

幹線道路における交通安全対策の現状と問題点

国土交通省道路局地方道・環境課
国土交通省国土技術政策総合研究所道路研究部道路空間高度化研究室
国土交通省北海道開発局建設部道路維持課
国土交通省各地方整備局道路部交通対策課または道路管理課
内閣府沖縄総合事務局開発建設部道路管理課

1 はじめに

国土交通省では、道路交通事故を削減していくため、公安委員会との連携のもと、交通安全に係る事業の推進に努めてきている。しかし、日本の交通事故による死者数は平成 14 年において 8,326 人であり、ここ数年減少傾向にあるものの、依然として多くの尊い人命が失われている。また、交通事故件数は 936,721 件、負傷者数は 1,167,855 人といずれも過去最悪の水準にあり、日本の交通事故の発生状況は依然として厳しい状況が続いている。このため、より効果的かつ効率的な対策が必要である。

本研究では、幹線道路における交通安全対策の成果と問題点を明らかにした上で、今後の交通安全対策の進め方に関する検討を行ってきた。ここではその成果、及び国土交通省の最新の交通安全に関する取り組み状況について報告する。

2 道路行政の業績計画書（交通安全関連）概要

2.1 はじめに

国土交通省では、道路行政の効率化と透明性の向上を図るため、成果主義の道路行政マネジメントを進めようとしている。その一環として、行政の意識改革と、国民と行政の信頼関係を再構築するために、事前に定量的な成果目標を定め、事後に達成度の評価を行い、評価結果を以降の行政運営に反映する「マネジメント・サイクル」を今年度より開始する。

「業績計画書」は、成果目標を生活実感にあった指標（アウトカム指標）を用いてわかりやすい数値で示し、目標達成に至るプロセス、その妥当性をデータを用いて明確に示すもので、今年度分について作成、公表している。ここでは、業績計画書のうち交通安全関連について具体的内容を紹介する。

2.2 成果目標

道路を利用する際の交通事故の不安が減少し、より安心・安全な日常生活を実現することは、国民の誰もが望むことであろう。そこで、生活実感にあった指標（アウトカム指標）の一つとして、道路を走行する際に事故に遭う確率を表す死傷事故率（自動車走行台キロ当たりの事故件数）を採用している。目標値は、現況の 118.4 件/億台キロを平成 19 年までに約 1 割削減し、約 108 件/億台キロとすることとしている。また、後に述べる「事故危険箇所対策」実施箇所の事故件数を約 3 割抑止、「あんしん歩行エリア」実施箇所については約 2 割抑止することを目標としている。

2.3 講じる施策

上記目標を達成するために、安全性の高い幹線道路の整備、面的・総合的な歩行者事故防止対策（あんしん歩行エリア）、幹線道路の事故危険箇所の集中的な対策（事故危険箇所対策）を講じる施策としている。は、一般道路の幹線道路、生活道路と比較して死傷事故率が低い自動車専用道路（高規格幹線道路や地域高規格道路など）へ交通量をシフトさせ、全体として安全性を高める目的で、道路ネットワークの体系的な整備を行うものである。は、他の先進国と比較して我が国では歩行者・自転車の事故が多いことから、市街地内の事故発生割合の高い地区において、歩行者等を優先する道路構造等によって歩行者等の通行経路の安全性を確保するものである。本研究のテーマである幹線道路における対策としては、の事故危険箇所対策が中心となる。

事故危険箇所対策は、特定の箇所に事故が集中して発生している（図-2.1 参照）ことから、特に事故の危険性が高い箇所を事故危険箇所として指定し、対策を効率的かつ効果的に実施するものである。事故危険箇所は死傷事故率が幹線道路平均の5倍以上の箇所、事故が多発しており10年に1度以上の確率で死亡事故が発生するおそれの高い箇所等で、3,956箇所抽出した。具体の対策は道路照明や右折車線、視線誘導標の設置、舗装改良などである（図-2.2 参照）。

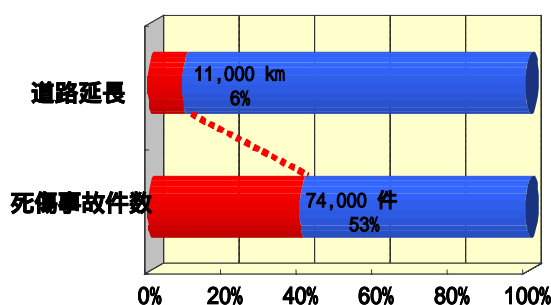


図-2.1 集中して発生する事故

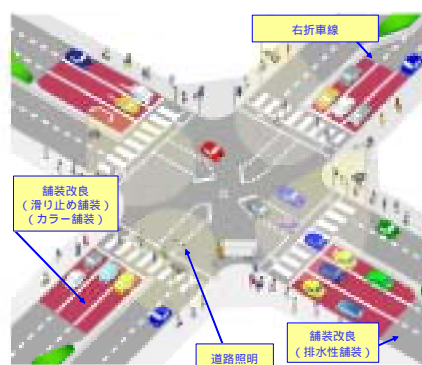


図-2.2 事故危険箇所の概要

2.4 おわりに

今後、成果目標の達成度を評価し、次年度の施策に反映するサイクルを繰り返し実施し、効率性と透明性の向上を図りたい。一方、個別施策である事故危険箇所対策においても、個別箇所の実施対策とその効果を次の箇所の対策立案に反映するなどにより、効率性の向上と、より効果的な対策立案を図る所存である。具体的内容は3で述べることとする。

3 事故危険箇所対策の実施方針

3.1 はじめに

ここでは、平成8年度から14年度にかけて実施した事故多発地点緊急対策事業（以下事故多発対策事業とする）における課題を踏まえて作成した、事故危険箇所対策の実施方針を紹介する。

3.2 事故危険箇所対策の実施方針

事故多発地点事業では、対策実施箇所全体を通じて死傷事故件数を約3割抑止する成果

が得られたものの、対策の効果が十分発揮されていない箇所が約2割存在する結果となっている。この要因は、A：事故要因分析が不十分、B：事故対策の知見が蓄積されない、C：従来の発想では適切な対策立案が困難等が考えられる。そこで、交通事故対策評価マニュアルの整備（A Bに対応）、事故対策事例集の整備（A Bに対応）、事故対策データベース（DB）の構築（Bに対応）、都道府県アドバイザー会議の活用（Cに対応）を実施、導入する予定としている（図-3.1 参照）。

3.3 事故対策 DB へのデータ入力

事故対策 DB へのデータ入力は、事業の進捗に合わせて各事務所で行うこととなる。入力が必要なデータ項目は、基礎データ（路線、箇所等）、箇所状況（道路構造や交通量等）、事故発生状況、要因分析結果と実施予定対策、実施した対策、対策後の事故発生状況（効果）などと多岐にわたっていることから、入力担当者の負担を軽減するため、入力を支援するシステム（以下入力システムとする）の開発を進めている。

入力システムは、入力担当者の負担軽減、使用語句の統一、入力ミスの削減を図るため、選択式入力方式の活用、選択肢の絞り込みを主な特徴としたシステムにしている。例をあげると、データの入力にあたっては出来るだけキーボードによる入力を避け、マウスにより選択肢を選ぶ方式を採用している。このことにより、入力作業を容易にするとともに、入力ミスによる語句の不一致も回避でき、効率的な入力作業、とりまとめが可能になる。また、前述した入力データ項目の要因分析結果と実施予定対策の入力では、対策箇所の状況や対象とする事故類型、事故発生過程について順に入力していくことにより、有効と考えられる対策を自動的に絞り込んでいる。この選択肢の絞り込みにより、入力ミス・

誤入力等の削減を図っている



図-3.2 選択肢による入力イメージ

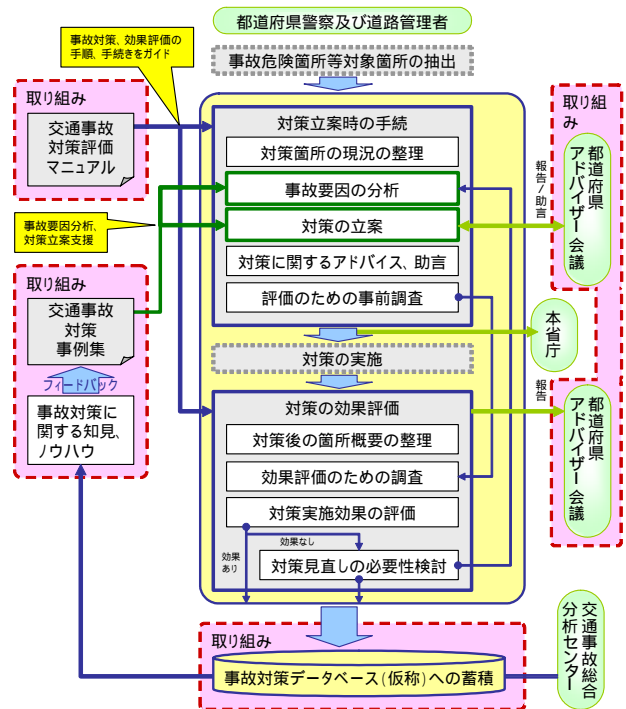


図-3.1 事故対策立案・評価の流れ

要因分析・対策検討過程				
着目すべき事故類型				事故を誘発する道路環境
コード	昼夜	当事者	事故類型	コード
1	昼間	1	自動車	3
			追突	21
				右折車線が設置されていない



図-3.3 対策立案過程の入力

3.4 おわりに

図-3.1の事故対策立案・評価の流れにおいて、入力システムは事故対策DBへのデータ蓄積だけでなく、対策立案、効果評価の一部を支援するものであり、重要なツールといえる。入力担当者にとって使いやすいツールとなるよう、今後入力システムの詳細の入力項目やインターフェイス等について、事故対策評価システムに関するアドバイザー会議での議論も踏まえながら作成・改良していく予定である。

4 業績計画書（徳島県版）について（四国地方整備局徳島河川国道事務所）

4.1 はじめに

2では全国版の業績計画書を紹介したが、各都道府県毎にも業績計画書は策定されている。以下、都道府県版の事例として、徳島県版業績計画書の概要について交通事故対策の章を中心に紹介する。

4.2 徳島県版業績計画書について

徳島県版では、表-4.1に示す3つの目標・指標について本年度の業績計画書を策定した。計画初年度であることを考慮し、県内の道路を取り巻く環境のうち特に厳しい状態にあると考えられるものに絞った。今後、毎年度業績計画書が策定されるにあたり、目標・指標を順次追加していく方針である。

また対象路線についても、本年度は、県内の主要幹線道路である直轄国道5路線を対象に策定したが、目標・指標と同様に今後拡充していく方針である。

表-4.1 目標と指標

目標	指標	指標の説明
交通渋滞の解消	渋滞損失時間 (万人時間/年)	渋滞がない場合の所要時間と実際の所要時間の差
交通事故の削減	死傷事故率 (件/億台 [※] ・年)	走行1億台キロあたりの死傷事故件数
暮らしの安心確保	通行規制区間率 (%)	直轄国道全体の延長に対する、異常気象時に通行止めとなる区間の延長の割合

4.3 交通事故対策について

業績計画書では、上記の3つの目標毎に、目標値設定 現状分析 課題抽出 施策立案（長期・中期・年度）の流れにより、論理性を重視しつつ分析を行った。図-4.1に、交通事故の削減の章を示す。

4.4 検討にあたっての留意点

4.4.1 目標値の設定方法

徳島県版の目標値は、全国目標水準に見合う形で定めた（図-4.2）。これは、全国目標値が理論的には各地域において同率の低減がなされて初めて達成できるものであることから、各地域がなるべく全国目標値に近い水準で目標値を定めることが望ましいとの立場に立ったものである。

4.4.2 目標値と施策の整合性

業績計画書の意義は、単に目標値を定めることのみでなく、それを達成するための施策

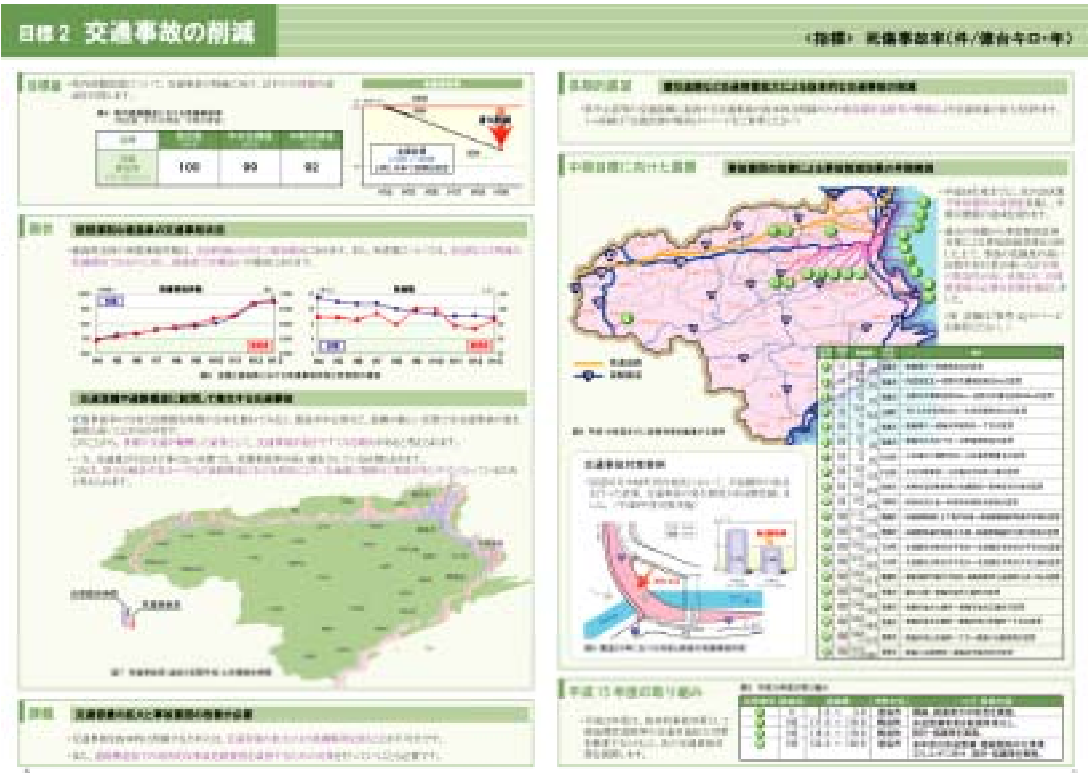


図-4.1 「交通事故の削減」の章

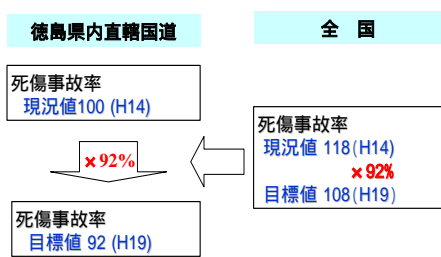


図-4.2 目標値の設定

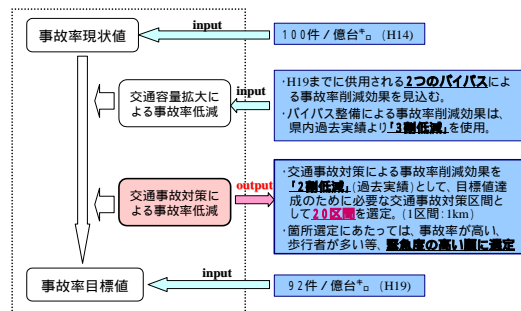


図-4.3 目標値と施策の整合性（今回の検討例）

を国民に提示することにあると言える。このため、どのくらいの根拠・確度をもって目標値達成のための施策を立案できるかがポイントとなる。

今回徳島県版では、図-4.3 に示す通り、過去の実績をふまえて算出した対策効果をもとに、目標値達成に必要な対策箇所を定量的に設定することを試みた。今後対策効果のフォローアップを行っていくことにより、より確度の高い施策立案手法を検討していきたい。

4.5 おわりに

次年度以降に向け、既述したような目標・対象路線の拡充や施策立案手法の高度化など、県民ニーズによりの確に定める計画となるよう検討を進めていきたい。

5 カーブ区間に存在する交差点の事故対策

5.1 概要

5.1.1 対策箇所

真柄交差点は、山形県最上郡戸沢村大字古口字真柄地内、一般国道47号のカーブ区間(曲線半径R=120m)に(主)新庄戸沢線がT字交差する交差点である。主・従道路ともに交差点中心方向への下り勾配となっているとともに、交差点上に横断歩道橋、起点側にJR鉄道橋との交差部が位置するため、非常に見通しが悪くなっている。

