わらず削減していく方向で持っていくしかない。
- 製品価格に対策費用を反映できないので、リスク対策はコスト純増にほかならない。輸出市場が拡大している現状で、環境対策費用が安いなら問題ないが、環境対策を行うことは国際的な競争力を低下させるので、環境対策コストというのは大きな問題になってくる。
- 有機水銀規制が日本の造船業界のみかけられた時には、国際市場から日本の造船業が締め出された。造船業界に厚板を提供しているから、鉄鋼業界も大きなダメージを受けた。規制が我々の業界にどのような影響を及ぼすかわからないので、大変警戒している。
- ここ30年ぐらいの間に、企業経営は悪いものを、費用をかけて削減する努力をするようになってきている。リスク評価をしっかりと、リスクを削減するためにコストが必要なら、そのコストはきちんと負担していくが、そのコストが国際的に相対化されないなら、その対策コストが発生すること自体が、化学物質を扱うことのリスクになってくる。
- 対策にどれだけ費用をかけるのかは企業や業界によって大きくことなる。同じ対策をするのでも、業界や企業によってやり方も違ってくる。調査も1件1件やっついていかないとデータに十分な精度を確保できないと思う。
- 費用対効果は考えている。ある程度の有害性以下であり、専門家等の情報から今後も比較的問題が発生しないと考えられる化学物質については、費用対効果の面から、代替品を

模索している。ただし、有害性が高いもの及び今後問題になりそうな化学物質については、原則禁止としている。

- 当社では、取り扱っている化学物質を、禁止、削減、適正管理物質に分類している。まず、第一に法令、条約、通達で定められている化学物質については、法令・条約・通達ごとに、禁止及び削減に区分けしている。更に、禁止及び削減にあたらないものについても、当社のリスク評価指針に則り、評価を行い、その結果適正管理化学物質となるかを判断している。判断は、浦野先生の評価基準にしたがい、経口長期毒性、発がん性、生殖毒性、変異原性、感作性、水質動物毒性に分類し、評価結果をまとめている。有毒性情報は、費用負担が大きい点が難点である。取りまとめた結果については、月に1度、グループ内の化学物質を取り扱っている担当者を集め、勉強会を開催している。この勉強会では、併せて規制についても議論を行っている。
- B A T (Best Available Technology) という言葉がある。B A Tのどこに力点をおくのか。ベストに力点が置かれすぎて available に力点がいかない、費用対効果が悪いものになっている。
- 製品のライフサイクルは4年であるが、工場のライフサイクルは15年程度である。タイミングによって、削減できる量がきまる。このような事情があるため、事業者ごとの自主取組に委ねてほしい。

スリランカ IT パーク / ICT センター設立に係る
フィージビリティスタディー

目次

まえがき

要約

第 1 章 序 論

1.1	調査の背景と目的	1- 1
1.2	相手機関	1- 2
1.3	調査対象地区と現地調査の概略	1- 2
1.4	妥当性（フィージビリティ）の検討手順	1- 4

第 2 章 スリランカ民主社会主義共和国の一般概要 1

2.1	一般概要	2- 1
2.1.1	概要	2- 1
2.1.2	気候	2- 2
2.1.3	人口、民族と文化	2- 2
2.1.4	主要産業	2- 3
2.1.5	交通	2- 3
2.1.6	通信	2- 4
2.2	経済的状況	2- 4
2.3	社会的状況	2- 5
2.3.1	概要	2- 5
2.3.2	教育	2- 5
2.4	各地区・市・県の概要	2- 5

第 3 章 IT セクターの現況と問題点

3.1		3- 1
3.1.1		3- 2
3.1.2		3- 2
3.1.3		3- 3
3.2		3- 7
3.2.1		3- 7
3.2.2		3- 9

3.2.3	.....	3-13
3.3	.....	3-13
3.3.1	.....	3-13
3.3.2	.....	3-14
3.4	.....	3-14
第4章 e-Sri Lanka 計画		
4.1	背景	4-1
4.2	計画概要	
4.3	e-Sri Lanka 推進体制	4-2
4.3	ICT省の新設	4-3
4.4	重点分野・プロジェクト概観	
第5章 マラベ IT パーク		
5.1	概要	5- 1
5.1.1	設置計画	5- 1
5.1.2	現状	5- 1
第6章 ICTセンターの概要		
6.1	概要	6- 1
6.2	R&Dセンター.....	6- 1
6.2.1	概要	6- 1
6.2.2	主要機能	6- 1
6.2.3	システム構成	6- 5
6.2.4	e-Sri Lanka との連携	
6.3	e-Learningセンター	6- 5
6.3.1	概要	6- 5
6.3.2	主要機能	6- 6
6.3.3	カリキュラム	
6.3.4	配信計画	
6.3.5	システム構成	
6.4	インキュベーション機能	6- 8
6.4.1	概要	6- 8
6.4.2	主要機能	
6.4.3	システム構成	6- 8

6.5	ネットワークセンター	6-10
6.5.1	概要	6-10
6.5.2	主要機能	6-10
6.5.3	システム構成	
6.6	データセンター	6-12
6.6.1	概要	
6.6.2	主要機能	
6.6.3	システム構成	
6.6.4	e-Sri Lanka との連携	
第7章	IT パーク インフラ整備計画の概要	7- 1
7.1	概要	7- 3
7.2	宿泊施設	7- 3
7.3	電力供給設備	7- 3
7.4	給排水設備	7- 3
7.5	通信設備	7- 4
第8章	建設設置・維持計画	
8.1	概要	9- 1
8.1.1	建設予定地	9- 1
8.1.2	ICT センター	9- 3
8.1.3	宿泊施設	9- 5
8.1.4	発電施設	9- 6
8.1.5	給排水施設	9- 7
8.1.6	通信施設	9- 8
8.1.7	道路整備	
8.2	建設スケジュール	9-11
8.2.1	建設前準備	9-11
8.2.2	建設・設置スケジュール概略	9-11
8.2.3	建設・設置スケジュール詳細	9-11
8.3	維持補修計画	9-12
8.3.1	ICT センター内システム	9-12
8.3.2	パーク内インフラ	9-13

8.4	要員計画	9-13
8.4.1	建設・設置要員	9-13
8.4.2	点検維持補修要員	9-14
第9章 マラベITパークの運営と維持管理体系		
9.1	実施体制の基本的考え方	10-1
9.2	本事業の規模及び必要留意事項	10-2
9.3	運営実施体制	10-4
第10章 概算事業費		
10.1	ICTセンター	
10.1.1	R&Dセンター	
10.1.2	e-Learningセンター	
10.1.3	インキュベーション	
10.1.4	ネットワーク	
10.1.5	データセンター	
10.2	パーク内インフラ	
10.2.1	宿泊施設	
10.2.2	発電施設	
10.2.3	給排水施設	
10.2.4	通信施設	
10.2.5	道路整備	
10.3	総事業費積算	
10.4	維持管理費用	
10.3.1	設備更新費用	
10.3.2	点検・維持補修費用	
第11章 経済・財務分析		
11.1	財務分析概要	12-1
11.1.1	財務的内部収益率 (FIRR)	12-3
11.1.2	財務分析評価結果	12-11
11.2	財務分析総合評価	12-12

11.3	経済分析概要	12-13
11.4	経済的内部収益率（EIRR）前提条件	12-14
11.5	総合評価	12-15
第12章 ITパーク設立のもたらす影響		
12.1	環境面での影響評価	11-1
12.1.1	パーク内環境	11-1
12.1.2	設置による影響評価	11-2
12.2	社会的・経済的な波及効果	11-4
12.2.1	社会的な波及効果	11-4
12.2.2	経済的な波及効果	11-4
第13章 他援助機関の動向		
13.1.1	世界銀行	
13.1.2	アジア開発銀行	
13.1.3	USAID	
13.1.4	SIDA	
第14章 結論と提言		
14.1	総合評価とプロジェクトの必要性	13-1
14.1.1	総合評価	13-1
14.1.2	プロジェクト実施の必要性	13-3
14.2	経済性と事業計画	13-4
14.3	実施に向けての提言	