平成2年～平成13年の間に、10件の交通事故(負傷者14人、死者無)が発生している。

平成12年に新庄警察署との打合せにより、信号機の設置が見送られ、平成14年10月から、情報表示板によって前方車両の状況を通知する本システムの運用を開始している。

5.1.2 システム

本システムは、各種センサーと3基の情報表示板からなっている。センサーは、対向車、従道路からの流入車、及び低速車を検知する。情報表示板は従道路に向いている情報表示板1と本線上に設置されている情報表示板2・3がある。情報表示板1と2は文字の大小による交互表示、もしくは矢印の流れ表示との組み合わせ表示を行う。情報表示板3は文字とアニメーションにより各警告表示を行う。



図-5.1 真柄交差点

5.2 交通状況観測調査

5.2.1 調査内容

交通状況観測調査として、現地にビデオカメラを設置し、通行する車両の「走行速度」「ブレーキ位置」「走行位置(軌跡)」「従道路から流入する車両の一時停止位置」を観測した。事前観測日が平成12年11月20日(月)、事後は平成14年12月3日(火)。各々2時間ずつ3回、計6時間の観測を行った。

5.2.2 調査結果

事前・事後の観測結果を比較したところ、従道路において、適正な位置で一時停止する車両の増加が観測された。

カーブ中間地点(上下線)及び、従道路と交差する上り線側の入口においては、通過速度の上昇が見られた。また、ブレーキ操作を行わない車両の増加が観測された。これは、従道路から流入する車両の状況が分かるようになったために、交差点に進入しやすくなっ

たからと考えられる。

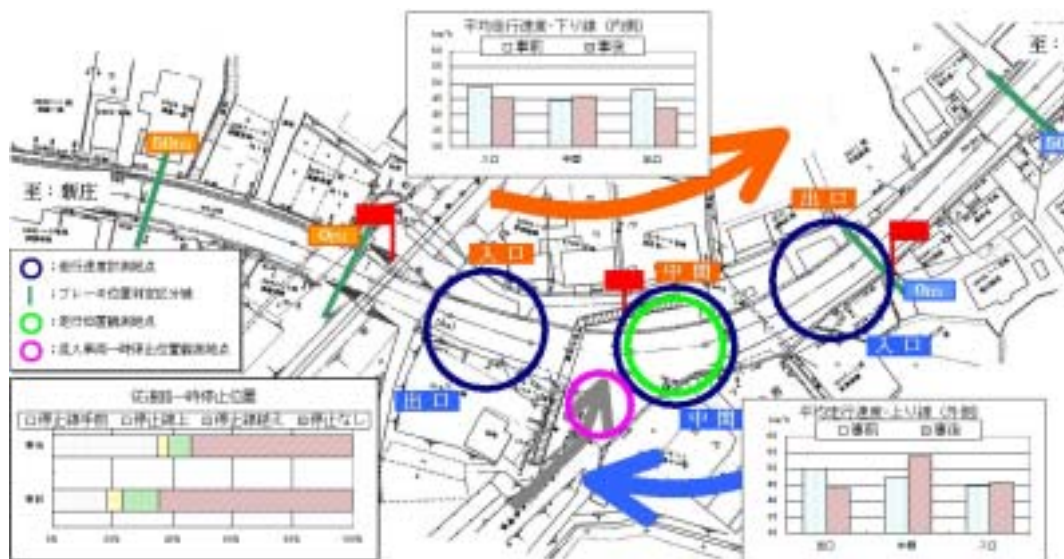


図-5.2 調査位置及び結果

5.3 まとめ

本システムの設置により、(主)新庄戸沢線からの突発的な流入車両が減少し、交通安全に寄与していると考えられる。また、その影響で、本線においても交差点に進入しやすくなり、交通の円滑化の効果も期待できると思われる。

システム運用開始から現在(H15.8.31)まで、交通事故は発生していない。

6 排水性舗装による事故削減効果について

6.1 目的

排水性舗装は、交通騒音低減効果に加え、夜間の雨天時におけるヘッドライト等による乱反射、水しぶきの抑制による視認性の確保等の効果から、雨天時における事故削減効果が期待されている。

今回、排水性舗装による事故削減効果を把握するために、排水性舗装を整備した区間を対象に整備前・後の事故件数を比較し効果分析を行った。

6.2 分析の前提条件

6.2.1 分析対象区間及び期間

分析の対象区間は、一般国道3号北九州市内で、平成8～12年度の5箇年間に6区間に分けて段階的に施工された延長4.91kmの排水性舗装整備区間である。なお、事故傾向等の評価・比較のため、その前後の連続する未施工区間(L=4.4km)も対象とした。

分析対象期間は、平成8年から13年までとした。

6.2.2 分析手法

効果分析は、排水性舗装導入区間と未導入区間における、雨天時の事故率及び事故率の

減少率（以下減少率）を用いて行った（定義は表-6.1）。なお、雨天時の路面状況はアメダスデータを用い、日降水量 5 mm以上、20 mm以上、50 mm以上の 3 条件で分析を行った。

表-6.1 語句の定義

$$\text{雨天時事故率} = \frac{\text{雨天時事故件数} * 100,000,000}{\text{雨天時走行台キロ}(\text{交通量} * \text{区間延長} * \text{雨天日数})}$$

$$\text{減少率} = \frac{(\text{整備前雨天時事故率} - \text{整備後雨天時事故率})}{\text{整備前雨天時事故率}}$$

6.3 排水性舗装の整備効果分析

全体的に見ると減少率は、排水性舗装導入区間の方が未導入区間より大きい。排水性舗装導入区間では 24 時間、昼間の各降水量とも、事故率は減少傾向にあるが、夜間においては減少率が低く、事故の増加傾向が見られる。未導入区間では分散した結果となった。導入区間における夜間の事故率は増加しているが、未導入区間の事故率と比較すると事故の抑止効果が見られる。

表-6.1 雨天事故率の減少率

排水性舗装	24時間			昼間			夜間		
	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上
導入区間	4.7%	24.3%	44.8%	26.8%	44.9%	62.4%	-30.4%	-16.7%	-2.9%
未導入区間	-40.0%	-9.5%	28.9%	-41.8%	25.7%	29.3%	-37.7%	-151.5%	-

マイナスは事故率の増加を表

6.4 排水性舗装の事故類型別効果分析

近年の交通事故の要因を見ると追突事故が半数以上を占めている事から、追突事故に着目して分析を行った。

24 時間、昼間の減少率の結果から、追突事故に対し排水性舗装は、ある程度効果があるのではと考えられる。

夜間については、排水性舗装導入区間及び未導入区間とも事故が増加する傾向が見られる。導入区間での増加要因として、視認性の向上によるスピードの出し過ぎ等も原因と考えられる。

表-6.2 雨天事故率の減少率（追突）

排水性舗装	24時間			昼間			夜間		
	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上	日降水量 5mm以上	日降水量 20mm以上	日降水量 50mm以上
導入区間	12.3%	29.8%	52.6%	38.7%	57.5%	64.3%	-34.6%	-49.8%	7.4%
未導入区間	-59.6%	-109.0%	0.5%	-114.6%	-30.0%	1.0%	-9.0%	-428.2%	-

6.5 結論

排水性舗装は、従来の騒音環境対策に加え、雨天時の追突事故の削減効果結果から事故対策としても有効であると考えられる。追突事故の中でも、ある程度まとまった雨が降った日に効果が見られた。要因として、排水性舗装導入による視認性の向上、制動距離の短縮が推測されるが、摩擦抵抗の変化等の要因分析を行うなど、さらに詳細な調査が必要である。

また、排水性舗装を事故対策工法として用いていくためには、事故類型別、道路形状別

等の詳細分析を行うために、サンプル数を増やしてデータの精度の向上を図っていくことが必要と考える。

7 ヒヤリ地図を活用した交通安全対策

7.1 はじめに

一般に、交通安全対策においては、交通事故データを活用し、「対策を実施すべき箇所の特定」と、「その箇所での対策立案・実施」が進められる。しかし、交通事故データは、事故発生箇所以外のデータは収録されておらず、潜在的に事故の危険性が高い箇所の対策が行えない、事故に至る過程が時間を追って順に記録されているわけではなく、詳細な要因分析が行えないという2つの課題を有する。これに対し、一部の道路管理者等では、交通事故データを補完する形で、「ヒヤリ」、「ハッ」とした危険事象を地図上に表現する「ヒヤリ地図」を作成し、潜在的な危険箇所と危険事象に至る経過を把握する試みを実施している。ここではその事例と、「ヒヤリ地図」に基づいて道路・交通環境と危険事象の関係を調査した結果について報告する。

7.2 各現場におけるヒヤリ地図作成・活用事例

道路管理者等によるヒヤリ地図作成・活用事例を表-7.1に示す。

表-7.1 道路管理者等によるヒヤリ地図作成・活用事例

No.	実施地域	調査内容	成果	成果の活用
	札幌市周辺	ヒヤリ体験箇所とその要因	指摘が集中した箇所を特定	
	福井県・滋賀県・大阪市・和歌山県	ヒヤリ体験箇所とその要因	指摘が集中した箇所を特定	対策を今後検討
	広島県	ヒヤリ体験箇所とその要因	指摘が集中した箇所を特定	
	つくば市	ヒヤリ体験箇所・危険事象の発生過程 道路・交通環境と危険事象との関係を導く	交差点における計画・設計段階における留意点を検討（結果は本文7.2参照）	
	名古屋市	ヒヤリ体験箇所・危険事象の発生過程 指摘が集中した箇所について、危険事象に至る要因を分析	高速道路ランプが近接する等の複雑な交差点や、多車線道路同士が交差する大規模な交差点では、走行車両の進路が安定せず車両が交錯する	
	高松市周辺	ヒヤリ体験の有無 (一般的な)ヒヤリの要因	中央分離帯の開口部が事故・ヒヤリの要因となっていることを把握	中央分離帯閉鎖

各事例は、次の3パターンに大別できる。

- a) ヒヤリ体験箇所の抽出に重点を置いているもの(事例 ~)
- b) 指摘箇所における危険事象の分析・解明を行っているもの(事例)
- c) 対象地域全体での危険事象の要因を把握しているもの(事例)

a) は危険性の高い箇所における事前の対策実施に活用できるものと期待できる。ただし、抽出箇所が非常に多く、全ての箇所に対策立案・実施を行うことは困難である。また単なる道路利用者のミスなど、ハード面の対策立案に必ずしもつながらない指摘も見られた。このため、対策の実施にあたっては、箇所の絞り込みを行う必要がある。b) では、指摘が集中した箇所や、道路構造や交通状況に起因して危険事象が発生している箇所を選択し、対策立案に向けた危険事象の分析・解明や、計画・設計段階における留意点の検討を行っている。c) は、個別箇所ではなく地域全体での危険事象要因を調査し、その結果に基づいて、対策を地域全体で面的に実施したものである。面的に対策を実施することで大きな効果が得られている。

7.3 ヒヤリ地図を活用した道路構造の問題点把握と対策の検討

ここでは、7.2の事例 について、検討結果の一部を報告する。対象箇所である交差点1(図-7.1 参照)は、T型の信号交差点で、道路X、道路Yともに4車線の道路である。道路Xの西行き車線には右折車線が設置されており、交差点手前から交差点の先にかけて道路が左にカーブしている。道路Xの中央分離帯には植栽が設置されており、この植栽に加え、道路Xの東行き走行車両が高い速度で走行しているため、道路Xの西行き車線から右折して北に向かう車両(車両A)から対向車線の車両(車両B)を確認しづらいことがヒヤリ地図作成時の危険事象の1つとして指摘されている。

この指摘を踏まえ、車両Aが交差点に進入し、対向車線を確認する位置からの視認範囲、および道路Xの東行き車線の走行車両の速度を合わせて調査した。車両Aからの視認範囲は図-7.2のように、中央分離帯の植栽に阻害され、対向車線中央側車線を走行する車両(車両C)に対する視認距離は40mに制限されている。対向車線走行車両の速度の平均値は58.3km/hであり、車両Aのドライバーが対向の中央側車線に車両がないと判断しても、最短で車両Cが車両Aの位置まで2.47秒で到達する。これは、右折車が加速しながら交差点の中央側車線を通過するために必要な2.82秒を下回る。

以上をまとめると、交差点1では中央分離帯の植栽、交差点付近のカーブの存在により、視認範囲が制限されるとともに、走行車両の速度が高いため、右折車の余裕時間がさらに短くなっている。したがって、交差点1では植栽の撤去や樹高を低くすること、走行車両の速度を抑制する方策を導入することが対策として考えられる。一方、新規の道路整備の際は、事前の対策として、カーブ区間に交差点を設置することは可能な限り避けるべきである。

8 まとめ

今後の交通安全対策では、事前評価に基づく成果目標を作成し、事後の目標達成度評価を次の施策に反映させるサイクルを繰り返し実施していく。幹線道路での目標達成方法は事故危険箇所対策が中心となるが、今後の事故危険箇所対策で得られた知見はDBに蓄積され、DBを活用して各道路管理者はより効果的な対策を容易に選択することが可能となる。また、事前、事後評価にカメラ画像やヒヤリ地図を活用することで、より詳細な要因

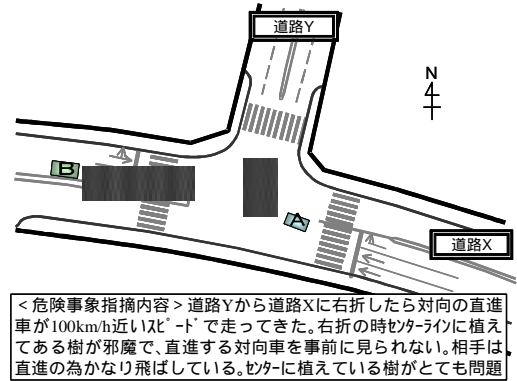


図-7.1 交差点1の危険事象内容

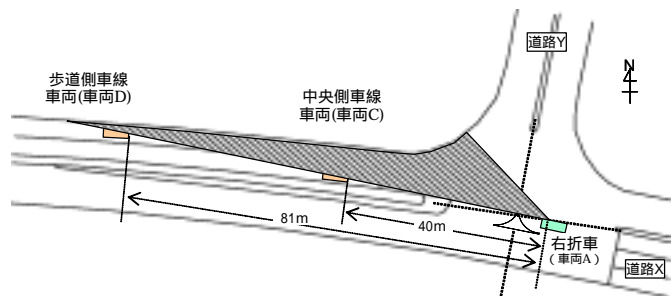


図-7.2 右折車からの視認範囲

分析、効果測定が可能となる。以上を通じてより効果的な対策を効率的に立案、実施し、交通事故の発生と交通事故による犠牲者を減少することに貢献したい。同時に、事故危険箇所のフォローアップ等を通じて、交通安全対策手法のブラッシュアップを継続して行っていく予定である。

ITS 技術を活用した道路管理の効率化について

国土交通省 道路局 道路交通管理課 ITS 推進室
国土交通省 道路局 国道・防災課
国土技術政策総合研究所 高度情報化研究センター ITS 研究室
国土技術政策総合研究所 道路研究部 道路空間高度化研究室
東北地方整備局 道路管理課
中部地方整備局 交通対策課
中国地方整備局 交通対策課

1 研究の背景

道路管理業務の作業実施を適切に判断するためには、正確で素早い情報の収集が非常に有効である。そこで道路管理においては、道路巡回や普及されつつある CCTV による「目視監視」と、管内に設置済みの気象センサ機器により収集した「情報」を元に、熟練した作業員が適切に判断した上で、業務を遂行している。

しかし、現在の道路管理業務において、新たな課題が発生しつつある。それは、監視業務の負担が大きくなるという課題である。道路管理者は利用者のニーズに応えるため、質の高い情報収集を行う必要があり、更なる道路巡回や CCTV を増加していくことから生じてくる。また、道路管理の作業において均一な判断が難しいという課題もある。路温計やカメラ等からの機器情報を元に出動を判断するためには、経験からくる高い判断力を必要とすることから生じてくる。

道路管理では、道路巡回、障害物の処理、道路管理といった道路管理業務の管理品質を少ないコストで維持すると共に、利用者のニーズに応じていくために、路面上の様々な情報を効率的に収集し、活用していくことが必要となってくる。