第6章 ICTセンターの概要

6.1 概要

スリランカ政府主導の ICT 促進ビジョンである e-Sri Lanka Master Plan では、

- ・実施運営機関の創設 (ICT Agency の設立、組織 CEO、特命チームの任命)
- ・情報インフラと支援環境の整備
- ・ICT 人材の養成 (世界に通用する IT プロフェッショナル)
- ・電子政府による行政公共サービスの向上
- ・国内経済、社会発展への ICT 活用促進

などのプログラムが挙げられている。

こうしたプログラムを実現する上で、実施機関、施設設備、資金、支援制度などの整備が重要な課題であり、特に e-Sri Lanka Master Plan の中枢機能として先進的かつ実践的な ICT 機能の充実が必要条件である。

しかしながら、現在のスリランカの経済状況、研究者や ICT 技術者供給の点で早急な着手は困難である。ICT センター設立はこうした課題への効果的なソリューションであり、e-Sri Lanka Master Plan を促進する上で重要な R & D 機能と応用の場を提供するものである。

ICT センターは、e-Sri Lanka Master Plan の COE(Center of Excellence)として、

- ・ e-Sri Lanka Master Plan の ICT ソリューションの提供

・ ~~e-Government~~ e-Sri Lanka Master Plan 実現と運用過程におけるテストベッド整備実施、
コンサルティング

- ・ IT 系主要大学、教育機関の知的ネットワークの要
- ・ 全産業クラスターの IT 化とソリューションを提供する R & D 基盤

などを先導する応用研究開発機関に位置づけられる。

そのために、ICT センターでは次のような機能に特化した R & D 機能と情報サービスの提供が提案されており、その建設・運用に寄せる産・官・学分野からの期待は大きい。

書式を変更

書式を変更

表 ICTセンターの構成

R&D センター	e -Sri Lanka Master Plan における先進的かつ実践的な研究開発を担い、ICT 分野のソリューション提供により国内研究レベルの向上と波及を目指す。
e-Learning センター	ICT 人材の養成を担い、現行教育システムの情報化とネットワーク化により、国内産業クラスターが要求する即戦力な人材養成を目指す。
Incubation センター	ICT センターの応用開発成果をシーズにしたビジネス展開支援、ベンチャー起業育成環境の整備を目指す。
Network センター	パーク内誘致企業や国内外の研究機関へのデータ通信ネットワークサービスなどを提供する。
Data storage センター	e -Sri Lanka Master Plan、特に e -government 促進に必要な情報インフラと支援環境の整備により、安全で機能的なデータストレージサービスを提供する。

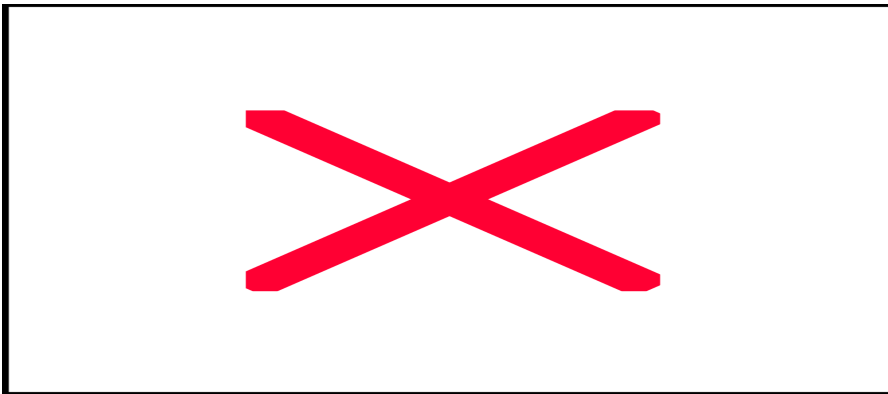


図 ICTセンターの構成（下手ですんません、Help!）

ICT センター及びその関連施設の規模を次表にまとめる。

表 ICT センターの規模

センター機能	要員数	外部利用者数	面積	備考
R&D センター	120 人	120 人	6,000 m ²	研修生 120 人受け入れ
e-Learning センター	130 人	100~200 人	3,000 m ²	コールセンター職員は 40 人
Incubation センター	15 人	40 人	500 m ²	10 社程度のベンチャー入居想定
Network センター	15 人	50 人	500 m ²	外部利用も想定
Data storage センター	60 人	10 人	2,000 m ²	外部利用も想定
Common facility	25 人	200~300 人	3,000 m ²	Business センター（業務は外注） ／Conference room
ICT センター小計	365 人	520~720 人	15,000 m ²	
Living space (Annex)	35 人	150 人	2,500 m ²	Residence／Recreation／Restaurant (サービス業務は外注)
合計	400 人	670~870 人	17,500 m ²	

6.2 R&D センター

6.2.1 概要

R&D センターでは、e-Sri Lanka Master Plan における先進的かつ実践的な研究開発の基盤整備を担い、

・ ~~e-government~~ e-Sri Lanka Master Plan に関連するプロジェクトの ~~からの~~ テストベッド実施等の委託研究機構

・ e-Sri Lanka Master Plan の遂行に関するコンサルティング実施

~~(ICTソリューションの提供とコンサルティング実施)~~

~~関連プロジェクト実施に当たっての検証の場(試行システムを構築するテストベッドの運用)~~

等を行うことによって、において、ICTを活用した統合的ソリューションを提供することを目指す。応用研究レベルの向上と普及を目指す。

書式を変更

書式を変更

書式を変更

書式を変更

書式を変更

書式を変更

6.2.2 主要機能

R&D センターでは、次のような応用研究を行い実践的な ICT 機能を提供する。

① e-Sri Lanka Master Plan の促進

e-Sri Lanka Master Plan 実現及び運用過程で発生する ICT に関するソリューションを提供する。R&D センターが関与する応用研究の範囲は多岐にわたり、例えば公共サービス部門に限っても、e-Sri Lanka Master Plan の個別プロジェクトとして

- ・ Education/Learning System
- ・ National ID/smart card ,Citizen Registration System
- ・ LAND/Geographic Information System

などが課題として挙げられている。こうしたプロジェクト実現に当たって、その ICT 面でのサポートを行う。

②国内研究機関の ICT 主導

IT 系主要大学であるコロンボ大学、モラトワ大学、ペラディニアヤ大学、ICT 教育機関である SLIIT などの知的ネットワークの要として位置づけられる。また、国内の大学研究資産のライセンス化 (TLO)も促進することも期待される。

③ソフトウェア産業支援、ICT による産業活性化

プランテーション農業などの第一次産業から製造業やサービス業への経済構造変革を踏

まえて、情報通信インフラを整備し、ソフトウェア産業を振興させ、併せて全産業クラスターの情報化と活性化を推進する。

R&D センターの要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 R&D センターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員・利用者数	スペース	備考
R&D センターの運営、研究開発、国内研究ネットワーク間の情報受発信、成果コンテンツの管理と e-Sri Lanka への応用、データベース運用などを行う。	専属研究員 60 人	1,200 m ²	一人当たり作業スペースを 20 m ² と想定
共同研究体制を実現することで研究シーズの蓄積と応用範囲の拡大を目指す。	外部委託研究員 40 人	800 m ²	一人当たり作業スペースを 20 m ² と想定
大学卒、大学院在学程度のインターン、IT 企業研修生を受け入れ、先進 ICT 研修環境を整備し、成果の評価 (ICT 研修生をスキル資格認定) と対外的配信 (広報) を行う制度を確立する。若手研究員を中心にしたフレッシュな研究サイクルを維持し、産業ニーズを反映したテーマを開発する。	インターン、IT 企業研修生を受け入れ 120 人程度	1,800 m ²	一人当たり作業スペースを 15 m ² と想定
センター内 LAN 管理、総務・事務などの間接業務に従事する。	間接スタッフを 20 人	300 m ²	一人当たり作業スペースを 15 m ² と想定
多目的スペース、共有スペースなど		1,900 m ²	
計	240 人	6,000 m ²	