一方、現在 IT 化の進展により様々な道路センサが開発されている。特に国土交通省が進める走行支援道路システム（以下、AHS）の研究開発で得られた CCTV 画像や赤外線画像を活用した道路センサは、災害や交通事故等の突発事象の把握、積雪や凍結といった路面状態の把握が可能となっている。また、平成 14 年度に概成した直轄光ファイバーネットワークや地方自治体が整備する総合行政ネットワーク等を活用し、様々な道路管理用の情報を道路管理者間で共有することが可能となりつつある。

2 研究の概要

2.1 研究目的

本研究では、現在の情報収集業務を把握した上で、センサなどの IT 技術を活用し、道路管理の効率化の観点からこれらの情報をどの様に活用すべきかについて検討を行い、効率化の効果について評価を行う。

本研究は平成 15 年度～平成 16 年度の 2 年間で実施することを予定している。今年度は、道路管理における既存の情報収集業務を分析し、センサ等の活用による効率化、意義等を整理した上で、課題を解決するべくセンサの導入に関する検討を行う。来年度は、道路管

理における情報収集業務の IT 活用について方向性を提案し、導入した機器による業務効率化の評価を予定している。

2.2 研究内容

今年度の研究項目について、以下のとおり設定した。

- (1) 道路管理における情報収集業務の分析
- (2) 道路管理における IT 化の現状と課題について整理
- (3) 道路センサ、路面センサの活用の意義、導入に関する検討

2.3 研究の役割分担

本研究における今年度の研究の役割分担について表 2.1 に示す。

表 2.1 研究の役割分担

項目	とりまとめ	各事例での担当
道路管理における情報収集業務の分析	国総研	東北、中部、中国
道路管理における IT 化の現状と課題について整理	国総研	東北、中部、中国
道路センサ、路面センサの 活用の意義、導入に関する検討	本省・国総研	国総研、東北、 中部、中国

3 道路管理へ応用可能性を持つセンシング技術

3.1 AHS の概要

AHS は、ドライバや車載のセンサでは発見出来ない様々な危険事象をセンサにて検出し、通信技術など IT を活用してドライバへ情報提供することにより安全走行を支援するシステムである。このシステムうち、道路管理へ応用可能性を持つ道路センサと路面センサについて適用性を検証した。

3.2 道路センサ

道路センサは、監視領域内の車両の挙動を検知し、停止車、低速車、及び渋滞末尾の検知を行う。既存センサに比べて、個々の車両挙動を高い精度で把握可能である。表 3.1 に道路センサの要件を示す。

また、道路センサには主に可視画像式、赤外画像式、ミリ波式の 3 つの方式がある。ここではそれぞれの特徴を考慮し、監視範囲を撮像する機能を持つ可視画像式の道路センサについて紹介する。

表 3.1 道路センサの要件

	これまでの機器		AHS
	突発事象検知	交通流監視 (トラカン)	
検出対象	軽自動車以上		自動二輪以上
収集可能な情報	事象 停止、低速車両	交通統計量 平均速度、平均車 間、交通密度 (渋滞末尾)	個別車両の位置、速度 交通統計量(平均速度、交通密度) 事象判定(停止、低速、渋滞)
安全性・信頼性	規定なし		安全度：96%以上 サービス稼働率：96%以上 (検出不能時の自己診断機能有)

この道路センサは可視カメラと可視道路センサ処理部から構成される。図 3.1 に可視式道路センサの構成を示す。また道路状況把握装置は、以下の機能を有する。

- (1) 監視範囲内の各車両をリアルタイムに検出する機能
- (2) 検出した各事象をリアルタイムに追跡し、位置、速度を計測する機能
- (3) 各車両の位置、速度から交通量、平均速度等の交通流諸量を計測する機能
- (4) 計測した車両の位置、速度及び交通流諸量から停止車両、低速車両、渋滞等の事象判定する機能
- (5) 旋回やズーム機能を使用時にも、画像処理が対応するための機能

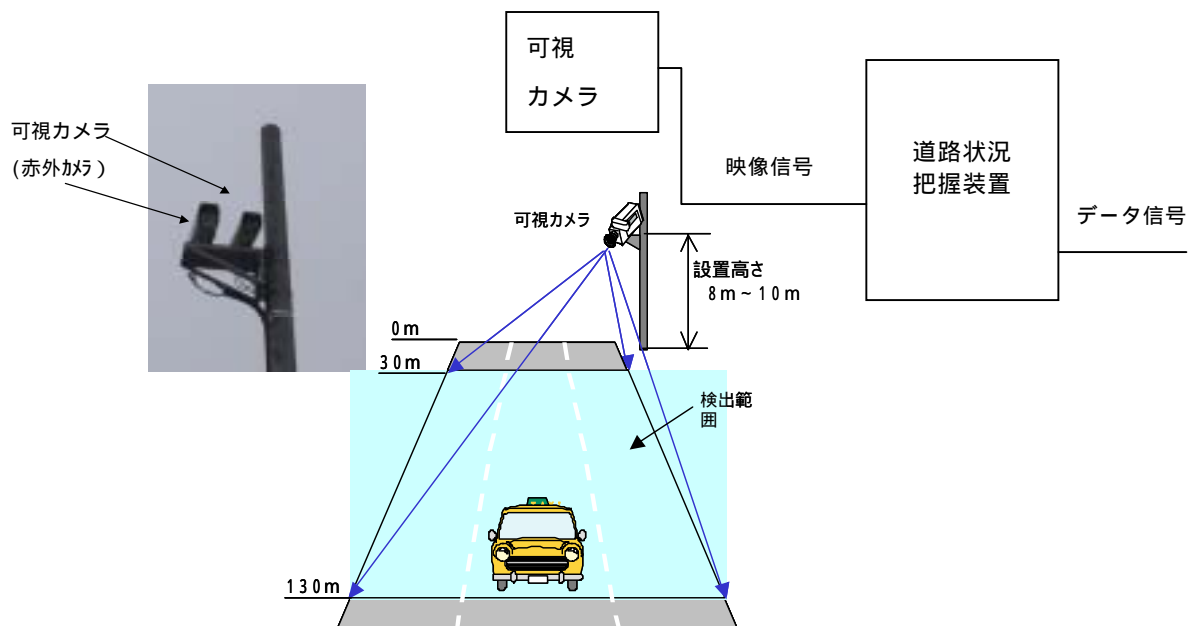


図 3.1 可視式道路センサの構成

特に道路管理業務の中には、道路状況や付属物を目視監視する業務がある。これまで AHS では固定カメラで開発を進めてきたが、道路管理に応用する場合、既設カメラと共用する機会が多いため、(5) の機能は重要であると考えられる。

3.3 路面センサ

路面センサは、面的に路面を監視することにより、乾燥、湿潤、水膜、積雪、凍結の5状態の検知を行う。既存センサに比べて、検出範囲が広く高い精度で路面状態を把握可能である。表 3.2 に今回開発した路面センサの性能を示す。

表 3.2 路面センサの性能

	これまでの機器	AHS
検出範囲 分解能 検出周期	検出範囲： 特定スポットを検出 分解能：明確規定なし 検出周期：15分～30分	検出範囲： 車線幅を面及び線的に検出 分解能：50 cm × 50 cm 検出周期：1分以内
収集可能な 情報	乾燥、湿潤、積雪、 凍結の4状態	乾燥、湿潤、積雪、水膜、凍結の5状態以上
安全性・ 信頼性	規定なし	・安全度：96%以上「正解(的中)率：90%以上」 ・サービス稼働率：96%以上 (検出不能時の自己診断機能有)

また、路面センサには主に可視画像式、レーザーレーダ式、光ファイバ式の3つの方式がある。ここではそれぞれの特徴を考慮し、監視範囲を撮像する機能を持つ可視式の路面センサについて紹介する。

この路面センサは、可視カメラと可視路面センサ処理部から構成される。図 3.2 に可視式路面センサの構成を示す。また路面状況把握装置は、以下の機能を有する。

- (1) 可視カメラの信号を入力し、この信号から路面画像を作成する機能
- (2) 路面画像から路面状態の特徴を抽出し、路面状況を検出する機能
- (3) 車線毎の路面状況を判定、道路上の重なりを統合して、路面状況を判定する機能
- (4) 路面温度計の観測値を入力し、各検出処理部へ出力する機能
- (5) 旋回やズーム機能を使用時にも、画像処理が対応するための機能

可視式路面センサも道路センサと同様、道路管理に応用する上では、(5)の機能は重要であると考えられる。

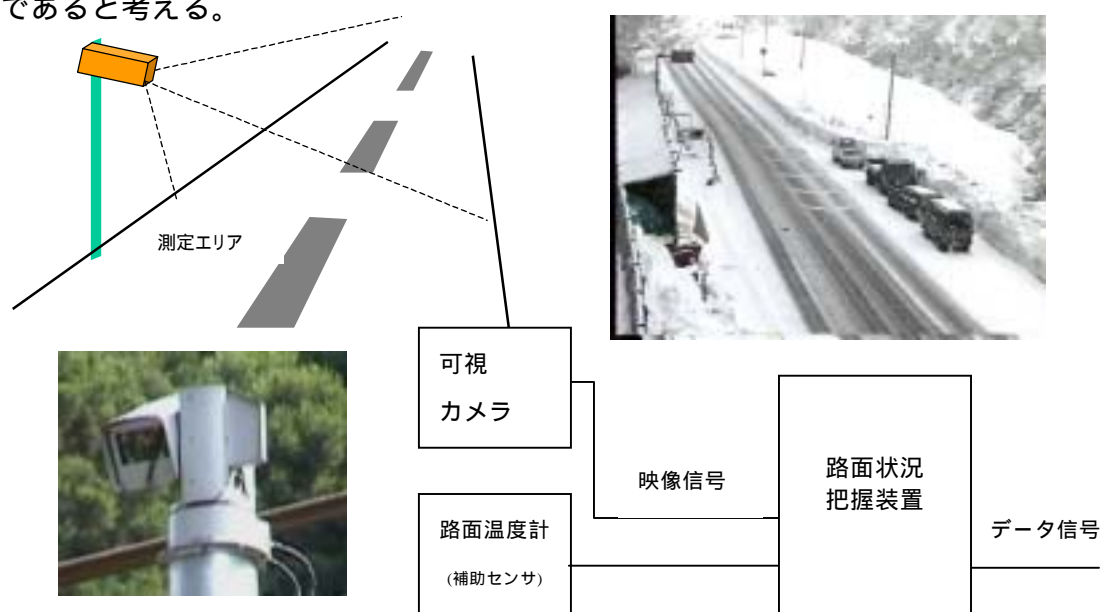


図 3.2 可視路面状況把握センサの構成

3.4 宮古トンネル群における実証実験

以上の AHS のために開発されたセンシング技術は、事象及び状態の自動通知、画像を含めた事象の蓄積などへの応用により、これまで以上に、より高度で、効率的な道路管理への支援が期待される。既存 CCTV と同様なカメラを用いた可視式センサを用いて、平成 14 年度に一般国道 45 号宮古トンネル群（東北地方整備局三陸国道事務所管内）において、道路管理への応用可能性を検証のため、次の 2 つの検証項目を設定した。なお実験実施にあたり、性能の仮目標として個別正解率を 90% 等とした。

1 つ目は「旋回ズーム機能使用時の検出精度の評価」である。実験の結果、旋回ズームを実験期間中に使用し、5 状態を判別し検証した結果、当初の目標値を概ね達成した。

2 つ目は「複数カメラ時の画像処理機能の評価」である。実験で 5 台のカメラを 1 つの処理装置で 5 状態を判別した結果、概ね目標値を達成した。

以上の結果より、道路管理への応用可能性が確認された。

4 道路管理面での現状の課題と IT 活用の意義

4.1 センサの活用について（中国地方整備局）

4.1.1 中国整備局の取り組み状況

中国地方整備局では、平成 14 年度に岡山国道事務所管内の既設 CCTV2 箇所、道路センサと路面センサを試験導入し事象検出の検証を行った。今年度新たに道路センサ 2 箇所、路面センサ 1 箇所を既設 CCTV に導入することとしている。

道路センサは国道 2 号の事前通行規制区間、国道 53 号のトンネル坑口付近交差点部、路面センサは何れも国道 53 号の雪寒区間としている。

4.1.2 事象検出検証状況

平成 15 年 4 月 21 日～28 日（路面センサは 29 日迄）の 1 週間行った道路・路面センサの状況把握状況の評価検証結果を以下に示す。

（1）道路状況把握センサ

道路管理の目的である事象検出につき、代表事象である「停止車・渋滞」いずれかの事象検出に関して、実験車両、道路規制による集中評価と自然流評価を行った。

表 4.3.1 道路状況把握センサの評価結果

国道 2 号 三石地区	集中評価 (停止車・渋滞検出)	自然流評価 (停止車・渋滞検出)
事象発生回数(真)	50回	15回
誤報回数	0回	2回(2回/週)*
未検出回数	0回	0回
的中率 (正解発報回数/総発報回数)	97% (50+15)/(50+15+2)	
未検出率 (未検出回数/事象発生回数)	0% 0/(50+15)	

*:天候急変による影の影響

(2) 路面状況把握センサ

道路管理面からセンサ単体評価と異なり、路面状態（湿潤、水膜等）が変化する時を管理すべき事象としてカウントし、自然環境状態による評価を行った。

表 4.3.2 路面状況把握センサの評価結果

国道 53 号 馬桑地区	湿潤検出	水膜検出
事象発生回数（真）	10 回	7 回
誤報回数	0 回	1 回（1 回 / 週）**
未検出回数	0 回	1 回（1 回 / 週）**
的中率 （正解発報回数 / 総発報回数）	94 % $(10 + 7 - 1) / (10 + 7 - 1 + 1)$	
未検出率 （未検出回数 / 事象発生回数）	6 % $1 / (10 + 7)$	

**：昼夜切替時の誤報/未検出（照度の影響）

(3) 事象検出検証結果

道路状況把握センサは、急激な天候変化による誤報の他に渋滞と停止の判別エラーも見られた。路面状況把握センサは夕刻、昼夜切替時の照度変化による誤報及び未検出が見られた。これらの現象を詳細に分析しパラメータ設定により改善が確認されている。また、岡山国道のような 24 時間体制の情報管理室を有する場合は運用上問題のない的中率と考えられる。

4.1.3 今後のセンサの導入

中国地方整備局管内では今年度中に約 600 機の CCTV が整備される予定で最終的には 1,300 機を整備する予定としている。多数のカメラを常時監視し管理の効率化を図るためには目視による方法では限界がある。多数のカメラ画像を効率的な監視し十分に活用するシステムを導入し管理の高度化を図ることが求められており、道路センサの導入を進めていく必要があると考えている。しかし、センサ導入とその監視体制及び今後の CCTV の整備計画については以下のような留意を行う必要があると考えている。

(1) 今後のセンサ導入について

道路センサは目視による監視を支援し異常認知の迅速化を補助する設備と考えており、現地状況の把握とその対応策は管理者が目視により確認し適切に行うものと考えており、迅速な目視確認が行える体制の整備との併用が必要である。

このため、道路状況確認センサでは、異常な渋滞、避走、交通流途絶等の状況をキャッチし他の CCTV も利用し異常原因を特定する事が考えられる。

路面状況センサでは気象状況に対する的確で効率的な道路管理を支援するものであり、経験的に必要な箇所への配置を行うこととなる。

このため、全ての CCTV にセンサを導入する必要はないと考えられ、今後管理運用面での効果を確認しつつセンサ導入計画を検討していくこととする。

なお、路面センサについては雪寒区間では効率的な雪寒対策を目指し、雪寒区間概では、

突発的な凍結や積雪に対応するための支援設備として検討していきたい。

(2) 今後の CCTV 整備について

今後、更に CCTV を増設し道路センサの導入を進めていく上では、CCTV の機能を現在より絞り、カメラの低廉化や web カメラ等への転換も検討し、効率的にカバー率を上げていくと共に監視システム（道路管理システム）の高度化を進めていく必要がある。

(3) 事象確認、情報伝達について

現在、道路センサを導入している岡山国道では 24 時間の監視体制が整っている情報管理室において大型ディスプレイ等の監視システムにより一括管理し、情報板等への情報表示、関係機関や維持業者への連絡など迅速な対応が可能となっている。

今後、他の事務所への道路センサの展開を進める同様の監視体制の検討を行う必要があると考えている。

併せて、発生した事象を責任者や維持担当者が迅速、的確に把握し、その後の現地対応等を的確に行えるようなシステム作りが必要であると考えており、パソコンや PDA、携帯電話などの情報機器による事象通知、画像確認、対策支援及び情報伝達が行えるシステムの整備を目指している。

4.2 道路センサの活用について（中部地方整備局）

4.2.1 はじめに

中部地方整備局では、中部国際空港開港にあわせて名古屋圏専道網とこれを補完する一般道の整備が一気に進み、交通の流れが大きく変化する事が想定される。これに対応するためには、道路管理情報もこれまでの管理経験に依存した体制から、各道路管理者間の情報を共有し、IT 等を利用する事で誰もが一定レベルの処理が可能となる管理体制へ移行する必要がある。そこで管理体制の高度化と情報処理の効率化の視点で検討することとした。システムをどの程度集中させた場合に効率化するか検討する上で、情報処理面について地整一括処理施設として統合道路管理情報センターを位置付けることとした。なお、管理体制の面については、別の観点から別途評価を行うこととしている。

4.2.2 画像処理技術を利用した CCTV 監視業務支援

道路状況確認手段のひとつとして、平成 14 年度までに約 800 基設置の CCTV を設置してきたところである。これだけ多数の画像を人手により常時確認することは困難であるため、現状では問題が発生した場合に状況把握をするツールとして利用している。しかし、CCTV は状況確認が特に必要な箇所を選んで設置しており、常時確認する事が可能であれば機器の利用効率および管理レベルが飛躍的に向上すると考えられる。そのためには、画像処理技術等を利用した業務支援システムが必要となる。

4.2.3 背景と目的

画像処理装置は、既に走行支援道路システム(以下、AHS と称す)を代表とした種々のシステムにて開発されている。これらの装置は「一台の画像処理装置で一台の CCTV の映像を処理する」方式を基本としており、画像認識精度(事象検出精度)は高い。しかし、管理業務においては、情報だけを処理して完了という業務はまれであり、情報は道路管理者がどう判断し、どのような処理を行うかの判断材料でしかない。したがって、現時点で管理者を介在させないシステムの開発は無意味である。そのため、最後は人間が判断を行う事を前提とした管理業務支援システムとして開発する事で精度は低下しても、多くの機器を低コストで処理できる事が必要である。(多数の機器を処理できなければ、管理全体のレベルアップとはならない)

したがって、今回は大量の画像を低価格で処理できるシステムを開発するために、一台の画像処理装置で複数の画像を処理する「多カメラ対応の画像処理装置」が必要となった。本開発検討では、AHS の開発にて培った画像処理技術やノウハウ、及び AHS 画像処理アルゴリズムを基に、他の画像処理方式を含め、多カメラ対応画像処理装置の実現について開発検討を実施する。

4.2.4 システム要求性能

多カメラ対応画像処理装置の実現性検討にあたり、業務面からの要求事項として下記項目を仮設定した。これらの値は下限ライン(最低ライン)であり、開発検討に当たってはこれ以上の機能・性能を有する多カメラ対応画像処理装置の実現性を確認する。

表 4.2.1 画像処理装置の要求性能

	項目	要求性能	備考
1	対象道路	明かり部の単路(トンネルや交差点は除く)	
2	使用カメラ	固定式ないし回転ズーム式の可視カメラ	
3	検知事象	停止車、落下物、(渋滞)	
4	スキャン時間/カメラ	10 秒程度	
5	監視周期/カメラ	1~10 秒程度	
6	監視道路長/カメラ	50~100m 以下	監視場所に依存
7	検知精度	本調査研究に於いて精度を確認	
8	画像品質	MPEG2 以上	

4.2.5 開発検討内容

(1) 画像処理方式

画像処理方式には、大別して「直接検知方式」と「間接検知方式」の2方式がある。

直接検知方式

CCTV の映像から停止車両、落下物等の事象を直接検知する。

間接検知方式

停止車両、落下物等の事象が発生した際に交通流の乱れとして生じる「避走」や「渋滞」を CCTV 映像から検知して、落下物や停止車両を間接的に検知する。

直接検知方式は、CCTV の映像を常に画像処理装置へ取り込むことができるため、画像認識精度が高い。ところが、今回の「多カメラ対応の画像処理装置」の場合は、一つの CCTV の映像を画像処理装置に取り込む時間(スキャン時間)は 10 秒程度である。1 カメラ当たりの監視周期を 1 分とすると、残り 50 秒は他のカメラ映像を処理していることになり、従来 of アルゴリズムの機能強化が必要となる。一方、間接検知方式は、映像中の交通流の乱れを基に事象を検知するために、映像スキャン周期が短い(10 程度)中で事象を検知する事に優れている。本開発検討では両方式を対象とし、試作評価を含めて性能並びに実現性を確認し、道路状況監視業務を支援するに資する画像処理方式を選定する。

(2) 評価方法

直接検知方式と間接検知方式の各々の画像処理装置を試作すると共に、既存の道路監視 CCTV から画像を取得して検知性能を評価する。評価対象映像の種類は、「道路形状(対向 2 車線、対向 4 車線、片側 3 車線、片側 4 車線など)」、「天候(晴天、曇天、雨天など)」、「時刻(昼間、薄暮、夜間)」を評価要素として組み合わせたものとする。事象としては、停止車両、落下物、避走、渋滞を対象とする。

4.2.6 まとめ

現在、各種方式の評価実験を実施中である。現状では、各方式とも事象検知の得意・不得意な場面が出ており、不得意な場合を是正するアルゴリズムの見極め並びに各方式の融合を検討中である。今後は各方式の融合も含め、道路状況監視業務に最適な多カメラ対応の画像処理システムを構築し、実環境下での評価を行い、実用に資する道路状況監視業務のシステム機能・性能を明確にする予定である。

4.3 路面センサの活用について(東北地方整備局)

4.3.1 はじめに

東北地方の面積の大半は冬期に降雪や低温に伴う凍結等の厳しい気象条件下にさらされる積雪寒冷地域となっており、地形的にも、東北地方の中央に奥羽山脈が縦貫し、さらに南北方向にも山地、高地等で細分化される。

このような細分化された都市間を結ぶ道路交通の確保は、そこに住む人々の暮らしや経済にとって重要不可欠であり、特に冬期間における交通の確保は益々重要となっている。

東北地方整備局では冬期における円滑な交通の確保を行うため、直轄管理区間約 2,600 km (内、雪寒地域約 1,700km) に CCTV 装置約 400 基及び、凍結検知器約 200 基を配置し除雪作業の効率化に努めている。

4.3.2 除雪作業の現状

近年、コスト縮減やサービスレベル向上に対するニーズが高まり、より効率的・効果的な道路管理が求められており、以下の課題が生じている。

(1) 除雪作業の出動判断・箇所等の作業計画は、オペレータや作業員の経験的な判断に負うところが多く、その継承は困難である。

(2) 路面状況が頻繁に変化する路線ではオペレータに頻繁な操作が強いられている。

(3) 環境面、コスト面からもより適正な作業が求められている。

しかし、現状の CCTV 装置及び凍結検知器等のセンシング技術には、以下の問題点がありより効率的・効果的な除雪作業への対応が困難であった。

CCTV 装置

画像からの人の目によりある程度の路面判別が可能であるが、個人差により判断に違いが生じることや、夜間等の場合、路面判別が困難である。

凍結検知器

路面判別精度に課題があることや、取得できる情報が路面状態情報のみであることから、変化の度合い、経過等のイメージが困難である

4.3.3 CCTV を活用した路面センサの意義

より効果的・効率的な除雪を行う上で、『CCTV を活用した路面センサ』は、高い的中率により路面判別が可能となるほか、路面状態 + 画像情報から、その度合い、変化の早さの判断等が可能となる。

また、個人差による判断の差が生じないため一律的な情報取得が可能であることから、除雪作業の高度化に有効と思われる。

4.3.4 CCTV を活用した路面センサの活用

(1) 道路管理者

凍結抑制剤の散布や除雪作業を行う場合、道路パトロール・既設路面観測装置等の情報から、経験的な判断により作業を行っている。

しかし、情報収集の遅延や精度の問題や、既設の路面観測装置では数値データのみの情報であるため、路面状態変化の度合いが不明確であり、現場の状況に応じた的確な計画ができず、効率的な作業が難しいこととなっている。

したがって、CCTV を活用した路面センサを用いて、画像データによる情報も同時に取得することで、ステーションマスターの判断精度向上や、計画支援システムの構築に活用が可能となる。

また、精度向上に伴い局所的な路面凍結に対応するために設置されている定置式凍結抑制剤散布装置等、路側機器の自動制御にも応用が可能となる。

道路パトロールの軽減

効率的・効果的な除雪計画の立案

路側機器の自動制御への応用

(2) 道路利用者

路面状況変化に対する操作ミスによる事故を予防するため、運転前に事前にインターネット等で路面状況の把握を行うとともに、道の駅・路側での情報提供を行うことで事故要因を減らすことが可能。

事前の危険予知が可能

安全な運転計画が可能

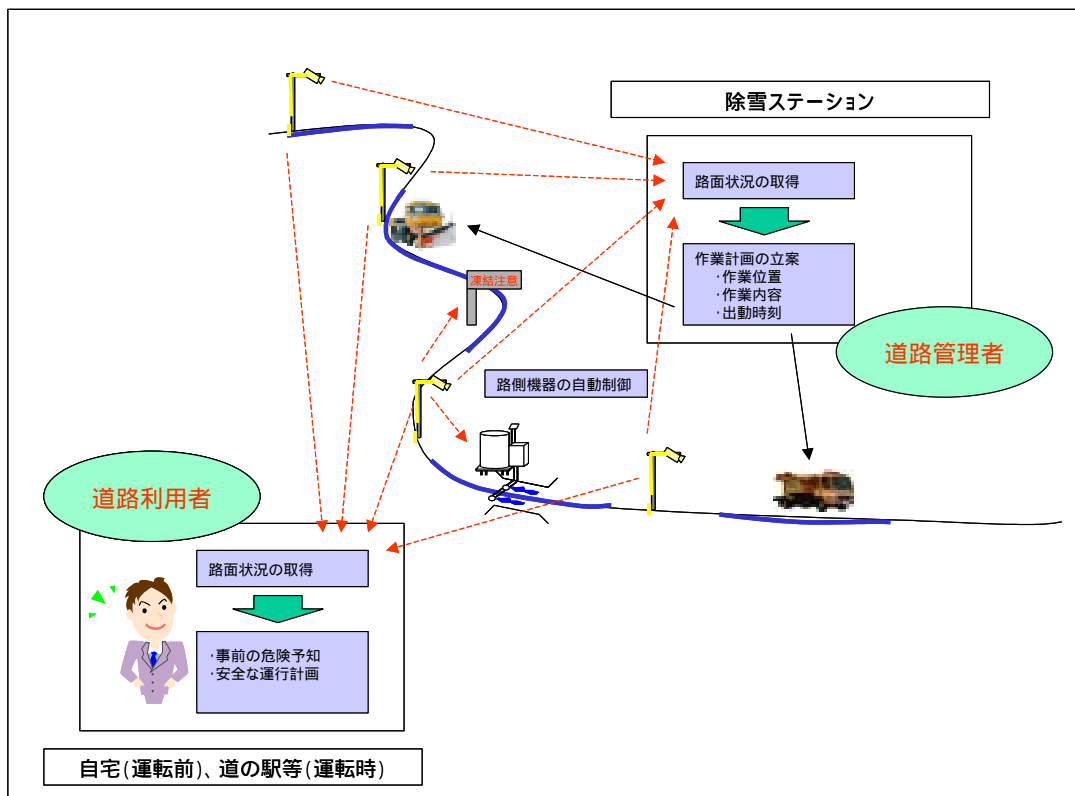


図 4.1 活用イメージ

4.3.5 活用にあたっての課題

(1) 状態判定機能の追加

今回の状態判定は5状態であるが、除雪作業等での活用を考慮すると、積雪と凍結の間を細分した判定が必要であり、状態判定機能の追加が課題と考えている。

(2) 処理カメラ数の増加

処理カメラ数については精度等の問題から5台を限度にしているが、より多くのカメラを処理できるシステム改良を進める必要があり、処理カメラ数の増加が課題と考えている。

5 まとめと今後の検討課題

道路管理に活用可能なセンサについて、現在の開発状況、導入の意義、課題等の整理を行った。センサの導入により、道路状況の監視支援や冬季の路面管理支援などの道路管理支援が期待される。一方、課題として、監視体制、B/Cの評価に関する検討や配置方針の整理が必要である。

今後、これらの課題の検討を進めるとともに、多数のカメラでセンサを効率的に使用するための技術的検討、道路管理者間の情報ネットワークによるセンサ情報等の活用方策等の検討も行っていく予定である。

電子納品情報を活用した業務改善に関する研究

大臣官房技術調査課
国土技術政策総合研究所高度情報化研究センター情報基盤研究室
国土地理院企画部測量指導課
各地方整備局企画部技術管理課
北海道開発局事業振興部技術管理課
内閣府沖縄総合事務局開発建設部技術管理課

1 はじめに

CALS/EC は、受発注者間の情報交換について、情報技術を活用した電子情報の交換、共有、連携により品質向上、コスト縮減など業務効率を向上させることで、国民サービスの向上に向けた業務改善を目指してきている。電子入札、電子納品が本格的な取り組みが始まり、CAD データ標準化や電子納品要領基準の作成が実施されている。一方、これが単なる報告書や図面等のペーパーレス化、省スペース化に留まっており、業務での利活用が必ずしも十分ではなく、本来の目的を果たしていない。本研究では、CALS/EC の本来の目的を果たすために、情報技術を活用した効率的な業務を行えるよう、電子納品に関連した業務プロセスや監督検査基準などの関連基準等を改善する見直し案を提案する。

2 現在の電子納品要領、業務プロセスを前提とした当面の課題の解決

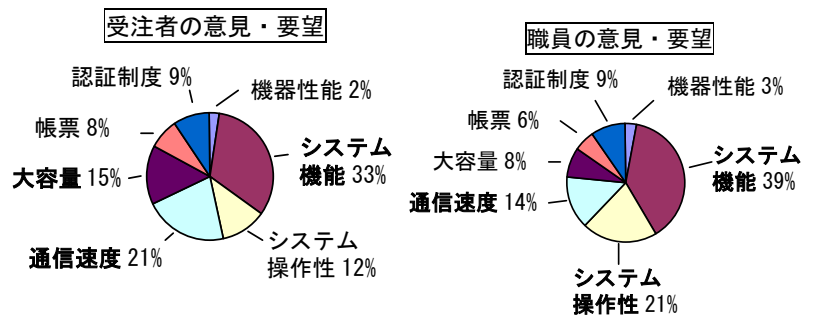
2.1 「工事施工中の情報共有による業務改善」(北海道開発局)

北海道開発局では、情報共有の実施において、今後の本格展開を行う上での問題、課題、業務プロセスの変化を把握するため、工事中間時におけるヒアリング調査、工事終了時におけるアンケート調査を、受発注者双方を対象に行った。

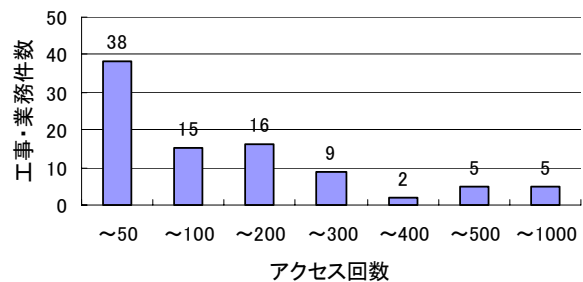
情報共有サーバに関わる問題点はシステム機能に対する意見が多く、ついでシステム操作性、通信速度、大容量に対する要望が多かった(図—2.1.1)。

また、情報共有サーバの利用実態は、工事・業務当りの平均アクセス回数は 151 回であった(図—2.1.2)。今後は、以下の業務改善への取り組みを予定している。

1) 情報共有システムの機能・操作性の改善。



図—2.1.1



図—2.1.2

- 2) CAD, 写真等データ容量の交換を可能とする通信回線環境の改善整備.
- 3) 情報共有サーバ内データの電子納品との連携を考慮したシステムの機能改良を進め, さらなる情報共有サーバの効果的な利活用の検討.

2.2 図面情報の有効活用の検討(東北地方整備局仙台河川国道事務所)

2.2.1 検討目的

電子納品された設計図を利用して工事の発注, 変更, 完成までの一連の設計図作成業務に CAD を導入して設計図等を電子化し, 現場と事務所の設計図等の共有化を図る. また, 維持管理業務の効率化を目的とし, 電子成果品を利用した施設管理台帳・補修履歴等の作成に向け基礎資料の蓄積を図る.