6.2.3 システム構成

R&D センターの基本システムの構成と機能を以下に示す。

①ハードウェア

機器	機能	備考
コンピュータシステム	情報処理全般	サーバー・クライアントの構成 PC 及びモニタなど一般的構成オペレーティングシステム含む
ストレージ機器	データ管理	データストレージセンターとリンク
入出力デバイス	入主力支援	スキャナ、カラープリンタ、高速印刷システム、メディア出力機器
LAN、通信機器	ネットワークコミュニケーション	コンピュータ間コミュニケーション
テレビ会議システム	サテライト間及び海外研究機関とのコミュニケーション (導入はオプションとして検討)	ブロードバンドネットワークの実現想定 (将来構想)
セキュリティシステム	セキュリティ対策	安全対策・バックアップシステム、入退室管理、障害時対策

②ソフトウェア

機器	機能	備考
アプリケーション	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスソフト ・プログラム開発言語 ・マルチメディアデータ処理 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビジネスアプリケーション技術の習得、情報リテラシーの向上（研修生や遠隔教育対象へワープロ、表計算、プレゼンテーション、CGI、Webアクセス） ・情報処理、ソフトウェアの開発、カスタマイズ ・統計分析、数式処理 ・画像処理、マルチメディアコンテンツの製作、編集、管理、配信（CD-ROMライブラリ作成、データ圧縮と解凍）
ミドルウェア関連	<ul style="list-style-type: none"> ・Webサイト作成、管理 ・Webサイトの公開 ・ネットワーク管理 ・データベース運用 ・セキュリティ 	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発環境の整備、向上 ・ブロードバンドコンテンツのストリーミング受配信（大コロンポ圏内の光ファイバーリンク内）
グループウェア コミュニケーション ツール	<ul style="list-style-type: none"> ・グループウェア支援 ・サテライト間の通信 ・カンファレンス促進 	<ul style="list-style-type: none"> ・研究者及び研修生の研究管理の効率化 ・作業環境の向上 ・産官学間のコミュニケーション活性化
研究管理ソフト	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクトマネジメント支援 ・ビジネスラーニング ・ICT資格認定制度の運用 	<ul style="list-style-type: none"> ・プログラム&プロジェクトマネジメントの養成 ・ビジネス、経営スキルの習得 ・ソフトウェア工学、管理工学

6.2.4 e-Sri Lanka との連携

R&D センターでは、e-Sri Lanka Master Plan 実現及び運用過程で発生する ICT に関するソリューションを提供する。R&D センターが関与する応用研究の範囲は多岐にわたる。

①テストベッドの提供

例えば、次の4分野においても、R&D センターが先導的に関連プロジェクトのテストベッドの場を提供し、効果的なコンサルティングサービスを提供することが可能である。

該当事例の既述については「第4章 e-Sri Lanka 計画」が完成後、その「重点分野・プロジェクト概観の項」との連携を図ります。

分野	課題	R&Dセンターの関与
情報インフラ整備	通信政策、通信委員会、国内接続、ブロードバンド周波数割当、民営化、汎用アクセス方針、通信開発基金の設立	<ul style="list-style-type: none"> ・通信ネットワーク、設備などの導入分析 ・敷設計画のコンサルティング
人材開発	ICT 教育のセンター・オブ・エクセレンス、ICT 教育専門育成、あらゆるレベルにおける ICT 教育の提供、ICT 教育・研修へのインセンティブ、政府内の ICT 教育、e-ラーニング	<ul style="list-style-type: none"> ・e-ラーニングシステムの研究 ・遠隔教育の基盤構築と地域格差の是正（オープンユニバシティの電子化） ・職業訓練と雇用対策のコンサルティング ・e-Government を前提にした公務員の ICT 教育プログラム開発 ・インキュベーション環境の整備と利用開放
ソフトウェア及び ICT 産業の振興	電子関連法令、知的財産権、政府調達方針、民間部門における ICT 利用へのインセンティブ、研究開発、ICT 普及プログラム、労働法と制度改革、ICT リーダー層の育成、官民パートナーシップ、連携、海外市場への展開、IT パーク、直接海外投資の誘致・インセンティブ	<ul style="list-style-type: none"> ・ICT 企業の支援育成プラン ・税制や雇用面の優遇政策コンサルティング ・ICT 先進諸国の事例研究と連携施策の調査 ・海外市場展開のためのマーケティング分析
電子政府・電子社会の促進	NGO や民間セクターによる社会アプリケーションを刺激するための資金供与、電子政府策・戦略・調整の確立、財政管理システム・税/関税・電子調達・土地登記・港湾/通関/貿易のパイロットプロジェクト・段階的戦略的アプリケーション、テレセンター及び市民向け電子サービス、政府間ネットワーク、コミュニティ・ラジオ/TV ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ・e-Government プロジェクトに対するプロトタイプシステムの構築委託（政府がクライアント） ・Non-ICT 国内既存産業（繊維、軽工業、プランテーション農業、観光開発）の e-Commerce システムの導入コンサルティング ・関連システムの国内向けカスタマイズの研究 ・シンハラ語変換ソフトウェアの開発支援 ・地域間情報格差解消のプロジェクト立案 ・第3次産業の ICT 化（電子商取引、高度情報化、流通合理化） ・有望分野（IT-enabled Industry）のニーズ調査と支援

②海外 ICT 企業の誘致と市場拡大

R&D センターによる e-Sri Lanka Master Plan 促進は、国内の経済的或いは社会的波及効果増大に留まらず、人材面のコストパフォーマンスが十分な競争力を有する点で国際的にも大きなメリットを生むと考えられる。そのためには、海外 ICT 企業にとって魅力ある研究開発成果と投資環境が必要である。

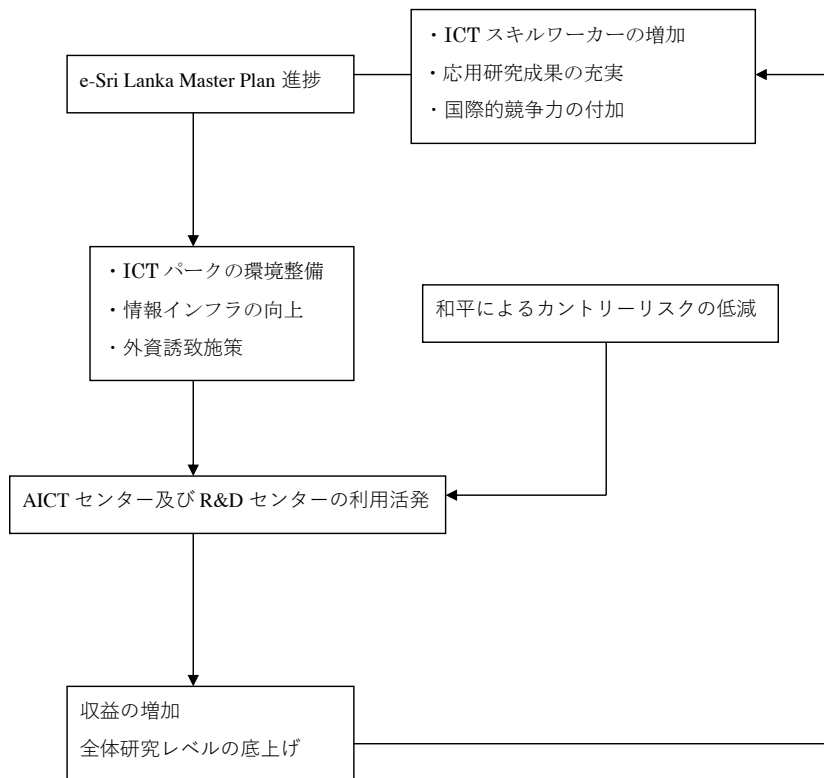


図 海外市場への波及効果

6.3 e-Learning センター

6.3.1 概要

e-Learning センターは、ICT 人材の養成を担い、現行教育システムの情報化とネットワーク化により、

- ・国内雇用ニーズと教育制度間に指摘されてきたミスマッチの解消
- ・遠隔地方での教育機会の平等、地域教育レベルの向上、教育コストの削減
- ・教育コンテンツの製作、編集、配信
- ・電話応答システムによる志願者や受講者へのサポート（コールセンター）

などの教育サービスを提供し、国内産業界が要求する即戦力の人材養成を目指す。

一般的に、e-Learning System では、教材や教育ツールを電子化し、ネットワーク上のデジタルコンテンツとして配信することで、「何時でも、何処でも、誰でも」が教育の場に参加することを目的としている。しかしながら、現在のスリランカの教育環境、通信回線や電気事情を初めとしたインフラ状況及び産業界ニーズからは、高品質な e-Learning System 以上に、量的な拡充がより必要であることも事実である。

こうした現実を踏まえて、スリランカにおける e-Learning System 導入運用に対しては、IT 系主要大学であるコロンボ大学、モラトワ大学、IT 教育機関である SLIIT 等の教育課程と研究資産及び各地域のテクニカルカレッジ、オープンユニバシティでの講義内容や教材等をデジタルコンテンツ化の対象とする。

すなわち、大学へ進学できなかった希望者を対象に、大学に匹敵する教育内容を享受する環境を提供し、教育研究レベルを引き上げて、周辺諸国にも通用する研究競争力と IT 産業界のニーズに対処しうる即戦力の兼備を目指すことが効果的であると考えられる。

また、現在スリランカの教育制度では教育費用が無料であることが足枷となり、教員不足や施設設備の不備が慢性化している。国内紛争の余波もあり地域間の教育レベル格差も顕著である。e-Learning System における遠隔教育の実施によりこうした地域格差も解消すると考えられる。

6.3.2 主要機能

e-Learning センターでは、次のような教育コンテンツ作成と配信及び教育効果の管理システムに関する機能を提供する。

①General Research Laboratory

e-Learning System 全般の問題やテーマに関する調査、研究を行い、特にスリランカの国内産業と教育システム間に指摘されているミスマッチを解消するための教育システムのあり方と ICT 活用による教育ソリューション（WBT：Web Based Training、CBT：Computer Based Training）、教育マネジメントシステム（各生徒に対する教程の習熟度合いをモニタ評価し、個々の教育課程に関するコンサルティングを支援）を開発提供する。

また、e-government 推進の点からは、公務員のコンピュータリテラシーの向上や各種の行政サービススキルの習得などの広範な範囲での技術・モラル教育にも必要なカリキュラム提供を担うものと期待できる。

特に、ICT 人材養成の課題として、国内の教育研修内容の不統一と資格認定制度の不備が指摘されている。本センターでは、国際的に通用する情報技術者の資格認定制度についての導入とアジア諸国との相互認定を図るための施策を検討協議することで、ICT 人材の市場を活性化する。

また、遠隔教育システムの問題点であるドロップアウト対策として、こうした認定制度もインセンティブになると期待できる。コロombo大学の単位資格制度（Bit 制度の例）では、当初 5000 人の受講者は 3 年次には 200 人程度まで減少したことも指摘されている。

②Multimedia Laboratory

ICT 系主要大学、IT 教育機関 SLIIT、テクニカルカレッジ、オープンユニバシティなどの国内教育機関における教育プログラムや教材のマルチメディアコンテンツに関する研究、ソフトウェア開発を行う。

現在構想中の国際的なマルチメディア大学計画の設備面及び要員面の支援も本センターで可能である。

なお、本センターで培われたノウハウは、教育システムへの活用以外に、印刷業、放送、通信、グラフィックデザイン、広告制作、マスコミ、映像制作、ゲーム・エンタテインメント事業等への応用も期待できる。

③Data communication Laboratory

デジタル化されたマルチメディアコンテンツをデータベースに収録、管理する機能を有し、光ファイバーリンクが完備された大コロポ圏内であればネットワーク上を Web 活用で送信し（WBT：後掲する Network センターを活用）、インターネット環境が未整備の地方へは CD-ROM（CBT&ドキュメント教材）で配送する。遠隔教育システムは、教育機会の平等、地域教育レベルの向上、教育コストの削減等が期待できる。

④Call センター

e-Learning ユーザーからの問い合わせ、利用方法やカリキュラム、コンテンツに対する質問へ電話でオペレータが対応することで、WBT/CBT をサポートするサービスである。

ユーザー数の増加に応じて要員は変化するが、サービス時間は平日 9:00~17:00 までと想定する。利用者のニーズに応じて 24 時間サービスへの意向も検討する。

第 2 章「教育機関の現状」完成後、

[コロポ大学 CTI 資料]

[SLIT]

[オープンユニバシティ]

などの該当部分のみ挿入します。よろしくお願ひします。

e-Learning センターの要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 e-Learning センターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員・利用者数	スペース	備考
①General Research Laboratory ICT系主要大学、SLIIT、テクニカルカレッジ、オープンユニバシティなどからの教育関係機関からの派遣研究員が専従するが、ICTツールによるソフトウェア開発にはR&Dセンターのノウハウや設備、また要員協力を活用できる共同運営体制とする。	外部研究員 30人	600㎡	一人当たり作業スペースを20㎡と想定
②Multimedia Laboratory 専従研究員を配備するが、ICTツールによるコンテンツのデジタル化、製作、編集等の業務はR&Dセンターのノウハウや設備、研修生等の要員協力を活用できる共同運営体制とする。 本センターの主要施設であるMultimedia Studioについては、専属の機材オペレータを配備し、データストレージ、スタジオ機器運用、VTRデジタル化機器操作を行う。	専従研究員 20人 Multimedia Studio 専属の機材オペレータとして5人	500㎡	一人当たり作業スペースを15㎡と想定 Multimedia Studioを200㎡
③Data communication Laboratory システム及びデータベース管理を含む研究員が専従するが、ICTツールによるデータベース管理業務や配信業務はR&Dセンターのノウハウや設備、研修生等の要員協力を活用できる共同運営体制とする。	専従研究員 25人	500㎡	一人当たり作業スペースを20㎡、と想定 R&Dセンターへの研究委託
④Callセンター ユーザー数の増加に応じて要員は変化するが、サービス時間は平日9:00～17:00までと想定する。利用者のニーズに応じて24時間サービスへの意向も検討する。	当初オペレータ 40人	400㎡	一人当たり作業スペースを10㎡と想定
センター内 LAN 管理、総務・事務などの間接業務に従事する。	間接スタッフ 10人		
Learning room 及び共有スペース	100～200人	1,000㎡	100～200人程度の収容可能
計	230～430人	3,000㎡	

6.3.4 カリキュラム

この節についても第2章「教育機関の現状」完成後、

[コロンボ大学 CTI 資料]

[SLIT]

[オープンユニバシティ]

[IBM 殿のコンテンツ調査結果]

などの該当部分を挿入します。よろしくお願ひします。

なお、ICT 教育コースにおける教材コンテンツ候補です（参考）。

- ・ソフトウェア品質管理、プロジェクト管理、ソフトウェア工程管理
- ・XML 入門・XML スキーマ技術、XQL 技術（PC 実習）
- ・Web サービスとアプリケーション開発技術、XML 認定技術者制度
- ・セキュリティ国際標準 ISO15408 と ISO17799 基礎技術
- ・メールシステムのセキュリティ対策
- ・Java 言語、Linux、Windows 環境下でのソフトウェア開発技術
- ・リレーショナル・データベース
- ・CORBA と Java 分散アプリケーション実装
- ・Java/XML プログラミング
- ・Linux 実践 TCP/IP セキュリティ
- ・LAN ネットワーク管理とネットワーク機器
- ・SQL Server によるデータウェアハウス
- ・TCP/IP アプリケーション・プロトコル
- ・Visual Basic 実践
- ・Visual C++ C/C++
- ・インターネットによるエレクトロニックコマース
- ・クライアント/サーバプロジェクト管理
- ・無線 LAN 技術 & 無線データ通信
- ・ファイアウォール & Proxy 設定・運用
- ・IP アドレッシングとルータ基本設定
- ・リモート・アクセス・ネットワーク構築
- ・スイッチング・ネットワークの構築

なお、各種認定制度の習得コースとしては、次のようなコースがある。

- ・Windows 2000 MCP(Microsoft Certified Professional)