2.2.2 図面情報の有効活用の検討

- ・図面情報の有効活用を図るうえで, CADの導入等の環境整備および職員へのCAD研修の拡大を図る.
- ・道路事業全体のプロセスにおいて発注者が図面を取り扱う場面(CAD を利用する場面)を抽出・整理し, 実践に即したCAD研修プログラムとし研修の充実を図る.

(研修計画)

平成 15 年度(前期) 道路管理第 2 課と 3 出張所の計 10 名

平成 15 年度(後期) 道路管理第 2 課と 7 出張所

2.2.3 施設管理台帳の電子化の検討

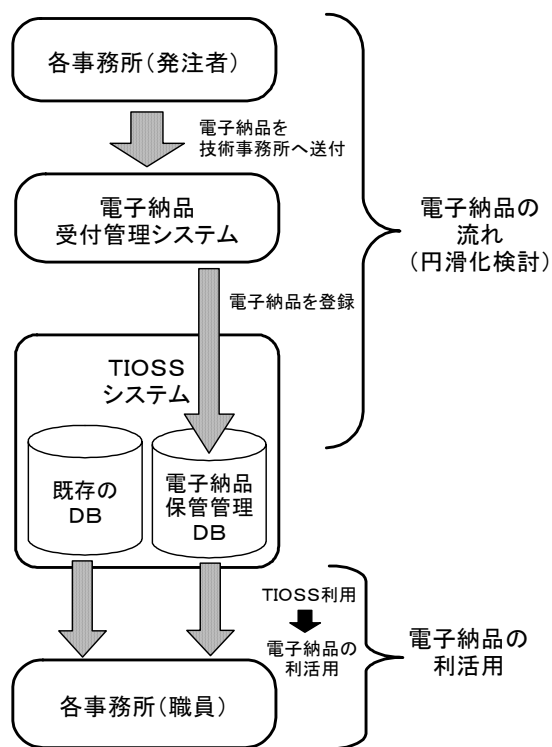
- ・電子化された図面情報の有効利用を推進するため「電子成果品を利活用できる情報」を抽出整理して, 基礎資料の蓄積を行えるよう環境整備を図りつつ, 施設管理台帳・補修履歴等の電子化を進める.

2.3 電子納品の円滑化と利活用の検討(北陸地方整備局北陸技術事務所技術情報課)

北陸地方整備局(以下「北陸地整」という)では, 今年度「電子納品保管管理システム」(以下「保管管理システム」という)を導入し, 平成 16 年度より各事務所から収集する電子納品成果物(CD-R)を保管管理システムに登録し, さらに利活用を図ることとしている(図—2.3.1).

現段階では保管管理システムへの登録がスムーズに行われないことが懸念される. その理由として, ①今後北陸技術事務所が全事務所の登録の全てを行うため大きな負担が生じること, ②試験的に電子納品CDを収集したところ, エラーが非常に多かったこと, ③登録後の利活用が明確でなく, 受発注者に対して電子納品の意義やその効果が十分に認識されていないこと, などが挙げられる.

上述の問題を踏まえ, 北陸地整では電子納品成果



図—2.3.1

の円滑な登録を可能とするため「電子納品受付管理システム」を開発・導入することとした。これにより、円滑に登録されるだけでなく、未登録CDの確認も可能となるため、各事務所へ登録を促すことにより、全ての成果を確実に登録することが可能となる。

さらに、電子納品成果の利活用を図るために、北陸地整ではイントラネット上で運用している技術情報提供システム「TIOSSシステム」を、電子納品に対応するため改良を行っている。その結果、電子納品される工事完成図面および地質データ等も、既存のデータベースと併せてTIOSSに追加することとなり、電子納品後も、震災等の災害復旧時に必要な図面・資料の迅速な利用が可能となるため、現場への対応に大きく寄与すると考えている。

以上のシステムの構築・改良によって、電子納品は円滑に登録されると共に、各事務所におけるより一層利便性が向上したTIOSSの利用に繋がり、電子納品の利活用が図られるものとする。

2.4 工事施工情報共有システムの試行について(中部地方整備局)

2.4.1 概要(高山国道事務所における事例紹介)

高山国道事務所において情報共有システム(監督情報システム)による官民(発注者と受注者間)での、工事・業務施工中の情報交換と情報共有(打合せ簿、工事写真、数量計算データなど)をシステム導入タイプにより試行している。

2.4.2 取り組みの現状と課題

高山国道事務所では、情報共有システムを昨年度導入し、今年度から試行的に運用している。現在、2件の工事で活用しており、今年度50件程度の工事で試行し、発注者、請負者双方の業務効率化を目指していく予定で、下記項目について検証を行っていくこととしている。

- ・書類提出のための移動時間短縮・コスト縮減効果
- ・現場状況(事務所内、出張所内で施工状況の確認)のリアルタイムの把握
- ・サーバに蓄積される最新の情報を利用することでの情報の信頼性、品質の向上の確認
- ・文書の相互やりとりの履歴管理により、工事毎のファイリングの容易性の確認
- ・現場からの各種データを活用し、発注者の現場での作業効率の向上(訪問回数等)

2.4.3 今後の取り組み方針

現在、情報共有システムを使用できる人数の増加と、ワークフローを複数のパターンに対応できるよう改良を行っており、今後は、下記の項目について検討を行っていく予定である。

- 1) 電子納品、電子納品保管管理システムへの活用
- 2) 情報共有・電子納品システム運用方式の検討
 - ①システム導入タイプ
 - ②ハウジングサービスタイプ
 - ③ASPサービスタイプ

2.5 図面データ等の共有及び工事における電子納品の改善(近畿地方整備局姫路河川国道事務所)

2.5.1 事務所業務改善につながる図面データの共有

電子納品資料を効率よく、業務改善につながる方法として、様々な図面情報の事務所内情報化について、検討を行った。

本年度は、①業務改善につながる電子情報の検討、②業務の流れを踏まえた図面の更新、について、検討を行った。

①業務改善につながる電子情報の検討

- ・設計図だけではなく、予算要求説明図、各事業パンフレット等の電子化による活用
- ・事務所内で活用できる電子情報を作成するための事務所内での電子納品要領を検討

②地形図→設計図→管理図と更新できる図面作成のための検討

・地形図から設計図，設計図と用地幅杭図，工事図面を管理図面に更新させる場合の作成方法の留意点について検討を行った。図面を重ねる場合，更新する場合には，誤差を生じ，これら誤差への対処方法として，主要なポイントについては，CAD 上での座標対応が必要であることが分かった。また，管理図作成においては，工事完成図は，数量の訂正だけでなく，図面そのものも更新するなどの対応が必要であった。

2.5.2 工事における電子納品の改善

現在，情報共有サーバを利用した工事情報共有化が行われているが，電子納品資料と紙資料の両方を提出するなど業務改善にならないなど，これらの課題について対応方策を検討してきた。

①印章から電子署名を活用した工事資料の意志決定方法の検討

設計変更協議など PDF ファイルにより，既存ソフト(Acrobat5.0)を用いて，電子署名をすることにより，意志決定を行う方法について実証実験を行った。

②ASP にこだわらない段階的な情報共有化方策の検討

高速回線が未整備な現場で無理に ASP による情報共有を進めるのではなく，現地立会時にMOを持参するなど，工事において発注，受注者両者の業務が改善する段階的な情報共有化について検討を行った。

2.6 施設管理情報の管理・更新手法の高度化について(四国地方整備局徳島河川国道事務所)

本研究は，道路管理施設に係る様々な情報の管理・更新手法の高度化のため，GISを基盤とした一元的情報管理システムを表-2.6.1の通り先進的に整備を行っていくものである。

2.6.1 本年度の検討内容

本年度は，第1段階の整備を目標としており，

現在それに向けた作業を実施中である。システムの具体的内容としては，道路施設図面の数値情報化(ベクター化)を行い，数値情報化図面管理サーバを所内行政LANに接続することにより，各職員が web 上で図面の閲覧・印刷等を行うことができるようにするほか，車道・歩道の延長・幅員等業務上使用頻度の高いデータを，数値情報化図面より自動的に算出・提供する仕組みを構築することを想定している。

表-2.6.1 道路GIS整備スケジュール

第1段階	・全管理区間について紙ベースの施設管理図面の数値情報化，施設本体に係る基礎データの生成システムの整備
第2段階	・構造物諸元等の詳細データや協議録等の関連情報を属性情報として施設管理図面にリンク ・航空写真図や電子地形図等の背景図情報を整備
第3段階	・電子納品等と一体化した迅速な更新体制の定常化 ・関連情報の充実

2.6.2 次年度以降の取り組み

来年度以降は，本年度整備予定のシステムをベースとして，現在「MACHIシステム」等により管理されている各種情報と図面とのリンクを進めるとともに，航空写真等の背景情報の整備により現地確認性の更なる向上を図っていく予定である。さらに，設計成果・工事完成図面の電子納品と一体化した，一連の情報更新体制の整備も進めていく予定である。

2.7 工事監督検査の効率化に関する研究(九州地方整備局佐賀河川総合開発工事事務所)

2.7.1. 電子データによる工事検査の課題

全ての受注業者と工事打合簿等施工管理データのやりとりを電子メールで行い，土木施工管理の手引きに従って整理し，そのまま電子データによる工事検査を実施した。メールを日々整理するだけなので，受注者からは評価を得ている。しかし，1)山間部等の回線品質，

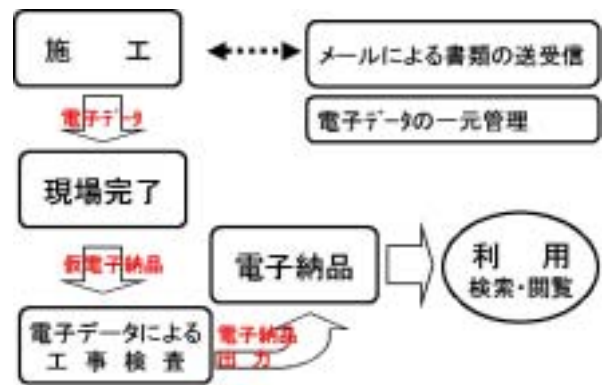
2) 押印された紙のスキヤニング, 3) 電子納品の管理項目への手入力に問題点が出ている。

検査官側の問題点としては, 1) 操作に不慣れ, 2) 時間がかかる, 3) OA機器がうまく動作しない, といったことが挙げられている(図—2. 7. 1)。

2.7.2. GISシステムの開発と必要な施工管理データ

佐賀河川では, 佐賀導水事業の平成20年度完成を間近に控え, 電子納品されたデータを維持管理に利活用していくために, どのデータが必要であるのかを明らかにした。

受注者に対して, 維持修繕時に必要な施工管理データのアンケート調査を実施した。その結果, 1) 完成図, 2) 基準点測量成果簿, 3) 土質柱状図, 4) 建設資材の品質記録, 5) 各種台帳(道路・河川・施設台帳等)が挙げられた。これらをデータベース化し, 地理情報システム(GIS)を構築することによって事業執行の効率化がはかれるものと考えている。そして, 用地, 測量, 構造物, 地域情報など, 使いやすさ見やすさを追求したGISシステムの構築を目指していく。



図—2. 7. 1

2.8. 「朱書きソフト」を利用した地元協議情報の一元的な管理について(沖縄総合事務局北部国道事務所)

2.8.1. 目的

従来の地元協議情報は, 担当者が作成した紙ベースの協議記録のみのため, 情報の引渡し・共有が不十分となり, 事業進捗に支障を来たす場合がある。

本研究テーマは, この課題を解決するために, 「朱書きソフト」を利用し, 地元協議情報を一元的に管理しようとするものである。さらに, 電子納品された道路平面図の CAD データ等を朱書きの基図として利用することを通して, 電子納品情報の活用による業務改善の方法と課題を検討することを目的とする。

2.8.2. 内容

地元協議情報の一元的な管理を実現するための初期段階の検討として, 現状における協議内容の伝達漏れに関する要因分析と, 道路事業の各プロセス分析を行い, 課題の整理を実施した。さらに, 分析結果から得た課題の解決策として, 所内ネットワーク(LAN)環境下において, 電子納品された道路平面図(CADデータ)を基図とし, 「朱書きソフト」を用い地元協議情報を記載して関係職員間で協議情報を共有する仕組みを構築した。また, 容易に実施できるような運用ルールの設定と共に, 実証実験計画を立てた。実証実験は, 平成15年度は10月より開始し, 平成16年度も継続して実施していく予定である。

なお, 平成15年度の単年度の試行段階では, 道路事業内における「設計→協議→引継ぎ」を行うことが難しい。従って, 本研究の直接的な効果確認は困難であるが, 平成15年度では実証実験評価と共に, 運用上の課題抽出や対応策等のとりまとめ結果を成果として予定する。これらを元に改善を加え, 平成16年度には対応範囲を拡大の上で実証実験を継続させ, 道路事業全体への効果推定を行っていく。

2.8.3. 期待される効果

運用上のルールと手順により実施することで、協議情報が設計・工事施工を担当する各担当者に確実に引き継がれ、円滑な事業執行が期待できる。また、多くの職員が利用することにより「朱書きソフト」の地元協議情報管理以外への適用や電子納品情報を活用した次のような業務改善が期待できる。

- ① CAD データ全般における「朱書きソフト」の利用による受発注者間の情報交換効率化。
- ② 事務所職員自ら電子納品成果物を利用する機会が増大することにより、新たな活用方法を考案し、効果的な電子納品要領の提案に結びつく。
- ③ 組織及び業務プロセスをまたいだデータ活用のために必要なルール等が提案される。

2.9. 電子納品に対応した測量成果管理・提供システムの開発(国土地理院企画部測量指導課)

2.9.1. 公共測量成果物の管理と提供の方向

公共測量成果の多くは、測量作業終了後、測量計画機関より国土地理院の地方測量部等へ提出し、成果の審査の後公開される。従来は提出の形態が紙であったものが、平成15年度より国土交通省の直轄事業における測量成果を始め地方公共団体から提出される測量成果が、次第に電子納品の形態に変化しつつある。このため、公共測量の手續、成果等の審査、管理、提供等の業務プロセス全体を見通した電子成果品の位置づけに留意し、国土地理院の地方測量部等での利用を想定したプロトタイプシステムの開発を行った。

2.9.2. システム開発の方針

地方測量部等で測量成果を一元的に管理する「測量成果管理・提供システム」を整備し、測量行政事務の電子納品対応を実現した。併せて、管理・提供の効率化を図るための検討を行った。また、プロトタイプシステムの開発に際しては、次に掲げる基本方針に従って行った。

- (1) 測量成果電子納品要領(案)に対応した閲覧・交付事務の支援
- (2) 発注者(国, 都道府県, 市町村)間の横断的な地域情報の一元管理
- (3) KOSTS(公共測量事務処理システム)等の関連システムとの連携
- (4) 公共測量クリアリングハウスへの対応

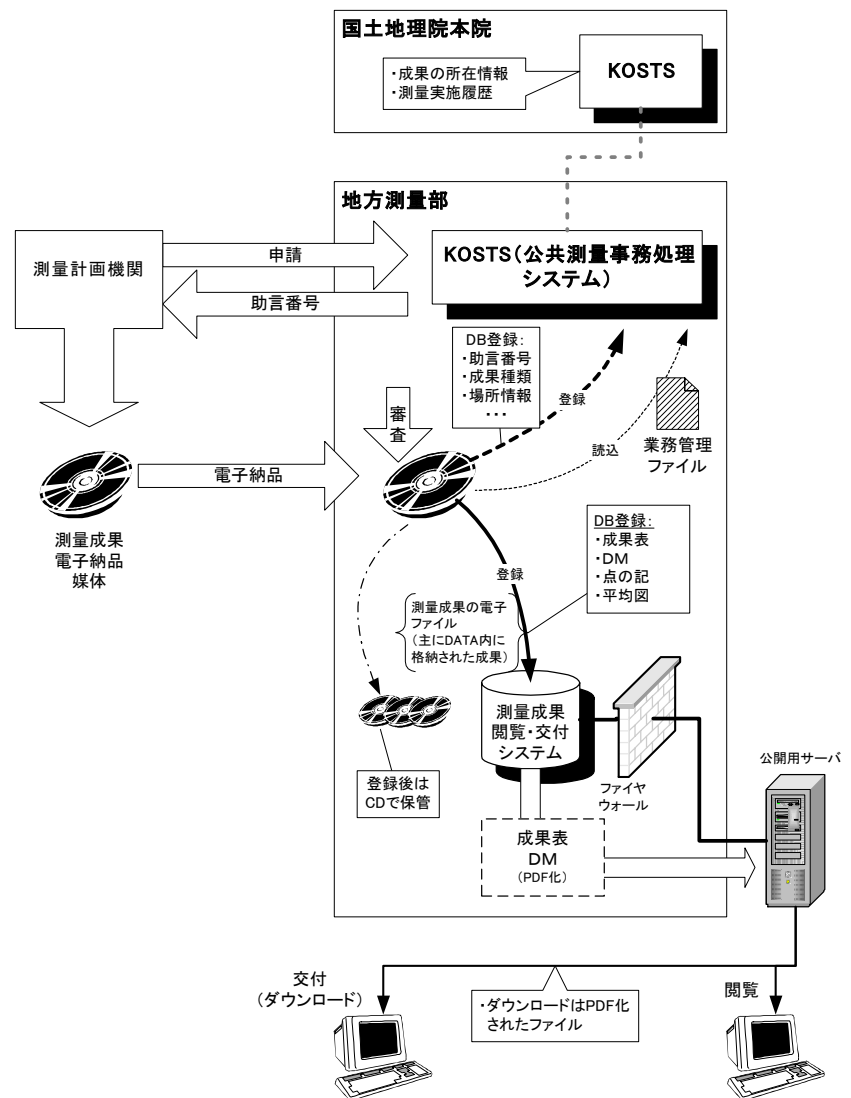


図-2.9.1 測量成果管理・提供システムの全体運用イメージ

2.9.3. プロトタイプシステムの概要

プロトタイプシステムは、登録機能（電子媒体のデータをデータベースに自動登録）と検索・表示機能（データベースに登録されている公共測量成果の検索、リスト表示、成果等の画面表示）に大別される。各々の機能は、公共測量クリアリングハウス、国土交通省で進める電子納品保管管理システム等の関連システムとの連携に留意している。本年度、プロトタイプシステムの検証を行い、来年度に GIS の機能を追加した実用システムの開発を行う予定である（図—2.9.1）。

2.10. 施工段階での情報共有の電子化について（関東地方整備局首都国道事務所）

公共事業で特に工事施工段階では、文書取り交わし・打合せ等が頻繁であり、これらに要する時間・資源と緊急・的確性等にも軽視できない面であり、そこで、受発注者間の日々情報交換等を主体に共有し、情報の迅速・的確・再利用による省力・効率化で円滑なる推進を図り、業務改善に結びつけようとするものである。方法としては、施工関連情報を電子化・登録（サーバ）し、双方で共有する仕組みの“共有サーバ”の活用があり、首都国道では発注者サーバの構築により運用を進めている。

○発注者サーバのシステム構築方針と運用段階での実態等

受発注者に合わせた柔軟な利用と受注企業の規模問わず、早期普及の対応を主体に、次のような内容と効果を視点に取り組んでいる。

- ・情報更新対応（頻繁に変化する最新情報の確保と周知）
 - …施工管理の迅速・的確・効率化
- ・確認処理（信頼性確保として電子認証・印鑑の活用による公文書化）
 - …制限を受けない時間、場所による業務の効率化
- ・活用・操作の容易化（利活用を考慮した検索、格納、分類、明解表示とQ&A等）
 - …円滑なる稼働と日常業務の改善によるコスト削減
- ・電子納品への適用（日々の情報共有を電子納品データの自動作成）
 - …電子納品要領を意識した効率的作業によるコスト削減
- ・現場の通信基盤（ISDN, ADSL, Bフレッツを選択、ブロード化整備が遅延）
 - …情報及び機器の進展速度に対応した高速通信基盤整備に期待

運用対応としては、早期一様化を図るため、説明会と個々の現地指導（理解と機器状況の把握等）等からの運用意見・Q&A等を取り入れ、システムカスタマイズに反映し時間と共に内容充実を図り、受発注者双方が十分に理解しているとは言い難い現状を如何に協力を得て発展するためにも、互いにCALS/EC関連の情報発信と業務改善に向け促進させるには必要不可欠な手段と思われる。

3. 将来の電子納品要領、業務プロセスの見直しを前提とした課題の対策方針

3.1. 図面及び数量の設計から施工までの連携（関東地方整備局首都国道事務所）

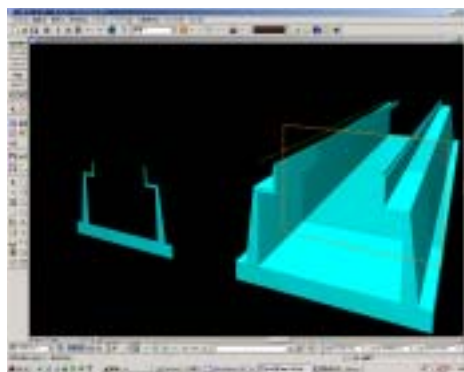
建設事業は、調査・設計段階から維持管理までライフサイクルの長いため、CALS を活用する事は効果が高いと判断されることから、図面・数量・品質等の建設ライフサイクルで継続的に利用される情報の連携を試行しているところである。

試行検討については、主として構造物の2・3次元CADと数量の相互及び積算への連携を実施し、当年度は施工段階での数量・図面の連携を予定しており、連携イメージは、図—

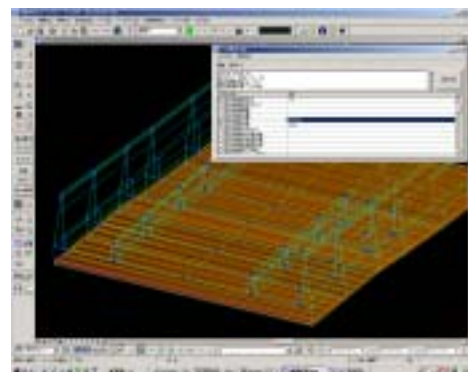
3. 1. 1, 3. 1. 2に示す通りである.

3.2. GISを中核とした 事業管理システム等 の推進(関東地方整備 局首都国道事務所)

首都国道では, 外かん
事業に着目しGISを中核と
したシステム化が進められ
ており, 測量・地質・調査



図—3. 1. 1 断面形状確認及び数量抽出



図—3. 1. 2 鉄筋属性付加

設計等の成果を活用して
いる”道路事業支援”と事業用地取得対象とした土地調査, 交渉, 補償, 管理等の”用地
進行管理”があり, ここで, 本格運用を開始した用地進行管理システムの業務態様として,
次のような内容が挙げられている.

- ・ 現在関係職員は約30人中半数の関与であるが時間と共に他組織を含め拡張
- ・ 異動者はシステムを使用せざるを得ない(分かり易く・利用し易く違和感なく便利)
- ・ 異動に伴う対応力低下防止に複数職員の継続育成に配慮
- ・ 他組織での情報使用を考慮し, 日々成果の迅速なる入力が欠かせない
- ・ 組織が実質的にフラットと意志決定及び業務要求の対応がタイムリー
- ・ 補償金の不当要求・だまし等に対する防止が確立
- ・ 住民の相談(補償, 移転対策等)対応資料の対応が的確・迅速による信頼性確保
- ・ 専門家から各自担当者活用へのシステム充実
- ・ 従来業務のやり方を当ツールに合わせた業務態様で早期定着を図る
- ・ 業務的には, 情報(データ)中心であり機能中心ではない事で操作が容易
- ・ 職員による情報登録の定着で, 最新情報の早期確立とコスト縮減(業務委託の減少)

時間と共に各業務への拡大と情報が確立し, 今後大きく変わると思われる

今後も, より一層なるGISの有効活用を推進するため, 道路事業支援システムの情報
更新と施工後図面等の登録整備に重点を置き, 維持管理への連携と進める方向である.

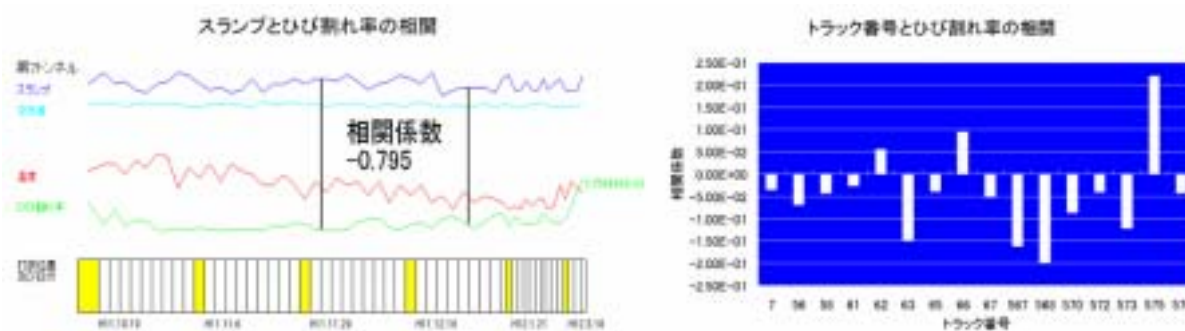
3.3 品質管理記録のメンテナンス・アナリシスへの活用(試験データ等の XML 化を前提とし て)(中国地方整備局福山河川国道事務所三原国道出張所)

工事の品質管理記録(試験成績, 伝票等)は, 工事中の品質確保に利用されるが, 工事
完成後は利用されることがないため, 電子納品の対象としては, これまであまり重視されて
こなかった. しかし, 今後の社会資本整備において, コスト縮減と長寿命化は重要な課題で
あり, その目的達成の一手段として, これらのデータが活用できるのではないかとと思われる.
品質管理記録の有効利用の可能性について, 今回は以下の2点について検討を行った.

第一に, 過去のトンネル工事の品質管理記録をもとに, 供用後行われたトンネル点検で
報告された覆工のひび割れ状況との対比を行った. その結果, いくつかの項目とひび割

れ率との相関が見られた。この手法は他のコンクリート構造物や舗装のアスファルトコンクリートでも適用可能であり、従来は品質管理基準の範囲内であることを確認することのみ用いられてきたこれらのデータを、品質向上のインセンティブとして利用したり、維持管理方針策定の基礎データとなる情報を引き出すことに利用できる可能性がある。

第二に、同じトンネル工事のレディーミクストコンクリート納入書（生コン伝票）の記録から、個々の生コン車の稼働状況とひび割れ率との対比を行った。その結果、一部の生コン車とひび割れ率との間にある種の相関が見られた（図—3. 3. 1）。この手法をさらに精密化することにより、間接的にはあるが生コンの施工過程の監視（加水問題等への対応）に利用できる可能性がある。



図—3. 3. 1

今回の検討は前提として、プラント等のデータが電子認証を経てXML等により交付される近未来を想定している。品質管理データや材料試験データが電子的にやりとりされるようになれば、施工中の位置情報等と組み合わせることにより、工事中の施工過程監視や完成後の維持管理分析（メンテナンス・アナリシス）にも活用できると思われる。

今後は電子納品を電子調達の延長上にとらえ、受発注者間だけでなく業界全体の電子情報交換の動向や BtoB（企業間電子商取引）の進展にも注目しつつ、各種データの有効利用を通じてより付加価値の高い社会資本の整備に役立てていきたい。

3.4 電子データを活用した工事監督検査方法（国土技術政策総合研究所情報基盤研究室）

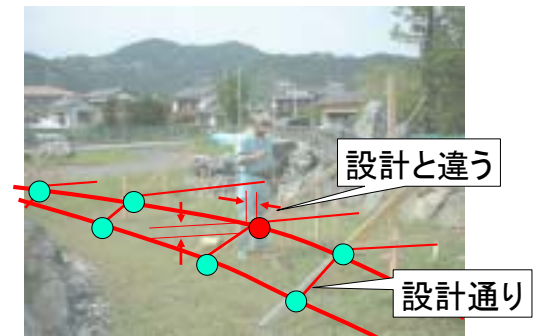
出来形管理で使用されている巻き尺を使った測定は、昭和43年の土木工事共通仕様書第115条に「原則として鋼巻尺とし」と規定されていた。しかし、現在の工事で行われる計測作業では、トータルステーション（TS）、オートレベル、GPSなど高機能、高性能な計測機器が中小規模の土木工事でも使われており、出来形管理には効率的に活用されていない。

そこで、出来形管理を効率化するために、原寸大の設計図といえる丁張り設置作業に着目した。丁張りに必要な測量座標を電子データで提供し、構造物の測定結果を3次元設計モデルで管理することを前提に、XML等を使った仮想の電子発注、丁張り設置作業の実証実験を行った。これにより従来に比べて丁張りの座標計算など準備作業が大幅に減り、短時間で丁張り設置作業を行うことができた。また、地形等の条件変更に対応できるなど、柔軟性に富むシステムを開発できることを確認した。

また、このシステムを改良し、完成した構造物の指定した地点をTSで測定し、設計値の

対比を3次元モデル上で行うことで出来形管理が可能であると考えている(図—3.4.1)。そのためには、出来形測定情報の構造化を図り、その情報を多くの計測機器メーカーが扱うことで、作業効率を向上させ、使いやすさを考慮しつつ、出来形の全数調査など品質管理精度の向上を図る必要がある。今後は、従来の巻き尺を前提とした出来形管理基準を見直し、3次元情報に対応した出来形管理基準(案)の作成に取り組む予定である。

出来形管理とは・・・ 構造物が設計どおりか確認すること



図—3.4.1

4 業務改善に向けた今後の検討方針と次年度の取り組み

本年度は、広く、浅く業務改善を普及させていく底上げ・普及方式と、進んだ技術を取り入れた先行・先導的な業務改善に取り組んだ。

底上げ・普及方式では、測量、CAD図面、打ち合わせ簿の電子化による工事情報の共有化による決裁の迅速化など効果が確認された。しかし、同時に現在進めている電子納品の問題点も明らかになった。例えば、地形、用地、管理図面の統合ではCAD上で測量座標系管理が必要、押印された紙の電子化によるロス、電子納品CD-ROMに手入力箇所、エラーが多い、電子納品情報の利活用用途が不明確、受注者に電子納品の意義や効果が認識されていないなどの問題点が浮かび上がってきた。

先行・先導方式では、3次元モデルによる図面、数量の設計施工連携、GISを中心とした事業管理、施工管理・監督検査における施工情報の利活用、工事中の品質管理情報の電子化と維持管理作業との相関分析など、電子化による業務改善効果を確認した。

今後の課題としては、問題解決に向けて電子納品情報の利活用の促進、既存業務プロセスの見直し、さらに電子納品情報を活用した業務改善効果を最大限に発揮できるよう、次年度は抜本的な業務改善のために、次の課題に取り組みたい。

- ・ 電子納品要領・基準の改訂検討
- ・ 品質管理資料、出来形管理資料等の減量化に資する電子データ標準化検討
- ・ 施設管理情報の登録、更新のための電子納品要領の改訂検討
- ・ 維持管理用GISの作成を支援するCADデータの納品
- ・ 次世代CALSに向けた電子データ活用方策の検討

なお、本論文の詳細な報告はつぎのURLに掲載しているので、参考にして頂きたい。

<http://www.nilim.go.jp/lab/qbg/cals/index.htm>

参考文献：

- 1)大臣官房技術調査室他：建設CALS/ECの導入による公共土木事業の効率化，平成12年度(第54回)建設省技術研究会，p.9-1～p.9-35，2000.11
- 2)電子納品情報を活用した業務改善に関する研究，平成14年度国土交通省国土技術研究会 指定課題，国土交通省，P.11-1～11.29，2002.11

沿岸に立地する管理型廃棄物処分場の建設技術に関する研究

港湾空港技術研究所 地盤・構造部 土質研究室	渡部要一
国土技術政策総合研究所 港湾研究部	足立一美
港湾局 環境・技術課 環境整備計画室	三島 理
港湾局 環境・技術課 環境整備計画室	福元正武
中部地方整備局 名古屋技術調査事務所	宮島正悟
中部地方整備局 名古屋技術調査事務所	小椋 進

1. はじめに

大都市圏で発生する廃棄物の大部分は、海面処分場に埋立て処分されている。より厳しい視点から環境問題が取り上げられている今日、廃棄物の適切な処分技術の確立は重要課題と位置付けられている。

港湾局では、廃棄物のリサイクル促進に港湾施設を活用することを提唱しており、循環型経済社会の構築と地球環境問題への対応として、港湾を核とした総合的な静脈物流システムの構築を目指している(図 1.1)。リサイクルに関する技術開発が進んでも、最終的にリサイクル不能な残さを埋め立てる処分場は重要施設のひとつに位置付けられている。