- ・ オラクルマスター 対応試験問題集（データベース技術者の認定制度）
- ・ CCNA2.0（Cisco Certified Network Associate & Professional：シスコ技術者認定）

エラン氏のアドバイザーから「より、プロフェッショナルな教育として、医学、医療看護などの高度なコンテンツも検討すべき」との声も反映します。

また、インドの科学技術大学の例にある「企業の冠講座を奨励することによる産学のブリッジ効果」についても既述しましょうか？とすると、インドの調査事例ありましてでしょうか？

6.3.5 配信計画

e-learningセンター整備にあたっては、教材コンテンツの対象項目と整備範囲を決定し、その精査、入手及び整理、さらにデジタル化の手段を選定する。教材配信はネットワークでのオンライン提供（WB T）または CD-ROM でのオフライン提供（C B T）、紙媒体でのテキスト教材配布（郵送または配達）などを実状に応じて最適の方法を検討する。

第2章「通信」第5章「マラバ IT パーク」から IT パーク（e-learningセンター）と [オープンユニバシティ] の配置図を基に、配信ネットワークのイメージ図を挿入して下さい。よろしくお願いします。

6.3.6 システム構成

e-learning センターの基本システムの構成と機能を以下に示す。

①ハードウェア

機器	機能	備考
コンピュータシステム	情報処理全般	サーバー・クライアントの構成 P C 及びモニタなど一般的構成 オペレーティングシステム含む
ストレージ機器	データ管理	データストレージセンターとリンク
入出力デバイス	入主力支援	スキャナ、カラープリンタ、高速 印刷システム、メディア出力機器
LAN、通信機器	ネットワークコミュニケーション	コンピュータ間コミュニケーション
マルチメディアスタジオ VTR デジタル化機器含む	教材コンテンツ作成	VTR コンテンツのデジタル化
テレビ会議システム	遠隔地とのコミュニケーション (導入はオプションとして検討)	ブロードバンドネットワークの 実現想定(将来的には地方サテライト センター構想へ発展)
セキュリティシステム	セキュリティ対策	安全対策・バックアップシステム、 入退室管理、障害時対策

②ソフトウェア

機器	機能	備考
アプリケーション	・ビジネスソフト ・マルチメディアデータ処理	・ビジネスアプリケーション技術 の習得、研修生の情報リテラシー の向上(ワープロ、表計算、プレ ゼンテーション、C G I、Web アクセス) ・教材テキストの作成、編集 ・画像処理、マルチメディアコン テンツの製作、編集、管理、配信 (CD-ROM ライブラリ作成、デー タ圧縮と解凍)
ミドルウェア関連	・Web サイト作成、管理 ・Web サイトの公開 ・ネットワーク管理 ・データベース運用 ・セキュリティ	・研究開発環境の整備、向上 ・ブロードバンドコンテンツのスト リーミング受配信(大コロンポ 圏内の光ファイバーリンク内) ・教材コンテンツや研究成果の一 元管理
グループウェア コミュニケーション ツール	・グループウェア支援 ・バーチャル授業	・研究者及び研修生の研究管理の 効率化 ・作業環境の向上 ・教育マネジメントシステム ・コールセンター用の FQ&A デ ータベース運用
研究管理ソフト	・プロジェクトマネジメント 支援 ・ビジネスラーニング ・ICT 資格認定制度の運用	・プログラム & プロジェクトマネ ージャの養成 ・ビジネス、経営スキルの習得 ・習熟度の評価分析 ・カウンセリング

		・キャリアガイダンス
--	--	------------

6.4 インキュベーションセンター (タイトル:機能をセンターに統一しました。エエですか?)

6.4.1 概要

インキュベーションセンターは、ICTセンターの応用開発成果をシーズにしたビジネス展開支援、IT パークでのベンチャー起業育成環境の整備を目指す。

6.4.2 主要機能

インキュベーションセンターでは、次のようなベンチャー支援事業を行う。

①カウンセリング&コンサルティングサービス

技術的なアドバイス、ビジネスプランに関するカウンセリングサービス、特に法制面、経営上の課題、起業手続、会計・税務や金融支援 (Venture Capital and Institutional Capital) 制度などの幅広いコンサルティング等を提供する。

②レンタルオフィス

レンタルオフィスとして、コンピュータや通信機器、高速インターネット利用環境を完備した個別スペースを設け、10社程度のベンチャー起業家対象の支援環境を整備する。

インキュベーションセンターの要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 インキュベーションセンターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員・利用者数	スペース	備考
①カウンセリング&コンサルティングサービス	スタッフ 15人	180 m ²	一人当たり作業スペースを 12 m ² と想定
②レンタルオフィス	利用契約者 40人	200 m ²	10社程度のベンチャー入居想定
ライブラリー、共有スペースなど		120 m ²	
計	55人	500 m ²	

また、コロombo市内のSLIIT内に整備されたインキュベーションセンターでの成果として、ベンチャー企業を次表に示す。モバイル通信関連やマルチメディア関連のソフトウェア開発には、市場のニーズが高いことが伺える。

表 ベンチャー企業の事例

Resident Incubatee companies	Graduated companies
<ul style="list-style-type: none">・ eOptionsoftware (Pvt) Ltd・ Evolution Software (Pvt) Ltd・ SriLogic (Pvt) Ltd・ Innovative Data Solutions (Pvt) Ltd	<ul style="list-style-type: none">・ CompuSoft (Pvt) Ltd・ Temptation Technology (Pvt) Ltd・ Web OfficeNet.com

<http://www.conceptnursery.com/index.htm>

[SLIIT コロンボの写真] 挿入してください。

6.4.3 システム構成

インキュベーションセンターの基本システムの構成と機能を以下に示す。

①ハードウェア

機器	機能	備考
コンピュータシステム	情報処理全般	サーバー・クライアントの構成 P C 及びモニタなど一般的構成 オペレーティングシステム含む
ストレージ機器	データ管理	データストレージセンターとリンク
入出力デバイス (共有スペースに配置)	入主力支援	スキャナ、カラープリンタ、高速 印刷システム、メディア出力機器
LAN、通信機器	ネットワークコミュニケーション	コンピュータ間コミュニケーション
セキュリティシステム	セキュリティ対策	安全対策・バックアップシステム、 入退室管理、障害時対策

②ソフトウェア

機器	機能	備考
アプリケーション	・ビジネスソフト	・ビジネスアプリケーション技術 の習得、情報リテラシーの向上 (ワープロ、表計算、プレゼンテ ーション、C G I、Web アクセ ス)
ミドルウェア関連	・Web サイト作成、管理 ・Web サイトの公開 ・ネットワーク管理 ・データベース運用 ・セキュリティ	・研究開発環境の整備 ・コンテンツや研究成果の一元管 理、登録
グループウェア コミュニケーション ツール	・グループウェア支援	・研究管理の効率化 ・作業環境の向上 ・成果マネジメントシステム ・問い合わせ用の FQ&A データ ベース運用
研究管理ソフト	・プロジェクトマネジメント 支援 ・ビジネスラーニング ・ICT 資格認定制度の運用	・プログラム & プロジェクトマネ ジャの養成 ・ビジネス、経営スキルの習得 ・カウンセリング ・キャリアガイダンス

6.5 ネットワークセンター

6.5.1 概要

ネットワークセンターは、IT Park 内の誘致企業や国内外へのデータ通信ネットワークサービスを提供する。IT Park が建設される Malabe 地区は、大コロombo圏内における通信ネットワークとしては光ファイバーリンク（16Mbps）が既設である。

第2章「通信」関連資料、特にスリランカテレコム資料、光ファイバーリンクを挿入してください。よろしく申し上げます。

6.5.2 主要機能

ネットワークセンターでは、次のようなデータ通信ネットワークサービスを提供する。

①ネットワークの開発と管理運用

e-learning センターでのコンテンツ配信や将来的には e-government に派生するデータ処理とネットワーク提供サービスを担う。

②ネットワークの商用利用

国内通信インフラ整備を前提に、内外のクライアントを対象に各種コンテンツ配信、インターネットサービスプロバイダー事業、アプリケーションサービスプロバイダー事業などの商用利用を展開し、高品質でコストパフォーマンスの良いネットワーク環境を整備することで、ソフトウェア産業支援を推進する。