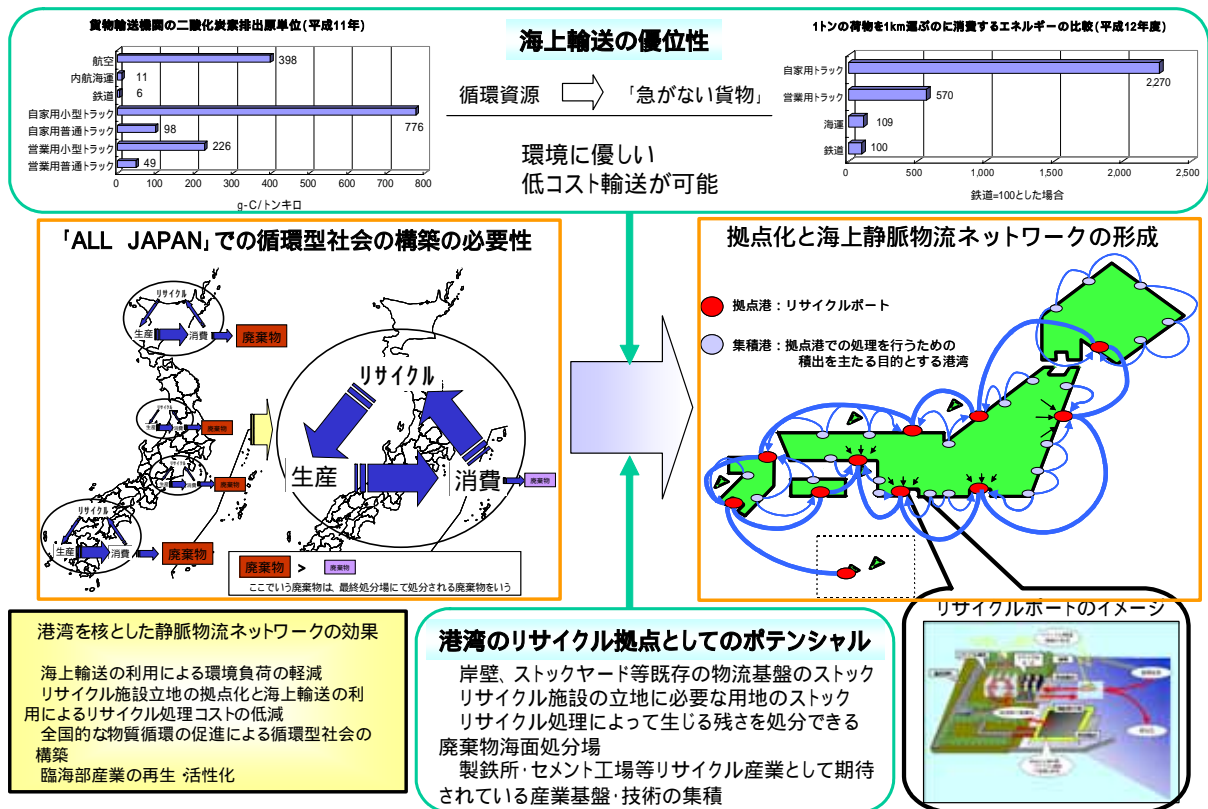


図 1.1 港湾を核とした静脈物流システム

処分場建設技術の多くは陸上処分場を対象に開発されてきた経緯があり，海面処分場特有の諸問題に対処するため，陸上とは違った技術の開発が新たに求められている。本稿では，海面に建設される管理型廃棄物埋立処分場の特徴について述べた上で，海面処分場の構造や遮水性能について言及し，最後に，新しい遮水工の開発について紹介する。

2．海面処分場の特徴

陸上に建設される廃棄物処分場と比較した場合，海面処分場には次に挙げるような特徴がある（渡部ら，2003a）。

- a) 海特有の外力，すなわち，潮汐，波浪，高潮，津波，海流等の時々刻々変化する厳しい外力が作用する。
- b) 自然堆積粘土地盤を底面遮水層とすることが多い。砂地盤などで十分な底面の遮水性能を確保できない場合には，底面遮水工が必要となる。なお，陸上処分場では，粘土ライナーの敷設や粘土層の締固めが適用可能であるが，海面処分場では，水中施工となるためこれらの工法は適用できない。規模が比較的小さな処分場では遮水シートを処分場全面に敷設することもある。
- c) 廃棄物埋立護岸には，埋立て地を海からの外力から護る「護岸」機能と，処分場の保有水を外海に漏出させないための「側面遮水工」の両者の性能が要求される。
- d) 海底粘土地盤が底面遮水工となることから，軟弱粘土地盤上に建設される。このため，廃棄物埋立護岸の施工時や，廃棄物の埋立て時に護岸周辺の地盤が沈下や側方流動を起こすため，遮水工には変形追従性能が要求される。
- e) 側面遮水工についても，海上もしくは海中施工となるため，気中施工を前提とした陸上で用いられている技術をそのまま海面処分場に適用することはできず，海特有の技術が要求される。
- f) 保有水の水位（内水位）が高く，埋め立てられた廃棄物の大部分は水中に位置する。なお，陸上処分場では集水管を通じて保有水を下流方向に自然流下させて排水・処理できるため，降雨などの異常時を除き，処分場内の水位は廃棄物層よりも下に位置している。
- g) 潮汐の影響等により，遮水工における動水勾配の方向や大きさが絶えず変動している。例えば，平均潮位に保有水の水位を管理していたとしても，満潮時には外海から処分場内に向かう動水勾配，干潮時には処分場内から外海に向かう動水勾配となる。
- h) 保有水を処理・排水することによって，内水位を制御することができる。内水位を制御できることから，水位をどのレベルに管理するか，すなわち，「管理水位」という概念がある。
- i) 埋め立てた廃棄物層が海面に現れるまでは，廃棄物を水中に投入することになる

ため、複雑な地層構造を有する廃棄物地盤となる。

従来の護岸構造物では、例えばケーソンを据える時には捨石マウンドを設けるなど、護岸の通水性を高めることによって、すなわち内外水位差や波力の緩和により、護岸機能としての安定性を確保してきた。これに相反し、廃棄物埋立護岸では、遮水性能を併せ持つことが要求されるため、護岸の安定性に対しては厳しい設計条件とならざるを得ず、安定性の検討には細心の注意が必要となる。

我が国の多くの大都市沿岸では、東京湾、伊勢湾、大阪湾に代表されるように、海底に粘土層が厚く堆積しており、粘土地盤の低透水性により底面遮水層としてこれを利用することができる。1998年に改正命令が示された総理府・厚生省令「一般廃棄物の最終処分場及び産業廃棄物の最終処分場に係る技術上の基準を定める命令」では、透水係数 10^{-7}m/s 以下で 5m の層厚を有する地盤と同等以上の遮水性能をもって遮水層（不透水性地盤）としている。2000年に出された海面処分場の技術マニュアル（港湾空間高度化センター、2000）では、流出に要する時間が等価な地盤をもって同等以上の遮水性能と位置付けている。透水係数 k 、厚さ L の遮水層中をヘッド差 Δh で流出する際の浸透時間（トラベルタイム）は次式で表される。

$$t = \frac{L^2}{k \cdot \Delta h} \quad (1.1)$$

改正命令に定められた不透水性地盤（ $k=10^{-7} \text{m/s}$ 以下、 $L=5\text{m}$ 以上）と浸透時間が等価な層厚を算出すると、例えば $k=10^{-8} \text{m/s}$ の場合、 $L=1.6\text{m}$ 以上となる。

底面遮水層を自然堆積粘土地盤とした場合、軟弱地盤上に処分場が建設されることになるため、護岸の遮水機能には十分な変形追随性が要求されることになる。この他、海の工事では、締め固めた粘土ライナーによる遮水工は適用できず、また、大規模な処分場では遮水シートによる底面遮水工の施工が難しくなるなど、工法上の制約もあり、設計条件等を考えて、適用できる技術を十分に検討する必要がある。

その一方で、経年変化等により、遮水工の機能が多少劣化しても、内水位を低く管理することにより安全性を確保することも可能であることから、不適正箇所が発見された場合にも、補修までに時間的余裕を確保できるなど、陸上処分場に優る点も多い。また、護岸や遮水工の安定性を考慮すると、建設時や埋立て時には内水位を高め管理し、廃棄物の埋立てがある程度終了し、特に、護岸周辺が埋め立てられて、外力に対して護岸が構造物として安定するようになってからは漏水防止のために内水位を低めに管理するなど、アクティブな水位管理も有効と考えられる。

海面処分場内の水の流れは非常に緩慢であるとともに、廃棄物の大部分がどっぷりと保有水の中に浸っているために、浄化（溶出等による）が進行しない可能性も指摘されている。しかし、埋立て後に内水位を低く管理することによって、保有水の漏出を防止するばかりでなく、内水位より上に位置する廃棄物層、すなわち、跡地利用を考える上で浄化すべき地表付近の廃棄物層に関して、雨水の浸透により積極的に浄化を促進できるものとも考えられる。

陸上処分場では，廃棄物中を雨水が浸透し，処分場底部の集水施設によって溶出物質と共に集められ，余水として浄化処理されている。これに対し，海面処分場は地下水水位が高く標高差もないため，処分場の一角で表面水である余水を浄化処理しても，有害物質を浄化するシステムは成り立っていない。このため，処分場の廃止に向けた積極的な浄化促進技術の開発も期待されている（鈴木ら，2003）。また，複雑な廃棄物層内部の浄化状況を把握するために，効率的な地盤調査と採水を可能にする装置として，地盤環境モニタリングコーン（織田ら，2000）などが開発されている。

3. 海面処分場の構造

改正命令では，最終処分場の構造基準として，不透水性地盤が存在しない箇所について，次のいずれかの要件を備えた遮水工を設けなければならないと定めている。

- a) 厚さ 0.5m 以上かつ透水係数 10^{-8} m/s 以下の粘土層（または，これと同等以上の層）に遮水シートが敷設されていること。
- b) 厚さ 0.05m 以上かつ透水係数 10^{-9} m/s 以下のアスファルト・コンクリートの層（または，これと同等以上の層）に遮水シートが敷設されていること。
- c) 不織布その他の物の表面に二重の遮水シートが敷設されていること（二重の遮水シートが同時に損傷することを防止できる不織布等の保護層が設けられているものに限る）。

ただし，埋立地の底面全体に不透水性地盤が存在する場合には，次のような鉛直遮水工を設ける。

- d) 不透水性地層よりも上に位置する透水性地盤が，ルジオン値が 1 以下になるまで薬液注入等により固化されていること。
- e) 厚さ 0.5m 以上かつ透水係数 10^{-8} m/s 以下の連続壁が不透水性地層まで設けられていること。
- f) 鋼矢板が不透水性地層まで設けられていること。

上記 a) ~ c) は，底面やのり面における表面遮水工を対象としており，重力式（裏込め石がある）や捨石式の廃棄物埋立護岸などに適用されるものと考えられる。一方，d) ~ f) については，鉛直遮水工を対象としており，海面処分場では，背後の地盤を含めて便宜上矢板厚さ 0.5m の層の透水係数に換算した換算透水係数を用いて遮水性能を評価し（6 章参照），換算透水係数が 10^{-8} m/s 以下の矢板壁の場合に e) の記述と同等と見なしている。

管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル（港湾空間高度化センター，2000）には，改正命令に示された上記の構造基準を満足する遮水工として，重力式護岸，捨

石式護岸，二重鋼管矢板式護岸，セル式護岸，護岸とは独立させた遮水工の例が示されている。それによると，表面遮水工を伴うものについては，構造基準に従って二重の遮水構造が採用されている。一方，鉛直遮水工については，上記 e) や f) に示されているように二重の遮水構造は義務づけられていない。しかしながら，そこに示された鉛直遮水工の例では，フェイルセーフの概念が取り入れられ，二重の遮水工が採用されている。これは，波浪などの厳しい条件のもとで，拘束の無い海上で矢板を打設すると，絶えず波浪等に連動して矢板が動揺し，陸上における施工にはない困難が生じることあり得ると考えられるため，二重遮水を前提とした例が示されているものである。なお，陸化してから矢板を施工することを前提として護岸とは独立させた遮水工では，一枚の遮水構造（防砂シートに遮水性は期待していない）が例として挙げられている。

4. 管理型廃棄物埋立処分場の遮水性能評価

4.1. はじめに

本章は，建設された管理型廃棄物埋立処分場に対して，廃棄物埋立て前に，水張り試験によって遮水性能を検査することを想定して数値シミュレーションを行った結果の例をとりまとめたものである。遮水性能を定量的に評価する際の参考資料とするため，処分場の規模や透水係数をパラメータとし，潮汐変動の影響も考慮している。

4.2. 解析方法

解析対象とした処分場モデルを図 4.1 に示す。護岸遮水工の流出流速は次のダルシー則を用いて求める。

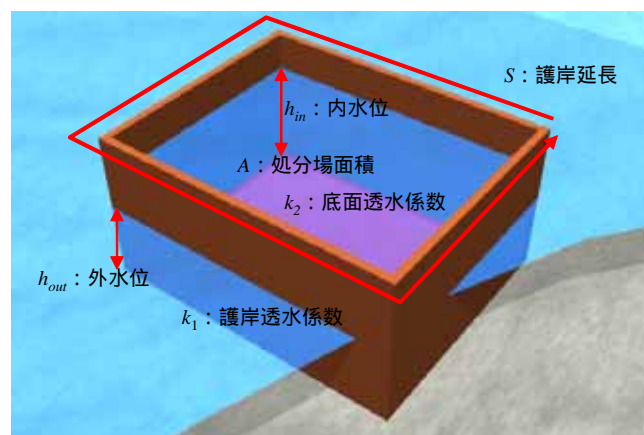


図 4.1 解析対象とした廃棄物処分場モデル

$$\begin{aligned} v_1(t) &= k_1 i_1(t) = k_1 \cdot (h_{in}(t) - h_{out}(t)) / D_1 \\ v_2(t) &= k_2 i_2(t) = k_2 \cdot (h_{in}(t) - h_{out}(t)) / D_2 \end{aligned} \quad (4.1)$$

ここで，添字 1, 2 はそれぞれ側面（護岸），底面を表す。v は流出入流速，k は透水係数，i は動水勾配，D は排水距離（層厚），h_{in} は内水位，h_{out} は外水位である（式の誘導

上は海底面から測った水位とする)。時間増分 Δt における処分場からの流出量 ΔQ は、側面と底面からの流出量 ΔQ_1 と ΔQ_2 の和で次式のように表される。

$$\Delta Q = \Delta Q_1 + \Delta Q_2 = v_1(t) \cdot S \cdot \frac{h_{in}(t) + h_{out}(t)}{2} \cdot \Delta t + v_2 \cdot A \cdot \Delta t \quad (4.2)$$

ここで、 S は護岸延長、 A は処分場面積である。時刻 t における処分場の総水量を $Q(t)$ とすると、時刻 $t+\Delta t$ における内水位は次式により計算される。

$$h_{in}(t + \Delta t) = (Q(t) + \Delta Q) / A \quad (4.3)$$

4.3. 解析条件

式(4.1)～(4.3)より明らかのように、側面と底面に起因する水位低下速度(v_1 と v_2)は、次式で定義される処分場の形状を考慮した側面遮水性パラメータ α_{f1} と、底面遮水性パラメータ α_2 に、処分場内外のヘッド差をそれぞれ乗じた値となる。

$$\alpha_{f1} = \frac{S \cdot h}{A} \cdot \frac{k_1}{D_1}, \quad \alpha_2 = \frac{k_2}{D_2} \quad (4.4)$$

$$v_1(t) = \alpha_{f1} \cdot (h_{in}(t) - h_{out}(t)), \quad v_2(t) = \alpha_2 \cdot (h_{in}(t) - h_{out}(t)) \quad (4.5)$$

ここで、 h は護岸周辺の平均的な水深である。どちらのパラメータも、値が小さいほど遮水性能が高い(水位の低下速度が遅い)といえる。 $\alpha_{f1}=4.0 \times 10^{-9} \sim 1.6 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$ 、 $\alpha_2=2.0 \times 10^{-7} \sim 2.0 \times 10^{-8} \text{ 1/s}$ の範囲で変化させた条件で、一例として広島県呉市における2002年6月の潮位変動を与え、初期水位をC.D.L.+3.5m(平均水位C.D.L.+2.0mより1.5m高い水位)に設定して、差分計算による解析を実施した。例えば、 $k_1=1.0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ で $D_1=0.5\text{m}$ の側面遮水工を考えた場合、200m四方で水深10mの処分場の場合には $\alpha_{f1}=4.0 \times 10^{-9} \text{ 1/s}$ 、試験施工を想定した10m四方で水深20mの小規模な処分場(あるいは、遮水壁に囲まれたひとつの工区)の場合には $\alpha_{f1}=1.6 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$ に相当する。また、底面が $k_2=1.0 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ 、 $D_2=5\text{m}$ で遮水層としての基準を満足する場合、 $\alpha_2=2.0 \times 10^{-8} \text{ 1/s}$ に相当する。