ネットワークセンターの要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 ネットワークセンターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員・利用者数	スペース	備考
①ネットワークの開発と管理運用 ICTセンターのネットワーク機能を担う。	専従スタッフ 5人	60 m ²	一人当たり作業スペースを 12 m ² と想定
②ネットワークの商用利用 ICT ツールによるセキュリティツール導入やインターフェース開発業務には R&D センターのノウハウや設備、研修生等の要員協力を活用する。	専従スタッフ 10人 別途ベンダー外注派遣も検討	120 m ²	一人当たり作業スペースを 12 m ² と想定 R&D センターへの研究委託
ネットワークサーバ設置及び共有スペースなど	外部利用 50人	320 m ²	サイバーカフェなどの一般利用促進も検討
計	65人	500 m ²	

6.5.3 システム構成

ネットワークセンターの基本システムの構成と機能を以下に示す。

①ハードウェア

機器	機能	備考
コンピュータシステム	情報処理全般	WWW 関連サーバー・クライアントの構成 PC 及びモニタなど一般的構成オペレーティングシステム含む
ストレージ機器	データ管理	データストレージセンターとリンク
入出力デバイス (共有スペースに配置)	入主力支援	カラープリンタ、印刷システム、メディア出力機器
LAN、WAN、通信機器	ネットワークコミュニケーション	コンピュータ間コミュニケーション
セキュリティシステム	セキュリティ対策	安全対策・バックアップシステム、入退室管理、障害時対策

②ソフトウェア

機器	機能	備考
アプリケーション	・ビジネスソフト ・ASP 事業用のアプリケーション	・ビジネスアプリケーション ・金融、流通、サービス業などの業務アプリケーションソフトの整備
ミドルウェア関連	・Web サイト作成、管理 ・Web サイトの公開 ・ネットワーク管理 ・データベース運用 ・セキュリティ	・研究開発環境の整備 ・コンテンツの一元管理、登録

グループウェア コミュニケーション ツール	・グループウェア支援	・研究管理の効率化 ・作業環境の向上 ・成果マネジメントシステム ・商用 FQ&A データベース運用
-----------------------------	------------	---

6.6 データセンター

6.6.1 概要

データセンターでは、e-Sri Lanka 戦略における情報通信インフラ開発整備と運用管理環境により、

- ・大容量のサーバ設置による安全で機能的なデータストレージサービス
- ・ e-government プログラムに派生するデータ管理処理サービス
- ・ソフトウェア産業支援のための IT-enabled サービス

などの情報処理サービスを提供する。

6.6.2 主要機能

データストレージサービスの応用範囲は多岐にわたり、公共サービス部門に限っても、e-Sri Lanka 戦略のプロジェクトとして挙げられている

- ・ Education/Learning System
- ・ National ID/smart card ,Citizen Registration System
- ・ LAND/Geographic Information System

などの高い機密性が要求される業務支援が期待されている。

データセンターの主要機能、要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 データセンターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員数	スペース	備考
①データベース運営 専属運用員による ICT センターの データベース運営	専従スタッ フ 20 人	300 m ²	一人当たり作業スベ ースを 15 m ² と想定
③ e-government データ管理 e-government プログラム開発及び テストベッド委託を想定したタス クフォースとして、40 人程度の外 部作業員(クライアント側からの派 遣、民間システムベンダー)による 共同開発体制を想定する。ドキュメ ントからのデータ入力の外注化で コスト削減する。	スタッフ 40 人 ベンダー外 注派遣も含 む	600 m ²	一人当たり作業スベ ースを 15 m ² と想定
③データベースの商用開放 ICT ツールによるデータベース管 理業務やインタフェース開発業務 には R&D センターのノウハウや設			R&D センターへの研 究委託

備、研修生等の要員協力を活用 ネットワークサーバ設置及び共有 スペースなど	外部利用 10 人	1,100 m ²	
	計	70 人	2,000 m ²

6.6.3 システム構成

データセンターの基本システムの構成と機能を以下に示す。

①ハードウェア

機器	機能	備考
コンピュータシステム	情報処理全般	WWW 関連サーバ・クライアントの構成 P C 及びモニタなど一般的構成 オペレーティングシステム含む
ストレージ機器	大容量データ管理	
入出力デバイス (共有スペースに配置)	入主力支援	プリンタ、メディア出力機器
LAN、WAN、通信機器	ネットワークコミュニケーション	コンピュータ間コミュニケーション
セキュリティシステム	セキュリティ対策	安全対策・バックアップシステム、入退室管理、障害時対策

②ソフトウェア

機器	機能	備考
アプリケーション	・ビジネスソフト	・ビジネスアプリケーション
ミドルウェア関連	・Web サイト作成、管理 ・Web サイトの公開 ・ネットワーク管理 ・データベース運用 ・セキュリティ	・研究開発環境の整備 ・データ、コンテンツなどの一元 管理、登録
グループウェア コミュニケーション ツール	・グループウェア支援	・研究管理の効率化 ・作業環境の向上

6.6.4 e-Sri Lanka との連携

データセンターでは、e-Sri Lanka Master Plan 実現及び運用過程で発生するデータストレージサービスを提供する。データセンターが関与する応用研究の範囲は多岐にわたるが、その中でも特にデータストレージ機能の重要性が大きいプロジェクトとの関連についてまとめ。こうしたプロジェクトはいずれも e-Sri Lanka Master Plan に提案されている。

①GIS（地理情報システム：LAND/Geographic Information System）

・目的

GISの目的は、地域開発、インフラ整備などの公共事業計画を合理化、効率化することである。また、GISの中核となる情報システム導入は、各種業務の高度情報化と要員（特に所管の公務員）の情報リテラシー習得を促し、行政の電子化（e-Lanka）促進に必要なIT基盤を強化すると期待できる。

・効果

GISでは、紙媒体の地図や設計図面、台帳等のデータを電子化することで、地図情報（Where）と属性情報（What）から構成される地理情報の効率的な作成と管理、入力、更新、複写、検索、閲覧等の総合化を可能にする。

GIS導入運用に対しては、公共事業の経費節減と業務時間短縮、人件費の削減、民間開発事業へのコンテンツ販売などが直接効果として考えられる。本事業の費用対効果の算定に際しては、従来業務の場合に比べてこうした経済効果を検証する必要がある。

また、住民情報、医療情報、福祉情報、教育情報、都市情報、気象情報、消防防災情報、地域開発計画情報などの整備を前提に、GIS活用の相乗効果も期待できる。さらに、住民サービスの向上、IT産業への景気浮揚効果なども間接的な効果となる。

・開発計画

GIS開発のステッププランを例示する。テストベッドとしては、整備ニーズの高いコロomboエリアを対象とすべきである。

1.事前調査	データの所在と入手方法、地図データの相互利用状況と将来ニーズ、導入事例の調査、現状課題と対策
2.基本要件の確定	整備開発の方針、データ形式（ベクトルデータかメッシュデータ、データフォーマット）、精度（縮尺1/500～1/2500程度）、データ項目、データ属性（図形情報と社会的属性情報）、基本図の仕様、データ作成手法（デジタルライジング、コーディング）、台帳類の整理
3.整備計画	開発スケジュール、整備対象と範囲、概算費用、担当省庁（関連する公共機関や民間企業含む）との調整協議
4.詳細仕様設計と開発体制	ハードウェア、原データ、ソフトウェアの選択と導入方針、外部への発注仕様書の作成、業者選定、契約業務、成果品の検査
5.開発と運用	開発体制、維持管理体制、運用制度、オペレータの教育研修体制などの確立、地方サテライトセンターへの派遣体制、費用対効果の算定、一般公開の制度と外部利用料金体系の検討

・システム構成

システム構成は以下の通りである。

ハードウェア	コンピュータシステム、スキャナ及びデジタイザー、大容量ストレージ、カラープリンタ、プロッター、高速大量の印刷システム、通信システム、安全対策・バックアップシステム、障害時対策など
ソフトウェア	地図管理ソフト（データベース）、アプリケーション（データ作成、検索、印刷出力などの機能）、インターネット接続（Webサイトの公開、ネットワーク管理ソフト）、セキュリティソフトなど

・データベース構築

G I Sのコアとなる地理情報データベースのコンテンツについて提案する。

データ項目の選定基準	<ul style="list-style-type: none"> ・現時点でも、また将来的にも整備必要度が高い ・費用対効果が大い ・社会的に波及効果の大い ・基本図への付加が容易である。 ・行政情報として省庁間或いは地域間の共有度が大い
データ作成のステップ プラン	<p>1.基本図データの作成 標高及び位置の基準点、道路（道路台帳）、鉄道、空港、港湾・漁港、河川や湖沼、ダム・用水池、地形標高、沿岸水深データなどの位置情報を数値化する。</p> <p>2.公共項目データの付加 行政区画、土地利用計画、都市計画基本図、固定資産課税台帳（不動産）、住宅地図、河川海岸管理台帳、港湾や漁港管理台帳、地番（アドレス）、重要建設物、公共施設、人口動態、水道・ガス・電信・電話線の埋設状況（管理用図面）、交通施設、通り名称、鉱物資源分布、排他的経済水域の水産資源分布や底質などの位置情報と属性データを数値化する。</p> <p>3.その他の有用情報 水害・土砂災害危険地域、気象衛星情報、消防・防災情報、農地・商業地・住宅地等の利用形態、植生分布、国立公園、観光資源（史跡名勝）なども配慮する。</p>

②市民情報DBシステム (Citizen DB & National ID Card System)

－公務員対象の人事管理DBのプロトタイプ開発－

・目的

e-Government 促進の前提として、市民情報データベースの開発運用とICカード（個人認証カード）の配布により、住民票、パスポート、運転免許、社会保険の申請が容易になり、住民サービスの向上が見込まれる。

ここでは、そのプロトタイプとして公務員の情報管理データベースの開発と導入について提案する。

・効果

公務員人事プロファイルの電子化と身分証兼用のICカードの配布で、人事管理情報と業務サービスの効率的な管理、入力、更新、検索、閲覧等の総合化を可能にする。また、その導入運用に対しては、人事管理業務の簡素化、人件費節減、セキュリティ対策、庁内OA化推進などが直接効果として考えられる。

プロトタイプとして人事管理DB開発（以下ではPMD B：Personnel Management DB）の費用対効果の算定に際しては、従来業務の場合に比べてこうした経済効果を検証する必要がある。

・開発計画

PMD B開発導入のステッププランを例示する。

1.事前調査	人事管理データの所在と整理、職員データの利用状況と将来ニーズ、導入事例の調査、現状課題と対策
2.基本要件の確定	整備開発の方針、データ形式、データ項目、データ属性（氏名、生年月日、性別、住所、職員コード）、ICカード基本仕様、データ作成手法（コーディング）、職員台帳類の整理
3.整備計画	開発スケジュール、整備対象と範囲、概算費用、対象省庁（プロトタイプ導入でコンセンサス必要）との調整協議
4.詳細仕様設計と開発体制	ハードウェア、職員データ項目、ソフトウェアの選択と導入方針、外部への発注仕様書の作成、業者選定、契約業務、成果品の検査
5.開発と運用	開発体制、維持管理体制、運用制度、オペレータの教育研修体制などの確立、費用対効果の算定、セキュリティの検討、プロジェクトの進捗チェック体制

・システム構成

PMD Bシステム構成は以下の通りである。

ハードウェア	コンピュータシステム、スキャナ及びデジタイザー、大容量ストレージ、プリンタ、高速大量の印刷システム、ICカードのリーダとライタ、通信システム、安全対策・バックアップシステム、障害時対策を含む。
ソフトウェア	データ管理ソフト（データベース）、アプリケーション（データ作成、検索、印刷出力などの機能）、インターネット接続（Web サイトの公開、ネットワーク管理ソフト）、セキュリティソフトなどが対象である。
データ	一人のICカード枚のデータ量は100バイト程度と想定できる。プロトタイプレベルであれば、職員情報データベースの容量は、職員2000人×100バイト×時間ログ参照数で400回/月（入退出管理ならば、日当たりアクセス数20回×勤務日数20日）＝80メガバイト/月と概算できる。

・開発運用体制

PMD B開発組織や運用体制について提案する。

1. PMDB 情報管理委員会の設立	予算要求、システム化の対象、目標と年次計画の策定、省庁間の調整機構、PMD Bデータの所管省庁などを協議する。
2. 開発体制の確立	開発チームでは、 <ul style="list-style-type: none"> ・データの入力、維持、更新、管理の様式策定 ・インターフェース（利用の仕方）の設計 ・マニュアル作成、広報支援 ・関連省庁や部門間のネットワーク設計 ・職員台帳出力ファイルやICカードの作成 についての方針策定や実施をおこなう必要がある。 PMDBのコアとなる職員情報データベースのコンテンツとICカードの記載情報については次の項目が候補である。 <ul style="list-style-type: none"> ・基本データ 氏名、生年月日、性別、住所、職員コード ・属性データ（時間的ログを記録） 出勤状態、有給取得、入退室管理、セキュリティレベル、 庁内備品管理、OA機器利用実態
3. 運用管理体制の確立	開発後のシステム運用を担う。運用オペレータの付帯業務は次の通りである。 <ul style="list-style-type: none"> ・導入機器の維持、管理ルール作成 ・システムの保守契約（メーカー、ベンダー、ソフトのバージョンアップ）対応 ・マニュアルやドキュメントの整備、保管、配布 ・データの更新サイクル、品質管理基準の設定 ・成果品の流通や配布 ・データやソフトウェアの保護とセキュリティ対策 ・システム機能や構成評価と調査、改良と自主的メンテナンス

6.7 共有スペース

6.7.1 概要

IT Park 内の誘致企業や研究機関が利用する Business センター や Conference room を整備する。

6.7.2 主要機能

Business センター では、O A サービス提供や機材レンタル、Conference room では研究会やシンポジウムの開催を行う。

共有スペースの要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 データセンターの要員数算定と施設規模

ミッション	要員数	スペース	備考
①Business センター O A サービス提供や機材レンタル	業者スタッフ 10 人	400 m ²	外注業者へのスペース レンタル
③Conference room 研究会やシンポジウムの開催	メンテナ ンス要員 15 人 収容人員を 最大 300 人	2,600 m ²	パーティション区分 可能としたスペース 提供
計	325 人	3,000 m ²	

第7章 IT パーク インフラ整備計画の概要

7.1 概要

IT Park-Malabe 内の関連施設及びインフラストラクチャ整備を次のように区分する。

Basic Infrastructure / Another	<ul style="list-style-type: none"> ・ Residence ・ Power supply : Transmission / Distribution system / Stand-by Generator ・ Water supply : Pipeline / sewerage facility / reservoir ・ Telecommunication ・ Road construction
--------------------------------	--

7.2 宿泊施設

外部委託研究員及び共同研究等の目的で来訪したゲストのために、Residence 施設、また、クリエイティブな研究環境を提供する Recreation 施設、Restaurant 等を ICT センターの Annex として建設する。

宿泊施設の要員数算定と施設規模について以下に示す。

表 宿泊施設の要員数算定と施設規模

ミッション	要員数	スペース	備考
①Residence 施設 ホテル仕様	サービススタッフ 10 人 50 人程度の宿泊可能	1,500 m ²	ホテルから外注派遣
②Recreation 施設 スポーツ施設、談話室	メンテナンス要員 10 人	600 m ²	パーティション区分可能としたスペース提供
③Restaurant 等	厨房員、サービス要員 15 人は外注派遣 100 人程度の利用可能	400 m ²	
供用スペース		500 m ²	
計	185 人	3,000 m ²	

7.2 内部道路建設

IT パークの内部道路の要件を次表に示す。

	Specification	
Main Road	16m width (3m sidewalk for each side)	2,400m
		38,400m ²
Sub Main Road	10m width (2m sidewalk for one side)	-