4.4. 解析結果

解析結果の例を図4.2～4.4に示す。なお、図4.4に示した結果は、潮位変動を考慮せず、外水位が平均水位で一定として計算した。図4.2からわかるように、底面遮水工が基準を満足しない場合には、どんなに護岸の遮水性能を増しても(現実的な範囲で α_{f1} を小さくしても)水位低下が生じてしまう。しかし、図4.3のように底面遮水工が基準通り機能していれば、実大規模の処分場で基準を満足することに相当する $\alpha_{f1}=4.0 \times 10^{-9} \text{ 1/s}$ のケースよりも高い遮水性能を有すれば(α_{f1} が小さければ)水位低下はほとんど生じないことがわかる。護岸の遮水機能が著しく低下している場合には、潮位変動に連動した内水位の変動も見られる。図4.2と図4.4を比較すると、 α_{f1} が極端に大きい場合($\alpha_{f1}=1.6 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$)のみ潮位変動に連動した内水位の変動が見られるが、通常の α_{f1} の範囲では水位低下の経時変化に潮位変動の影響はほとんど現れないこ

とがわかる（渡部ら，2003b）。

ここでは遮水性能を検査するための水張り試験として，平均水位より 1.5m 高い初期水位(C.D.L.+3.5m)を想定したが，この水位を推奨しているわけではない．あまり大きな動水勾配を与えてしまうと，水みちができたたり，護岸の安定性を確保できなかつたりといった予期せぬ事態が起こる可能性もあるため，実際には，十分な検討を行った上で初期水位を設定する必要がある．

海面処分場は，潮位変動により遮水工内の動水勾配の方向が入れ替わり，また，浄化処理して排水することにより内水位を低く制御できるといった，陸上の処分場にはない特徴を有している．護岸や遮水工の安定性を考慮すると，建設時や埋立て時には内水位を高め管理し，埋立て終了後に，護岸が安定してからは内水位を低めに管理するなど，アクティブな水位管理をすることによって，実質的な遮水機能をさらに向上させることも可能である．

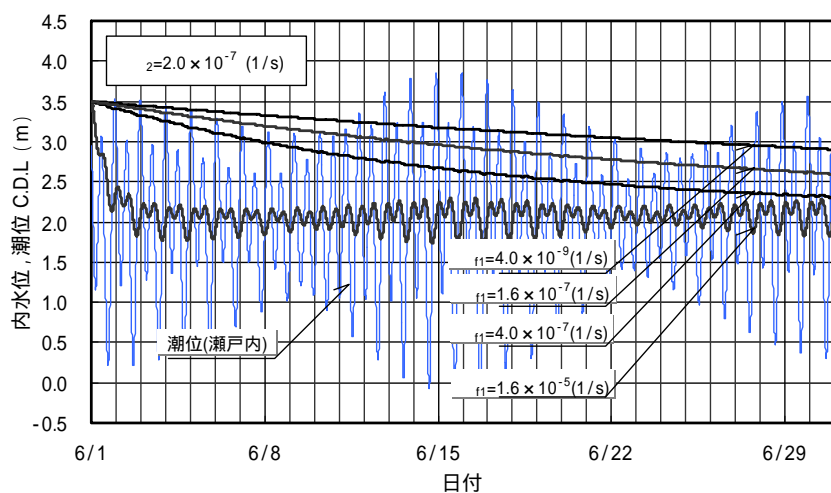


図 4.2 底面遮水性能が基準未満 ($\alpha_2=2.0 \times 10^{-7}$ 1/s) の解析結果

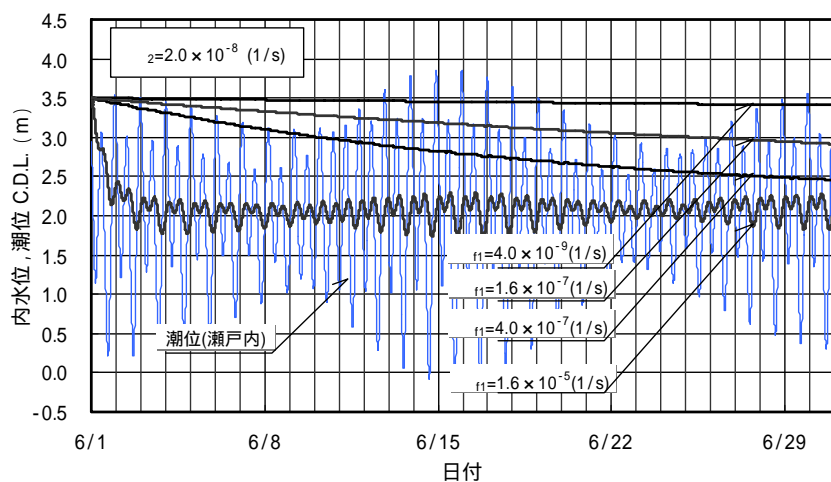


図 4.3 底面遮水性能が基準と一致するとき ($\alpha_2=2.0 \times 10^{-8}$ 1/s) の解析結果

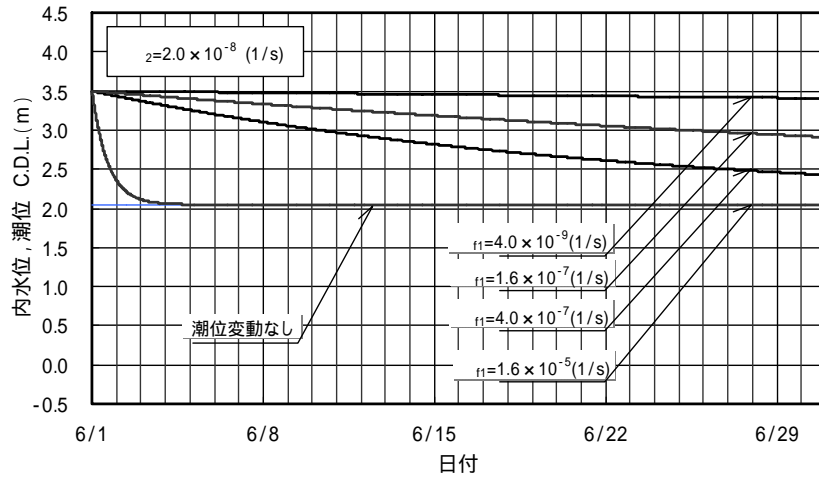


図 4.4 潮位変動を考慮しない場合の解析結果 (図 4.3 と同じ条件)

5. 管理型廃棄物埋立護岸の浸透・移流分散解析による遮水性能の評価

遮水工が何らかの原因によって損傷され遮水性能が低下した場合には，保有水が漏出するおそれがあり，長期的には粘性土層中を汚染物質が浸透していくことが考えられる。ここでは，管理型廃棄物海面処分場の長期にわたる安全性の評価技術を確立するために，地下水の浸透・移流分散解析の手法を用いて保有水の漏出量を計算した結果を報告する。

解析には，既存の有限要素法による二次元浸透・移流分散解析コードである「Dtransu-2D-EL」を使用した。この解析コードでは計算精度を良くするために，浸透流方程式をオイラーの方法で解き，移流分散方程式を分散項と移流項に分け，分散項をオイラーの方法で，移流項をランランジュの方法で解くオイリアン/ラグランジュアン法を用いている。

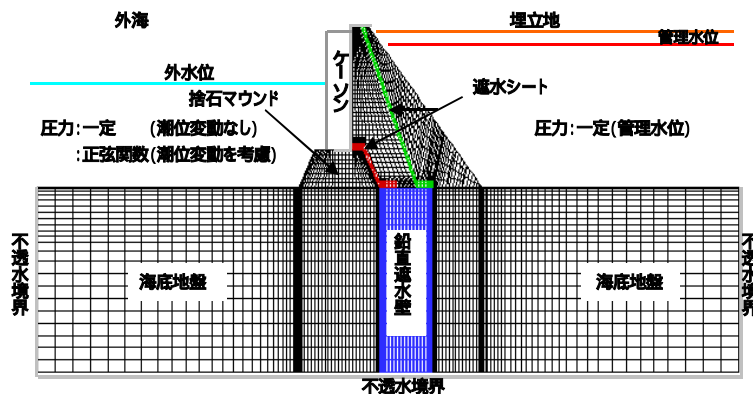


図 5.1 分割要素と境界条件

図 5.1 に示す遮水工に 2 重遮水シートを用いた重力式ケーソン護岸について，外水位を一定として保有水の漏出状況を解析すると，図 5.2 のように評価される。ここで

は、遮水シートに 1ha 当たり 200 個（直径 1cm）の穴があいた場合を想定している。図中の赤い色が保有水の原水の濃度で、これが分散現象によって希釈されて 10% 刻みで低減する状況を表している。図 5.3 は、外水位に 12 時間周期で振幅 1.0m の潮位変動を与えた場合の計算結果である。

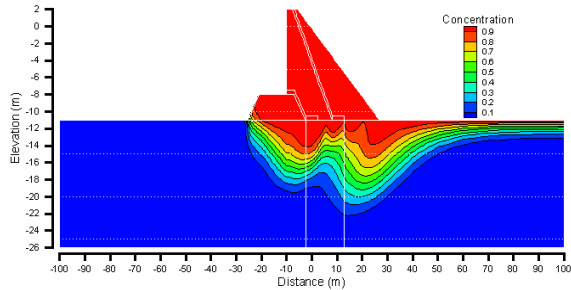


図 5.2 外水位一定（50 年後）

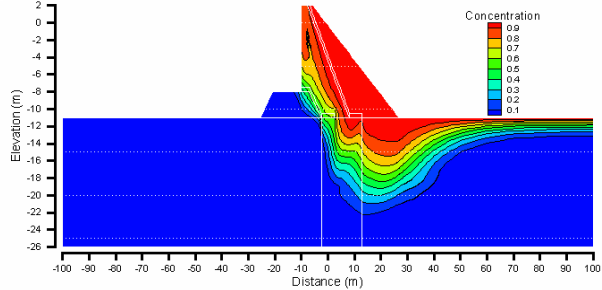


図 5.3 潮位変動を与えた場合

これらの解析から求められる比濃度流量 S を図 5.4 と図 5.5 にそれぞれ示す。ここで S は次式により表される。

$$S = \sum (c_i \cdot V_i \cdot \Delta h_i) \quad (5.1)$$

ここで、 c_i は i 番目の要素の平均濃度、 V_i は i 番目の要素の平均流速、 Δh_i は i 番目の要素の鉛直方向の長さを表す。これらの図から分かるように、いずれも数値計算上の発散を生じることなく安定した結果が得られており、上述の解析コードを用いて浸透・移流分散解析を潮位変動がある場合や、遮水シートに損傷を生じた場合についても行うことができた。

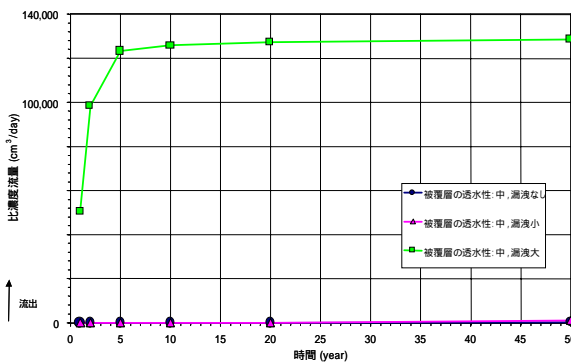


図 5.4 外水位一定

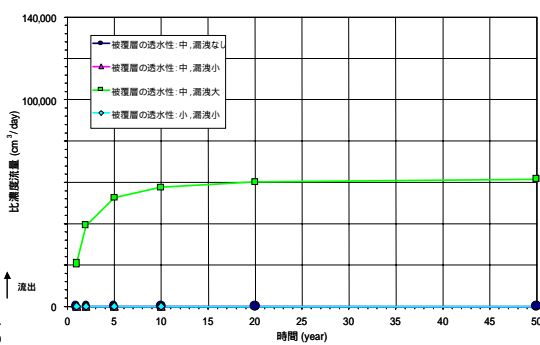


図 5.5 潮位変動を与えた場合

6. 遮水工法

遮水工法には、二重の遮水シートあるいは遮水シートと不透水性材料との組合せの他、鋼矢板あるいは鋼管矢板を用いたものが多く用いられている。遮水シートの場合には、シートの伸び、敷設時の揚圧力（潮位変動による）等について考慮した設計・施工を実施しなければならない。一方、鋼矢板・鋼管矢板を用いた遮水工の遮水性能

については，矢板壁を厚さ 0.5m の均一な透水層（遮水層）として換算した換算透水係数 k_e が導入され，次式により表される。

$$k_e = \frac{q \cdot L}{B \cdot \Delta h} \quad (6.1)$$

ここで， q は継ぎ手単位長さにおける単位時間あたりの漏水量， B は矢板壁の継ぎ手間隔， Δh は遮水壁前後の水頭差， L は換算透水厚さ（一般に $L=0.5\text{m}$ とする）である。

膨潤性止水剤を塗布した継ぎ手の遮水性能について，原位置漏水試験，現場切出し試験，室内模型試験等の結果，換算透水係数が 10^{-8}m/s 以下になることが確認されている。鋼管矢板の継ぎ手については，モルタル充填したパイプ（P）T 継ぎ手に対する遮水性能が評価されており，モルタルジャケットを用いた場合にはナイロン製の布袋が水みちとなるために遮水性能がやや悪くなるものの，モルタル充填により十分な遮水性能，すなわち 10^{-8}m/s 以下の透水係数になることが実験的に示されている。また，漏洩防止ゴム板付き鋼管矢板継ぎ手の場合には，さらに高い遮水性能が実現されている。最近では，止水剤充填ポケット（嵌合ツメ部に掘られた溝）を有する新しい形状の嵌合継ぎ手やアスファルト事前充填鋼管矢板継ぎ手，矢板継ぎ手部を溶接する方法なども開発されている（木下ら，2003）。その他，鋼矢板の継ぎ手隔壁内部に変形追随性遮水材を充填する新しい工法も提案されている（渡部ら，2003a；山田ら，2002；御手洗ら，2003）。

鋼矢板・鋼管矢板を用いた遮水工法の施工性や遮水性能の評価のため，港湾空港技術研究所，民間銃鉄メーカー（および鋼管杭協会），民間施工業者との共同研究により各種鋼製遮水壁の実海域実証実験が広島県呉市で実施されている。要素レベルでの遮水性能の評価ばかりではなく，より実際に近い形での実海域実験を通じて，より信頼性の高い技術に裏付けられた安全性の高い処分場建設を目指した弛まぬ努力が重要である。

参考文献

- 1) 織田幸伸，渡部要一，土田 孝：地盤環境モニタリングコーンの開発，港湾技研資料，No.975，2000.
- 2) 木下雅敬，岡 由剛，喜田 浩，吉田 節：海面処分場における鋼（管）矢板を用いた遮水工について，土と基礎，Vol.51，No.8，pp.34-36，2003.
- 3) 港湾空間高度化センター：管理型廃棄物埋立護岸設計・施工・管理マニュアル，運輸省港湾局監修，2000.
- 4) 御手洗義夫，伊藤弘毅，深沢 健，岸田隆夫，堀井良介，橋本文男：廃棄物処分場に用いる各種リサイクル材を利用した変形追随性遮水材料の開発，第 5 回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp.77-82，2003.
- 5) 山田耕一，上野一彦，羽田 晃，土田 孝，渡部要一：変形追随遮水材料を用いた管理型海面廃棄物最終処分場の新しい遮水護岸構造の提案，第 27 回海洋開発論文集，pp.77-82，2002.
- 6) 渡部要一，土田 孝，山田耕一，鵜飼亮行：海面処分場の特徴と変形追随性遮水材の開発，土と基礎，Vol.51，No.8，pp.32-33，2003a.
- 7) 渡部要一，鵜飼亮行，伊野 同：管理型廃棄物埋立処分場の遮水性能，第 58 回土木学会年次学術講演会， ， pp.329-330，2003b.