入居企業に1区画1エーカーとすれば、民間企業分で15エーカー。1区画は60m×60m。16区画が正方形に配置されるとその外周及び区画外縁が道路、電気、通信、上下水道の総延長と見なせる。これでパーク内インフラの施設延長は2400mである。

また、ICTセンターは建物面積3000平米、住居部(ANNEX)が2500平米、浄水場や発電施設で1500平米で総計7000~8000平米(2エーカー程度)。緑地や道路を余裕見て占有面積10エーカー程度と算定した。

7.3 電力供給設備

電力供給設備の需要量を次表に示す。

区分	需要量 (MW)
ICTセンター	2.40
誘致企業	3.00
Residential Area	2.00
Basic Infrastructure	0.60
計	8.0

7.4 給排水設備

給排水設備の需要量を次表に示す。

Center Area	数量	需要量
Net Area		
Daytime Population	500	
Unit Rate (lit/cap.day)	90	
Water Demand (m ³ /day)		45
Software Industry Area (誘致企業15社)		
Net Area		
Daytime Population	1500	
Unit Rate (lit/cap.day)	90	
Water Demand (m ³ /day)		135
Hardware Industry Area (誘致企業?社)		
Net Area		
Daytime Population	200	
Unit Rate (m ³ /ha.day)	50	
Water Demand (m ³ /day)		10
Residential Area (housing lot)		
Net Area		
Resident population	150	
Unit Rate (lit/cap.day)	200	
Water Demand (m ³ /day)		30
Residential Area (commercial Area)		
Net Area		
Daytime Population	600	
Unit Rate (lit/cap.day)	100	
Water Demand (m ³ /day)		60
Residential Area (School : ITテクニカル大学?看板にあり)		
Net Area		
Daytime Population	400	
Unit Rate (lit/cap.day)	50	
Water Demand (m ³ /day)		20
Infrastructure		
Net Area		
Daytime Population	80	
Unit Rate (lit/cap.day)	200	
Water Demand (m ³ /day)		16
Water (m ³ /day)		316
その他		184
合計		500

7.5 通信設備

第2章「通信」及びSLT資料を挿入願います。

第8章 建設設置・維持計画

8.1 概要

以下は、インフラ資料（チラク氏？）待ちです。よろしくお願ひします。

- 8.1.1 建設予定地
- 8.1.2 ICTセンター
- 8.1.3 宿泊施設
- 8.1.4 発電施設
- 8.1.5 給排水施設
- 8.1.6 通信施設
- 9.1.8 道路整備

8.2 建設スケジュール

8.2.1 建設前準備

8.2.2 建設・設置スケジュール概略

IT Park 実現に向けてのスケジュールについて提示する。

業務項目	業務内容	年次
情報通信環境の整備	大コロポ圏内、地方間の通信インフラ状況と整備計画	2003年1Q
ICTセンター資産の電子化	研究レベルの客観的評価、コンテンツの電子化コスト算定	2003年2Q
遠隔教育の導入	地域間ギャップ解消、遠隔地での高等教育実現、研究コンテンツの配布・配信、携帯電話を中継するモバイル環境でのコンテンツ配信可能性	2003年3Q
大学間ネットワーク整備と交流	大コロポ圏内の主要大学、民間研修機関のバーチャルコンソーシアム、相互利用ネットワーク	2003年4Q
電子図書館、デジタルライブラリー、研究データベースの整備	衛星通信利用による画像情報受信コース)	2003年4Q
ICTセンターブランド確立	による研究レベルの引き上げ、海外研究コンソーシアムとの提携促進とコラボレーション	2004年1Q
社会人教育の充実	産・官・学の相乗効果を実現する、学際性のあるテーマ選択と産業ニーズの吸収	2004年2Q
研究成果のオープン化	高度研究環境の向上、国内研究者の頭脳流出対策、先進国からの頭脳受	2004年3Q

	け入れ支援制度など	
--	-----------	--

8.2.3 建設・設置スケジュール詳細

8.3 維持補修計画

8.3.1 ICT センター内システム

8.3.2 パーク内インフラ

Malabe の IT パーク計画 (Ministry of Western Region Development, Urban Development Authority、BOI? 資料) を挿入していただきたいのですが?

8.4 要員計画

8.4.1 建設・設置要員

8.4.2 点検維持補修要員

第9章 マラベ IT パークの運営と維持管理体系

9.1 実施体制の基本的考え方 (頂きました下記資料のエッセンスをまとめます)

本マスタープランの実施にあたっては、総理大臣を議長、内閣大臣をメンバーとしたタスクフォースを設置し、全体の舵取りを担うこととなっている。また新たに ICT 担当大臣を任命、ICT 省を設置し、その実施主体としての機能を果たすことが予定されている。

*ICT 担当大臣は来年 (2003 年) 任命予定

この他 ICT 産業の人間を中心とした諮問委員会を設置し、タスクフォースへのアドバイザー機関としての役割を果たすことが予定されている。

各種プログラムの実施にあたっては ICT 省の CEO を中心としたプログラムマネジャーを任命、プログラム実施における実務面のリーダーとしての役割を持つこととされている。

- ・ 内閣

- ・ タスクフォース
議長 (首相)、副議長 (ICT 担当大臣)、メンバー (内閣から任命) から構成され、ICT アクション・プランの作成、国家 ICT 政策の実行の調整、アクション・プランの実行に関する政府機関へのガイドライン及び指示の通達、ICT アクション・プランの実行の定期的モニタリング及び評価を行う。

- ・ ICT 担当大臣
ICT プランの調整、実施までを統括する。

- ・ 諮問委員会

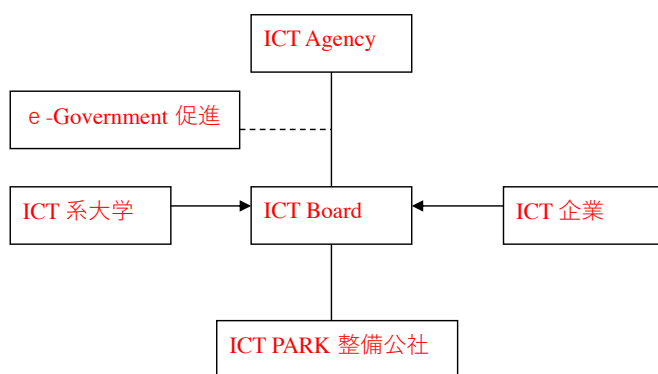
内閣で任命された内外の ICT 関連の有力者から構成され、ICT 政策及びアクション・プランのための情報提供、各分野への普及策の計画、スリランカの ICT 製品及びサービスの世界的位置付け戦略の提供を行う。

- ・ ICT 機 関
CEO 及びプログラム・マネージャーは、内外からの技術的支援のもとプログラムの実現をはかる。
- ・ プログラム・マネージャー
- ・ ICT 人材開発 (IT 教育、電子教育、政府職員研修、CIO プログラム、IT リテラシー、IT 文化、啓蒙普及活動)
- ・ 通信インフラ (通信政策、IT パーク、ICT 集中問題、接続)
- ・ 電子政府 (電子政府政策、政府間接続、IT アーキテクチャー、標準、官民パートナーシップ)
- ・ ICT パートナーシップとその推進 (官民パートナーシップ、輸出/ブランド促進、BOI インターフェイス、ファイナンスモデル、市場創造、電子関連法令)
 - ・ 情報サービス (政府へのコンサルティング・促進支援、調達方針、技術専門家の雇用)

9.2 本事業の規模及び必要留意事項

9.3 運営実施体制

関係省庁 (MOTET、MOR & E)、IT 系主要大学の事務局及び関連学部 (コロンボ、モラトワ、ペラディニヤ大学)、SLIIT、国内 IT 企業 (主要 2 社及びソフトウェア協会など関連団体代表 2 社)、IT コンサルタントをメンバーとして実施機関を設立する。システムの開発、システム化のテスト運用ではコンピュータサイエンス研究者 (大学職員) の兼務を前提に外部のシステムベンダーへの委託作業分担などを検討する。



立ち上げ時の運用組織イメージ図

